

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université de Jijel



Eco. 02/06

Faculté des sciences
Département de l'écologie et de l'environnement

02
02

Mémoire

De fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en écologie
végétale et environnement.

Option: Pathologie des écosystèmes

Thème



**Evolution du rapport de Redfield en
fonction des paramètres physico-
chimiques dans la Baie de Jijel.**



Membres de jury :

- Président : M^r BOULDJEDRI M.
- Examineur : M^r SEBTI M.
- Encadreur : M^r BOUDJELAL F.

Présenté par :

- BOURITA Abdelghani.
- BOUGHABA Messaoud.

Promotion 2006

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

« رَبِّي إِشْرَحَ لِي صَدْرِي وَ يَسِّرْ لِي أَمْرِي وَ احْلِلْ لِي

عَقْدَةً مِنْ لِسَانِي يَفْقَهُ قَوْلِي »

صَدَقَ اللَّهُ الْعَظِيمُ

دُعَاءُ

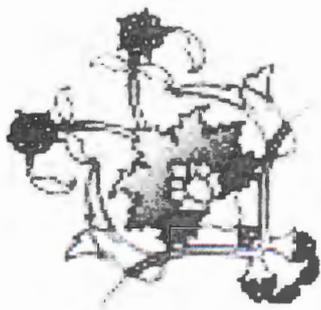
"اللَّهُمَّ لَا تَجْعَلْنَا نَصَابَةً بِالْغُرُورِ إِذَا فَجَعْنَا وَ لَا بِالْيَأْسِ

إِذَا أَخْفَقْنَا، وَ ذَكِّرْنَا أَنْ الْإِخْفَاقَ هُوَ التَّجْرِبَةُ الَّتِي

تَسْبِقُ النِّجَاحَ، اللَّهُمَّ إِذَا أَعْطَيْتَنَا النِّجَاحَ فَلَا تَأْخُذْ

تَوَاضَعْنَا، وَ إِذَا أَعْطَيْتَنَا تَوَاضَعْنَا، فَلَا تَأْخُذْ بِعِزِّ أَرْزَانَا

بِكِرَامَتِنَا آمِينَ يَا رَبَّ الْعَالَمِينَ."



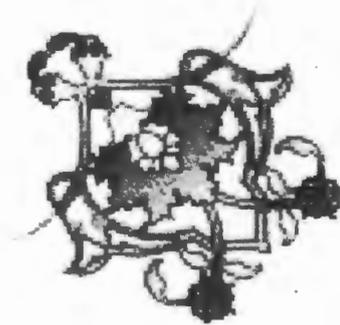
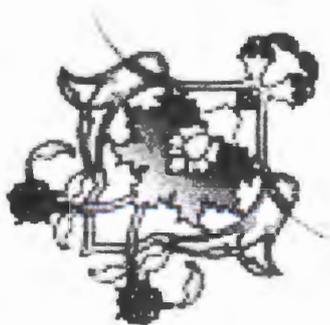
Remerciements

Tout d'abord nous remercions Dieu tout puissant d'avoir nous donné la force et la patience et le courage pour accomplir ce travail.

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer notre reconnaissance, à tous ceux qui d'une manière ou d'une autre ont participé à sa réalisation.

Nos vifs remerciements et gratitude à notre promoteur Mr BOUDJELAL F qui a suivi notre travail de son début à son accomplissement, et qui nous a beaucoup aidé avec ses conseils et sa disponibilité.

Nos remerciements s'étendent aussi aux membres du jury d'avoir examiné notre travail.



Sommaire

Introduction	1
---------------------------	---

Chapitre I: Synthèse bibliographiques

I. Synthèse bibliographique.....	3
I.1. L'eau dans la biosphère.....	3
I.2. L'eau de mer.....	5
I.2.1. La composition chimique de l'eau de mer.....	5
I.2.2. Les gaz dissous dans l'eau de mer	6
I.2.3. Le système gaz carbonique –bicarbonate- carbonate.....	8
I.2.4. Signification de la loi de Dittmar dans le milieu marin.....	8
I.2.5. La composition biologique de l'eau de mer.....	9
A- Le domaine pélagique.....	9
B- Le domaine benthique.....	9
I.3. Les paramètres de qualité de l'eau de mer.....	10
A- La température	10
B- Le pH	10
C- La conductivité électrique.....	11
D- L'oxygène dissous.....	11
I.4. La pollution du milieu marin.....	12
I.4.1. Définition.....	12
I.4.2. Les principaux polluants.....	12
I.4.3. Origine de la pollution marine.....	13
A- Les pollutions domestiques.....	13
B- Les pollutions traditionnelles.....	14
C- La pollution agricole.....	14
D- Phénomènes naturels.....	14
E- La pollution biologique.....	14
I.5. Le pouvoir auto épuration de l'eau de mer.....	14
I.6. Manifestation des pollutions.....	15

I.7. Les espèces indicatrices ou bioindicateurs de la pollution marine.....	15
I.7.1. Définitions d'un bioindicateur.....	15

Chapitre II: Matériel et méthodes

II. Matériel et méthodes.....	18
II.1. Présentation de la zone d'étude.....	18
II.2. Choix des stations.....	18
II.3. Techniques de prélèvement de l'eau de mer.....	21
II.4. Mesure des paramètres physico chimiques.....	21
II.4.1. La température.....	21
II.4.2. Le pH.....	21
II.4.3. La conductivité électrique.....	21
II.4.4. L'oxygène dissous.....	21
II.4.5. Dosage des nitrates.....	22
II.4.6. Dosage des composés phosphorés.....	24

Chapitre III: Résultats et discussion

III. Résultats et discussions.....	28
III.1. Température, pH et concentration en oxygène dissous.....	28
III.1.1. La température.....	28
III.1.2. Le pH.....	30
III.1.3. L'oxygène dissous.....	32
III.1.4. La conductivité électrique.....	34
III.1.5. L'azote.....	36
III.1.6. Le phosphore.....	38
III.2. Le rapport (N/P).....	40
III.3. L'analyse biologique.....	42
Conclusion	46
Références biobibliographiques	47
Annexes	

Liste des figures

Fig. 01 : Localisation des stations d'échantillonnage au niveau de la zone d'étude.	19
Fig. 02 : Station 01.....	20
Fig. 03 : Station 02.....	20
Fig. 04 : Station 03.....	20
Fig. 05 : Station 04.....	20
Fig. 06 : Station 05.....	20
Fig. 07 : Courbe d'étalonnage pour la concentration en nitrates.....	26
Fig. 08 : Courbe d'étalonnage pour le dosage du phosphore.....	27
Fig. 09 : Variation de la température dans la baie de Jijel.....	29
Fig. 10 : Variation des valeurs du pH de l'eau dans la baie de Jijel.....	31
Fig. 11 : Variation des teneurs en oxygène dissous de l'eau de mer.....	33
Fig. 12 : Variation de la conductivité électrique de l'eau de mer.....	35
Fig. 13 : Variation de la concentration en nitrates.....	37
Fig. 14 : Variation de la concentration en phosphates.....	39
Fig. 15 : Variation du rapport N/P.....	41
Fig. 17 : <i>Pollachius pollachius</i>	44
Fig. 18 : <i>Scorpaena scrofa</i>	44
Fig. 19 : <i>Tresapterus lucus</i>	44
Fig. 20 : <i>Dicentrarchus labrus</i>	44
Fig. 21 : <i>Serranus cabrilla</i>	44
Fig. 22 : <i>Sarpa salpa</i>	44
Fig. 23 : <i>Liagora viscida</i>	45
Fig. 24 : <i>Volonia sp.</i>	45
Fig. 25 : <i>Caulirpa taxifolia</i>	45
Fig. 26 : <i>Padina pavonica</i>	45
Fig. 27 : <i>Dictyola dichotoma</i>	45
Fig. 28 : <i>Asparagopsis armata</i>	45

Liste des abréviations

Cm : Centimètre.

C E : Conductivité électrique.

C° : Degré celsius.

G : Gramme.

g/l : gramme par litre.

H : Heur.

Kg : Kilogramme.

Km : Kilometre.

L : Litre.

N/P : Nitrate / Phosphore

ml : millilitre.

mg : milligramme.

µm / cm : microsiminse par centimètre.

pH : potentiel d'hydrogène.

T° : température.

% : pour cent.

‰ : pour mille.

U V : ultraviolet.

Introduction

Introduction

L'écosystème côtier comprend l'ensemble des fonds marins du plateau continental depuis les niveaux les plus élevés, ou peuvent vivre les espèces marines qui se contentent d'une humectation par les embruns ou d'immersions exceptionnelles, jusqu'à la profondeur limite correspondants aux possibilités de vie des algues les plus tolérantes en ce qui concerne l'affaiblissement de l'éclairement. Cette profondeur varie selon les mers : 150m pour les eaux chargées en particules.

L'écosystème côtier englobe aussi le domaine néritique, masse d'eau surmontant le plateau continental à proximité des terres émergées et du fond (Pérès, 1961 ; 1976). Il comprend également une frange terrestre de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres, zones des dunes et des falaises. Cet ensemble côtier n'est pas une simple transition entre le sec et l'humide, des raisons paléocéologiques, géologiques et biologiques lui donnent une existence propre.

Du fait de l'urbanisation on note, la réduction catastrophique de la frange côtière. Le signal de déséquilibre est généralement une modification appréciable de la structure de l'écosystème, il peut être directement visible, même spectaculaire comme dans le cas d'une prolifération algale (eau colorée, marée verte), ou plus subtile : on note la réduction d'un certains nombre d'espèces.

La mer méditerranéenne du fait de sa position intermédiaire entre deux continents ; l'Afrique au sud et l'Europe au nord, est devenue un grand déversoir des pays riverains qui reçoit des eaux polluées de toutes sortes ; industrielles, urbaines,...qui peuvent transporter des quantités considérables de polluants d'origine diverses (chimiques, physiques, organiques) qui pourraient avoir des effets très néfastes sur la faune et la flore marine méditerranéennes.

La baie de Jijel n'en fait exception, en fait très exposée à différents types de polluants provenant surtout de la ville de Jijel ainsi que des villages voisins, elle connaît de nombreuses activités portuaires, et de pêche, ainsi que des activités agricoles, qui pourraient perturber considérablement le milieu marin.

C'est pour cette raison que nous nous sommes intéressés à l'étude de l'évolution des paramètres physicochimiques (pH, température, oxygène dissous, conductivité électrique) en fonction du rapport de Redfield N/P dans la baie de jijel.

Le choix de ce sujet se justifie par la réalité de la constance des constituants de l'eau de mer saine connue sous le nom de loi de Dittmar selon laquelle le rapport N/P (dit de Redfield) doit être de 7/1 en unités de poids. Toute perturbation de ce rapport serait due

probablement à une pollution où à une contamination du milieu surtout à proximité des estuaires.

Le présent travail consiste donc à évaluer ce rapport considéré comme un indice de santé pour la mer dans 5 stations situées sur la côte de Jijel et d'étudier son évolution en fonction des autres paramètres étudiés.

CHAPITRE I

Synthèse bibliographique

I. Synthèse bibliographique

I.1. L'eau dans la biosphère

Depuis qu'il a été possible de la photographier de l'espace, la terre a été dénommée la planète bleue par suite de la prépondérance de l'eau à sa surface. L'hydrosphère, c'est à dire la partie de la biosphère occupée par les eaux océaniques et continentales, en constitue de beaucoup le principal compartiment (**Ramade, 1998**).

L'océan mondial couvre en effet à lui seul environ 360 millions de Km² soit près de 72 % de la surface du globe (Tableau 01). Avec un volume de 1.34 milliard de Km³, il renferme la quasi-totalité de l'eau existante dans la biosphère, c'est-à-dire 96.5 % du volume total. Compte tenu de l'énorme volume qu'il représente, l'océan mondial joue un rôle majeur dans l'ajustement et l'homogénéisation des climats terrestres amenant par le jeu des courants marins des masses d'eaux chaudes aux hautes latitudes qu'il réchauffe, tandis que les courants froids modèrent les températures des zones côtières équatoriales (**Ramade, 1998**).

Comme la plupart des substances sont solubles dans l'eau, on l'appelle fréquemment le solvant universel. L'eau s'allie avec certains sels pour former des hydrates et réagit avec des oxydes de métaux pour former des acides. Elle est utilisée comme catalyseur dans de nombreuses réactions chimiques importantes (**Barbault, 1983**). Ainsi l'eau est le seul composé qui peut se trouver dans les trois états de la matière.

Tableau 01 : L'eau dans la biosphère (Ramade, 1998).

	Surface (en 10 ³ km ²)	Volume (en 10 ³ km ³)	Epaisseur (m)	Pourcentage des réserves globales	
				/eau totale	/eau douce
Océan mondial	361300	1338000	3700	96.5	
Eaux souterraines	134000	234000	174	1.7	
Eau douce		10530	78	0.76	30.1
Humidité des sols		16.5	0.2	0.001	0.005
Glaciers et névés	16267	24064	1463	1.74	68.7
Antarctique	13980	21600	1546	1.56	61.7
Autres	1252	2464		1.18	7.04
Sols gelés	21000	300	14	0.022	0.86
Eau des lacs	2058.6	176.4	85.7	0.013	0.26
Douce	1236.4	91	73.6	0.007	0.26
Salée	822.3	85.4	103.8	0.006	
Marécages	2682.6	11.47	4.23	0.0008	0.03
Cours d'eau	148.800	2.12	0.014	0.0002	0.006
Eau de la biomasse	510000	1.12	0.002	0.0001	0.003
Vapeur d'eau atmosphérique	510000	12.9	0.025	0.001	0.04
Réserves hydriques totales	510000	1385984	2718	100	
Réserves totales d'eau douce	148000	35029	235	2.53	1

I.2. L'eau de mer

I.2.1. La composition chimique de l'eau de mer

Parler de la composition de l'eau de mer, c'est parler des sels dissout et des matières en suspension qui s'y trouvent.

Il a été observé que la masse totale des sels dissout varie beaucoup d'une région marine à une autre (plus de 40 g/kg d'eau de mer en mer Rouge, 38 g/kg en Méditerranée et moins de 10 g/kg en mer Baltique).

Les onze constituants principaux de l'eau de mer sont : Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Br^- , F^- , H_2BO_3^- , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Sr^{2+} . La proportion relative de ces sels reste sensiblement constante surtout si l'on fait abstraction des eaux côtières dont la composition peut être influencée par les apports fluviaux (Ivanoff, 1975), car il est à signaler que dans les fleuves les principaux anions sont généralement par importance décroissante : HCO_3^- , SO_4^{2-} et Cl^- , tant dis que les principaux cations qui sont Ca^{2+} , Na^+ et K^+ par importance décroissante.

La masse totale des sels dissout par Kg d'eau de mer, désignée par le terme de salinité n'est jamais facile à déterminer car le résidu sec obtenu après évaporation est très instable, ce qui nous amène à effectuer une dessiccation à 480 °C jusqu'au poids constant, et la salinité dans ce cas est estimée à partir de la chlorinité en mg/ kg ou en ‰ qui est la masse en grammes des substances solides contenues dans un kg d'eau de mer une fois les carbonates sont transformés en oxydes, les bromures et iodures remplacées par leur équivalents en chlorures et matières organiques oxydées.

La salinité peut être définie par la chlorosité qui est une grandeur analogue à la chlorinité mais exprimée en g/l d'eau de mer à 20°C, elle est égale au produit de la chlorinité par la densité de l'eau de mer à 20°C (Ivanoff, 1975).

$$S \text{ (g/l)} = 1.80655 \text{ cl (‰)}$$

Où S est la chlorosité et cl la chlorinité.

La salinité peut également être mesurée par conductimètre.

La conductivité électrique de l'eau de mer varie en fonction de la chlorinité et de la température.

La dissociation des principaux constituants dans l'eau de mer dépend de la chlorinité, du pH, de la température et de la pression atmosphérique (Tableau 02). La constance relative des principaux sels dissout dans l'eau de mer est appelée loi de Dittmar (Ivanoff, 1975).

Les éléments traces (qui sont des métaux lourds) ne représentent que 0.01 % de la masse totale des sels dissous dans l'eau et échappe à cette règle.

Tableau 02 : Principaux constituants de l'eau de mer (Ivanoff, 1975).

Elément	%	Rapports à la chlorinite.	Concentration en g/kg d'eau de mer (pour une eau de mer de chlorinite égale à 19.37 ‰).	
			(Deltrich, 1957)	(Culkin, 1965)
Cl^-	55.0	0.999	19.3505	19.353
So_2^-	7.7	0.140	2.702	2.712
Hco_3^-	0.4	0.0075	0.145	0.142
Br^-	0.2	0.00348	0.066	0.067
F^-	0.0003	0.000007	0.0013	0.001
H_2Bo_4	0.07	0.0013	0.027	0.023
Na^+	30.6	0.556	10.755	10.760
Mg^{++}	3.7	0.0668	1.295	1.294
Mg^{++}	1.2	0.0213	0.416	0.413
K^+	1.1	0.0206	0.390	0.387
Sr^{++}	0.03	0.00041	0.013	0.008

I.2.2. Les gaz dissous dans l'eau de mer

Tous les gaz qui composent l'air sec se retrouvent à l'état dissout dans l'eau de mer, comme il peut se former en absence de l'oxygène, de l'hydrogène sulfurique H_2S .

Toute masse de l'eau marine se trouve à un moment donné au contact de l'atmosphère. Il s'établit ainsi un équilibre entre l'atmosphère et les gaz dissout dans l'eau de mer, cet équilibre régi par l'azote, l'oxygène (ainsi que les gaz rares) par la loi de Henry selon laquelle la concentration (ml/l) de chaque gaz dissout dans l'eau de mer est proportionnelle à la pression partielle de ce gaz dans l'atmosphère (Bougis, 1974) selon la relation :

$$C = \alpha.P$$

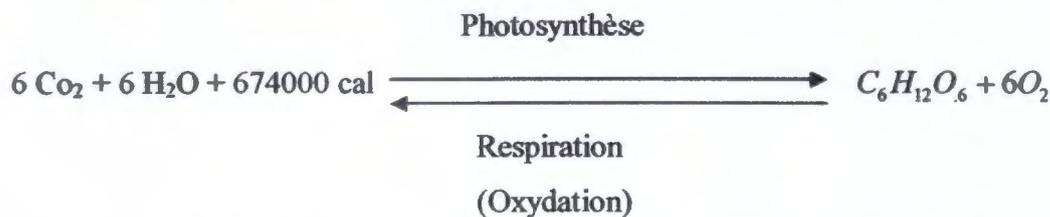
Où C est la concentration du gaz dissout dans l'eau de mer en ml/l, α le coefficient de proportionnalité appelé coefficient de saturation dépendant du gaz considéré, de la température et de la salinité.

P : la pression partielle du gaz dans l'air (exprimée en atmosphère).

A salinité constante, la concentration des gaz diminue lorsque la température augmente, et à température constante, la concentration diminue lorsque la salinité augmente (**Lacombe, 1965**).

L'azote intervient dans quelques processus biologiques, on a trouvé dans les eaux de mer des bactéries capables de fixer l'azote gazeux (**Pérès, 1976**) et d'autres capables de réduire les nitrites en azote ; on a même pu démontrer que certaines algues bleues peuvent fixer l'azote (**Laubier, 1986**).

L'oxygène est formé aussi lors de la photosynthèse ; cette photosynthèse est assurée dans les eaux de mer par le phytoplancton grâce à l'énergie solaire. Inversement l'oxydation des déchets organiques et la respiration, tant celle des plantes que celle des animaux et celle des bactéries consomme de l'oxygène et produit du gaz carbonique.



Les effets de la température et de la salinité étant pratiquement les mêmes sur les solubilités de l'azote et de l'oxygène.

Le volume de l'azote dissout peut être déduit selon Henry (**Ivanoff, 1975**) de celui de l'oxygène (dont le dosage est beaucoup plus facile) par la relation :

$$\text{ml d'azote/l} = 1.06 + 1.63 \text{ ml d'O}_2$$

Par contre les phénomènes sont compliqués pour le gaz carbonique qui, en plus de cette loi physique (Henry) obéit à la loi d'action de masse, car il réagit sur l'eau en donnant de l'acide carbonique H_2CO_2 qui, à son tour se trouve en équilibre avec des ions bicarbonates et carbonates (**Ivanoff, 1975**).

I.2.3. Le système gaz carbonique –bicarbonate- carbonate

L'eau de mer contient du gaz carbonique dissout, des molécules d'acide carbonique H_2CO_3 non dissoutes, et des anions bicarbonates HCO_3^- , le tout étant en équilibre :



L'adjonction dans le milieu marin des ions OH^- (c'est-à-dire d'une base) ou des ions H^+ (c'est-à-dire d'un acide) dépasse cet équilibre vers la droite ou vers la gauche. Autrement dit à température et à pression données, l'équilibre est fonction du $pH = -\log [H^+]$.

La mesure du pH s'avère donc nécessaire pour déterminer les proportions relatives de ces divers composants.

A chlorinité constante le pH diminue lorsque la température augmente (Ivanoff, 1975).

I.2.4. Signification de la loi de Dittmar dans le milieu marin

D'après la loi de Dittmar il doit exister un rapport sensiblement constant entre la réserve alcaline et la chlorinité, ce rapport appelé alcalinité spécifique serait en moyenne de 0.123 à 0.126.

Par ailleurs, il suffit de doser l'un des éléments présents dans l'eau de mer (exception faite des éléments traces qui représentent moins de 0.01 % de la masse totale des sels dissout dans l'eau) pour en déduire les autres concentrations.

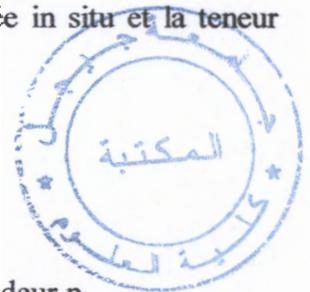
A ce propos, il existe des rapports constants entre les teneurs des eaux de mer en phosphates et en sels azotés et le déficit en oxygène dû à l'oxydation de la matière organique.

A défaut de pouvoir doser l'azote, on estime l'utilisation apparente de l'oxygène (U.A.O) qui est la différence entre la valeur de saturation en oxygène à la pression atmosphérique normale, et à la température et pour la salinité observée in situ et la teneur réelle.

$$U.A.O = [O_2]_s - [O_2]_p$$

Où s signifie la concentration en surface et p la concentration à la profondeur p .

Selon Dietrich (Ivanoff, 1975) ce rapport $U.A.O/C/N/P$ est égal en poids à 132/41/7.2/1 soit en atomes : 256/106/1.6/1. Le rapport $C/CaCO_3/Si$ est de 106/26/50 en atomes.



1.2.5. La composition biologique de l'eau de mer

Les océans et les mers, qui couvrent plus de 71 % de la surface de notre globe, sont peuplés d'êtres vivants en tous lieux et à toutes les profondeurs. Deux domaines sont à distinguer.

A- Le domaine pélagique

Est subdivisé en deux grands ensembles en fonction du degré de liberté des êtres qui le peuplent par rapport aux déplacements des masses d'eau : plancton et necton. Les êtres planctoniques (végétaux et animaux) sont caractérisés par leur passivité vis-à-vis des mouvements d'eau (Pérès, 1976). Au contraire le necton regroupe les grands nageurs marins tels les poissons.

Au sein du plancton on distingue évidemment une fraction végétale (phytoplancton) et une fraction animale (zooplancton).

B- Le domaine benthique

Regroupe les espèces qui mènent une vie très liée aux fonds des mers (sédiments et environs immédiats).

La notion de profondeur nous permet de distinguer, dans le milieu marin, une couche éclairée le jour correspondant à un système phytal dans lequel la photosynthèse prédomine, et une couche soujacent sombre jour et nuit avec un système aphytal où l'activité chimiosynthétique est importante.

La limite entre les deux systèmes est appelée la profondeur de compensation : profondeur à laquelle la photosynthèse est égale à la respiration. La photosynthèse est assurée surtout par la microflore marine (Bougis, 1974).

Faisant partie du phytoplancton, les organismes qui fabriquent plus de 50 % de la production primaire sont des phytoflagellés (<4 μ).

Les bactéries représentent 80 % à 90 % de l'activité hétérotrophique de la colonne d'eau.

En effet, une fois mortes, les matières organiques formées dans la couche éclairée par le processus de la photosynthèse continuent à descendre vers le fond où elles seront attaquées dans la couche aphotique par des organismes hétérotrophes qui détruisent graduellement ces molécules organiques jusqu'à l'état final de composés minéraux relativement simples : gaz carbonique, phosphates, sels ammoniacaux, nitrates et nitrites. Cette minéralisation par

oxydation fournit de l'énergie qui est utilisée par ces organismes pour la synthèse de leur propre substance.

Cette activité minéralisatrice se déroule au delà de la profondeur de compensation là où l'activité microbienne est moins intense (**Laubier, 1986**)

Aux profondeurs relativement faibles et surtout sur le plateau continental la teneur en matières organiques aisément métabolisables sur le fond est souvent importante et de ce fait les populations microbiennes sont très importantes (plusieurs milliards de germes /g de vase).

Quel que soit le milieu de minéralisation, les sels nutritifs sont remis à la disposition des producteurs primaires de la couche éclairée par les processus dynamiques (mouvement de resurgences, upwelling) et le cycle recommence (**Laubier, 1986**)

1.3. Les paramètres de qualité de l'eau de mer

Les paramètres physico-chimiques de l'eau de mer

L'intérêt croissant porté à la qualité de l'eau dans ces multiples aspects et usages, conduit à définir pour les eaux de mer un certain nombre de paramètres physico-chimiques, dans le but de diagnostiquer le degré de la pollution et par conséquent les effets néfastes sur l'environnement.

A- La température

La température et le facteur écologique le plus important parmi tous ceux qui agissent sur la flore et la faune aquatique. La plupart des réactions chimiques vitales sont ralenties voire arrêtées par un abaissement important de température (**Mehennaoui, 1998**). Il est utile de connaître la température d'une eau mais les variations de celle-ci selon les saisons ou les intempéries (**Mounier, 1933**).

B- Le pH

Le pH de l'eau de mer est voisin de 8.2 est principalement fixé par la présence des carbonates, $\text{CO}_2\text{-HCO}_3^{-2}$. La modification des concentrations en CO_2 (respiration, photosynthèse, échange air- océan) ou en CO_3^{-2} (précipitation) entraînerait donc une modification du pH.

On peut trouver des eaux très acides avec un pH de 1.8 et des eaux très basiques avec un pH de 11 (**Loup, 1974**). En milieu côtier ou estuaire, certains rejets industriels ou autres sont la cause de variation du pH qui s'avère dans ce cas un indice de pollution (**Hamouche, 1997**).

En milieu côtier ou estuariens rejets industriels ou autres sont la cause de variations du pH qui s'avère dans ce cas un indice de pollution (**Hamouche, 1997**).

C- La conductivité électrique

C'est un paramètre permettant d'évaluer la charge totale en électrolytes d'une eau naturelle. Cette grandeur permet une bonne estimation de la chlorinité. (**Rodier, 1984**) et la conductance d'une colonne comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² (**Bremond et Vuichard., 1973**).

La mesure de la conductivité électrique est une mesure aisée et rapide qui renseigne avec une bonne approximation sur la salinité d'une eau. Une conductivité élevée traduit, soit des pH anormaux soit le plus souvent une salinité élevée qu'elle soit naturelle ou due à des rejets salins (**Mehennaoui, 1998**).

D- L'oxygène dissous

L'oxygène dissous est un paramètre important de milieu qui gère la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques. La concentration en oxygène dissous est le résultat des facteurs physiques, chimiques et biologiques suivants :

- Echanges et mélanges au sein de la masse de l'eau.
- Utilisation dans les réactions chimiques d'oxygène.
- Utilisation par les organismes aquatiques pour la respiration (ce qui inclut au sens large la dégradation bactérienne des matières organiques).
- La production in situ par la photosynthèse (**Hamouche, 1997**).

A une pression normale de 760 mb, le taux de saturation en oxygène dissous est de 12.5 mg/l à 20°C (**Dussart, 1966**). Des sursaturations en oxygène du milieu environnant, souvent dues aux phénomènes de photosynthèses, ne semblent pas provoquant d'effets dangereux pour beaucoup d'organismes aquatiques, alors qu'un excès d'oxygène provoque des troubles et même la mort chez les organismes aériens surtout les vertébrés.

Au contraire les teneurs anormalement faibles en oxygène présentent des effets néfastes qui peuvent se traduire par des migrations, des adaptations ou par des mortalités massives. L'effet létal des basses concentrations en oxygène dissous semble être catalysé par la présence de substances toxiques telles que NH₄, CN, Zn⁺⁺...etc (**Mehennaoui, 1998**).

I.4. La pollution du milieu marin

I.4.1. Définition

La définition la plus précise du terme de la pollution a été donnée par le premier rapport du conseil sur la qualité de l'environnement de la Maison Blanche (1965) : <La pollution est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous produit de l'action humaine, ou à travers des effets directes ou indirects alternant la répartition des flux de l'énergie, des niveaux de radiation de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivants >. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou à travers des ressources agricoles, en eau et en produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en alternant les objets physiques qu'il possède ou les possibilités récréatives du milieu (Ramade, 1998).

Selon l'organisation des Nations unies la pollution marine est < l'introduction par l'homme dans le milieu marin, y compris les estuaires, directement ou indirectement, des substances ou d'énergie peuvent entraîner des effets délétères tels que dommages aux ressources biologiques, dangers pour la santé humaine, entraves aux activités maritimes, y compris la pêche, diminution de la qualité de l'eau de mer du point de vue de son utilisation et réduction des possibilités offertes dans le domaine des loisirs > (Fera, 1992).

Les zones côtières subissent des altérations certaines vu l'énorme quantité de déchets rejetés suite aux différentes activités exercées (domestiques, agricoles et industrielles). C'est dans les eaux côtières qu'aboutissent finalement toutes les eaux usées par l'homme dont la production moyenne par habitant pourrait atteindre 150 à 300 litres par jour (Gaujous, 1993).

I.4.2. Les principaux polluants

Les polluants s'incorporent sous forme organique dans les réseaux trophiques. Ils passent progressivement du phytoplancton au zooplancton, puis se concentrent dans les mollusques, les poissons, les mammifères et les oiseaux de mer.

Une petite partie du phosphore des océans retourne sur les continents grâce à la pratique de la pêche ou par les excréments des oiseaux de mer. Ils sont récoltés sur les falaises rocheuses où se trouvent les nids. Une autre partie, minéralisée, remonte par un phénomène appelé d'upwelling (courants ascendants). Elle peut alors être incorporée dans les réseaux trophiques par le phytoplancton et passe alors par un cycle fermé.

Mais la plus grande quantité de ce phosphore minéralisée se perd dans des sédiments très profonds. Elle représente la partie ouverte du cycle de cet élément. Elle finira par se fossiliser sous forme de roches phosphatées au sein des plaques océaniques.

Il existe un grand nombre de polluants, pour les classer, on peut utiliser leur nature physicochimique ou leur modalité de dispersion ou encore le type de biotope contaminé (Ramade, 1998).

Le tableau 03 montre la classification proposée par Ramade (1998).

Tableau 03 : Classification des principaux types de polluants (Ramade, 1998).

Pollutions physiques			
Radionucléides (rayonnements).			
Pollution thermique.			
Bruit et vibrations à basses fréquences.			
Pollutions chimiques			
	Air	Eau	Sol
Déverses gazeux du carbone et hydrocarbures liquides.	+	+	+
Détergents.		+	
Matières plastiques.		+	+
Pesticides et autres composés organiques de synthèse.	+	+	+
Dérivés du soufre.	+	+	+
Métaux lourds.	+	+	+
Fluorures.	+		+
Particules solides (aérosols).	+		
Matières organiques fermentescibles		+	+
Pollutions biologiques			
Contamination bactérienne des milieux inhalés ou ingérés.		+	+
Matières organiques fermentescibles.		.	

I.4.3. Origine de la pollution marine

Suivant l'origine des substances polluantes, on distinguera :

A- Les pollutions domestiques

Provenant des habitations, elle est en général véhiculée par le réseau d'assainissement et les rivières.

La pollution domestique se caractérise par :

- Des germes fécaux.
- De fortes teneurs en matières organiques.
- Des sels minéraux (azote, phosphore).
- Des détergents.

B- Les pollutions traditionnelles

Provenant des usines, elle est caractérisée par une grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau, tous les produits de l'activité humaine se retrouvent ainsi dans l'eau, qui est un bon solvant :

- Matières organiques et graisses (industries agro-alimentaires...).
- Hydrocarbures (raffineries).
- Métaux (traitement des surfaces, produits chimiques, tanneries...).
- Eau chaude (circuits de refroidissement des centrales thermiques).
- Matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

C- La pollution agricole

Provenant des fermes ou des cultures. Elle se caractérise par :

- De fortes teneurs en sels minéraux (azote, phosphore, potassium) provenant : des engrais, des purins et lisiers (élevage).
- La présence de produits chimiques de traitement (pesticides, herbicides,...

D- Phénomènes naturels

Certains auteurs considèrent que divers phénomènes naturels sont aussi à l'origine de pollution (une éruption volcanique, un épanchement sous marin d'hydrocarbures, le contact avec des filons géologiques, une source thermo-minérale...)

E- La pollution biologique

Cette pollution est causée par les déchets organiques fermentescibles provenant des eaux d'égouts des collectivités locales mais aussi des industries textiles et alimentaires (conserveries, laiteries, abattoirs). Qui véhiculent des microorganismes pathogènes vers les eaux de mer (Pérès, 1976).

I.5. Le pouvoir auto épuration de l'eau de mer

Les premières études relatives à la survie des allochtones ont montré essentiellement leur déclin dans le milieu marin (Mitchell et Kapuscinski, 1981).

En pratique, la vitesse de disparition des bactéries dans l'eau de mer est souvent caractérisée par la détermination du T 90 : temps nécessaire à la disparition de 90 % des effectifs de la population initiale (Bonfont et Guinnet, 1990). Si les causes purement physiques (dilution, diffusion, dispersion) de déclin sont des phénomènes théoriquement quantifiables, il n'en va pas de même dans l'appréciation réelle de survie de ces bactéries en mer. Les périodes de

survie vont dépendre non seulement des qualités intrinsèques de l'organisme considéré (espèce, état physiologique) mais aussi de paramètres extrinsèques (température, salinité, lumière concentration en matière organique, prédation, compétition nutritionnelle).

I.6. Manifestation des pollutions

On peut distinguer des pollutions aiguës provoquées par les accidents : fuites de gazole, fausses manœuvres dans une usine ... elles sont souvent des conséquences désastreuses sur l'environnement et sont spectaculaires.

Les pollutions chroniques sont plus dangereuses car insidieuses et beaucoup plus contestables que les pollutions aiguës car difficiles à déceler et à situer. Les chaînes alimentaires sont plus ou moins touchées et les manifestations de la pollution peuvent s'observer à plusieurs kilomètres du lieu de déversement du produit toxique.

Une usine peut déverser une substance provoquant des disparitions discrètes de poissons sans montrer de mortalité apparente.

Mais une pollution chronique peut brutalement devenir aiguë lorsque en été, la température s'élève en entraînant une diminution du taux d'oxygène, ou lorsque le débit d'eau se réduit. Ainsi les poissons rencontrent des difficultés pour respirer. Ce cas de pollution est fréquemment observé, au cours d'été, chauds et secs, ce qui entrave une mortalité pouvant être importante des organismes marins. C'est aussi le cas de la pollution par les nitrites et les pesticides dont la concentration augmente en cas de pluie suite au lessivage.

I.7. Les espèces indicatrices ou bioindicateurs de la pollution marine

I.7.1. Définitions d'un bioindicateur

Le bioindicateur est un simple relais ne faisant référence qu'à des effets observables au niveau de l'individu se traduisant par des altérations morphologiques; tissulaires ou physiologiques de croissance et de reproduction. Les auteurs prennent ainsi la réaction au niveau individuel (Hellowell, 1986).

Selon Ramade (1993), la bioaccumulation est un phénomène par lequel une substance, présente dans un biotope, s'accumule en surface et/ou pénètre dans un organisme même si elle n'a aucun rôle métabolique, voire même si elle est toxique à ce dernier.

La bio-surveillance peut donc être définie comme l'utilisation des réponses à tous les niveaux d'organisation biologique (moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique,

tissulaire, morphologique, écologique) d'un organisme ou d'un ensemble d'organismes pour prévoir et/ou révéler une altération de l'environnement.

En milieu aquatique, les mollusques lamelibranches constituent d'excellents indicateurs de contamination des eaux marines et continentales grâce à leurs fortes capacités de bioaccumulation. Les moules, et les huîtres ont été employées à vaste échelle dans la biosurveillance des écosystèmes aquatiques en milieu marin *Sphaerium*, *Pisidium* etc...ont joué le même rôle en milieu d'eau douce.

Depuis longtemps, l'observation de divers macroinvertébrés benthique a donné lieu à l'évaluation de la qualité des eaux de surface. Ainsi certaines communautés sont polluo-résistantes (*Chironomus*, larves d'*Eristalis*, *Asellus*, *Lymnaea*,...) ou polluo-sensibles (larves d'*Ephemera*, de *Sialis*,...). Plusieurs chercheurs ont été conduits à proposer des indices biotiques basés sur l'évaluation de la richesse spécifique et traduisant la qualité des eaux superficielles (Verneaux, 1976).

En particulier, Les poissons, les téléostéens d'eau douce ou marins sont utilisés comme bioindicateurs de pollution en milieu limnique ou océanique. De nombreuses publications sont relatives à la bioaccumulation de polluants des eaux par des poissons marins ou dulsaquicole, aussi bien en laboratoire qu'en milieu naturel. On peut aussi observer et quantifier les modifications du comportement des poissons (rythme respiratoire, décharges électriques) face aux polluants présents dans l'eau.

En milieu aquatique, plusieurs espèces végétales sont utilisées en raison de leur fort potentiel de bioaccumulation, telle que les mousses aquatiques comme *Fontinalis*, *Amblystegium*... (Laubin et al 1991). Parmi les végétaux supérieurs, les Typha ou massettes, sont fréquemment utilisées comme bio accumulateur de métaux lourds,...

En résumé, les principales caractéristiques de la bioindication végétale comme de la bioindication animale sont de disposer d'espèces :

- ayant des sensibilités spécifiques très fortes vis-à-vis de certains polluants (c'est la disparition de ces espèces qui est bio indicatrice).
- ayant au contraire une forte résistance et une capacité d'accumulation élevée.

L'emploi de telles espèces permet d'obtenir une valeur approximative d'une pollution moyenne sur des pas de temps élevés. La limite de ces usages est liée à la présence ou à

l'absence des espèces d'intérêt sur les sites à étudier. La méthode des transplants pallie en partie cette difficulté.

Un travail important reste encore à faire pour établir les relations quantitatives fines entre les polluants cumulés dans les organismes choisis et les teneurs du milieu sur des périodes relativement longues pendant lesquelles des variations ont pu évidemment avoir lieu.

Par comparaison avec les analyses physicochimiques, les principaux intérêts de la bioindication sont les suivants :

1. c'est un ensemble de méthodes relativement faciles à mettre en oeuvre, rapides, de coût plus limité que celui d'une approche purement basée sur l'analyse chimique, ou on peut multiplier le nombre de stations d'observation.
2. elle donne la possibilité de détecter des polluants nouveaux ou accidentels non dosés par les capteurs traditionnels.
3. enfin elle peut fournir une vision globale des perturbations fonctionnelles des écosystèmes.

CHAPITRE II

Matériel et méthodes

II. Matériel et méthodes

II.1. Présentation de la zone d'étude

Située sur la côte Nord -est de l'Algérie, la baie de Jijel est en majeure partie formée de plages s'étendant sur une quarantaine de kilomètres à l'Est de Jijel, et de falaises vers l'Ouest. En arrière, sont situés des marais d'eau saumâtre reliés à la mer directement ou indirectement par des rivières descendant des montagnes (Fig. 01).

Du fait de sa position géographique, la wilaya de Jijel est caractérisée par un climat méditerranéen à hiver doux et été sec et chaud avec une température moyenne en août de 30°C atteignant un maximum de 40°C. En général, la région de Jijel appartient à un étage humide.

II.2. Choix des stations

L'échantillonnage mensuel est effectué dans quatre stations réparties le long de la baie est de Jijel et une cinquième station à Kissir sur la côte ouest, il s'est déroulé sur quatre mois successifs : février, mars, avril et mai.

Station 01

Elle est située à la plage de Sakhr El Balah dans la commune de Sidi Abdelaziz à 300 m environ de la zone humide de Beni Belaid et à 100 m à l'ouest de l'embouchure de l'oued El Kebir (Fig. 01 et 02).

Station 02

Située dans la plage de Bazoul, commune de Taher, cette station se trouve à 100 m à l'ouest de l'oued Nil qui traverse les terres occupées par un grand nombre de serres réservées surtout pour la culture des légumes (Fig. 01 et 03).

Station 03

Elle est située dans la plage de Tassoust, commune de L'Emir Abdelkader, à 100 m de l'embouchure de l'oued de Djendjen (Fig. 01 et 04).

Station 04

Elle est située dans la plage du 3^{ème} kilomètre à 100 m à l'ouest de l'embouchure de l'oued El-kantara (Fig. 01 et 05).

Station 05

Elle est située dans la plage de Kissir à proximité de la route nationale N°43. Loin de toute source de pollution cette station se trouve à 100 m à l'ouest de l'embouchure de l'oued Kissir (Fig. 01 et 06).

Fig. 02 : Station 01.



Fig. 03 : Station 02.



Fig. 04: Station 03.



Fig. 05 : Station 04.



Fig. 06 : Station 05.

II.3. Techniques de prélèvement de l'eau de mer

Les techniques de prélèvement sont celles décrites par Rodier (1984). La quantité d'eau à prélever tient compte des dosages à effectuer. Les prélèvements d'eau ont été effectués à 1 jusqu'à 3 m du rivage (selon l'état d'agitation de l'eau de mer) et à 50 cm de la surface.

Les échantillons ont été prélevés dans les bouteilles en verre et conservés au froid 4°C en attendant le dosage.

Nous avons procédé à un prélèvement par mois pour les 5 stations.

II.4. Mesure des paramètres physico chimiques

II.4.1. La température

La température a été mesurée in situ à l'aide d'un appareil multifonctions, les précautions décrites par Rodier (1984), ont été prises en considération pour éviter l'influence du rayonnement solaire direct (prise à l'ombre). La température de l'eau est lue après immersion du pH mètre dans l'eau pendant 5 minutes à 6 cm de profondeur en moyenne.

II.4.2. Le pH

Il a été mesuré à l'aide d'un pH mètre électrique en plongeant l'électrode dans l'eau de l'échantillon. Les résultats sont exprimés en unité pH.

II.4.3. La conductivité électrique

Elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre de terrain équipé d'un dispositif de régulation ou de compensation de température qui permet une lecture directe à la température de référence de 20°C. Les résultats sont exprimés en $\mu\text{s}/\text{cm}$ à 20°C.

II.4.4. L'oxygène dissous

Il est mesuré par une méthode électrochimique à l'aide d'un oxymètre de terrain. La surface de dosage est constituée par deux électrodes métalliques mises en contact avec un électrolyte convenable et séparé du milieu à examiner par une membrane organique préférentiellement perméable à l'oxygène. L'appareil est équipé d'un dispositif de correction de la salinité.

La mesure se fait par immersion de la sonde dans l'échantillon d'eau de mer, comme recommandé par le mode d'emploi de l'appareil. La lecture se fait en mg d'oxygène par litre et en % de saturation à une référence de 20°C. La sonde est préalablement talonnée par exposition dans l'air.

II.4.5. Dosage des nitrates

La méthode de dosage est celle décrite par Rodier (1984), l'échantillon doit être limpide, s'il est turbide il doit être filtré sur membrane 0.45 μm , et le dosage est effectué dans les meilleurs délais.

Principe : en présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrophotométrique.

Réactifs

1- solution de salicylate de sodium à 1 % à renouveler toutes les 24 h.

2- acide sulfurique concentré $d = 1.84$.

3- solution d'hydroxyde de sodium :

- hydroxyde de sodium.....200 g.
- sel d' E.D.T.A50 g.
- eau permutée.....q.s.p 1 l.

La préparation de cette solution se fait par la dissolution avec précaution, l'hydroxyde de sodium dans 800 ml d'eaux permutées, ajouter le sel sodique E.D.T.A. Après dissolution et refroidissement, transvaser la solution dans une fiole jaugée, ajuster le volume à 1 l, conserver cette solution dans un flacon de polyéthylène.

4- solution d'azoture de sodium :

- azoture de sodium.....50 mg.
- eau permutée.....q.s.p 100 ml.

5- solution mère étalon d'azote nitrique à 100 mg/l.

- nitrate de potassium anhydre.....722 mg.
- eau permutée.....q.s.p 100 ml.

A renouveler tous les deux mois.

6- solution fille étalon d'azote nitrique à 5 mg/l.

Amener 50 mg de la solution mère à 1000 ml avec de l'eau permutée.

Etablissement de la courbe d'étalonnage

Dans une série de capsules de 60 ml, introduire successivement (voir le tableau suivant) :

CHAPITRE III

Résultats et discussions

plus Longtemps avant d'atteindre le milieu marin. Dans l'ensemble, l'évolution de la température est la même pour toutes les stations (Tableau 08 et Fig. 09).

Tableau 08 : Variation de la température de l'eau de mer.

paramètre stations	Température (°C)
Station 01	21.36
	16.13
	22.33
	22.13
moyenne	20.48
Station 02	21.1
	21.13
	21.4
	16.06
moyenne	19.92
Station 03	20.46
	22.93
	22.2
	17.9
moyenne	20.87
Station 04	20.46
	23.26
	22.83
	18.53
moyenne	21.27
Station 05	19.83
	24.4
	20.7
	21.8
moyenne	21.68
Normes (J.O.R.F, 1998)	30 ° C

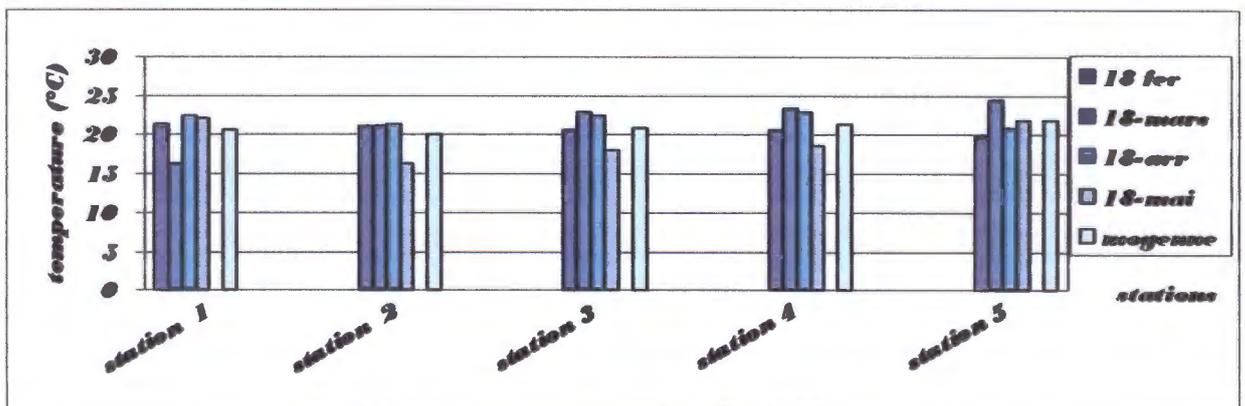


Fig. 09 : Variation de la température dans la baie de Jijel.

III.1.2. Le pH

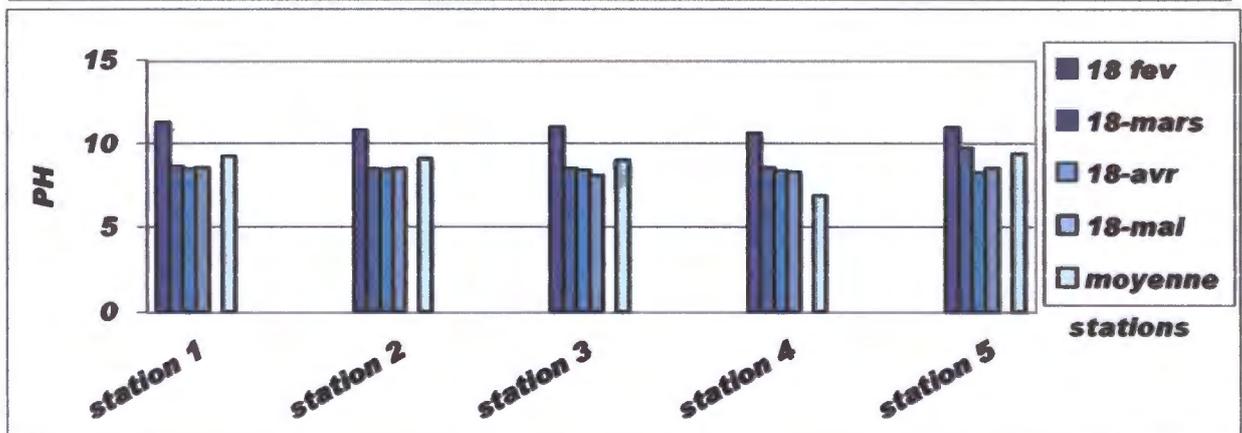
Dans la zone d'étude, la valeur moyenne la plus faible du pH est enregistrée au niveau de la station 4 ; elle est de l'ordre de 8.97, alors que la valeur moyenne la plus élevée est mesurée au niveau de la station 5 ; elle est de l'ordre de 9.38 (**Tableau 09 et Fig. 10**).

Les résultats obtenus sont dans les normes, avec des différences négligeables.

La valeur la plus élevée du pH est de l'ordre de 9.38 ; elle correspond à une température égale à 21.68 qui est la valeur la plus élevée, ce qui suppose l'existence d'une relation entre les deux paramètres.

Tableau 09 : Variation des valeurs du pH de l'eau dans la baie de Jijel.

parametre stations	PH
Station 01	11.29
	8.66
	8.49
	8.59
moyenne	9.25
Station 02	10.84
	8.51
	8.44
	8.53
moyenne	9.08
Station 03	11.01
	8.54
	8.42
	8.08
moyenne	9.01
Station 04	10.63
	8.58
	8.40
	8.29
moyenne	8.97
Station 05	10.96
	9.74
	8.28
	8.55
moyenne	9.38
Normes (normes algériennes)	6-9

**Fig. 10 : Variation des valeurs du pH de l'eau dans la baie de Jijel.**

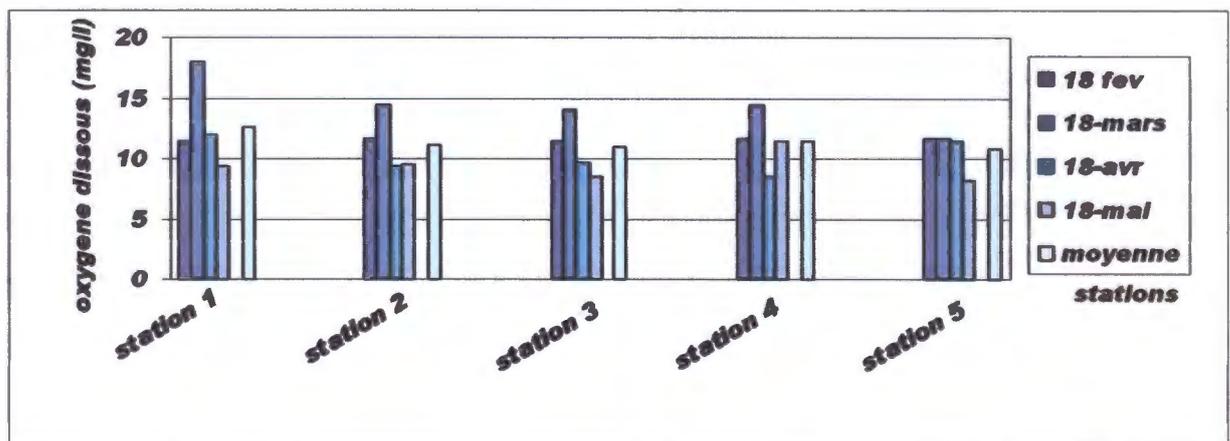
III.1.3. L'oxygène dissous

Au cours de notre travail, la valeur la plus élevée est celle qui a été enregistrée au niveau de la station 1 (12.70 mg/l), tandis que la plus faible moyenne est celle qui a été enregistrée au niveau de la station 5 (10.75mg/l). Les autres stations ont presque les mêmes valeurs. La concentration élevée de l'oxygène dissous dans la station 1 peut être expliquée soit par une présence massive du phytoplancton qui dégage de l'oxygène au cours de la photosynthèse, soit par le brassage des eaux marines par les courants marins qui accentuent leur réoxygénation. Généralement les résultats obtenus sont peu supérieurs aux normes.

La concentration en oxygène présente des variations mensuelles. La concentration est maximale au cours des mois de mars, avril et mai quand l'eau ne s'est pas encore réchauffée et quand la végétation aquatique commence à se développer et la photosynthèse à produire de l'oxygène. Les teneurs moyennes en oxygène des stations 3 et 5 sont plus faibles que celles des autres stations, ce qui est logique puisque leurs températures sont les plus hautes. Les rejets urbains de l'agglomération de Jijel dans l'oued d'El Kentra, à proximité de la station 4, sont peut-être responsables de cette teneur faible en oxygène dissous par apport aux autres stations (10.75 mg/l) (forte teneur en matière organique). Les concentrations en oxygène sont minimales aux périodes correspondant à une température élevée de l'eau (**Tableau 10 et Fig. 11**).

Tableau 10 : Variation des teneurs en oxygène dissous de l'eau de mer.

paramètre	Oxygène dissous (mg/l)
stations	
Station 01	11.43
	18.08
	11.92
	9.38
moyenne	12.70
Station 02	11.56
	14.44
	9.42
	9.49
moyenne	11.22
Station 03	11.55
	14.05
	9.73
	8.89
moyenne	11.05
Station 04	11.56
	11.68
	11.55
	8.22
moyenne	10.75
Station 05	11.62
	14.75
	8.52
	11.52
moyenne	11.52
Normes (J.O.R.F, 1998)	9.1

**Fig. 11 : Variation des teneurs en oxygène dissous de l'eau de mer.**

III.1.4. La conductivité électrique

La valeur moyenne la plus faible de la conductivité électrique est de (1177 $\mu\text{s/cm}$), enregistrée à la station 2 et la plus élevée est (1792 $\mu\text{s/cm}$) mesurée au niveau de la station 4 (**Tableau 11**). En conséquences les résultats sont dans les normes.

La conductivité électrique nous renseigne sur la charge minérale des eaux ainsi que leur salinité (**Rodier, 1984**). Les valeurs supérieures à (1000 $\mu\text{s/cm}$) indiquent une très forte charge d'éléments minéraux. Ce qui est le cas des eaux de mer (**Tableau 11 et Fig. 12**).

Tableau 11 : Variation de la conductivité électrique de l'eau de mer.

paramètre stations	Conductivité électrique (µs/l)
Station 01	1253
	1758
	1089
	1325
moyenne	1356
Station 02	1235
	1357.25
	1037
	1080
moyenne	1177.25
Station 03	1869
	1947
	1574
	1870
moyenne	1815
Station 04	1534
	1945
	1035
	1854
moyenne	1792
Station 05	1524
	1945
	1215
	1944
moyenne	1657
Normes (Rodier, 1984)	1000-3000

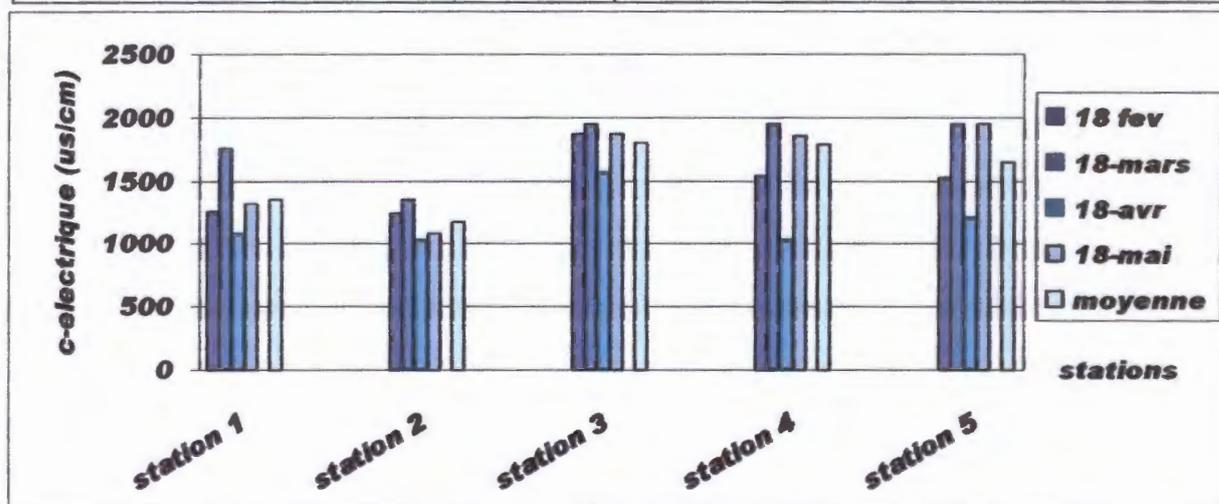


Fig. 12 : Variation de la conductivité électrique de l'eau de mer.

III.1.5. L'azote

La valeur moyenne la plus élevée est enregistrée au niveau de la station 1 (58.25 mg/l), tandis que la valeur moyenne la plus faible est enregistrée au niveau de la station 5 (48.24 mg/l). D'une façon générale les résultats sont supérieurs aux normes (**Tableau 12 et Fig. 13**).

La station 1 présente la concentration en nitrates la plus élevée (89.17 mg/l) cela est dû en fait à la pratique de l'agriculture intensive sur le bassin versant.

Dans la station 2 la concentration en nitrates semble être fortement liée aux précipitations (69.37 mg/l) le 18 février, (47.93 mg/l) le 18 mars et (25.40 mg/l) le 18 mai car le bassin versant de l'oued Nil est principalement agricole. Ainsi, lors de fortes précipitations, les nitrates des sols sont lessivés et les eaux de pluie se dirigent rapidement vers le cours d'eau, puis vers la mer. Les différences de concentration entre les mois sont importantes.

Les teneurs en nitrates des stations 3, 4 et 5 présentent des valeurs relativement homogènes. Les variations de concentrations entre février et mai sont modérées. Cette relative homogénéité peut s'expliquer par le caractère urbain du bassin versant d'une part et l'absence des activités agricoles d'autre part. En effet, les apports en nitrates domestiques et industriels dépendent moins de la pluviométrie et du ruissellement des sols que les apports d'origine agricole.

Tableau 12 : Variation de la concentration en nitrates.

paramètre stations	Nitrate (mg/l)
Station 01	89.17
	79.82
	45.62
	18.42
moyenne	58.25
Station 02	69.37
	62.28
	47.93
	25.40
moyenne	51.24
Station 03	81.46
	53.47
	58.52
	13.58
moyenne	51.75
Station 04	87.27
	48.90
	40.22
	17.20
moyenne	48.39
Station 05	73.89
	71.50
	30.39
	17.20
moyenne	48.24
Normes (J.O.R.F, 1998)	15 mg/l

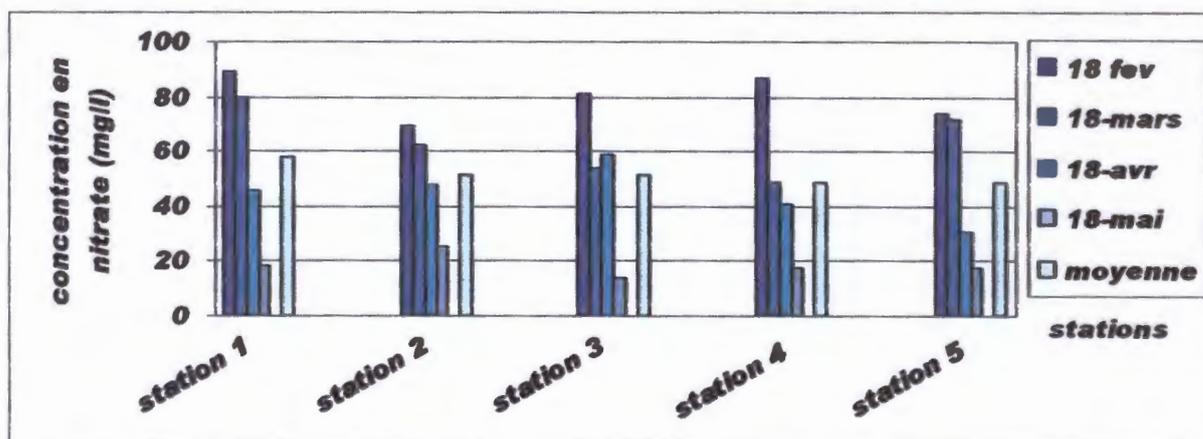


Fig. 13 : Variation de la concentration en nitrates

III.1.6. Le phosphore

La valeur moyenne la plus élevée est de l'ordre de (2.92 mg/l) mesurée au niveau de la station 4, et la valeur moyenne la plus basse est enregistrée au niveau de la station 1 (2.025 mg/l) (**Tableau 13 et Fig.14**). Les résultats sont supérieurs aux normes.

Les teneurs en phosphates dans la station 4 sont très variables. Les concentrations moyennes ont diminué lors de la période d'étude passant de (3.8 mg/l) à (2.7 mg/l) car les apports de phosphates provenant de l'agriculture ont baissé. En effet, les phosphates ont été réduits dans les détergents.

Les teneurs en phosphates dans les stations 1 et 2 sont assez élevées. Ceci s'explique par un apport de phosphates provenant des versants voisins qui sont de nature schisteuse (**Berland et al, 1980**).

Tableau 13 : Variation de la concentration en phosphates.

paramètre stations	phosphore (mg/l)
Station 01	1.6
	1.8
	2.5
	2.2
moyenne	2.025
Station 02	3
	2.3
	2.2
	3.1
moyenne	2.65
Station 03	2
	2.4
	2.4
	2.8
moyenne	2.4
Station 04	3.8
	2.9
	2.3
	2.7
moyenne	2.92
Station 05	2.2
	2.4
	2.4
	2.2
moyenne	2.3
Normes (J.O.R.F, 1998)	2 mg/l

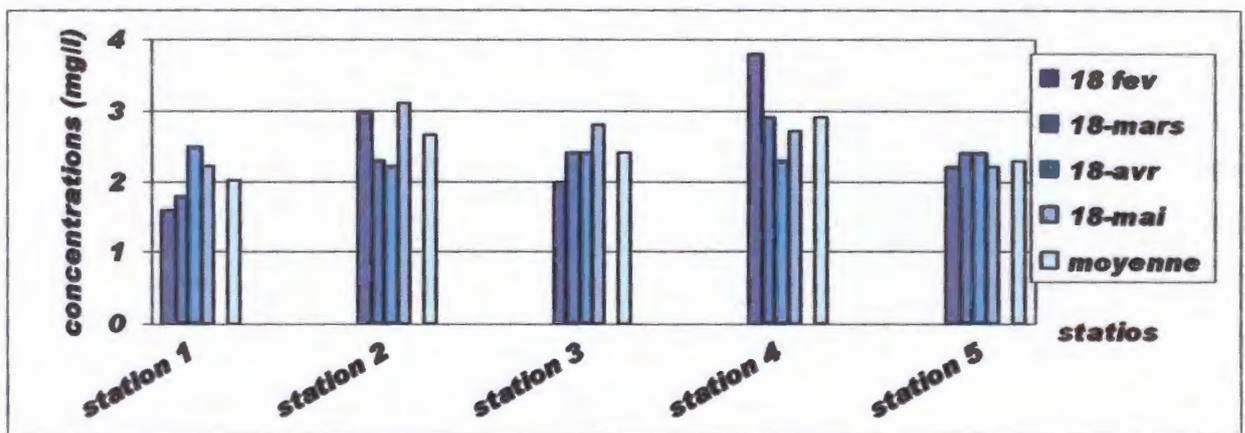


Fig. 14 : Variation de la concentration en phosphates.

III.2. Le rapport (N/P)

Dans les océans la composition du phytoplancton présente un rapport N/P (dit rapport de Redfield) qui doit être de 7/1 et qui est identique à celui de l'eau de mer ; ce rapport traduit l'équilibre biogéochimique et joue un rôle prépondérant (Berland et al.1980). La valeur la plus faible est de l'ordre (4.85) et correspond à la station 3 pendant la quatrième campagne de prélèvement (mai), et la valeur la plus élevée est enregistrée au niveau de la même station pendant la première campagne de prélèvement (février), (27.15). Les résultats sont supérieurs aux normes.

Les valeurs élevées du rapport N/P indiquent que la teneur en nitrate est plus élevée que celle en phosphore dans l'eau de mer, donc le phosphore est le facteur limitant dans le milieu. Ceci s'explique par l'utilisation intense des engrais, et des pesticides dans l'agriculture qui font augmenter la teneur de ces produits dans les rivières par le phénomène de ruissellement surtout en hiver (Tableau 14 et Fig. 15).

Ce rapport tend à diminuer à l'approche de l'été. Lorsqu' il y a diminution des précipitations.

Tableau 14 : Variation du rapport N/P.

mois	février			mars			avril			mai		
	N	P	N/P	N	P	N/P	N	P	N/P	N	P	N/P
Station 1	89.17	4.45	20.03	79.82	3.8	21.00	45.62	2.5	18.24	18.42	2.2	8.37
Station 2	69.37	4	17.37	62.28	5.3	11.75	47.93	2.2	21.78	25.40	3.1	8.19
Station 3	81.46	3	27.15	53.47	4.4	12.15	58.52	2.47	21.35	13.58	2.8	4.85
Station 4	87.27	6.4	13.63	48.90	4.9	9.97	40.22	2.3	17.48	17.20	2.7	6.37
Station 5	73.89	3.2	23.09	71.50	2.4	29.79	30.39	2.7	11.25	17.20	2.2	7.8

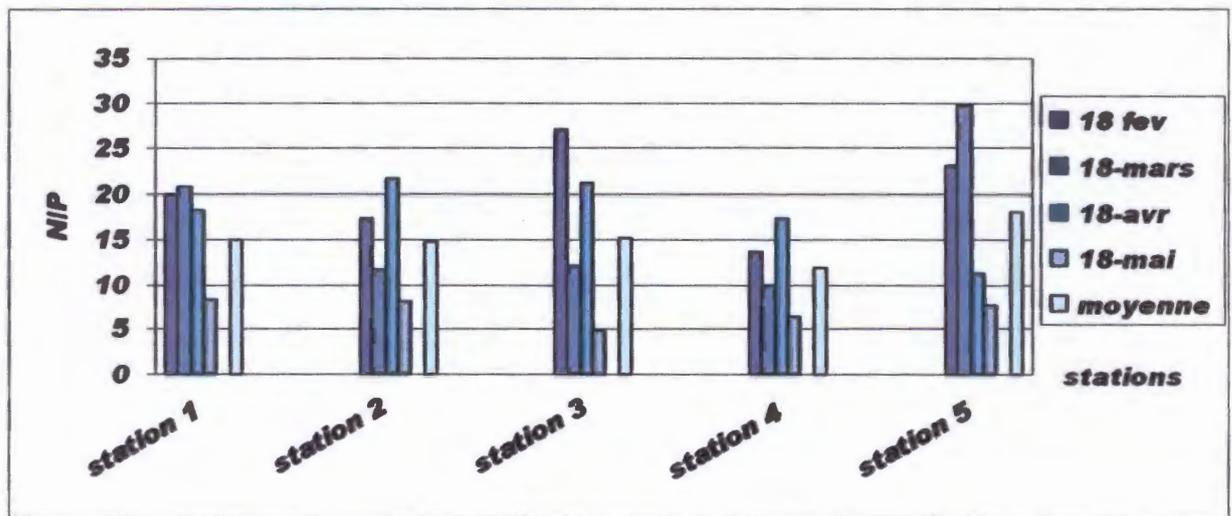


Fig. 15 : Variation du rapport N/P.

-Variation spatiale du rapport N/P (D'une station à l'autre)

Pour tester les variations (l'évolution) du rapport de Redfield dans la baie de Jijel, nous avons comparé les valeurs obtenues pour ce rapport par le test de Kruskal-Wallis qui est un test non paramétrique équivalent au test paramétrique de l'analyse des variances, ce test consiste à :

- classer les valeurs par ordre croissant de 1 à n.
- remplacer les valeurs par leur rang.
- calculer l'indice H de Kruskal-Wallis.

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{j=1}^k \frac{R_j^2}{n_j} - 3(n+1)$$

n : le nombre total d'observations.

k : le nombre de colonnes.

n_j : le nombre d'observations de la colonne i.

R_j : somme des rangs de la colonne j.

Décision

Le $H_{cal} = 1.55$ est \leq le $H_{tab} = 9.488$, les différences entre les valeurs observés pour les différentes stations ne sont pas significatives, elles sont donc dues soit à des erreurs de manipulation soit à des erreurs d'échantillonnage ou de mesure ou au hasard.

-Variation temporelle du rapport N/P

Nous avons trouvé un $H_{cal} = 11.4 > H_{tab} = 9.488$ les différences entre les valeurs observées, pour les différents mois sont significatives, cela veut dire que ce rapport évolue significativement dans le temps. Il semble diminuer à l'approche de la saison printanière ou estivale.

-Corrélation du rapport N/P avec les autres paramètres

- les valeurs de coefficient de corrélations calculées pour le rapport N/P avec les autres paramètres physicochimique indiquent que les résultats sont non significatifs comme les montre le tableau suivant :

Tableau 15 : coefficient de corrélation du rapport N/P avec les paramètres physico-chimiques.

paramètres N/P	pH	C É	T°	O ₂
R_{cal}	0.8219	0.1186	0.1080	0.6000
R_{tab}	0.8114	0.8114	0.8114	0.8114

III.3. L'analyse biologique

L'étude biologique montre que la baie de Jijel est très riche en espèces animales et végétales qui appartiennent au plancton, au necton et au benthos. Notre analyse n'a porté que sur la macrofaune et la macroflore. On se contente de citer quelques macroalgues ainsi que quelques espèces de poissons très fréquentes dans la baie de Jijel et surtout à proximité des cinq stations étudiées.

Le tableau 15 et les figures 17 à 28 représente quelques espèces végétales et animales qui ont été photographiées au cours d'une campagne de plongée sous -marine dans la baie de Jijel.

Tableau 16 : Quelques espèces marines de la baie de Jijel.

La flore	La faune	
	Nom scientifique	Nom commun (FAO)
<i>Asparagopsis armata</i>		
<i>Briopsis muscosa</i>	<i>Anguila anguila</i>	Anguille d'Europe
<i>Amphyroa cryptarhrodia</i>	<i>Anthias anthias</i>	Barbier hirondelle
<i>Ceramium rubrum</i>	<i>Callanthias ruber</i>	Barbier perroquet
<i>Ceramium tenuissimum</i>	<i>Argentina sphyraena</i>	Petite argentine
<i>Haliptilom squamatum</i>	<i>Atherina bayeri</i>	Joël
<i>Jania longifurea</i>	<i>Alupias vulpinus</i>	/
<i>Cutleria multifida</i>	<i>Bothus podas</i>	Rombou podas
<i>Dictyota dichotoma</i>	<i>Brama brama</i>	Grande castagnole
<i>Champia parvula</i>	<i>Capros aper</i>	Sanglier



Fig. 17 : *Pollachius pollachius*



Fig. 18 : *Scorpaena scrofa*



Fig. 19 : *Tresapterus lucus*



Fig.20 : *Dicentarchus labrus*



Fig. 21 : *Serranus cabrilla*



Fig. 22 : *Sarpa salpa*



Fig. 23 : *Liagora viscida*



Fig. 24 : *Volonia sp*



Fig. 25 : *Caulirpa taxifolia*



Fig. 26 : *Padina pavonica*



Fig. 27 : *Dictyola dichotoma*



Fig. 28 : *Asparagopsis armata*

Conclusion

Conclusion

Ce travail avait pour objectif d'étudier l'évolution du rapport de Redfield en fonction des paramètres physico-chimiques dans la baie de Jijel

Les analyses physicochimiques et le traitement statistique des données montrent que ce rapport évolue significativement dans le temps (d'un mois à l'autre) mais pas dans l'espace (d'une station à l'autre).

L'analyse statistique montre également que ce rapport est lié significativement avec le pH, et lié non significativement avec les autres paramètres tel que l'oxygène dissous, la conductivité électrique et la température.

Grosso modo, ce rapport ne peut pas influencer la répartition spatiale des espèces, on doit donc s'attendre à ce que la composition faunistique et floristique soit la même pour toutes les stations c'est à dire pour toute la Baie de Jijel.

Par ailleurs cette composition floristique et faunistique semble évoluer d'une saison à l'autre pour chaque station étudiée (et surtout pendant la saison printanière) et ce en fonction du rapport de Redfield dont la variation est significative dans le temps.

Nous pouvons conclure, d'après l'étude de ce rapport qui est un indice de l'état de santé de la mer, que la baie de Jijel est saine et qu'il faut tout faire pour la préserver du moins à son état actuel et la protéger de toutes sortes de pollution.

Pour limiter les divers apports de pollution nous croyons que le moment est venu pour envisager des solutions adéquates dans le but de préserver la santé de la baie Jijelienne.

Deux aspects essentiels sont à prendre en considération :

-Le traitement des eaux usées, avant leur rejet dans la mer, doit être une obligation ainsi que la création d'un réseau de surveillance qui permet de suivre l'évolution de la flore et de la faune au niveau du littoral.

-Une surveillance périodique des paramètres physico-chimiques et biologiques pour protéger la faune et la flore de cette région marine.

Références bibliographiques

- Barbault R., (1983). Ecologie générale. Ed. Masson. Paris. 322 P.
- Bonfont J., Guinnet B., (1990). Etude expérimentale de la croissance des bactéries fécales en milieu marin. Paris. PP 267-273.
- Bougis P., (1974). Ecologie des planctons marine. Ed. Masson et Cie. Paris. 174 P.
- Bremeond R., Vuichard R., (1973). Les paramètres de la qualité des eaux. Ed. Documentation française. 173 P.
- Direction général de l'environnement. (1997). Guide d'analyse microbiologique et physico-chimique de la qualité des eaux de baignade. El Tarf. 22 P. PP 3-4.
- Dorst J., (1981). Avant que la nature meure. Ed. Delachaux et Niestli. Suisse. 399 P.
- Dussart D., (1966). Limnologie, l'étude des eaux continentales. Ed. Gauthier Villars. Paris. 196 P.
- Fera P., (1992). Marine eutrophisation along the Brittany coasts origin and evolution preliminary reflection of the water agency Loire-Bretagne for orienting its 6th program. Montpellier. 422 P.
- Gaujous D., (1993). La pollution des milieux aquatiques. Ed. Lavoisier-Tec. Paris. 212 P.
- Hamouche B., (1997). Analyse des paramètres physiques et chimiques et interprétation résultat. Alger. PP 2-5.
- ✓ -Hellowell J K., (1986). Ecological indicators of freshwater pollution and environmental management. Ed. Hutchinson. Londres. 546 P.
- Horne A J., Commins M L., (1987). Macronutriments controls on nitrogen fixation in planctonic cyan bacterial populations. Ed. New Zealand journal of marine. PP 413-423.
- Ivanoff A., (1975). Propriétés physiques et chimique de l'eau de mer. Ed. Librairie Vuibert. Paris. 338 P.
- J.O.F., (1998). Les normes guides des eaux. Ed. Dominique Moll - Agent de la qualité de l'eau. Paris. 5 P.
- ✓ -Lacombe H., (1965). Cours d'océanographie physique. Ed. Gauthier Villars. Paris. 297 P.
- Laubier L., (1986). Des oasis au fond des mers. Ed. Le Rocher. Monaco. 15 P.
- Laubin J P., Lambrechts A., Patty M., (1991). Des mousses aquatiques comme bio-indicateurs. Ed. Hydrologie Appl. PP 209-240.

- Loup J., (1974). Hydrologie continentale. Ed. Masson et Cie. Paris. 171 P.
- Mehennaoui A., (1998). Contribution à l'étude physico-chimique et biologique de l'oued Kebir. Algérie.
- Micha J C., Noiset J L., (1982). Evaluation biologique de la pollution des ruisseaux et rivières par les invertébrés aquatiques. Ed. Probio Revue. 104 P.
- Miquel G., (2003). La qualité de l'eau de l'assainissement en France. Ed. Bureau de l'assemblée nationale. Paris. 195 P.
- ✓ -Mitchell R., Kapuscinski R B., (1981). Solar radiations induces vsublethal injury in E. coli in sea water. Appl Environ. PP. 670-674.
- Mounier P., (1933). Parvie analyses chimiques et toxicologie des eaux potables. Ed. Maloine medicals. Paris. 342 P.
- Pères J., (1976). La pollution des eaux marines. Ed. Gauthier Villars. Paris. PP 117-123.
- Pères J., (1976). Précis d'océanographie biologique. Ed. Presses universitaires de France. Paris. 241 P.
- Persoon G., Paul A., (1979). Systèmes des indicateurs biologiques de la qualité de l'eau. Ed. Labo d'évaluation Ratory pour la recherche biologique. Belgique. 195 P.
- Ramade F., (1998). Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Ed. Ediscience internationale. Paris. 786 P.
- Ramade F., (1993). Dictionnaire encyclopédique de l'écologie des sciences de l'environnement. Ed. Ediscience international. Paris. 832 P.
- Rodier J M., (1984). L'analyse d'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Ed. Bordas. Paris. 1365 P.
- Schindler D W., (1977). Evolution of phosphorus limitation in lakes. Ed. Science. PP 669-671.
- Stockner J G., Shortreed K S., (1988). Response of Anabaena and Synechococcus to manipulation of nitrogen: Phosphorus ratios in a lake fertilization experiment. Ed. Limnol. Oceanogr. PP 1348-1361.
- ✓ -Verneaux J., (1976). Fondements biologiques et ecologiques de la qualité des eaux continentales. Ed. Gauthier-Villars. Paris. PP 222-285.

Annexes

Tableau Evolution du rapport N/P en fonction de pH.

pH	9.25	9.08	9.01	8.97	9.38
N/P	16.91	14.77	16.37	11.86	17.98

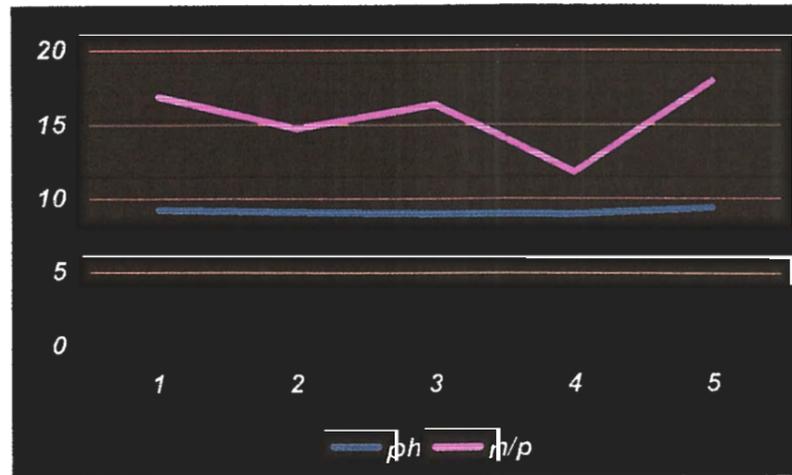
**Figure** : Evolution du rapport N/P en fonction de pH.

Tableau : Evolution du rapport N/P en fonction de l'oxygène dissous.

Oxygène dissous mg/l	12.7	11.22	11.05	10.75	11.52
N/p	16.91	14.77	16.37	11.86	17.98

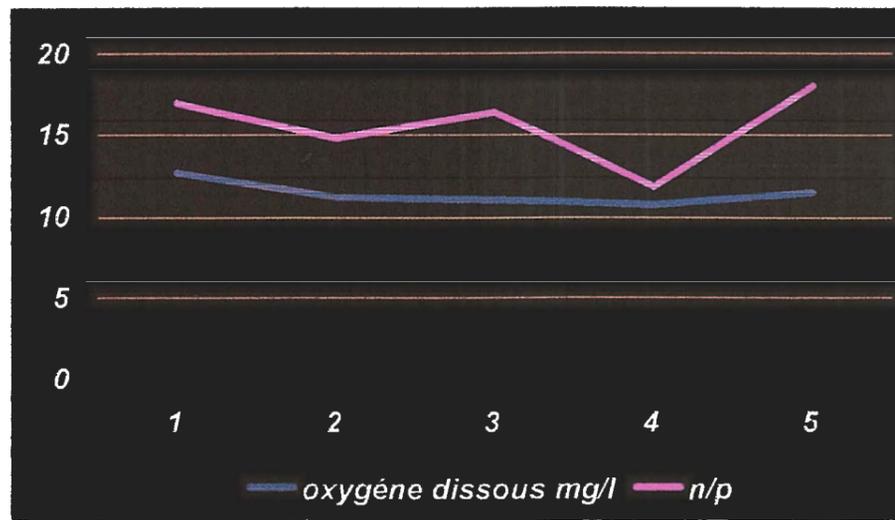


Figure : Evolution du rapport N/P en fonction de l'oxygène dissous.

Tableau : L'interaction entre les différents paramètres physico-chimiques.

Température °C	20.48	19.92	20.87	21.27	21.68
pH	9.25	9.08	9.01	8.97	9.38
Oxygène dissous mg/l	12.7	11.22	11.05	10.75	11.52

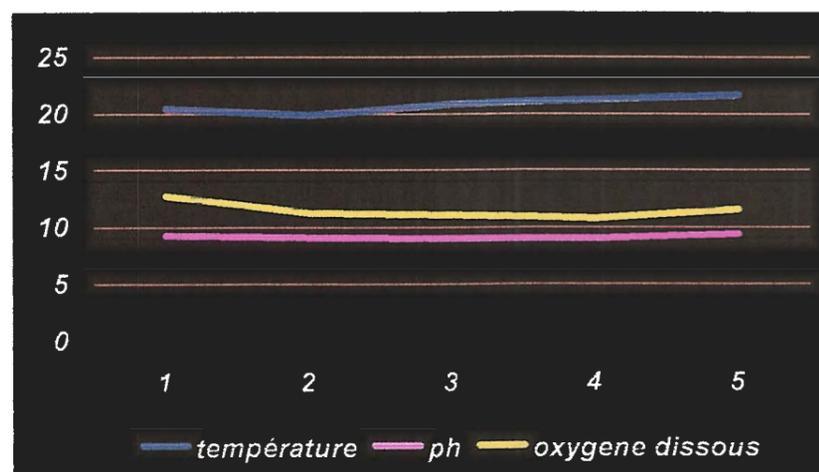
**Figure : L'interaction entre les différents paramètres physico-chimiques.**

Tableau : Evolution du rapport N/P en fonction de la température.

Température °C	20.48	19.92	20.87	21.27	21.68
N/p	16.91	14.77	16.37	11.86	17.98

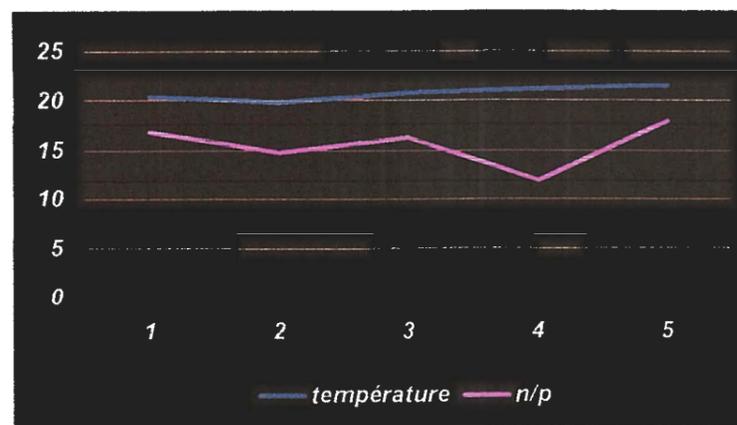
**Figure** : Evolution du rapport N/P en fonction de la température.

Tableau 05 : Procédure pour établissement de la courbe d'étalonnage du phosphore.

Numéro des fioles	T	I	II	III	IV	V
Solution étalon de phosphore à 1 mg (ml)	0	1	5	10	15	20
Eau permutée (ml)	20	19	15	10	5	0
Correspondance en mg de phosphore	0	0.001	0.005	0.010	0.015	0.020

Etablissement de la courbe d'étalonnage

Introduire dans chaque fiole 1 ml de solution d'acide ascorbique, agiter puis ajouter 4 ml de réactif, mélanger soigneusement, compléter éventuellement le volume à 25 ml, attendre 30 minutes la stabilisation de la coloration et effectuer les mesures à la spectrophotométrie à la longueur d'ondes 700 à 800 nm en cuve de 1 cm. Construire la courbe d'étalonnage.

Mode opératoire

Vérifier le pH de l'échantillon qui doit être compris entre 2 et 7, l'ajuster si nécessaire. Introduire 20 ml d'eau dans une fiole jaugée de 25 ml, ajouter 1 ml de solution d'acide ascorbique, puis poursuivre comme pour l'établissement de la courbe d'étalonnage.

Tableau 06 : Variation de l'absorbance en fonction de la concentration.

concentration	Absorbance
0	0.073
0.5	0.132
1	0.154
2.5	0.174
5	0.274

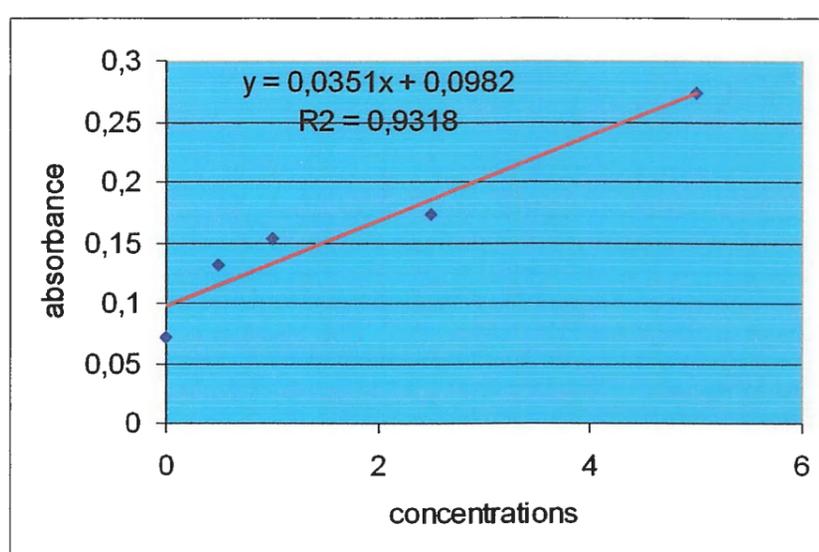
**Fig. 07 : Courbe d'étalonnage pour la concentration en nitrates.**

Tableau 07 : Variation de l'absorbance en fonction de la concentration.

L'absorbance	Les concentrations
0.001	0
0.017	0.001
0.021	0.005
0.035	0.010
0.084	0.15
0.117	0.020

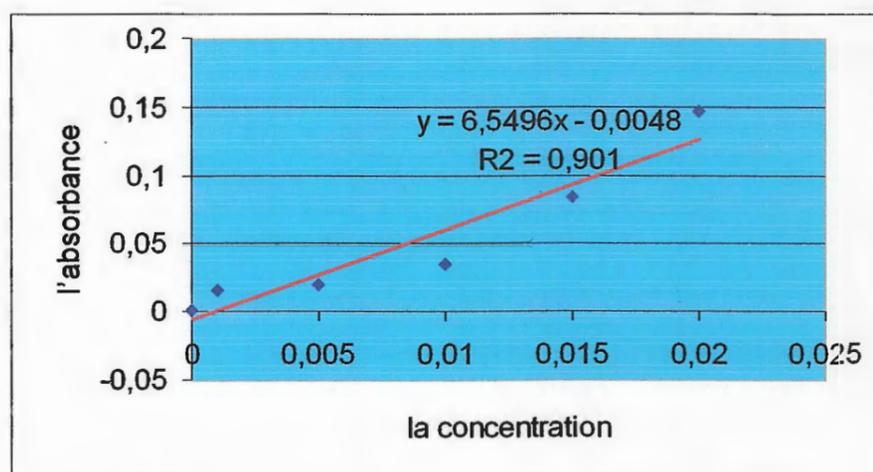


Fig. 08 : Courbe d'étalonnage pour le dosage du phosphore.

Noms et prénoms: BOUGHABA messaoud BOURITA abdelghani	Date de soutenance : Le
<p style="text-align: center;">Thème</p> <p style="text-align: center;">Evolution du rapport de Redfield en fonction des paramètres physico-chimiques dans la Baie de Jijel.</p>	
<p style="text-align: center;">Résumé</p> <p>Dans le cadre de notre suivi du développement des valeurs du rapport de Redfield dans les eaux marines de la région de Jijel, nous avons enregistré, au début de notre étude, des taux inquiétants et loin de la valeur équilibrée. Les valeurs du rapport de Redfield ont, au fil du temps, commencé à se rapprocher de la moyenne. En général, le taux final enregistré n'est pas loin du taux idéal.</p> <p>Mots clés : rapport de Redfield, baie de Jijel, eau de mer, pollution, paramètres physicochimiques.</p>	
<p style="text-align: center;">Summary</p> <p>During our study, we were examining the variations of Redfield, reference values in ijel region sea water. In the beginning, we have noted down worrying rates, very different from the stable value mean while, Redfield reference rates started to approach more and more the average. In general, the final recorded rate is not very different from the required one.</p> <p>Key words: report of Redfield, bay of Jijel, sea water, pollution, parameters physico-chemical.</p>	
<p style="text-align: center;">ملخص</p> <p>في إطار تتبعنا لتطور قيم معامل رادفيلد في مياه البحر لمنطقة جيجل، سجلنا في بداية عملنا نمواً مقلقة و بعيدة عن القيم المتوازنة، إلا أن هذه القيم بدأت تقترب من المتوسط و على العموم كانت النسبة النهائية المسجلة تهر بعيدة عن المعدل المطلوب.</p> <p>الكلمات المفتاحية: معامل رادفيلد، خليج جيجل، مياه البحر، التلوث، العوامل الفيزيوكيميائية.</p>	