

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**  
**UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS DE MOSTAGANEM**



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie

**MEMOIRE**

**Présenté par :**

**Mr BOUDJENAH Mustapha**

**Pour obtenir**

**LE DIPLOME DE MAGISTER**

**Option : Ecosystèmes Côtiers Marins et Réponses aux Stress**

**Intitulé**

**Etude de la structure et de la dynamique des populations  
phytoplanctoniques des eaux marines côtières de la région de  
Mostaganem et d'Alger**

**Soutenue le : 27/06/ 2012**

**Devant de jury composé de :**

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>	<b>Appartenance Administrative</b>
<b>Berkani Abdellah</b>	Professeur	<b>Président</b>	Université de Mostaganem
<b>Kacher Mohamed</b>	MCA	<b>Examineur 1</b>	ENSSMAL (Ex- ISMAL)
<b>Cherigan Abderahman</b>	MCA	<b>Examineur 2</b>	Université de Mostaganem
<b>Nabache Salim</b>	MCB	<b>Examineur 3</b>	Université de Mostaganem
<b>Soualili-Mezali Dina Lila</b>	MCA	<b>Directeur de Mémoire</b>	Université de Mostaganem
<b>Mezali Karim</b>	MCA	<b>Co-Directeur de Mémoire</b>	Université de Mostaganem

**Année universitaire : 2011/2012**

## **Remerciements**

*Une autre étape de ma vie d'étude va bientôt se tourner, ce mémoire s'achève et voici le moment de laisser une petite trace écrite, afin de témoigner ma reconnaissance à toutes les personnes, qui m'ont entourées et encouragées depuis mon arrivée à Mostaganem en janvier 2010. Mais, aussi à toutes les personnes qui m'ont permises de mener à bien ce travail, que ce soit sur le terrain, à la paillasse, dans la réflexion, ou tout simplement par leur présence quotidienne, mais aussi les personnes qui ont permis que j'en sois là aujourd'hui....*

*Je remercie Madame **Dina Lila Souallili-Mezali** Maitre de conférences A au Département des Ressources Halieutiques de l'Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, qui a dirigé ce travail de mémoire. Malgré ses occupations croissantes, elle a toujours été disponible pour suivre mes travaux. Je tiens à lui rendre hommage pour la pertinence de ses conseils, sa capacité à élargir la réflexion ainsi qu'à ses qualités en matière de communication, et en particulier de rédaction scientifique. J'ai été particulièrement sensible à son respect des initiatives personnelles ainsi qu'à ses encouragements.*

*Je tiens à remercier particulièrement Monsieur **Karim Mezali** Maitre de conférences A au Département des Ressources Halieutiques de l'Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, pour tous ses enseignements et précisément pour son travail de co-encadrement de préparation de ce magister, qui sans lui ce travail n'aurait pas existé.*

*Je tiens à témoigner ma gratitude aux membres du jury, pour m'avoir fait l'honneur de juger ce travail.*

*Je commencerais par remercier Monsieur **Berkani Abdellah**, Professeur au Département d'Agronomie et Doyen de la FSNV de l'Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury de mon mémoire, malgré ces multiples occupations. Qu'il trouve ici l'expression de ma plus profonde gratitude.*

*Je tiens également à remercier très chaleureusement Monsieur **Cherigan Abderahman**, Maitre de conférences A, au département de Biologie de l'Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, d'avoir accepté de juger ce travail.*

*Mes remerciements s'adressent aussi à Monsieur **Nabache Salim**, Maitre de conférences B et chef de département de Biologie de l'Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem pour avoir accepté de juger ce travail. Qu'il trouve ici l'expression de ma sincère reconnaissance.*

*Je remercie Monsieur **Kacher Mohamed** Maitre de conférences A au département d'Halieutique de l'Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (Ex : ISMAL), pour avoir pris sur son temps et accepter de participer à ce jury.*

*Je remercie également tous mes enseignants de la Post graduation « Ecosystèmes Marins Côtiers et Réponse aux Stress » algériens et français de m'avoir fait bénéficier de leurs savoir et qui sans eux, je ne me serais pas initié à la recherche.*

*Je n'oublierais par de remercier, tous les membres du département des Ressources Halieutiques de l'Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem et particulièrement le Chef de Département Mr Bachir Bouhidjra pour son aide et sa disponibilité.*

*Je remercie, aussi, le personnel du CNRDPA, et particulièrement les directeurs qui m'ont permis de m'inscrire et d'arriver à terme avec ce mémoire de Magister, ainsi que Mr Meriouma pour tous ses aides.*

*Enfin, je remercie ma famille la grande et la petite pour leur soutien et particulièrement ma mère et ma femme pour leurs encouragements.*

*A mon fils, sa mère et sa grand-mère.*

# Table des matières

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	
I-ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
I-1- Généralités sur la mer Méditerranée.....	3
I-2- Particularité des écosystèmes côtiers d'Algérie .....	3
I-3- Généralités sur le phytoplancton .....	5
I-3-1 - Organisation du phytoplancton.....	6
I-3-3 - Ecologie du phytoplancton .....	7
I-4- Impacts des facteurs naturels sur la dynamique planctonique.....	10
I-4-1- Les facteurs physico-chimiques.....	10
I-4-1-1- La Température.....	10
I-4-1-2- Le potentiel d'Hydrogène (pH) .....	10
I-4-1-3- La salinité.....	11
I-4-1-4- L'Oxygène dissous .....	12
I-4-1-5- Les Nutriments .....	11
I-4-1-5-1- L'Azote ammoniacal .....	12
I-4-1-5-2- Les Nitrites (NO <sub>2</sub> ).....	12
I-4-1-5-3- Les Nitrates (NO <sub>3</sub> ).....	12
I-4-1-5-4- Le Phosphore .....	13
CHAPITRE II MATERIEL ET METHODES	
II- MATERIEL ET METHODES .....	14
II-1- Présentation des sites étudiés .....	14
II-1-1- Situation géographique.....	14
II-1-2- Topographie de la baie Bou-Ismaïl .....	16
II-1-3- Apports continentaux des Oueds et cours d'eaux .....	17
II-1-4- Description des sites de prélèvement .....	17
II-2- Échantillonnage .....	18

II-2-1- Périodes et méthodes d'échantillonnage .....	18
II-2-2- Matériels de prélèvement utilisé.....	19
II-2-2-1 Le Filet à plancton .....	19
II-2-2-2- La Bouteille à renversement.....	21
II-2-2-3- Le Multiparamètre.....	22
II-2- 3- Etude des paramètres physico-chimiques.....	23
II-2-4- Dosage des paramètres chimiques.....	23
II-2-4-1- Azote ammoniacal.....	23
II-2-4-1-1- Principe.....	23
II-2-4-1-2- Mode opératoire .....	24
II-2-4-1-3- Expression des résultats.....	24
II-2-4-2- Les Nitrites .....	24
II-2-4-2-1- Principe.....	24
II-2-4-2-2- Mode opératoire .....	24
II-2-4-2-3- Expression des résultats.....	24
II-2-4-3- Les Nitrates.....	25
II-2-4-3-1- Mode opératoire .....	25
II-2-4-3-2- Expression des résultats.....	25
II-2-4-4- Le Phosphore.....	25
II-2-4-4-1 Principe .....	25
II-2-4-4-2 Mode opératoire.....	26
II-2-4-4-3 Expression des résultats.....	26
II-2-5 - Etude qualitative du phytoplancton.....	26
II-2-6- Etude quantitative du phytoplancton.....	27
II-2-7- Méthode d'estimation de la quantité du phytoplancton .....	28
II-2-7-1- Principe.....	28
II-2-7-2- Mode opératoire .....	28
II-3- Méthodes et paramètres d'analyses utilisées.....	30
II-3-1- Analyse qualitative .....	30
II-3-1-1- Diversité globale.....	30
II-3-1-2- Méthodes univariées.....	30
II-3-1-2-1- Richesse spécifique .....	30
II-3-1-2-2- Indices de diversité.....	30

II-3-1-2-3- Indice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) et indice d'équitabilité de Pielou ( $J'$ )...	30
II-3-1-2-4- Indice de Simpson et indice de diversité de Simpson .....	33
II-3-1-3- Méthodes graphiques.....	33
II-3-1-3-1- Diagramme rangs-fréquences et successions écologiques .....	33
II-3-1-4- Méthodes multivariées .....	35
II-3-2- Analyse quantitative .....	36
II-3-2-1- Abondance.....	36
II-3-3- Analyse des données .....	36

## CHAPITRE III RESULTATS ET DISCUSSION

III- RESULTATS ET DISCUSSION .....	37
III-1- Analyse des paramètres physico-chimiques du milieu .....	37
III-1-1- Résultats .....	37
III-1-1-1- Température.....	37
III-1-1-2- Salinité.....	37
III-1-1-3- Potentiel d'hydrogène (pH) .....	38
III-1-1-4- Oxygène dissous .....	39
III-1-1-5- L'Ammonium .....	40
III-1-1-6- Les Nitrites.....	41
III-1-1-7- Les Nitrates.....	42
III-1-1-8- Le Phosphore .....	43
III-1-2- Discussion .....	44
III-2- Structure et évolution des communautés phytoplanctoniques .....	46
III-2-1- Etude qualitative .....	46
III-2-1-1- Composition taxonomique du phytoplancton .....	46
III-2-1-2- Richesse spécifique .....	46
III-2-1-3- Variation temporelle de la richesse spécifique .....	48
III-2-1-4- Analyse de la diversité spécifique.....	49
III-2-1-5- Evolution des diatomées et des dinoflagellés en fonction des saisons .....	56
III-3- Indices de diversité.....	56
III-3-1- Indice de Shannon et indice de Simpson .....	56
III-3-1-1- Site «le Vivier» .....	56
III-3-1-2 Site «les Trois Suisses» .....	57

III-3-1-3 Site de Stidia.....	61
III-4- Diagrammes Rang-Fréquence.....	62
III-4-1- Site «le Vivier» .....	62
III-4-2- Site «les Trois Suisses».....	63
III-5- Abondance .....	67
III- 6- Analyse en composantes principales.....	72
III-7- Les assemblages phytoplanctoniques.....	73
III-7-1- Site «le Vivier» .....	73
□ Assemblage de la fin de l’hiver.....	73
□ Assemblage du printemps .....	74
□ Assemblage de l’été.....	74
III-7-2- Site «les Trois Suisses».....	74
□ Assemblage de la fin de l’hiver.....	74
□ Assemblage du printemps .....	74
□ Assemblage de l’été.....	75
III-7-3- Discussion .....	75
IV-Discussion générale .....	77
CONCLUSION .....	81
VI- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	83

## Liste des figures

Figure 1. Courantologie de la mer Méditerranée. Courants de surface (flèches en rouge (Millot, 1993 in Grimes 2005)).	4
Figure 2. Courantologie de la mer Méditerranée Courants de profondeur (flèches en rouge). (Millot, 1993 in Grimes 2005).	4
Figure 3. Localisation de la cote Algérienne au sein du bassin méditerranéen (Source Google earth, 2012).	14
Figure 4 : Image satellitaire du site «le Vivier» (Source Google earth, 2012).	15
Figure 5 : Image satellitaire du site «les Trois Suisses» (Source Google earth, 2012).	15
Figure 6 : Image satellitaire du site « Stidia » (Source Google earth, 2012)	16
Figure 7. Topographie et localisation de la Baie de Bou-Ismaïl (d'après Leclair, 1972). Les lignes représentent les isobathes.	17
Figure 8. Microscope photonique type OPTIKA B 500, avec camera numérique MA88-300 utilisé dans cette étude.	20
Figure 9 : Filet à plancton de marque « Hydro-Bio KIL utilisé dans cette étude (photo prise en avril, 2011).	21
Figure 10 : Bouteille à renversement de type (Niskin) utilisé dans cette étude.	22
Figure 11 : Multiparamètre de type 556MPS, utilisé dans cette étude.	22
Figure 12. Cellule de Nageotte.	29
Figure 13. Schéma montrant les stades de succession écologique, (d'après Frontier, 1976).	35
Figure 14. Evolution temporelle de la valeur des températures au niveau des deux sites «le Vivier» et «les Trois Suisses».	37
Figure 15. Evolution temporelle de la valeur des salinités au niveau des deux sites «le Vivier» et «les Trois Suisses».	38
Figure 16. Evolution mensuelle du pH au niveau des deux sites «le Vivier» et «les Trois Suisses».	39
Figure 17. Evolution mensuelle des teneurs en oxygène au niveau des deux sites «le Vivier» et «les Trois Suisses».	40
Figure 18. Variation temporelle des teneurs en ammonium au niveau des deux sites «le Vivier» et «les Trois Suisses».	41
Figure 19. Variation mensuelle des teneurs en nitrites au niveau des deux sites «le Vivier» et «les Trois Suisses».	42
Figure 20. Variation mensuelle des teneurs en nitrates au niveau des deux sites «le Vivier» et «les Trois Suisses».	43
Figure 21. Variation mensuelle des teneurs en phosphore au niveau des deux sites «le Vivier» et «les Trois Suisses».	44

Figure 22. Variation du rapport N/P (des deux stations d'Alger) par rapport à celui de Redfield (en vert).....	45
Figure 23. Evolution mensuelle de la Richesse spécifique au niveau des deux sites «le Vivier» et «les Trois Suisses».....	49
Figure 24. Variation temporelle du nombre d'espèces de diatomées et de dinoflagellés dans les deux sites [«les Trois Suisses» (A) et «le Vivier» (B)]. .....	49
Figure 25. Les genres dominants pour les classes de diatomées et de dinoflagellés au niveau des sites [«les Trois Suisses» (A, D) et «le Vivier» (B, C)]......	51
Figure 26. Evolution de l'abondance des diatomées et des dinoflagellés en fonction des saisons au niveau des deux stations étudiées.....	57
Figure 27. Evolution de l'indice de diversité de Shannon au niveau des deux stations étudiées. ....	58
Figure 28. Évolution des valeurs moyennes mensuelles de l'indice de Shannon (H') et de l'indice de Shannon maximal (Hmax) de la Station «les Trois Suisses».....	59
Figure 29. Évolution des valeurs moyennes mensuelles de l'indice de Shannon (H') et de l'indice de Shannon maximal (H'max) au niveau de la Station «le Vivier» .....	60
Figure 30. Diagrammes Rang-Fréquence (DRF) permettant le suivi des stades de la succession phytoplanctonique dans la station «le Vivier». ....	65
Figure 31. Diagrammes Rang-Fréquence (DRF) permettant le suivi des stades de la succession phytoplanctonique dans la station «les Trois Suisses».....	66
Figure 32. Densité cellulaire du phytoplancton au niveau des trois stations étudiées. ....	68
Figure 33. Fluctuation des densités cellulaires du phytoplancton en fonction du temps au niveau des deux sites étudiés.....	68
Figure 34. Variation temporelle des concentrations des Nitrates et des Phosphores au niveau des deux sites étudiés. ....	69
Figure 35. Evolution mensuelle des densités des diatomées et des dinoflagellés et de la température au niveau du site « le Vivier» .....	70
Figure 36. Evolution mensuelle des densités des diatomées et des dinoflagellés et de la température au niveau du site les «les Trois Suisses».....	71
Figure 37. Densité des deux classes (diatomées, dinoflagellés) par rapport au total au niveau du Site «les Trois Suisses». ....	71
Figure 38. Densité des diatomées et des dinoflagellés par rapport au total au niveau du site «le Vivier ».....	72
Figure 39. Analyse en composantes principales regroupant toutes les données récoltées du phytoplancton au niveau des deux sites de la baie de Bou-Ismaïl (« le Vivier » et « les Trois Suisses »).....	73

## Liste des des tableaux

Tableau I. Quelques exemples de successions saisonnières en Méditerranée (d'après Rossi, 2008).....	9
Tableau II. Exemple de classification de la pollution à partir de la valeur de $H'$ , dans les habitats sableux/vaseux d'après Simboura et Zenetos, (2002).....	32
Tableau III. Succession phytoplanctonique d'après Margalef (1961) et Frontier (1969) - Travers (1971).....	34
Tableau IV. Variations saisonnières des teneurs en sels nutritifs au niveau des deux stations d'Alger. ....	45
Tableau V. Répartition et composition de la richesse spécifique (en pourcentage) des classes du phytoplancton dans les autres sites du bassin méditerranéen comparés a nos données .....	47
Tableau VI. Richesse spécifique en phytoplancton (tous groupes confondus) dans les sites étudiés.....	48
Tableau VII. Variations des indices de Shannon ( $H'$ ), de Simpson (L) et espèces dominantes en pourcentage, dans le site «le Vivier» . Les dates de prélèvements sont mentionnées pour cibler l'apparition d'espèces dominantes de phytoplancton.....	58
Tableau VIII. Variations des indices de Shannon ( $H'$ ), de Simpson (L) et espèces dominantes en pourcentage, dans le site «les Trois Suisses». Les dates de prélèvements sont mentionnées pour cibler l'apparition d'espèces dominantes de phytoplancton. ....	59
Tableau IX. Valeurs de l'indice de diversité pour le mois de Mai dans les différents sites étudiés.....	61
Tableau X. Valeurs en pourcentage des espèces dominantes durant le mois de Mai 2011 dans les trois stations étudiées .....	61
Tableau XI. Valeurs de l'abondance du phytoplancton dans différentes régions de la cote algérienne. ....	67
Tableau XII: Répartition selon les régions des principales espèces phytoplanctoniques des côtes Algériennes (d'après Grimes <i>et al.</i> , 2003).....	76

## Liste des des planche

PLANCHE I : Espèces de diatomées identifiées et observées au microscope optique au grossissement 40X, au niveau des sites d'étude.....	53
PLANCHE II : Espèces de diatomées identifiées et observées au microscope optique au grossissement 40X, au niveau des sites d'étude.....	54
PLANCHE III : Espèces de dinoflagellés identifiées et observées au microscope optique au grossissement 40X, au niveau des sites d'étude.....	55
PLANCHE IV : Espèces de dinoflagellés identifiées et observées au microscope optique au grossissement 40X, au niveau des sites d'étude.....	56

## Liste des abréviations

Ind :	individu
MAR :	mars
AVR :	avril
MAI :	Mai
JUN :	juin
JUT :	Juillet
AOU :	Août
MAX :	Maximum

## INTRODUCTION

L'étude du phytoplancton a débuté au XIX<sup>ème</sup> siècle et ne s'est développée qu'à partir de 1845 avec Müller, qui a inventé le filet planctonique actuel, permettant de collecter le plancton en effectuant des pêches par traits verticaux et horizontaux. A partir de cette époque commence la planctologie qualitative, ayant pour but principal la reconnaissance et la description morphologique et anatomique des espèces (Lakkis, 2011).

L'utilisation généralisée du filet planctonique de Müller (dans les pêches effectuées au niveau des stations marines, aux laboratoires et dans les diverses expéditions océanographiques), a permis de constater la variabilité du plancton comme une communauté. Les composantes de cette dernière dépendent les unes des autres et sont en rapport étroit avec les caractères des milieux ambiants. C'est ce qui a permis de déterminer l'évolution de ces communautés phytoplanctoniques aussi bien quantitative que qualitative; en fonction de la variabilité des paramètres physico-chimiques et hydrologiques de l'eau de mer. De ce fait, les premières études quantitatives du plancton ont été réalisées dans l'Adriatique, suivies par des travaux en Méditerranée occidentale effectués par Jaspersen (1923) à Monaco, Banyuls-sur-Mer et à Alger par Bernard (1950), puis à Villefranche-sur-Mer par Trégouboff et Rose (1957).

Par ailleurs, ce n'est qu'en 1974, que Dajoz a publié ses travaux sur l'étude de la dynamique des populations phytoplanctoniques. Dans cet ouvrage, l'auteur prend en compte des paramètres et processus très nombreux et complexes, influençant l'évolution de cette dynamique. Il décrit l'influence, de très nombreux facteurs agissant simultanément ou successivement (tels que: le climat ; l'alimentation ; la prédation ; le parasitisme ; les facteurs génétiques et physiologiques), qui conditionnent l'existence d'une structure particulière et d'une certaine diversité de l'écosystème phytoplanctonique. L'analyse de tels systèmes n'est pas simple et requiert la récolte de données précises et nombreuses au cours de l'échantillonnage (Jacquet, 2000).

En Méditerranée, on assiste à une résurgence de l'intérêt des scientifiques aux études de la diversité biologique, qui fait l'objet d'une évolution rapide sous la pression conjuguée du changement climatique, de la pollution, du trafic des navires, des espèces introduites et des changements dans la distribution des espèces autochtones (Turley, 1999; Bianchi et Morri, 2000; Vadrucchi *et al.*, 2003).

Les chercheurs insistent principalement sur les changements dans les structures de la communauté du phytoplancton, qui peuvent avoir des implications importantes pour

l'ensemble de l'écosystème marin, à travers la chaîne alimentaire et les cycles biogéochimiques (Arvanitidis *et al.*, 2003).

La connaissance de la composition taxinomique des communautés phytoplanctoniques est nécessaire pour le suivi de la productivité d'un milieu. Aussi, c'est à travers la compréhension des mécanismes, qui favorisent les successions des populations phytoplanctoniques que l'on peut estimer les capacités productives des milieux étudiés (Cloutier, 1984).

A cet effet, le présent travail s'inscrit dans une démarche de détermination de la structure phytoplanctonique de trois sites de la côte algérienne (situé à Bou-Ismaïl et Mostaganem). Le but principal de cette étude est de faire une évaluation quantitative et qualitative afin d'explorer la diversité de la communauté phytoplanctonique, Ce qui nous permettra de statuer sur les capacités productives de chaque site.

Ainsi, trois parties ont été développées dans cette étude à savoir:

- La première concerne l'évaluation des facteurs environnementaux qui agissent sur la structure et la dynamique des communautés phytoplanctoniques au niveau des sites d'étude ;
- La deuxième traite de l'identification et la détermination des espèces de phytoplancton, permettant de décrire la diversité des populations au sein de la communauté;
- La troisième s'articule sur la détermination des variations de la composition de ces communautés dans le temps et dans l'espace.

Une comparaison des résultats obtenus dans les différents sites étudiés a été discutée, suivie par une synthèse et une conclusion générale.

**CHAPITRE I**

**ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

## I-ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

### I-1- Généralités sur la mer Méditerranée

La mer Méditerranée constitue un site d'étude privilégié du fait de ses dimensions et de sa morphologie. Elle est comparable à un mini-océan qui répond plus rapidement aux changements environnementaux pouvant, ainsi, servir dans une certaine mesure, à prévoir l'évolution des systèmes océaniques (Crise *et al.*, 1999). Cette dernière représente 1% de l'océan mondial, avec une superficie de  $2,5.10^6$  Km<sup>2</sup> et un volume de  $3,7.10^6$  Km<sup>3</sup>, et une profondeur moyenne de 1500 m. Elle est connectée, au Sud-Est, à la mer Rouge par le canal de Suez, au Nord-Est, à la mer de Marmara par le détroit des Dardanelles et à la mer Noire par le détroit du Bosphore, et au Sud-Ouest, à l'Océan Atlantique par le détroit de Gibraltar (Rossi, 2008). Toutes ses connections font de la mer Méditerranée un écosystème particulier, présentant une salinité élevée qui atteint une valeur moyenne de 38‰ et qui présente un gradient Ouest–Est avec une salinité de 36‰ au niveau du détroit de Gibraltar et des côtes algériennes où elle atteint 39,5‰ dans le bassin oriental (Crise *et al.*, 1999).

Le bilan hydrique est négatif, malgré les apports assurés par les fleuves (principalement le Nil, le Rhône, le Pô et l'Ebre) et les précipitations (Béthoux et Gentili., 1999). Dans l'ensemble, la mer Méditerranée est caractérisée par des faibles marées avec une amplitude moyenne inférieure à 60 cm (Millot, 1979 ; Jones *et al.*, 1984 ; Heburn, 1995). Elle présente une moyenne annuelle de la production primaire de moins de 100 g de carbone par mètre carré, évaluée de 1997 à 2001. Ce qui indique que le bassin oriental est une zone de faible production (en raison d'une concentration très faible en phytoplancton) et les secteurs les plus productifs sont : la mer d'Alboran (sortie du détroit de Gibraltar) ; la mer Ligure et les zones côtières (Jacq *et al.*, 1986, Quéguiner, *et al.*, 2011).

### I-2- Particularité des écosystèmes côtiers d'Algérie

L'Algérie, l'un des plus important pays de la mer Méditerranée, possède une façade maritime de plus de 1280 km (Zerghoudi, 2006), équivalant à environ 2,7% des 46000 Km de la ligne de la côte méditerranéenne. La courantologie y est complexe du fait de sa morphologie et de celle du bassin méditerranéen ainsi que du relief sous-marin. Un courant majeur de surface (Figure 1) entre par le détroit de Gibraltar. Ce courant se divise en deux : d'une part, il remonte le long de la côte Ouest de la Corse et continue le long des côtes françaises et

espagnoles, formant ainsi le courant liguroprovençal; d'autre part, il continue le long des côtes Algériennes, où une seconde subdivision s'effectue alimentant la courantologie de la mer Tyrrhénienne et de la Méditerranée orientale (Benzohra, 1993).

Les courants de fonds (Figure 2) sont encore mal connus. Ils sont, entre autres, alimentés par les eaux de la mer Ionienne qui plongent, suite au phénomène d'évaporation qui les rendent plus denses. Au fur et à mesure que les différents courants de fonds s'approchent du détroit de Gibraltar, ils vont fusionner et créer un courant de fond principal de sortie, inverse du courant de surface d'entrée des eaux de l'Océan Atlantique.

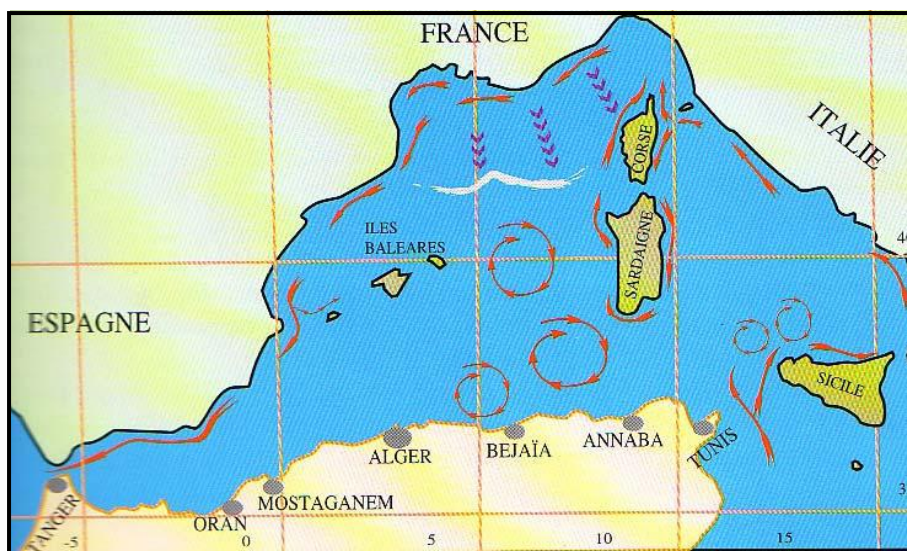


Figure 1. Courantologie de la mer Méditerranée. Courants de surface (flèches en rouge) (Millot, 1993 in Grimes 2005).

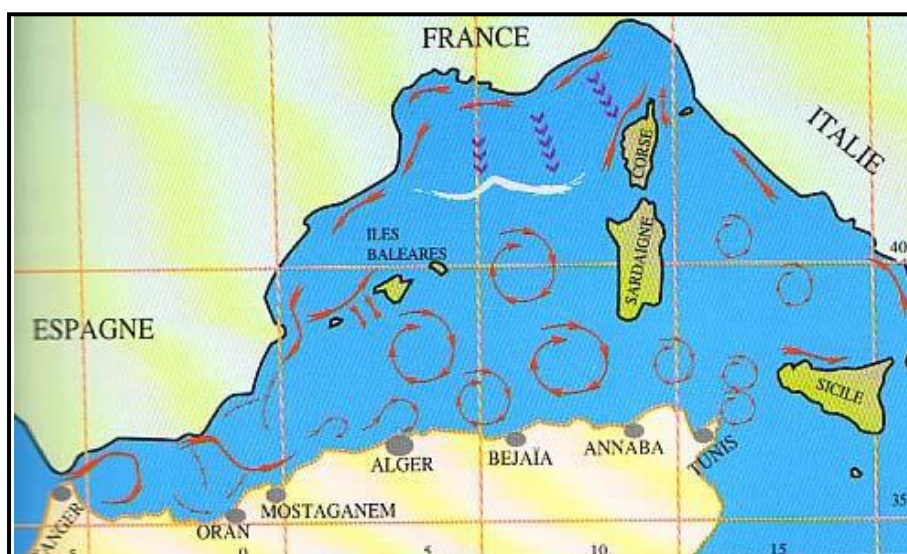


Figure 2. Courantologie de la mer Méditerranée Courants de profondeur (flèches en rouge). (Millot, 1993 in Grimes 2005).

Par ailleurs, les zones côtières au niveau mondial, contribuent entre 14 et 30% à la production primaire océanique (Mantoura *et al.*, 1991). Elles sont également soumises à une importante exploitation. Il s'avère, donc, indispensable de surveiller ces milieux pour mieux les préserver vu leurs richesses et leurs spécificités. Ces zones côtières sont très productives bien qu'elles ne représentent qu'une faible surface, où le compartiment phytoplanctonique joue un rôle important. En effet, ce dernier est à la base de la production primaire des mers et des océans. Il est, ainsi, à la base des réseaux trophiques. Donc, il est nécessaire de connaître et de déterminer les spécificités de ce compartiment phytoplanctonique, qui permettra de mieux comprendre le fonctionnement des écosystèmes

### **I-3- Généralités sur le phytoplancton**

Le plancton vient du grec ancien *plagktos* signifiant errant, se définit par "l'ensemble des organismes pélagiques susceptibles d'être entraînés par le déplacement des eaux" (Bougis, 1974a). Les organismes planctoniques peuvent être regroupés selon leur taille, leur nature, les caractéristiques biologiques de leur cycle de développement, leur répartition verticale sur la colonne d'eau et/ou le type d'environnement qu'ils peuplent. Il peut être divisé selon la composante animale ou végétale en zooplancton et le phytoplancton (Bougis, 1974a ; 1974b).

Le zooplancton est l'ensemble des organismes animaux incapables de lutter contre les courants d'eau. Les groupes dominants, les écosystèmes aquatiques sont : les rotifères ; les cladocères et les copépodes (Bougis, 1974b). Le zooplancton tient une place clé dans les réseaux trophiques des écosystèmes marins, puisqu'il fait le lien entre les producteurs primaires et les consommateurs secondaires.

Du point de vue taille, le phytoplancton appartient à la fois au picoplancton (0,6 - 2  $\mu\text{m}$ ), au nanoplancton (2-20  $\mu\text{m}$ ), au microplancton (20-200  $\mu\text{m}$ ) et plus rarement au mésoplancton (0,2-20 mm). Le phytoplancton représente la partie végétale du plancton regroupant principalement les organismes chlorophylliens (Alvain, 2005). Il joue un rôle important dans les écosystèmes pélagiques côtiers et tient son importance du fait, qu'il est constitué de micro-organismes unicellulaires autotrophes, capables de réaliser la photosynthèse et de produire tous les constituants nécessaires à la cellule, en utilisant l'énergie lumineuse et des nutriments inorganiques. La matière organique produite est alors rapidement transférée aux échelons supérieurs de la chaîne alimentaire (Azam et Malfatti, 2007). Le phytoplancton peut être

limité par des facteurs physiques (la lumière, la température, la turbulence et la turbidité) et des facteurs nutritionnels (sels azotés, phosphates, silicates,...) d'origine naturelle ou anthropique (Bougis, 1974a ; Rolland, 2009), ou encore des facteurs biotiques (pression de broutage par le zooplancton). Concernant ces facteurs nutritionnels, la zone côtière y est particulièrement sensible, en raison des apports significatifs de sels nutritifs via les rivières, les eaux souterraines et l'atmosphère. Il s'agit du phénomène d'eutrophisation, qui peut provoquer des nuisances pour l'écosystème marin (Smith *et al.*, 1999 ; Ménesguen *et al.*, 2001).

### **I-3-1 - Organisation du phytoplancton**

Le phytoplancton regroupe deux types d'organismes qui diffèrent au niveau cytologique : les procaryotes et les eucaryotes (Prescott *et al.*, 2003). A ce jour, huit principales classes différenciées selon des critères morphologiques, cytologiques, biochimiques et reproductifs ont été recensées dans les milieux aquatiques (Rolland, 2009) :

- Les **cyanobactéries**, organismes procaryotes, regroupant plus de 110 genres et environ 1000 espèces dulçaquicoles (Bourelly, 1985a) ;
- Les **chlorophycées** forment un groupe extrêmement vaste et morphologiquement très diversifié. Elles sont réparties en 4 sous-classes : les Euchlorophycées, les Ulothricophycées, les Zygothricophycées et les Charophycées. Celles-ci comportent environ 500 genres, représentant plus de 15000 espèces (John, 1994) ;
- Les **xanthophycées** regroupent plus de 100 genres et environ 600 espèces dulçaquicoles (Ettl, 1978) ;
- Les **chrysophycées** sont des algues unicellulaires ou coloniales (rarement filamenteuses), dont certaines vivent dans une enveloppe protectrice appelée lorique (Wetzel *et al.*, 2001) ;
- Les **diatomées** (Bacillariophycées) engloberaient plus de 100 000 espèces et on estime que près de 15 000 ont été identifiées à ce jour (Germain, 1981) ;
- Les **cryptophycées** (*Dinophycées*) sont unicellulaires, mobiles de par la présence de deux flagelles (de taille égale) et dépourvues de paroi cellulaire (Kugrens et Clay, 2003) ;
- Les **dinoflagellés** regroupent environ 300 espèces et sont des algues flagellées unicellulaires dont la plupart sont mobiles (Bourelly, 1985a) ;

- Les **euglènes** sont réparties en 13 genres et plus de 2000 espèces. Ils sont presque tous unicellulaires (Carty, 2003).

D'après les travaux de Rossi (2008), le phytoplancton est représenté essentiellement par les principales classes suivantes :

- Les *Bacillariophycées* (ou *Diatomées*) ont un exosquelette composé de pectine et de silicium appelé frustule. Pour lutter contre la sédimentation, les cellules sont souvent munies d'extensions qui leur permettent d'accroître leur surface, augmentant ainsi le phénomène de frottement. De plus, la formation de colonies peut contribuer à la diminution de la vitesse de sédimentation, notamment pour des espèces formant des chaînes spiralées (Peperzak *et al.*, 2003) ;
- Les *Dinophycées* ou *Dinoflagellés* sont composés d'une paroi, qui peut être nue ou recouverte de plaques cellulodiques. La majorité des espèces possèdent 2 flagelles, qui leur permettent de se maintenir dans la couche supérieure de la colonne d'eau ;
- Les *Coccolithophoridés*, qui forment une classe composée d'individus qui ont la particularité d'être ornements par une structure complexe d'éléments calcaires appelés coccolites. La forme sphérique adoptée par plusieurs espèces ainsi que la présence de flagelles constituent leur stratégie de flottaison.

### **I-3-3 - Ecologie du phytoplancton**

Le phytoplancton tient la place de producteur primaire dans le réseau trophique. Il produit le carbone indispensable aux niveaux trophiques supérieurs grâce à la photosynthèse, mécanisme qui, sous l'effet de l'énergie lumineuse, permet la production de glucides et la libération d'oxygène à partir d'eau et de dioxyde de carbone. Il évolue de façon saisonnière aussi bien en milieu lacustre (Amblard, 1987) qu'en milieu marin (Margalef, 1958). Ce qui a pour conséquence de structurer le réseau trophique, les niveaux trophiques supérieurs dépendant directement ou indirectement de cette saisonnalité (Rossi, 2008).

Dans les écosystèmes océaniques hauturiers, généralement oligotrophes, les efflorescences phytoplanctoniques sont observées au printemps, lorsque les conditions sont favorables à la formation d'une couche de mélange. Ceci permet au phytoplancton de se maintenir dans les eaux de surface, riches en nutriments d'une part, et où la disponibilité en énergie lumineuse est importante d'autre part. En milieu côtier, les apports terrigènes permettent le maintien des

concentrations élevées en sels nutritifs dans le milieu et plusieurs *blooms* successifs peuvent être observés. La dynamique du phytoplancton est ainsi plus complexe en domaine côtier, plusieurs facteurs pouvant agir sur la croissance de sa biomasse (Gailhard, 2003).

En Méditerranée, la succession saisonnière phytoplanctonique s'articule en trois stades (Margalef, 1958):

- **Stade 1** : A la fin de l'hiver, la colonne d'eau se mélange du fait du refroidissement de l'eau de surface qui devient alors plus dense que celle du fond, permettant la remise à disposition des nutriments dans la couche de surface. Un développement phytoplanctonique important a lieu, avec un pic principal de densité en février et des pics secondaires en novembre-décembre et mars-avril. Les espèces de petite taille (rapport surface/volume  $\sim 1$ ) capables de se multiplier rapidement (stratégie *r*) sont favorisées. Les Bacillariophycées prédominent ce stade. Les espèces présentes appartiennent aux genres *Chaetoceros*, *Thalassiothrix*, *Thalassionema* et *Asterionella*. La diversité est globalement faible ;

- **Stade 2** : Il est caractérisé par la présence de Bacillariophycées de tailles plus importantes (rapport surface/volume  $\sim 0,5$ ) et l'apparition en proportions non négligeables de Dinophycées. Les taux de croissance ainsi que les densités de populations sont plus faibles qu'au stade 1. Dans le schéma global méditerranéen, les genres *Rhizolenia*, *Guinardia* et *Bacteriastrum* représentent la communauté de Bacillariophycées. Les Dinophycées s'illustrent à travers les genres *Prorocentrum*, *Phalacroma*, *Dinophysis*, *Peridinium* et *Ceratium*. La diversité atteint généralement son maximum à ce stade ;

- **Stade 3** : La masse d'eau devient pauvre en nutriments. Les Dinoflagellés augmentent, favorisés par leur taux de croissance faible (stratégie K) et leur capacité à se diriger dans la masse d'eau grâce à leurs flagelles. De plus, certaines Dinophycées sont capables d'hétérotrophie, ce qui leur permet de survivre lorsque les nutriments deviennent vraiment insuffisants. Ce troisième stade a notamment lieu l'été, lors de la stratification de la masse d'eau. Les genres *Ceratium*, *Peridinium*, *Dinophysis*, *Gymnodinium*, *Gonyaulax* et *Prorocentrum* sont prépondérants lors de ce troisième stade. La diversité est inférieure à celle du stade 2 mais reste néanmoins supérieure à celle du stade 1. Même, si globalement cette évolution saisonnière se retrouve dans l'ensemble de la Méditerranée, à savoir une floraison printanière et une floraison automnale, des nuances apparaissent selon les sites d'étude (Tableau I).

**Tableau I.** Quelques exemples de successions saisonnières en Méditerranée (d'après Rossi, 2008).

Auteurs	Sites étudiés	Mois de densité maximale	Groupes taxonomiques ou espèces dominantes
Jacques (1968)	Banyuls-sur-Mer	•Février	• <i>Skeletonema costatum</i> , Cryptophycées
		•Avril – Mai	• <i>Chaetoceros</i> spp., <i>Nitzschia</i> spp., <i>Rhizolenia delicatula</i>
		•Automne	• Diatomées
Travers (1971)	Golfe de Marseille	•Février	• <i>Skeletonema costatum</i> , <i>Chaetoceros</i> spp., <i>Rhizosolenia stolterfothii</i>
		•Mars-Mai	• <i>S. costatum</i> , <i>C. curvisetus</i> , <i>Lauderia annulata</i>
		•Automne	• <i>S. costatum</i> , <i>Leptocylindrus danicus</i> , <i>Thalassionema nitzschioides</i> , <i>Thalassiothrix frauenfeldi</i>
Carrada <i>et al.</i> (1980)	Golfe de Naples	•Mai-Juin	• <i>Cylindrotheca closterium</i> , <i>Chaetoceros compressus</i> , <i>Nitzschia longissima</i>
		•Octobre	•Dinoflagellés, <i>Emiliana huxleyi</i>
		•Hiver	• <i>E. huxleyi</i>
Bernardi -Aubry <i>et al.</i> (2004)	Nord-Ouest de la mer Adriatique	•Février	• <i>Skeletonema costatum</i>
		•Mars-Mai	• <i>Pseudonitzschia delicatissima</i> , <i>Thalassiosira</i> spp., <i>Chaetoceros socialis</i> , <i>Chaetoceros</i> sp.
		•Automne	• <i>Asterionellopsis glacialis</i> , <i>Leptocylindrus danicus</i> , <i>Lioloma pacificum</i>
Jamet <i>et al.</i> (2005)	Petite Rade de Toulon Baie du Niel (Est de Toulon)	•Février	• <i>Cyclotella</i> spp., <i>Cylindrotheca closterium</i> , <i>Navicula</i> spp., <i>Coscinodiscus</i> spp.
		•Avril-Mai	• <i>Alexandrium</i> spp., <i>Prorocentrum arcuatum</i> , <i>Ceratium furca</i> , <i>Dinophysis acuminata</i>
		•Février- Avril	• <i>Cyclotella</i> spp., <i>Navicula</i> spp., <i>Licmophora gracilis</i> , <i>Coscinodiscus</i> spp.
		•Juin	• <i>Prorocentrum compressum</i> , <i>Gymnodinium</i> spp
		•Automne	• <i>Navicula</i> spp., <i>Coscinodiscus</i> spp., <i>Chaetoceros</i> spp., <i>Cylindrotheca closterium</i> , <i>Cyclotella</i> spp.

## **I-4- Impacts des facteurs naturels sur la dynamique planctonique**

### **I-4-1- Les facteurs physico-chimiques**

Les études sur le contrôle des processus biologiques par le forçage physique sont fondamentales, pour mieux comprendre la variabilité temporelle et spatiale des communautés phytoplanctoniques. Le mélange, la température et les disponibilités en lumière et nutriments, fluctuent sur des échelles de temps différentes et peuvent influencer la dynamique du phytoplancton. Des modifications des communautés ont été observées sur des échelles de temps allant de quelques milliers d'années (Finkel *et al.*, 2004) à quelques jours (Sommer *et al.*, 1986).

#### **I-4-1-1- La Température**

La température est l'un des plus importants paramètres physiques du milieu marin. En effet, elle influe, non seulement, sur le nombre des êtres vivants présents aux différentes profondeurs, mais aussi sur le climat des terres voisines et sur la densité de l'eau, dans ce cas, elle est à l'origine de certains courants (Giacomini *et al.*, 1984).

Elle joue un rôle essentiel et permet de définir les zones biogéographiques (Collignon, 1991). La température des océans est directement liée aux échanges thermiques entre les masses d'eaux océaniques et l'environnement (Levitus, 2001 ; Levitus *et al.*, 2005). Ce facteur important du métabolisme, de la physiologie des organismes marins végétaux joue un rôle, non moins, important sur les variations de la viscosité du milieu, donc sur le mouvement des masses d'eau et le comportement du plancton ; il a un comportement saisonnier étroitement lié à celui du milieu environnant (Touahria, 1999).

#### **I-4-1-2- Le potentiel d'Hydrogène (pH)**

Le pH est un paramètre important dans l'étude des milieux aquatiques (Khattabi, 2002). Il est par définition, une mesure de l'activité des ions H<sup>+</sup> contenus dans une solution aqueuse:  $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$  (Henery et Beaudry, 1992). L'eau de mer est faiblement alcaline (basique), son pH moyen est de 8,2 avec des variations entre 7 et 8,4, il est principalement fixé par la présence des carbonates,  $[\text{CO}_2\text{-HCO}_2\text{-CO}_2]$  (Aminot et Chaussepied, 1983).

### **I-4-1-3- La salinité**

La salinité (S‰) représente la quantité de sels dissous dans l'eau de mer (Giacomini *et al.*, 1984). Elle est définie conventionnellement comme la masse en grammes des composées solides secs à poids constant à 480°C, obtenue à partir de 1Kg d'eau mer (Rodier, 1996).

La Méditerranée est une mer très salée, car l'évaporation y est intense et les apports d'eau douce sont peu importants, la salinité entraîne une modification de la densité. En effet, plus une eau est salée, plus elle est dense. La salinité superficielle, dans ses grandes lignes, suit la même évolution que la température ; elle est, aussi, soumise aux variations liées aux conditions atmosphériques et aux apports d'eau douce (Touahria, 1999).

### **I-4-1-4- L'Oxygène dissous**

L'oxygène est un gaz qui conditionne de nombreux phénomènes, tant biologiques que chimiques et notamment de corrosion. Ses concentrations dans l'eau de mer présentent de nombreuses variations selon l'endroit, la profondeur et la saison. Ceci, s'explique par les différentes origines de l'oxygène dissous (atmosphère ou phénomènes biologiques) (Sauriau *et al.*, 1984-1994). La teneur en oxygène varie dans le milieu marin en fonction de la température et de la salinité. Elle dépend aussi de l'activité biologique telle que la production d'oxygène par les végétaux autotrophes (Touahria, 1999).

### **I-4-1-5- Les Nutriments**

Les nutriments essentiels sont considérés comme des éléments chimiques pouvant être décelés dans l'eau de mer, mais évidemment, à des concentrations très différentes (Kornprobst, 2005) pour le développement planctonique et en particulier pour le compartiment bactérien et phytoplanctonique et qui sont : le phosphore, l'azote et le silicium. Les événements climatiques et la courantologie interviennent dans l'apport et la distribution des nutriments dans le milieu. Les communautés phytoplanctoniques sont directement influencées par la quantité de nutriments disponibles dans le milieu (Thingstad *et al.*, 1998). Parmi les éléments essentiels au développement du phytoplancton, on retrouve l'azote sous toutes ses formes ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ) et le phosphore.

Un enrichissement modéré en nutriments favorise la production biologique en eaux côtières. En revanche, lorsqu'il devient trop important, il peut entraîner une eutrophisation du milieu. Ce phénomène d'eutrophisation peut engendrer divers effets négatifs sur l'écosystème, comme par exemple, une diminution de l'énergie lumineuse disponible dans la zone euphotique. En outre, la décomposition de la matière organique associée à la forte biomasse

phytoplanctonique peut créer un déficit en oxygène dans la colonne d'eau et dans le sédiment (hypoxie–anoxie) (Gailhard, 2003).

#### I-4-1-5-1- L'Azote ammoniacal

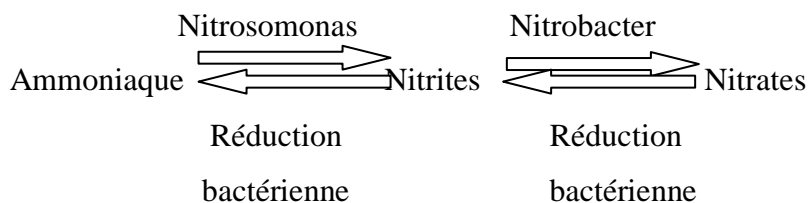
L'azote minéral se trouve sous les formes ammoniacale, nitreuse et surtout nitrique dans l'eau de mer. Il peut être absorbé sous ces trois formes par le phytoplancton (Lemée, 1978). Dans l'eau, l'azote réduit soluble se retrouve sous deux formes : L'ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) et la forme non dissociée communément appelée ammoniac ( $\text{NH}_3$ ). Ces deux formes traduisent un équilibre acido-basique. L'ammoniac stimule les poussées planctoniques (Gaujons, 1995). Dans les eaux naturelles la détection d'ammoniac en grandes quantités est un critère de pollution (Dussart, 1966).

#### I-4-1-5-2- Les Nitrites ( $\text{NO}_2$ )

Dans le cycle de l'azote, les nitrites constituent une forme intermédiaire. Ils résultent :

Soit de l'oxydation partielle de l'azote ammoniacal sous l'action des bactéries nitreuses du type *Nitrosomonas* ;

Soit de la réduction des nitrates par les bactéries dénitrifiantes.



Les nitrites disparaissent vite en milieu naturel, ils peuvent également provenir de rejets industriels puisqu'ils sont utilisés pour inhiber la corrosion (Henry et Beaudry, 1992 ; Gaujons, 1995).

#### I-4-1-5-3- Les Nitrates ( $\text{NO}_3$ )

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique. Les eaux de surface ne contiennent pas plus de 10mg/l de nitrates (Potelon *et al.*, 1998). Selon Gaujons (1995), les nitrates peuvent avoir plusieurs origines :

- Minéralisation de la matière organique ;
- Engrais azotés ;
- Résidus animaux, fumier, purin ;

- Eaux usées domestiques et stations d'épuration.

L'intérêt des nitrates réside, non seulement, dans leur rôle d'indicateur de pollution, mais aussi, et surtout dans leur rôle de fertilisant des eaux puisque, c'est essentiellement, sous cette forme que les plantes assimilent l'azote associé aux phosphates. Les nitrates favorisent la croissance, parfois exagérée, de la flore aquatique microscopique et macroscopique, ce qui peut ensuite entraîner une baisse de la teneur en oxygène dissous (Beaudry et Henry, 1992).

#### **I-4-1-5-4- Le Phosphore**

D'après Dussart (1966), le phosphore est le métalloïde le plus nécessaire à la vie aquatique, le moins abondant en général et celui qui se présente sous la forme la plus simple, celle d'orthophosphate. Le phosphore est essentiel pour la croissance cellulaire, en intervenant dans de nombreuses réactions cellulaires, tels que : le transfert d'énergie, la biosynthèse des acides nucléiques, etc... En ce qui concerne la production phytoplanctique, la forme préférée pour les microalgues, c'est l'orthophosphates ( $\text{PO}_4^{2-}$ ). Bien que la biomasse algale contienne moins de 1% de P, c'est souvent l'élément le plus limitant pour la production primaire. Ceci s'explique par son association facile à d'autres ions ( $\text{Fe}$ ,  $\text{CO}_2^-$  par exemple) et se traduit par sa précipitation, qui le rend inutilisable par les algues. En Méditerranée, le phosphore est l'élément le plus souvent limitant (Krom *et al.*, 1991 ; Rossi, 2008 ).

## **CHAPITRE II**

### **MATERIEL ET METHODES**

## II- MATERIEL ET METHODES

### II-1- Présentation des sites étudiés

#### II-1-1- Situation géographique

L'Algérie dispose d'un littoral d'environ de 1280 Km, de la frontière Algéro-Marocaine à l'Ouest à la frontière Algéro-Tunisienne à l'Est, comme le montre la figure 3. La baie de Bou-Ismaïl est située dans la région centre, à 45 km l'Ouest d'Alger entre 2° 20' E et 2° 55' E, et s'étend du Mont Chenoua à l'Ouest à Ras Caxine à l'Est. Elle couvre une superficie de 350 Km<sup>2</sup>, avec une ouverture de la baie de l'ordre de 40 Km, orientée du sud Est au nord Est. Deux sites ont été choisis dans cette baie («le Vivier » et « les Trois Suisses ») et un autre à l'Ouest dans la baie de Mostaganem (Stidia) (Figure 4, Figure 5 et Figure 6).



Figure 3. Localisation de la cote Algérienne au sein du bassin méditerranéen (Source Google earth, 2012).

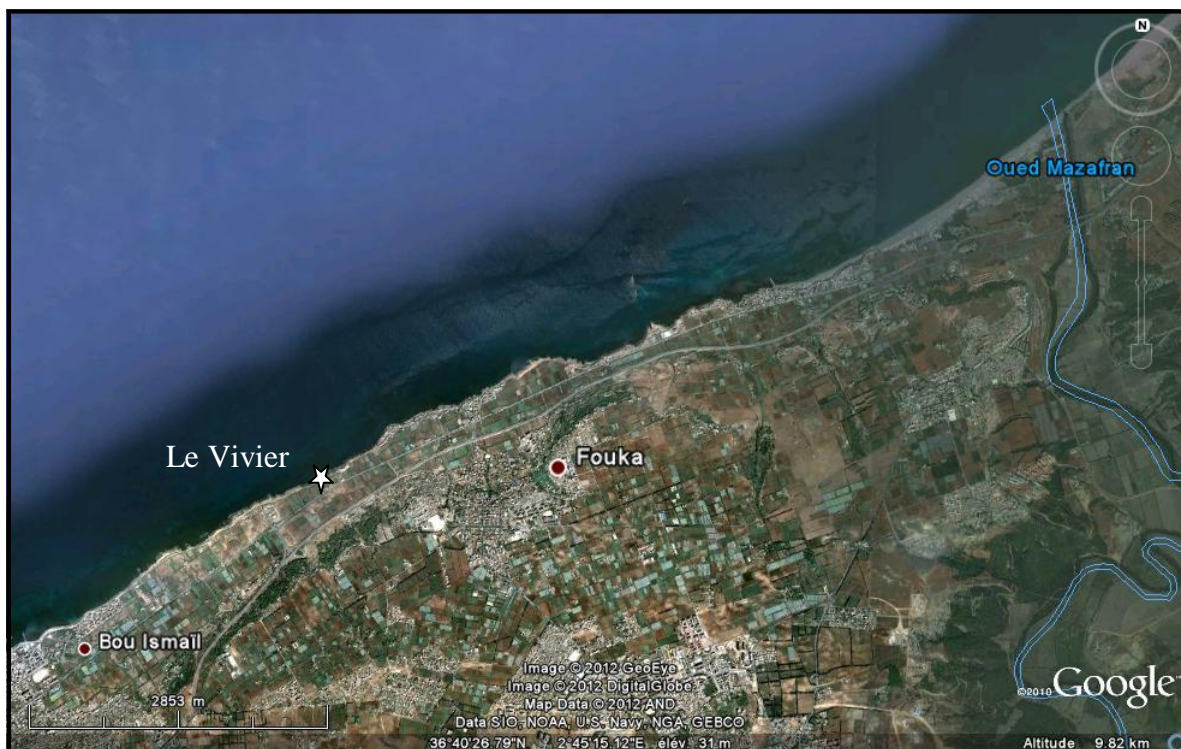


Figure 4 : Image satellitaire du site «le Vivier» (Source Google earth, 2012).



Figure 5 : Image satellitaire du site «les Trois Suisses» (Source Google earth, 2012).

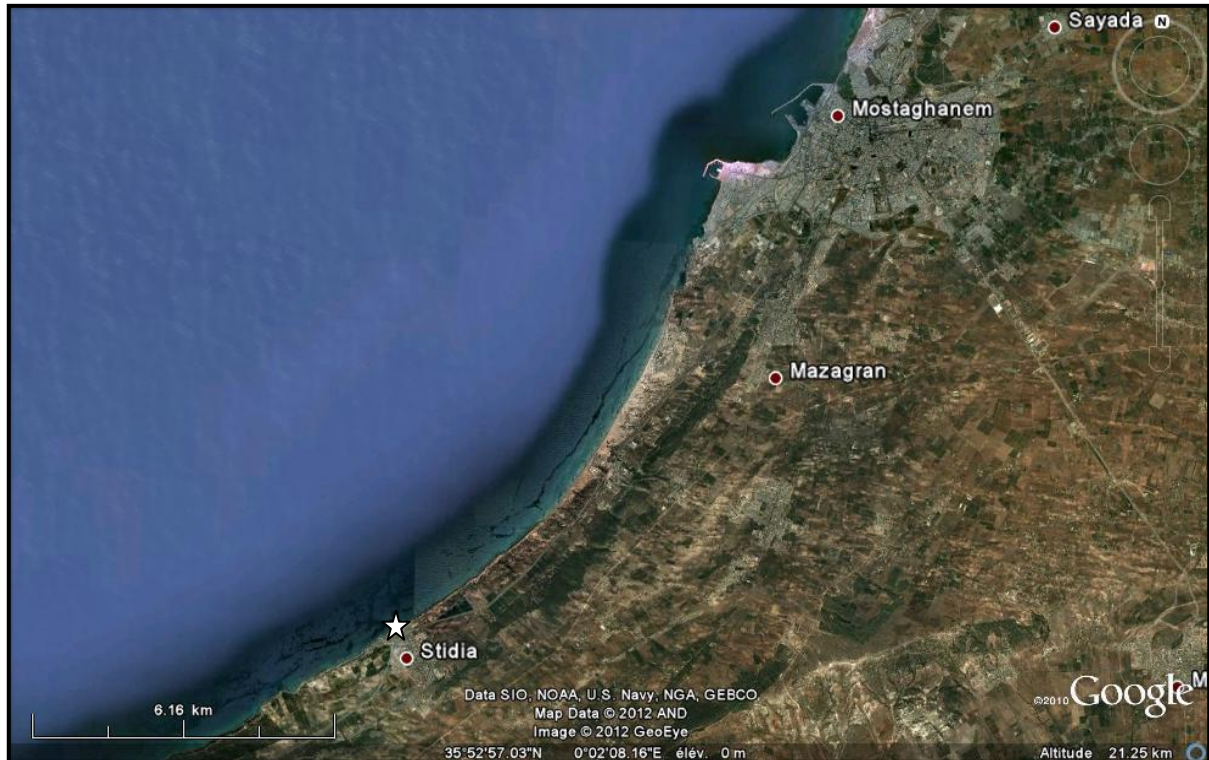


Figure 6 : Image satellitaire du site Stidia (Source Google earth, 2012)

### II-1-2- Topographie de la baie Bou-Ismaïl

La Baie de Bou-Ismaïl présente un plateau continental très étroit selon (Vaissiere et Fredj, 1963). La limite la plus extrême du plateau continental au niveau du Mont Chenoua atteint 7 milles. Ainsi, la surface du plateau continental de la baie de Bou-Ismaïl est de 509 Km<sup>2</sup>, avec 70% de la surface chalutable (Chavance et Girardin, 1986). Le plateau continental est caractérisé par une faible déclinaison de l'ordre 1% (Asso, 1982), il représente une inflexion nette autour de l'isobathe 00m (Figure 7).

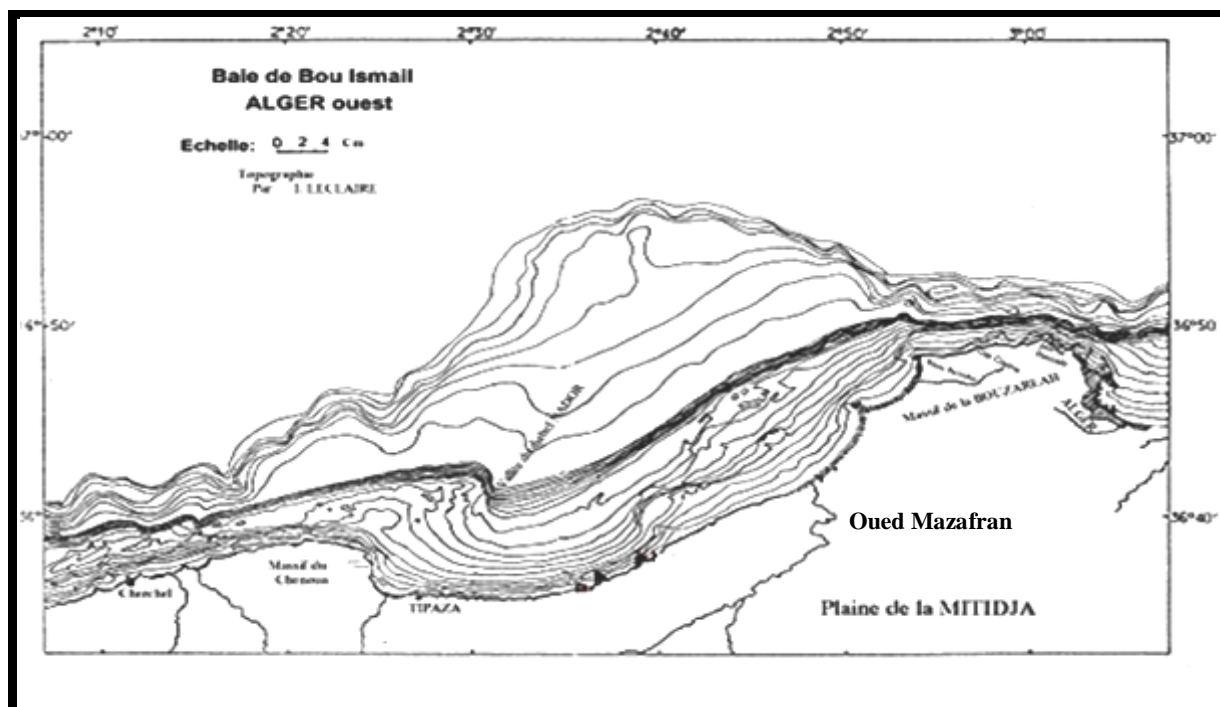


Figure 7. Topographie et localisation de la Baie de Bou-Ismaïl (d'après Leclaire, 1972). Les lignes représentent les isobathes.

La baie de Bou-Ismaïl est considérée, parmi les plus importantes baies des côtes du littoral algérien. Elle se caractérise par une forte production de pêche, et notamment au niveau du Port de Bou Haroun, qui est l'un des principaux ports de production halieutique et surtout en poisson bleu (CNRDPA, 2005).

### II-1-3- Apports continentaux des Oueds et cours d'eaux

Au niveau de la baie de Bou-Ismaïl on distingue deux grands oueds (Figure 6) :

- L'Oued Mazafran qui est considéré comme le plus grand et le plus important Oued dans la wilaya de Tipaza, présentant un apport de 369.80 hm<sup>3</sup>/ année. Il draine les eaux d'une grande partie de différents Oueds à savoir : Oued Chiffa, Oued Djer et Oued Bouroumi. Il prend la direction Sud-ouest à Nord-Est (CNRDPA, 2005) ;
- L'Oued Nador qui est situé dans la partie occidentale de la Baie, présentant un apport de 43,30 hm<sup>3</sup>/ année. Il regroupe les oueds suivants : Bouyeghsene, Bouhardoun et Meurad, qui débouchent entre Djebel Chenoua et Tipaza (CNRDPA, 2005).

### II-1-4- Description des sites de prélèvement

Pour notre étude, on a choisi deux sites au niveau de la baie de Bou-Ismaïl ; l'un à proximité du Centre National d'Etude et de Documentation pour la Pêche et l'Aquaculture (CNRDPA)

dans le site dit «**le Vivier**», où sont installées au large, des filières de production de moules (Figure 4) ; le deuxième site appelé «**les Trois Suisses**» est situé à proximité de la ferme de conchyliculture de Khaber dans la commune de Ain Taggourait (Ex. Berard) (Figure 5 ).

Le choix de ces deux sites a été fait, en raison de la proximité avec le CNRDPA et à la présence de deux unités de production de moules. En effet, les moules se nourrissent en filtrant l'eau et récupèrent les algues (entre autres le phytoplancton), d'où la nécessité d'analyser et d'identifier le phytoplancton qui s'y trouve. Un autre site a été choisi, à Mostaganem dans le site **Stidia**, à titre comparatif. Ce dernier est naturel, et ne fait l'objet d'aucune concession de production de moules en pleine mer (Figure 6).

Dans la baie de Bou-Ismaïl, les deux sites d'études, subissent les mêmes conditions du milieu. Cependant, le site «**le Vivier**» est plus proche de l'Oued Mazafran Figure 4 qui représente la plus importante source d'apports continentaux. Aussi, il se trouve à proximité de la ville de Bou-Ismaïl qui est l'une des plus importantes villes de la wilaya de Tipaza. Cette situation, lui donne un caractère particulier par rapport au deuxième site «**les Trois Suisses**» qui se trouve à l'entrée de la petite ville de Berard, site moins exposé aux contaminations anthropiques. Cette différence peut s'avérer importante, et influencer la structure des écosystèmes aquatiques et plus particulièrement la composante des populations phytoplanctoniques.

### Coordonnées géographiques des sites de prélèvement

- Les coordonnées géographiques du site «**le Vivier**» sont les suivants : 36°39'43.06'' N ; 2°42'58.2344 E.
- Les coordonnées géographiques du site «**les Trois Suisses**» sont les suivants : 36°36'40.69'' N ; 2°37'31.20'' E.
- Les coordonnées géographiques du site **Stidia** sont les suivants : 35°49'56,36'' N ; 0°00'57,73'' O.

## II-2- Échantillonnage

### II-2-1- Périodes et méthodes d'échantillonnage

Les prélèvements de phytoplancton et d'eau de mer, ont été effectués du mois de mars 2011 au mois de septembre 2011 avec une périodicité d'un prélèvement par mois. Les prélèvements sont réalisés durant la même semaine dans la majorité des cas au niveau des deux sites. Les prélèvements d'eau de mer ont été effectués par une équipe de techniciens du laboratoire du CNRDPA, au cours des sorties en mer sur une barque.

- Le phytoplancton est conservé, en ajoutant un fixateur le Lugol, dans des bouteilles de 100ml à l'obscurité au réfrigérateur pour l'identifier ;
- l'eau de mer est conservée dans des bouteilles de 500ml pour effectuer l'étude physico-chimique.

La détermination et le comptage des espèces phytoplanctoniques sont réalisés à l'aide d'un microscope photonique (Figure 8). L'identification des espèces phytoplanctoniques collectées est réalisée à l'aide de clefs de détermination de Briant *et al.*, (2001).

Pour les paramètres chimiques, au niveau des stations, et à l'aide d'une bouteille à renversement de type Niskin d'un volume de 3 litres, constituée d'un cylindre ouvert aux deux extrémités, qu'on plonge dans l'eau à une profondeur déterminée, un corps métallique appelé messenger est envoyé de la barque, qui va heurter la bouteille. Au moment de l'impact, la bouteille se ferme et piège une quantité d'eau qui sera prélevée. Les échantillons prélevés sont conservés dans une glacière jusqu'à l'arrivée au laboratoire de physico-chimie du CNRDPA.



Figure 8. Microscope photonique type OPTIKA B 500, avec camera numérique MA88-300 utilisé dans cette étude.

## **II-2-2- Matériels de prélèvement utilisé**

### **II-2-2-1 Le Filet à plancton**

Le prélèvement a été réalisé à l'aide d'un filet à plancton de marque « Hydro-Bio KIL » (Figure 9) de forme conique, soutenu par une embouchure circulaire de 20 cm de diamètre. La partie flottante du filet est constituée de soie à bluter de 55  $\mu\text{m}$ , de vide de maille. Les échantillons d'espèces phytoplanctoniques sont recueillis dans un collecteur de 50 ml.



Figure 9 : Filet à plancton de marque « Hydro-Bio KIL utilisé dans cette étude (photo prise en avril, 2011).

Il est important de signaler, que le filet à plancton utilisé ne peut prendre que les espèces qui dépassent la taille de 55 $\mu$ m de diamètre de maille.

#### **II-2-2-2- La Bouteille à renversement**

Le prélèvement d'eau de mer s'effectue à l'aide d'une bouteille de prélèvement de type (Niskin), d'une capacité de trois litres. Elle est constituée d'un cylindre ouvert aux deux extrémités, que l'on ferme à distance. La bouteille est placée sur le câble d'un mécanisme de fermeture qui se déclenche sous le choc du messenger métallique que l'on laisse coulisser le long du câble (Figure 10).



Figure 10 : Bouteille à renversement de type (Niskin) utilisé dans cette étude.

### II-2-2-3- Le Multiparamètre

C'est un appareil de type 556MPS (model YSI), utilisé pour la mesure des variables physicochimiques suivants : le pH, la salinité, l'oxygène dissous, la température (Figure 11).



Figure 11 : Multiparamètre de type 556MPS, utilisé dans cette étude.

### II-2- 3- Etude des paramètres physico-chimiques

La mesure des variables physicochimiques ; le pH, la salinité, l'oxygène dissous, la température a été effectuée à l'aide d'un Multiparamètre de type 556MPS (Figure 11).

### II-2-4- Dosage des paramètres chimiques

Le dosage des paramètres chimiques (ammonium, nitrites, nitrates, et orthophosphates) a été réalisé par la méthode spectrophotométrique (Aminot et chaussepied, 1983).

Cette méthode est basée sur une réaction de coloration. En effet, les sels réagissent dans certaines conditions (température, pH, présence de catalyseurs, ...) avec des réactifs pour donner une coloration absorbant la lumière à une certaine longueur d'onde ( $\lambda$ ).

L'absorption de l'énergie lumineuse dépend de l'intensité de la coloration. Cette dernière est d'autant plus importante que la solution est concentrée en sel dosé.

La quantité de lumière absorbée par la solution, appelée absorbance (A) ou densité optique (D.O), obéit à la loi de BEER LAMBERT qui est exprimée par l'expression suivante :

$$A = D.O = \log (I_0/I) = \epsilon.l.C$$

- $I_0$  et  $I$  : sont respectivement l'intensité lumineuse incidente et émergente du milieu absorbant ;
- $\epsilon$  : le coefficient d'extinction molaire (varie en fonction de la température et de la longueur d'onde) ;
- $l$  : la longueur du milieu traversée exprimée en cm ;
- $C$  : concentration de la solution absorbante exprimée en mol/l.  $A$  : absorbance de la solution ;
- D.O : densité optique de la solution.

#### II-2-4-1- Azote ammoniacal

##### II-2-4-1-1- Principe

Le dosage de l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) est réalisé en suivant la méthode (Koroleff, 1969 *in* Aminot et Chaussepied, 1983). En milieu alcalin ( $8 < \text{pH} < 11,5$ ), l'ammonium dissous réagit sur l'hypochlorite pour former une monochloramine. Ce composé, en présence de phénol et d'un

excès d'hypochlorite (milieu oxydant) donne lieu à la formation d'un bleu d'indophénol. La réaction est catalysée par le nitroprussiate de sodium. Le maximum d'absorption se fait sur une longueur d'onde de 630 nm.

#### **II-2-4-1-2- Mode opératoire**

Nous introduisons dans des fioles jaugées 100 ml d'échantillons, après nous ajoutons 3 ml de Phénol-Nitroprussiate de sodium. Les fioles sont convenablement bouchées et agitées à l'aide d'un agitateur magnétique, pour bien homogénéiser les solutions. Nous ajoutons tout de suite 3 ml d'alcaline d'hypochlorite. Les fioles sont convenablement bouchées et agitées pour la deuxième fois. Ensuite, les échantillons sont placés immédiatement à l'abri de la lumière pendant 6 à 8 h jusqu'à 24h.

#### **II-2-4-1-3- Expression des résultats**

La lecture de l'absorbance est réalisée sur un spectrophotomètre qui a un maximum d'absorption de 630 nm en utilisant des cuves de un cm de trajet optique. La courbe d'étalonnage donne la teneur en ammonium, exprimée en milligrammes pour la prise d'essai.

### **II-2-4-2- Les Nitrites**

#### **II-2-4-2-1- Principe**

Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) forment un diazoïque par action avec la sulfanilamide en milieu acide  $\text{pH} < 2$ . Ce composé formera ensuite en présence de N-naphtylethylènediamine un composé azoïque de couleur rose absorbant la lumière à 540 nm

#### **II-2-4-2-2- Mode opératoire**

Nous introduisons dans des fioles jaugées 50 ml d'échantillons, après nous ajoutons 1 ml de Sulfanilamide, les fioles sont bien mélangées, nous laissons ces dernières 2 à 8 mn. Nous ajoutons 1 ml de N-Naphtyléthylènediamine, puis les fioles sont mélangées à nouveau. La lecture des absorbances sera faite après 10 minutes jusqu'à 2 h.

#### **II-2-4-2-3- Expression des résultats**

La lecture de l'absorbance est réalisée à 543 nm, par rapport à l'eau distillée, en cuves de 1 cm de trajet optique. Pour une prise d'essai de 50 ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitreux, qui est exprimée en microgrammes par litre d'eau de mer (Rodier, 1996).

### II-2-4-3- Les Nitrates

La méthode est basée sur la réduction des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) en nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) par passage de l'échantillon sur une colonne de cadmium traité au cuivre. Les nitrites (en réalité  $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$  réduits) seront ensuite dosés par colorimétrie selon la méthode précédemment décrite. Il suffira alors d'en déduire la concentration des nitrites déterminée directement (dosage des nitrites) pour trouver les concentrations des nitrates (Rodier, 1996).

#### II-2-4-3-1- Mode opératoire

Le processus général de ce dosage se divise en deux :

- **Premièrement** : Pour le dosage des nitrites seuls : nous introduisons dans chacune des fioles jaugées 50 ml d'échantillons, après nous ajoutons 1ml de Chlorure d'ammonium concentré ;
- **Deuxièmement** : Pour le dosage des nitrites totaux : 100ml d'échantillons sont introduits dans des fioles jaugées après nous ajoutons 2 ml de chlorure d'ammonium concentré, nous passons l'échantillon par une colonne de cadmium, afin de réduire les nitrates en nitrites, nous récupérons ces derniers pour terminer le dosage.

Après ces deux analyses, l'échantillon des nitrites totaux et l'échantillon des nitrites seuls sont dosés par les mêmes solutions que le dosage des nitrites.

#### II-2-4-3-2 Expression des résultats

La lecture de l'absorbance est réalisée à 543 nm, par rapport à l'eau distillée, en cuves de 1 cm de trajet optique. La teneur en azote nitrique de l'échantillon est obtenue par la différence entre l'azote nitreux total ainsi déterminée et l'azote nitreux seuls.

### II-2-4-4 Le Phosphore

#### II-2-4-4-1 Principe

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui est réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleu intense susceptible d'un dosage spectrophotométrique. Certaines formes organiques pouvant être hydrolysées au cours de l'établissement de la coloration est accélérée par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium.

#### **II-2-4-4-2 Mode opératoire**

La température des échantillons doit être comprise entre 15 et 30°C. Nous introduisons dans des fioles jaugées 100 ml d'échantillons, après nous ajoutons 10 ml d'un mélange de réactifs (R<sub>1</sub>) dans chaque fiole et nous homogénéisons aussitôt sans oublier l'agitation. Ce dernier est composé de molybdate d'ammonium, d'acide sulfurique, d'acide ascorbique, d'oxytatrate de potassium et d'antimoine, la lecture est réalisée après 5 minutes.

#### **II-2-4-4-3 Expression des résultats**

La lecture de l'absorbance est réalisée dans un spectrophotomètre qui a un maximum d'absorption de 885 nm, par rapport à l'eau distillée, en cuves de 1 cm du trajet optique. La courbe donne la teneur en phosphore, exprimée en milligrammes pour la prise d'essai.

#### **II-2-5 - Etude qualitative du phytoplancton**

Pour l'échantillonnage qualitatif, un filet à phytoplancton d'un diamètre de 20 cm pour une longueur de 35 cm a été utilisé. La pointe de ce filet se termine par un robinet d'arrêt. L'embouchure du filet est garnie d'un collet de toile de 50ml, attaché à un harnais de métal fixé à la ligne d'échantillonnage.

On mouille le filet à une profondeur de 2 à 3m et après un intervalle de 15 à 30 secondes nécessaires, pour qu'il se stabilise ; on le tire lentement sur 5 mètres à une profondeur de 2 à 3 m de la surface (Une traction trop rapide créera une vague d'avant qui nuira à l'efficacité du filet). L'embouchure du robinet est placée au-dessus d'une bouteille de collecte d'échantillon, dans laquelle le contenu du filet sera vidé. Cette procédure pourra être répétée trois à quatre fois.

L'échantillonnage ainsi réalisé, renseignera sur la présence ou l'absence d'espèces et pourra aider à repérer des espèces rares. De nombreuses espèces ou individus peuvent échapper aux filets les plus fins. Des colonies peuvent être perturbées par le filet et certaines espèces fragiles pourront éclater suite à une pression excessive.

Toutefois, les échantillons sont excellents aux fins d'études taxinomiques, à cause du grand nombre de spécimens recueillis (Findlay et Kling, 1995).

Pour l'étude qualitative, l'identification des espèces des échantillons (récoltés par filtration inverse sur filet à plancton de 50µm de vide de maille), a été faite au microscope Orthoplan photonique, type OPTIKA B 500 (Figure 8), avec une camera numérique MA88-300, aux

grossissements 10, 40 ou 100 selon les espèces on utilisant les clés de détermination de Tregouboff et Rose (1978a ; 1978b). Les observations ont porté sur des spécimens fixés au Lugol selon la méthode de Njine *et al.*, (2007).

### **II-2-6- Etude quantitative du phytoplancton**

Il existe plusieurs méthodes éprouvées, pour prélever des échantillons quantitatifs de phytoplancton, non concentrés, tirés d'un volume d'eau connu. La méthode la plus commune consiste à mouiller un échantillonneur à une profondeur précise comme la bouteille de Van Dorn, qui recueille des volumes d'eau constants (d'un à six litres). La densité du phytoplancton étant faible en Méditerranée, il est nécessaire de prélever et de concentrer plusieurs litres d'eau pour avoir une bonne représentation de la communauté phytoplanctonique (Rossi, 2008).

Dans le présent travail, la concentration du phytoplancton a été effectuée par filtration inverse selon le protocole de (Dodson et Thomas, 1964), où 50l d'eau de mer ont été versés dans une bassine préalablement lavée avec de l'acide nitrique à 10 %. L'extrémité d'un tube PVC de diamètre 02 cm et de 50 cm de hauteur a été recouverte d'une nappe de filtration d'une porosité de 55  $\mu\text{m}$ . La filtration inverse a été alors effectuée en immergeant la partie recouverte par la nappe de filtration dans l'eau. L'eau aspirée ne contenait plus de phytoplancton et a été éliminée au fur et à mesure. Cette opération a été renouvelée de manière à concentrer la communauté initiale de phytoplancton dans un volume final de 20 ml (Rossi, 2008).

Les organismes ainsi recueillis, sont immédiatement fixés en ajoutant 2ml de solution concentrée de Lugol ( $\text{I}_2 + \text{KI}$ ), jusqu'à l'obtention d'une coloration miel de l'échantillon.

L'aspect quantitatif du peuplement phytoplanctonique a été appréhendé au moyen de numérations cellulaires faites au microscope Orthoplan, Le comptage se fait à l'aide d'une cellule de Nageotte possédant 40 colonnes d'un volume de 0.05ml, selon la méthode de Bouteleux, (2005). Le volume d'eau concentré obtenu par filtration inverse est homogénéisé, et à l'aide d'une pipette, une goutte est déposée sur la cellule puis, on fait un comptage du nombre des cellules de phytoplancton présentes au niveau des quatre différentes colonnes. Cette opération est effectuée cinq fois sur les échantillons.

### II-2-7- Méthode d'estimation de la quantité du phytoplancton

Le dénombrement des cellules phytoplanctonique est réalisé à l'aide d'une cellule de comptage, appelée cellule de Nageotte. Il s'agit d'une lame spéciale qui, lorsqu'elle est observée au microscope, présente une grille de 40 bandes correspondant à une surface donnée et un volume de 50  $\mu\text{l}$ , qui permet d'énumérer, dans un volume précis et connu, tous les éléments visibles à l'objectif 40 (Quiniou *et al.*, 2003).

Pour obtenir une numération proche de la réalité, il est important de :

- ne pas rayer le quadrillage lors du nettoyage de la cellule ;
- bien monter la lamelle sur la cellule ;
- déposer la goutte de l'échantillon à énumérer correctement, comme décrit ci-dessous ;
- bien laisser sédimenter les particules à énumérer avant le comptage.

#### II-2-7-1- Principe

On dépose, une goutte de l'échantillon, diluée ou non, puis on compte dans le quadrillage (volume précis) les éléments voulus. On ramène le résultat obtenu en éléments par litre.

#### II-2-7-2- Mode opératoire

➤ Préparation de la cellule :

- On Colle la lamelle sur la cellule de NAGEOTTE, en humectant les deux bords de celui-ci avec un petit chiffon humide propre et essoré (Figure 12) ;
- On fait glisser la lamelle sur la largeur et on vérifie la bonne adhésion ;
- Entre la cellule et la lamelle, on laisse rentrer, par capillarité, une goutte de l'échantillon à énumérer, grâce à la pipette pasteur. La goutte ne doit pas déborder dans les rigoles de la cellule de Nageotte et la goutte doit recouvrir complètement et d'un seul coup toute la surface quadrillée ;
- On laisse reposer à plat, en "chambre" humide, pendant 10 minutes afin de laisser les éléments sédimenter.

➤ Numération :

Quelle que soit la cellule utilisée et la surface à énumérer, on compte :

- Pour les éléments situés à l'intérieur des lignes délimitant cette surface, tous les éléments qui s'y trouvent ;

- Pour les éléments situés sur les lignes, les éléments qui sont soit sur la ligne de gauche et pas ceux qui sont sur la ligne de droite, soit l'inverse ; ET, soit ceux qui sont sur la ligne du haut et pas ceux qui sont sur la ligne du bas, soit l'inverse.

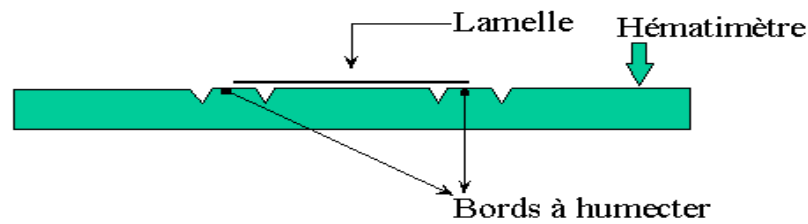


Figure 12. Cellule de Nageotte

**La cellule de Nageotte** est constituée :

- D'un rectangle de  $1.25 \text{ mm}^3$ ;
- D'une cellule de  $50 \text{ mm}^3$ .

On compte 4 bandes, on trouve x éléments. On a : nombre éléments par  $N / \text{mm}^3 = x / 5$ .

Avec :

N : Nombre de cellules de phytoplancton dans l'échantillon ;

x : Nombre de cellules compté dans les 4 colonnes ou bandes ;

$0.05 \mu\text{l}$  : Volume de la cellule Nageotte.

- Pour calculer le nombre cellule de phytoplancton dans la colonne d'eau de mer, on utilise la formule suivante :

$$C = \frac{x}{V}$$

Avec :

C : Nombre de cellules de phytoplancton dans un litre d'eau de mer ;

X : Nombre de cellules de phytoplancton dans l'échantillon  $X=N/10^6$  ;

V : Volume d'eau filtré.

## **II-3- Méthodes et paramètres d'analyses utilisées**

### **II-3-1- Analyse qualitative**

#### **II-3-1-1- Diversité globale**

Selon Magurran (1988), la diversité d'un échantillon ou d'un site à échantillonner peut être étudiée par l'emploi de plusieurs méthodes. Celles-ci peuvent être des méthodes univariées (richesse spécifique, indice de diversité), des méthodes graphiques (diagramme rangs-fréquences...), ou des méthodes multivariées (Analyse Factorielle de Correspondances, Analyse en Composantes Principales...).

#### **II-3-1-2 Méthodes univariées**

##### **II-3-1-2-1- Richesse spécifique**

C'est le nombre total des diverses catégories taxonomiques auxquelles appartiennent les organismes prélevés à une station d'échantillonnage. Elle mesure la diversité la plus élémentaire, fondée directement sur le nombre total d'espèces dans un site. Un grand nombre d'espèces fait augmenter la diversité spécifique. Toutefois, cette méthode dépend de la taille des échantillons et ne considère pas l'abondance relative des différentes espèces (Ngansoumana, 2006).

##### **II-3-1-2-2- Indices de diversité**

La richesse spécifique ne considérant pas l'abondance relative des différentes espèces, sa valeur écologique est donc limitée (Travers, 1964). De nombreux indices de diversité sont ainsi proposés et permettent de donner une expression qualitative plus ou moins pertinente de la structure de l'écosystème. Dans cette étude deux indices ont été utilisés : l'indice de Shannon et l'indice de Simpson. Ces deux indices considèrent à la fois l'abondance et la richesse spécifique.

##### **II-3-1-2-3- Indice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) et indice d'équitabilité de Pielou ( $J'$ )**

L'indice de Shannon-Wiener est le plus couramment utilisé et est recommandé par différents auteurs (Gray *et al.*, 1992). Cet indice est basé sur la théorie de l'information. « Un événement apporte à un observateur d'autant plus d'information, en se réalisant, qu'il était improbable au départ » (Frontier *et al.*, 2004). Il est donné par la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log p_i$$

Où :

$p_i$  = abondance proportionnelle ou pourcentage d'importance de l'espèce :  $p_i = n_i/N$ ;

$S$  = nombre total d'espèces;

$n_i$  = nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon;

$N$  = nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon.

L'indice de Shannon permet d'exprimer la diversité en prenant en compte le nombre d'espèces et l'abondance des individus au sein de chacune de ces espèces. Ainsi, une communauté dominée par une seule espèce aura un coefficient moindre qu'une communauté dont toutes les espèces sont codominantes. La valeur de l'indice varie de 0 (une seule espèce, ou bien une espèce dominant très largement toutes les autres) à  $\log S$  (lorsque toutes les espèces ont même abondance) (Grall et Coïc, 2006).

L'indice de Shannon est souvent accompagné par l'indice d'équitabilité de Pielou dont la formule est la suivante :

$$J' = H'/H'_{max}$$

Avec :

$H'_{max} = \log S$  (S= nombre total d'espèces).

L'indice d'équitabilité permet de mesurer la répartition des individus au sein des espèces, indépendamment de la richesse spécifique. Sa valeur varie de 0 (dominance d'une des espèces) à 1 (équirépartition des individus dans les espèces). Ces deux indices restent dépendants de la taille des échantillons et dépendant du type d'habitat. Leur valeur est relativement basse dans les eaux de transition comme les lagunes, deltas ou estuaires, même lorsqu'ils ne sont pas perturbés. Il reste ainsi, difficile d'en faire un descripteur de l'état d'un milieu, à moins de déterminer au préalable des valeurs seuils pour chaque type d'habitat et pour une surface échantillonnée donnée, ainsi que l'ont proposé Simboura et Zenetos (2002) (Tableau II).

Tableau II. Exemple de classification de la pollution à partir de la valeur de  $H'$ , dans les habitats sableux/vaseux d'après Simboura et Zenetos, (2002).

	<b>Etat écologique</b>	<b>Valeur du <math>H'</math></b>	<b>Classification de la pollution</b>
	Mauvais	$0 < H' \leq 1.5$	Azoïque très pollué
	Médiocre	$1.5 < H' \leq 3$	Fortement pollué
	Moyen	$3 < H' \leq 4$	Modérément pollué
	Bon	$4 < H' \leq 5$	Zone de transition
	Très bon	$H' >$	Site de référence

#### II-3-1-2-4- Indice de Simpson et indice de diversité de Simpson

Cet indice a été proposé par Simpson (1965) et Pielou (1969). Il mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce. Pour un échantillon fini, on calcule de la manière suivante :

$$L = \sum [n_i(n_i - 1)] / [N(N - 1)]$$

Où :

$n_i$  = nombre d'individus dans l'espèce  $i$  ;

$N$  = nombre total d'individus.

L'Indice de Simpson correspond à la probabilité que deux individus tirés au hasard appartiennent à la même espèce. Il est calculé à partir des effectifs spécifiques. Lorsque la diversité est maximale, sa valeur est 0, lorsque la diversité est minimale la valeur tend vers 1.

#### II-3-1-3- Méthodes graphiques

##### II-3-1-3-1- Diagramme rangs-fréquences et successions écologiques

Le degré d'organisation de la communauté dans l'écosystème peut être caractérisé par des Diagrammes Rangs-Fréquences (DRF). Ceux-ci permettent de représenter la structure d'un peuplement et d'en distinguer, au cours de son évolution, les différentes phases d'une succession écologique (Frontier, 1969 ; 1976). De tels diagrammes sont obtenus par présentation en coordonnées logarithmiques de la fréquence relative et du rang classé par ordre décroissant de chaque espèce. La fréquence relative est calculée à partir des effectifs spécifiques. Sachant qu'un peuplement peut se trouver à trois stades de maturité (Figure 13) (Frontier, 1976):

- **Stade 1** dit « pionnier » ou « début de succession », faiblement diversifié. La courbe montre une allure concave vers le haut dans sa partie gauche, indiquant une prédominance d'un très petit nombre d'espèces. La courbe subit une inflexion et devient convexe dans sa partie droite ;

- **Stade 2** de début de maturité du système, diversité maximale. La courbe devient entièrement convexe, se rapprochant de la distribution en bâton brisé ;
- **Stade 3** dit « climacique » ou « fin de succession » avec diminution de la diversité. La courbe devient sensiblement rectiligne par augmentation des espèces les plus abondantes du peuplement précédent. On peut observer une flexure vers le bas dans la partie gauche avec la disparition de quelques espèces de derniers rangs. Un peuplement stressé par une pollution ou par un facteur abiotique très contraignant sera au stade 1, rarement au stade 2 alors qu'un peuplement stable sera au stade 3.

Tableau III. Succession phytoplanctonique d'après Margalef (1961) et Frontier (1969) - Travers (1971).

	Margalef (1961)	Frontier (1969) et Travers (1971)
Stade 1	Cellules de petite taille, à multiplication potentielle active (stratégie « r »). Ce stade intervient après un bouleversement important remettant en cause l'état d'équilibre dynamique du peuplement.	Début de floraison-développement d'un très petit nombre d'espèces. Les autres étant rares ou absentes. La courbe présente un aspect biphasique (H' est petit).
Stade 2	Augmentation de la diversité de la population qui est dominée par des diatomées de grande taille à croissance plus lente et des dinoflagellés (stratégie « K »).	Maturité du système. La population est représentée par un nombre de plus en plus important d'espèces. La courbe devient parabolique (H' est maximal).
Stade 3	Grande pauvreté et forte diversification de l'écosystème.	Caractérise un « vieillissement de l'écosystème ». L'allure de la courbe est celle d'une droite ; on peut parfois observer une inflexion vers le bas dans la partie gauche (Frontier, 1976).  Lorsque les espèces sont peu représentées, les diagrammes prennent une allure dite en « bâton brisé » caractérisée par une série de paliers. Ceux-ci ne traduisent pas une structure discontinue de la population. Il est donc souhaitable pour une meilleure analyse, de ne tenir compte dans la représentation graphique que du milieu de chaque palier.

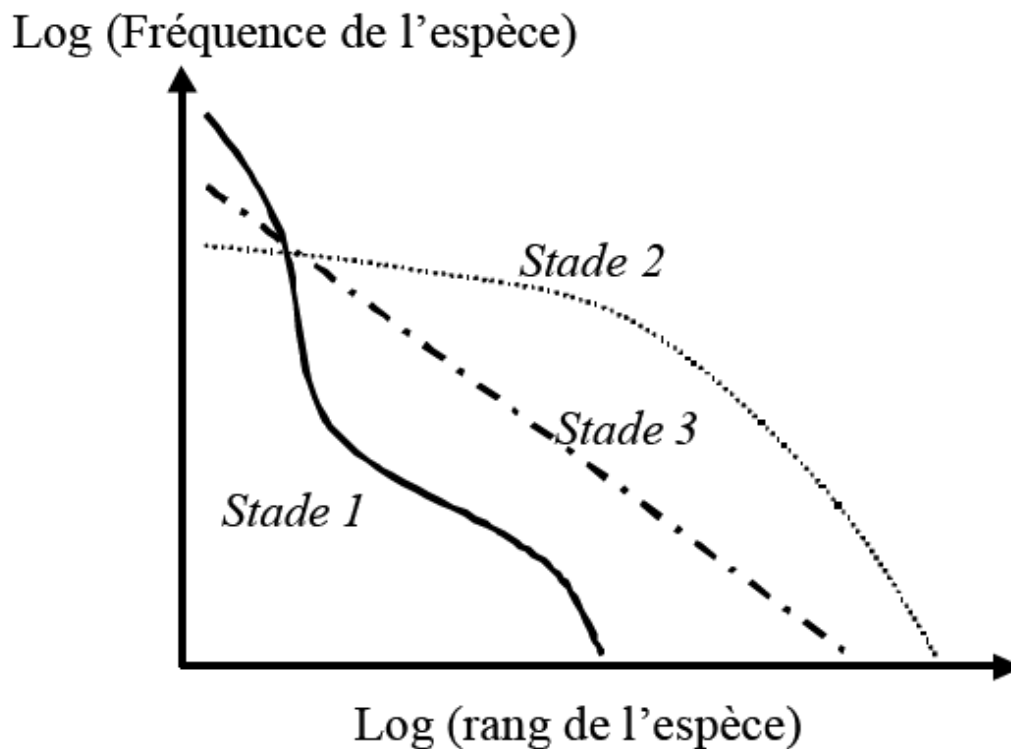


Figure 13. Schéma montrant les stades de succession écologique, (d'après Frontier, 1976).

#### II-3-1-4- Méthodes multivariées

Ce sont des méthodes d'analyse permettant de regrouper des taxons ou des sites ayant des caractéristiques semblables. Elles indiquent, avant tout, le degré de ressemblance ou de disparité de la composition en espèces de différentes stations, ou de la même station au cours du temps. Une forte corrélation de cause à effet ne peut être obtenue, qu'en reliant les groupements de stations aux gradients mesurés de l'environnement (Gray et Pearson, 1982). Comme toutes ces méthodes se fondent sur des critères formels, elles semblent plus objectives que d'autres. Contrairement aux indices de diversité, les méthodes multivariées permettent de conserver l'identité de l'espèce et sont généralement considérées comme étant plus sensibles aux changements, qui touchent la structure de la communauté; par conséquent, elles permettent de détecter les effets d'un phénomène donné sur une communauté biologique (Warwick et Clarke, 1991; Gray *et al.*, 1990).

### **II-3-2- Analyse quantitative**

#### **II-3-2-1- Abondance**

En tant que concept écologique, l'abondance est une composante importante de la diversité (Hurlbert, 1971). La méthode de comptage d'Utermôhl (1958) est la plus utilisée, pour les travaux dans la bibliographie. Dans ce présent travail, une autre méthode a été utilisée pour le dénombrement des espèces toxiques et des algues dans les unités de production algale, où les algues sont dénombrées à l'aide d'une cellule de Nageotte. Le comptage est effectué avec un microscope, selon la méthode de Bouteleux (2005).

#### **II-3-3- Analyse des données**

L'ensemble des résultats a été traité dans un premier temps avec le logiciel Excel et Statistica pour l'ACP.

## **CHAPITRE III**

# **RESULTATS ET DISCUSSION**

### III- RESULTATS ET DISCUSSION

#### III-1- Analyse des paramètres physico-chimiques du milieu

##### III-1-1- Résultats

##### III-1-1-1- Température

L'analyse de la figure 14, montre une augmentation continue de la température, tout le long de la période de prélèvement. Cette évolution présente une tendance normale et saisonnière, la température est passée de 16.5 °C à 25 °C au niveau du site « le Vivier » et de 15.7 °C à 24.3 °C au niveau du site « les Trois Suisses ». Il est à signaler, que la température évolue de la même façon dans les deux sites étudiés.

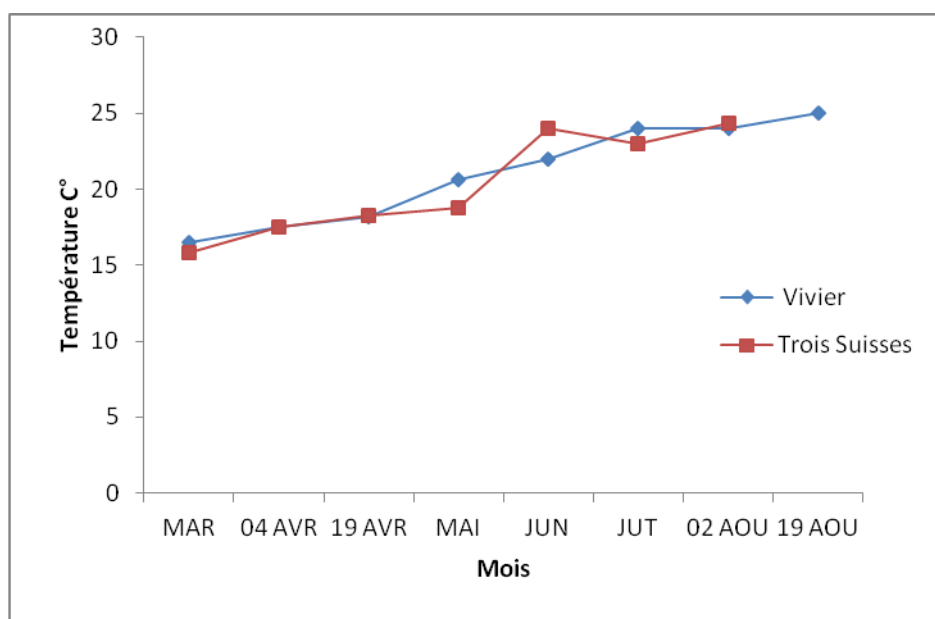


Figure 14. Evolution temporelle de la valeur des températures au niveau des deux sites « le Vivier » et « les Trois Suisses ».

##### III-1-1-2- Salinité

Au niveau des sites de prélèvement, la salinité fluctue légèrement (Figure 15). Le taux de salinité baisse durant le mois d'avril. Ceci serait dû principalement aux précipitations enregistrées durant cette période. Sachant que la station de prélèvement est très proche du rivage et subit une forte influence du ruissellement des eaux de pluie. Le phytoplancton marin est extrêmement tolérant aux variations de salinité (Robert, 2005).

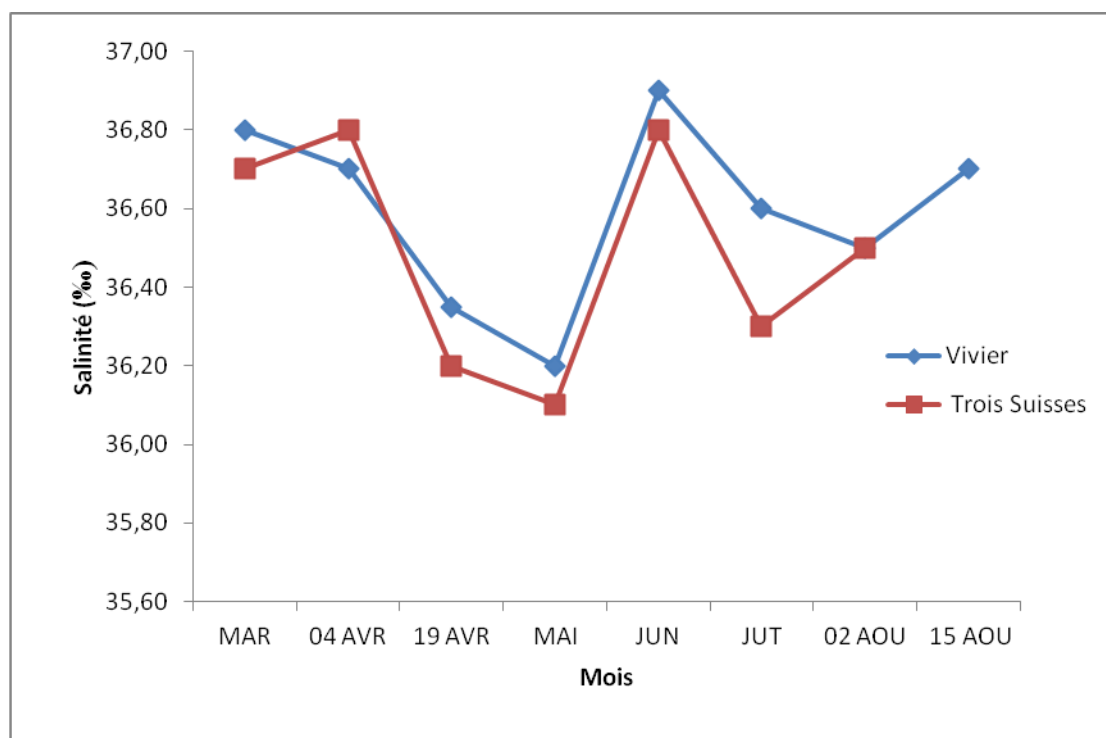


Figure 15. Evolution temporelle de la valeur des salinités au niveau des deux sites («le Vivier» et «les Trois Suisses»).

### III-1-1-3- Potentiel d'hydrogène (pH)

Les valeurs du pH enregistrées au niveau des deux sites, varient entre 7,1 et 8,1, au cours de toute la période d'échantillonnage (Figure 16). Nous avons remarqué que les valeurs du pH sont légèrement supérieures au niveau du site «le Vivier» durant les mois mars, avril, mai et juin. Cette situation s'inverse durant le mois d'août, où le pH au niveau du site «les Trois Suisses» est supérieur à celui du site «le Vivier». Toutefois, ces variations ne représentent aucune exception et restent normales pour le pH de l'eau de mer. Le pH moyen de l'eau de mer est en générale de 8,2 et peut varier entre 7 à 8,2 en fonction des conditions du milieu (Aminot et Chaussepied, 1983).

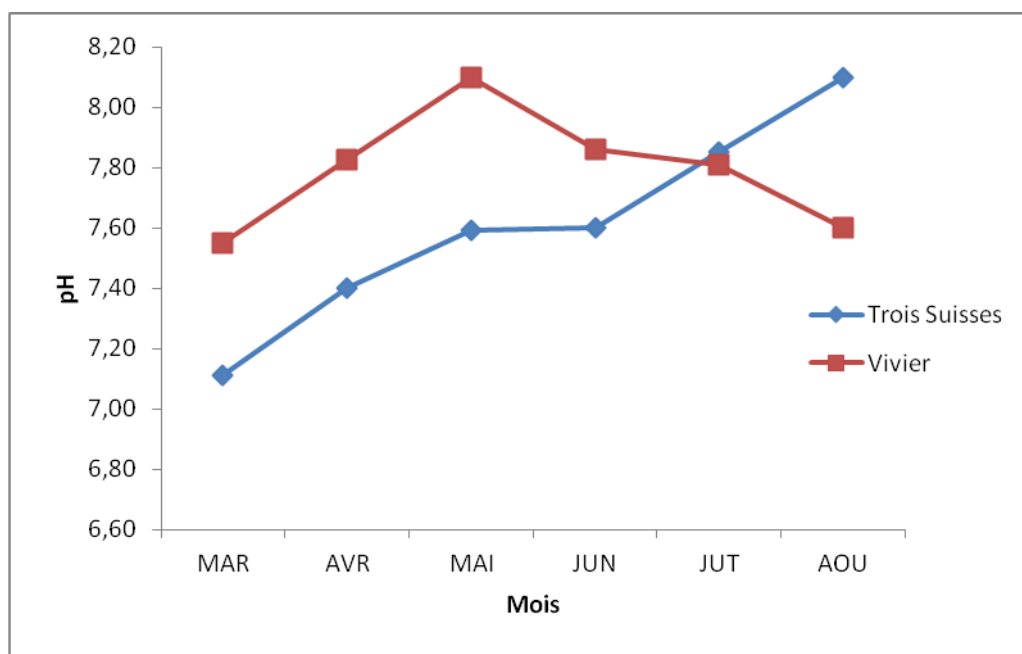


Figure 16. Evolution mensuelle du pH au niveau des deux sites «le Vivier» et «les Trois Suisses».

#### III-1-1-4- Oxygène dissous

Les fluctuations de l'oxygène dissous enregistrées au niveau des deux stations sont peu marquées durant les mois de prélèvement (Figure 17). Elles varient entre 5,08 et 6,86 mg/l. Il est à noter que les concentrations en oxygène sont plus importantes au niveau de la station « le Vivier » même si nous remarquons une diminution durant le mois d'août avec des valeurs de 5,46mg/l. Ces résultats sont comparables à ceux signalés par Messaoudi et Chablaoui (2007) à la même période au niveau de cette zone.

D'une manière générale, le suivi des valeurs d'oxygène dissous ne révèle aucune anoxie, ou diminution importante des valeurs de l'oxygène, durant toute la période d'étude au niveau des deux stations.

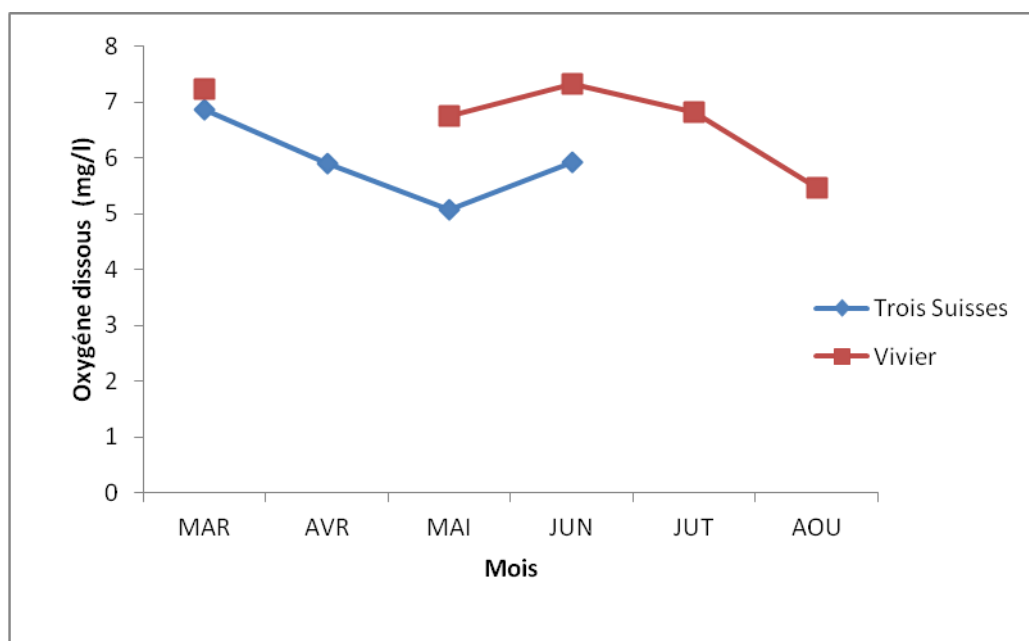


Figure 17. Evolution mensuelle des teneurs en oxygène au niveau des deux sites «le Vivier» et «les Trois Suisses».

#### III-1-1-5- L'Ammonium

L'évolution mensuelle des teneurs en ammonium au niveau des deux sites d'études reste inférieure à 01 mg/l durant toute la période d'étude (voir Figure 18). En effet, la plus forte valeur d'azote ammoniacal enregistrée est de 0,050 mg/l en juin, au niveau de la station « les Trois Suisses » contrairement à la valeur mesurée au niveau de la station du vivier qui est la plus faible atteignant 0,005 mg/l. Ces faibles valeurs peuvent être expliquées en sens de Lacaze, (1996), dans « le Vivier », par l'assimilation rapide de cet élément par les organismes autotrophes.

Par ailleurs, la comparaison de l'évolution des teneurs de l'ammonium entre les deux stations étudiées montre que les concentrations les plus faibles sont enregistrées en mai pour la station «les Trois Suisses» et en juin pour la station «le Vivier». Dans l'ensemble, il apparaît une similarité dans l'évolution des teneurs en ammonium avec un décalage d'un mois dans les deux stations.

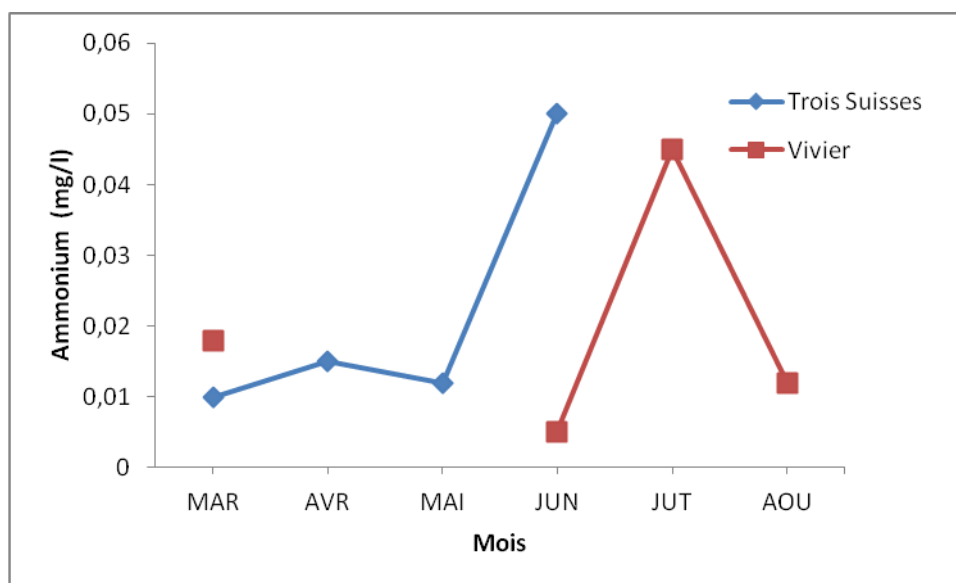


Figure 18. Variation temporelle des teneurs en ammonium au niveau des deux sites «le Vivier» et «les Trois Suisses».

#### III-1-1-6- Les Nitrites

Selon les résultats obtenus (Figure 19), les concentrations en nitrites restent plus ou moins stables avec de faibles fluctuations au niveau de la station «les Trois Suisses» et se maintiennent en dessous de 0,01mg/l. Ce résultat est normal, car en effet, les nitrites ne se maintiennent à de fortes concentrations que lorsque le milieu n'est pas suffisamment oxydant et leur présence indique un état critique de pollution organique. Ils sont toxiques pour les poissons au dessus d'une valeur de 0,20 mg/l. Dès lors, dans les eaux exemptes de pollution, il n'y a pas (ou très peu) de nitrites, alors que dans les zones où l'autoépuration est activée, cette teneur se maintient en dessous de 0,01 mg/l (Joanny *et al* 1993).

Quant à la station le « Vivier », des valeurs assez importantes sont observées, qui varient de moins de 0.01 à plus de 0,08 mg/l. Les plus fortes concentrations ont été enregistrées durant le mois de juillet ; cela pourrait être due à sa proximité avec des sources de contaminations tels que : Les sorties d'égouts, et embouchure de l'oued Mazafran.

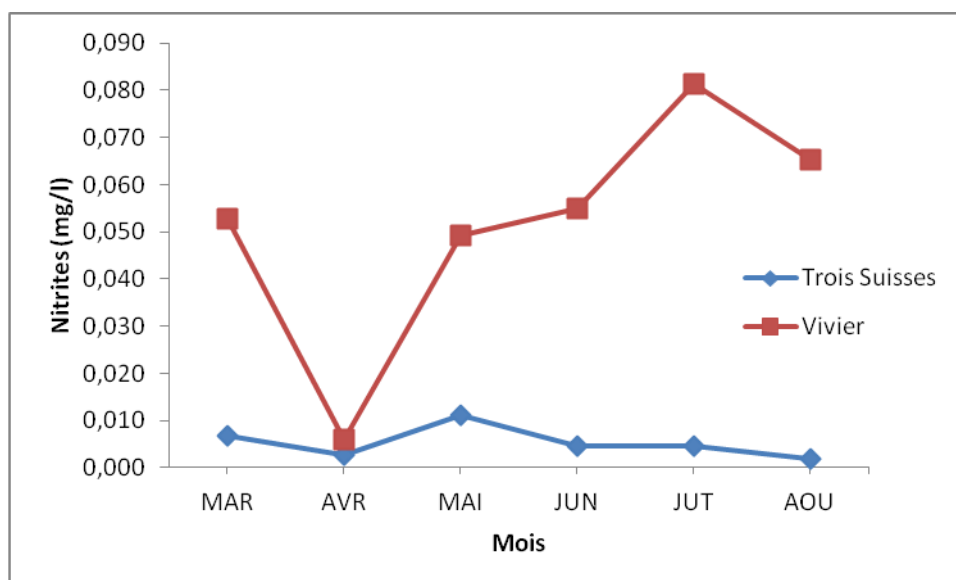


Figure 19. Variation mensuelle des teneurs en nitrites au niveau des deux sites «le Vivier» et «les Trois Suisses».

### III-1-1-7- Les Nitrates

Les valeurs des nitrates mesurées dans les deux stations sont en générale assez faibles. Cependant, l'analyse de l'évolution des nitrates montre la présence de deux pics pour la station «les Trois Suisses», et d'un seul pic au niveau de la station «le Vivier» (Figure 20). La valeur la plus importante est mesurée au niveau de la station «les Trois Suisses» avec 0,160mg/l en juillet et la plus basse de 0,003mg/l en mars. Par ailleurs, au niveau de la station le "Vivier" un maximum de 0,112mg/l de nitrates est enregistré en juin et un minimum de 0,008mg/l en août.

Selon Gaujous (1995), les nitrates dans l'eau proviennent de la minéralisation de la matière organique, les engrais azotés, les résidus d'animaux et les eaux usées. En effet, au niveau de la station «les Trois Suisses» durant le printemps, un processus de minéralisation fait passer les nitrates d'une concentration de 0,003mg/l en mars à une concentration de 0,05mg/l en avril, ensuite la valeur des nitrates diminue pour atteindre la valeur de 0,005 en juin. Cette chute de la concentration serait due à une assimilation des nitrates dans la colonne d'eau. Durant le mois de juin, une augmentation rapide des nitrates est observée pour atteindre des valeurs maximales de 0,160mg/l, suivi par une chute toute aussi rapide qui montre une forte activité biologique durant cette période.

Concernant la station «le Vivier», le processus de minéralisation va faire augmenter les concentrations de nitrates dans l'eau, durant le printemps, pour atteindre des valeurs maximales de 0,112mg/l, suivi d'un épuisement de cet élément durant l'été.

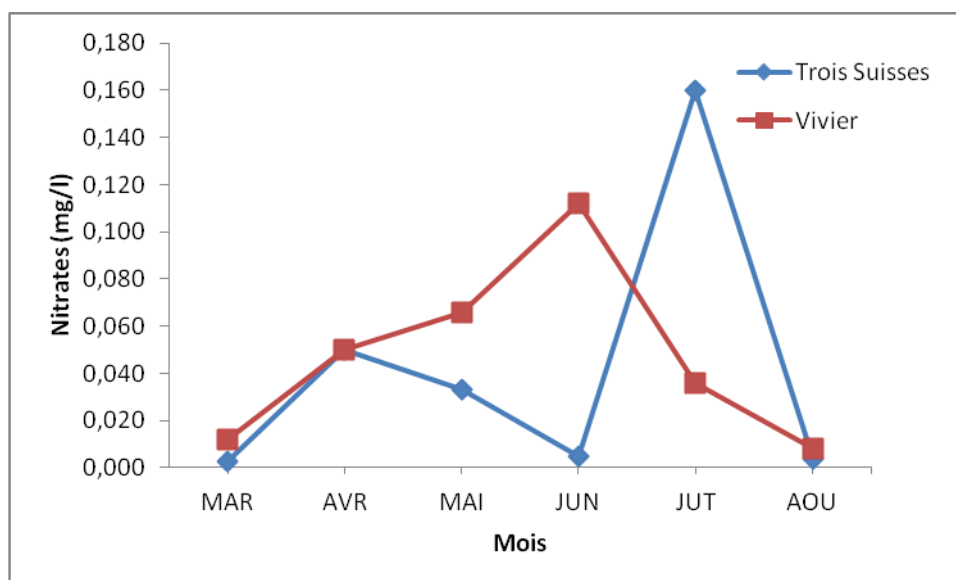


Figure 20. Variation mensuelle des teneurs en nitrates au niveau des deux sites «le Vivier» et «les Trois Suisses».

### III-1-1-8- Le Phosphore

Les concentrations de phosphore obtenues au niveau de la station «le Vivier» oscillent entre un minimum de 0,018mg/l et maximum de 0,053mg/l (voir Figure 21). Une diminution progressive de la concentration des phosphates, durant les trois premiers mois d'étude, est observée et pourrait être due à leurs utilisations par les organismes autotrophes. Cette diminution est suivie par une légère augmentation durant le mois de juin et une baisse durant le mois de juillet et août. Dans la station «les Trois Suisses», on observe de forte variation au cours de la période d'étude. Les faibles concentrations en phosphore de 0,006 ; 0,014 et 0,009 mg/l sont mesurées respectivement en avril, en juillet et en août. Quant aux fortes concentrations, elles sont mesurées en mars, et en juin, où le phosphore atteint un maximum de 0,147 mg/l. Ces fortes concentrations pourraient être dues à une contamination, vu que cette station est proche de l'Oued Mazafran. Ces valeurs sont comparables à celles trouvées par Messaoudi et Chblaoui (2007) et Samson-Kechacha *et al.* (1992).

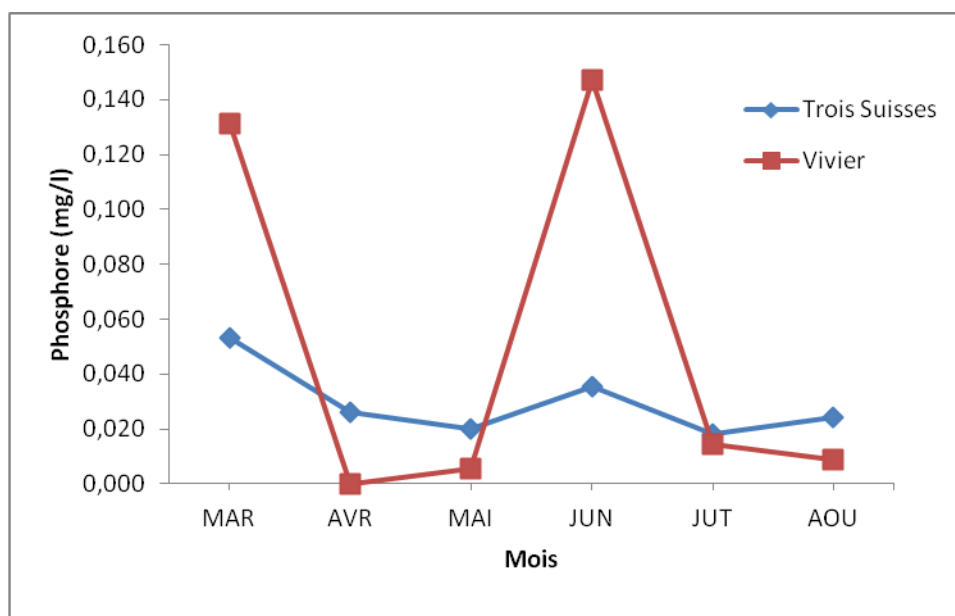


Figure 21. Variation mensuelle des teneurs en phosphore au niveau des deux sites «le Vivier» et «les Trois Suisses».

### III-1-2- Discussion

Les concentrations en sels nutritifs qui ont été mises en évidence au niveau des deux sites d'études ont été obtenues par le laboratoire du Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (CNRDPA). Le suivi de ces paramètres abiotiques a permis de caractériser les deux stations et surtout d'appréhender leur niveau trophique durant la période d'étude. Sur l'ensemble des variables étudiées (la salinité, la température, l'ammonium, les nitrites, les nitrates et le phosphore), peu de différences ont été décelées entre les deux stations. Par ailleurs, les teneurs en éléments nutritifs analysés sont peu élevées toute l'année, au niveau des deux stations et restent toujours inférieures à 0,2mg/l, suggérant une consommation importante des nutriments par les espèces autotrophes. Cependant, les fluctuations de nitrite et de phosphore, au niveau de la station «le Vivier» révèlent un enrichissement probable par les apports de l'Oued Mazafran.

Aussi, l'augmentation des concentrations des sels nutritifs du printemps vers l'été, suggère un épuisement des nutriments dans le milieu durant le printemps (saison de forte activité productive), suivi par une augmentation de la minéralisation et de la dégradation de la matière organique durant l'été (période de fortes températures), donc de forte activité microbienne (Azam *et al.*, 1983).

Tableau IV. Variations saisonnières des teneurs en sels nutritifs au niveau des deux stations d'Alger.

	«le Vivier»		«les Trois Suisses»	
	Printemps	Eté	Printemps	Eté
Nitrite	0,04	0,07	0,007	0,004
Nitrate	0,04	0,05	0,029	0,056
Phosphore	0,05	0,06	0,033	0,026
Ammonium	0,01	0,02	0,012	0,017

En revanche, les rapports molaires N/P sont inférieurs au rapport de Redfield (16/1) au cours de toute la période de prélèvement, ce qui limite potentiellement la croissance phytoplanctonique par l'azote à partir du mois d'avril jusqu'en août (Figure 22).

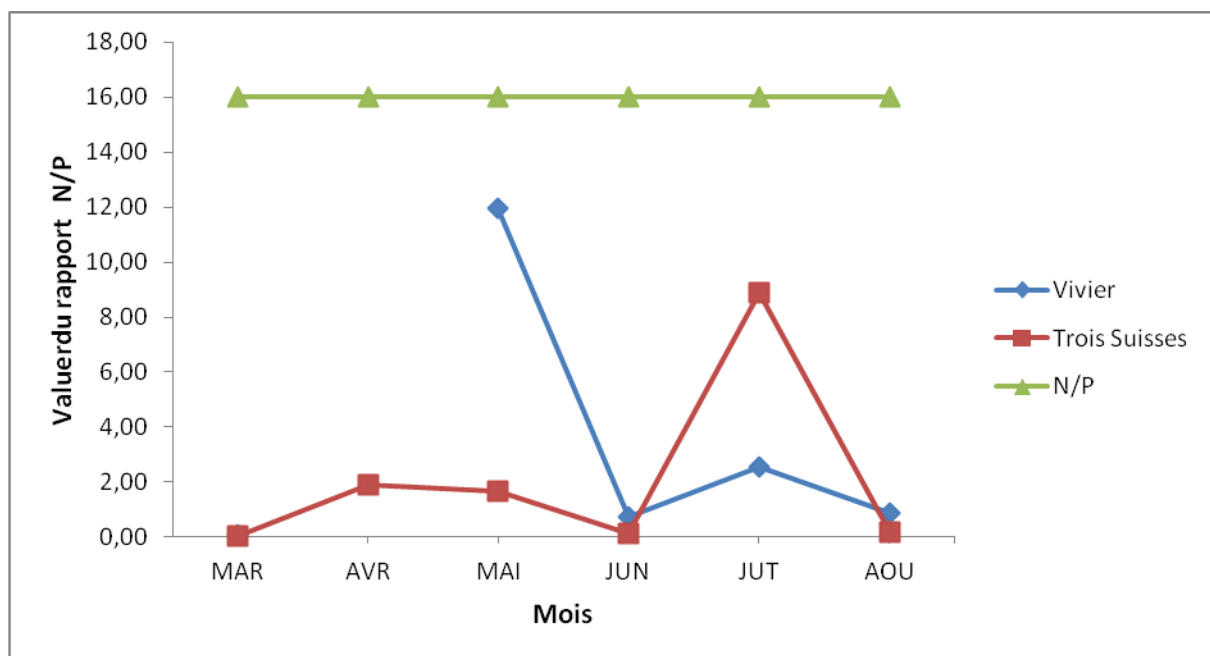


Figure 22. Variation du rapport N/P (des deux stations d'Alger) par rapport à celui de Redfield (en vert).

## **III-2- Structure et évolution des communautés phytoplanctoniques**

Le suivi en milieu naturel du phytoplancton a été fait durant un semestre. Les communautés phytoplanctoniques de la station «le Vivier» ainsi que celles de la station les trois suisses ont été étudiées sous différents aspects :

- la composition taxonomique ;
- la diversité spécifique ;
- la distribution spatiale et temporelle des espèces ainsi que leur abondance durant la période d'étude ;
- La notion de succession d'espèces dominantes.

### **III-2-1- Etude qualitative**

#### **III-2-1-1- Composition taxonomique du phytoplancton**

L'inventaire des espèces rencontrées porte sur le macrophytoplancton (essentiellement les Diatomées et les Dinoflagellés). Les taxa identifiés sont répertoriés dans le Tableau en annexe I sans prétendre à l'exhaustivité absolue, ni à l'exactitude parfaite des déterminations, compte tenu de la marge d'incertitude qu'implique, l'observation au microscope optique, il a été recensé au cours de la période d'étude, 103 espèces au niveau des deux stations, regroupant plusieurs genres. En termes de nombre d'espèces, les Diatomées sont les plus représentées avec 69% d'espèces suivies des dinoflagellés qui représentent 31%, les coccolithophores ne sont représentées que par une seule espèce qui a pu être identifiée au niveau du site «le Vivier».

Durant le mois de mai au niveau de la station Stidia, les mêmes espèces ont été identifiées avec des proportions différentes par classe, les dinoflagellés sont majoritairement représentés avec plus de 89% et 11% de diatomées alors que pour la station «le Vivier», les diatomées sont plus importantes avec 76% et 26% de dinoflagellés et pour le site «les Trois Suisses» un équilibre est observé entre les deux classes avec un pourcentage respectif de 50%.

#### **III-2-1-2- Richesse spécifique**

Une relation étroite existe entre la diversité spécifique et la diversité fonctionnelle au sein du phytoplancton. Ainsi, selon Lawton *et al.* (1998) et Tilman (1999) la diversité spécifique est souvent utilisée comme une variable explicative du fonctionnement de l'écosystème et est

supposée être un bon indicateur de la diversité fonctionnelle. L'inventaire floristique a mis en évidence des espèces néritiques telles que : *Nitzchia closterium* et *Chaetoceros affinis*, des espèces océaniques telles que les genres *Coscinodiscus* et des *Chaetoceros* et des espèces opportunistes comme *Skeletonema costatum* ou *Peridinium* qualifiées de portuaires par Arfi *et al.* (1982). Enfin, vu la faible profondeur des stations de prélèvement, des formes benthiques comme *Licmophora* ou *Navicula* ont été fréquemment retrouvées. Le phytoplancton des stations, « les Trois Suisses » et « le Vivier » est caractérisé par une richesse spécifique moyennement importante.

Au niveau de la station les «Trois Suisses », en moyenne 17 espèces différentes ont été recensées chaque mois avec une richesse maximale de 25 espèces pour l'échantillon du mois d'août et une richesse minimale de 14 espèces pour l'échantillon du mois d'avril. Au niveau de la station «le Vivier » mensuellement, une moyenne de 15 espèces différentes a été recensée, avec une richesse maximale de 24 espèces pour l'échantillon du mois d'Avril et une richesse minimale de 12 espèces pour l'échantillon du mois de juillet. Dans le bassin méditerranéen, Ignatiades *et al.* (2009) en analysant 63 échantillons (recueillis au niveau de neuf stations situées à un intervalle de 220 km minimum jusqu'à un maximum de 558 km), ont identifiés 216 espèces dont, 48 diatomées, 112 les dinoflagellés et 56 coccolithophores. Casas *et al.* (1998) trouvent quant à eux 205 espèces au niveau de Galicia, au nord-ouest de l'Espagne (Tableau V).

Cette différence peut être expliquée par : le nombre d'échantillons réalisés dans chaque étude, et probablement, par les conditions du milieu où une forte pollution est signalée au niveau de la baie de Bou-Ismaïl (CNRDPA, 2005).

Tableau V. Répartition et composition de la richesse spécifique (en pourcentage) des classes du phytoplancton dans les autres sites du bassin méditerranéen comparés a nos données

	Nombre d'espèces (individus)	Diatomées	Dinoflagellés	Autres groupes
Ignatiades <i>et al.</i> (2009) (Bassin Méditerranéen)	216	22%	52%	26%
Mokrane et Harkati (2006) (Sidi Fredj)	316	64%	24%	12%
Casas <i>et al.</i> (1998) (Galicia, Espagne)	205	-	70%	-
Nos données « le Vivier »	72	65%	33%	1%
Nos données « les Trois suisses »	70	66%	34%	0

Si on compare les résultats de la richesse spécifique obtenus pour le mois de mai au niveau du site « Stidia » avec ceux obtenus au niveau de la baie de Bou-Ismaïl à la même période, nous pouvons dire que le nombre d'espèces au niveau du site « Stidia » est le plus faible par rapport aux deux autres stations. Mais, il se rapproche plus du site «les Trois Suisses» (voir Tableau VI).

Tableau VI. Richesse spécifique en phytoplancton (tous groupes confondus) dans les sites étudiés.

<b>Sites</b> <b>Mois</b>	<b>« les Trois Suisses »</b> <b>(Alger)</b>	<b>« le Vivier »</b> <b>(Alger)</b>	<b>« Stidia »</b> <b>(Mostaganem)</b>
Mars	16	15	-
04-Avril	14	16	-
19-Avril	17	24	-
Mai	15	23	9
Juin	18	-	-
Juillet	16	12	-
02-Août	25	18	-
15-Août	-	16	-

### III-2-1-3- Variation temporelle de la richesse spécifique

Dans cette partie, on s'est intéressé à la description de la variation mensuelle de la richesse spécifique du phytoplancton au niveau des deux stations. L'analyse est réalisée sur la fenêtre temporelle de six mois. Sur les 103 espèces identifiées durant toute la période d'étude, une relative stabilité du nombre d'espèce par station et par mois est observée, avec une augmentation du nombre d'espèces durant les mois d'Avril et Mai pour la station «le Vivier» ; et en Août au niveau de la station «les Trois Suisses». Cependant, la richesse spécifique est légèrement plus importante au niveau de la station «le Vivier» qu'au niveau de la station «les Trois Suisses». A titre comparatif au niveau de la station « Stidia » durant le mois de mai nous avons une richesse spécifique plus faible par rapport aux deux autres stations d'études (Figure 23).

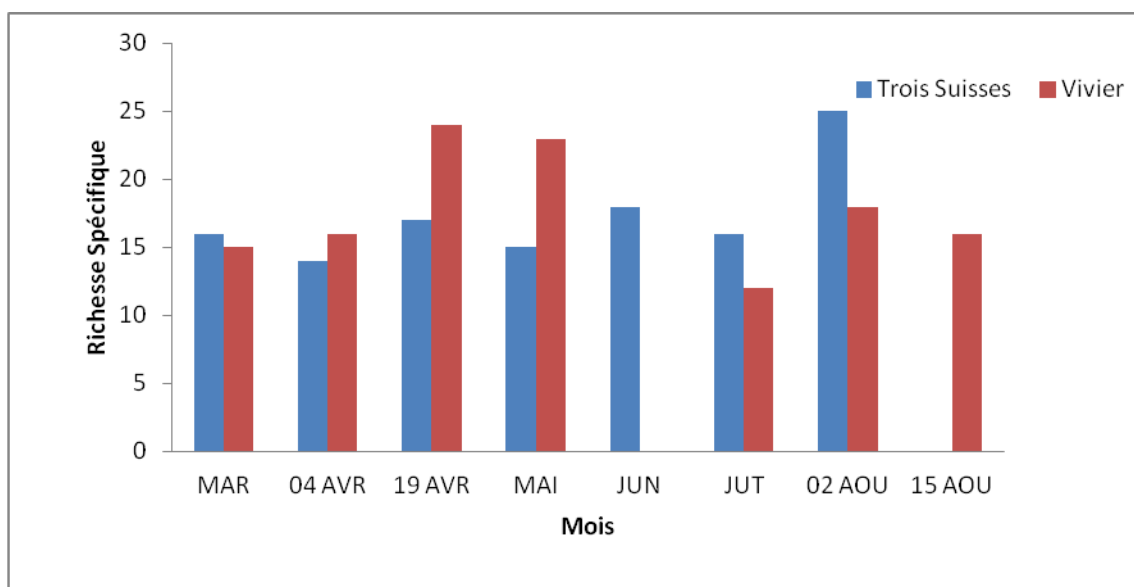


Figure 23. Evolution mensuelle de la Richesse spécifique au niveau des deux sites «le Vivier» et «les Trois Suisses».

#### III-2-1-4- Analyse de la diversité spécifique

La comparaison de la variation du nombre d'espèces qui concerne exclusivement les diatomées et les dinoflagellés, dans notre étude, révèle au niveau de la station «les Trois Suisses», une variation en dents de scie qui s'inverse du mois de mars au mois de mai, ensuite le nombre d'espèces de Diatomées augmente considérablement alors que le nombre d'espèces des dinoflagellés diminue (Figure 24A).

Par contre, au niveau de la station «le Vivier», une plus grande diversité d'espèces chez les diatomées est observée par rapport à celle des dinoflagellés (Figure 24B).

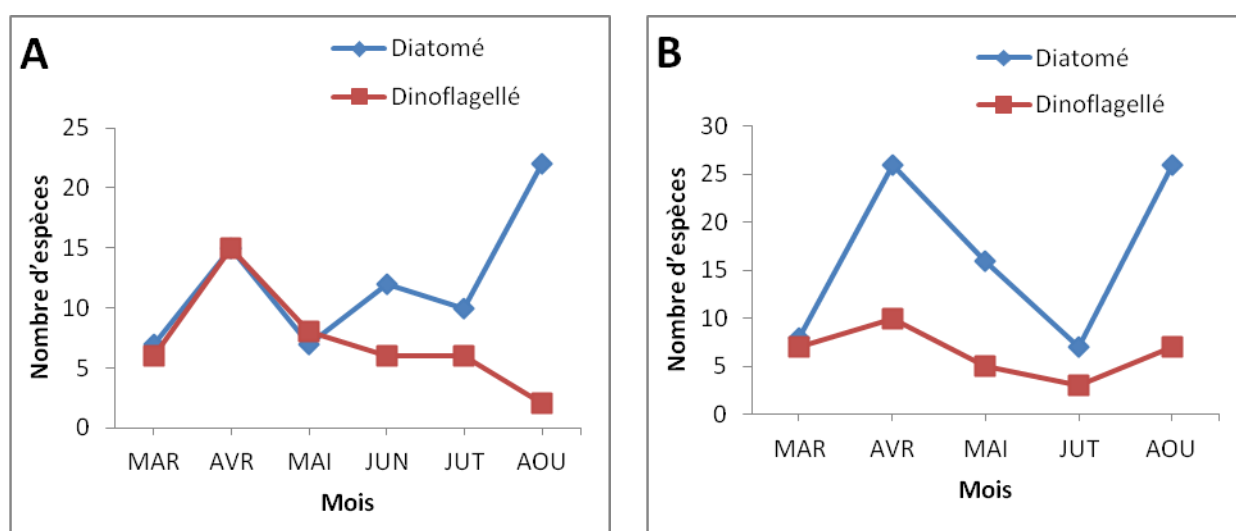


Figure 24. Variation temporelle du nombre d'espèces de diatomées et de dinoflagellés dans les deux sites [«les Trois Suisses» (A) et «le Vivier» (B)].

Par ailleurs, sur la Figure 25 (A, B, C, D) on peut observer pour les diatomées, une dominance du genre *Chaetoceros* durant le mois de mars au niveau des deux stations «les Trois Suisses» et «le Vivier» qui est remplacé durant les mois d'avril et de mai, par une codominance des genres *Coscinodiscus* et *Rizosolenia* à la station «les Trois Suisses» et une codominance des genres *Rizosolenia* et *Navicula* à la station «le Vivier». Cette situation se prolonge jusqu'au mois de juin où on enregistre une dominance du genre *Navicula* au niveau des deux sites d'études

Par contre, pour le mois d'août plusieurs genres apparaissent sans montrer une dominance particulière d'un genre par rapport aux autres.

Pour les dinoflagellés, une dominance relative durant le mois de mars des genres *Ornithocercus* et *Ceracium* au niveau de la station «les Trois Suisses» et le genre *Peridinium* au niveau de la station «le Vivier» est observée. Alors qu'au cours des mois d'avril et de mai, on dénombre beaucoup plus, les genres *Ceratium* et *Podolampas* au niveau de la station «les trois Suisses» et les genres *Ceratium* et *Ostreopsis* au niveau de la station «le Vivier». Cette situation se prolonge jusqu'au mois d'août. Pour les mois de juin et de juillet, on a enregistré la présence de plusieurs genres au niveau de la station «les Trois Suisses», dont les plus importantes sont : *Ceratium* ; *Prorocentrum* et *Phalacroma*.

Durant le mois d'août, une dominance des genres *Amphidinium* et *Ceratium* est observée au niveau de la station «les Trois Suisses» et de *Ceratium* et *katodinium* au niveau de la station «le Vivier» (Voir planches I, II, III et IV).

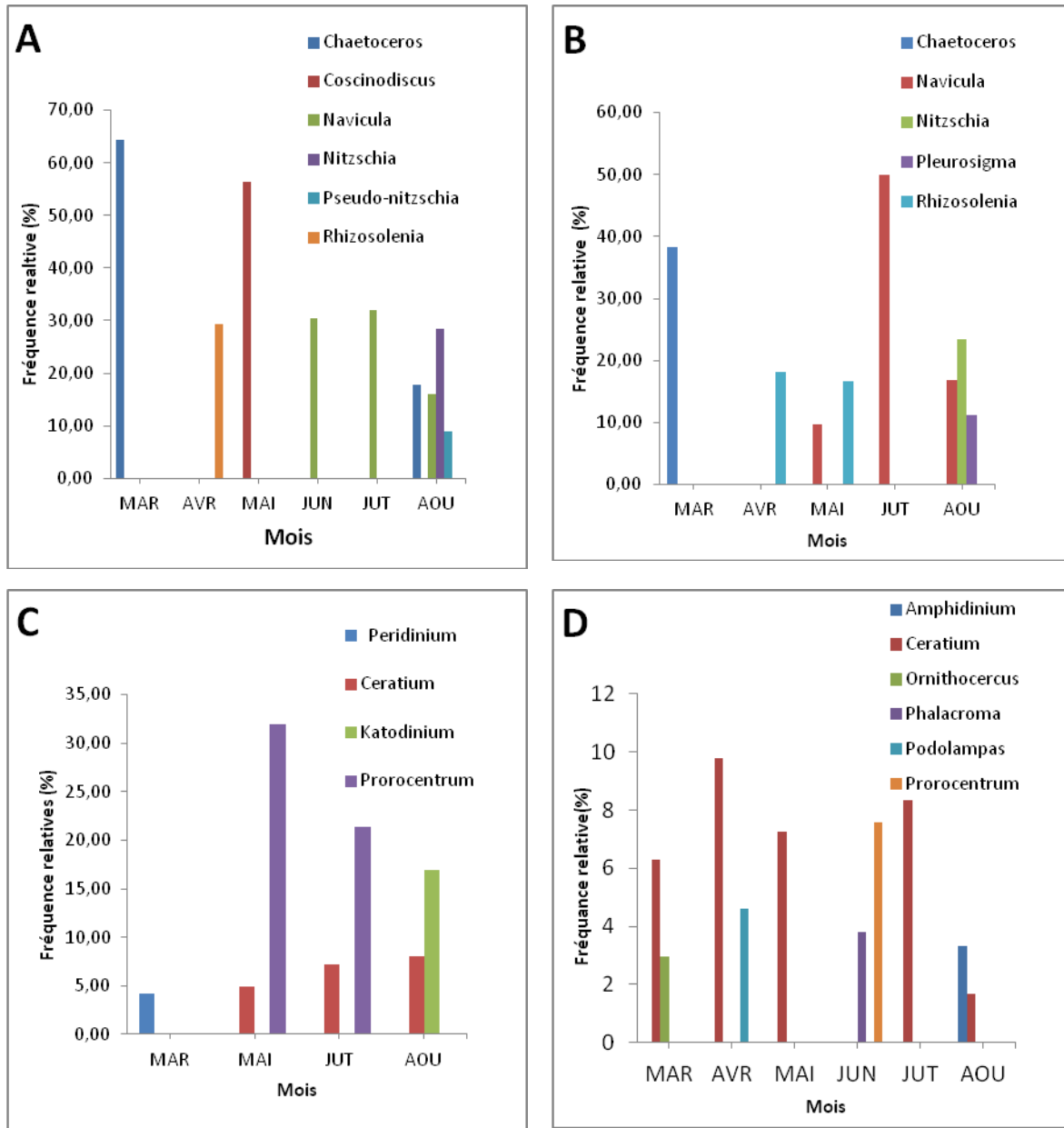
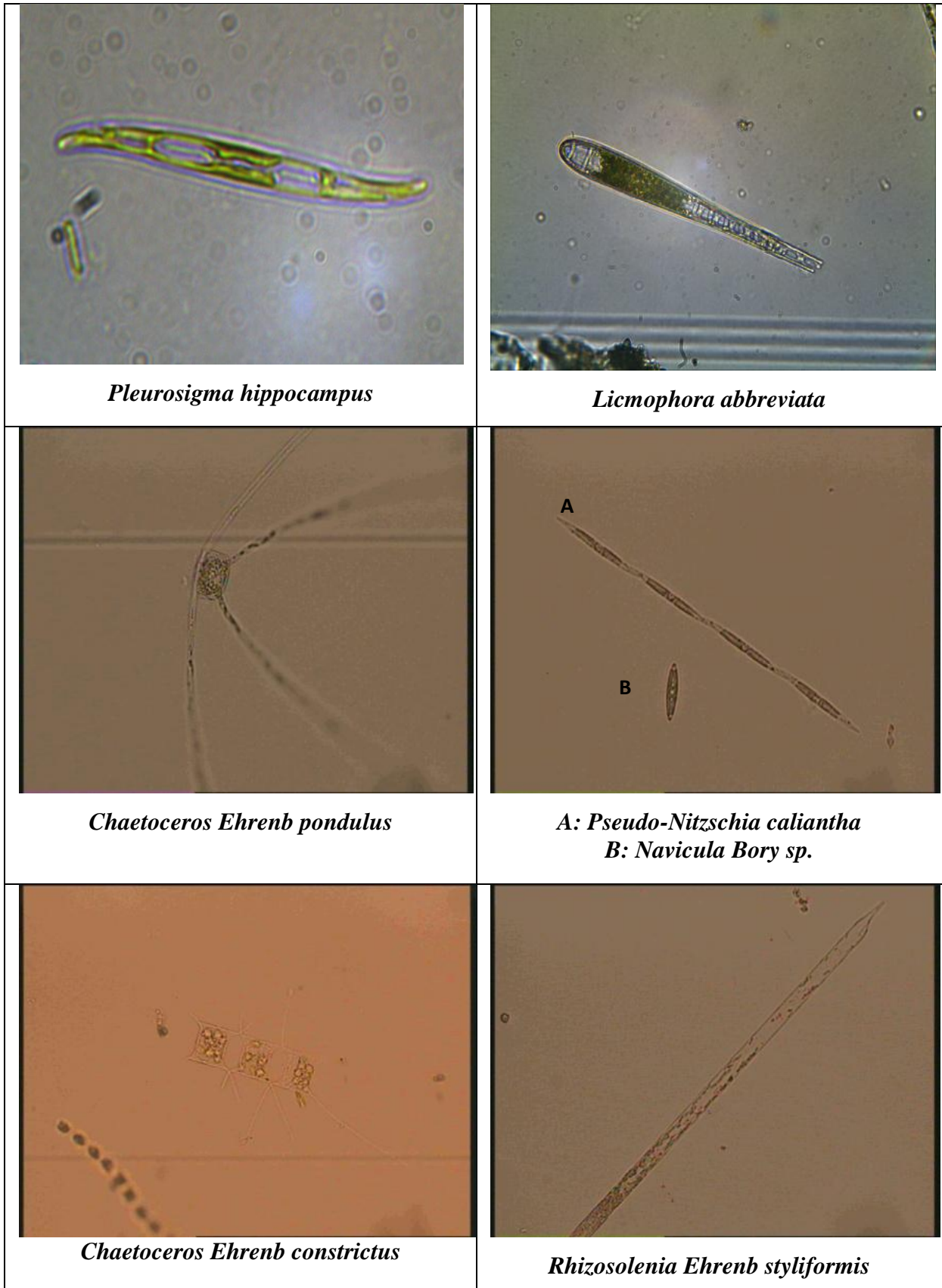
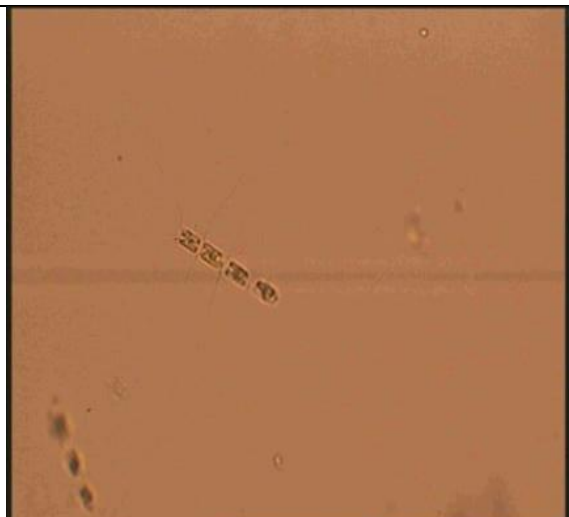


Figure 25. Les genres dominants pour les classes de diatomées et de dinoflagellés au niveau des sites [«les Trois Suisses» (A, D) et «le Vivier» (B, C)].

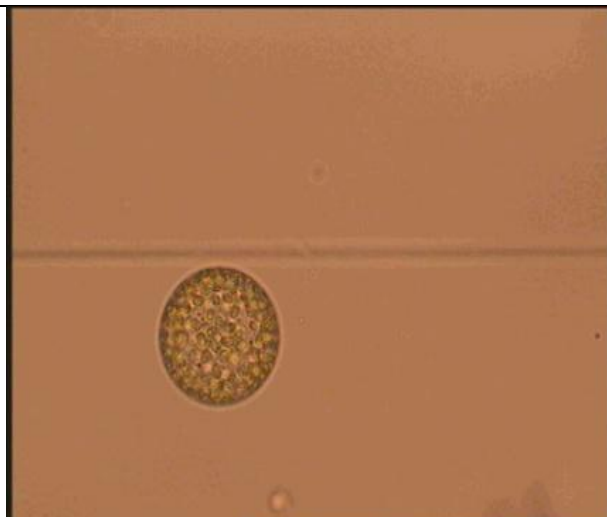
**PLANCHE I : Espèces de diatomées identifiées et observées au microscope optique au grossissement 40X, au niveau des sites d'étude.**



**PLANCHE II** : Espèces de diatomées identifiées et observées au microscope optique au grossissement 40X, au niveau des sites d'étude.



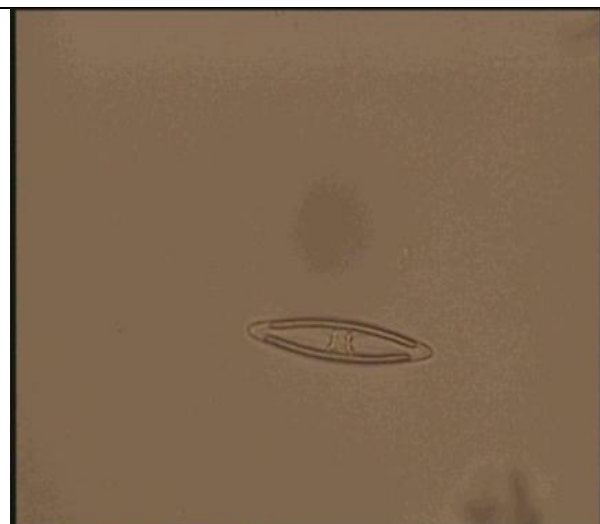
*Chaetoceros Ehrenb affinis Lauder*



*Coscinodiscus Ehrenb nodulifer Schm*



*Navicula Bory sp.*



*Navicula Bory sp.*

**PLANCHE III** : Espèces de dinoflagellés identifiées et observées au microscope optique au grossissement 40X, au niveau des sites d'étude.



*Dinophysis caudata* Kent



*Phalacroma circumsutum* Kars-ten



*Ostreopsis* sp



*Ceratium Schrank declinatum* Karsten

**PLANCHE IV** : Espèces de dinoflagellés identifiées et observées au microscope optique au grossissement 40X, au niveau des sites d'étude.



*Ceratium Schrank candelabrum*



*Ceratium Schrank macroceros (Ehr)*



*Ceratium Schrank fusus (Her)*.



*Ceratium Schrank fuca*

### III-2-1-5- Evolution des diatomées et des dinoflagellés en fonction des saisons

L'évolution des diatomées et des dinoflagellés d'une saison à une autre (Figure 26), montre une relative stabilité au niveau de la station «les Trois Suisses». Cependant, une légère progression des dinoflagellés durant le printemps est observée, mais les diatomées restent dominantes avec des proportions qui oscillent entre 67% et 78 % de la totalité du phytoplancton contre les 22% et 33 % pour les dinoflagellés. Par contre, au niveau de la station «le Vivier», une poussée importante des dinoflagellés durant le printemps est observés, ils deviennent dominants et représentent plus de 50% de la production phytoplanctonique. Par ailleurs, les proportions des diatomées oscillent entre 36 à 82% et chez les dinoflagellés entre 18 à 51%. Le développement continu des diatomées peut être expliqué par l'enrichissement permanent de la zone étudiée au sens de Videau *et al.* (1998).

### III-3- Indices de diversité

#### III-3-1- Indice de Shannon et indice de Simpson

##### III-3-1-1- Site «le Vivier»

Le calcul de l'indice de diversité de Shannon H des six mois de prélèvement, donne pour les mois de mars et juillet une valeur de 2,213 bit/ind, qui peut être considérée comme éloignée des valeurs optimales qui sont de 3.91, et 3,58 bit/ind (Hmax) (Figure 27). Ceci peut être expliqué par la dominance relative d'une espèce qui est *Chaetoceros affinis* avec 54,17% d'abondance relative en mars, et *Navicula sp.* avec 50% d'abondance relative en juillet, par rapport à la population phytoplanctonique totale de toute la période étudiée. Ceci est confirmé par l'indice de Simpson qui prend la valeur de 0.349 et de 0,311, largement supérieure à zéro.

Pour les mois d'avril, mai et août, les valeurs de l'indice de Shannon H' se rapproche des valeurs optimales, qui confirme qu'il n'y a aucune dominance d'une espèce particulière. En effet, ceci est confirmé par les valeurs de l'indice de Simpson qui sont plus faibles et qui tendent vers zéro (Tableau VII).

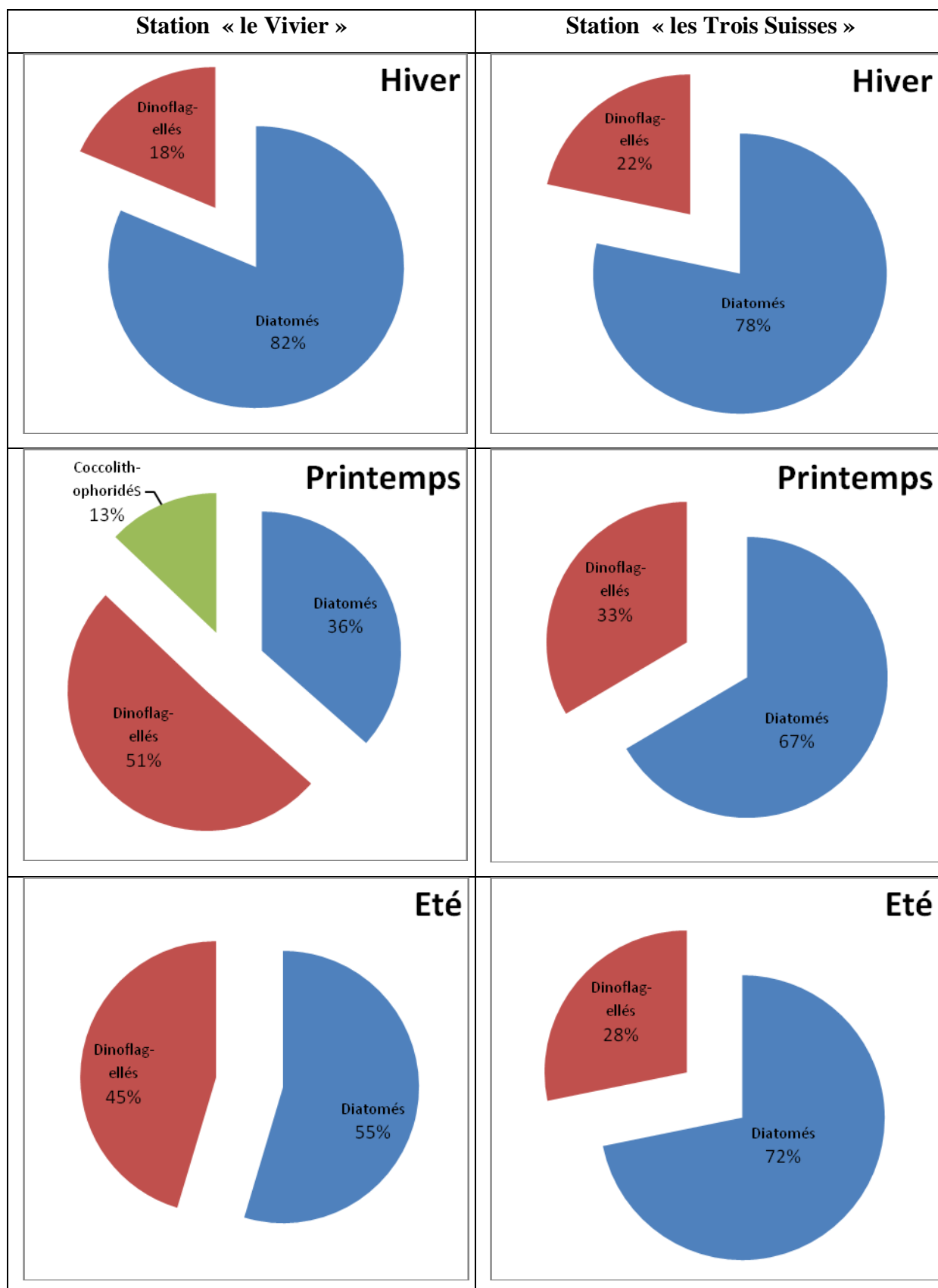


Figure 26. Evolution de l'abondance des diatomées et des dinoflagellés en fonction des saisons au niveau des deux stations étudiées.

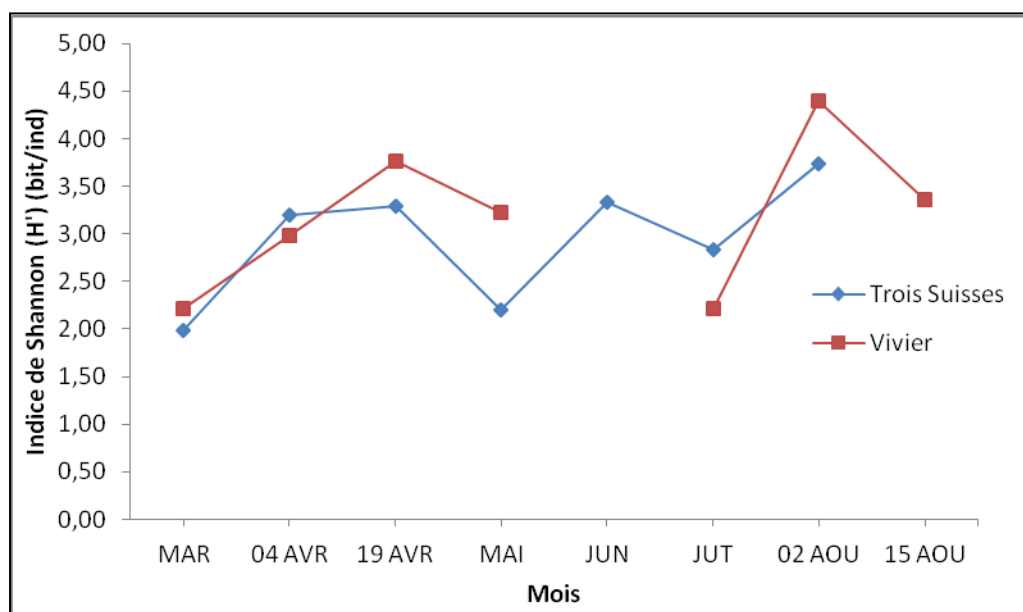


Figure 27. Evolution de l'indice de diversité de Shannon au niveau des deux stations étudiées.

Tableau VII. Variations des indices de Shannon ( $H'$ ), de Simpson ( $L$ ) et espèces dominantes en pourcentage, dans le site « le Vivier ». Les dates de prélèvements sont mentionnées pour cibler l'apparition d'espèces dominantes de phytoplancton

Mois	L	H'	Espèces dominantes en pourcentage
Mars	0,349	2,213	<i>Chaetoceros hyalochaete affinis</i> (54,17%)
7 Avril 2012	0,153	2,98	<i>Rhizosolenia styliformis</i> (26,09%)
20 Avril 2012	0,075	3,768	-
Mai	0,054	3,22	<i>Ostreopsis sp</i> (31,94%)
Juillet	0,311	2,213	<i>Navicula sp</i> (50,00%)
15Août 2012	0,104	4,399	<i>Nitzschia sp</i> (30,99%)
25 Août 2012	0,125	3,353	<i>Navicula membranacea</i> (24,00%)

### III-3-1-2 Site «les Trois Suisses»

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon  $H$ , au niveau du site «les Trois Suisses», pour les mois de mars et mai sont de 1,991 et 2,202 bits/ind, valeurs très éloignées des valeurs optimales qui sont de 4 et 3,91 bits/ind (Figure 28). Ce qui indique qu'il y a une dominance

relative d'une espèce représentée par le *Chaetoceros affinis* avec 64,36% d'abondance relative en mars et par *Coscinodiscus sp.* avec 56,36% d'abondance relative en mai.

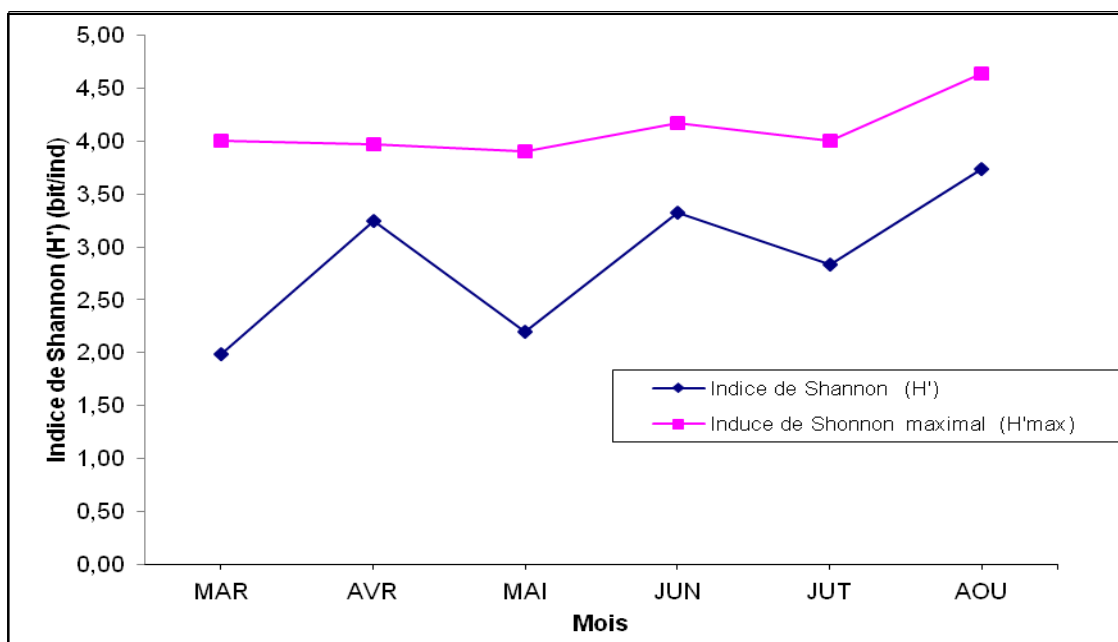


Figure 28. Évolution des valeurs moyennes mensuelles de l'indice de Shannon (H') et de l'indice de Shannon maximal (Hmax) de la Station «les Trois Suisses»

En effet, ceci est confirmé par l'indice de Simpson qui prend la valeur de 0,434 et 0,356 largement supérieure à zéro. Pour les mois d'avril, juin, juillet et août, les valeurs de l'indice de Shannon H se rapprochent des valeurs optimales. Ce qui confirme qu'il n'y a pas de dominance d'une espèce particulière. En effet, ceci est confirmé par les valeurs de l'indice de Simpson qui sont plus faibles et qui tendent vers zéro (Tableau VIII).

Tableau VIII. Variations des indices de Shannon (H'), de Simpson (L) et espèces dominantes en pourcentage, dans le site «les Trois Suisses». Les dates de prélèvements sont mentionnées pour cibler l'apparition d'espèces dominantes de phytoplancton.

Mois	L	H'	Espèces dominantes en pourcentage
Mars	0,434	1,991	<i>Chaetoceros affinis</i> (64,36%)
07 Avril	0,114	3,204	Aucun
20 Avril	0,162	3,292	<i>Rhizosolenia styliformis</i> (29,23%)
Mai	0,356	2,202	<i>Coscinodiscus</i> (56,36%)
Juin	0,144	3,329	<i>Navicula</i> (30,38%)
Juillet	0,156	2,832	<i>Navicula</i> (31,94%)
Août	0,103	3,733	Aucune

Le calcul de l'indice de Shannon, a permis d'obtenir des valeurs qui varient en fonction du temps avec un minimum de 2.21bits, durant le mois de mars et un maximum de 4.39bits pour le mois d'août au niveau de la station «le Vivier» (Figure 29). Quant à la station «les Trois Suisses», des valeurs, minimale de 1.99 bits pour le mois de mars et un maximum de 3.73 bits pour le mois d'août ont été obtenus. Ce qui dénote une diversification spécifique importante pour la majorité des mois de prélèvement. Cette richesse est confirmée par la valeur de l'indice de Simpson « L » qui tend à s'annuler dans la majorité des cas.



Figure 29. Évolution des valeurs moyennes mensuelles de l'indice de Shannon (H') et de l'indice de Shannon maximal (H'max) au niveau de la Station «le Vivier».

### III-3-1-3 Site de Stidia

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon H, au niveau du site Stidia, pour le mois de Mai est de 2,75 bits/ind, valeur très proche de la valeur optimale qui est de 3.17 bits/ind (Tableau IX). Ce qui indique qu'il n'y a pas de dominance relative d'une espèce par rapport au autre.

Tableau IX. Valeurs de l'indice de diversité pour le mois de Mai dans les différents sites étudiés.

<b>Moyennes</b>	<b>« Trois Suisses »</b>	<b>« Vivier »</b>	<b>Stidia</b>
Moyenne de H'	2,20	3,22	2,76
Moyenne de J	0,36	0,52	0,87
Moyenne de Hmax	3,91	4,52	3,17

Le site de Stidia en comparaison avec ceux des sites de Bou-Ismaïl, montre un indice de diversité supérieur à celui du site « les Trois Suisses » mais plus faible que celui du « le Vivier ».

Par ailleurs, les espèces dominantes sont différentes dans les sites d'études au mois de Mai, pour le site « les Trois Suisses », une dominance de *Coscinodiscus* est observée avec un pourcentage assez élevée de (56,36%). Par contre dans le site «le Vivier», c'est *Ostreopsis sp.* qui domine avec 31,4%. Quant au site de Stidia, aucune dominance d'une espèce par rapport à une autre n'est observée (Tableau X).

Tableau X. Valeurs en pourcentage des espèces dominantes durant le mois de Mai 2011 dans les trois stations étudiées

<b>Sites</b>	<b>Espèces (Pourcentage de dominance)</b>
<b>« les Trois Suisses »</b>	<i>Coscinodiscus</i> (56,36%)
<b>« le Vivier »</b>	<i>Ostreopsis sp</i> (31, 94%)
<b>Stidia</b>	<i>Protoperidinium diabolium</i> (25,00)
	<i>Dinophysis caudata L.</i> (20,83)
	<i>Ceratium biceratium fuca</i> (16,67)
	<i>Pseudo-Nitzschia caliantha</i> (12,50)

### III-4- Diagrammes Rang-Fréquence

La comparaison des diagrammes rang-fréquence mensuels obtenus pour les deux stations d'étude permet de les situer par rapport aux trois stades de Frontier (1976) (Voir Tableau III ; Figure 30, et Figure 31). L'évolution de la communauté phytoplanctonique du stade 1 au stade 3 au niveau des deux stations d'étude, apparaît comme un processus mensuel avec l'apparition d'espèces pionnières, à chaque démarrage d'une succession. En effet, le compartiment phytoplanctonique se caractérise par une importante diversité, des taux de croissance variables et des réponses rapides aux changements environnementaux (Cloern, 2001). Certaines espèces sont capables de se diviser plusieurs fois par jour, en particulier, les efflorescences phytoplanctoniques sont des événements de production rapide et d'accumulation de biomasse qui sont des réponses aux changements provenant de l'écosystème (Furnas, 1991).

#### III-4-1- Site «le Vivier»

Le suivi des stades d'évolution de la communauté phytoplanctonique au niveau du site «le Vivier» dans la baie de Bou-Ismaïl (Figure 30), a permis de mettre en évidence des communautés pionnières qui apparaissent à chaque fois. Les diagrammes ont un aspect biphasique typique d'un stade 1, donc d'un début de succession caractérisée par la dominance d'une espèce. Rossi (2008) parle des espèces engendrant, c'est le cas dans ce site. Ces espèces constituant les peuplements aux stades 1, sont dans la majorité des cas des Diatomées sauf pour le mois de mai :

- le mois de mars *Chaetoceros affinis*, *Chaetoceros constrictus* ;
- le mois d'avril *Risosolenia styliformis*, *Chaetoceros constrictus* ;
- le mois de mai *Ostreopsis* sp ;
- le mois de juillet *Navicula* sp.

On a pu identifier une première succession phytoplanctonique constituée essentiellement de diatomées avec plusieurs espèces du genre *Chaetoceros*, qui démarre à la fin du mois de mars au stade 1, engendrée par une espèce *Chaetoceros* sp. qui est dominante, où la valeur de l'indice de Shannon H' est à son minimum. Selon Pierre et Lassus, (1983), c'est une caractéristique des peuplements du stade 1. Ensuite on retrouve cette même population aux stades 2 et 3 durant le mois d'avril, (Figure 30).

En effet, durant la première quinzaine du mois d'avril, on a un stade 2 avec un diagramme rang-fréquence caractérisant les peuplements relativement structurés, qui montrent une dominance au moins de quatre espèces, dont les fréquences sont supérieures à 10% (Chaouti et Bayed, 2005). Par contre, durant la deuxième quinzaine de ce mois, un peuplement caractérisé par une grande pauvreté et une forte diversification est observée.

Une deuxième succession a pu être mise en évidence. Elle démarre durant le mois de juillet au stade 1, engendrée par les espèces phytoplanctoniques du genre *Navicula* et qu'on retrouve aux stades 1 et 2 durant le mois d'août, constituée essentiellement de diatomées avec plusieurs espèces du genre *Navicula*.

Durant le mois de juillet, on retrouve le même schéma que pour la succession du mois de mars, qui correspond à un diagramme rang-fréquence biphasique typique d'un stade 1. Mais, pour la première quinzaine du mois d'août, l'évolution de la structure de la population diffère légèrement, la floraison n'est pas suivie immédiatement d'un stade 2 mais d'une étape intermédiaire plus ou moins proche du stade 2. Le diagramme se rapproche de celui caractérisant les peuplements relativement structurés et montre une dominance de quatre espèces de diatomées (*Navicula cryptocephala*, *Navicula membranacea*, *Pleurosigma hippocampus* et *Nitzschia sp*), dont les fréquences sont supérieures à 10%. Durant la deuxième quinzaine du mois d'août, nous avons un écosystème qui atteint le stade 2 typique avec un H' maximal.

Par ailleurs, nous enregistrons un stade intermédiaire entre 1 et 2 au mois de mai engendré par un dinoflagellé (*Ostreopsis sp*), que nous n'avons pas pu suivre, en raison du prélèvement du mois de juin qui n'a pas pu être réalisé.

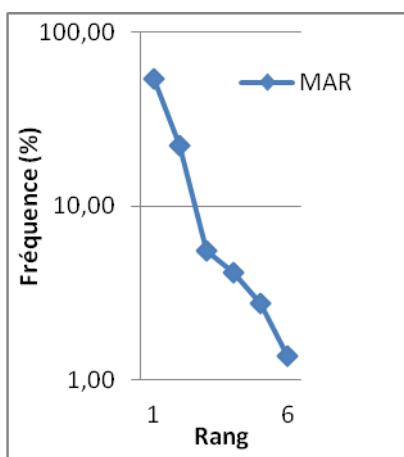
#### III-4-2- Site «les Trois Suisses»

Pour le site «les Trois Suisses», les différents diagrammes obtenus par mois (Figure 31) permettent de détecter au cours du printemps une succession plus ou moins nette au sein de la communauté phytoplanctonique. Aussi, nous obtenons trois profils au stade 1 (début de succession). Mais au niveau de cette station, les espèces engendrant le stade 1 sont toujours des Diatomées :

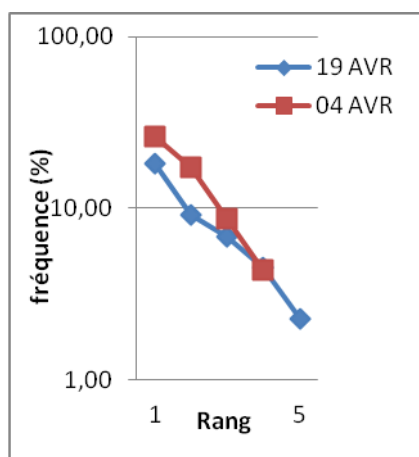
- En Mars, on retrouve une espèce pionnière *Chaetoceros affinis* ;
- En Mai, on retrouve une espèce pionnière *Coscinodiscus sp.* ;
- En Juillet, on retrouve une espèce pionnière *Navicula membranacea*.

Comme pour la station « le Vivier», on distingue; une première succession phytoplanctonique qui démarre à la fin du mois de mars au stade 1, engendrée par les individus de l'espèce *Chaetoceros affinis* et qu'on retrouve au stade 2 et 3 durant le mois d'avril, (Figure 30).

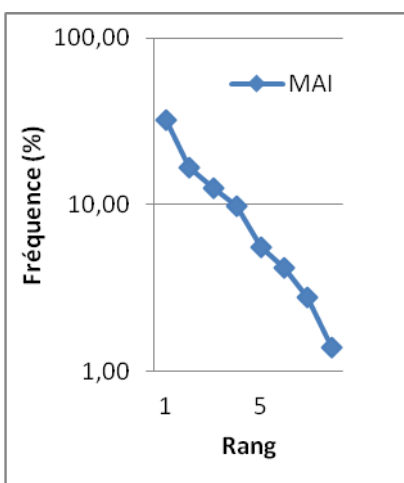
En effet, durant la première quinzaine du mois d'avril, on a une courbe qui est entièrement convexe, qui représente une diversité maximale caractérisant les peuplements relativement structurés et qui montre une dominance de quatre espèces dont les fréquences sont supérieures à 10%, au sens de Chaouti et Bayed (2005), et qui est constituée par *Chaetoceros constrictus*, *Chaetoceros wighami*, *Coscinodiscus nodulifer* et de *Rhizosolenia styliformis*. Par contre, pour l'échantillon du 20 avril 2011, la courbe devient relativement droite due à la diminution des espèces les plus abondantes, donc, on a un peuplement caractérisé par une grande pauvreté en abondance et une forte diversité en espèces.



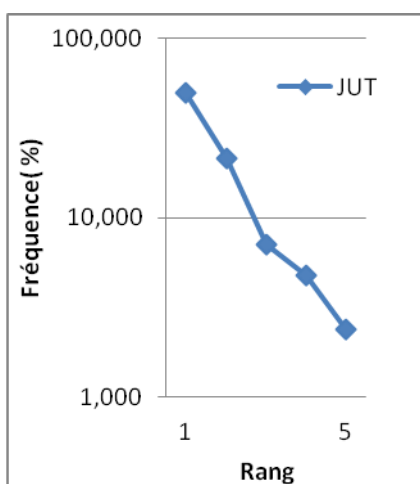
**Stade 1**



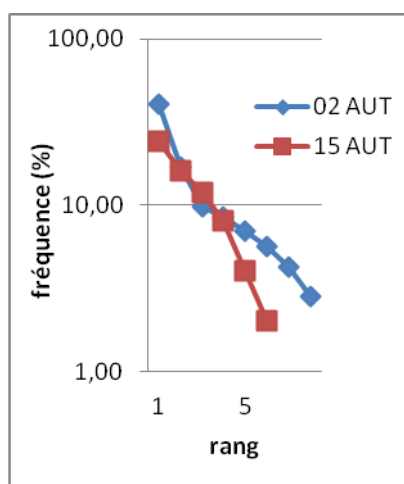
**Stade 2** (au 04 avril) ; **Stade 3** (au 19 avril).



**Stade 1'**



**Stade 1**



**Le stade 1-2** (au 02 août) ; **Stade 2** (au 14 août)

Figure 30. Diagrammes Rang-Fréquence (DRF) permettant le suivi des stades de la succession phytoplanctonique dans la station «le Vivier».

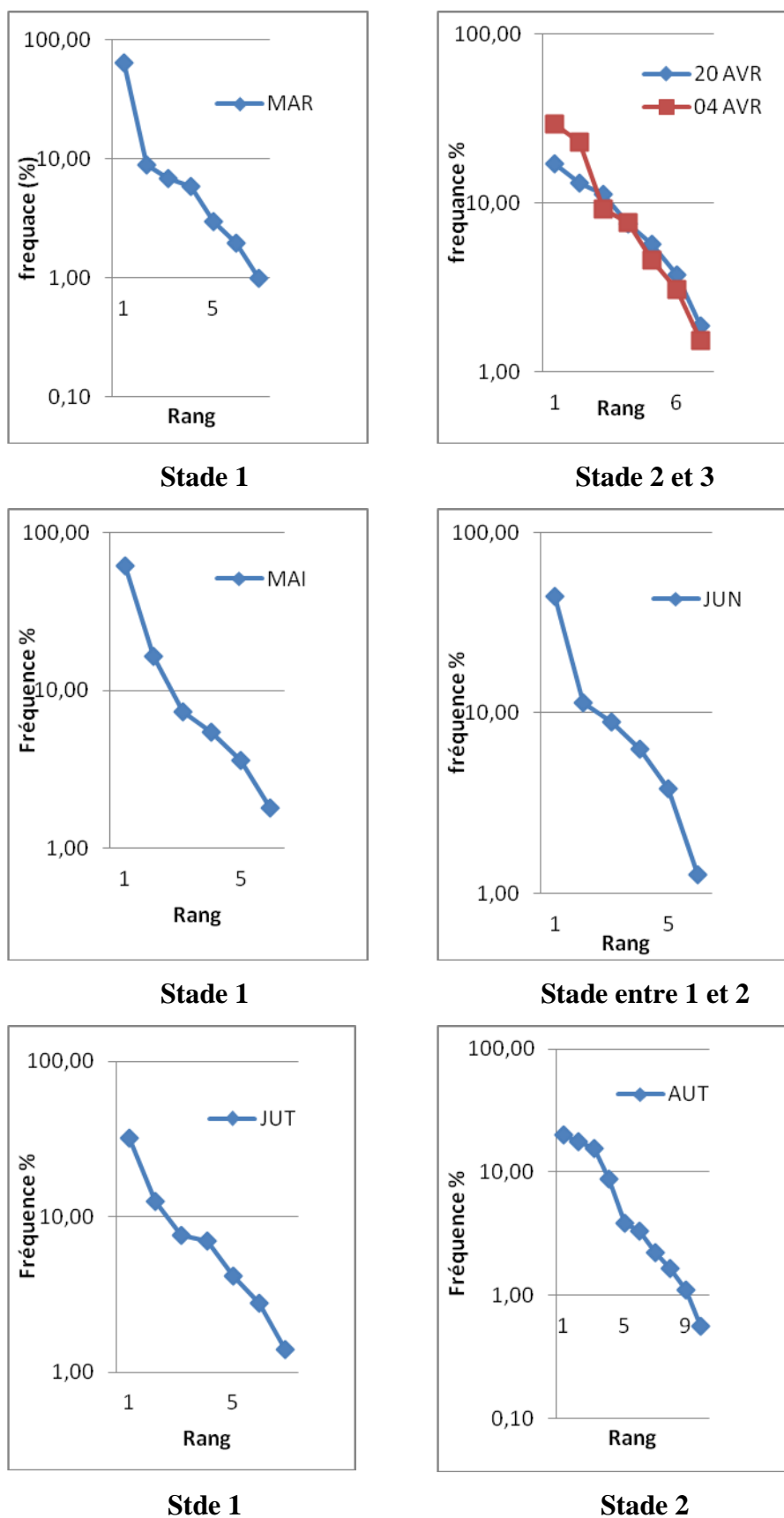


Figure 31. Diagrammes Rang-Fréquence (DRF) permettant le suivi des stades de la succession phytoplanktonique dans la station «les Trois Suisses».

### III-5- Abondance

Dans l'ensemble, durant toute la période d'étude, une bonne production phytoplanctonique a été observée avec des pics enregistrés en été au niveau des deux sites : « le Vivier » et « les Trois Suisses ». L'abondance phytoplanctonique pour la station « les Trois Suisses », fluctuent entre un minimum de  $1.10^5$  cellules/l en mai et un maximum de  $3.5.10^5$  cellules/l en août (Figure 32), Quant à la station « le Vivier », le minimum d'abondance est observé en juillet à  $46.10^3$  cellules/l et un maximum d'environ  $4.10^5$  cellules/l en août (Tableau XI). Par ailleurs, l'abondance moyenne au niveau des deux sites est équivalente et elle est de  $2.10^5$  cellules/l. Cependant, la production de phytoplancton est plus importante au niveau de la station « les Trois Suisses » par rapport à celle de la station « le Vivier ».

La comparaison de nos résultats avec ceux obtenus par d'autres auteurs dans d'autres sites de la côte algérienne a montré, que notre site présent des productions plus ou moins proches de ceux obtenus à Cap Caxine, à Tamentfoust et à Sidi Fredj.

Tableau XI. Valeurs de l'abondance du phytoplancton dans différentes régions de la cote algérienne.

Auteurs	Sites	Abondance (Ind/l)
Illoul, 1991	Cap Caxine	3000 à 478 000
Mokrane et Harkati 2006	Tamentfoust	50 000 à 550 000
Mokrane et Harkati 2006	Sidi Fredj	200 000 à 400 000
Nos résultats	«les Trois suisses »	100 000 à 350 000
Nos résultats	«le Vivier »	46 000 à 400 000

Les travaux réalisés dans la baie d'Alger par différents auteurs tels que : [(Kruger, 1950 ; Lecal, 1952a ; 1954 ; Bernard et Bertoldo, 1958 ; Bucalossi, 1960; Tellaï, 1964 ; Pincemin, 1966 et Lalami-Taleb, 1971) in Illoul (1991)] ont montré que malgré l'importante disponibilité des réserves nutritives, les eaux méditerranéennes en général et algériennes en particulier, demeurent des eaux relativement pauvres en phytoplancton.

Par ailleurs, si on compare l'abondance phytoplanctonique durant le mois de Mai entre les sites de la baie de Bou-Ismaïl et celle obtenue dans le site Stidia, on remarque que la densité

cellulaire au niveau du site Stidia est plus faible donc durant cette période la production est plus importante au niveau de la baie de Bou-Ismaïl (Figure 32).

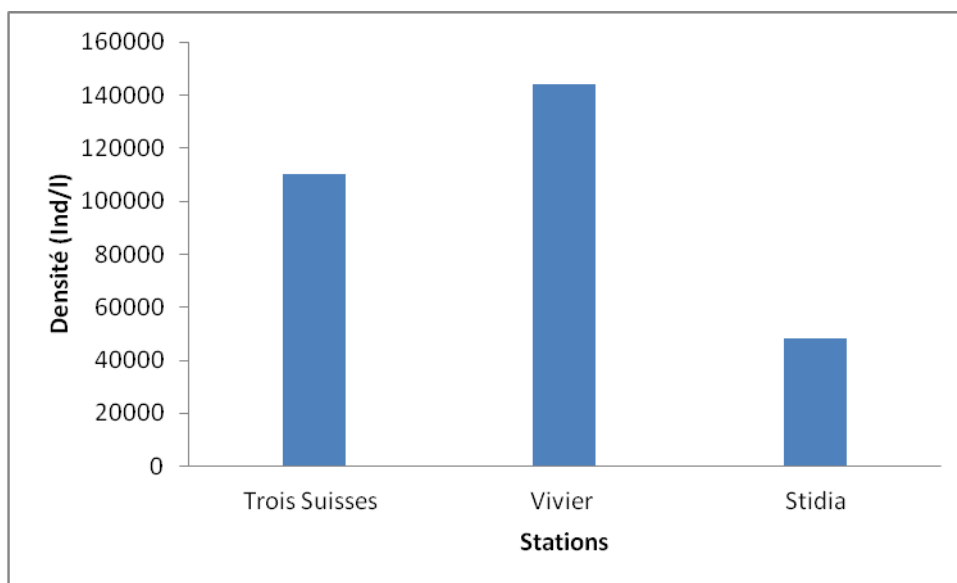


Figure 32. Densité cellulaire du phytoplancton au niveau des trois stations étudiées.

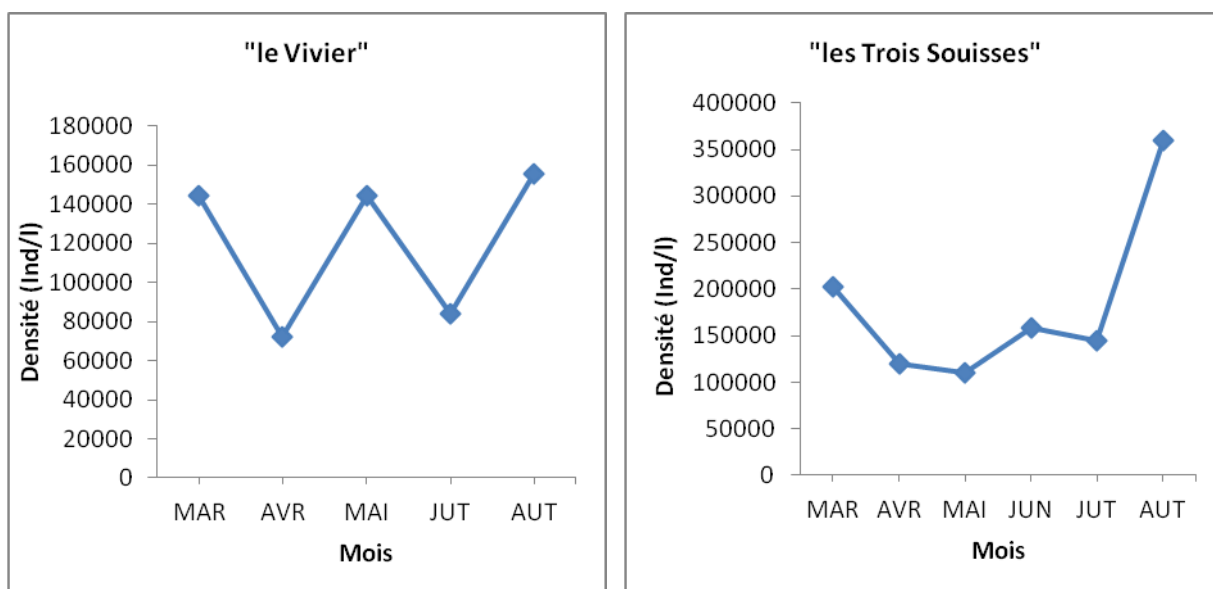


Figure 33. Fluctuation des densités cellulaires du phytoplancton en fonction du temps au niveau des deux sites étudiés.

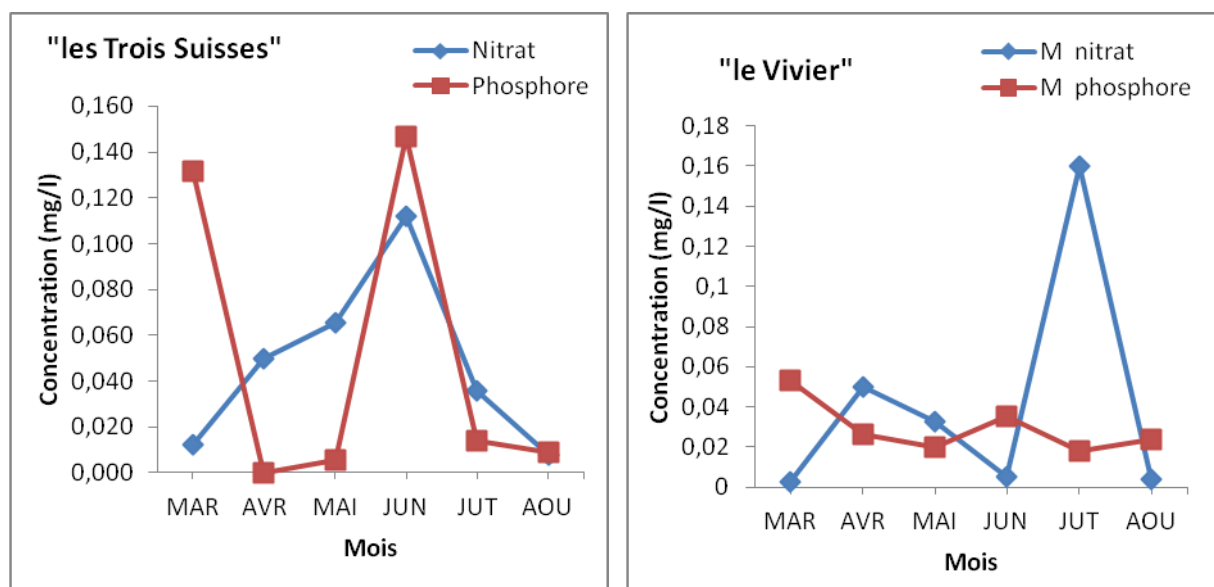


Figure 34. Variation temporelle des concentrations des Nitrates et des Phosphores au niveau des deux sites étudiés.

Il est à noter que la croissance du phytoplancton peut être limitée par des facteurs physiques tels que : la lumière et la température (Bougis, 1974). Dans le cadre de notre étude, on remarque que les périodes de forte densité cellulaire (Figure 33) coïncident avec les plus faibles concentrations en nitrates dans le milieu au niveau des deux sites (Figure 34) («le Vivier» et «les Trois Suisses»), alors que les concentrations de phosphore restent plus ou moins appréciables. La consommation des stocks hivernaux de nitrates correspond au maximum de biomasse phytoplanctonique. Aussi d'après Tyrrell (1999), les nitrates constitueraient des nutriments limitant de proximité (Proximate Limiting Nutrient "PLN"), déterminant la croissance immédiate du phytoplancton, tandis que les phosphates seraient des nutriments limitant ultimes (Ultimate Limiting Nutrient "ULN"), dont le taux d'apport forcerait la productivité totale du système à long terme.

L'analyse de l'évolution des effectifs de diatomées et de dinoflagellés en fonction de la température, met en évidence deux blooms phytoplanctoniques au niveau de la station «le Vivier» (Figure 35). Le premier au printemps et le deuxième en été, avec des populations dominées par les diatomées plus précisément les espèces :

- *Chaetoceros affinis*, *Chaetoceros constrictus* et *Rhizosolenia styliformis* durant le printemps. En effet, selon Guiselin *et al.* (2009), ces espèces prolifèrent préférentiellement en début de printemps à des températures de 15°C ;

- *Navicula sp.* et *Nitzchia sp.* durant le mois d'août avec un effectif qui passe de  $5 \cdot 10^4$  ind/l...à  $17 \cdot 10^4$  ind/l...au niveau du site «les Trois Suisses» lorsque la température dépasse  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  (Figure 36).

Une autre petite poussée de dinoflagellés (notamment pour *Ostreopsis sp.*) est enregistrée durant le mois de mai au niveau des deux stations. En effet, Wafar *et al.*, 1983 ; Vegter et De-Visscher (1987) indiquent que les milieux côtiers tempérés peu profonds et mélangés sont caractérisés par un bloom phytoplanctonique printanier qui a principalement lieu de mars à juillet et qui correspond au développement des diatomées, les dinoflagellés se développant préférentiellement en été.

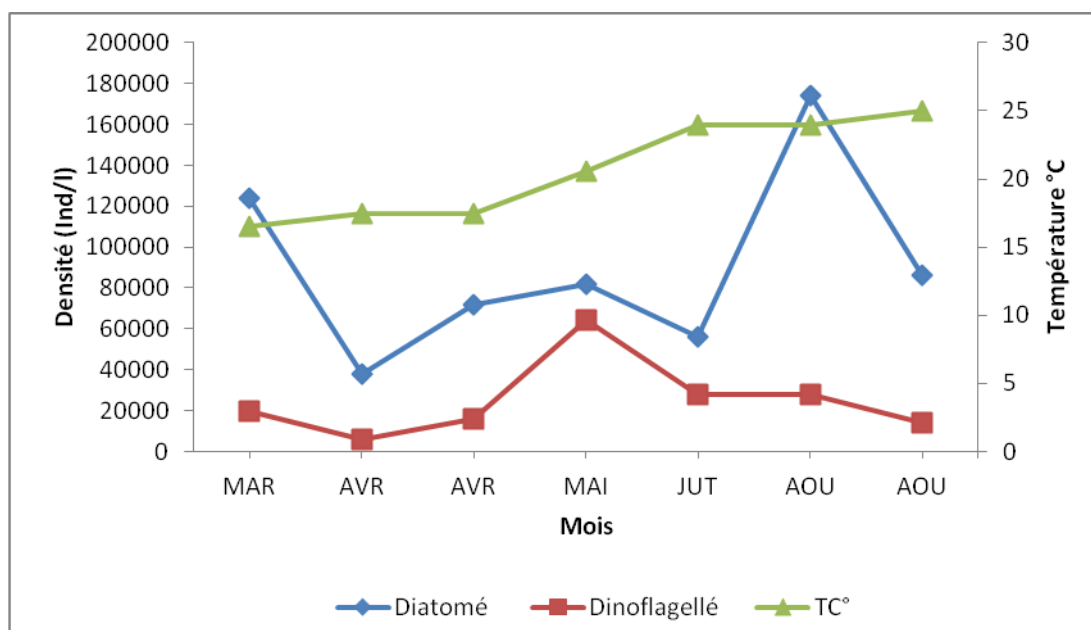


Figure 35. Evolution mensuelle des densités des diatomées et des dinoflagellés et de la température au niveau du site « le Vivier ».

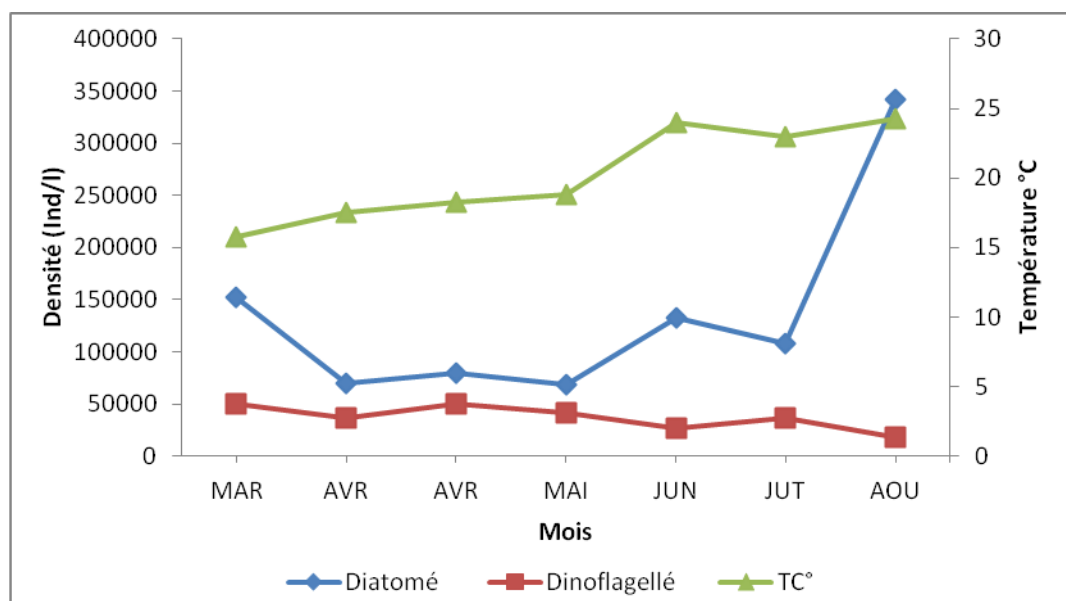


Figure 36. Evolution mensuelle des densités des diatomées et des dinoflagellés et de la température au niveau du site les « les Trois Suisses ».

Les abondances de diatomées ont été souvent maximales au cours du mois d'août au niveau des deux stations, mais sont demeurées d'intensité plus importante pour la station « les Trois Suisses » (Figure 37).

Par ailleurs, les diatomées et les dinoflagellés ont été présents durant toute la période d'étude et leur période productive s'étend pour notre étude de mars à août 2011. Selon Chrétiennot-Dinet (1998), la présence de diatomées est un indice d'une communauté phytoplanctonique en bon état alors que les dinoflagellés se développent préférentiellement dans les milieux eutrophes. (Figure 37, Figure 38).

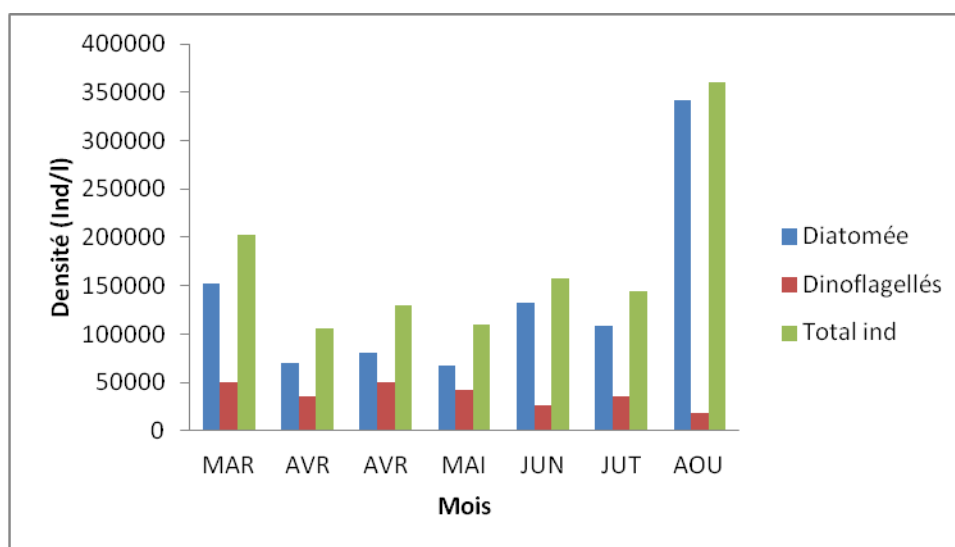


Figure 37. Densité des deux classes (diatomées, dinoflagellés) par rapport au total au niveau du Site «les Trois Suisses».

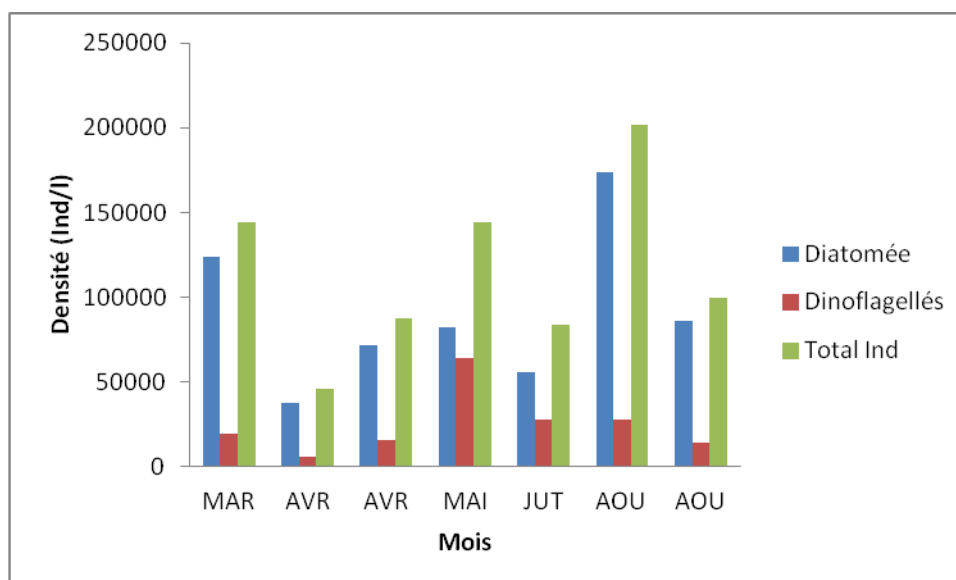


Figure 38. Densité des diatomées et des dinoflagellés par rapport au total au niveau du site «le Vivier».

En conclusion, on a observé la floraison printanière des diatomées suivie d'un développement des dinoflagellés en mai, ensuite une deuxième floraison de diatomée est observée en juillet et en août. Cette situation peut être inédite puisque pour Estrada *et al.* (1988), Berdalet *et al.* (2007), les diatomées se développent préférentiellement dans des eaux à basse température contrairement aux dinoflagellés. En effet, les espèces retrouvées durant cette période sont les espèces du genre *Navicula* connues pour être benthiques. Par contre, Samson-Kechacha *et al.* (1992) ont signalés des quantités importantes de diatomées au niveau des stations du port d'Alger et de Ain-Chorbe constituées par des espèces du genre *Licmophora* et /ou *Navicula*.

### III- 6- Analyse en composantes principales

Une Analyse en composantes principales (A.C.P), des données récoltées au niveau des deux stations, a été effectuée, afin de déterminer l'organisation générale des échantillons les uns par rapport aux autres. Les prélèvements se sont regroupés selon une logique saisonnière, les mois (mars, avril et mai) étant bien individualisés du côté positif, alors que les mois (juin, juillet et août) sont retrouvés du côté négatif. La communauté phytoplanctonique a, donc, été similaire durant la saison du printemps alors que sa composition a changé en été (Figure 39).

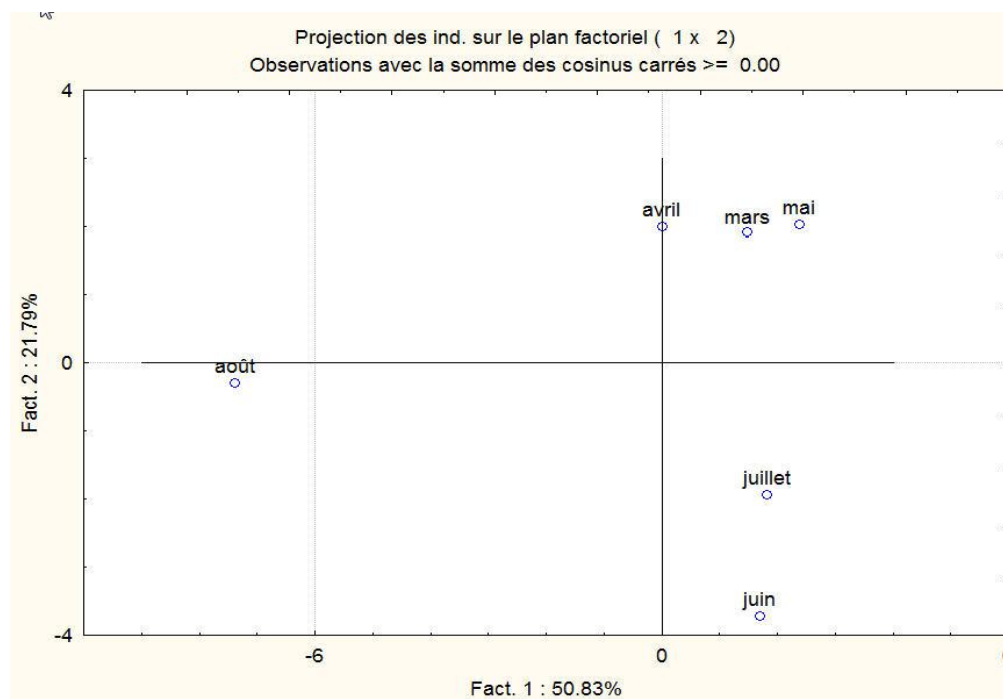


Figure 39. Analyse en composantes principales regroupant toutes les données récoltées du phytoplancton au niveau des deux sites de la baie de Bou-Ismaïl (« le Vivier » et les « Trois Suisses »).

### III-7- Les assemblages phytoplanctoniques

De nombreuses études se sont intéressées aux successions des assemblages phytoplanctoniques et ont mis en évidence des schémas type qui peuvent se répéter d'une façon récurrente d'une année à une autre. Dans notre étude, on a essayé de mettre en évidence les assemblages qui sont apparus durant la période d'échantillonnage au niveau des deux stations «le Vivier» et «les Trois Suisses».

#### III-7-1- Site «le Vivier»

La population de phytoplancton est constituée essentiellement de Diatomées et quelques dinoflagellés. Plusieurs assemblages se succèdent comme s'est décrit ci-dessous.

##### ➤ *Assemblage de la fin de l'hiver*

Les espèces du genre *Chaetoceros* apparaissent à des concentrations maximales, les autres genres *Licomophora*, *Ceratium*, *Peridinium* et *Prorocentrum* apparaissent avec des concentrations plus faibles.

➤ ***Assemblage du printemps***

A cette période, la présence des diatomées centriques du genre *Rhizosolenia*, *Chaetoceros*, *Coscinodiscus*, *Rabdonema*, et également quelques pennées *Pleurosigma*, *Licmophora*, *Nitzschia*, *Navicula*, *Pseudo-nitzschia*, *Thalassiosira*, et des dinoflagellés du genre *Noctiluca*, *Ceratium*, *Peridinium*, *Dinophysis gyrodinium*, *Prorocentrum*, est observée.

➤ ***Assemblage de l'été***

A cette période, on retrouve des diatomées de petite taille du genre *Thalassiosira*, les diatomées pennées à des concentrations maximales, *Naviula*, *Licmophora*, *Nitzschia*, *Pleurosigma*, *Guinardia*, *Chaetoceros*, *Rabdonema*, *Bacillaria*, et quelques dinoflagellés du genre *Prorocentrum* et *Ceratium*

### III-7-2- Site «les Trois Suisses»

Au niveau de cette station, les populations de phytoplancton sont constituées de diatomées et de dinoflagellés

➤ ***Assemblage de la fin de l'hiver***

On retrouve les espèces des genres *Coscinodiscus* et *Chaetoceros*, ces deux genres atteignent des concentrations maximales au début du mois de mars. Les autres genres *Rabdonema*, *Striatella*, *Biddulphia*, *Ceratium*, *Peridinium*, *Ornithocercus*, *Phalacroma* restent à des concentrations plus faibles.

➤ ***Assemblage du printemps***

Au printemps, on retrouve les espèces du genre *Coscinodiscus*, à des concentration maximales, ainsi que d'autres espèces secondaires telles que les genres : *Chaetoceros*, *Rhizosolenia*, *Navicula*, *Rabdonema*, *Biddulphia*, *Licmophora*, *Rhizosolenia*, *Thalassiosira*, *Ceratium*, *phalacroma*, *Dinophysis*, *Peridinium*, *Prorocentrum*, *Protoperidinium*, bien que proportionnellement peu représentées, elles contribuent à l'augmentation de l'indice de diversité.

➤ ***Assemblage de l'été***

On observe un changement dans la composition spécifique du phytoplancton. La population passe sous la dominance des diatomées pennées benthiques du genre *Navicula* et de *Pleurosigma*. Durant la même période, vont se développer et se succéder des genres tels que :

*Thalassionema, Guinardia, Bacillaria, Rabdonema, Chaetoceros, Licmophora, Nitzschia, Rhizosolenia, Coscinodiscus, Pseudo-nitzschia, Pleurosigma, Ceratium, Phalacroma, Prorocentrum.*

### **III-7-3- Discussion**

Si on fait une comparaison de nos résultats avec la répartition des principales espèces phytoplanctoniques des côtes Algériennes selon les régions tableau XII on peut remarquer qu'on retrouve les différents grands groupes de diatomées tel que : les *Thalassiosira*, les *Rhisosolenia*, les *Nitzshia*, *Chaetoceros* et les *Coscinodiscus* et des dinoflagellé tel que les *Ceratium*, les *Gymnodinium* , les *Protoperidinium* et les *Dinophysis* qui reste présentent dans des proportions importantes selon les candissions et les périodes (saisons).

**Tableau XII:** Répartition selon les régions des principales espèces phytoplanctoniques des côtes Algériennes (d'après Grimes *et al.*, 2003).

Principales espèces	Région Ouest	Région Centre	Région Est
<b>Diatomées</b>			
<i>Thalassiosira partheneia</i>	TA	NS	NS
<i>Rhizosolenia alata</i>	TA	A	PA
<i>R. fragilissima</i>	TA	A	R
<i>R. stoltherfotii</i>	A	A	PA
<i>Nitzshia seriata</i>	A	TA	R
<i>N. delicatissima</i>	R	TA	PA
<i>Pseudo-Nitzshia multiseriata</i>	NS	NS	R
<i>N. bicapitata</i>	TA	NS	TA
<i>Hemilaulus sinensis</i>	A	PA	NS
<i>H. hauckii</i>	A	PA	R
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	R	A	A
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	R	R	TA
<i>Leptocylindrus danicus</i>	TA	TA	A
<i>Skeletonema costatum</i>	PA	PA	TA
<i>Guinardia falccida</i>	PA	PA	A TA
<b>Dinoflagellé</b>			
<i>Ceratium fusus</i>	PA	PA	R
<i>C. furca</i>	PA	PA	R
<i>C. macroceros</i>	PA	PA	R
<i>C. belone</i>	R	PA	R
<i>Gymnodinium punctatum</i>	NS	PA	NS
<i>Protoperidinium depressum</i>	R	R	A
<i>Dinophysis caudata</i>	R	R	A
<b>Coccolithophoridés</b>			
<i>Hemiliana huxeleui</i>	TA	TA	R
<i>Coccolithus fragilis</i>	TA	TA	R
<i>Syracosphaera pulchar</i>	TA	TA	R
<i>S. mediterranea</i>	TA	TA	R
<i>Algirosphaera oryza</i>	NS	TA	R
<b>Silicophlagellés</b>			
<i>Dictyocha fibula</i>	PA	PA	R

TA : Très Abondante, A: Abondante, PA: Peu Abondante, R: Rare, Non signalée

## IV-Discussion générale

Cette étude repose sur une analyse descriptive de la composante phytoplanctonique de quelques sites de la côte algérienne. Cette analyse tient compte de la température, de la salinité, des nitrates, des nitrites, de l'ammonium, du phosphore, susceptibles d'exercer un forçage sur la variabilité temporelle du phytoplancton.

Les concentrations en sels nutritifs présentent des fluctuations, durant la période d'étude surtout au niveau de la station « le Vivier », où de fortes valeurs des nitrites et du phosphore sont mesurées. Ce qui témoigne d'un enrichissement probable par les apports de l'Oued Mazafran au sens Messaoudi et Chblaoui (2007) dans cette région.

Dans l'ensemble les variables étudiées (la salinité, la température, l'ammonium, les nitrites, les nitrates et le phosphore), présentent peu de différences entre les stations. Les teneurs en éléments nutritifs analysés sont peu élevées toute l'année, et restent toujours inférieures à 0.2mg/l, suggérant une consommation importante des nutriments par les espèces autotrophes.

Par ailleurs, la densité phytoplanctonique au niveau des deux sites étudiés « le Vivier » et « les Trois Suisses », était bonne en comparaison avec les résultats de la bibliographie, et cela durant les trois saisons d'étude (hiver, printemps et été). Cependant, la production phytoplanctonique au niveau du site les « Trois Suisses » est plus importante que celle du site « le Vivier ». Ce qui conforte les résultats du suivi de l'évolution temporelle des sels nutritifs dans les deux sites.

Le *bloom* phytoplanctonique printanier épuise le milieu en sels nutritifs et entraîne une chute de la biomasse phytoplanctonique.

Dans l'ensemble, les sites étudiés présentent une richesse appréciable et témoignent de la présence d'une bonne production phytoplanctonique dans la baie de Bou-Ismaïl. Mais leur gamme de concentration globale reste dans les niveaux de l'oligotrophie, qui sont ceux de la mer Méditerranée (Ignatiadis, 2005).

En général, la densité cellulaire des diatomées reste largement supérieure à celle des dinoflagellés dans les deux sites « le Vivier » et « les Trois Suisses ». En effet, Smayda et Reynolds (2001) signalent une prédominance des diatomées et dinoflagellés en Méditerranée. Cependant, il est à signaler que la prédominance des dinoflagellés par rapport aux diatomées en Méditerranée a été retrouvée par d'autres auteurs tels que : Kimor (1983); Margalef, (1985); Halim (1990) et Gotsis-Skretas *et al.*, (1999).

En termes de nombre d'espèces, les Diatomées sont les plus représentées avec 69% d'espèces suivies des dinoflagellés qui représentent 31%.

Durant le mois de mai au niveau de la station "Stidia" (Mostaganem), les mêmes espèces ont été identifiées avec des proportions différentes par classe, les dinoflagellés sont majoritairement représentés avec plus de 89% et 11% de diatomées alors que pour la station «le Vivier», les diatomées sont plus importantes avec 76% et 26% de dinoflagellés et pour le site «les Trois Suisses» un équilibre est observé entre les deux classes avec un pourcentage respectif de 50%.

La composition et la diversité en espèces dans les zones étudiées (jusqu'à 103 espèces) est comparable à celles obtenues par d'autres études publiées sur les zones côtières algériennes par Samson-kechacha *et al.* (1992), Illoul (1991) et Mokrane et Harkati (2006).

Sur les 103 espèces identifiées durant toute la période d'étude, une relative stabilité du nombre d'espèce par station et par mois est observée, avec une augmentation du nombre d'espèces durant les mois d'Avril et Mai pour la station «le Vivier»; et en Août au niveau de la station les "Trois Suisses". Cependant, la richesse spécifique est légèrement plus importante au niveau de la station «le Vivier» qu'au niveau de la station «les Trois Suisses».

A titre comparatif au niveau de la station de Stidia durant le mois de mai 2011, nous avons obtenue une richesse spécifique plus faible par rapport aux deux autres stations d'études («le Vivier» et «les Trois Suisses»).

Au niveau du site «les Trois Suisses», l'indice de diversité de Shannon (H) pour les mois de mars et juillet est de 2,213 bit/ind, qui indique la dominance relative de l'espèce *Chaetoceros affinis* qui présente 54,17% d'abondance relative en mars, et *Navicula sp.* avec 50% d'abondance relative en juillet.

Pour les mois d'avril, mai et août, les valeurs de l'indice de Shannon (H') se rapproche des valeurs optimales, qui confirme qu'il n'y a aucune dominance d'une espèce particulière.

Au niveau du site «les Trois Suisses», les indices de diversité de Shannon (H), pour les mois de mars et mai sont de 1,991 et 2,202 bits/ind, indiquant qu'il y a une dominance relative d'une espèce. Pour les mois d'avril, juin, juillet et août, les valeurs de l'indice de Shannon (H) se rapprochent des valeurs optimales. Ce qui confirme qu'il n'y a pas de dominance d'une espèce particulière

Pour le site de Stidia, les valeurs de l'indice de diversité de Shannon (H), pour le mois de mai est de 2,75 bits/ind. Ceci indique qu'il n'y a pas de dominance relative d'une espèce par rapport aux autres.

La fréquence d'échantillonnage la plus élevée réalisée (deux échantillons par mois durant le mois d'avril et d'août) a également permis de déceler des développements phytoplanctoniques de l'ordre de 15 à 30 jours. Ce qui a permis aussi d'identifier et de suivre des successions phytoplanctoniques. En effet, la fréquence d'échantillonnage hebdomadaire constitue une échelle d'observation minimale pour suivre l'évolution des communautés, comme préconisé par Dubelaar *et al.* (2004).

La comparaison des diagrammes rang-fréquence mensuels des sites «le Vivier» et «les Trois Suisses», a permis de mettre en évidence des communautés pionnières qui apparaissent à chaque fois au stade 1, donc un début de succession caractérisée par des espèces engendrant, qui sont dans la majorité des cas des Diatomées sauf pour le mois de mai au niveau de la station «le Vivier».

Aussi, on a observé la floraison printanière des diatomées suivie d'un développement des dinoflagellés en mai, ensuite une deuxième floraison de diatomée est observée en juillet et en août 2011.

On remarque, aussi, que les diatomées caractéristiques des stades juvéniles connaissent de véritables blooms tout au long de la période d'étude et dominent les autres groupes, alors que les dinoflagellés considérés par Margalef (1985) comme représentant l'étape ultime de la succession ne sont jamais dominants. Ce qui permet de dire que les écosystèmes phytoplanctoniques n'atteignent jamais le stade final de développement.

Par ailleurs, les forçages des paramètres du milieu dans notre cas, la température semble être responsable des brusques changements d'intensité de développement de blooms d'une période à une autre. Ceci a été signalé par Seuront et Souissi en (2002) ; Breton *et al.*, en (2006), où a été démontré l'impact d'une modification des conditions de la température et de lumière sur les blooms phytoplanctoniques en Manche orientale.

En effet, dans notre étude les changements de température ont coïncidé avec les variations d'activité phytoplanctonique et le développement d'une espèce par rapport à une autre.

Enfin, les assemblages phytoplanctoniques observés, essentiellement constitués de diatomées montrent que ces zones sont en bonne santé et cela est confirmé par la rareté des espèces *Chaetoceros curvisetus*, *Leptocylindricus danicus* et *Skeletonema costatum* citées par Samson-kechacha *et al.* (1992) comme espèces indicatrices d'eutrophisation.

# **CONCLUSION**

## CONCLUSION

L'objectif de cette étude était de contribuer à la description et à l'identification des différentes formes de variabilité spatio-temporelle des communautés phytoplanctoniques observées sur le littoral algérois (baie de Bou-Ismaïl) et à Mostaganem, et d'examiner l'influence des facteurs environnementaux sur leur dynamique.

L'ensemble des résultats de cette étude a montré que les sites étudiés présentent des caractéristiques hydrologiques conformes à celles des côtes algériennes. Durant la période de notre échantillonnage la salinité et la température ont eu des fluctuations saisonnières.

Ainsi, nous avons distingué trois saisons : la fin de l'hiver, le printemps et l'été qui apparaissent dans les différentes composantes de l'écosystème.

- Au niveau hydrologique nous avons une évolution des paramètres du milieu qui indiquent des fluctuations en fonction des saisons mais aussi des spécificités des zones d'études ;
- des nutriments qui montrent une variation très faible durant toute la période d'étude avec une particularité au niveau de la station «le Vivier» où on enregistre un enrichissement permanent ;
- Au niveau biologique, nous remarquons une bonne production phytoplanctonique qui correspond à une charge en cellules /litre qui atteint 400 000 cellules/l, cette production se traduit, aussi, par un épuisement des nutriments dans le milieu ;
- Au niveau qualité du milieu, on enregistre une bonne richesse spécifique durant toute la période d'étude

On a caractérisé chacun des sites par l'évolution et la composition de leurs communautés phytoplanctoniques. En effet, le suivi des successions des populations phytoplanctoniques nous indique qu'ils suivent globalement le modèle des successions méditerranéennes notamment une floraison printanière et une présence importante des Diatomées durant le printemps, qui se prolonge jusqu'en été avec l'apparition des dinoflagellés.

Enfin, ce travail constitue une contribution à la compréhension du fonctionnement des écosystèmes côtiers, des successions des espèces dans les populations phytoplanctoniques et

des variations qui peuvent apparaître au cours du temps selon les conditions du milieu soumis à différentes pressions anthropiques.

Les différentes analyses effectuées dans cette étude sont essentiellement descriptives. Elles ont utilisé des méthodes statistiques permettant de résumer l'information contenue dans un ensemble complexe de données. Elles ne constituent ainsi que la première étape d'études, et méritent d'être approfondies en (i) prenant en compte le picophytoplancton et le microphytobenthos, qui permettrait de mieux comprendre la structure et le fonctionnement du système de production primaire au niveau des zones côtières dans sa globalité, et (ii) en identifiant précisément le rôle des facteurs hydroclimatiques, au travers de descripteurs synthétiques issus de la modélisation hydrodynamique, sur la dynamique des populations phytoplanctoniques. Cette approche est en particulier nécessaire pour une réelle gestion anticipative des événements phytoplanctoniques toxiques ou nuisibles, problématique majeure, notamment dans le cadre des réseaux de surveillance.

---

## VI- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**Alvain S., 2005.** Étude de la distribution des principaux groupes de phytoplancton par télédétection satellitaire: Développement de la méthode PHYSAT à partir des données GeP&CO et application à l'archive SEAWIFS entre 1998 et 2004. Thèse de doctorat Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE/IPSL, CEACNRS). 144pp.

**Amblard C., 1987.** Les successions phytoplanctoniques en milieu lacustre. *Ann. Biol.* 26: 1-34.

**Aminot A., Chaussepied M., 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin CNEXO, 395 pp.

**Arafi A., Champalber G., Puddu A., Reys J.P., 1982.** Étude préliminaire comparée du plancton du Vieux I port, de l'avant port et du golfe de Marseille. Liaison avec les paramètres physiques, chimiques et de pollution. *Thethys*, **10 (3)**: 211-217.

**Arvanitidis C., Eleftheriou A., Vanden Berghe E., 2003.** Electronic conference on “Marine Biodiversity in the Mediterranean and the Black Sea”—Summary of discussions, 7 to 20 April, 2003. Flanders Marine Institute (VLIZ), Oostende, Belgium...

**Asso A., 1982.** Contribution à l'étude de polluants métalliques chez la moule *Perna perna* (L.) dans la région d'Alger. *Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle*. Univ. Sc. Tech. Languedoc Montpellier. 316pp.

**Azam F., Fenchel T., Field J.G., Gray J.S., Meyer-Reil L.A., Thingstad F., 1983.** The Ecological Role of Water-Column Microbes in the Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 10: 257-263.

**Azam F., Malfatti F., 2007.** Microbial Structuring of marine ecosystems. *Nature Reviews Microbiology*. 5 : 782-791

**Beaugrand G., Luczak C., Edwards M., 2009.** Rapid biogeographical plankton shifts in the North Atlantic Ocean. *Global Change. Biology*, 15: 1790 :1803.

**Benzohra M., 1993.** Les structures hydrodynamiques le long des côtes Algériennes. Workshop sur la circulation des eaux et pollution des côtes méditerranéennes du Maghreb, 9-11 novembre 1992, *INOC* : 33-44.

**Bernard F., 1950** Note sur la distribution du plankton au large d'Alger. *Arch. Zool. Exp. Gén.* Notes et revues., 86 (3) : 103-113.

**Bernardi -Aubry F., Berton A., Bastianini M., Socal G., Acri F., 2004.** Phytoplankton succession in a coastal area of the NW Adriatic, over a 10-year sampling period (1990- 1999). *Cont. Shelf Res.*, 24: 97-115.

- Berdalet E., Peters F., Koumandou V.L., Roldan C., Guadayol O., Estrada M., 2007.** Species specific physiological response of dinoflagellates to quantified small-scale turbulence. *J. Phycol.*, 43: 965-977.
- Béthoux J.P., Gentili B., 1999.** Functioning of the Mediterranean Sea: past and present changes related to freshwater input and climate changes. *J. Mar. Syst.*, 20: 33-47
- Bianchi C.N., Morri C., 2000.** Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: situation, problems and prospects for future research. *Mar. Pollut. Bull.*, 40: 367-376.
- Black R., Codd C., Hebbert D., Vink S., Burt J., 1984.** The functional significance of the relative size of Aristotle's lantern in the sea urchin *Echinometra mathaei*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 77: 81-97.
- Bougis P., 1974a.** Ecologie du plancton marin I. Le phytoplancton. Masson et Cie, Paris: 196pp.
- Bougis P., 1974b.** Ecologie du plancton marin II. Le zooplancton. Masson et Cie, Paris : 200p.
- Bourelly P., 1985a.** Les algues d'eau douce: Initiation à la systématique. Tome I: Les algues bleues et rouges. Les Eugléniens, Péridiniens et Cryptomonadines. Société nouvelle des éditions Boubée, Paris...
- Bouteleux C., 2005.** « Survie d'entérobactéries dans les eaux de distribution: rôle de la matière organique d'origine algale » thèse de Doctorat de l'université Henri-Poincaré - NancyI Chimie et Microbiologie de l'Eau Par Céline.196p.
- Breton E., Rousseau V., Parent J-Y., Ozer J., Lancelot C., 2006.** « Hydroclimatic modulation of diatom/*Phaeocystis* blooms in the nutrient-enriched Belgian coastal waters (North Sea) ». *Limno. Ocean.*, 51: 1401-1409.
- Brient L., Vézic C., Bertru G., 2001.** « Evaluation des efflorescences à cyanobactéries dans des eaux de cours d'eau et plans d'eau bretons » Université de Rennes I, Rapport Final 80p.
- Carty S., 2003.** Dinoflagellates. *In* : Freshwater Algae of North America : Ecology and Classification. Wehr, J.D. et Sheath, R.G. (éds). Academic Press, Paris....
- Carrada G.C., Hopkins T.S., Bonaduce G., Ianora A., Marino D., Modigh M., Ribera d'Alcalà M., Scotto di Carlo B., 1980.** Variability in the hydrographic and biological features of the Gulf of Naples., *Mar. Ecol.* 1: 105-120.

- Casas B., Varela M., Bode A., 1998.** Seasonal succession of phytoplankton species on the coast of A Coruña (Galicia, northwest Spain). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* **15** (1-4). 1999: 413-429.
- Chavance P., Girardin M., 1986.** Niveau d'exploitation en 1982 et potentialité régionale de la pêche chalutière algérienne. Application d'un modèle de production composite. *FAO. fish. rep.* (347) : 113-134.
- Chaouti A., Bayed A., 2005.** « Diversité taxonomique et structure de la macrofaune benthique des substrats meubles de la lagune de Smir » Travaux de l'Institut Scientifique, Rabat, série générale, n°4, 33-42.
- Chrétiennot-Dinet M.J., 1998.** Global increase of algal blooms, toxic events, casual species introductions and biodiversity. *Oceanis.* **24**: 223-238.
- Cloern J.E., 2001.** Our evolving conceptual model of the coastal autrophication problem. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **210**: 223-253.
- Cloutier S., 1984.** Influence de la salinité sur la productivité du phytoplancton du fjord du Saguenay. *Mémoire de maîtrise*, Université du Québec à Chicoutimi....
- Collignon J., 1991.** Ecologie et biologie marine : introduction à l'halieutique. Masson, Paris. 298p.
- Crise A., Allen J.I., Baretta J., Crispi G., Mosetti R., Solidoro C., 1999.** The Mediterranean pelagic ecosystem response to physical forcing. *Prog. Oceanogr.*, **44** (1-3): 219-243.
- CNRDPA., 2005.** « Etude environnementale de la baie de Bou- Ismail. Monographie de région de Bou Ismail ». Rapport préliminaire., 30 pp.
- Crise A., Allen J.I., Baretta J., Crispi G., Mosetti R., Solidoro C., 1999.** The Mediterranean pelagic ecosystem response to physical forcing. *Prog. Oceanogr.*, **44**: 219-243.
- Dajoz R., 1974.** Dynamique des populations, édition Masson, 301 p.
- Dodson A.N., Thomas W.H., 1964.** Concentrating plankton in a gentle fashion. *Limnol. Oceanogr.* **9**: 455-456.
- Dubelaar G.B.J., Geerders P.J.F., Jonker R.R., 2004.** High frequency monitoring reveals phytoplankton dynamics. *J Envi. Moniring.*, **6**: 946-952.
- Dussart B., 1966.** Limnologie : l'étude des continentales. Ed Gauthier Villars, Paris, 667p.
- Estrada M., Marrasé C., Alcaraz M., 1988.** Phytoplankton response to intermittent stirring and nutrient addition in marine microcosms. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **48**: 225-234.

**Ettl H., 1978.** Xanthophyceae. Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. (eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart.

**Findlay D. L., Kling H J., 1995** « protocoles de mesure de la biodiversité : le phytoplancton d'eau douce », Institut des Eaux douces University Crescent, 20 p.

**Finkel Z.V., Irwin A.J., Schofield O., 2004.** Ressource limitation alter the  $\frac{3}{4}$  size scaling of metabolic rates of phytoplankton. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **273**: 269-279.

**Frontier S., 1969.** Méthode d'analyse faunistique rapide du zooplancton. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **3** : 18-26.

**Frontier S., 1976.** Utilisation des diagrammes rangs-fréquences dans l'analyse des écosystèmes. *J. Rech. Oceanogr.*, **1** : 35-47.

**Frontier S., Pichot-Viale D., Leprêtre A., Davoult D., Luczak C., 2004.** Ecosystèmes : Structure, Fonctionnement, Evolution. Dunod, Paris, 549 p.

**Furnas M.J., 1991.** Net in situ growth rates of phytoplankton in an oligotrophic, tropical shelf ecosystem. *Limnol. Oceanogr.*, **36**: 13-29.

**Gailhard I., 2003.** Analyse de la variabilité spatio-temporelle des populations microalgales côtières observées par le "réseau de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines" (REPHY). *Thèse de Doctorat*, Université de la Méditerranée, Aix-Marseille II.

**Gaujons G., 1995.** La pollution des milieux aquatiques : aide mémoire. 2<sup>ème</sup> édition. Lavoisier, Paris 217p.

**Germain H., 1981.** Flore des diatomées : eaux douces et saumâtres. Société nouvelle des éditions Boubée, Paris...

**Giacomini V., Bertino S., Tibaldi E., 1984.** La nature : mers et côtes la faune des rivages. Volume 3, Paris...

**Gotsis-Skretas, O., Pagou, K., Moraitou-Apostolopoulou, M., 1999.** « Seasonal horizontal and vertical variability in primary production and standing stocks of phytoplankton and zooplankton in the Cretan Sea and the Straits of the Cretan Arc (March 1994– January 1995) ». *Prog. Oceanogr.*, **44**, 625–649.

**Gray J.S., Pearson T.H., 1982.** Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. Comparative methodology. *Mar. Ecol. Prog.Ser.*, **9** : 111-119.

**Gray J.S., Clarke K.R., Warwick R.M., Hobbs G., 1990.** Detection of initial effects of pollution on marine benthos: an example from the Ekofisk and Eldfisk oilfields, North Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **66** : 285-299.

**Gray J.S., McIntyre A.D., Stirn J., 1992.** Manuel des méthodes de recherche sur l'environnement aquatique. Onzième partie. Evaluation biologique de la pollution marine, eu égard en particulier au benthos. *FAO Document technique sur les pêches*, N° 324, 53.

**Grall J., Coïc N., 2006.** Synthèse des méthodes d'évaluation du benthos en milieu côtier REF. Ifremer DYNECO/VIGIES/06-13/REBENT...

**Grimes S., Boutiba Z., Bakalem A., Bouderbala M. Boudjellal B., Boumaza S., Boutiba M., Guedioura A., Hafferssas A., Hemida F., Kaïdi N., Kerzabi F., Khelifi H., Merzoug A., Nouar A., Sellali B., Sellali-Merabtine H., Semroud R., Seridi H., Taleb M.Z. & Touahria T., 2003.** Biodiversité marine et littorale algérienne. Projet Sonatrach/LRSE. *Eds. Sonatrach*. 362 p.

**Grimes S., 2005.** « Plan de gestion de l'aire marine du Parc National d'El Kala (Wilaya d'El Tarf) », Projet régional pour le développement d'aires protégées marines et côtières dans la région méditerranéenne (Projet MedMPA) » 147p.

**Guiselin N., Artigas L.F., Brylinski J-M., 2009.** Etude de la dynamique des communautés phytoplanctoniques par microscopie et cytométrie en flux, en eaux côtières de la Manche orientale Université du littoral côte d'opale CNRS Umr log 8187–Equipe Ecologie planctonique. 240p.

**Halim Y. 1990.** “On the potential migration of Indo-Pacific plankton through the Suez Canal”. *Bull. Inst. Oceanogr. Monaco*, 7, 11–27.

**Henry M-T., Beaudry J., 1992.** Chimie des eaux, Ed le Griffon dargibe in Canada. 537p.

**Heburn G.W., 1995.** The Dynamics of the Seasonal Variability of the Western Mediterranean Circulation. *In: La Violette PE (ed) Seasonal and interannual variability of the western Mediterranean Sea. Coastal and estuarine studies: 249-285.*

**Hurlbert S. H., 1971.** The non-concept of species diversity: A critique and alternative parameters. *Ecology*, 52: 577-586.

**Ignatiades L., 2005.** Scaling the trophic status of the Aegean Sea, eastern Mediterranean. *J. Sea Res.*, 54 : 51–57.

**Ignatiades L., Gotsis-Skretas O., Pagou K., Krasakopoulou E., 2009.** Diversification of phytoplankton community structure and related parameters along a large-scale longitudinal east–west transect of the Mediterranean Sea *journal of plankton research*. Vol 31 (4): 411–428.

**Institut Océanographique Paul Ricard. 1996.** Fragile Méditerranée: à la reconquête d'un équilibre écologique. Edisud, Aix-en-Provence, 252 p.

**Illoul H., 1991.** Contribution a l'étude qualitative, quantitative et structurale des populations phytoplanctoniques au large du Cap Caxine (Région Algéroise). *Thèse de magistère*. ISMAL Alger. P : 60-65 et 174.

**Jacques G., 1968.** Aspects quantitatifs du phytoplancton de Banyuls sur Mer (Golfe du Lion). III – Diatomées et Dinoflagellés de juin 1965 à juin 1968. *Vie et Milieu.*, **20** : 91-126.

**Jacquet S., 2000.** Dynamique des populations pico planctoniques marines » *thèse de doctorat ès-science*, université Pierre et Marie Curie - Paris 6....

**Jacq E., Quéguiner B., Prieur D., Tréguer P., 1986.** Modification de l'aspect des peuplements bactériens en relation avec un bloom phytoplanctonique en rade de Brest. Université de Bretagne Occidentale.....

**Jamet J.L., Jean N., Bogé G., Richard S., Jamet D., 2005.** Plankton succession and assemblage structure in two neighbouring littoral ecosystems in the north-west Mediterranean Sea. *Mar. Freshw. Res.*, **56**: 69-83.

**Jespersen P., 1923.** On the quantity of Macroplankton in the Mediterranean and the Atlantic. *Rep. dan. oceanogr. Exped. 1908-1910. Médit.*, n°73 (3).

**Joanny M., Belin C., Claisse D., Miossec L., Berthome J.P., Grouhel A. et Raffin B. 1993.** Qualité du milieu marin littoral. Ifremer, Plouzané, 241 p.

**John D.M., 1994.** Alternation of generations in algae: its complexity, maintenance and evolution. *Bio. Rev.*, **69**: 275-291.

**Jones K.J., Gowen R.J., Tett P., 1984.** Water column structure and summer phytoplankton distribution in the sound of Jura, Scotland. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **78**: 269-289.

**Kimor B., 1983.** « Distinctive features of the phytoplankton of the eastern Mediterranean ». *Ann. Inst. Oceanogr. Paris*, 50, 97-106.

**Khattabi H., 2002.** Intérêts de l'études des paramètres hydrogéologiques et hydobiologiques pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lixivats d'ordures ménagères d'Etueffont (Belfort, France). *Thèse de doctorat 3<sup>ème</sup> cycle* 256p.

**Kornprobst JM., 2005** Substance naturelle d'origine marine tome1 Généralités Microorganismes Algues Ed Lavoisier, Paris, 1830p.

**Krom M.D., Kress N., Brenner S., Gordon L.I., 1991.** Phosphorus limitation of primary productivity in the eastern Mediterranean Sea. *Limnol.Oceanogr.*, **36**: 424-432.

**Kugrens P., Clay B.L., 2003.** Cryptomonads. *In* : Freshwater Algae of North America : Ecology and Classification. Wehr, J.D. et Sheath, R.G. (eds). Academic Press, Paris...

- Lakkis S., 2011.** Le phytoplancton marin du Liban (méditerranée orientale) » Ière édition : septembre 2011, Copyright © MMXI ARACNE editrice S.r. l.
- Lawton J.H., Naeem S., Thompson L.J., Hector A., Crawley M.J., 1998.** Biodiversity and ecosystem function: getting the Ecotron experiment in its correct context. *Funct. Ecol.*, **12**: 848-852.
- Leclaire L., 1972.** La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares (Pré-continent Algérien). Mémoire Museum histoire Naturelle. Paris. Série C, Tome 24, pp391.
- Lemée G., 1978.** Précis d'écologie végétale. Paris. Edition Masson.
- Levitus S., 2001.** Anthropogenic warming of Earth's climate system. *Science.*, **292** : 267-270.
- Levitus S., Antonov J., Boyer T., 2005.** Warming of the world ocean, 1955-2003. *Geoph. Res. Lett.*
- Magurran A.E., 1988.** Ecological diversity and its measurement. *Princeton. Univ. Press.* Princeton, 179 p.
- Mantoura R.F.C., Martin J.M., Wollast R., 1991.** Ocean margin processes in global change. Wiley- Interscience, New York: 469 p.
- Margalef R., 1958.** Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. In [Ed.] A.A. Buzzati-Traverso. Perspectives in marine biology. University of California Press, Berkeley, p. 323-349.
- Margalef R., 1961.** Communication of structure in planktonic populations. *Limnol Oceanogr.* 6 : 124-128-1978. Diversity. Phytoplankton manual. A. Sournia, ed. Paris, 251-260.
- Margalef R., 1985.** "Environmental control of the mesoscale distribution of primary producers and its bearing to primary production in the western Mediterranean". Mediterranean Marine Ecosystems. NATO Conference Series. Vol. 8. Plenum Press, London, pp. 213–230.
- Ménesguen A., Aminot A., Belin C., 2001.** L'eutrophisation des eaux marines et saumâtres en Europe, en particulier en France. *Rapport IFREMER DEL/EC/01.02 pour la Commission Européenne – DG.ENV.B1.* Ifremer, Brest: 59 p.
- Millot C., 1979.** Wind induced upwellings in the Gulf of Lions. *Oceanol. Acta.*, **2 (3)**: 261-274.

- Ngansoumana B.A., 2006.** La communauté phytoplanctonique du lac de guiers (Sénégal) : types d'associations fonctionnelles et approches expérimentales des facteurs de régulation. *Thèse de Doctorat de 3e Cycle*. Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal), 135p.
- Njine. T., Kemka. N., Zebaze Togouet. SH., Nola. M., Niyitegeka. D., Ayissi Etoundi. T P., Foto Menbohan. S., 2007** « Peuplement phytoplanctonique et qualité des eaux en milieu lacustre anthropisé: cas du lac municipal de yaoundé (CAMEROUN) » *Afric. J. Scie. Tech.* 39-51p
- Peperzak L., Colijn F., Koeman R., Gieskes W.W.C., Joordens J.C.A., 2003.** Phytoplankton sinking rates in the Rhine region of fresh water influence. *J. Plankton. Res.* **25**: 365-383.
- Prescott L.M., Harley J.P., Klein D.A., 2003.** Microbiologie, 2ème édition. De boeck Université, Bruxelles.
- Pielou E.C., 1969.** An introduction to Mathematical Ecology. Witley-Interscience (éd.). New York: Witley-Interscience.
- Pierre M J, et Lassus P., 1983** Perturbation des écosystèmes en baie de vilaine analyse des successions phytoplanctoniques précédant l'apparition d'un dinoflagellé toxique. *IFREMER - Centre de Nantes* 39p.
- Potellon J.L., Tricard D., Buffaut P., Vial J., Saviuc P., 1998.** Le guide des analyses de l'eau potable, Ed de la lethe du cadre territorial, p. 81-117.
- Queguiner B., Crombet Y., Leblanc K., Moutin T. 2011.** « Deep silicon maxima in the stratified oligotrophic Mediterranean Sea ». *Biogeosciences*, Vol. 8. p.459-475
- Quiniou F., Cueff G., Caisey X., 2003** Etude de la toxicité des eaux et des sédiments de la Seine et comparaison de la sensibilité d'espèces marines et dulçaquicoles. *Rapport d'activité de l'année 2003, DEL/PC*.
- Robert R., 2005.** Conception et gestion d'écloseries de mollusques bivalves. *Ifremer*, France, 21p.
- Rossi N., 2008.** Ecologie des communautés planctoniques méditerranéennes et étude des métaux lourds (Cuivre, Plomb, Cadmium) dans différents compartiments de deux écosystèmes côtiers (Toulon, France). Thèse de doctorat. Université du sud Toulon-Var 201p.
- Rodier J., 1996.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduelles et eaux de mer 8<sup>ème</sup> Ed Dunod, Paris.1383p.
- Rolland A., 2009.** Dynamique et diversité du phytoplancton dans le réservoir marne (bassin versant de la seine). *Thèse de doctorat*. Université de Savoie Ecole Doctorale SISEO, 241p.

- Samson-Kechacha F.L., Hallal O., Helis L., 1992.** Caractéristiques phytoplanctoniques de deux stations côtières de l'est algérois. *Hydroécol. appl.* Tome 4 Vol 2, pp. 123
- Sauriau P.G., Guillaud J.F., 1984-1994.** Qualité des eaux. Rapport de synthèse de l'APEEL tome II, 104 p.
- Seuront L., Souissi S., 2002.** Climatic control of *Phaeocystis* spring bloom in the eastern English Channel (1991-2000). *La Mer.* **40**: 41-51.
- Simboura N., Zenetos A., 2002.** Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new biotic index. *Med. Mar. Sci.*, **3(2)**: 77-111.
- Smayda T.J., Reynolds C.S., 2001.** Community assembly in marine phytoplankton: application of recent models to harmful dinoflagellate blooms. *J. Plankton Res.*, **23**: 447-461.
- Smith V.H., Tilman G.D., Nekola J.C., 1999.** Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environ. Poll.*, **100**: 179-196.
- Sommer U., Gliwicz Z., Lampert W., Duncan A., 1986.** The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh waters. *Arch. Hydrobiol.*, **106**: 433-471.
- Thingstad T.F., Zweifel U.L., Rassoulzadegan F., 1998.** P limitation of heterotrophic bacteria and phytoplankton in the northwest Mediterranean. *Limnol. Oceanogr.*, **43**: 88-94.
- Tilman D., 1999.** The ecological consequences of changes in biodiversity: A search for general principles. *Ecology*, **80** :1455-1474.
- Travers M., 1964.** Diversité du microplancton du Golf de Marseille. Station Marine d'Endoume et Centre d'Océanographie, Marseille, France : 308-343.
- Travers M., 1971.** Diversité du phytoplancton du golfe de Marseille en 1964. *Mar. Biol.*, **8 (4)** : 308-343
- Trégouboff G., Rose M., 1957.** -Manuel de planctonologie méditerranéenne. -Paris, C.N.R.S. (texte), 587 p.
- Tregouboff G., Rose M., 1978a.** Manuel de planctonologie méditerranéenne. Tome1, Centre National de la Recherche Scientifique., 587p.
- Tregouboff G., Rose M., 1978b.** Manuel d planctonologie méditerranéenne Tome 2, Centre National de la Recherche Scientifique., 207p.

- Touahria T., 1999.** Etude de la biomasse, de la composition et de la structure des peuplements phytoplanctonique de l'amer d'Alboran Est. *Thèse de Magister*, FSB-USTHB, 200p.
- Turley C.M., 1999.** The changing Mediterranean Sea—a sensitive ecosystem. *Prog. Oceanogr.*, **44**: 387–400.
- Tyrrell T., 1999.** The relative influences of nitrogen and phosphorus on oceanic primary production. *Nature.*, **400**: 525-531.
- Utermöhl H., 1958.** Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Method. *Int. Ver. theor. angew. Limnol.*, **9** : 1-39.
- Vadrucci R.V., Vignes F., Fiocca A., 2003.** Space–time patterns of co-variation of biodiversity and primary production guilds of coastal marine environments. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.*, **13** : 489–506.
- Vaissière R., Fredj G., 1963.** Contribution à l'étude de la faune benthique du plateau continental de l'Algérie. *Bull. Inst. Oceanog. Monaco.*, 60 (1272), 83p.
- Vegter F., De-Visscher PR., 1987.** Nutrients and phytoplankton primary production in the marine tidal Oosterschelde estuary (The Netherlands). *Hydrobioll Bull.*, **21**: 149–158.
- Videau C., Ryckaert M., L'Helguen S., 1998.** Phytoplankton en baie de Seine. Influence du panache fluvial sur la production primaire. *Oceanologica Acta* - Vol. 21 - N6.
- Wafar M.V.M., Le Corre P., Birrien J.L., 1983.** Nutrients and primary production in permanently wellmixed temperate coastal waters. *Estu. Coa. Shelf Sci.* **17**: 431-446.
- Warwick R.M. & Clarke K.R., 1991.** A comparison of some methods for analysing changes in benthic community structure. *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, **71** : 225-244.
- Wetzel R.G., 2001.** *Limnology : Lake and River Ecosystems*. 3rd Edition. Academic Press, London....
- Zeghdoudi E., 2006.** Modélisations bioéconomiques des pêcheries méditerranéennes - application aux petits pélagiques de la baie de Bou-Ismaïl - (Algérie). *Thèse de master of science*. Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona, España, 60p.

**Documents et articles consultés****1- Mémoire d'Ingénieur, DES, DEUA**

**Mokrane Z., Harkati F., 2006.** « Étude qualitative quantitative et structurale des communautés phytoplanctonique et des ciliés dans deux stations situées à Tamentfoust et Sidi Fredj ». *Mémoire de fin d'étude*, USTHB. FSB, 40p.

**Messaoudi A., Chablaoui N., 2007,** contribution à l'étude quantitative phytoplanctoniques, biologique et Physicochimique au niveau d'un site à potentialité aquacole cas de Bou-Ismaïl, *Mémoire de fin d'étude Université SAAD DAHLAB de Blida* 76p.

**2- Site web consultés**

- Google earth : <http://www.google.com/earth/index.html>
- Center for Integrated Marine Technologies and the University of California Santa Cruz. All images courtesy of Susan Coale. Web Design & Layout by Laura Beach. 2007 : [http://www. Le flache these\doc pourthese\guide\Alexandrium Dinoflagellate.mht](http://www.Le_flache_these\doc_pourthese\guide\Alexandrium_Dinoflagellate.mht)
- World register of marine species: <http://www.marinespecies.org/index.php>

## Résumé

Le but principal de cette étude est de contribuer à l'évaluation quantitative et qualitative, afin d'explorer la diversité de la communauté phytoplanctonique au niveau de trois sites de la côte algérienne : [« les Trois Suisse » et « le Vivier » (Alger) et Stidia (Mostaganem)] et de statuer sur la capacité productives de ces derniers.

L'ensemble des paramètres physicochimiques étudiés (la salinité, la température, l'ammonium, les nitrites, les nitrates et le phosphore), a montré peu des différences entre les sites étudiés. Les teneurs en éléments nutritifs analysés sont peu élevées durant toute la période d'étude, et restent toujours inférieures à 0.2mg/l, suggérant une consommation importante des nutriments par les espèces phytoplanctoniques autotrophes.

Aussi, durant toute la période d'étude, un total de 103 espèces ont été identifiées, avec une richesse spécifique légèrement plus importante au niveau du site "le Vivier" (Alger) par rapport au site "les Trois Suisses". Dans l'ensemble des sites, se sont les espèces de diatomées qui sont les plus représentées avec 69%, suivies des dinoflagellés avec 31%. Par ailleurs, au mois de Mai, dans le site de Stidia, les dinoflagellés sont majoritairement représentés avec plus de 89%, suivi par les diatomées avec 11%. Contrairement, à la station "le Vivier" où se sont les diatomées, qui sont les plus dominants avec 76%. Cependant, dans le site "les Trois Suisses", un équilibre est observé entre les deux classes (diatomées et dinoflagellés) avec un pourcentage respectif de 50%.

La comparaison des diagrammes rang-fréquence mensuels du phytoplancton identifié dans les sites "le vivier" et "les trois suisses", a permis de mettre en évidence des communautés pionnières qui apparaissent à chaque fois au stade 1, donc un début de succession caractérisée par des espèces engendrant, qui sont dans la majorité des cas des diatomées sauf pour le mois de Mai au niveau de la station "le Vivier". Par ailleurs, les deux floraisons identifiées au printemps (Mai) et en été (juillet-Aout) sont caractérisées par la dominance des diatomées au niveau des sites d'Alger.

**Mots clefs :** Diversité ; phytoplancton ; richesse spécifique ; succession.

## **Abstract**

The principal goal of this study is to contribute to the quantitative and qualitative evaluation, in order to explore the diversity of the phytoplankton community of three stations of the Algerian coastal shallow waters areas: ["les Trois Suisses "; "le Vivier" (Algiers) and Stidia (Mostaganem)] and to confirm the production capacity of these organisms.

The studied physico-chemical parameters (salinity, temperature, ammonium, nitrites, nitrates and phosphorus), showed little differences between the studied stations. The contents of the analyzed nutrients are relatively low during all the studied period, and remain always lower than 0.2mg/l, suggesting an important consumption of the nutrients by the autotrophic phytoplankton species. Also, during all the study period, a total of 103 species were identified, with a specific richness slightly more important at the station «le Vivier" compared to the "Trois Suisses" station. The three stations are characterized by abundance of diatoms (69%), followed by dinoflagellates (31%). In addition, in May, in the site of Ouillis, dinoflagellates are mainly represented with more than 89%, followed by diatoms with a percentage of 11%. Contrary, at the station "le Vivier" , the diatoms are the most dominant species (76%). However, in the "Trois Suisses" station, both diatoms and dinoflagellates are present in equal values with a percentage of 50% each.

The monthly comparison of the monthly "row-frequency" diagrams of the phytoplankton identified in the two stations " le Vivier " and " Trois Suisses ", allowed to highlight a pioneer communities which appear each time at the stage 1, therefore, a generating beginning of succession characterized by species, which are in the majority diatoms, only for May at the station " le Vivier". In addition, the two phytoplanktonic blooms identified in spring (May) and in summer (July-August) are characterized by the predominance of the diatoms at the both stations of Algiers.

**Key words:** Diversity, phytoplankton species richness, succession.

## ملخص

والغرض الرئيسي من هذه الدراسة هو المساهمة في التقييم الكمي والنوعي من اجل استكشاف تنوع في مجتمع العوالق النباتية في ثلاثة مواقع على الساحل الجزائري: [ " les trois suisses " و " Vivier " و " Ouillis (مستغانم) ]، وتحديد الطاقة الإنتاجية لهذه الأخيرة.

جميع المعلمات الفيزيوكيميائية المدروسة (الملوحة، ودرجة الحرارة والأمونيوم والنترت والنترات والفوسفور)، أظهرت اختلافات ضئيلة بين مواقع الدراسة. تحليل محتويات الاملاح المعدنية منخفض على مدار العام، وتبقى دائما أقل من 0.2 mg / لتر، مما يشير إلى استهلاك كميات كبيرة من الاملاح المعدنية من قبل أنواع العوالق النباتية ذاتية التغذية. أيضا، خلال فترة الدراسة، تم تحديد ما مجموعه 103 نوعا من العوالق النباتية، مع ارتفاع طفيف في التنوع في موقع " Vivier " (الجزائر العاصمة) مقارنة مع الموقع " les trois suisses ". في جميع المواقع، كانت الأنواع diatomées هي الأكثر تمثيلا بنسبة 69٪، تليها dinoflagellés ب 31٪. علاوة على ذلك، في شهر ماي، في موقع Ouillis، dinoflagellés تمثل الاغلبية بنسبة أكثر من 89٪، تليها diatomées ب 11٪. في المقابل، في موقع " Vivier " diatomées، هي الاكثر هيمنة ب 76٪. ومع ذلك، فإن في موقع " les trois suisses "، لاحظنا توازن بين الفئتين ( diatomées et dinoflagellés بنسبة 50٪ لكل منها).

مقارنة (مخططات رتبة، التردد) الشهرية للعوالق النباتية التي تم تحديدها في مواقع " Vivier " و " les trois suisses "، سمح لتسليط الضوء على المجتمعات الرائدة التي تظهر في كل مرة في المرحلة الاولى، وبالتالي بدأ تعاقب يتميز بأنواع رائدة، والتي هي في معظم الحالات diatomées إلا في شهر ماي فيموقع " Vivier ". وعلاوة على ذلك، الازدهارين التي تم تحديدهما في الربيع (ماي) والصيف (جويلية و أوت) تتميز بهيمنة diatomées في مواقع من الجزائر.

**كلمات المفاتيح:** التنوع، العوالق النباتية ثراء الأنواع، خلافة

# **Annexe**

**Tableau N° 1 : List des espèces identifiées**

<b>Diatomés</b>	<i>Amphiprora</i>	<i>hyperborea</i>
	<i>Asterionella</i>	<i>kariana</i>
	<i>Bacillaria</i>	<i>paradoxa</i>
	<i>Biddulphia</i>	<i>pulchella</i>
	<i>Cerataulina</i>	<i>pelagica</i>
	<i>Chaetoceros</i>	<i>constrictus</i>
	<i>Chaetoceros</i>	<i>criophilum</i>
	<i>Chaetoceros</i>	<i>decipiens</i>
	<i>Chaetoceros</i>	<i>lorenzianus</i>
	<i>Chaetoceros</i>	<i>peruvianus</i>
	<i>Chaetoceros</i>	<i>affinis</i>
	<i>Chaetoceros</i>	<i>wighami</i>
	<i>Chaetoceros</i>	<i>sp</i>
	<i>Coscinodiscus</i>	<i>nodulifer</i>
	<i>Coscinodiscus</i>	<i>radiatus</i>
	<i>Coscinodiscus</i>	<i>stellaris</i>
	<i>Coscinodiscus</i>	<i>sp</i>
	<i>dactliosolen</i>	<i>mediterraneus</i>
	<i>Diploneis</i>	<i>crabro</i>
	<i>Ditylium</i>	<i>brightwellii</i>
	<i>Fragilariopsis</i>	<i>oceanica</i>
	<i>Guinardia</i>	<i>delcatula</i>
	<i>Guinardia</i>	<i>striata</i>
	<i>Hemiaulus</i>	<i>hauckii</i>
	<i>Leptocylindrus</i>	<i>danicus</i>
	<i>Licmophora</i>	<i>abbreviata</i>
	<i>Licmophora</i>	<i>ehrenbergii</i>
	<i>Licmophora</i>	<i>anglica</i>
	<i>Melosira</i>	<i>sp</i>
	<i>Navicula</i>	<i>cuspidata</i>
	<i>Navicula</i>	<i>gregaria</i>
	<i>Navicula</i>	<i>membranacea</i>
	<i>Navicula</i>	<i>mollis</i>
	<i>Navicula</i>	<i>cryptocephala</i>
	<i>Navicula</i>	<i>peregrina</i>
	<i>Navicula</i>	<i>sp</i>
	<i>Nitzschia</i>	<i>acicularis</i>
	<i>Nitzschia</i>	<i>closterium</i>
	<i>Nitzschia</i>	<i>longissima</i>
	<i>Nitzschia</i>	<i>delicatissima</i>
	<i>Nitzschia</i>	<i>sp</i>
<i>Noctiluca</i>	<i>sp</i>	
<i>planctoniella</i>	<i>sol</i>	
<i>Pleurosigma</i>	<i>capense</i>	

**Tableau N° 1 (suite): List des espèces identifiées**

<i>Pleurosigma</i>	<i>directum</i>
<i>Pleurosigma</i>	<i>hippocampus</i>
<i>Pleurosigma</i>	<i>sp</i>
<i>Pseudo-Nitzschia</i>	<i>pungens</i>
<i>Pseudo-Nitzschia</i>	<i>caliantha</i>
<i>Pseudo-Nitzschia</i>	<i>delicatissima</i>
<i>Rabdonema</i>	<i>adriaticum</i>
<i>Rabdonema</i>	<i>sp</i>
<i>Rhizosolenia</i>	<i>fragillissima</i>
<i>Rhizosolenia</i>	<i>styliformis</i>
<i>Rhizosolenia</i>	<i>stolterfothii</i>
<i>Rhizosolenia</i>	<i>sp</i>
<i>Skeletonema</i>	<i>costatum</i>
<i>Schroederella</i>	<i>delcatula</i>
<i>Stauropsis</i>	<i>membranacea</i>
<i>Striatella</i>	<i>unipunctata</i>
<i>Thalassionema</i>	<i>nitzschioides</i>
<i>Thalassionema</i>	<i>sp</i>
<i>Thalassiosira</i>	<i>anguste-lineata</i>
<i>Thalassiosira</i>	<i>sp</i>

**Tableau N° 1 (suite): List des espèces identifiées**

<i>Dinoflagellé</i>	<i>Peridinium</i>	<i>depressum</i>
	<i>Peridinium</i>	<i>diabolum</i>
	<i>Peridinium</i>	<i>divergens</i>
	<i>Peridinium</i>	<i>sp</i>
	<i>Dinophysis</i>	<i>caudata</i>
	<i>Amphidinium</i>	<i>flagellans</i>
	<i>Ceratium</i>	<i>fuca</i>
	<i>Ceratium</i>	<i>longipes</i>
	<i>Ceratium</i>	<i>arietinum</i> .
	<i>Ceratium</i>	<i>candelabrum</i>
	<i>Ceratium</i>	<i>pentagounum</i>
	<i>Ceratium</i>	<i>declinatum</i>
	<i>Ceratium</i>	<i>concellians</i>
	<i>Ceratium</i>	<i>macroceros</i>
	<i>Ceratium</i>	<i>karsteni</i>
	<i>Ceratium</i>	<i>Contrarium</i>
	<i>Chitonosperma</i>	<i>umbilicatum</i>
	<i>Goniodoma</i>	<i>polyédricum</i>
	<i>Gyrodinium</i>	<i>contortum</i>
	<i>Katodinium</i>	<i>glaucum</i>
	<i>Noctiluca</i>	<i>sp</i>
	<i>Ornithocercus</i>	<i>splandidus</i>
	<i>Ostreopsis</i>	<i>sp</i>
	<i>Phalacroma</i>	<i>circumsutum</i>
	<i>Phalacroma</i>	<i>porodictyum</i>
	<i>Phalacroma</i>	<i>rapa</i>
	<i>Podolampas</i>	<i>elegans</i>
	<i>Prorocentrum</i>	<i>micans</i>
	<i>Protoperidinium</i>	<i>diabolum</i>
	<i>Protoperidinium</i>	<i>sp</i>
<i>Stauropsis</i>	<i>granii</i>	

### **Préparation du LUGOL**

La préparation du lugol (mélange iodo-ioduré de potassium) nécessite le mélange des produits dans l'ordre suivant :

- Préparer 100 ml d'eau distillée.
- Ajouter 50 g d'iodure de potassium
- Agiter pendant 15 minutes ;
- Ajouter 25 g d'iode sublimé ;
- Agiter pendant 15 minutes
- Ajouter 250 ml d'H<sub>2</sub>O distillée
- Ajouter 25 g d'acétate de soude ;
- Agiter pendant 15 minutes.

Conserver au sombre, de préférence dans une bouteille ambrée de 500 ml avec bouchon rodé. Ne pas utiliser de récipient en plastique.

Ce type de fixation apporte plusieurs avantages :

- (1) Les Flagellés conservent en majorité leurs flagelles et
- (2) Les cellules phytoplanctoniques sont colorées en brun clair ce qui facilite l'observation microscopique (Thronsen, 1978).

Le principal désavantage est la dissolution des Coccolithophoridés (Thronsen, 1978). C'est la raison pour laquelle ce groupe taxonomique n'a pas été considéré dans cette étude.