

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS MOSTAGANEM  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AQUACULTURE  
LABORATOIRE DE PROTECTION, VALORISATION DES RESSOURCES MARINES ET  
LITTORALES ET SYSTEMATIQUE MOLECULAIRE



## ***THESE***

*En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences*  
***Filière : Hydrobiologie Marine et Continentale***  
***Spécialité : Ecologie Marine***

**Présenté par : M. BOUDJENAH Mustapha**

### **Thème**

**Etude de la composition et de l'évolution de la biodiversité des  
peuplements phytoplanctoniques de la côte algérienne (mer d'Alboran  
et Bassin Algérien) et influence des zones d'enrichissement**

**Soutenu le 10 juillet 2019**

**Devant le jury composé de :**

<b>M. MEZALI K.</b>	<b>Professeur</b>	Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem	<b>Président</b>
<b>Mme MERZOUG D.</b>	<b>MCA</b>	Université d'Oran1 Ahmed Ben Bella	<b>Examinatrice</b>
<b>Mme TALEB BENDIABE A. A.</b>	<b>MCA</b>	Université d'Oran1 Ahmed Ben Bella	<b>Examinatrice</b>
<b>M. GHOMARI S M.</b>	<b>MCA</b>	Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem	<b>Examineur</b>
<b>M. KACHER M.</b>	<b>MCA</b>	Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral	<b>Examineur</b>
<b>Mme SOUALILI D.L.</b>	<b>Professeur</b>	Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem	<b>Directrice de thèse</b>

**Année universitaire 2018-2019**

## **Dédicaces**

Je dédie ce modeste travail et ma profonde gratitude à ma mère pour tous les sacrifices qu'elle a consentis à mon égard, depuis mon enfance Je prie Dieu pour qu'elle reste en bonne santé en lui souhaitant une longue vie.

A mon grand amour : à ma Fatma, mon soutien, ma meilleure amie, pour sa patience son appui sans faille et ses encouragements. Ta présence à mes côtés est d'un réconfort immense. Je te l'ai déjà dis mille fois mais puisque tu n'écoutes pas, alors, « les écrits restent et les paroles s'envolent », je tiens à l'écrire dans ces pages : je t'aime.

A mes deux petits garçons : mon lionceau Ilyas et mon cascadeur Racim je vous dédie ce mémoire de thèse pour la joie de vivre que vous m'offrez, j'espère que vous suivrez ce chemin un jour.

A mon beau père D'Rabeh et toute ma belle famille.

A mon grand Frère Ramdane ;

A mes sœurs ;

Aussi, à la mémoire de mon père, parti trop vite.

Trouvez ici l'expression de mon profond amour pour votre soutien moral et matériel. Que Dieu vous donne santé et bonheur.

## ***Remerciements***

La recherche n'est pas une activité solitaire et ce qui peut être présenté comme un travail personnel doit toujours beaucoup à de nombreuses collaborations. Le travail présenté ici ne fait pas une exception à cette règle et a bénéficié, à des degrés variés, de la bonne volonté de nombreuses personnes. Je me fais tout d'abord un devoir de remercier toutes les personnes qui m'ont aidé au cours de ces années de travail doctorales.

*Mes remerciements,*

**Au président du jury**

**Professeur Karim Mezali** ; Directeur du laboratoire : Protection, Valorisation des Ressources Marines Littorales et Systématique Moléculaire, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem.

Vous nous faites l'honneur de présider ce jury, acceptez pour cela mes plus sincères remerciements.

Mais je tiens aussi à vous rendre hommage pour votre disponibilité, votre patience et vos compétences. J'ai énormément apprécié votre regard critique et constructif sur mon travail encore merci.

**Aux membres du jury :**

**Docteur MERZOUG Dounia** : Enseignante chercheur à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et membre du laboratoire : Réseau de Surveillance Environnementale. Université d'Oran 1 Ahmed Ben Bella ;

**Docteur TALEB BENDIABE. Ahlem, Amina** : Enseignante à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Université d'Oran 1 Ahmed Ben Bella ;

**Docteur GHOMARI Sidi Mohamed** : Vice recteur et membre du laboratoire : Protection, Valorisation des Ressources Marines Littorales et Systématique Moléculaire, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem.

**Docteur KACHER Mohamed** : Enseignant à l'Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral. (ENSSMAL) Alger.

Trouvez ici, toute ma gratitude pour l'honneur que vous me faites en acceptant d'examiner mon travail, pour l'intérêt que vous lui portez, pour vos remarques toujours pertinentes et pour le temps passé à corriger cette thèse. Je vous exprime ma reconnaissance.

A ma directrice de thèse professeur **Mezali Soualili Dina Lila**

J'ai été particulièrement sensible à son respect, qu'à ses encouragements. A maintes reprises, elle a su me faire profiter de ses compétences scientifiques, mais également de sa bonne humeur et de sa gentillesse. Malgré ses occupations professionnelles croissantes, elle a toujours su se rendre disponible. J'ai été très heureux de faire mon mémoire de magister à ses côtés. Son encadrement de qualité a motivé mon désir de poursuivre et j'ai été très heureux qu'elle accepte de poursuivre avec moi cette expérience pour une thèse de doctorat. Je la remercie chaleureusement pour la confiance qu'elle m'a accordée. Je garderais un très bon souvenir de ces années écoulées à Mostaganem merci.

**Aussi,**

Je tiens à rendre hommage *à un ami qui se reconnaîtra*, pour la pertinence de ses conseils, à sa capacité à élargir la réflexion ainsi qu'à ses qualités en matière de communication, et en particulier de rédaction scientifique. Son esprit critique a permis d'améliorer la qualité de ce travail. Je lui exprime ici ma profonde reconnaissance, et lui renouvelle mes sincères remerciements.

Un grand merci pour mon ami Docteur **Noureddine Belbachir** pour tout.....)

**Je saisi l'occasion pour remercier également :**

L'équipe du laboratoire : Protection, Valorisation des Ressources Marines Littorales et Systématique Moléculaire. Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem.

L'équipe de recherche phytoplancton à leur tête le chef d'équipe ainsi qu'aux techniciens du centre conchylicole, pour la reconnaissance

systematique et les observations microscopiques qui n'auraient pas pu être accomplies avec cette perfection sans leur aide très précieuse.

Je ne peux pas oublier d'adresser mes sincères remerciements à l'équipe des campagnes océanographiques du navire océanographique « **Grine Belkacem** ».

**Le Directeur du CNRDPA ;**

**La Directrice de la ferme Marine pour son aide.**

**A mes amis, et à tous ceux que ma réussite leur tient à cœur.**

## Résumé

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 au sein des populations de phytoplancton que l'on peut estimer les capacités productives des milieux étudiés. Le but principal de cette étude est de faire une évaluation quantitative et qualitative, afin d'explorer la diversité de la communauté phytoplanctonique et les différences qui existent entre la mer d'Alboran et le bassin algérien, ce qui nous permettra de statuer sur l'état général de l'écosystème phytoplanctonique de la côte algérienne.

Ainsi, nous avons fait une évaluation des facteurs environnementaux qui agissent sur la structure et la dynamique des communautés phytoplanctoniques au niveau des sites d'étude. Nous avons enregistré une température et une salinité moyenne saisonnière sur les côtes algériennes d'environ  $15,76 \pm 0,60^\circ\text{C}$  et  $36,48 \pm 0,3$ , nous n'avons pas noté de différences significatives entre la mer d'Alboran et le bassin algérien.

Nous avons enregistré des concentrations moyennes en sels nutritifs suivantes à savoir : les nitrates de  $0,273 \pm 0,130 \mu\text{mol/l}$  ; les nitrites de  $0,085 \pm 0,065 \mu\text{mol/l}$  ; le phosphore, de  $0,286 \pm 0,395 \mu\text{mol/l}$  et les silicates de  $0,375 \pm 0,366 \mu\text{mol/l}$ , au niveau du bassin algérien et de la mer d'Alboran. Nous remarquons un gradient décroissant de l'Ouest vers l'Est.

Nous avons aussi procéder à l'identification et la détermination des espèces de phytoplancton, permettant de décrire la diversité des populations au sein de la communauté, 361 espèces, rassemblant plusieurs genres, ont été identifiées. Les Dinoflagellés sont les plus représentées avec 60,11 % d'espèces, les diatomées représentent 38,50% et les autres espèces ne représentent que 1,39%.

Nous avons remarqué une tendance à l'augmentation d'Ouest vers l'Est de l'indice diatomée.

Nous avons déterminé aussi, la composition spécifique et la dynamique de production aussi bien d'un point de vue densité cellulaire que production primaire (chlorophylle a), nos résultats ont été dans la plupart des cas conformes aux travaux déjà réalisés dans le bassin occidental de la méditerranée et le bassin algérien.

Enfin, notre travail apporte une contribution complémentaire par rapport aux travaux antérieurs, réalisés dans la région, par l'étendue de la zone d'étude concernée, qui est plus importante englobant les zones estuariennes, baies, zones calmes et mer ouverte.

**Mots clé :** Phytoplancton ; mer d'Alboran ; bassin algérien ; diversité et production primaire

## **Abstract**

Knowledge of the taxonomic composition of phytoplankton communities is necessary for monitoring the productivity of an environment. It is through the understanding of the mechanisms, which promote the succession within phytoplankton populations, that we can estimate the productive capacities of the studied environments. The main purpose of this study is to make a quantitative and qualitative assessment, in order to explore the diversity of the phytoplankton community and the differences that exist between the Alboran Sea and the Algerian basin, which will allow us to decide about the general state of the phytoplankton ecosystem on the Algerian coast.

We made an assessment of the environmental factors that affect the structure and dynamics of phytoplankton communities; We recorded a mean seasonal temperature and salinity, respectively, on the Algerian coasts of about  $15.76 \pm 0.60$  ° C and  $36.48 \pm 0.3$  PSU and we did not note any significant differences between the Alboran Sea and the Algerian basin.

Mean nutrients concentrations were recorded as follows: nitrates of  $0.273 \pm 0.130$   $\mu\text{mol} / \text{l}$ ; nitrites of  $0.085 \pm 0.065$   $\mu\text{mol} / \text{l}$ ; phosphorus, of  $0.286 \pm 0.395$   $\mu\text{mol} / \text{l}$  and silicates of  $0.375 \pm 0.366$   $\mu\text{mol} / \text{l}$ , in the Algerian basin and the Alboran Sea. We notice a decreasing gradient from West to East.

We also identified and determined the phytoplankton species that describe the diversity of populations within the community; 361 species, comprising several gender, have been identified.

Dinoflagellates are the most represented with 60.11% of species, diatoms represent 38.50% and other species represent only 1.39%.

We have noticed a trend of west to East increases in the diatom index.

We have also determined the specific composition and the production dynamics in term of cell density and primary production point of view (chlorophyll a). Our results have, in most cases, been coherent with the work already conducted in the western basin of the Mediterranean and the Algerian basin.

Finally, our work provides a complementary contribution to previous work carried out in the region, by the extent of the study area concerned, which is more important encompassing the estuarine areas, bays, calm areas and open sea.

**Keywords** : Phytoplankton ; Alboran sea ; Algerian basin; diversity and primary production

## ملخص

معرفة التكوين التصنيفي لمجتمعات العوالق النباتية ضرورية لرصد إنتاجية النظام البيئي. من خلال فهم الآليات التي تفضل تعاقب مجموعات العوالق النباتية يمكننا تقدير القدرات الإنتاجية للبيئات التي تمت دراستها.

الغرض الرئيسي من هذه الدراسة هو إجراء تقييم كمي ونوعي ، من أجل استكشاف تنوع مجتمع العوالق النباتية والاختلافات الموجودة بين بحر البوران والحوض الجزائري ، مما سيمكننا من اتخاذ قرار بشأن الحالة العامة للنظام البيئي للعوالق النباتية بالساحل الجزائري.

بالتالي، قمنا بإجراء تقييم للعوامل البيئية التي تؤثر على بنية وديناميات مجتمعات العوالق النباتية ؛ سجلنا متوسط درجة الحرارة والملوحة الموسمية على السواحل الجزائرية حوالي  $15.76 \pm 0.60$  درجة مئوية و  $36.48 \pm 0.3$  ، ولم نلاحظ أي فروق ذات دلالة إحصائية بين بحر البوران والحوض الجزائري.

تم تسجيل متوسط تركيزات المواد الغذائية على النحو التالي: النترات من  $0.130 \pm 0.273$  ميكرو لتر / لتر ؛ النتريت من  $0.065 \pm 0.085$  ميكرو ل / لتر ؛ الفوسفور ، من  $0.395 \pm 0.286$  ميكرو لتر / لتر والسيليكات من  $0.366 \pm 0.375$  ميكرو ليتر / لتر ، على مستوى الحوض الجزائري وبحر البوران. نلاحظ انخفاض التدرج من الغرب إلى الشرق.

لقد شرعنا أيضًا في تحديد وتحديد أنواع العوالق النباتية، لوصف تنوع المجموعات السكانية في المجتمع، وتم تحديد 361 نوعًا ، تضم عدة أجناس. تمثل *Dinoflagellates* الأكثر تمثيلًا بنسبة 60.11% من الأنواع ، وتمثل الدياتومات 38.50% ، بينما تمثل الأنواع الأخرى 1.39% فقط.

لقد لاحظنا وجود اتجاه نحو الزيادة الغربية لمؤشر المشطورة.

أخيرًا، حددنا أيضًا ديناميكيات الإنتاج والإنتاج المحددة من كل من كثافة الخلية ومن وجهة نظر الإنتاج الأولية (الكلوروفيل أ)، وكانت نتائجنا في معظم الحالات متماشية مع العمل الذي تم بالفعل في الماضي. الحوض الغربي للبحر الأبيض المتوسط والحوض الجزائري.

أخيرًا، يوفر عملنا مساهمة تكميلية في الأعمال السابقة المنجزة في المنطقة من خلال نطاق منطقة الدراسة المعنية، والتي تعد أكبر بما في ذلك مناطق مصبات الأنهار والخلجان والمناطق الهادئة والبحر المفتوح.

**الكلمات المفتاحية:** العوالق النباتية؛ بحر البوران؛ حوض جزائري؛ التنوع والإنتاج الأولي

## Sommaire

<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I : Généralités sur la Méditerranée .....</b>	<b>5</b>
1- la Méditerranée.....	6
1-1- Présentation de la Méditerranée.....	6
1-2- Origine géologique du bassin occidental.....	7
1-3- Le bassin méditerranéen occidental.....	7
2- La circulation générale et principales masses d'eau dans le bassin occidental.....	10
2-1- Les masses d'eau en Méditerranée occidentale.....	11
2-2- Description synthétique de la circulation générale dans le bassin ouest de la méditerranée.....	11
3- Les écosystèmes phytoplanctoniques en Méditerranée ouest – Méditerranéen.....	15
4- Particularité des écosystèmes côtiers d'Algérie.....	17
5- Particularité des zones d'enrichissement directe (estuaire).....	18
<b>CHAPITRE II : Généralités sur le phytoplancton.....</b>	<b>20</b>
1- le phytoplancton.....	21
1-1- Organisation du phytoplancton.....	22
1-1-1- Les Bacillariophycées (ou Diatomées).....	23
1-1-2- Les Dinophycées ou Dinoflagellés.....	24
1-1-3- Les Coccolithophoridés.....	27
1-2- Ecologie du phytoplancton.....	28
2- Impacts des facteurs physiques du milieu sur le phytoplancton.....	31
2-1- Température.....	31
2-2- Hydrodynamisme.....	31
2-3- Précipitation.....	32
2-4- Crues et ruissèlements.....	33
3- Impacts des facteurs chimiques sur la dynamique du phytoplancton.....	34
3-1- Le Potentiel d'hydrogène (pH).....	34
3-2- La salinité.....	34
3-3- L'Oxygène dissous.....	35
3-4- Les Nutriments.....	36

3-4-1- L'Azote ammoniacal.....	36
3-4-2- Les Nitrites (NO <sub>2</sub> ).....	37
3-4-3- Les Nitrates (NO <sub>3</sub> ).....	37
3-4-4- Le Phosphore.....	38
3-4-5- Silicate.....	38
<b>CHAPITRE III : Matériels et méthodes.....</b>	<b>42</b>
1- Matériels et méthodes et sites d'échantillonnage.....	43
1-1- Présentation générale des campagnes ALPEL du CNRDPA.....	43
1-2- Présentation des zones d'échantillonnage.....	43
1-2-1- La mer d'Alboran.....	43
1-2-2- Le bassin algérien.....	44
1-3- Stratégie et méthodes d'échantillonnage.....	45
1-3-1- Mesure hydrologique.....	46
1-3-2- Prélèvement et traitement des échantillons.....	46
1-4- Traitement des échantillons de phytoplancton.....	47
1-4-1- Sédimentation des échantillons.....	47
1-4-2- Observation et identification des espèces.....	47
1-4-3- Le comptage des cellules phytoplanctoniques.....	48
2- Méthodes et paramètres d'Analyses utilisées.....	48
2-1- Analyse qualitative.....	48
2-1-1- Diversité globale.....	48
2-1-2- Méthodes univariées.....	49
2-1-2-1- Richesse spécifique.....	49
2-1-2-2- Fréquence relative.....	49
2-1-3- Indices de diversité.....	49
2-1-3-1- Indice de Shannon-Wiener (H') et indice d'équitabilité de Piélou (J').....	50
2-1-3-3- Indice de Simpson et indice de diversité de Simpson.....	52
2-1-3-4- L'indice Diatomées / Dinoflagellés (indice Dia / Dino).....	52
2-1-4- Méthodes graphiques.....	53
2-1-4-1- Diagramme rangs-fréquences et successions écologiques.....	53
2-1-5- Méthodes multivariées.....	56
2-2- Analyse quantitative.....	56

2-2-1- Abondance.....	56
2-2-2- Abondance relative.....	56
2-3- Analyse des données.....	57
2-3-1- Analyse en Composantes Principales (ACP).....	57
<b>CHAPITRE IV : résultats et discussion.....</b>	<b>58</b>
<b>Partie A : Caractérisation physique et chimique.....</b>	<b>59</b>
1- Analyse des paramètres du milieu.....	60
1-1- Température.....	60
1-1-1- Evolution de la température dans le temps.....	60
1-1-2- Evolution de la température sur la côte algérienne.....	61
1-2- Salinité.....	62
1-1-1- Evolution de la salinité dans le temps.....	63
1-1-2- Evolution de la salinité sur la côte algérienne.....	63
2- Paramètres chimiques : Sels nutritifs.....	65
2-1- Nitrites et Nitrates .....	67
2-2- Phosphore .....	69
2-3- Rapport de Redfield N/P.....	70
2-4- Le silicate .....	73
<b>Partie B : Analyse qualitative et quantitative du phytoplancton.....</b>	<b>76</b>
1- Structure et évolution des communautés phytoplanctoniques.....	77
2- Etude qualitative.....	77
2-1- Composition spécifique et structure des communautés.....	77
2-2- Composition spécifiques et structure des communautés par année et zone.....	78
2-3- Analyse de la diversité spécifique dans le temps par wilaya et par station.....	80
3- Composition taxonomique en fonction des stations.....	84
3-1- Printemps 2013.....	84
3-2- Printemps 2014.....	85
3-3- Printemps 2015.....	86
4- Fréquence relative phytoplanctonique des trois campagnes .....	87
5- Indices de diversité phytoplanctonique des trois campagnes .....	88
5-1- Indice de Shannon.....	88
5-1-1- Résultats de la campagne ALPEL 1.....	88

5-1-2- Résultats de la campagne ALPEL 2.....	89
5-1-3- Résultats de la campagne ALPEL 3.....	91
5-2- Indice de Simpson.....	92
5-3- L'indice Diatomées / Dinoflagellés (indice Dia / Dino).....	94
5-3-1- Analyse en composante principale de l'indices Dia/Dino des trois campagnes APLEL 1, ALPEL 2 et ALPEL 3.....	96
<b>Partie C : L'abondance et production primaire.....</b>	<b>98</b>
1- Abondance .....	99
2- Chlorophylle a (production primaire) .....	100
3- Evolution de l'Abondance et de la chlorophylle a, sur la côte algérienne.....	101
3-1- Evolution de l'Abondance et de la chlorophylle a, sur la côte algérienne durant la campagne ALPEL 1.....	101
3-2- Evolution de l'Abondance et de la chlorophylle a, sur la côte algérienne durant la compagne ALPEL 2.....	102
3-3- Evolution de l'Abondance et de la chlorophylle a, sur la côte algérienne durant la campagne ALPEL 3.....	103
4- Diagrammes Rang-Fréquence.....	104
4-1- Analyse des Diagrammes Rangs Fréquences DRF de la compagne ALPEL1.....	104
4-2- Analyse des Diagrammes Rangs Fréquences DRF de compagne ALPEL2.....	106
4-3- Analyse des Diagrammes Rangs Fréquences DRF de compagne ALPEL3.....	108
<b>Discussion générale et conclusion .....</b>	<b>111</b>
- Discussion générale .....	112
- Conclusion .....	117
<b>Références Bibliographiques.....</b>	<b>119</b>
<b>Annexes.....</b>	

## Liste les figures

<b>Figure 1.</b> Carte structurale schématique des rives de la Méditerranée occidentale (d'après Coutelle et Delteil, 1989).....	<b>8</b>
<b>Figure 2.</b> Carte du bassin méditerranéen avec et localisation des principaux sous-bassins (Millot et Taupier-Letage, 2005).....	<b>9</b>
<b>Figure 3.</b> Bathymétrie de la Méditerranée Occidentale (Damien 2015).....	<b>10</b>
<b>Figure 4</b> (a, b, c). La Méditerranée occidentale : circulation des principales masses d'eau. (D'après Millot, 1999, modifiée).....	<b>14</b>
<b>Figure 5.</b> La productivité phytoplanctonique en Méditerranée. Concentrations de chlorophylle à la surface (Bosc et <i>al.</i> , 2004).....	<b>16</b>
<b>Figure 6.</b> Courantologie méditerranéenne : courants de surface (a) ; courants de profondeur (b) ; échelle 1/500Km. (d'après, I.O.P.R., 1996).....	<b>18</b>
<b>Figure 7.</b> Morphologie du frustule des diatomées, d'après une cellule type d'une Centrale et d'une Pennale. (A) représente l'axe apical; (B) l'axe transapical; (C) l'axe perivalvaire. (Bérard-Therriault. L et all 2000).....	<b>24</b>
<b>Figure 8.</b> Morphologie d'un dinoflagellé nu de type <i>Gyrodinium</i> . (Bérard-Therriault. L et al 1999).....	<b>25</b>
<b>Figure 9.</b> Morphologie d'un dinoflagellé avec thèque de type <i>Protoperidinium</i> et la numérotation des plaques sur la thèque: (A) vue ventrale, (B) vue dorsale, (C) vue apicale, (D) vue antapicale (inversée). (Bérard-Therriault. L et al 1999).....	<b>26</b>
<b>Figure 10.</b> Morphologie d'une coccolithophoridés (Trégouboff, 1957).....	<b>27</b>
<b>Figure 11.</b> Schéma de morphologie interne d'une coccolithophoridés (Trégouboff, 1957).....	<b>27</b>
<b>Figure 12.</b> Réactions biologiques impliquant les composés azotés	
<b>Figure 13.</b> Distribution relative des espèces chimiques majoritaires du silicium dissous en conditions thermodynamiques comparables à l'eau de mer (0,6M NaCl, 25°C) en fonction du pH de la solution.....	<b>39</b>
<b>Figure 14.</b> Carte de positionnement des aires de prélèvement des différentes campagnes avec : A, 2013 ; B, 2014 et C, 2015.....	<b>45</b>

<b>Figure 15.</b> Schéma montrant les stades de succession écologique, d'après Frontier (1976)....	<b>54</b>
<b>Figure 16.</b> Variation de températures moyennes durant les campagnes ALPEL 1, ALPEL 2 et ALPEL 3 sur les côtes algériennes .....	<b>61</b>
<b>Figure 17.</b> Variation des températures moyennes au niveau des côtes algériennes durant les campagnes ALPEL 1, ALPEL 2 et ALPEL 3 .....	<b>62</b>
<b>Figure 18.</b> Variation de la salinité moyenne durant les campagnes ALPEL 1 ALPEL2 ALPEL 3 sur les côtes algériennes.....	<b>63</b>
<b>Figure 19.</b> Evolution des valeurs de salinités au niveau des côtes algériennes durant les campagnes ALPEL 1 ALPEL 2 et ALPEL 3.....	<b>64</b>
<b>Figure 20.</b> Variation des concentrations de sels nutritifs sur les côtes algériennes (campagne ALPEL 1).....	<b>65</b>
<b>Figure 21.</b> Variation des concentrations de sels nutritifs sur les côtes algériennes (campagne ALPEL 3).....	<b>66</b>
<b>Figure 22.</b> Variation des teneurs en Nitrites et en Nitrates sur la côte algérienne durant la ALPEL 1.....	<b>68</b>
<b>Figure 23.</b> Variation des teneurs en Nitrites et en Nitrates sur la côte algérienne durant ALPEL 3.....	<b>68</b>
<b>Figure 24.</b> Variation des teneurs en orthophosphate sur la côte algérienne durant la campagne ALPEL 1 .....	<b>69</b>
<b>Figure 25.</b> Variation des teneurs en orthophosphate sur la côte algérienne durant campagne ALPEL 3.....	<b>70</b>
<b>Figure 26.</b> Représentation du rapport de Redfield en fonction des standard Redfield pour résultats de la campagne ALPEL 1.....	<b>72</b>
<b>Figure 27.</b> Représentation du rapport de Redfield en fonction des standard Redfield pour résultats de la campagne ALPEL 3.....	<b>72</b>
<b>Figure 28.</b> Variation des teneurs en silicate sur la côte algérienne durant la campagne ALPEL 1.....	<b>73</b>
<b>Figure 29.</b> Variation des teneurs en silicate sur la côte algérienne durant campagne ALPEL3.....	<b>74</b>

<b>Figure 30.</b> Une analyse en composantes principales pour les paramètres, d'orthophosphates, les silicates, et les nitrates pour les trois campagnes ALPEL 1 ALPEL 2 et ALPEL 3.....	<b>75</b>
<b>Figure 31.</b> Analyse en composante principale des données taxonomiques du phytoplancton de la campagne ALPEL 1 illustration (Groupe A et le Groupe B).....	<b>84</b>
<b>Figure 32.</b> Analyse en composante principale des données taxonomiques du phytoplancton de la campagne ALPEL 2 illustration (Groupe A et le Groupe B).....	<b>85</b>
<b>Figure 33.</b> Analyse en composante principale des données taxonomiques du phytoplancton de la campagne ALPEL 3 illustration (Groupe A ; le Groupe B et Groupe C).....	<b>86</b>
<b>Figure 34.</b> l'indice de diversité de Shannon durant la campagne ALPEL 1.....	<b>88</b>
<b>Figure 35.</b> l'indice de diversité de Shannon durant la campagne ALPEL 2.....	<b>90</b>
<b>Figure 36.</b> l'indice de Shannon en fonction de Hmax durant la campagne ALPEL 3.....	<b>91</b>
<b>Figure 37.</b> Indice de Simpson établie pour les espèces de phytoplancton échantillonnées sur la côte algérienne durant la campagne ALPEL 1.....	<b>93</b>
<b>Figure 38.</b> Indice de Simpson établie pour les espèces de phytoplancton échantillonnées sur la côte algérienne durant la campagne ALPEL LPEL 2.....	<b>93</b>
<b>Figure 39.</b> Indice de Simpson établie pour les espèces de phytoplancton échantillonnées sur la côte algérienne durant la campagne ALPEL 3.....	<b>93</b>
<b>Figure 40.</b> Illustration des variations de l'indice Dia/Dino sur la côte algérienne la campagne ALPEL 1.....	<b>95</b>
<b>Figure 41.</b> Illustration des variations de l'indice Dia/dino sur la côte algérienne la campagne ALPEL 2.....	<b>95</b>
<b>Figure 42.</b> Illustration des variations de l'indice Dia/dino sur la côte algérienne la campagne ALPEL 3.....	<b>96</b>
<b>Figure 43.</b> Représentation des variables dans un plan factoriel de l'A.C.P. effectuée à partir des valeurs de l'indice dia/dino pour les trois années d'évaluation.....	<b>97</b>
<b>Figure 44</b> Variation de la densité cellules part litre ( $\text{cell.L}^{-1}$ ) durant les campagnes ALPEL 1, ALPEL 2 et ALPEL 3.....	<b>99</b>
<b>Figure 45.</b> Variation de la chlorophylle a durant les campagnes ALPEL 1, ALPEL 2 et	<b>100</b>

ALPEL 3.....	
<b>Figure 46.</b> Evolution de l'Abondance et de la chlorophylle a, sur les côtes algériennes durant la campagne ALPEL1.....	<b>101</b>
<b>Figure 47.</b> Evolution de l'Abondance et de la chlorophylle a, sur les côtes algériennes durant la campagne ALPEL2.....	<b>102</b>
<b>Figure 48.</b> Evolution de l'Abondance et de la chlorophylle a, sur les côtes algériennes durant la campagne ALPEL3.....	<b>103</b>
<b>Figure 49.</b> DRF des sites de la mer d'Alboran durant la campagne ALPEL 1.....	<b>105</b>
<b>Figure 50.</b> DRF des sites du bassin algérien durant la campagne ALPEL 1.....	<b>106</b>
<b>Figure 51.</b> DRF des sites de la mer d'Alboran durant la campagne ALPEL 2.....	<b>107</b>
<b>Figure 52.</b> DRF des sites du bassin algérien durant la campagne ALPEL 2.....	<b>108</b>
<b>Figure 53.</b> DRF des sites de la mer d'Alboran durant la campagne ALPEL 3.....	<b>109</b>
<b>Figure 54.</b> DRF des sites du bassin algérien durant la campagne ALPEL 3.....	<b>110</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1.</b> Exemples de successions saisonnières en Méditerranée (d'après Rossi, 2008).....	<b>30</b>
<b>Tableau 2.</b> Apport d'éléments nutritifs dans le bassin méditerranéen (d'après Rossi, 2008)...	<b>33</b>
<b>Tableau 3.</b> 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>51</b>
<b>Tableau 4.</b> Succession phytoplanctonique d'après Margalef (1961) et Frontier (1969) - Travers (1971).....	<b>55</b>
<b>Tableau 5.</b> Stœchiométrie des autotrophes dans différents écosystèmes (Bryere, 2010).....	<b>70</b>
<b>Tableau 6.</b> Récapitulatif de la richesse spécifique du phytoplancton et des pourcentages de dinoflagellés et de diatomées en 2013 sur toute la côte algérienne.....	<b>78</b>
<b>Tableau 7.</b> Récapitulatif de la richesse spécifique du phytoplancton et des pourcentages de dinoflagellés et de diatomées en 2014 sur toute la côte algérienne.....	<b>79</b>
<b>Tableau 8.</b> Récapitulatif de la richesse spécifique du phytoplancton et des pourcentages de dinoflagellés et de diatomées en 2015 sur toute la côte algérienne.....	<b>79</b>
<b>Tableau 9.</b> Comparatif des résultats de la Répartition et la composition de la richesse spécifique des espèces phytoplanctonique de la côte algérienne avec ceux de la bibliographie en pourcentage.....	<b>80</b>
<b>Tableau 10.</b> Récapitulatif des genres et espèces de phytoplancton les plus représentées par wilaya, sur la côte algérienne en en 2013.....	<b>81</b>
<b>Tableau 11.</b> Récapitulatif des genres et espèces de phytoplancton les plus représentées par wilaya, sur la côte algérienne en en 2014.....	<b>82</b>
<b>Tableau 12.</b> Récapitulatif des genres et espèces de phytoplancton les plus représentées par wilaya, sur la côte algérienne en en 2015.....	<b>83</b>
<b>Tableau 13.</b> Récapitulatif des compositions taxonomiques du phytoplancton de la campagne ALPEL 1 de la côte algérienne.....	<b>84</b>
<b>Tableau 14.</b> Récapitulatif des compositions taxonomiques du phytoplancton de la campagne ALPEL 2 de la côte algérienne.....	<b>85</b>
<b>Tableau 15.</b> Récapitulatif des compositions taxonomiques du phytoplancton de la campagne ALPEL 3 de la côte algérienne.....	<b>86</b>

<b>Tableau 16.</b> Récapitulatif des fréquences relatives du phytoplancton des trois campagnes des côtes algériennes.....	<b>87</b>
<b>Tableau 17.</b> Récapitulatif des variations des indices de Shannon ( $H'$ ) et de Pielou (J) au niveau des zones d'échantillonnage durant la campagne ALPEL 1.....	<b>89</b>
<b>Tableau 18.</b> Récapitulatif des variations des indices de Shannon ( $H'$ ) et de Pielou (J) au niveau des zones d'échantillonnage durant la campagne ALPEL 2.....	<b>90</b>
<b>Tableau 19.</b> Récapitulatif des variations des indices de Shannon ( $H'$ ) et de Pielou (J) au niveau des zones d'échantillonnage durant la campagne ALPEL 3.....	<b>92</b>

## Liste des planches et schéma

<b>Planche I :</b> _Espèces de phytoplancton identifiées et observées au microscope optique au grossissement40X.....	<b>23</b>
--	-----------

## Liste des abréviations

**EAM** - l'Eau Atlantique Modifiée

**MAW** - Modified Atlantic Water);

**ELI**- l'Eau Levantine Intermédiaire

**LIW** - Levantine Intermediate Water) ;

**EPMO** -l'Eau Profonde de Méditerranée Occidentale

**WMDW** - Western Mediterranean Deep Water).

**TDW** - Tyrrhenian dense water).

**CNRDPA**- Centre National de Recherché et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture

**ERH** - d'Evaluation des Ressources Halieutiques

**ALPEL** - Campagne d'évaluation des ressources pélagiques.

**Dia/Dino** - L'indice diatomée/dinoflagellé

**DRF** - Diagrammes Rangs-Fréquences

**tle** – Tlemcen

**ain-t**- Ain-Temouchent

**mosta**- Mostaganem

**tpz** - Tipaza

**bmrds** - Boumerdés

**tiz** - Tizi-Ouzou

**bjja** - Bejaia

**jjjl** - Jijel

**skd** - Skikda

**anb** - Annaba

**etrf** - El tref

# *Introduction*

### Introduction

Les populations phytoplanctoniques et leurs compositions évoluent sous l'effet, des structures physiques, chimiques et biologiques des milieux. Cette variation est à toutes les échelles de temps et d'espace, de quelques minutes à quelques millions d'années, du millimètre au millier de kilomètres (Haury et *al.*, 1978). Dans le cadre du changement global, de nombreux travaux portent sur les changements à long terme, c'est-à-dire sur quelques dizaines d'années (Licandro et *al.*, 2001 ; Beaugrand et *al.*, 2003 ; Molinério et *al.* 2005). D'autres étudient la variabilité annuelle (Bégovic et Copin-Montégut, 2002 ; Cuny et *al.*, 2002) et saisonnière (Boucher et *al.*, 1987 ; Tunin-Ley et *al.*, 2007) dans l'océan global ou à l'échelle du bassin (Atlantique, Méditerranée, Pacifique, ...).

En effet, aujourd'hui, la Méditerranée est une mer semi fermée avec une densité populaire importante, plus de 150 millions d'habitants sur 46 000 km de côtes, vivant dans des nombreuses agglomérations (Marseille, Barcelone, Athènes, Alger, Le Caire ...), ils ont fait depuis des lustres de la mer leur gagne vie. À cela ne suffit, nous enregistrons une urbanisation croissante. Le trafic maritime y est intense (200 000 traversées par an), cette région du globe est une voie de passage pour de nombreuses marchandises et le lieu de fortes activités industrielles, touristiques (100 millions de touristes par an), halieutiques (100.000 emplois répartis sur 40 000 navires) et pétrolières (60 raffineries de pétrole versant 20 000 tonnes/an de pétrole à la mer, données de (l'Union Mondiale pour la Nature, [www.iucn.org](http://www.iucn.org)).

L'action anthropique en Méditerranée est par conséquent extrêmement forte : pollution atmosphérique et maritime, eutrophisation des milieux marins côtiers, surpêche et introduction de nouvelles espèces sont autant d'exemples de l'influence directe de l'Homme sur le système méditerranéen.

La réaction des écosystèmes se fait à différents niveaux écologiques, et font l'objet de plusieurs études. Mais l'un des éléments le plus vulnérable reste le phytoplancton, qui est le compartiment à la base de la chaîne alimentaire aquatique et par conséquent une composante clé des réseaux trophiques. C'est dans cet esprit que l'étude de ce compartiment (tant sur la dynamique, la diversité, la distribution et le rôle)

est d'une importance capitale dans les recherches et les suivis écologiques des écosystèmes marins (Pearl 1997, Padisák 2006).

La diversité biologique, fait l'objet d'une évolution rapide sous la pression conjuguée de tous les changements climatiques, de la pollution, qui implique des changements dans la distribution des espèces autochtones (Turley, 1999; Bianchi et Morri, 2000; Vadrucci *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 au sein des populations de phytoplancton que l'on peut estimer les capacités productives des milieux étudiés (Cloutier, 1984).

En effet, le présent travail de recherche s'inscrit dans une démarche globale de recherche basée sur une méthode éco-systémique pour l'évaluation des ressources halieutiques sur les côtes algériennes, initié par le Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (CNRDPA).

A cet effet, cette partie concerne la détermination et l'évaluation des composantes des populations phytoplanctoniques des différentes régions de la côte algérienne, en fonction des wilayas et en fonction des régions (mer d'Alboran et bassin algérien). Le but principal de cette étude est de faire une évaluation quantitative et qualitative, afin d'explorer la diversité de la communauté phytoplanctonique et les différences qui existent d'une zone à l'autre, ce qui nous permettra de statuer sur l'état général de l'écosystème phytoplanctonique de la côte algérienne.

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 conclusion générale.

***CHAPITRE I :***  
***Généralités sur la Méditerranée***

### 1- La Méditerranée

#### 1-1- Présentation de la Méditerranée

La Méditerranée est une mer intérieure, qui présente une superficie de  $2,5.10^6$  km<sup>2</sup>, un volume de  $3,7.10^6$  km<sup>3</sup>, et une profondeur moyenne de 1500m, elle est, située à la frontière entre l'Afrique et l'Europe, est influencée par un climat tempéré au Nord et par un climat aride au Sud et à l'Est. Elle se divise en deux principaux bassins : la Méditerranée Occidentale et la Méditerranée Orientale. 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).

La forte évaporation due au climat aride auquel est soumise la Méditerranée est à l'origine de la densité plus importante de ses eaux comparées à celles originaires de l'Océan Atlantique. Cette particularité fait de la Mer Méditerranée un bassin de concentration. La conservation du sel est assurée à travers les échanges à Gibraltar impliquant les eaux moins salées de l'Atlantique ( $S_1 = 36,2$ ) et les eaux plus salées ( $S_2 = 38,4$ ) sortant de la Méditerranée en profondeur (Tchernia, 1978).

Les deux principaux sous-bassins possédant des caractéristiques très différentes. Le bassin Ouest est formé de la mer d'Alboran, du bassin Algérien, du bassin Liguro-Provençal et enfin du bassin Tyrrhénien. Le bassin Ouest qui est directement relié au détroit de Gibraltar et donc à l'océan global, cette particularité soumet les eaux de ce bassin aux fluctuations des caractéristiques des eaux Atlantiques entrantes. Les eaux du bassin Ouest sont plus froides et moins salées que celles du bassin Est. Ce dernier se compose du bassin Ionien, de la mer Adriatique, du bassin Levantin et de la mer Egée. Soumis à un climat beaucoup plus continental et aride, l'évaporation au dessus de cette région est importante, amenant jusqu'à une salinité moyenne de plus de 38,45 en surface (Bryden et Kinder, 1991).

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*, 1993). 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 (Quéguiner *et al.*, 2011).

Enfin il est important de signaler, que le temps de résidence des eaux en Méditerranée, est estimé à une centaine d'années (Stratford et Williams, 1997).

### **1-2- Origine géologique du bassin occidental**

La mer Méditerranée, est liée au système alpin, et est de genèse récente, Mio-Pliocène, après la collision entre l'Afrique chevauchant l'Europe à l'Ouest et l'Europe chevauchant l'Afrique à l'Est, collision qui a donné naissance aux chaînes alpines. Le bassin occidental est interne aux chaînes Alpines, tandis que le bassin oriental leur est externe, avec une vergence africaine-arabique-indienne presque exclusive.

### **1-3- Le bassin méditerranéen occidental**

Le bassin méditerranéen occidental, a une structure particulière avec ses contours compliqués, ses côtes généralement abruptes et ses grandes îles qui le subdivisent en bassins qui prennent parfois le nom de "*mer*".

Les auteurs s'accordent à compartimenter le bassin occidental en six bassins : la mer d'Alboran, le bassin Algérien, la mer des Baléares, le bassin nord-occidental, la mer Ligure et la mer Tyrrhénienne (Figure.1). Cinq principales grandes îles délimitent ces bassins :



**Figure 1.** Carte structurale schématique des rives de la Méditerranée occidentale (d'après Coutelle et Delteil, 1989)

Si la **Mer d'Alboran**, le **Bassin Algérien** et la **Mer Tyrrhénienne** sont implantés au cœur des unités alpines, le **Bassin Provençal** est lui, majoritairement, en dehors de l'édifice alpin. Sous forme d'un bras de mer relativement peu profond, le large couloir marin qui fait communiquer le Bassin Algérien avec la Mer Ionienne recoupe entièrement l'orogène alpin ; ceci l'oppose au reste du bassin occidental, majoritairement en dessous des 2000 m de profondeur, et où le contact terre-mer est brutal, seulement adouci dans les zones à forts apports fluviales.

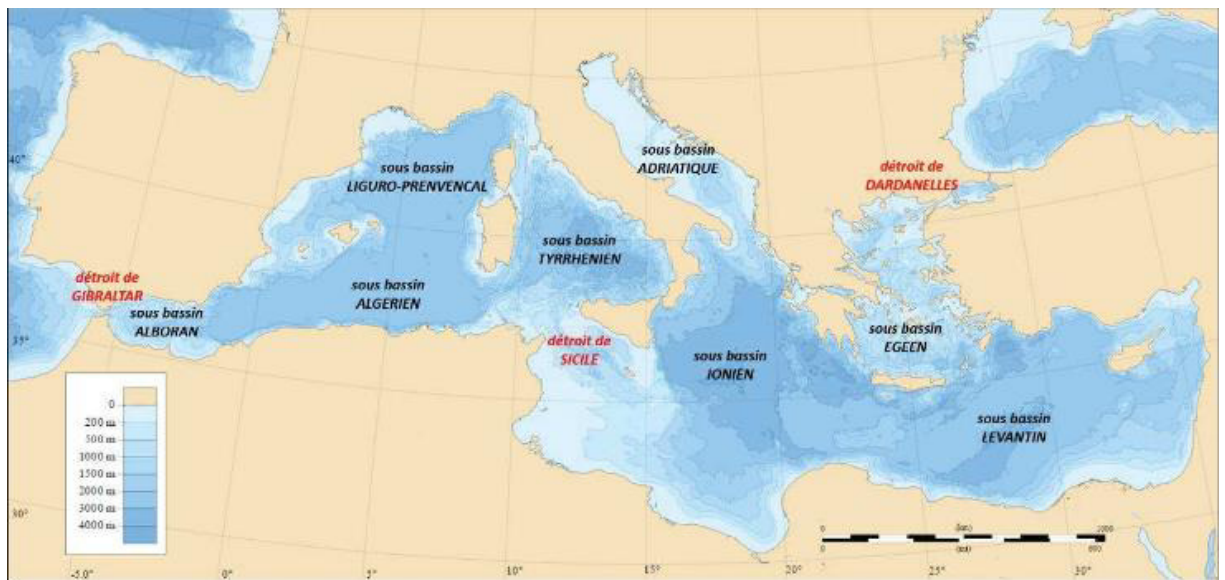
**La mer d'Alboran** : qui borde une chaîne tortonienne n'existe vraiment que depuis le Pliocène (Olivet *et al.*, 1973), d'abord comme un bras de mer entre l'Ibérie et l'Afrique. Elle est un bassin d'arrière-arc, de l'arc de Gibraltar et non de l'arc rifain (Comas *et al.*, 1996 ; Gutcher *et al.*, 2002).

Elle est comprise entre l'Espagne, le Maroc et l'Algérie et délimitée à l'Ouest par le détroit de Gibraltar et à l'Est par la ligne entre le Cap de Gata (Almeria, Espagne) et le Cap Fegalo (Oran, Algérie). Cette ligne imaginaire ne définit pas une frontière physique stricte, mais une délimitation approximative des processus écologiques et les fluctuations des caractéristiques physiques (Figure.2).

**La mer des Baléares** : elle est délimitée au Nord par les côtes Espagnoles et les trois îles Baléares au Sud.

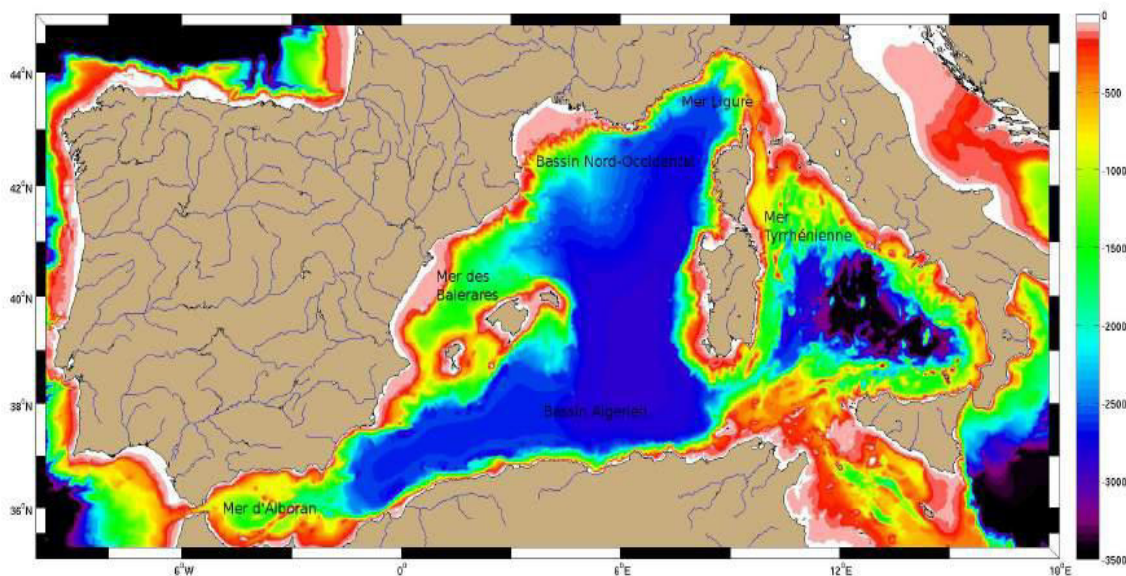
**Le bassin Algérien** : il est délimité au Nord-Ouest par les trois îles Baléares ; au Nord-Est par la Sardaigne et au Sud par les côtes algériennes.

**Le bassin nord-occidental** : il est délimité par les côtes françaises au Nord et la Corse et la Sardaigne à l'Est.



**Figure 2** : Carte du bassin méditerranéen avec et localisation des principaux sous-bassins (Millot et Taupier-Letage, 2005).

La Méditerranée Occidentale n'est pas une mer très profonde (environ 2600m au maximum) et comporte de vastes zones peu profondes dont le Golfe du Lion est l'exemple le plus évident. Elle est reliée à l'ouest à l'Océan Atlantique par le détroit de Gibraltar (d'environ 14 km de large et 300 m de profondeur) et à l'Est à la Méditerranée Orientale par le détroit de Sicile (environ 150 km de large et 400 m de profondeur). Ces détroits étant peu profonds, la profondeur des échanges est donc restreinte. (Figure 3)



**Figure 3.** Bathymétrie de la Méditerranée Occidentale (Damien, 2015).

Le climat en Méditerranée est aride. A cet effet, les apports en eau douce (précipitations, ruissèlement, fleuves) et les apports de la mer Noire ne suffisent pas à compenser les pertes par évaporation (Bryden et *al.*, 1994). Ce déficit est compensé par des échanges d'eau à Gibraltar. Le flux d'eau au niveau du Déroit est la somme d'un flux d'eaux Atlantiques plutôt chaudes et peu salées (environ 0,78 Sv sachant que 1 Sv = 106 m<sup>3</sup>/s) entrant en surface et d'un flux plus faible d'eaux Méditerranéennes plutôt froides et salées sortant en profondeur (d'environ 0,67Sv) (Bryden et *al.*, 1994, Tsimplis and Bryden 2000 ; Criado-Aldeanueva et *al.* 2012). Son bilan de chaleur montre qu'elle est également un bassin qui globalement perd de la chaleur.

Selon (Bethoux et *al.*, 1999), la mer Méditerranée est comparable à un océan miniature. En effet, elle fait intervenir dans un espace relativement réduit des processus hydrodynamiques similaires à ceux liés au fonctionnement d'un océan global, impliquant des échelles spatiales et temporelles variables. La circulation globale à grande échelle est quasiment stationnaire, alors que la formation d'eaux denses dans le bassin Nord Occidental fait appel à des processus à l'échelle du kilomètre pendant quelques heures.

## **2- La circulation générale et principales masses d'eau dans le bassin occidental**

La Méditerranée occidentale est reliée à l'océan Atlantique par le déroit de Gibraltar, et à la Méditerranée orientale par le déroit de Sicile. Son climat aride, avec de faibles

précipitations (Tchernia, 1978) entraîne une perte d'eau douce par évaporation qui est supérieure aux apports issus des précipitations, des fleuves et de la mer Noire. On peut dire que la mer Méditerranée est un bassin de concentration et d'évaporation. (Bryden et *al.*, 1994) proposent une estimation de la perte d'eau nette (Évaporation - Précipitations - Ruissellement) en Méditerranée qui varient entre 0,47 m/an et 1,31 m/an selon les auteurs. Cette évaporation intense induit un déficit net d'eau douce qui est compensé par l'entrée d'eau d'origine atlantique au niveau du détroit de Gibraltar, et est un des principaux moteurs de la circulation thermohaline en Méditerranée (Herrmann, 2007).

La différence de densité des masses d'eau qui se crée dans les différents compartiments de cette mer intérieure va induire un échange de masses d'eau de densités différentes aux niveaux des deux détroits et qui vont être à l'origine de la circulation générale dans le bassin méditerranéen occidental, décrite par (Millot, 1987 et Millot, 1999) et (Obaton, 1998), qui donnent un résumé des connaissances sur la circulation en Méditerranée.

### 2-1- Les masses d'eau en Méditerranée occidentale

Selon (Millot 1999 et Send et *al.*, 1999), les principales masses d'eau de la Méditerranée nord-occidentale sont :

- l'Eau Atlantique Modifiée (EAM) (MAW, Modified Atlantic Water);
- l'Eau Levantine Intermédiaire (ELI) (LIW, Levantine Intermediate Water) ;
- l'Eau Profonde de Méditerranée Occidentale (EPMO) (WMDW, Western Mediterranean Deep Water).

On peut également mentionner la TDW (Tyrrhenian dense water).

### 2-2- Description synthétique de la circulation générale dans le bassin ouest de la méditerranée.

L'eau atlantique modifiée MAW se forme par l'eau atlantique qui entre en surface au niveau du détroit de Gibraltar, cette eau est légère, peu salée et froide. (Bryden et *al.* 1994) estiment à  $0,72 \pm 0,16$  Sv le flux d'eau entrant à Gibraltar. L' MAW va faire un parcours en tourbillons en Méditerranée occidentale dans la couche supérieure qui ne dépasse pas la centaine de mètres de profondeur (Figure. 4a), durant ce parcours cette masse d'eau est, soumise à l'évaporation et au mélange, ainsi sa salinité passe de 36.5

psu au niveau de Gibraltar à 38,0-38,3 psu en Méditerranée Nord-Occidentale, et sa température varie entre 14°C et 15°C. Ce déplacement dure environ une année.

La MAW arrive de l'Atlantique par le Gibraltar, longe la côte espagnole en mer d'Alboran puis rejoint, la côte africaine. Elle parcourt celle-ci jusqu'au détroit de Sicile suivant le courant Algérien, en engendrant des tourbillons cycloniques et anticycloniques qui transportent une partie de la MAW vers le nord (Taupier-Letage et Millot, 1988). Au niveau du détroit de Sicile, une partie continue vers la Méditerranée orientale. Le reste de la MAW remonte au nord du bassin occidental en mer Tyrrhénienne en longeant la côte italienne de façon cyclonique. Formant le courant Est-Corse, elle franchit le canal Corse et pénètre dans le golfe de Gênes où elle rejoint le courant Ouest-Corse, qui remonte du bassin algérien à l'ouest de la Sardaigne et de la Corse. Là, les deux branches du courant Corse fusionnent pour former le courant Nord, qui coule le long des côtes italiennes, françaises puis espagnoles, longeant le plateau du golfe de Lion (Herrmann, 2007).

Le courant Nord est le courant essentiel en Méditerranée Nord-Occidentale présentant une variabilité saisonnière, (peu profond, large et stable en été, il s'approfondit, accélère, devient plus étroit et instable en hiver, formant des méandres d'amplitude et de longueur d'onde variant entre quelques dizaines et une centaine de kilomètres) (Conan et Millot, 1995). Au niveau de la mer des Baléares, une grande partie de la MAW continue en traversant le canal d'Ibiza jusqu'au détroit de Gibraltar et entre dans l'océan Atlantique, alors que l'autre partie est déportée vers le Nord-Est.

Le rafraîchissement, et la densification, d'une partie de la MAW durant l'hiver en Méditerranée nord-occidentale donne l'eau hivernale intermédiaire (WIW, Winter Intermediate Water), caractérisée par des températures de 12,4 °C et une salinité de 38,3 psu. Cette eau s'écoule sous la MAW moins dense et plus chaude qui arrive des régions avoisinantes.

La LIW, masse d'eau chaude (13-14 °C) la plus salée (38,5-38,75 psu), (Lacombe and Tchernia 1985) de Méditerranée occidentale, est formée lors de la convection hivernale en mer Levantine, en Méditerranée orientale. Elle pénètre en Méditerranée occidentale par le détroit de Sicile, et effectue alors un parcours cyclonique en longeant les côtes entre 300 m et 800 m de profondeur (Figure 4.b).

La WMDW se forme en hiver lors des épisodes de convection profonde induits par les forts coups de vent froids et secs du Nord et du Nord-Ouest au large du golfe du Lion, ainsi qu'en Mer Ligure (Béthoux et *al.*, 1990). Formée à la surface par refroidissement et évaporation, elle plonge sous 800 m de fond. Une partie de la WMDW est exportée vers le Sud-Est par les tourbillons qui se forment pendant la convection profonde (Testor et Gascard, 2006). L'autre partie de cette masse d'eau froide (12,7-13°C) et relativement peu salée (38,4-38,48 psu) suit un parcours cyclonique en Méditerranée Nord-Occidentale (Figure.4c), qui renforce le courant Nord (Herrmann, 2007).

Elle franchit le détroit de Gibraltar en suivant le fond, et se stabilise en densité vers 1000 m de profondeur. Le temps de séjour de la WMDW en Méditerranée est d'environ 100 ans (Lacombe et *al.*, 1981).

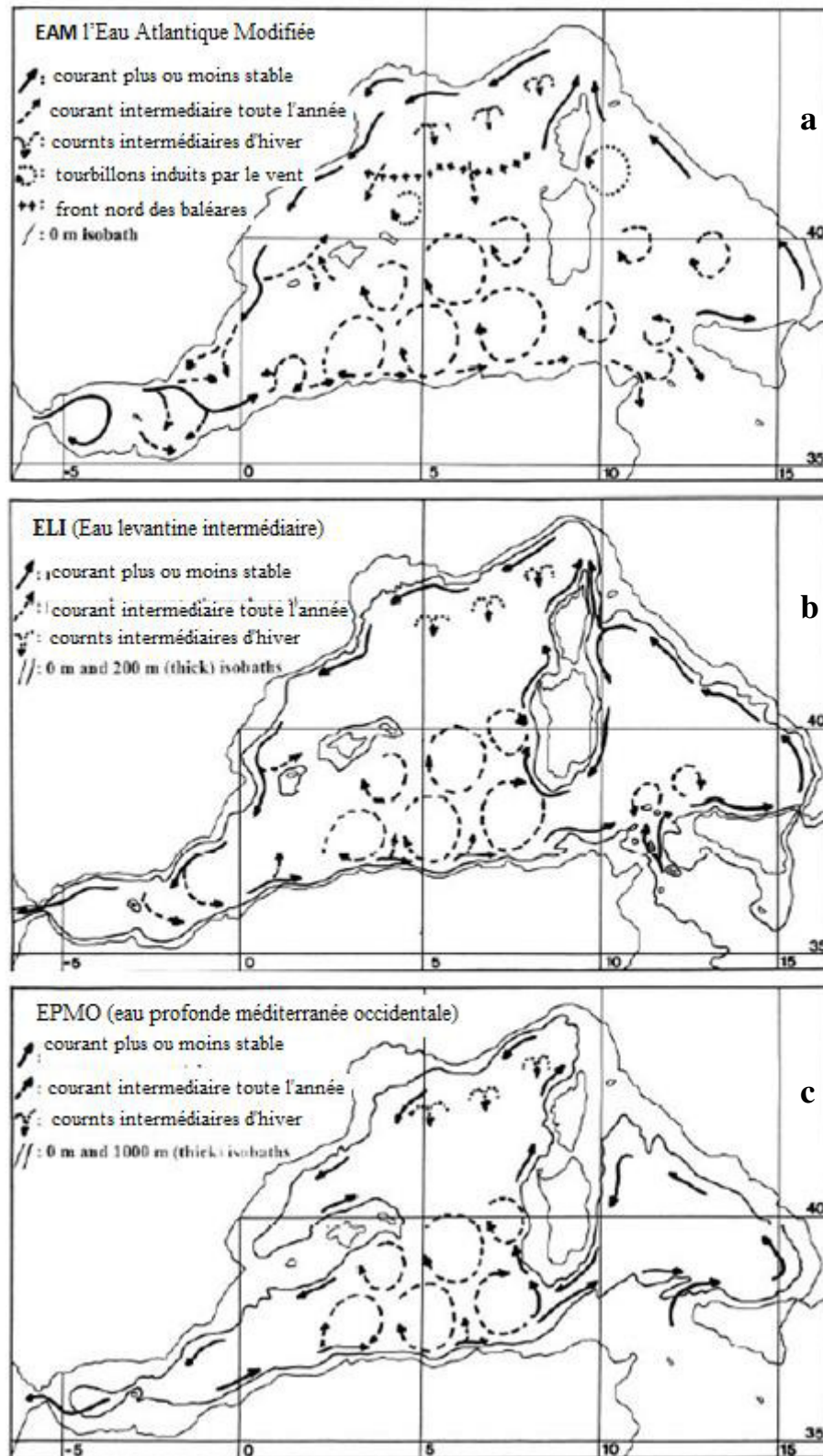


Figure 4 (a, b, c). La Méditerranée occidentale : circulation des principales masses d'eau. (D'après Millot, 1999, modifiée)

### 3- Les écosystèmes phytoplanctoniques en Méditerranée Ouest

La Méditerranée est considérée par les chercheurs comme un petit océan dans la mesure où elle réunit plusieurs processus physiques caractéristiques de la circulation à l'échelle globale par exemple : circulation thermohaline, convection profonde, convection sur les plateaux.

D'un point de vue biologique, elle réunit également divers types de régimes trophiques. La Méditerranée est en majorité oligotrophe (Thomsen, 1931).

On observe, suivant les zones et les périodes, des déficits en nutriments ou sels nutritifs, ce qui correspond à un régime d'oligotrophie, et une richesse moyenne en nutriments, ce qui correspond à une mésotrophie et même une richesse optimale avec eutrophie, qui peut être enregistré au niveau de l'embouchure de certains fleuves (Béthoux et *al.*, 1999).

La production primaire, (photosynthèse du phytoplancton ou plancton végétal), est étroitement liée à la disponibilité en nutriments et présente une forte fluctuation dans l'espace (Figure 5).

Les études menées par (Sournia, 1973) puis par (Morel et André, 1991) et (Bosc et *al.*, 2004) ont montré que la zone Nord-Occidentale de la Méditerranée est la plus productive. Ces études ont montré que l'écosystème planctonique de cette zone de la méditerranée présente un cycle saisonnier marqué, avec un maximum de production primaire du début de l'hiver au début du printemps (décembre à mars) et un minimum durant l'été (juin à septembre). Le fonctionnement de cet écosystème est soumis à une forte variabilité spatio-temporelle, due en grande partie à la circulation océanique.

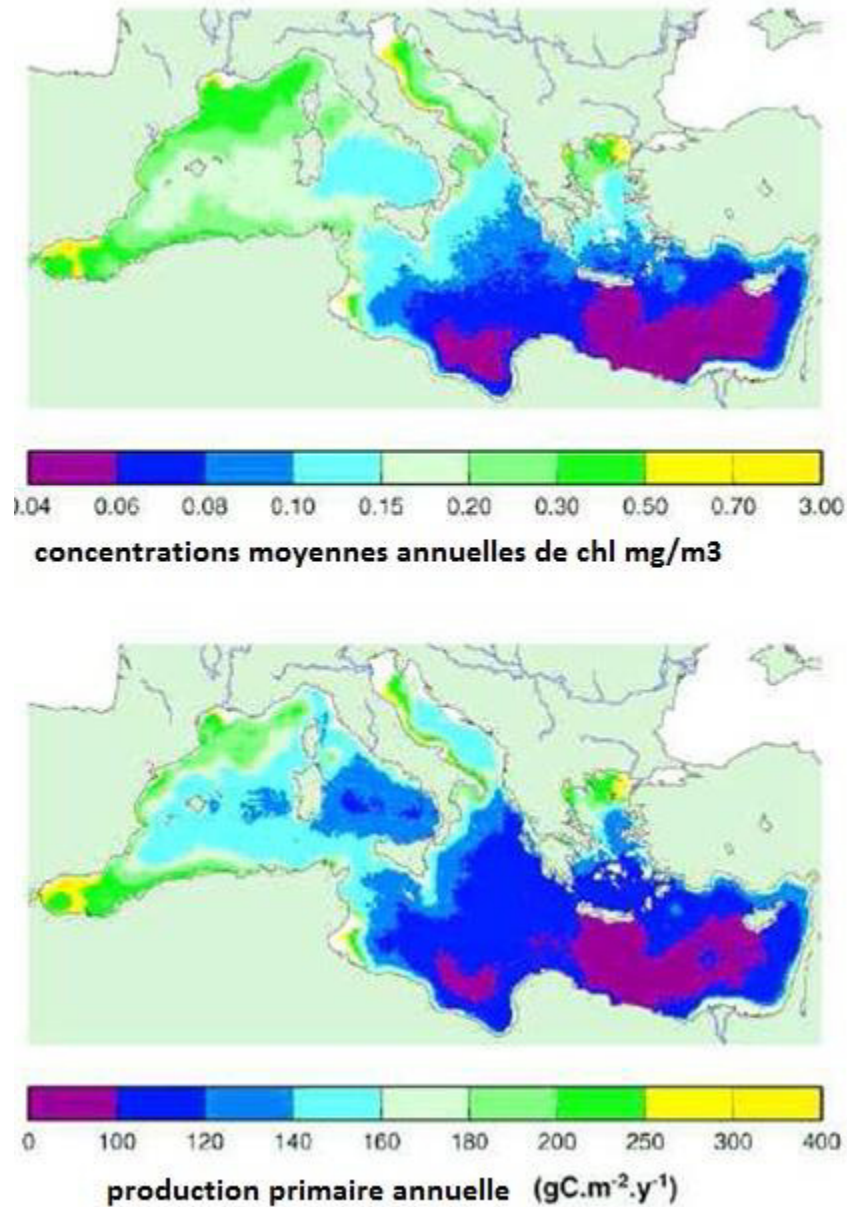


Figure 5. La productivité phytoplanctonique en Méditerranée. Concentrations de chlorophylle à la surface (Bosc et *al.*, 2004)

- **Une production primaire fortement liée à la circulation océanique**

En ce qui concerne le cycle saisonnier de la biomasse algale dans le bassin algérien nous avons, des valeurs élevées de biomasse en hiver, la présence d'une floraison au printemps (amplitude modérée et variable par rapport à la période d'occurrence) et un minimum en juin à octobre. Aussi dans le bassin algérien, les composites hebdomadaires et mensuels montrent clairement l'influence de la circulation des eaux

de l'Atlantique le long de la côte algérienne, et la haute activité dynamique liée à ce courant sur la biomasse (Morel et André, 1991).

Le cycle saisonnier de la biomasse algale dans la mer d'Alboran est le plus désordonné de l'ensemble du bassin méditerranéen, et présente une forte variabilité interannuelle. La seule caractéristique stable est le minimum de la biomasse durant l'été (environ 0,20-0,25 mg/ m<sup>3</sup>, significativement plus élevé que dans les autres régions).

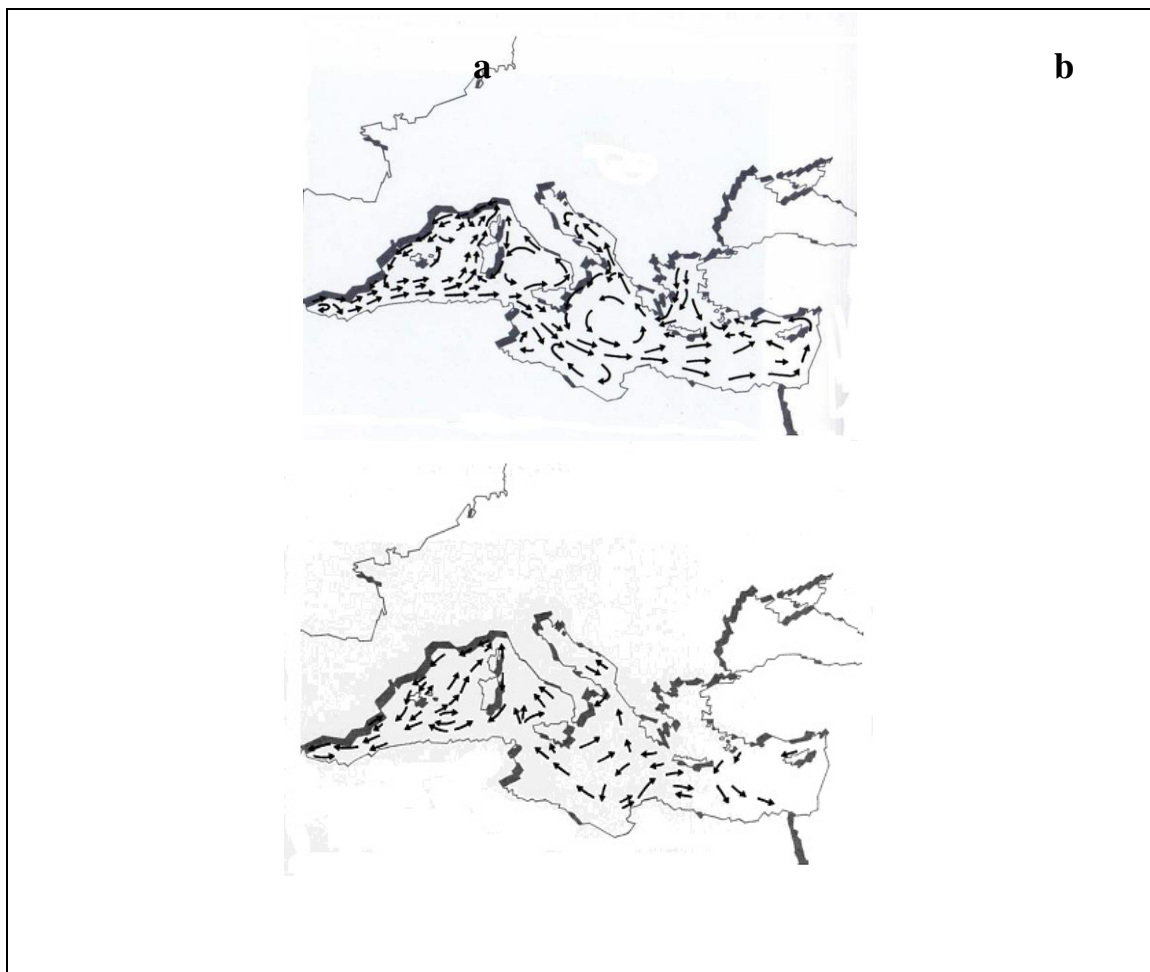
La distribution de phytoplancton dans cette zone est connue pour être régie par l'afflux des eaux de l'Atlantique dans la mer Méditerranée, (Preller, 1986). Une caractéristique remarquable aussi la présence, d'une floraison intense de courte durée.

En effet, La forte production primaire observée ainsi que sa variabilité s'expliquent par la circulation océanique caractéristique de la zone.

#### **4- 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 1622 km (Kacemi, 2011), 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 la morphologie même du bassin méditerranéen et du relief sous-marin. Un courant majeur de surface (Figure 6 a) 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 6 b) 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 6 (a et b).** Courantologie méditerranéenne : courants de surface (a) ; courants de profondeur (b) ; échelle 1/500Km. (d'après, I.O.P.R., 1996).

##### 5- Particularité des zones d'enrichissement directe (estuaire)

En Méditerranée, le suivi des concentrations de chlorophylle par satellite présente une aptitude à l'eutrophisation accrue au niveau des zones côtières et zones d'enrichissement directe comme les estuaires. (UNEP/FAO/WHO, 1996).

En effet, la disponibilité des nutriments influe sur la structure des communautés phytoplanctoniques. La problématique au niveau de ces zones côtières en méditerranée est, le changement des ratios d'azote, de phosphore et de silicium. Entre 1960 et 2000, les apports de phosphates et de nitrates ont été multipliés par 3 en Méditerranée ce qui a eu pour conséquence de multiplier par 2,7 la production biologique avec des floraisons phytoplanctoniques de plus en plus fréquentes (Béthoux *et al.*, 2002).

Le bilan siliceux montre que les apports en mer diminuent du fait de l'eutrophisation des cours d'eau dans lesquels l'acide orthosilicique est mobilisé (Tréguer *et al.*, 1995).

Ce qui provoque une diminution de l'épaisseur des frustules des Diatomées (Pondaven *et al.*, 1999).

En définitif, l'enrichissement au niveau des estuaires provoque une forte production phytoplanctonique en apportant plus de phosphore et d'azote. Mais, le manque d'acide orthosilicique induit des changements dans la structure des communautés favorisant ainsi le développement des organismes non-siliceux (Humborg *et al.*, 1997).

## ***CHAPITRE II :***

### ***Généralités sur le phytoplancton***

### 1- le phytoplancton

Le plancton vient du grec *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 dimensionnelle, le phytoplancton appartient à la fois au picoplancton, 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, 2001).

### 1-1- 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, 1985) ;
- Les **chlorophycées** forment un groupe extrêmement vaste et morphologiquement très diversifié. Elles sont réparties en 4 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, 1985) ;
- 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 :

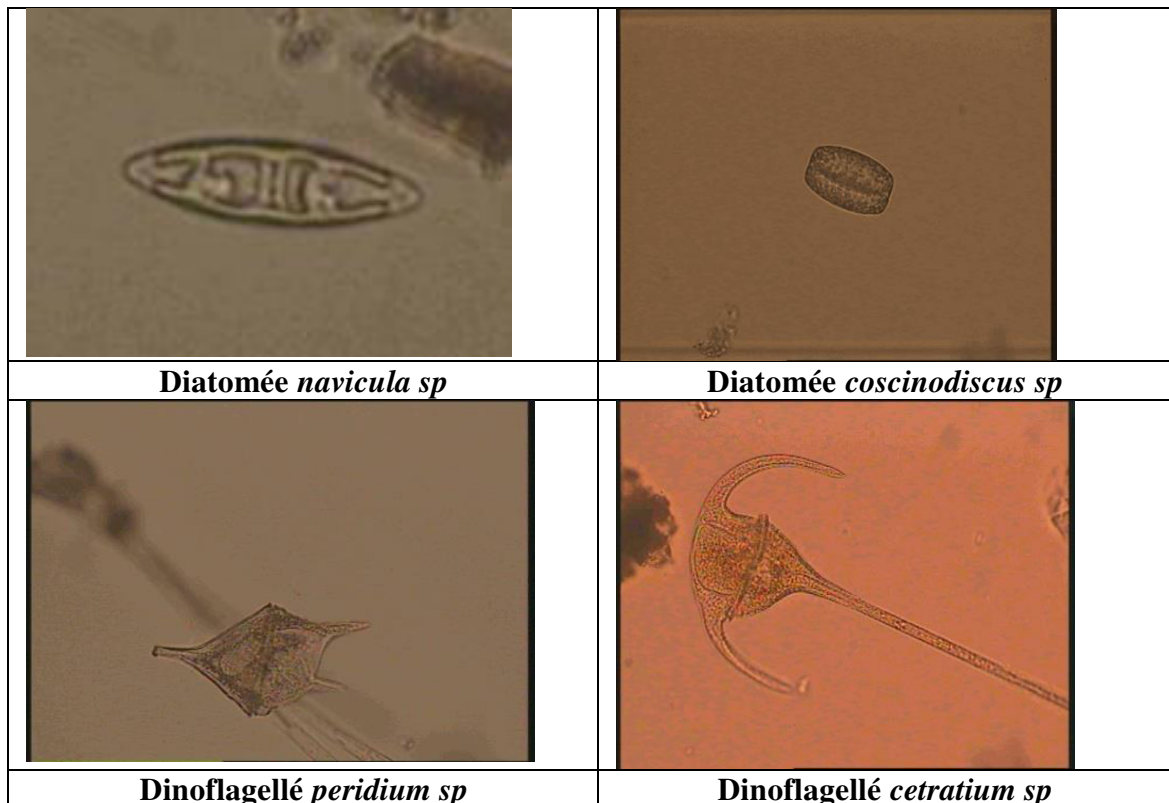
### 1-1-1- Les Bacillariophycées (ou Diatomées)

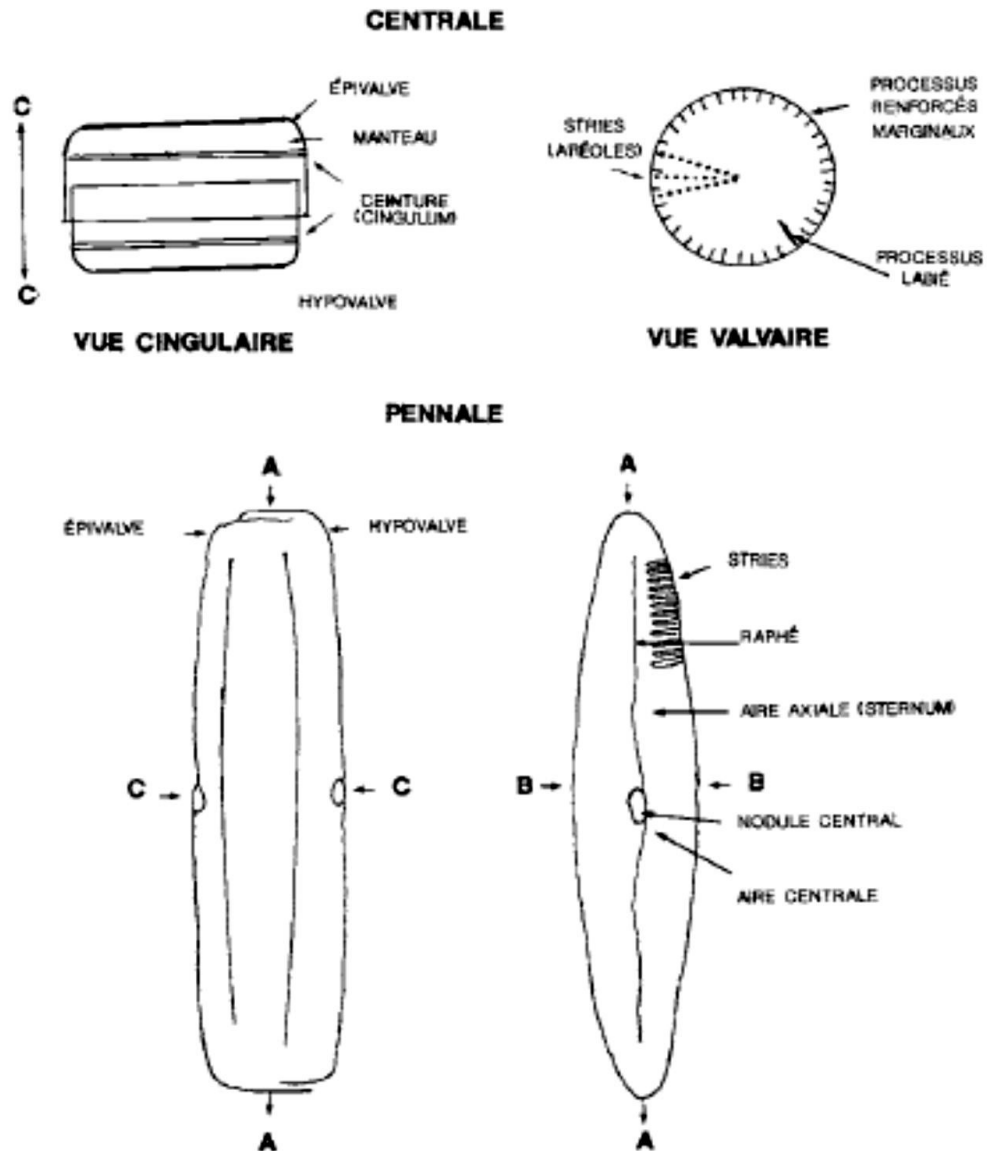
Désignent le plus importants groupes d'algues microscopiques unicellulaires du phytoplancton marin côtier, ayant généralement une taille de 2 à 400 $\mu$ m. On peut les trouver solitaires ou très souvent regroupés en colonies aux formes diverses dans les milieux aquatiques certaines peuvent être rencontrées sur les sols humides dans les mousses.

La cellule présente un exosquelette composé de pectine et de silicium appelé frustule, qui est constituée de deux valves de silice qui s'imbriquent l'une dans l'autre, telles un boîtier et son couvercle, et dont l'ornementation très variée constitue la base de leur classification. (Bérard-Therriault et *al.*, 2000)

Les diatomées sont divisées en deux grands groupes : les Centrales et les Pennales. Les Centrales ont une symétrie radiale (par rapport à un point central) et une forme circulaire ou elliptique en vue valvaire dépourvues de mouvement, alors que les Pennales ont une symétrie bilatérale et une forme allongée linéaire-lancéolée en vue valvaire et possèdent un raphé leur permettant de se déplacer (Figure 7, planche I) (Round et *al.* 1990).

**Planche I :** Espèces de phytoplancton identifiées et observées au microscope optique au grossissement 40X.





**Figure 7.** Morphologie du frustule des diatomées, d'après une cellule type d'une Centrale et d'une Pennale. (A) représente l'axe apical; (B) l'axe transapical; (C) l'axe pervalvaire. (Bérard-Therriault et *al.*, 1999)

### 1-1-2- Les Dinophycées ou Dinoflagellés

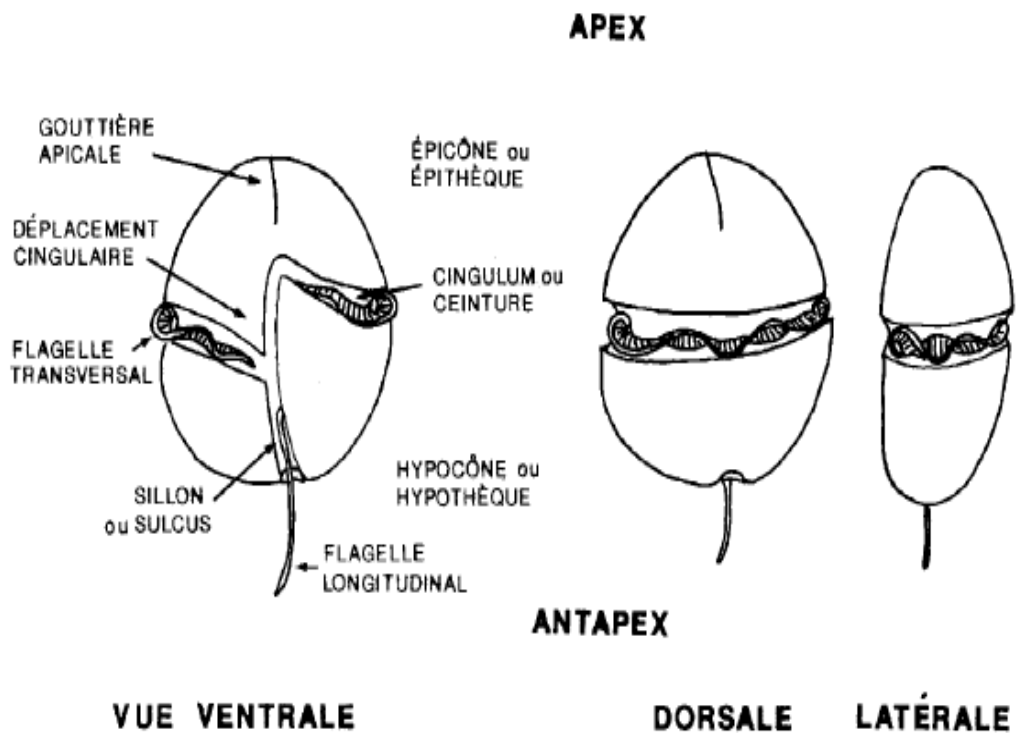
Les Dinoflagellés, désignent le deuxième plus important groupe du phytoplancton. Ce sont des organismes aux formes et aux tailles très diverses pourvus de deux flagelles distinctifs, l'un transversal et l'autre longitudinal, ces 2 flagelles, leur permettent de se

maintenir dans la couche supérieure de la colonne d'eau. Plusieurs péridiniens sont autotrophes, mais beaucoup sont hétérotrophes.

Certains ont des parois fragiles dépourvus de thèque et sont appelés dinoflagellés sans thèque, ou nus, alors que d'autres sont recouverts d'une thèque plus ou moins épaisse, constituée de plaques cellulodiques.

La cellule est divisée en deux parties soit l'épithèque et l'hypothèque, séparées par un sillon équatorial appelé cingulum ou ceinture. Le sillon longitudinal s'appelle aussi le sulcus.

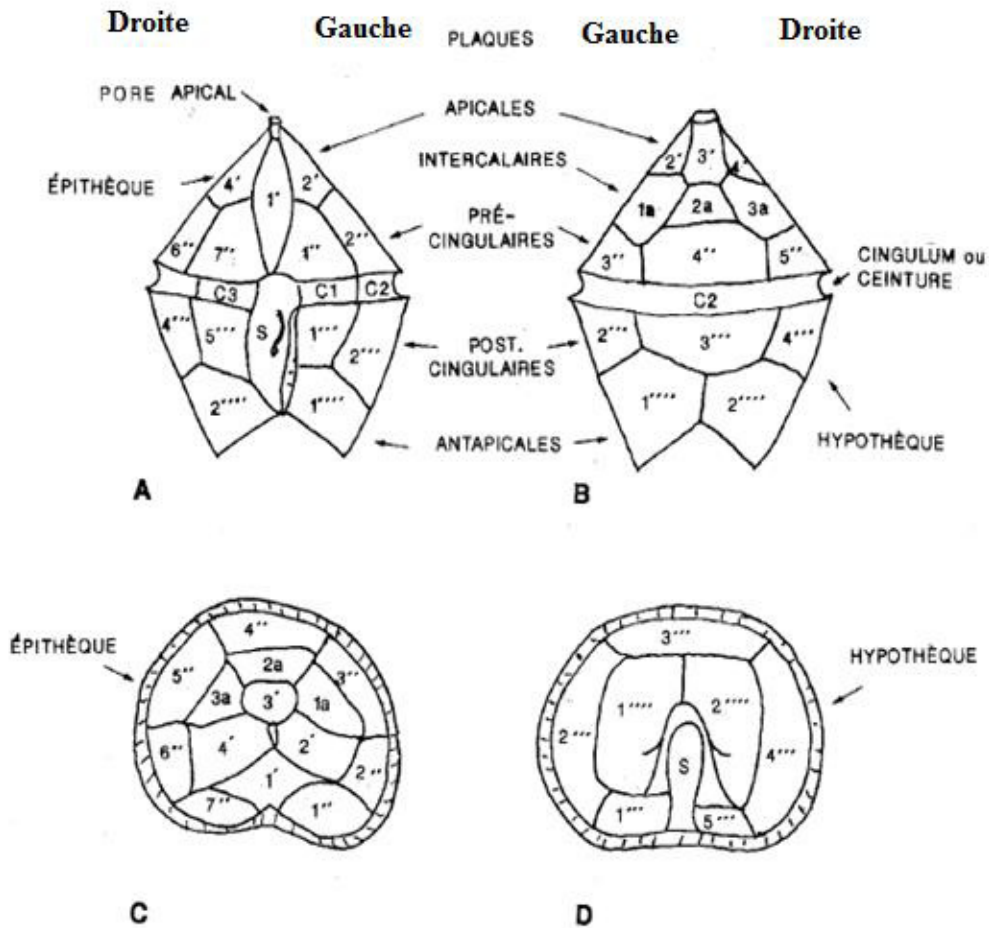
L'extrémité antérieure de la cellule forme l'apex alors que l'extrémité postérieure est l'antapex (Figure 8, planche I) (Bérard-Therriault et *al.*, 1999).



**Figure 8.** Morphologie d'un dinoflagellé nu *Gyrodinium* (Bérard-Therriault et *al.*, 1999)

Conventionnellement l'étude de la morphologie des dinoflagellés se base sur la numérotation du côté gauche et droit de la cellule, alors que la classification repose surtout sur la morphologie externe, plus précisément pour les cellules avec thèque ou cuirassées, sur l'étude de la tabulation (le nombre et l'arrangement des plaques) (Figure 9) (Abé, 1981).

Tout comme les cellules, les plaques sont de taille et de forme très variables. L'étude de la tabulation a débuté avec Kofoid vers 1909, alors que des travaux plus récents, ont mis en évidence les particularités des plaques sulcales (Kofoid et Swezy, 1921).



**Figure 9.** Morphologie d'un dinoflagellé avec thèque de type *Protoperidinium* et la numérotation des plaques sur la thèque: (A) vue ventrale, (B) vue dorsale, (C) vue apicale, (D) vue antapicale (inversée) (Bérard-Therriault et al., 1999).

1-1-3- Les Coccolithophoridés,

Ce sont des organismes unicellulaires phytoplanctoniques (algues marines), exclusivement marins, apparus au Trias, colonisant toutes les surfaces océaniques, et forment un groupe important composé d'individus qui ont la particularité d'être ornements par une structure complexe d'éléments calcaires. La cellule est globuleuse et entourée par une enveloppe sphérique : la coccosphère, qui est constituée par un assemblage de plaques calcaires qu'on appelle les coccolithes. Ce sont des très petits flagellés de 4 à 50  $\mu\text{m}$ , La forme sphérique adoptée par plusieurs espèces ainsi que la présence de flagelles constituent leur stratégie de flottaison.

A la mort de la cellule, les coccolithes sont dissociés et sédimentent dans la colonne d'eau pour former une roche calcaire (Trégouboff, 1957) (Figure 10 et 11).

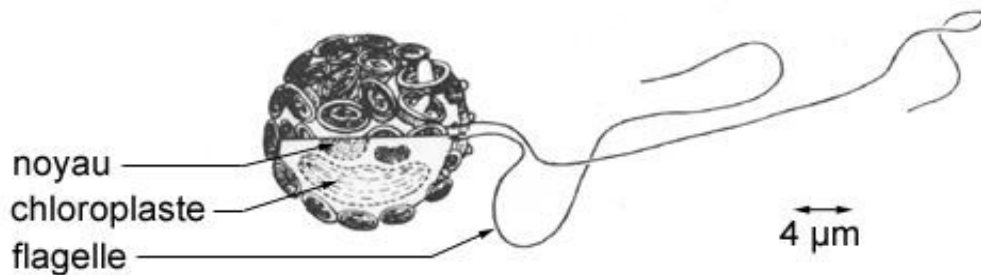


Figure 10. Morphologie d'une coccolithophoridés (Trégouboff, 1957)

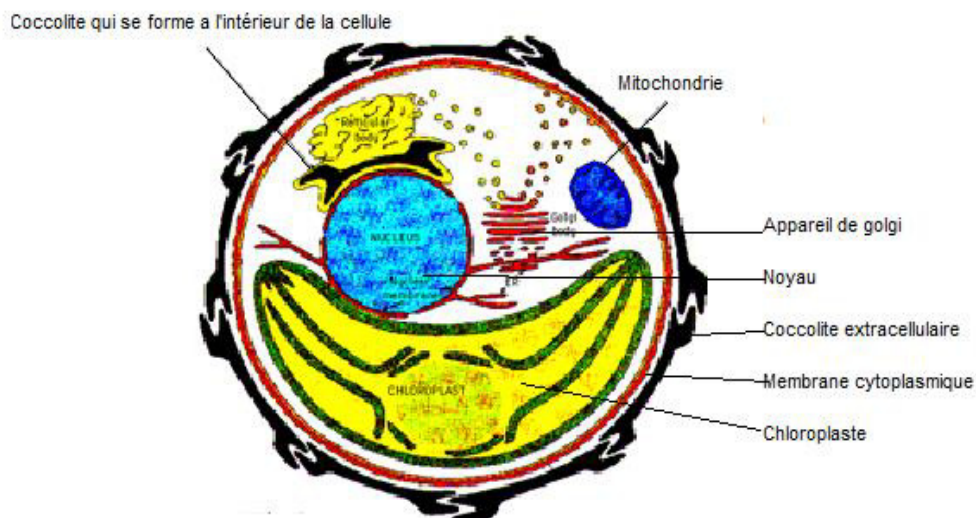


Figure 11. Schéma de morphologie interne d'une coccolithophoridés (Trégouboff, 1957)

### 1-2- 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 petites tailles (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 1).

## CHAPITRE II : Généralités sur le phytoplancton

**Tableau 1.** Exemples de successions saisonnières en Méditerranée (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.

### 2- Impacts des facteurs physiques du milieu sur le phytoplancton

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).

#### 2-1- 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).

#### 2-2- Hydrodynamisme

L'Hydrodynamisme est un facteur important de l'écosystème aquatique, il influence considérablement les organismes planctoniques qui sont soumis en permanence aux mouvements des masses d'eau, particulièrement au niveau des zones côtières où les courants de marée et les variations bathymétriques génèrent un hydrodynamisme complexe. (Richardson, 1997). Ces mouvements physiques sont de différentes sortes : Des mouvements hydrodynamiques locaux ; Un hydrodynamisme dû à une topographie particulière ; Une activité hydrodynamique qui découle de phénomènes climatiques à échelle globale. (Feki-sahnoun, 2013).

Ces forçages peuvent s'exprimer à différentes échelles spatiales et temporelles sur la dynamique du phytoplancton et induire même des répercussions comportementales, physiologiques et biologiques.

En effet, l'hydrodynamisme conditionne la position des microalgues dans la colonne d'eau et donc la lumière qu'elles reçoivent. Celles-ci doivent en permanence adapter leur système photosynthétique à une lumière qui fluctue en fonction de leur vitesse de déplacement, de la turbidité du milieu, et de l'intensité lumineuse en surface. (Fekisahnoun, 2013).

Dans les zones peu profondes la turbulence se propage jusqu'au fond et provoque la remise en suspension du sédiment, ce qui fertilise les eaux. Aussi le mélange vertical de la colonne d'eau influence la dynamique des populations phytoplanctoniques. La turbulence stimule la croissance des diatomées et les dinoflagellés se développant, lorsque la colonne d'eau est stratifiée (Margalef, 1978).

La turbulence agit sur les dinoflagellés et induit au niveau physiologique une inhibition de la croissance (altération de la division cellulaire, du cycle mitotique, et diminution de la concentration en acides nucléiques intracellulaires) ; elle provoque la perte du flagelle (Thomas et Gibson, 1990), ce qui engendre une incapacité à se mouvoir et donc la perte de la faculté d'agrégation, de photoadaptation et de mouvements verticaux. La variabilité interspécifique de réponse à la turbulence peut être un facteur explicatif de la sélection des espèces qui vont se développer et former des blooms (Berdalet et Estrada, 1993).

### **2-3- Précipitations**

Le climat méditerranéen se définit par un hiver doux et humide et un été chaud et sec. Les pluies jouent un rôle important dans la production phytoplanctonique puisqu'elles apportent une quantité non négligeable de nutriments et participent à l'initiation des floraisons phytoplanctoniques automnales et printanières (Zingone *et al.*, 1995 ; Jamet *et al.*, 2005).

**2-4- Crues et ruissèlements**

Les crues et les ruissèlements provoquent des enrichissements en nutriments essentiels pour le développement planctonique, et en particulier pour le compartiment phytoplanctonique, et qui sont le phosphore, l'azote et le silicium. En Méditerranée, le phosphore est l'élément le plus souvent limitant (Krom *et al.*, 1991).

Les communautés phytoplanctoniques sont directement influencées par la quantité de nutriments disponibles dans le milieu.

La communauté de nanophytoplancton est responsable de l'épuisement de l'azote dans le milieu en méditerranée occidentale (Thingstad *et al.*, 1998). Plus les nutriments seront en faibles quantités, plus les petites espèces phytoplanctoniques seront favorisées.

En période estivale, pendant laquelle les nutriments sont en quantités très faibles, les Flagellés et le picoplancton étaient dominants (Marty *et al.*, 2002).

Concernant le silicium, les Diatomées dépendent directement de ce nutriment puisqu'elles forment leur frustule à partir de cet élément.

La Méditerranée est un bassin qui reçoit d'importantes quantités d'éléments dont dépend le développement planctonique (Tableau 2). L'augmentation ou la diminution de ces quantités peut avoir un impact non négligeable sur l'écologie du plancton, d'autant plus dans une mer fermée et globalement oligotrophe.

**Tableau 2.** Apport d'éléments nutritifs dans le bassin méditerranéen (Rossi, 2008).

Phosphates <sup>a</sup>	17,4
Nitrates <sup>a</sup>	191
Silicates <sup>a</sup>	127
Fer	684 <sup>b</sup> / 164 <sup>c</sup>
<p>a Apports atmosphériques et terrestres exprimés en 109 mol.an-1 (Béthoux <i>et al.</i>, 1998)</p> <p>b Apports atmosphériques exprimés en µg.m-2.j-1. Valeur moyenne calculée à partir des travaux de (Guerzoni <i>et al.</i>, 1999) et de (Guieu <i>et al.</i>, 1997).</p> <p>c Apports au niveau du détroit de Gibraltar exprimés en x 106 mol.an-1 (Sarhou <i>et al.</i>, 2007)</p>	

### 3- Impacts des facteurs chimiques sur la dynamique du phytoplancton

#### 3-1- 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  $H^+$  contenus dans une solution aqueuse:  $pH = -\log [H^+]$  (Beaudry et Henery, 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,  $CO_2-HCO_2-CO_2$  (Aminot et Chaussepied, 1983).

#### 3-2- 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).

#### ➤ Les groupes diatomiques influencés par la salinité

La salinité affecte la survie des diatomées et la sensibilité des espèces est très hétérogène au sein de ce groupe (Record, 2009), La capacité d'adaptation des diatomées aux variations de la concentration saline en chlorures ( $NaCl$ ,  $MgCl_2$ ) est parfois élevée grâce à leur pouvoir d'osmorégulation (diatomées euryhalines) ou au contraire très limitée (diatomées sténohalines).

Elles peuvent être classées en 8 classes selon leur niveau de tolérance :

- **Les diatomées halophobes** : ce sont les diatomées d'eau douce qui ne tolèrent pas les chlorures, si ces dernières dépassent le seuil de 20 mg/L (ex. *Achnanthesflexella*, *Diatomahyemalis*, *Neidiumalpinum*) ;
- **les diatomées oligohalobes exigeantes** qui tolèrent seulement une petite quantité en chlorure, de 20 à 50 mg/L (ex. *Achnanthesminutissima*, *Amphorainariensis*, *Fragilariacapucina*) ;
- **les diatomées oligohalobes tolérantes** : elles ont un développement optimal autour de 50 à 200 mg/L (ex. *Cocconeispediculus*, *Cocconeisplacentula*, *Gomphonemaparvulum*) ;
- **les diatomées halophiles** : ce sont des organismes pour lesquels une concentration modérée en sels chlorures est stimulante. La salinité est comprise entre 200 et 500 mg/L (ex. *Caloneisamphisbaen*, *Entomoneispaludosa*, *Cyclotellameneghiniana*). Leur présence est symptomatique d'une pollution minérale modérée d'origine anthropique et parfois naturelle (nature de la roche) ;
- **les diatomées  $\beta$ -mesohalobes** : ce sont les formes d'eau oligosaumâtre, avec une salinité comprise entre 0,5 et 5 g/L (ex. *Bacillariaparadoxa*, *Navicula halophila*, *Nitzschialorenziana*). Ces espèces (et d'autres) indiquent une forte pollution minérale ;
- **Les diatomées  $\alpha$ -mesohalobes** : formes d'eau saumâtre avec une salinité comprise entre 5 et 20 (-30) g/L ;
- **Les diatomées eusalobes** : salinité entre 30 et 40 g/L ;
- **Les diatomées polyhalobes (ou hyperalobes)** : elles tolèrent des valeurs de salinité supérieures à 40 g/L.

Ces deux dernières catégories n'intègrent que des formes typiquement marines.

### 3-3- 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).

### 3-4- Les Nutriments

Les nutriments indispensables pour le développement du phytoplancton sont considérés comme des éléments chimiques pouvant être trouvés dans l'eau de mer, à différentes concentrations comme : le phosphore, l'azote et le silicium.

Les événements climatiques et la courantologie participent 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 en nutriments favorise dans tous les cas 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).

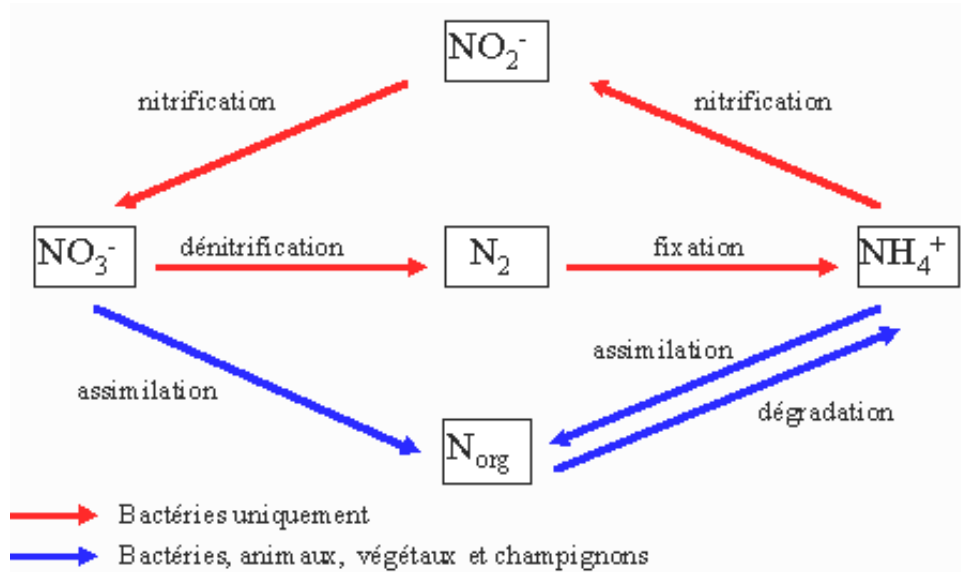
#### 3-4-1- L'Azote ammoniacal

L'azote minéral se trouve sous les formes ammoniacales, nitreuses et surtout nitriques dans l'eau de mer. Il peut être absorbé sous ces trois formes par le phytoplancton (Lemée et Georges, 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.

### 3-4-2- Les Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

Dans le cycle de l'azote, (Figure 12) 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.



**Figure 12.** Réactions biologiques impliquant les composés azotés

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

### 3-4-3- 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. 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. (Gaujons, 1995).

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).

### 3-4-4- Le Phosphore

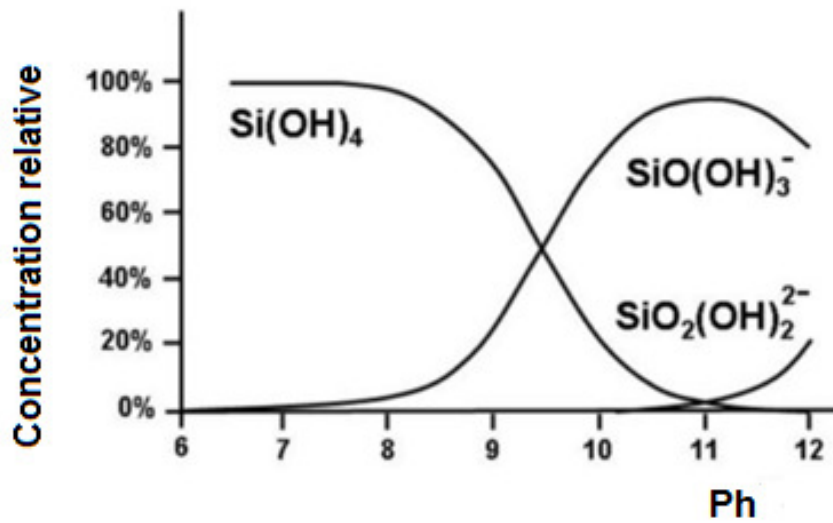
D'après (Dussart, 1966), le phosphore est le métalloïde le plus nécessaire à la vie aquatique, le moins abondant en général et celui qui se présente sous la forme la plus simple, celle d'ion d'orthophosphates. Le phosphore est essentiel pour la croissance cellulaire, en intervenant dans de nombreuses 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 micro-algues, 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 (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, 2005 ).

### 3-4-5- Silicate

Le silicium dissous dans l'eau de mer,, est présent sous différentes formes chimiques éventuellement disponibles pour les diatomées.

L'acide orthosilicique fonctionne comme un acide tétraprotoné et les 4 protons peuvent être successivement dissociés pour former une série d'ions monosilicates.

En solution aqueuse, à température ordinaire, les anions monosilicates majoritaires sont  $\text{H}_3\text{SiO}_4^-$  et  $\text{H}_2\text{SiO}_4^{2-}$  tandis que les autres anions  $\text{HSiO}_4^{3-}$  et  $\text{SiO}_4^{4-}$  peuvent être totalement négligés (Ingri, 1978) (Figure 13).



**Figure 13.** Distribution relative des espèces chimiques majoritaires du silicium dissous en conditions thermodynamiques comparables à l'eau de mer (0,6M NaCl, 25°C) en fonction du pH de la solution

Lewin (1954) a été le premier à démontrer l'utilisation du silicium par les diatomées. Puis (Azam et *al.* 1974) ont ensuite apporté les preuves d'un processus de transport actif. Une revue exhaustive des mécanismes d'absorption a été réalisée par (Paasche, 1973 ; Martin-Jézéquel et *al.*, 2000).

La vitesse spécifique ( $V$ ) d'absorption et le taux de croissance silicium-dépendant ( $\mu$ ) suivent des cinétiques de type michaeliennes ou de (Monod, 1942):

$$V = \frac{V_{\max} [\text{Si}_{\text{DISSOUS}}]}{K_S + [\text{Si}_{\text{DISSOUS}}]}$$

$$\mu = \frac{\mu_{\max} [\text{Si}_{\text{DISSOUS}}]}{K_{\mu} + [\text{Si}_{\text{DISSOUS}}]}$$

Avec  $V_{max}$  et  $\mu_{max}$  représentant respectivement les taux maximums d'absorption et de croissance à concentration infinie en substrat;  $K_S$  est la concentration en substrat pour laquelle la vitesse est égale à la moitié de  $V_{max}$ ;  $K_{\mu}$  est la concentration en substrat pour laquelle le taux de croissance est égal à la moitié de  $\mu_{max}$ .

Les valeurs de  $K_{\mu}$  sont théoriquement inférieures aux valeurs de  $K_S$  car les diatomées peuvent maintenir des taux de division proches de  $\mu_{max}$  à des concentrations extracellulaires en silicium dissous limitantes pour l'absorption. Ceci est lié directement à la capacité qu'ont les diatomées de moduler l'épaisseur du frustule en fonction de la disponibilité de l'acide silicique.

Ce comportement est tout à fait original par rapport à ce qu'on rencontre s'agissant des autres nutriments majeurs pour lesquels  $K_S$  et  $K_{\mu}$  sont très proches.

La paroi cellulaire ou frustule des diatomées contient une masse de silice importante à l'échelle de la cellule. Selon Hildebrand (2000) cette quantité varie entre 7 et 1100 f mole ( $10^{-15}$  mole) par cellule, selon l'espèce et les conditions environnementales; la limite supérieure est sans doute plus élevée chez certaines espèces; cette quantité représente jusqu'à 50% du poids sec de la cellule. La nouvelle valve du frustule se forme à la fin de la mitose, à l'issue de la cytokinèse mais avant la séparation des cellules-filles; ceci sous-entend que les cellules-filles restent attachées pendant la formation de la valve-fille, détail qui a son importance. La silicification a lieu à l'intérieur d'un organite spécifique des diatomées et situé dans le cytoplasme: la vésicule de dépôt de silice (ou SDV pour Silica Deposition Vesicle), entourée d'une membrane appelée le silicalemme. Lorsque le dépôt de la valve-fille est terminé, la SDV est expulsé par un mécanisme d'exocytose et la nouvelle valve vient compléter le nouveau frustule. Comme les deux nouvelles valves se forment sur leurs faces adjacentes et à l'intérieur des cellules-filles toujours attachées, elles se trouvent donc protégées du milieu extracellulaire. Cette particularité implique que l'absorption du silicium dissous se fasse à d'autres endroits de la cellule qui sont, eux, en contact avec le milieu extérieur. Le silicium dissous doit donc ensuite être transporté vers le cytoplasme puis vers la SDV.

### - La relation absorption-pH chez les autres diatomées

Del Amo & Brzezinski (1999) ont repris les travaux de Riedel & Nelson (1985) en étudiant l'effet du pH sur 4 espèces de diatomées: *Thalassiosira pseudonana*, *Thalassiosira weissflogii*, *Cyclindrotheca fusiformis* et *Phaeodactylum tricornutum*. Les travaux réalisés ont démontré l'existence d'une cinétique michélienne chez les trois premières espèces. Par contre (Del Amo & Brzezinski, 1999) ont mis en évidence l'existence d'une relation michélienne pour des concentrations inférieures à 25µM chez *Ph. tricornutum* tandis qu'au delà la vitesse d'absorption croît linéairement avec la concentration en acide orthosilicique.

***CHAPITRE III :***  
***Matériels et méthodes***

## 1- Matériels et méthodes et sites d'échantillonnage

### 1-1- Présentation générale des campagnes ALPEL du CNRDPA

Les campagnes d'évaluation des ressources pélagiques du CNRDPA se sont déroulées durant les périodes printanières, des années 2013, 2014 et 2015 en Méditerranée précisément sur les côtes algériennes, à bord du navire océanographique «Grine Belkacem». Ces campagnes font parties du projet d'Evaluation des Ressources Halieutiques (ERH) entrant dans le cadre d'un contrat programme qui a duré cinq (05) années pour une évaluation des ressources halieutiques des côtes algériennes.

Les différentes campagnes ont été menées par un groupe de chercheurs du Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (CNRDPA). Elles ont concernées les fonds chalutables des côtes algériennes entre 20 et 800 mètres de profondeur (plateau et talus continentale) du cap Segleb frontière algéro-tunisienne à oued Kiss frontière algéro-marocaine.

**Campagne ALPEL (1) 2013** : Campagne d'évaluation des ressources pélagiques qui s'est déroulée du 02 au 28 mars 10 mai au 15 juin 2013.

**Campagne ALPEL (2) 2014** : Campagne d'évaluation des ressources pélagiques qui s'est déroulée 30 mars au 20 avril 2014.

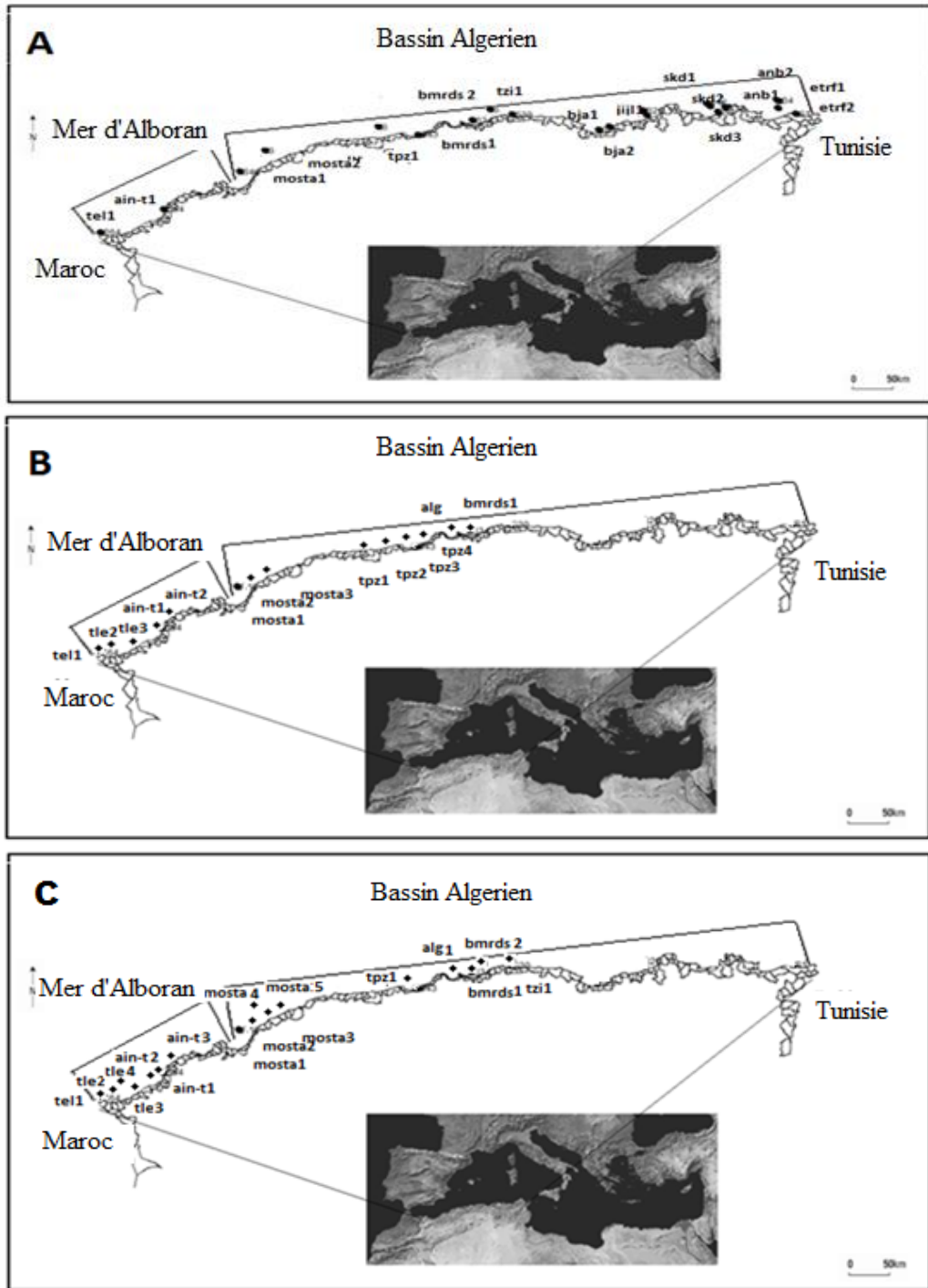
**Campagne ALPEL (3) 2015** : Campagne d'évaluation des ressources pélagiques qui s'est déroulée du 20 mars au 14 avril 2015.

Durant ces campagnes plusieurs échantillons et mesures ont été réalisés.

### 1-2- Présentation des zones d'échantillonnage

#### 1-2-1- La mer d'Alboran

La mer d'Alboran, est située dans la région la plus occidentale de la Méditerranée, entre l'Espagne, le Maroc et l'Algérie. Sa largeur maximale peu atteindre environ 180 Km à l'Est un minimum de 14 km au détroit de Gibraltar (Figure 14).



**Figure 14.** Cartes de positionnement des aires de prélèvement des différentes campagnes avec : A, ALPEL1 2013 ; B, ALPEL 2 2014 et C, ALPEL 3 2015. Les Positions géographiques (Tableau I, II et III en Annexe II), en ce qui concerne les échantillons de sels nutritifs le nombre de prélèvement est plus important ce qui nous permet d’avoir plus d’éléments sur les conditions environnementales (Tableau VI et VII en annexe II).

D'Ouest en Est, la distance est d'environ 350 km du détroit de Gibraltar à la ligne entre le Cap de Gata (Almeria, Espagne) et le Cap Fegalo (Oran, Algérie). Cette ligne imaginaire ne définit pas une frontière physique stricte, mais une délimitation approximative des processus écologiques et les fluctuations des caractéristiques physiques.

La mer d'Alboran est unique en raison de sa grande importance écologique et sa position biogéographique, due à la forte influence et à la dynamique des échanges entre les masses d'eau de l'Atlantique à travers le détroit de Gibraltar, et ceux de la Méditerranée (UNEP/MAP, 2015).

### **1-2-2- Le bassin algérien**

Le bassin algérien, est au centre de la Méditerranée occidentale, entre les côtes algériennes et les îles Baléares du côté Ouest et l'île de Sardaigne du côté Est.

Sa largeur peu atteindre environ 280 Km et il se prolonge sur une longueur d'environ 950 Km (figure 13) (Riandey, 1997)

### **Nombre d'échantillons par campagne de prélèvement :**

**Campagne ALPEL (1) 2013 : 20 échantillons ;**

**Campagne ALPEL (2) 2014 : 15 échantillons ;**

**Campagne ALPEL (3) 2015 : 17 échantillons.**

### **1-3- Stratégie et méthodes d'échantillonnage**

Un plan de campagne a été établi pas les chercheurs chargés de la réalisation de la campagne d'évaluation des ressources halieutiques, ce plan s'organise selon un nombre défini de radiales qui s'étendent sur toute la côte algérienne en fonction des wilayas et des zones de pêche. Les traits de Chaluts ont été définis selon l'importance des zones de pêche.

Pour l'étude de la dynamique du phytoplancton, nous avons programmé un prélèvement au bout de certains traits de Chaluts. Le nombre d'échantillons varie d'une campagne à

l'autre pour cela et pour une bonne représentativité, nous avons choisi les échantillons les plus importants.

### **Remarque :**

Durant le stockage des échantillons dans le navire, une partie des échantillons a été détériorée pour les années 2014 et 2015, ce qui ne nous a pas permis d'avoir et de traiter les échantillons des zones entre Tizi-Ouzou et Annaba.

### **1-3-1- Mesure hydrologique**

Durant cette campagne, des mesures hydrologiques in situ ont été réalisées au niveau de la côte algérienne. Les enregistrements de température et de salinité sont effectués de manière verticale et horizontale.

•**Mesures verticales et horizontales:** Les mesures de température, salinité et de pression ont été réalisées en utilisant une sonde CTD de type (SAE-BID SBE19 plus) (photo 1). L'enregistrement des données de position des stations d'échantillonnage, se fait par le GPS dunaire de recherche.

Les mesures des SST (Sea Surface Température) et SSS (Sae surface Salinité) en continu sont possibles grâce à un thermosalinographe de type (SAE –BID SBE21) installé à bord du Navire de recherche. Les données sont traitées et représentées avec le logiciel ODV (Océan Data view version 4.5).

### **1-3-2- Prélèvement et traitement des échantillons**

Le prélèvement et la préparation des échantillons destinés à l'étude de la dynamique du phytoplancton se fait en deux étapes :

- **prélèvement :** le prélèvement d'eau de mer destiné à l'étude qualitative et quantitative du phytoplancton s'effectue à l'aide d'une bouteille en PVC NISKIN de 5 litres de capacité. Cette bouteille est composée d'un cylindre

ouvert aux deux extrémités que l'on descend à la profondeur définie et que l'on ferme à distance par un messenger ;

- **Fixation et conservation** : les échantillons ont été fixés sur le terrain immédiatement à l'aide d'une solution de Lugol. Ensuite les échantillons sont transportés au laboratoire pour être analysés. Avant leurs analyses les bouteilles sont conservées dans un milieu frais à l'abri de la lumière afin d'éviter la décoloration et la détérioration des cellules.

En effet ; le stockage à basse température ralentit la vitesse des processus physiques et chimiques ce qui préserve la qualité de l'échantillon. Le stockage à l'obscurité permet d'éviter la photo-oxydation.

### **1-4- Traitement des échantillons de phytoplancton**

#### **1-4-1- Sédimentation des échantillons**

Les bouteilles contenant l'échantillon sont agitées délicatement, afin d'homogénéiser le contenu et de décoller toutes les cellules adhérentes éventuellement aux parois et aux fonds. Des chambres de sédimentation (Cuve Utermohl) de 100ml, ou 50ml (selon la charge en cellule de l'échantillon), sont placées sur surface horizontale. Ensuite, on verse une quantité adéquate de l'échantillon pour la mettre à sédimenter. Le temps de sédimentation varie selon le volume sédimenté de 24 à 72 heures (Druart, et Rimet, 2008).

#### **1-4-2- Observation et identification des espèces**

L'analyse du phytoplancton a été faite conformément aux recommandations de la norme guide pour le dénombrement du phytoplancton par microscopie inversée – norme (NFEN 15.204, 2006)-correspondant à la méthode d'Uthermôhl (1958) adoptée au niveau européen.

Les observations des cuves de sédimentation ont été faites grâce à un microscope inversé du type OPTKA avec des objectifs 10, 20 et 40 possédant des distances de

travail important et une ouverture numérique supérieure à 0,5. Un système de prise de vue (caméra ou appareil photo) a été très utile pour l'identification et la validation.

La détermination et l'identification des espèces de phytoplancton a été faite à l'aide d'ouvrages de déterminations et cela à plusieurs niveaux de la systématique, l'idéale aurait été une identification au niveau espèce, mais en cas de difficulté ou d'incertitude, nous nous sommes contentés du niveau moindre (genre ou classe).

Les clés de détermination utilisées dans ce travail sont : monographie phytoplancton catalogue, (Meunier, 1933 ; Schiller, 1937; Meave-del castillo, et Zamudio-Resendiz, 2010, 2011).

### **1-4-3- Le comptage des cellules phytoplanctoniques**

Les microorganismes se présentent Isolés (unités biologiques) en chaînes ou en colonies (ornithologiques) (Lassus, 1982).

Un examen rapide de la chambre au plus faible grossissement (X 4 ou X 10), permet de choisir la stratégie de comptage et de vérifier que la répartition des algues est homogène.

Ensuite, à l'aide d'une grille, le comptage a été réalisé sur des transects, choisis aléatoirement dans l'ensemble de la chambre de comptage conformément aux règles générales de comptage (NF EN 15.204).

Les résultats seront donnés en abondance et densité exprimée en nombres de cellules par litre d'échantillon correspondant, afin de permettre une comparaison avec les données de la littérature.

## **2- Méthodes et paramètres d'Analyses utilisées**

### **2-1- Analyse qualitative**

#### **2-1-1- Diversité globale**

La distribution, la biomasse, la composition et la diversité phytoplanctonique d'un échantillon ou d'un site donné peuvent être analysés et étudiés en utilisant des méthodes conventionnelles et classiques, incluant la microscopie optique pour l'identification de ces microorganismes (plancton ou zooplancton), et différentes méthodes analytiques, à

titre d'exemple : les méthodes univariées (richesse spécifique, indice de diversité), les méthodes graphiques (diagramme rangs-fréquences...), ou les méthodes multivariées (Analyse Factorielle de Correspondances, Analyse en Composantes Principales...) (Magurran, 1988).

En ce qui nous concerne, nous avons choisi d'utiliser ces différentes méthodes à savoir : les méthodes univariées ; les méthodes multivariées et les méthodes multivariées que nous décrivons dans ce qui suit.

### **2-1-2- Méthodes univariées**

#### **2-1-2-1- 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).

#### **2-1-2-2- Fréquence relative**

D'après (bellan 1964), la fréquence relative d'une espèce est le nombre de fois dont cette dernière est présente dans les échantillons, sur le nombre total d'échantillons. Elle est exprimée en pourcentage.

$$\text{Fr} = (\text{nombre d'échantillons de présence} / \text{nombre total d'échantillon}) \times 100$$

Espèces constantes  $50\% < \text{Fr} \leq 100\%$  ; espèces communes  $25\% < \text{Fr} < 50\%$  ; espèces rares

#### **2-1-3- 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, nous avons utilisé des indices tels que : l'indice de Shannon et l'indice de Simpson. Ces deux indices considèrent à la fois l'abondance et la richesse spécifique et l'indice d'équitabilité de Pielou ainsi que l'indice diatomée dinoflagellés.

### 2-1-3-1- 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). Il est donné par la formule suivante :

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

Avec :

$p_i$  = 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 une même abondance) (Grall et Coïc, 2006).

L'indice de Shannon est souvent accompagné par l'indice d'équitabilité de Pielou

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

$H'_{max} = \log S$  ( $S$ = 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 3).

**Tableau 3.** Exemple de classification de la pollution à partir de la valeur de H', dans les habitats sableux/vaseux (Simboura et Zenetos, 2002).

	<b>Etat écologique</b>	<b>Valeur du H'</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

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

Cet indice a été proposé par Simpson en 1965. 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 :

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

Avec :

$n_i$  = 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.

### 2-1-3-3- L'indice Diatomées / Dinoflagellés (indice Dia / Dino)

L'indice Diatomées / Dinoflagellés (indice Dia / Dino) est un indice utilisé pour étudier le profil de dominance des populations de phytoplancton. C'est, un indicateur qui peut être applicable dans toutes les unités d'évaluation côtières et en haute mer.

L'indice Dia / Dino ne nécessite que des données de biomasse de diatomées et de dinoflagellés, en abstraction de données sur les espèces. Aussi, les données d'abondance qui ne sont pas prévues dans le calcul de l'indice Dia / Dino standard, peuvent fournir des informations quantitatives précieuses sur la dominance du phytoplancton durant certaines proliférations saisonnières et sont donc également utilisées pour le calcul d'un indice Dia / Dino en l'absence de données sur la biomasse. (Wasmund *et al.*, 2017)

L'indice diatomée/dinoflagellé est calculé comme suit :

$$\text{Dia/Dino} = \text{BMDia}/(\text{BMDia} + \text{BMDino})$$

et/ou

$$\text{Dia/Dino} = \text{AbDia}/(\text{AbDia} + \text{AbDino})$$

BM Dia : la biomasse de diatomée ;

BM Dino : la biomasse de dinoflagellé ;

AbDia : abondance diatomée ;

AbDino : abondance de dinoflagellé.

#### 2-1-4- Méthodes graphiques

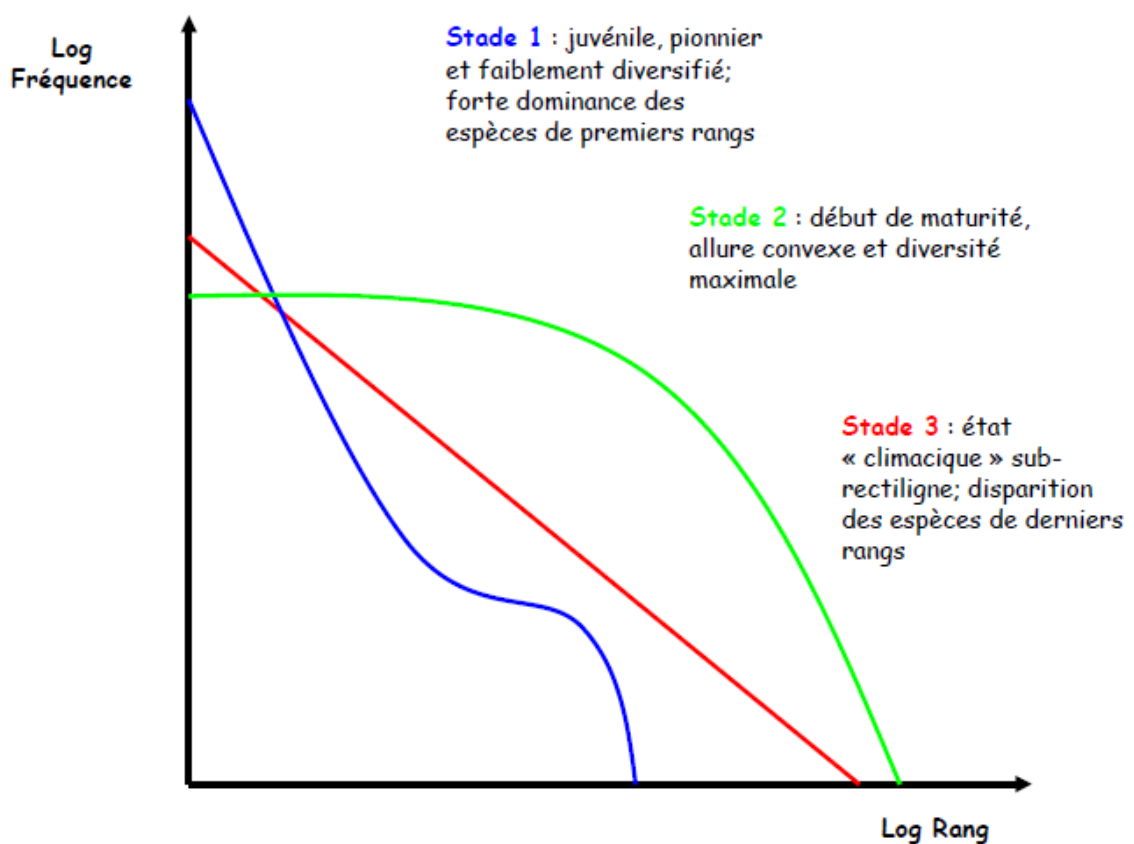
##### 2-1-4-1- Diagramme rangs-fréquences et successions écologiques

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 ; Frontier, 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 14) (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 (Figure 15 et Tableau 4).



**Figure 15.** Schéma montrant les stades de succession écologique, d'après Frontier (1976).

**Tableau 4.** Récapitulatif des Successions phytoplanctoniques décrites d'après (Margalef 1961 ; Frontier, 1996 ; Travers, 1971).

	MARGALEF (1961)	FRONTIER (1969) et TRAVERS (1971)
Stade 1	Cellules de petites tailles, 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 grandes tailles 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.

### 2-1-5- 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, 1992). 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 (Gray *et al.*, 1990, Warwick et Clarke, 1991).

### 2-2- Analyse quantitative

#### 2-2-1- Abondance

En tant que concept écologique, l'abondance est une composante importante de la diversité (Hurlbert, 1971). Elle représente le nombre total d'individus dénombrés dans un volume donné. La méthode de comptage la plus utilisée, dans les travaux bibliographiques est la méthode d'Utermôhl (1958)

$$D = N/V$$

Avec

N : nombre d'individus comptés dans l'échantillon ;

V : volume de l'échantillon.

#### 2-2-2- Abondance relative

L'Abondance relative est une caractéristique d'une population, qui permet de connaître l'importance d'une espèce dans une communauté. Elle représente le rapport, du nombre

d'individus ( $n_i$ ) d'une espèce donnée, sur le nombre total d'individus ( $N$ ) présent dans un échantillon donné. Elle est exprimée en pourcentage.

$$A = (n_i/N) \times 100$$

Avec :

$n_i$  : du nombre d'individus ;

$N$  : nombre total d'individus.

### **2-3- Analyse des données**

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

#### **2-3-1- Analyse en Composantes Principales (ACP)**

L'analyse en Composantes Principales (ACP) est un grand classique de l'analyse des données pour l'étude exploratoire ou la compression d'un grand nombre de données quantitatives.

L'objectif est de revenir à un espace de dimension réduite, en déformant le moins possible la réalité. Il s'agit donc d'obtenir le résumé le plus pertinent possible des données initiales. C'est la matrice des variances-covariances (ou celle des corrélations) qui va permettre de réaliser ce résumé pertinent, parce qu'on analyse essentiellement la dispersion des données considérées, et c'est l'interprétation de ces graphiques qui permettra de comprendre la structure des données analysées (Jolliffe, 2002).

***CHAPITRE IV :***  
***Résultats et discussion***

*Partie A :*  
*Caractérisation physique et*  
*chimique*

## 1- Analyse des paramètres du milieu

### 1-1- Température

Dans l'ensemble, la température relevée sur la côte algérienne durant les trois campagnes d'évaluation ALPEL1, ALPEL 2 et ALPEL 3, reste saisonnière pour la région méditerranéenne avec une moyenne printanière de  $15,76 \pm 0,60$  °C.

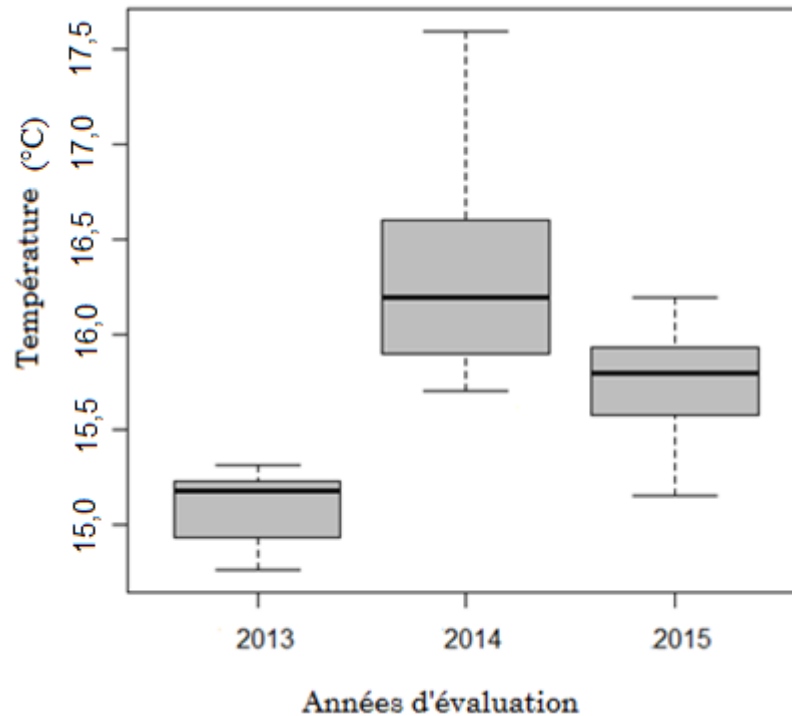
Cette température est régulière durant les trois campagnes, même si on enregistre un maximum de  $17,6$ °C durant la campagne ALPEL 2 au niveau de la baie de Bou-Ismaïl à la station Tipasa 3 et un minimum de  $14,79$ °C durant la campagne ALPEL 1 à station Tizi-Ouzou (Figure 16). L'évolution de cette température, ne présente pas une variation significative dans le temps et dans l'espace.

#### 1-1-1- Evolution de la température dans le temps

Durant la campagne ALPEL 1, nous avons enregistré des températures moyennes de  $15,1 \pm 2,26$  °C (Figure.15) soit un maximum de  $15,31$ °C enregistré au niveau de la station Mostaganem 1 et un minimum  $14,76$  °C enregistré au niveau de la station Tizi-Ouzou.

Durant la campagne ALPEL 2, nous avons enregistré des températures plus élevées. Nous avons noté une moyenne de  $16,34 \pm 0,54$  °C, soit un maximum de  $17,6$  °C enregistré au niveau de la baie de Bou-Ismaïl dans la station Tipasa 3 et un minimum  $15,7$ °C enregistré au niveau de la station Boumerdes 1.

Pour la campagne de 2015, nous avons des températures toujours saisonnières, la moyenne enregistrée est de  $15,73 \pm 0,3$  °C, soit un maximum de  $16,2$  °C enregistré au niveau de la station Tlemcen 1 et un minimum  $15,15$ °C enregistré au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou (Figure 16).



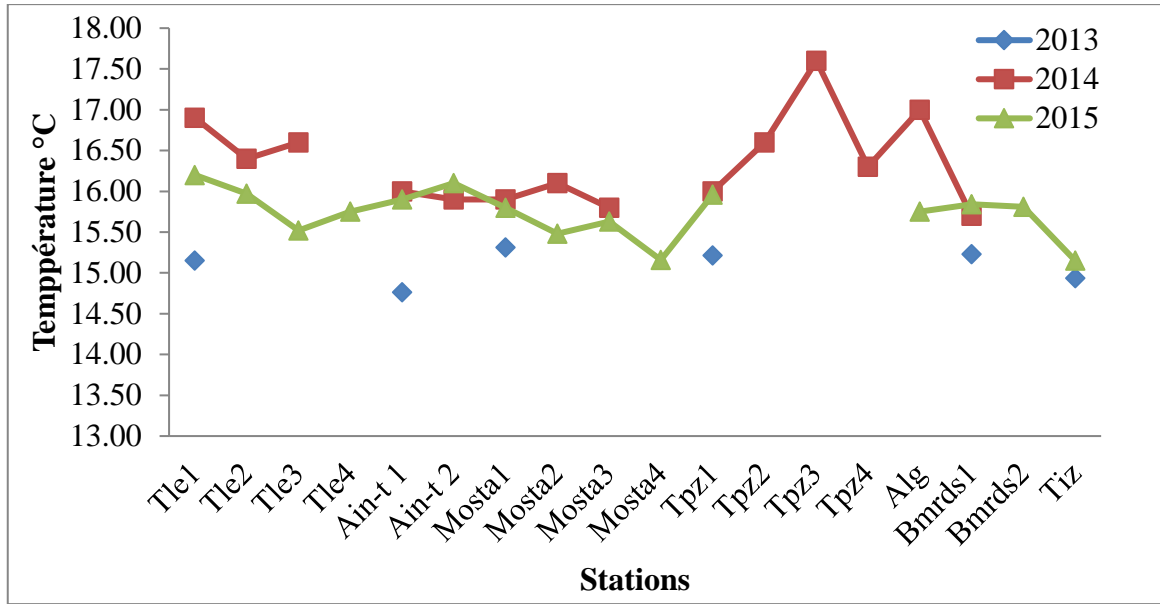
**Figure 16.** Variation de températures moyennes durant les campagnes ALPEL 1, ALPEL 2 et ALPEL 3 sur les côtes algériennes

### 1-1-2- Evolution de la température sur la côte algérienne

Nous remarquons que les variations des températures le long de la côte algérienne restent faibles, durant la campagne ALPEL1, nous avons une fluctuation qui ne dépasse pas 0,5°C. Au niveau de la mer d'Alboran, la température moyenne enregistrée est de  $14,96 \pm 0,27$  °C, alors qu'au niveau du bassin algérien, nous avons une moyenne de température de  $15,17 \pm 0,29$  °C.

Durant la campagne ALPEL 2, nous remarquons que la température est uniformément plus élevée sur toute la côte avec une fluctuation de 1,9°C. Au niveau de la mer d'Alboran la température moyenne enregistrée est de  $16,36 \pm 0,4$  °C, alors qu'au niveau du bassin algérien nous avons une moyenne de température de  $16,33 \pm 0,62$  °C.

Durant la campagne ALPEL 3, les températures restent toujours stables pour la saison avec une fluctuation ne dépassant pas 1,05°C le long de la côte algérienne. Nous notons une moyenne de températures au niveau de la mer d'Alboran de  $15,9 \pm 0,24$  °C et une moyenne de  $15,62 \pm 0,29$  °C dans le bassin algérien (Figure 17).



**Figure 17.** Variation des températures moyennes au niveau des côtes algériennes durant les campagnes ALPEL 1, ALPEL 2 et ALPEL 3

Globalement, nous remarquons que les températures saisonnières sur la côte algérienne sont d'environ 15,7°C pour la période de printemps. Il n'y a pas de différences significatives entre les températures de la mer d'Alboran et les températures du bassin algérien. Les fluctuations moyennes enregistrées le long de la côte algérienne restent de l'ordre de 1°C, ce qui nous permet de dire que le courant algérien qui longe la côte, pourrait être à l'origine de l'uniformisation des températures le long de la côte. Nous trouvons aussi des élévations de températures restreintes au niveau des zones plus ou moins protégées telles que les baies de Bou-Ismaïl et d'Alger où nous avons enregistré des pics.

### 1-2- Salinité

La salinité moyenne relevée sur la côte algérienne durant les trois campagnes d'évaluation ALPEL 1, ALPEL 2 et ALPEL 3, est de  $36,48 \pm 0,3$  PSU. Nous avons enregistré une salinité maximum de 37,14 PSU durant la campagne ALPEL 2 au niveau de la station Tizi-Ouzou et une salinité minimum de 35,68 au niveau de la station Tlemcen 1 (Figure 18). Dans l'ensemble, L'évolution de cette salinité, ne présente pas de variations significatives dans le temps et dans l'espace.

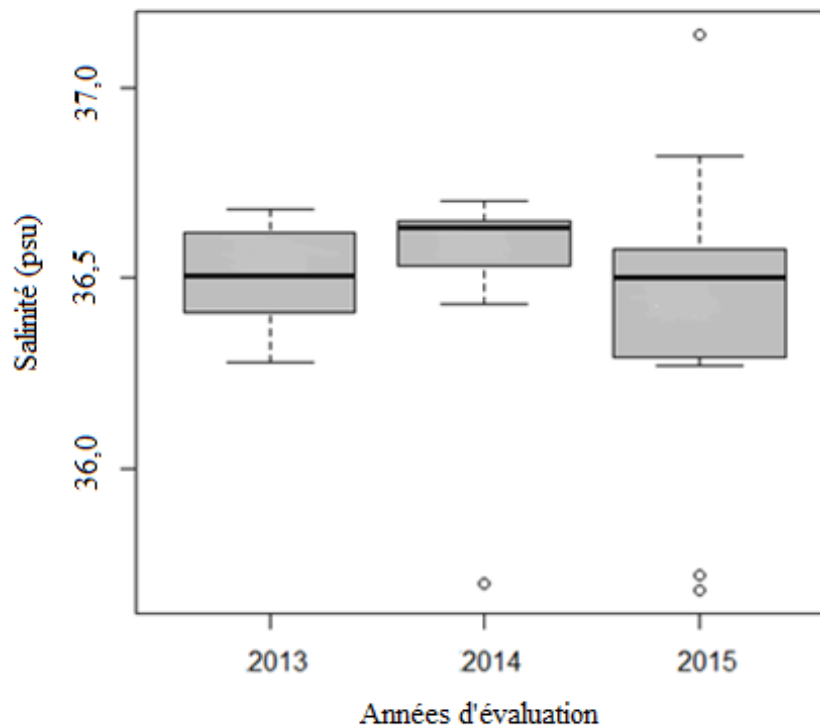
### 1-2-1 Evolution de la salinité dans le temps

Les valeurs relevées de la salinité sur la côte algérienne durant les campagnes ALPEL 1, ALPEL 2, ALPEL 3 ne présentent aucune différence significative (Figure 18).

Durant la campagne ALPEL 1, nous avons enregistré une salinité moyenne de  $36,46 \pm 0,32$  PSU, soit une variation entre un maximum de 36,68 PSU et un minimum 36,28 PSU.

Durant la campagne ALPEL 2, nous avons relevé une salinité moyenne de  $36,6 \pm 0,25$  PSU soit une variation entre un maximum de 36,7 PSU et un minimum 35,7.

La salinité moyenne enregistrée durant la campagne ALPEL 3, est de  $36,43 \pm 0,38$  PSU, soit une variation entre un maximum de 37,14 PSU et un minimum de 35,58 PSU.



**Figure 18.** Variation de la salinité moyenne durant les campagnes ALPEL 1 ALPEL 2 et ALPEL 3 sur les côtes algériennes

### 1-2-2- Evolution de la salinité sur la côte algérienne

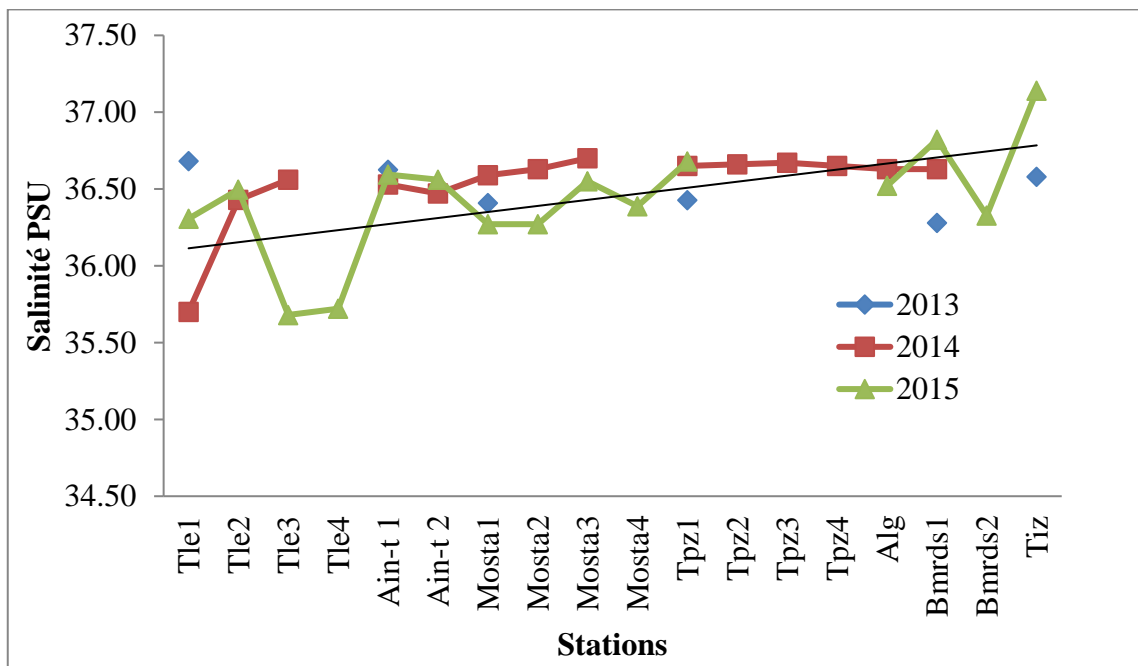
Nous remarquons que la salinité sur la côte algérienne durant les trois campagnes ALPEL 1, ALPEL 2 et ALPEL 3, reste stable, ne présente pas de fluctuation. Cela est très bien illustré sur la figure 18 qui montre des intervalles de fréquence très réduits.

Toutefois nous avons une légère tendance à la hausse en allant vers l'EST courbe de tendance croissante d'Ouest vers l'Est (Figure 19).

La variation de la salinité le long de la côte algérienne reste très faible, durant la campagne ALPEL 1 avec une fluctuation qui ne dépasse pas 0,4. Au niveau de la mer d'Alboran la salinité moyenne enregistrée est de  $36,65 \pm 0,03$ , alors qu'au niveau du bassin algérien, nous avons une moyenne de salinité de  $36,42 \pm 0,12$ .

Durant la campagne ALPEL 2, les salinités restent toujours stables avec une fluctuation ne dépassant pas 1,00 le long de la côte algérienne. Nous avons une moyenne de salinité au niveau de la mer d'Alboran  $36,34 \pm 0,36$  et dans le bassin algérien une moyenne de  $36,64 \pm 0,03$  (Figure 19).

Durant la campagne ALPEL 3, nous remarquons que la salinité est stable et présentant une fluctuation de 1,45. Au niveau de la mer d'Alboran la salinité moyenne enregistrée est de  $36,26 \pm 0,41$ , alors qu'au niveau du bassin algérien, nous avons une moyenne de salinité de  $36,55 \pm 0,29^\circ\text{C}$ .



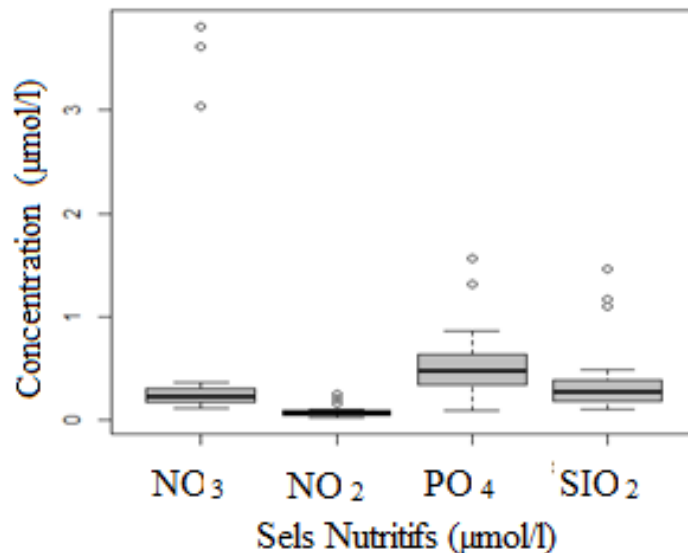
**Figure 19.** Evolution des valeurs de salinités au niveau des côtes algériennes durant les campagnes ALPEL 1 ALPEL 2 et ALPEL 3.

Ces résultats montrent que la majorité de la côte algérienne reste sous l'influence des eaux originaires de l'Océan Atlantique entrant par le d'étroit de Gibraltar. (Tchernia, 1978). Ils indiquent que la conservation du degré de salinité au niveau de la Méditerranée occidentale est assurée à travers les échanges à Gibraltar impliquant les eaux moins salées de l'Atlantique ( $S= 36,2$ ) et les eaux plus salées ( $S= 38,4$ ) sortant de la Méditerranée en profondeur.

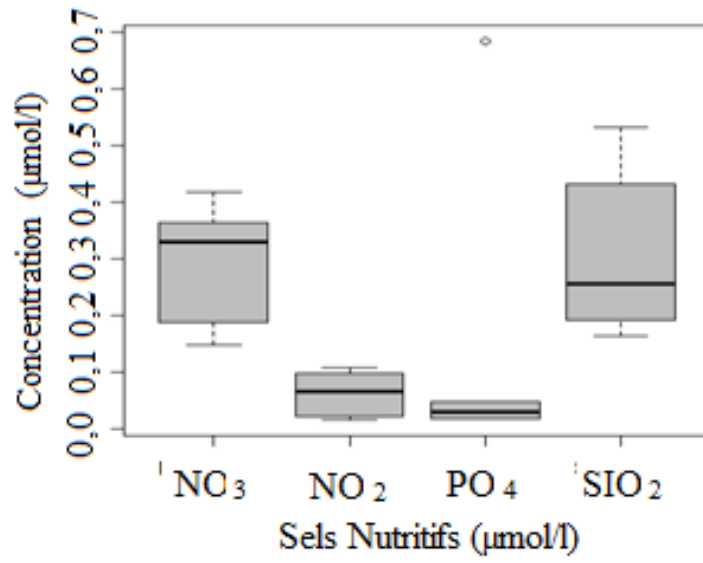
## 2- Paramètres chimiques : Sels nutritifs

Globalement les concentrations des sels nutritifs  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$  et  $\text{SiO}_2$  ne dépassant pas les  $1 \mu\text{mol/l}$  durant la campagne ALPEL 1 sauf pour quelques stations, et n'ont pas de différences significatives (Figure 20). Nous remarquons aussi, des concentrations de Nitrites ( $\text{NO}_2$ ) plus faibles par rapport aux Nitrates ( $\text{NO}_3$ ), alors que les concentrations d'orthophosphate  $\text{PO}_4$  sont importantes.

Durant la campagne ALPEL 3, nous enregistrons de très faibles concentrations d'orthophosphate (Figure 21).



**Figure 20.** Variation des concentrations de sels nutritifs sur les côtes algériennes (campagne ALPEL 1)



**Figure 21.** Variation des concentrations de sels nutritifs sur les côtes algériennes (campagne ALPEL 3)

## 2-1- Nitrites et Nitrates

Les concentrations de nitrates et nitrites sur la côte algérienne (bassin algérien) durant la campagne ALPEL 1 présentent respectivement une moyenne de  $0,95 \pm 1,84 \mu\text{mol/l}$  et  $0,09 \pm 0,087 \mu\text{mol/l}$ , et restent plus ou moins stables avec de faibles fluctuations à savoir : un minimum de  $0,12 \mu\text{mol/l}$  et un maximum de  $8,66 \mu\text{mol/l}$  pour les nitrates ; et un minimum de  $0,021 \mu\text{mol/l}$  et un maximum de  $0,12 \mu\text{mol/l}$  pour les nitrites (Figure 22). Ces résultats n'indiquent aucun signe de contamination grave.

En effet, les nitrites qui sont la forme la plus toxique 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  $0,20 \text{ mg/l}$ . 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  $0,01 \text{ mg/l}$  (Nisbet, 1968).

Nous relevons des pics de concentration de Nitrates au niveau de certaines stations comme celles de Tipasa, d'Alger et de Skikda, où nous enregistrons les concentrations les plus importantes à savoir : Alger  $8,66 \mu\text{mol/l}$ , Tipasa  $3,03 \mu\text{mol/l}$  et Skikda  $3,41 \mu\text{mol/l}$ . Ces fortes concentrations pourraient être dues à la proximité des stations de prélèvement avec des sources de contaminations telles que : Les embouchures d'oued (Mazafran de Tipasa, El Harrach et El Hamiz d'Alger et Zhour de Skikda) ou encore les zone industrielles qui impactent directement ces zones de contamination.

Durant l'année 2015, nous avons enregistré sur les côtes algériennes des concentrations moyennes de nitrates et de nitrites respectivement de  $0,27 \pm 0,12 \mu\text{mol/l}$  et  $0,08 \pm 0,046 \mu\text{mol/l}$  (Figure 23). Ces concentrations restent faibles dans l'ensemble, avec de faibles fluctuations qui ne dépassent pas  $0,5 \mu\text{mol/l}$ .

Au niveau de la mer d'Alboran, nous avons des concentrations de nitrates et de nitrites moyennes de  $0,2834 \pm 0,11$  et  $0,0724 \pm 0,05 \mu\text{mol/l}$ . Alors qu'au niveau du bassin algérien, nous avons des moyennes de concentrations de  $0,26 \pm 0,08$  et  $0,13 \pm 0,04 \mu\text{mol/l}$ . Ce qui nous permettrait de dire qu'il n'y a pas de différence significative entre les concentrations de nitrates et de nitrites au niveau la mer d'Alboran et le bassin algérien.

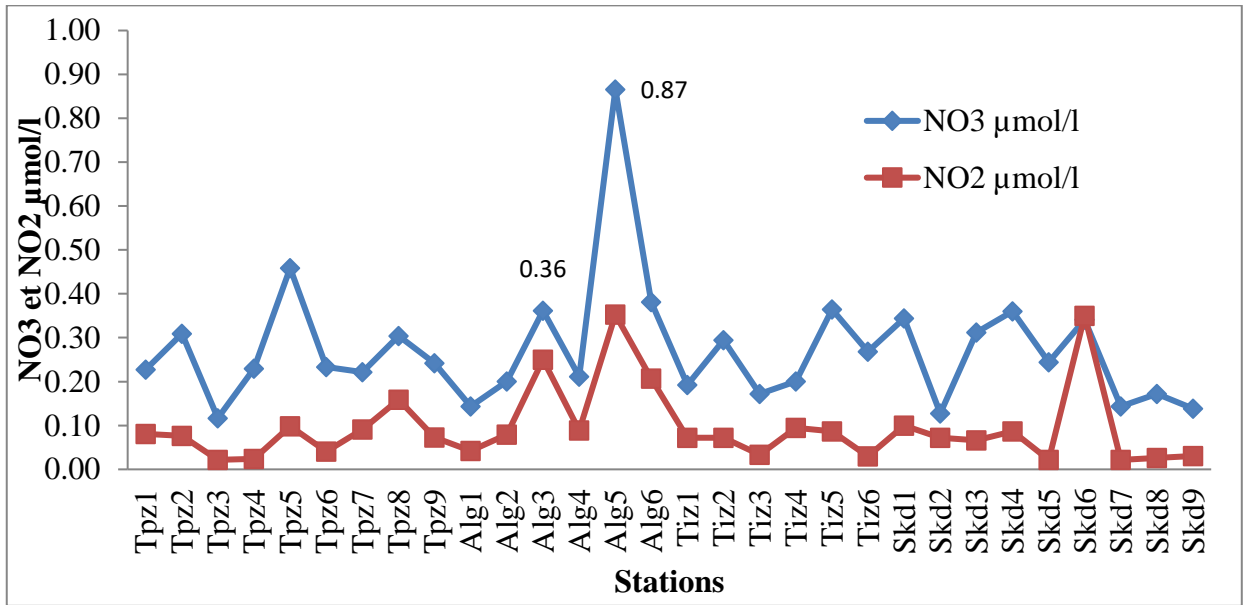


Figure 22. Variation des teneurs en Nitrites et en Nitrates sur la côte algérienne durant la campagne ALPEL 1.

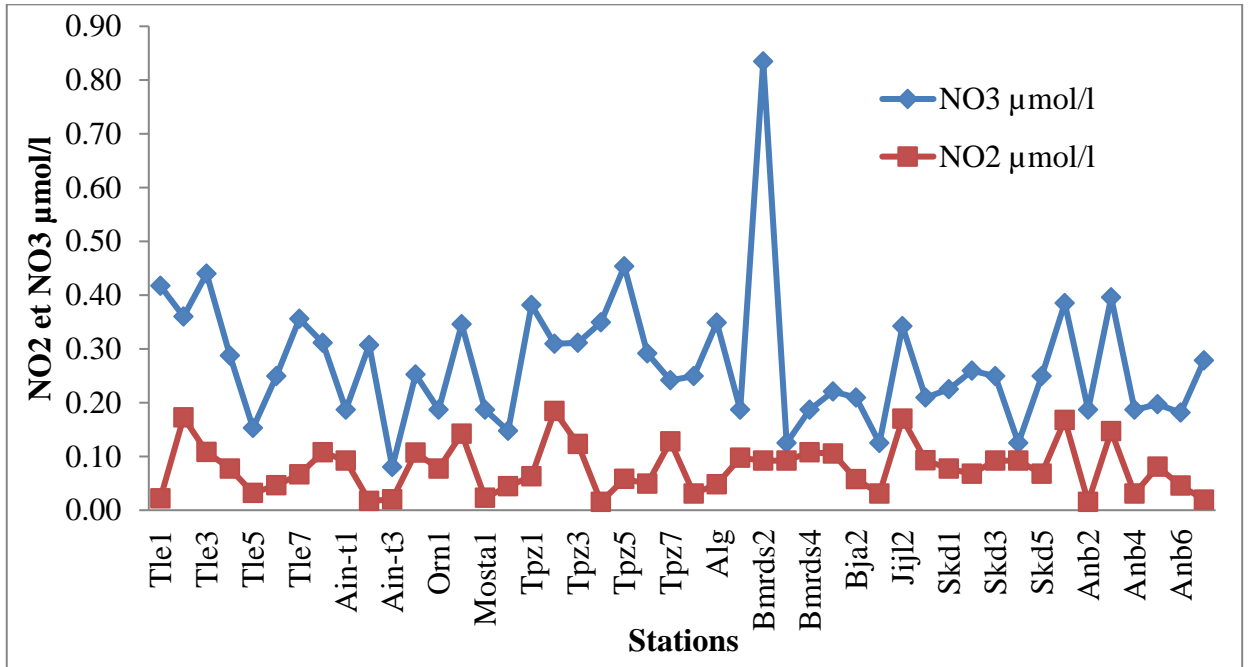


Figure 23. Variation des teneurs en Nitrites et en Nitrates sur la côte algérienne durant la campagne ALPEL 3.

2-2- Phosphore

Les variations des concentrations de phosphore sur la côte algérienne durant la campagne d'évaluation de 2013, oscillent entre un minimum de 0,08  $\mu\text{mol/l}$  et un maximum de 1,98 $\mu\text{mol/l}$ , la moyenne enregistrée est de 0,631  $\pm$ 0,42 $\mu\text{mol/l}$  (Figure 24).

Nous enregistrons aussi, des concentrations importantes de  $\text{PO}_4$  au niveau des stations de Tipasa 0,86  $\mu\text{mol/l}$ , d'Alger 1,56 $\mu\text{mol/l}$ , et de Skikda 1,98  $\mu\text{mol/l}$ .

Ces stations où nous avons des fortes concentrations pourraient être des zones d'influence de certains oueds comme Mazafran, El Harrache, El Hamiz et Zhour.

Durant la campagne d'évaluation de 2015, nous avons enregistré des teneurs de  $\text{PO}_4$  plus faible, qui varient entre un minimum de 0,002  $\mu\text{mol/l}$  et un maximum de 0,051 $\mu\text{mol/l}$ , (Figure 25). La moyenne enregistrée sur toute la côte algérienne en 2015 est de 0,031 $\pm$ 0,012 $\mu\text{mol/l}$ .

Au niveau de la mer d'Alboran, nous avons noté des concentrations moyennes d'orthophosphate de 0,09  $\pm$  0,025  $\mu\text{mol/l}$ . Alors qu'au niveau du bassin algérien, la moyenne de concentration est de 0,062  $\pm$ 0,012  $\mu\text{mol/l}$ .

Globalement, les valeurs enregistrées durant ces deux campagnes sont comparables à celles trouvées par Messaoudi et Chblaoui (2007) et Samson-Kechacha *et al.* (1992) et Boudjenah (2012).

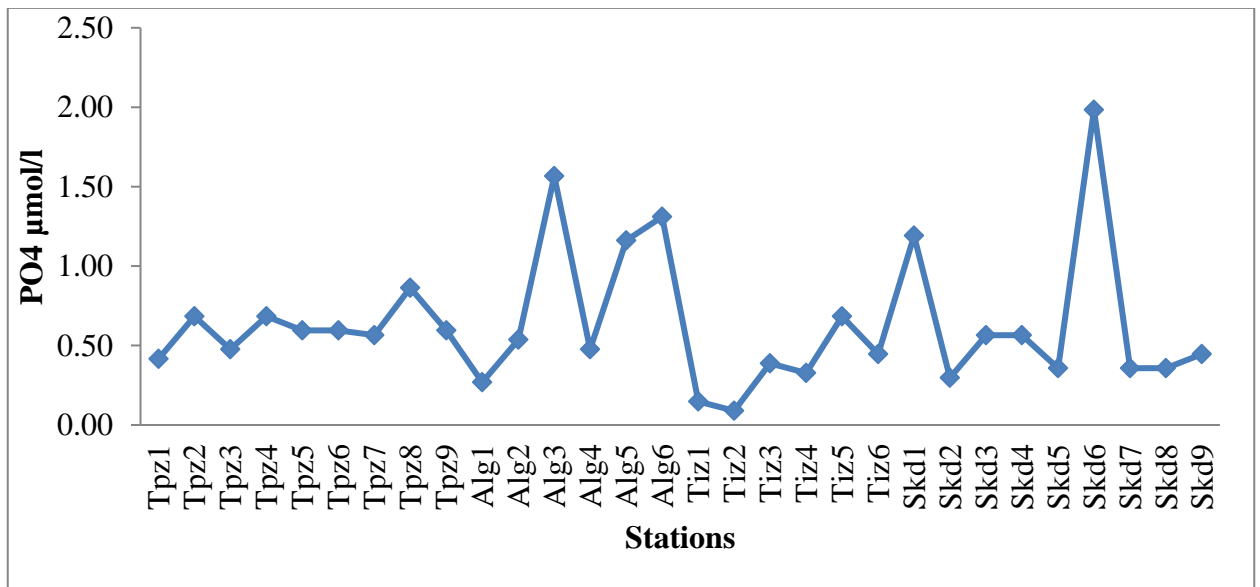
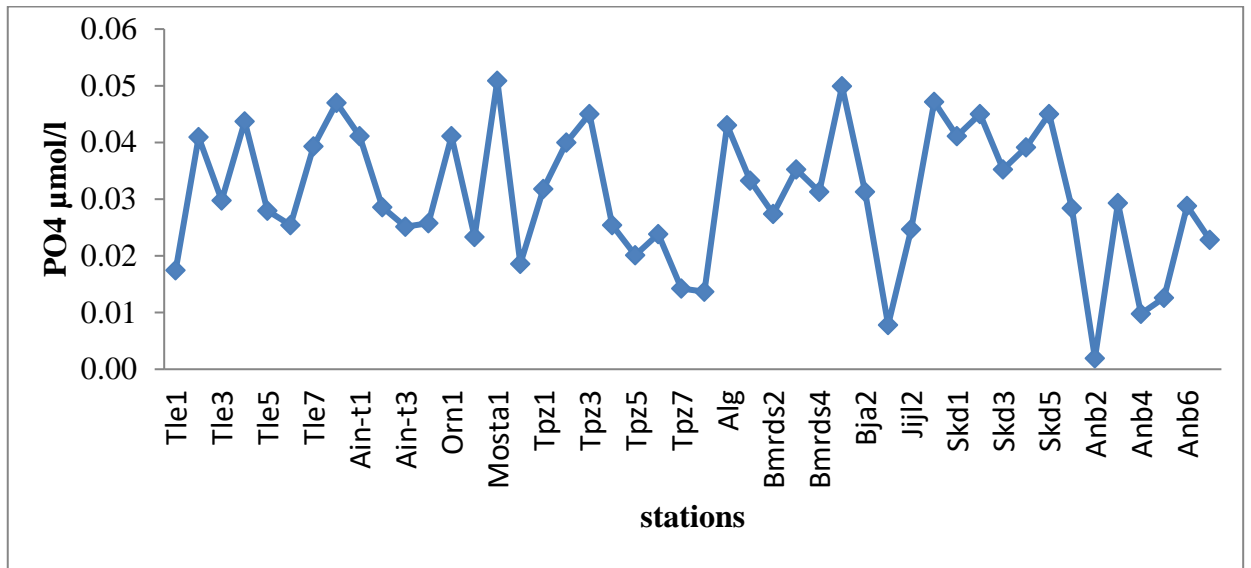


Figure 24. Variation des teneurs en orthophosphate sur la côte algérienne durant la campagne ALPEL 1.



**Figure 25.** Variation des teneurs en orthophosphate sur la côte algérienne durant la campagne ALPEL 3.

### 2-3- Rapport de Redfield N/P

Le rapport de Redfield prédit que le ratio C: N: P du phytoplancton marin est constant pour toutes les espèces et est égal à 106:16: 1 (Redfield, 1958 in Sterner et Elser, 2002), une proportion égale à celle de la photosynthèse. Ces proportions sont différentes et varient selon les milieux et les organismes (Tableau 5).

**Tableau 5.** Stœchiométrie des organismes autotrophes dans différents écosystèmes (Bryere, 2010)

	C: N: P	C: N	N: P	Références
Phytoplancton (milieu marin)	106:16:1	6,6	16	Redfield, 1958
Tourbières boréales	2823:36:1	75,3±23	36,4±12,6	Pakarinen, 1977
Bruyère (tundra)	1943:33:1	59	34	Jonasson et al, 1999
Phytoplancton (eau douce)	166:20:1	10,0±3,0	30,0±16,0	Elser et al, 2000
Couvert forestier	1212:28:1	43,6±3,5	27,8±1,4	McGroddy et al, 2004
Tourbières tempérées	1986:32:1	59,9±17,0	33,5±10,8	Francez, non publié

Le rapport stœchiométrique (N/P) d'azote inorganique dissous par rapport au phosphore réactif dissous observé dans notre étude a été comparé avec le ratio standard Redfield (N/P=16) (Sterner et Elser, 2002) (Figure 26).

Nous observons de faibles valeurs du rapport N/P dissous qui sont nettement inférieures au rapport de Redfield suggérant une limitation potentielle de la production primaire par l'azote dans les eaux de la mer d'Alboran et du Bassin Algérien durant la campagne d'évaluation ALPEL 1.

Par contre, le calcul du rapport N/P pour les données de la campagne d'évaluation ALPEL 3 donne un schéma différent, (Figure 27), où nous observons un rapport N/P inversé avec des valeurs qui dépassent 16 au niveau de plusieurs stations de la côte algérienne.

En effet, au niveau de la mer d'Alboran, nous avons un rapport qui se rapproche mais ne dépasse pas 16 au niveau de la majorité des stations, ce qui pourrait suggérer une limitation de la production par l'azote sur l'ensemble de la région, sauf pour deux stations (dans la wilaya de Tlemcen) où nous avons enregistré un rapport N/P = (25,16 et 18,39) dans la région de Ghazaout, cela pourrait indiquer une limitation de la production primaire par le phosphore.

A l'inverse, dans le bassin algérien nous avons des rapports N/P > 16, au niveau de la wilaya d'Oran station d'Arzew avec N/P=20,9, au niveau de la wilaya de Tipasa dans les stations de la baie de Bou-Ismaïl et Mazafran avec des valeurs de N/P = (25,4 et 25,9), au niveau de la wilaya de Boumerdes et de Jijel avec des rapports N/P = (33,8 et 19,4 et 20,7) et enfin à Annaba avec les valeurs les plus importantes où nous enregistrons à la station (34 ANBA) N/P=103,34. Ce qui pourrait indiquer une forte limitation de la production par le phosphore. En effet, dans ce site, nous avons enregistré les plus faibles valeurs de phosphore à savoir : 0,002  $\mu\text{mol/l}$  et 0,009  $\mu\text{mol/l}$ .

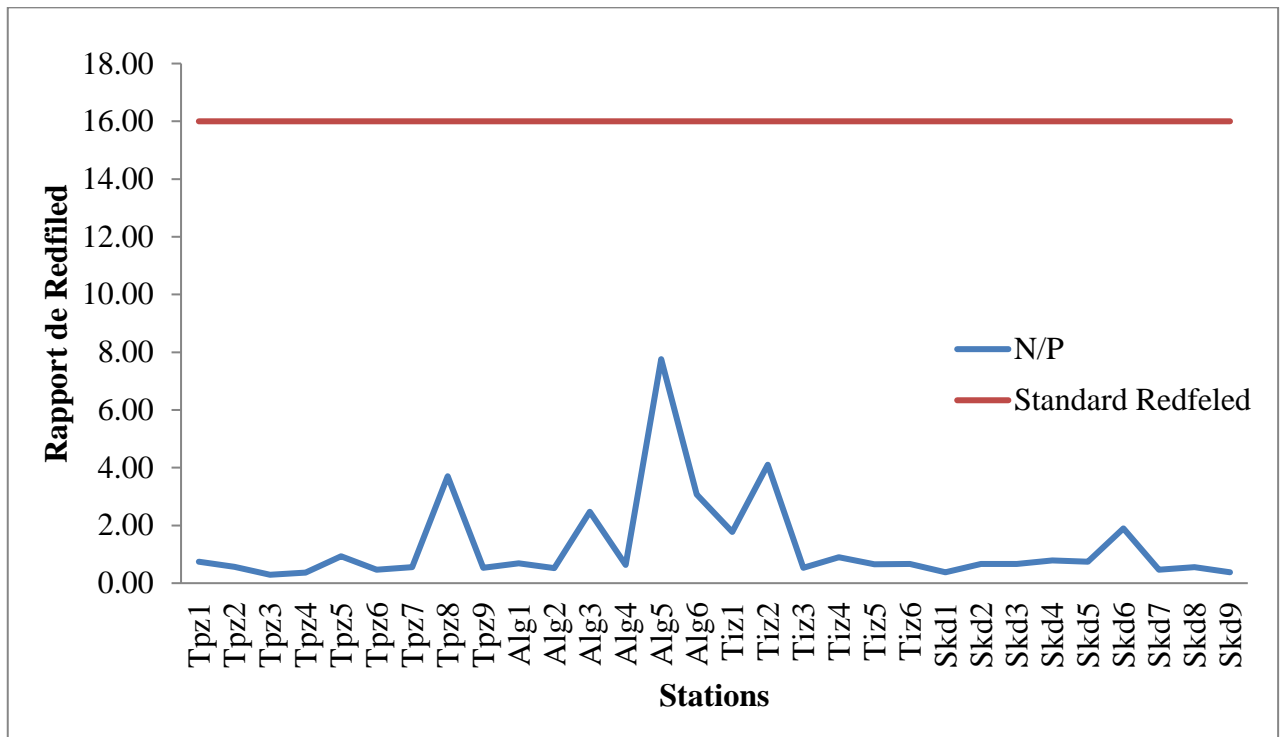


Figure 26. Représentation du rapport de Redfield en fonction des Standard Redfield pour résultats de la campagne ALPEL 1

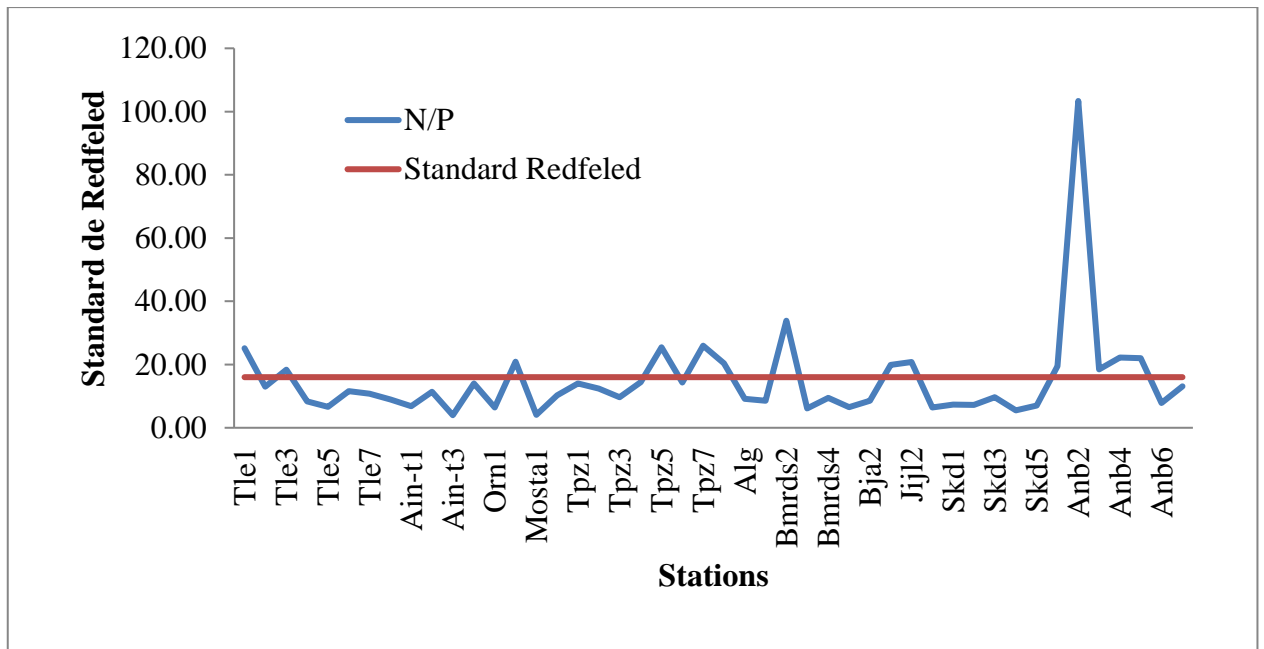


Figure 27. Représentation du rapport de Redfield en fonction des Standard Redfield pour résultats de la campagne ALPEL 3

2-4- Le silicate

Les concentrations en acide silicique de l’Océan Mondial varient entre 0 et 180µM. Les eaux marines sont donc sous-saturées en ce qui concerne la silice, Les concentrations actuelles en acide silicique sont faibles dans les eaux de surface et la concentration moyenne est voisine de 70 µMol/l (Tréguer et *al.*, 1995).

Les concentrations de silicate sur la côte algérienne durant la campagne ALPEL 1, varient entre un minimum de 0,107 µmol/l et un maximum de 2,69 µmol/l (Figure 28). La moyenne enregistrée est de  $0,47 \pm 0,54\mu\text{mol/l}$ .

Aussi, nous enregistrons des pics de concentrations de SIO<sub>2</sub> au niveau des stations de Tipasa 1,106 µmol/l, d’Alger 2,69 µmol/l, et de Skikda 1,14 µmol/l.

Nous remarquons que ces pics de concentrations se trouvent au niveau des ces mêmes stations où nous avons trouvé des fortes concentrations (NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub> PO<sub>4</sub>) et qui pourraient être des zones d’influence de certains oueds comme Mazafran, El Harrache, El Hamiz et Zhour.

Durant la campagne ALPEL 3, nous avons enregistré des teneurs de SIO<sub>4</sub> plus faibles, qui varient entre un minimum de 0,13 µmol/l et un maximum de 0,631µmol/l (Figure 29). La moyenne enregistrée sur toute la côte algérienne en 2015 est de  $0,32 \pm 0,14\mu\text{mol/l}$ .

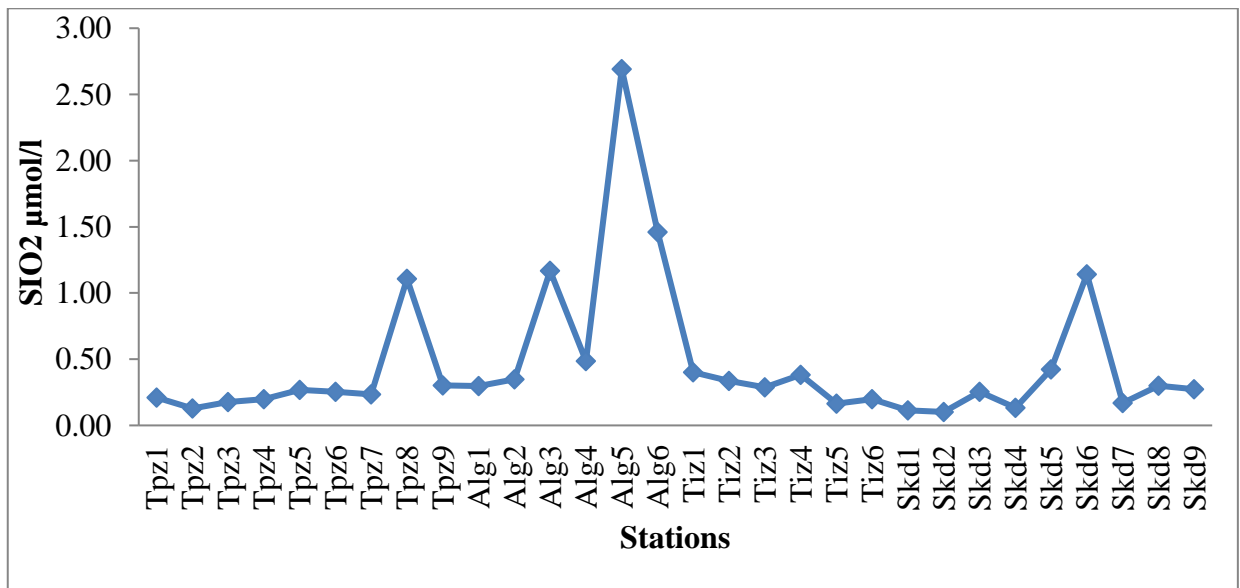
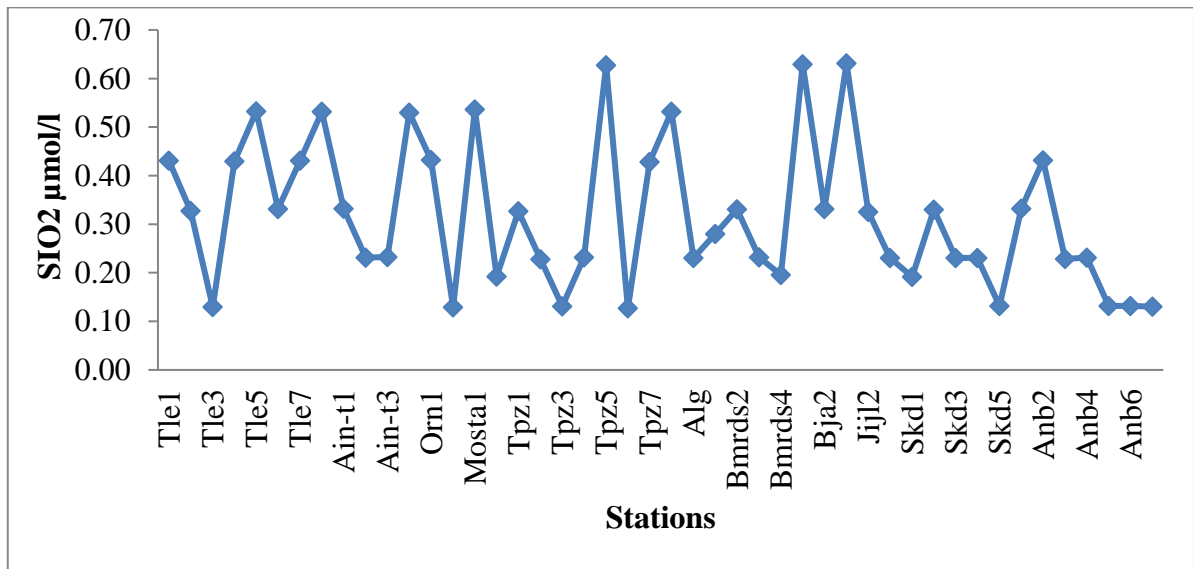


Figure 28. Variation des teneurs en silicate sur la côte algérienne durant la campagne ALPEL1.



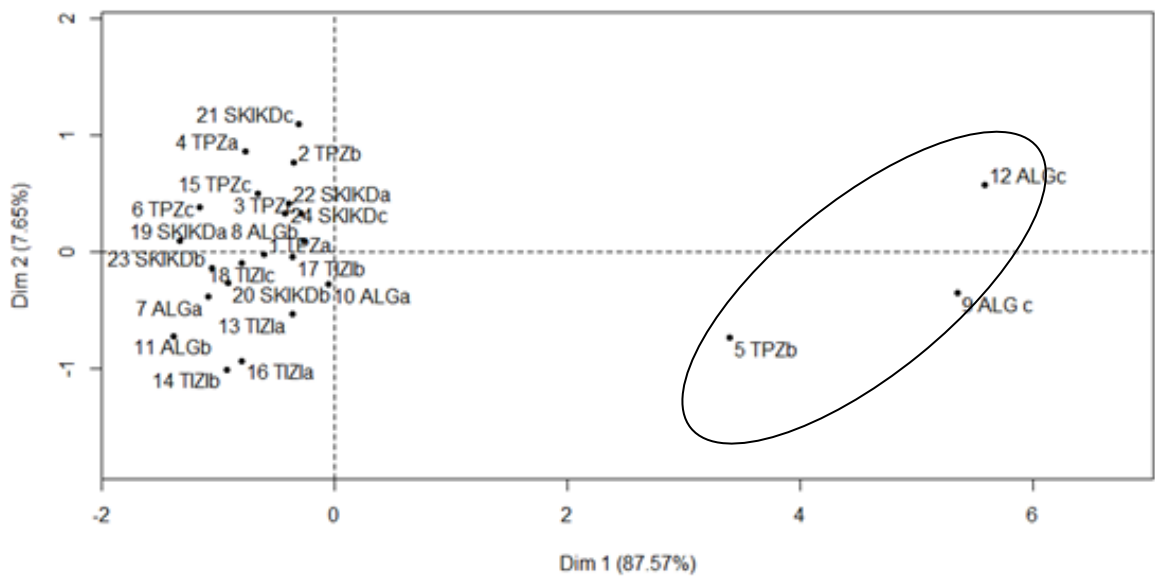
**Figure 29.** Variation des teneurs en silicate sur la côte algérienne durant la campagne ALPEL3.

Globalement, L'étude physico-chimique des eaux de la côte algérienne réalisée durant le printemps des trois années de campagne d'évaluation les campagnes ALPEL 1 ALPEL 2 et ALPEL 3, nous a permis de déterminer les conditions physico-chimiques essentielles que nous retrouvons dans ces deux zones de la méditerranée (mer d'Alboran et du Bassin Algérien).

En effet, les eaux du bassin algérien et de la mer d'Alboran restent sous influence des échanges avec l'Océan Atlantique d'un point de vue température et salinité. Les concentrations en sels nutritifs qui ont été mesurées au niveau des côtes algériennes, pour les échantillons des deux campagnes (ALPEL (1) et ALPEL (2)), ainsi que le suivi de ces paramètres abiotiques ont permis de caractériser les eaux algériennes et surtout d'appréhender leur niveau trophique durant cette période. Sur l'ensemble des variables étudiées (la salinité, la température, les nitrites, les nitrates, le phosphore le silicate), les teneurs en éléments nutritifs sont peu élevées et on ne remarque pas de différences significatives entre les stations. Par ailleurs, Une analyse en composantes principales (A.C.P.) a été effectuée à partir des données des paramètres abiotiques généralement les plus impliqués dans le fonctionnement des communautés planctoniques à savoir : les orthophosphates, les silicates, et les nitrates. Pour les deux campagnes ALPEL 1 et ALPEL 2 (Figure 30).

Une simple analyse de cette figure, montre que la presque totalité des stations se regroupe en un nuage de points qui indiquant que ces dernières présentent les mêmes caractéristiques écologiques. Trois stations se dégagent distinctement par rapport aux autres, il s'agit de stations d'Alger 1 et Alger 2 et de Tipasa 4 qui pourraient présenter des conditions physico-chimiques différentes.

Le Rapport N/P, qui indique la carence en nutriments, est souvent utilisé pour expliquer la dynamique saisonnière des communautés planctoniques. La valeur du rapport N/P pour laquelle un des éléments est Considéré limitant a été déterminée. Dans notre cas, nous sommes arrivés à déterminer des zones où l'Azote était limitant durant la période d'évaluation et inversement des zones ou le phosphore était limitant.



**Figure 30.** Une analyse en composantes principales pour les paramètres, d'orthophosphates, les silicates, et les nitrates pour les trois campagnes ALPEL 1 ALPEL 2 et ALPEL 3,

***Partie B :***  
***Analyse qualitative et  
quantitative du phytoplancton***

### **1- Structure et évolution des communautés phytoplanctoniques**

L'analyse de la structure de la communauté de phytoplancton des côtes algériennes a été réalisée durant les campagnes d'évaluation ALPEL 1, ALPEL 2 et ALPEL 3, faite en période printanière de trois années successives (2013, 2014, 2015).

Les données ont été étudiées sous deux aspects différents: un aspect spatial ou nous sommes concentrés sur la caractérisation des populations de phytoplancton de la mer d'Alboran et du bassin algérien et un aspect temporel avec les changements qui peuvent être perceptibles d'année en année sur les deux zones.

Pour cela, nous avons une estimation de la richesse spécifique et la composition taxonomique, de la diversité spécifique, ainsi que la distribution spatiale et temporelle des espèces et leur abondance durant cette période.

### **2- Etude qualitative**

#### **2-1- Composition spécifique et structure des communautés phytoplanctoniques**

L'inventaire des espèces rencontrées porte sur le macrophytoplancton (essentiellement les Diatomées et les Dinoflagellés), (Voir les taxons identifiés dans les Tableau I ; II et Planche I ; II en Annexe I).

Il a été dénombré pour les trois campagnes ALPEL 1, ALPEL 2 et ALPEL 3, 361 espèces, rassemblant plusieurs genres. En termes de nombre d'espèces, les Dinoflagellés sont les plus représentés avec 60,11% d'espèces alors que les diatomées représentent 38,50%, les autres espèces ne représentent que 1,39%.

Au niveau de la mer d'Alboran, nous avons une richesse spécifique de 211 espèces, représentées essentiellement par les groupes dominants (diatomées et dinoflagellés). Nous avons noté dans cette zone 61,14% de dinoflagellés et 37,91% de diatomées, les autres espèces ne représentent que 0,95%.

Au niveau du bassin Algérien, nous avons une richesse spécifique de 291 espèces avec 59,45% de dinoflagellés et 39,18% de diatomées, les autres espèces ne représentent que 1,37%..

**2-2- Composition spécifiques et structure des communautés phytoplanctoniques par année et par zone**

L'analyse des données du phytoplancton pour les trois campagnes ALPEL 1, ALPEL 2 et ALPEL 3, par année nous permet de relever les éléments suivants :

En 2013 nous avons dénombré sur toute la côte algérienne plus de 280 espèces de phytoplancton avec 34 espèces au niveau de la mer d'Alboran et 266 espèces au niveau du bassin algérien, dominée par les diatomées qui représentent 64,48% par rapport aux dinoflagellés qui eux représentent 33,98%.

Nous remarquons qu'au niveau de la mer d'Alboran durant l'année 2013, nous avons une faible richesse spécifique comparée à l'ensemble de la côte algérienne. Elle est dominée par les diatomées qui représentent 61,11% par rapport aux dinoflagellés qui eux représentent 39,89% (Tableau.6).

**Tableau 6.** Récapitulatif de la richesse spécifique en phytoplancton et des pourcentages de dinoflagellés et de diatomées en 2013 sur toute la côte algérienne.

Zoné d'étude	Richesse spécifique	Diatomées (%)	Dinoflagellés (%)	Autres (%)
Sur toute la côte algérienne	280	39,59	59,59	1,43
Mer d'Alboran	34	61,11	39,89	00
Bassin algérien	266	33,98	64,48	1,54

En 2014, la richesse spécifique du phytoplancton de la côte algérienne prise dans sa globalité était 183 espèces avec une faible variation entre les deux zones considérées (Mer d'Alboran et Bassin Algérien) où nous dénombrons 114 espèces pour la Mer d'Alboran et 129 espèces au niveau du Bassin Algérien.

En ce qui concerne les deux groupes de phytoplancton les plus représentatifs, on retrouve les mêmes proportions avec de très faibles différences, entre la mer d'Alboran et le bassin Algérien. Pour les diatomées, nous avons 39 % dans le bassin algérien et 40% dans la mer d'Alboran ; alors que pour les dinoflagellés 59 % dans la mer d'Alboran et 60% dans le bassin algérien (Tableau 7).

**CHAPITRE IV /Partie B : Analyse qualitative et quantitative du phytoplancton**

**Tableau 7.** Récapitulatif de la richesse spécifique du phytoplancton et des pourcentages de dinoflagellé et de diatomée en 2014 sur toute la côte algérienne.

Zoné d'étude	Richesse spécifique	Diatomée (%)	Dinoflagellé (%)	Autres (%)
Sur toute la côte algérienne	183	39,82	59,77	0,41
Mer d'Alboran	114	40,22	59,34	0,44
Bassin algérien	129	39,46	60,15	0,38

En 2015, nous avons une richesse spécifique globale du phytoplancton de 158 espèces avec 92 espèces dénombrées en mer d'Alboran et 76 espèces au niveau du Bassin algérien.

En ce qui concerne les groupes de phytoplancton les plus représentatifs, on remarque une dominance des dinoflagellés au niveau des deux bassins (mer d'Alboran et bassin algérien) avec un pourcentage des dinoflagellés qui varie entre 63 % dans le bassin algérien et 74% dans la mer d'Alboran, alors que les diatomées ne représentent que 25% dans la mer d'Albran et 34% dans le bassin algérien (Tableau 8).

**Tableau 8.** Récapitulatif de la richesse spécifique du phytoplancton et des pourcentages de dinoflagellés et de diatomées en 2015 sur toute la côte algérienne.

Zoné d'étude	Richesse spécifique	Diatomée (%)	Dinoflagellé (%)	Autres (%)
Sur toute la côte algérienne	158	30,29	68,25	1,46
Mer d'Alboran	92	25,21	74,79	00
Bassin algérien	76	34,19	63,23	2,58

Dans l'ensemble la richesse spécifique du phytoplancton sur toute la côte algérienne, durant les trois campanes ALPEL 1, ALPEL 2 et ALPEL 3 est passée de 280 espèces en 2013 ; 183 espèces en 2014 à 158 espèces en 2015. Les proportions entre les deux grand groupes dinoflagellés et diatomées restent les mêmes. Nous retrouvons une dominance des dinoflagellés qui varie entre 59 % et 74%, par rapport aux diatomées qui représentent 25% à 40% des populations de phytoplancton. A l'exception de la campagne APLEL 1 en mer d'Alboran où nous avons une dominance des diatomées avec 61%.

## CHAPITRE IV /Partie B : Analyse qualitative et quantitative du phytoplancton

Si on compare nos résultats à ceux de la bibliographie, Ignatiades *et al.* (2009), ont identifiés 216 espèces de phytoplancton dont, 48 espèces diatomées, 112 espèces de dinoflagellés et 56 espèces de coccolithophores. Casas *et al.* (1998) trouvent quant à eux 205 espèces dont 144 espèces de dinoflagellés et 61 espèces représentant d'autres groupes (Tableau 9). On remarque que nos résultats sont très proches de ceux trouvés par Ignatiades (2009) et par Casas (1998). En effet, les richesses spécifiques de phytoplancton que nous avons trouvé sur les côtes algériennes (mer d'Alboran et bassin algérien) sont très proches de celles trouvées par ces deux auteurs.

**Tableau 9.** Comparatif des résultats de la répartition et la composition de la richesse spécifique des espèces phytoplanctonique de la côte algérienne avec ceux de la littérature.

	Nombre d'espèces (%)	Diatomées (%)	Dinoflagellés (%)	Autres (%)
Ignatiades <i>et al.</i> , 2009	216	22	52	26
Casas <i>et al.</i> , 1998	205	-	70	-
<b>Présent travail (côte algérienne)</b>	<b>361</b>	<b>38,50</b>	<b>60,11</b>	<b>1,39</b>
<b>Présent travail (Mer d'Alboran)</b>	<b>211</b>	<b>37,91</b>	<b>61,14</b>	<b>0,95</b>
<b>Présent travail (Bassin algérien)</b>	<b>291</b>	<b>39,18</b>	<b>59,45</b>	<b>1,37</b>

### 2-3 Analyse de la diversité spécifique du phytoplancton dans le temps par wilaya et par station

En Analysant les abondances relatives par espèces des diatomées et des dinoflagellés, pour la campagne ALPEL 1, nous retrouvons le genre *Gymnodinium* dans la majorité des wilayas de la côte algérienne avec des abondances importantes comparé à d'autres espèces (Tableau 10) à titre d'exemple :

- L'espèce *Torodinium teredo* avec une abondance relative de 45,2% ;
- L'espèce *prorocentrum mecans* avec une abondance relative de 41,43% ;
- L'espèce *prorocentrum* sp avec une abondance relative de 58,18%.

**CHAPITRE IV /Partie B : Analyse qualitative et quantitative du  
phytoplancton**

**Tableau 10.** Récapitulatif des genres et espèces de phytoplancton les plus représentées sur la côte algérienne par wilaya en 2013.

Wilaya	Genres	Espèces	Abondance relative (%)
Tlemcen	Gymnodinium	<i>Gymnodinium</i> sp	21,05
Ain-Temouchent	Navicula	<i>Navicula</i> sp	18,92
Mostaganem	Melosira	<i>Melosira</i> sp	28,37
	Gymnodinium	<i>Gymnodinium</i> sp	20,05
	Torodinium	<i>Torodinium teredo.</i>	45,20
Tipasa	Chaetoceros	<i>Chaetoceros</i> sp	19,10
Boumerdes	Gymnodinium	<i>Gymnodinium</i> sp	13,26
	Gymnodinium	<i>Gymnodinium ravenescens</i>	15,63
	Scrippsiella	<i>Scrippsiella</i> sp	13,54
Tizi ouzou	Peridinium	<i>Peridinium</i> sp	16,77
	Prorocentrum	<i>Prorocentrum mecans</i>	41,43
	Protoperidinium	<i>Protoperidinium reticulatum</i>	12,89
Bejaia	Gymnodinium	<i>Gymnodinium</i> sp	29,18
	Prorocentrum	<i>Prorocentrum</i> sp	31,27
Jijel	Gymnodinium	<i>Gymnodinium</i> sp	36,25
Skikda	Gymnodinium	<i>Gymnodinium</i> sp	36,69
	Prorocentrum	<i>Prorocentrum</i> sp	13,67
	Gymnodinium	<i>Gymnodinium helix</i>	21,71
	Gymnodinium	<i>Gymnodinium acumminatum</i>	13,73
Annaba	Gymnodinium	<i>Gymnodinium</i> sp	35,11
	Alexandrium	<i>Alexandrium</i> sp	20,17
	Gymnodinium	<i>Gymnodinium</i> sp	21,47
	Prorocentrum	<i>Prorocentrum micans</i>	15,18
El tarf	Prorocentrum	<i>Prorocentrum</i> sp	58,56

Pour la campagne ALPEL 2, nous avons noté la présence de deux genres de phytoplancton (Protoperidinium et Prorocentrum) au niveau de toutes les stations de la côte algérienne, avec des abondances importantes (Tableau. 11). Nous avons enregistré une dominance localisée de certaines espèces, à titre d'exemple :

- L'espèce *Prorocentrum* sp avec une abondance relative de 41.26 ;
- L'espèce *Protoperidinium* sp avec une abondance relative de 33.95 ;
- L'espèce *Thalassiosira* sp avec une abondance relative de 30.36 ;
- L'espèce *Actinocyclus* sp avec une abondance relative de 28.26.

**Tableau 11.** Récapitulatif des genres et espèces de phytoplancton les plus représentées par wilaya, sur la côte algérienne en en 2014.

<b>Wilaya</b>	<b>Genre</b>	<b>Espèces</b>	<b>Abondance relative (%)</b>
Tlemcen	Guinardia	<i>Guinardia sp</i>	10,53
	Protoperidinium	<i>Protoperidinium sp</i>	33,95
Mostaganem	Actinocyclus	<i>Actinocyclus sp</i>	28,26
	Rhizosolenia	<i>Rhizosolenia sp</i>	13,33
	Cyclotella	<i>Cyclotella sp</i>	10,00
Tipasa	Protoperidinium	<i>Protoperidinium sp</i>	18,52
	Prorocentrum	<i>Prorocentrum sp</i>	22,22
	Peridinium	<i>Peridinium sp</i>	16,59
	Prorocentrum	<i>Prorocentrum sp</i>	41,26
Boumerdés	Thalassiosira	<i>Thalassiosira sp</i>	30,36
	Oxytoxum	<i>Oxytoxum sp</i>	11,61

Pour la campagne ALPEL 3, nous remarquons que les genres de phytoplancton dominant dans la mer d'Alboran sont différents de ceux dominant dans le bassin algérien (Tableau 12). En 2015, nous avons enregistré une dominance localisée de certaines espèces à titre d'exemple :

- L'espèce *Prorocentrum gracile* avec une abondance relative de 29.26% ;
- L'espèce *Scropsiella sp* avec une abondance relative de 38.46% ;
- L'espèce *Mesoporos perforatus* avec une abondance relative de 32.39% ;
- L'espèce *Prorocentrum micans* avec une abondance relative de 37.16% ;
- L'espèce *Thalassionema nitzschioides* avec une abondance relative de 26% ;
- L'espèce *Coscinodiscus sp* avec une abondance relative de 22.18%.

**CHAPITRE IV /Partie B : Analyse qualitative et quantitative du  
phytoplancton**

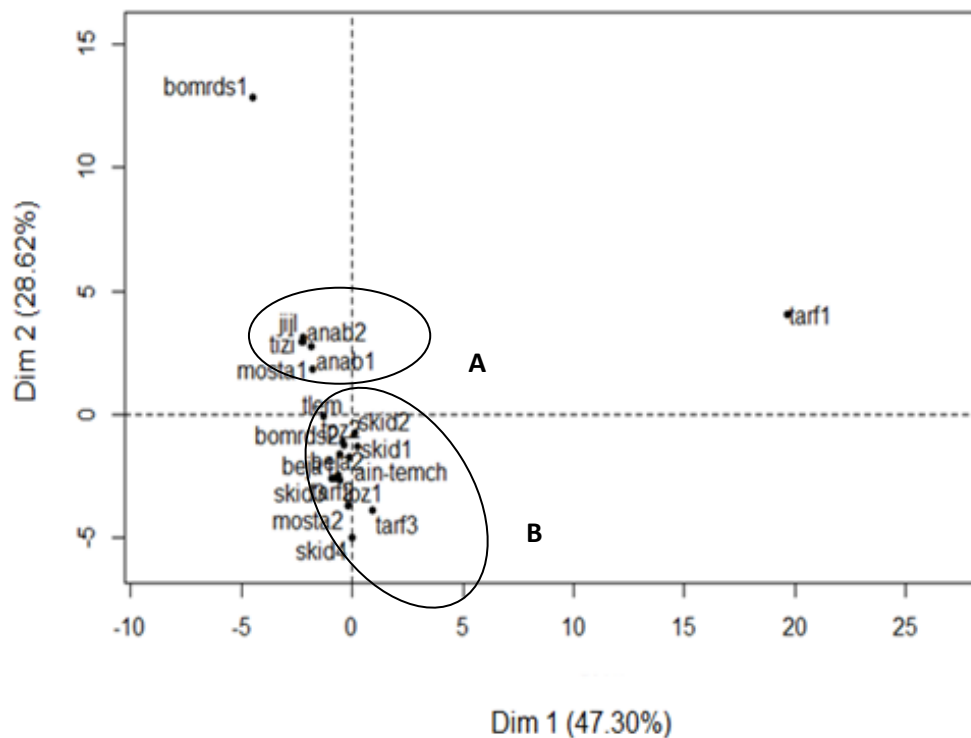
**Tableau 12.** Récapitulatif des genres et espèces de phytoplancton les plus représentées par wilaya, sur la côte algérienne en 2015.

<b>Wilaya</b>	<b>Genre</b>	<b>Espèces</b>	<b>Abondance relative %</b>
Tlemcen	<i>Prorocentrum</i>	<i>Prorocentrum gracile Schütt</i>	29,26
	<i>Scripsiella</i>	<i>Scripsiella sp</i>	38,46
	<i>Scripsiella</i>	<i>Scripsiella Sp</i>	32,85
	<i>Prorotocentrum</i>	<i>Prorotocentrum sp</i>	35,73
	<i>Thalassiora</i>	<i>Thalassiora Sp</i>	19,13
	<i>Protoperidinium</i>	<i>Protoperidinium sp</i>	18,58
	<i>Prorocentrum</i>	<i>Prorocentrum micans</i>	37,16
Ain-Temouchent	<i>Mesoporos</i>	<i>Mesoporos perforatus</i>	32,39
	<i>Rhizosolenia</i>	<i>Rhizosolenia imbricata</i>	16,17
	<i>Thalassionema</i>	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	26,32
	<i>Teilungsstadium</i>	<i>Teilungsstadium</i>	13,91
	<i>Coscinodiscus</i>	<i>Coscinodiscus sp.</i>	22,18
Mostaganem	<i>Protoperidinium</i>	<i>Protoperidinium sp</i>	14,71
	<i>Protoperidinium</i>	<i>Protoperidinium sp</i>	23,81
	<i>Prorocentrum</i>	<i>Prorocentrum sp</i>	20,00
	<i>Ceratium</i>	<i>Ceratium sp</i>	20,00
Tipasa	<i>Pyrophacus</i>	<i>Pyrophacus horologicum</i>	17,81
	<i>Scripsiella</i>	<i>Scripsiella hangoei</i>	19,86
	<i>Spirodinium</i>	<i>Spirodinium fusus</i>	19,86
Alger	<i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia sp</i>	13,53
	<i>Scripsiella</i>	<i>Scripsiella hangoei</i>	14,29
	<i>Spirodinium</i>	<i>Spirodinium fusus</i>	16,54
Boumerdés	<i>Scripsiella</i>	<i>Scripsiella sp</i>	14,47
	<i>Scripsiella</i>	<i>Scripsiella hangoei</i>	14,47
	<i>Spirodinium</i>	<i>Spirodinium fusus</i>	14,47
	<i>Pyrophacus</i>	<i>Pyrophacus horologicum</i>	13,70
	<i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia sp</i>	27,40
Tizi-Ouzou	<i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia sp</i>	16,16
	<i>Scripsiella</i>	<i>Scripsiella hangoei</i>	18,18

3- Composition taxinomique du phytoplancton réalisée lors de la campagne  
PLPEL 1 au niveau de la côte algérienne en fonction des stations

3-1- Printemps 2013

Afin de mettre en évidence les assemblages taxinomiques, une analyse en composante principale (A.C.P.) a été effectuée à partir des données de la campagne ALPEL 1, (Figure 31 ; Tableau 13) cela a permis de scinder les stations en deux groupes distincts, avec des compositions taxinomiques différentes en fonction des conditions du milieu.



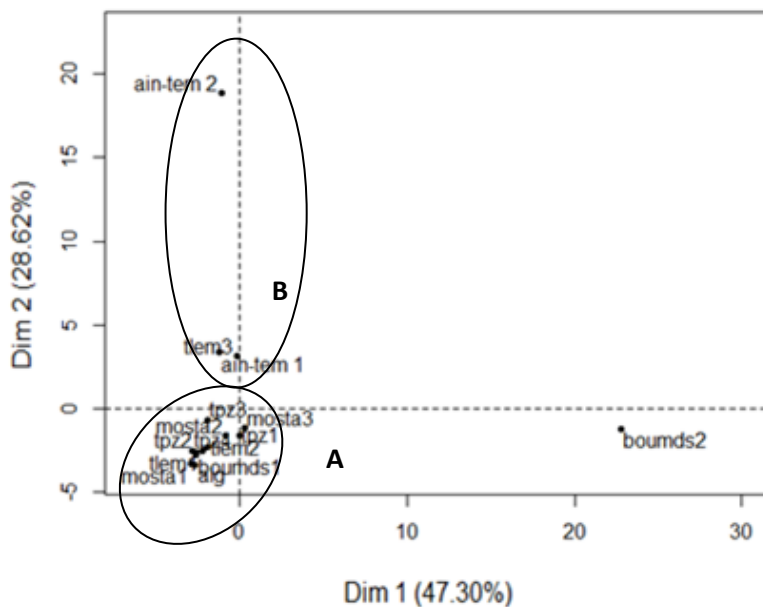
**Figure 31.** Analyse en composante principale des données taxinomiques du phytoplancton de la campagne ALPEL 1 illustration (Groupe A et le Groupe B).

**Tableau 13.** Récapitulatif des compositions taxinomiques du phytoplancton de la campagne ALPEL 1 de la côte algérienne.

Groupe	Composition taxinomique
Groupe A	<i>Gymnodinium</i> sp, <i>Alexandrium</i> sp, <i>Prorocentrum micans</i> , <i>Peridinium</i> sp, <i>Prortoperidinium</i> sp, <i>Melosira</i> sp, <i>Torodinium teredo</i>
Groupe B	<i>Gymnodinium</i> sp, <i>Grorocentrum</i> sp, <i>Chaetoceros</i> sp, <i>Navicula</i> sp,

**3-2- Printemps 2014**

L'analyse en composante principale (A.C.P.) effectuée à partir des données taxonomiques de la campagne ALPEL 2, a permis de scinder les stations en deux groupes différents à savoir : les stations de Ain-Temouchent 1 et Tlemcen 3 qui se retrouvent dans la partie positive de l'axe 1 et le reste des stations qui se trouvent dans la partie négative de l'axe, cela pourrait indiquer, qu'ils présentent des compositions taxonomiques différentes (Figure 32 ; Tableau 14). Nous remarquons aussi que les stations du groupe B sont plus proches d'un point de vue diversité spécifique (ils ont plus d'espèces en commun).



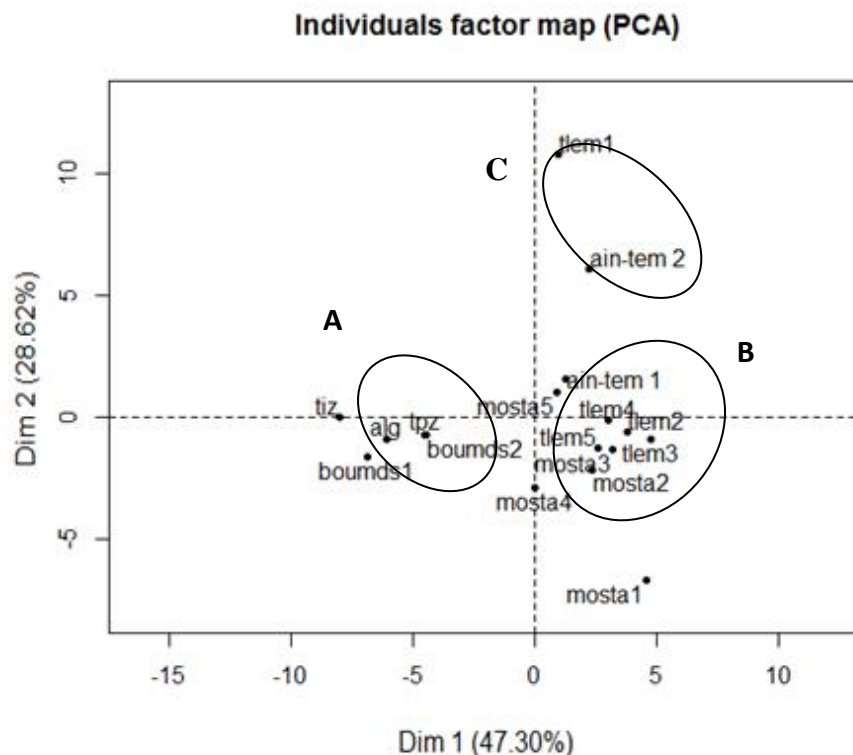
**Figure 32.** Analyse en composante principale des données taxonomiques du phytoplancton de la campagne ALPEL 2 illustration (Groupe A et le Groupe B).

**Tableau 14.** Récapitulatif des compositions taxonomiques du phytoplancton de la campagne ALPEL 2 de la côte algérienne.

Groupe	Composition taxonomique
Groupe A	<i>Cerastium</i> sp, <i>Coscinodiscus</i> sp, <i>Gonyaulax</i> sp, <i>Guinardia</i> sp, <i>Hemidiscus</i> sp, <i>Navicula</i> sp, <i>Oxytoxum</i> sp, <i>Prorocentrum</i> sp, <i>Protoperidinium</i> sp
Groupe B	<i>Actinocyclus</i> sp, <i>Amphora</i> sp, <i>Biddulphia</i> sp, <i>Ceratium</i> sp, <i>Cochlodinium</i> sp, <i>Coscinodiscus</i> sp, <i>Cyclotella</i> sp, <i>Dinophysis</i> sp, <i>Gonyaulax</i> sp, <i>Guinardia</i> sp, <i>gymnodinium</i> sp, <i>Hemidiscus</i> sp, <i>Lurella</i> sp, <i>Meloeiria</i> sp, <i>Ostreopsis</i> sp, <i>Pleurosigma</i> sp, <i>Prorocentrum</i> sp, <i>Thalassonema</i> sp.

3-3- Printemps 2015

Les données taxonomiques de la campagne ALPEL 3, nous donnent une configuration différente avec l'apparition de trois groupes, désignant des configurations taxonomiques différentes (Figure 33 ; Tableau 15). Nous remarquons aussi que les stations du groupe A sont plus proches d'un point de vue diversité spécifique (ils ont plus d'espèces en commun).



**Figure 33.** Analyse en composante principale des données taxonomiques du phytoplancton de la campagne ALPEL 3 illustration (Groupe A ; le Groupe B et GroupeC).

**Tableau 15.** Récapitulatif des compositions taxonomiques du phytoplancton de la campagne ALPEL 2 de la côte algérienne.

Groupe	Composition taxonomique
Groupe A	<i>Alexandrium</i> sp, <i>Cochlodinium</i> sp, <i>Conocylus</i> sp, <i>Katodinium</i> sp, <i>Melosira microconthadinum</i> , <i>Pyrophacus</i> sp, <i>Scripsella</i> sp, <i>Spirodinium</i> sp, <i>Trodinum</i> sp
Groupe B	<i>Cerastium</i> sp, <i>Oxytoxum</i> sp, <i>Prorocentrum</i> sp, <i>Protoperidinium</i> sp, <i>Scripsilla</i> sp, <i>Thalassonema</i> sp.
Groupe C	<i>Coscinodiscus</i> sp, <i>Prorocentrum</i> sp, <i>Gymnodinium</i> sp

#### **4- Fréquence relative phytoplanctonique des trois campagnes**

L'estimation de la fréquence relative (Tableau 16), montre que le pourcentage des espèces constantes dans les populations durant les trois campagnes ne dépasse pas 15%, alors que les pourcentages des espèces rares que nous pouvons retrouver accidentellement dépassent 80%.

**Tableau 16.** Récapitulatif des fréquences relatives du phytoplancton des trois campagnes des côtes algériennes.

<b>Désignation</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
<b>Nombre d'espèces</b>	280	183	158
<b>Pourcentage d'espèces constantes</b>	7,14	15,85	8,23
<b>Pourcentage d'espèces communes</b>	11,43	13,66	13,29
<b>Pourcentage d'espèces rares</b>	81,43	70,49	78,48

5- Indices de diversité du phytoplanctonique des trois campagnes

5-1- Indice de Shannon

5-1-1- Résultats de la campagne ALPEL 1

Le calcul de l'indice de diversité de Shannon  $H'$  pour les résultats d'évaluations de l'année 2013, donne des valeurs très faibles qui varient entre un maximum de 1,40 bit/ind. enregistré au niveau de la station de Boumerdés 2 et un minimum de 0,26 bit/ind. enregistré au niveau de la station de Skikda 2. Si nous comparons les valeurs de l'Indice de Shannon par rapport aux valeurs optimales de  $H$  maximale qui sont comprises entre de 2,48 et 4,09 bit/ind. on remarque qu'ils sont très éloignés (Figure 34).

Ceci peut être expliqué par la dominance relative d'une espèce par rapport aux autres. En effet, nous avons noté la dominance d'une espèce, qui présente une dominance relative dépassant 10% dans chaque station (Tableau 10). Ceci est confirmé par l'indice d'équitabilité Pielou (Tableau 17).qui prend la valeur de 0,21 et de 0,46, toujours inférieure à 0.5 et dans la plus part des cas proche de zéro.

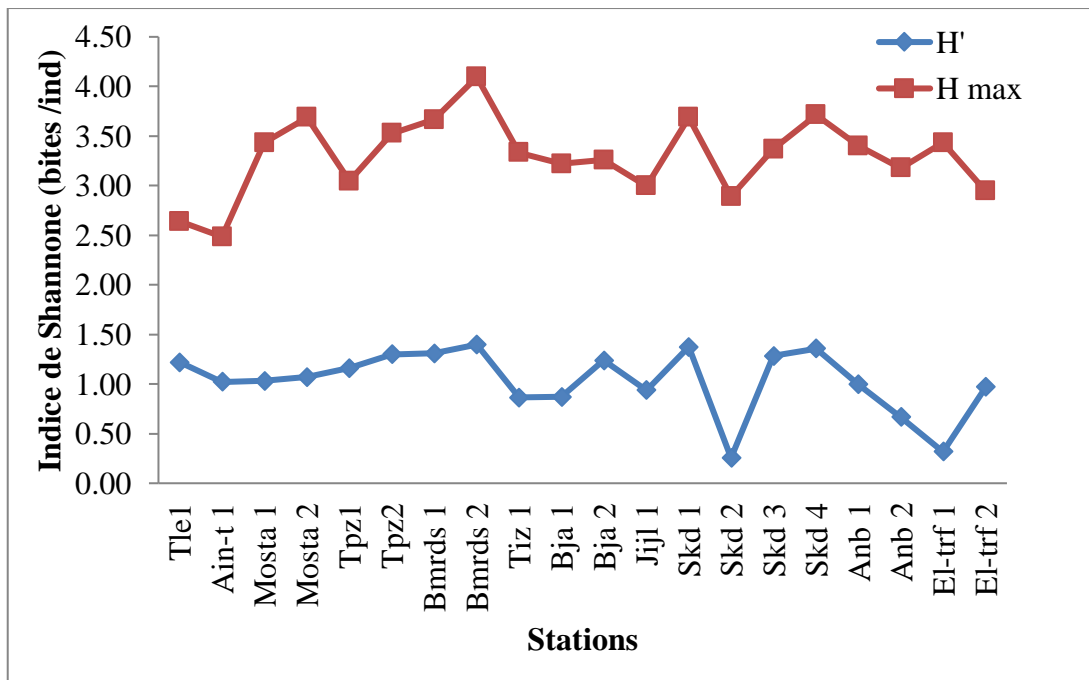


Figure 34. L'indice de diversité de Shannon durant la campagne ALPEL 1.

**Tableau 17.** Récapitulatif des variations des indices de Shannon (H') et de Piélou (J) au niveau des zones d'échantillonnage durant la campagne ALPEL 1.

<b>Campagne 2013</b>		
Station	H'	J
Tle1	1,22	0,46
Ain-t 1	1,02	0,41
Mosta 1	1,032	0,30
Mosta 2	1,07	0,29
Tpz1	1,16	0,38
Tpz2	1,30	0,37
Bmrds 1	1,31	0,36
Bmrds 2	1,40	0,34
Tiz 1	0,86	0,26
Bja 1	0,86	0,27
Bja 2	1,23	0,38
Jijl 1	0,93	0,31
Skd 1	1,37	0,37
Skd 2	0,25	0,09
Skd 3	1,28	0,38
Skd 4	1,35	0,37
Anb 1	0,99	0,29
Anb 2	0,66	0,21
El-trf 1	0,31	0,09
El-trf 2	0,96	0,33

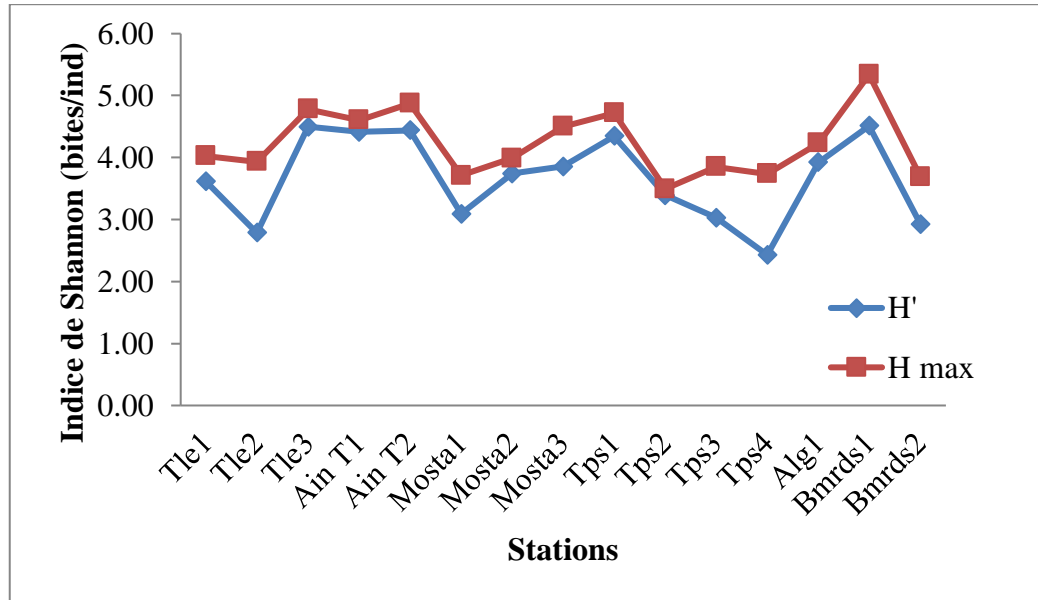
### 5-1-2- Résultats de la campagne ALPEL 2

Le calcul de l'indice de diversité de Shannon H' pour les données de la campagne ALPEL 2, donne des valeurs très élevées, qui varient entre un maximum de 4,51 bit/ind. enregistré au niveau de la station Boumerdés 1, et un minimum de 2,43 bit/ind. enregistré au niveau de la station Tipasa 4. Si nous comparons ces résultats par rapport aux valeurs optimales de H maximale qui sont comprises entre de 3,68 et 5,33 bit/ind. on remarque qu'ils sont très proches (Figure 35).

Ceci peut être expliqué par l'absence d'espèces dominantes par rapport aux autres au niveau des stations (Tableau 11). En effet, nous avons des dominances relatives très proches.

**CHAPITRE IV /Partie B : Analyse qualitative et quantitative du  
phytoplancton**

Ceci est confirmé par l'indice d'équitabilité Pielou qui prend la valeur proche de 1 de 0,65 et de 0,96 (Tableau 18). Ce qui montre une partition équivalente des individus par espèces.



**Figure 35.** L'indice de diversité de Shannon durant la campagne ALPEL 2.

**Tableau 18.** Récapitulatif des variations des indices de Shannon (H') et de Pielou (J) au niveau des zones d'échantillonnage durant la campagne ALPEL 2.

<b>Campagne 2014</b>		
Station	H'	J
Tle1	3,61	0,90
Tle2	2,78	0,71
Tle3	4,49	0,94
Ain T1	4,41	0,96
Ain T2	4,44	0,91
Mosta1	3,09	0,83
Mosta2	3,74	0,94
Mosta3	3,85	0,86
Tps1	4,34	0,92
Tps2	3,39	0,97
Tps3	3,03	0,79
Tps4	2,43	0,65
Alg1	3,92	0,93
Bmrds1	4,51	0,84
Bmrds2	2,93	0,79

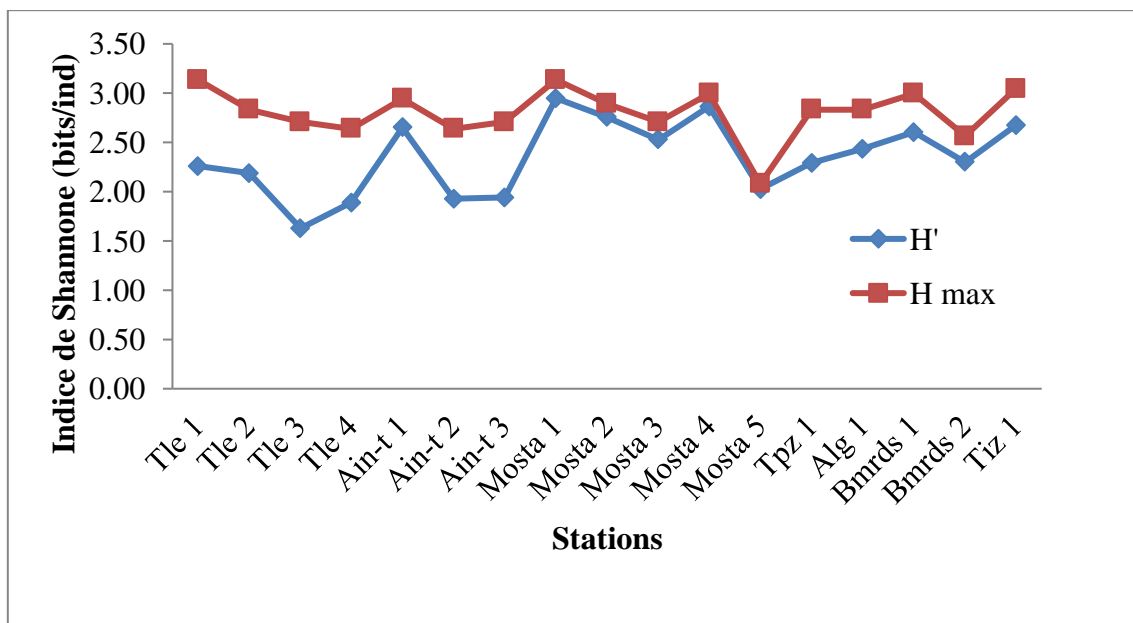
### 5-1-3- Résultats de la campagne ALPEL 3

Le calcul de l'indice de diversité de Shannon  $H'$  pour les données de la campagne ALPEL 3, donne des valeurs très élevées qui varient entre un maximum de 2.67 bit/ind. enregistré au niveau de la station Tlemcen 1 et un minimum de 1,63 bit/ind. enregistré au niveau de la station de Mostaganem 5. Si nous comparons ces résultats par rapport aux valeurs optimales de  $H$  maximale qui sont comprises entre de 2,084 et 3,14 bit/ind., on remarque qu'ils sont très proches (Figure 36), nous avons même un chevauchement des deux courbes au niveau de la station Mostaganem 5.

Ceci peut être expliqué par l'absence d'espèces dominantes par rapport aux autres au niveau de ces stations. En effet, nous avons des dominances relatives très proches dans la majorité des stations.

Ceci est confirmé par l'indice d'équitabilité Pielou qui prend la valeur proche de 1 de 0,72 et de 0,96, (Tableau 19). Ce qui montre une partition équitable des individus parmi les espèces.

Par ailleurs, nous remarquons qu'au niveau des stations Tlemcen 3, Ain-Temouchent 2 et 3 les valeurs  $H'$  s'éloignent des valeurs de  $H$  maximum ce qui montre la présence d'une à deux espèces, en fonction des stations, qui présentent une relative dominance.



**Figure 36.** L'indice de Shannon en fonction de Hmax durant la campagne ALPEL 3.

**Tableau 19.** Récapitulatif des variations des indices de Shannon (H') et de Piélou (J) au niveau des zones d'échantillonnage durant la campagne ALPEL 3.

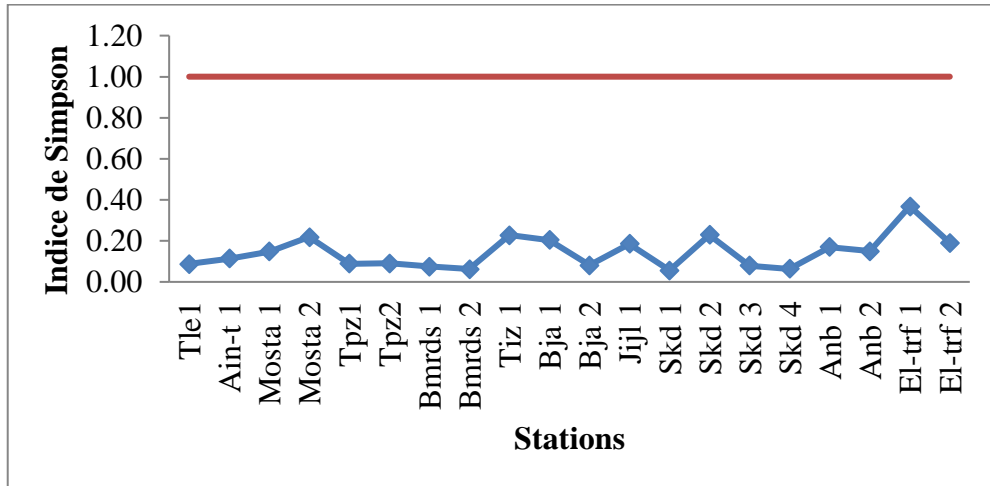
<b>Campagne 2015</b>		
Station	H'	J
Tle 1	2,26	0,72
Tle 2	2,18	0,77
Tle 3	1,63	0,60
Tle 4	1,89	0,72
Ain-t 1	2,65	0,96
Ain-t 2	1,93	0,73
Ain-t 3	1,94	0,72
Mosta 1	2,95	0,94
Mosta 2	2,75	0,95
Mosta 3	2,53	0,93
Mosta 4	2,86	0,96
Mosta 5	2,02	0,97
Tpz 1	2,29	0,81
Alg 1	2,43	0,86
Bmrds 1	2,60	0,87
Bmrds 2	2,30	0,90
Tiz 1	2,67	0,88

### 5-2- Indice de Simpson

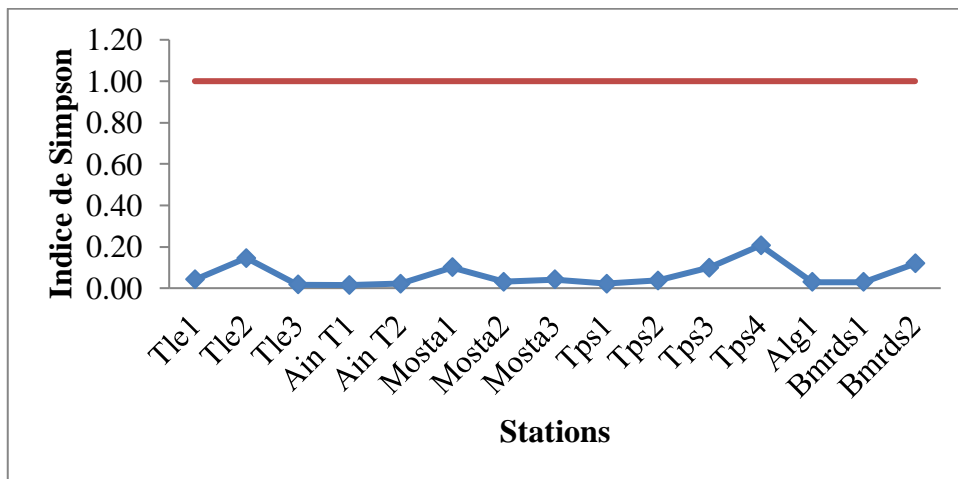
Cet indice a été calculé à partir des effectifs spécifiques de chaque station. Il nous permet d'évaluer la diversité des échantillons pour la campagne ALPEL 1. Les valeurs obtenues pour cet indice, sont très proches de zéro (Figure 37), ce qui nous indique une faible diversité phytoplanctonique sur toute la côte algérienne.

Les valeurs obtenues pour l'indice de Simpson durant la campagne ALPEL 2 ont la même configuration et sont très proches de zéro (Figure 38), ce qui nous indique aussi une faible diversité phytoplanctonique sur toute la côte algérienne durant cette période.

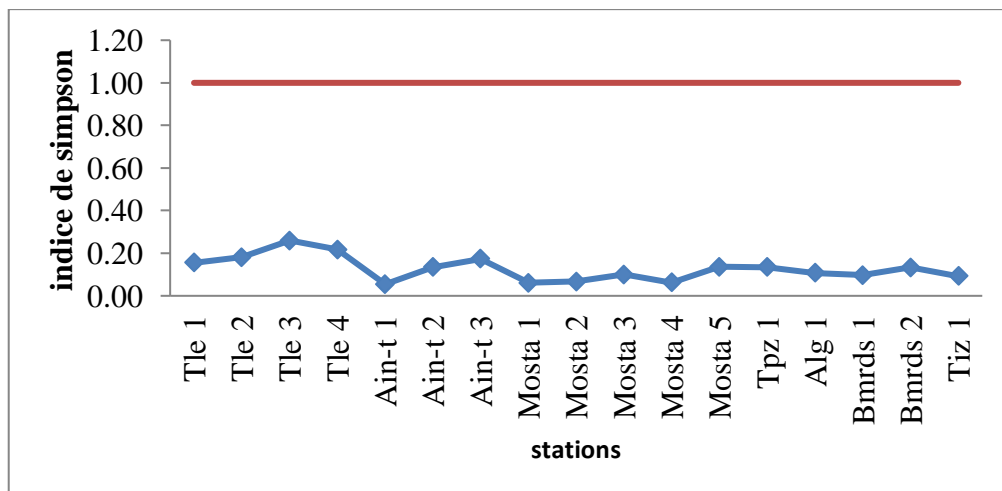
Pour la campagne ALPEL 3, les valeurs de l'indice de Simpson sont restées très faibles et proches de zéro (Figure 39) confirmant la faible richesse spécifique phytoplanctonique au niveau des différentes stations de la côte algérienne.



**Figure 37.** Indice de Simpson établie pour les espèces de phytoplancton échantillonnées sur la côte algérienne durant la campagne ALPEL 1.



**Figure 38.** Indice de Simpson établie pour les espèces de phytoplancton échantillonnées sur la côte algérienne durant la campagne ALPEL 2.



**Figure 39.** . Indice de Simpson établie pour les espèces de phytoplancton échantillonnées sur la côte algérienne durant la campagne ALPEL 3.

Le calcul des indices de Shannon et de Simpson a montré que les échantillons de phytoplanctons récoltés ne présentent pas d'espèces dominantes et qu'ils ont une richesse spécifique faible.

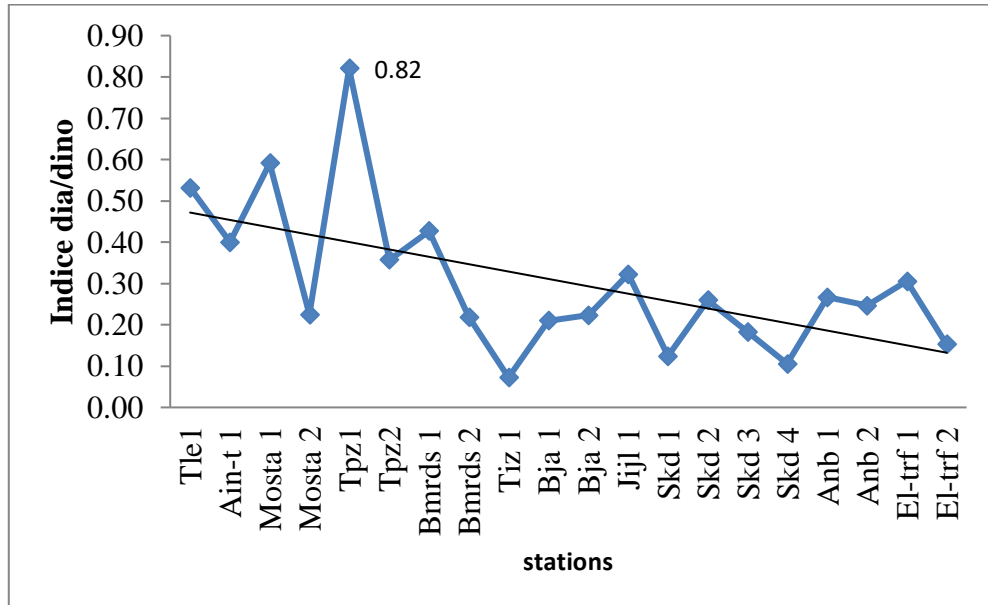
### **5-3- Indice Diatomées / Dinoflagellés (Dia / Dino)**

L'indice Diatomées/Dinoflagellés nous permet de voir le profil de dominance dans la communauté phytoplanctonique. En effet, l'application de cet indice à nos résultats nous permet d'obtenir les profils suivants :

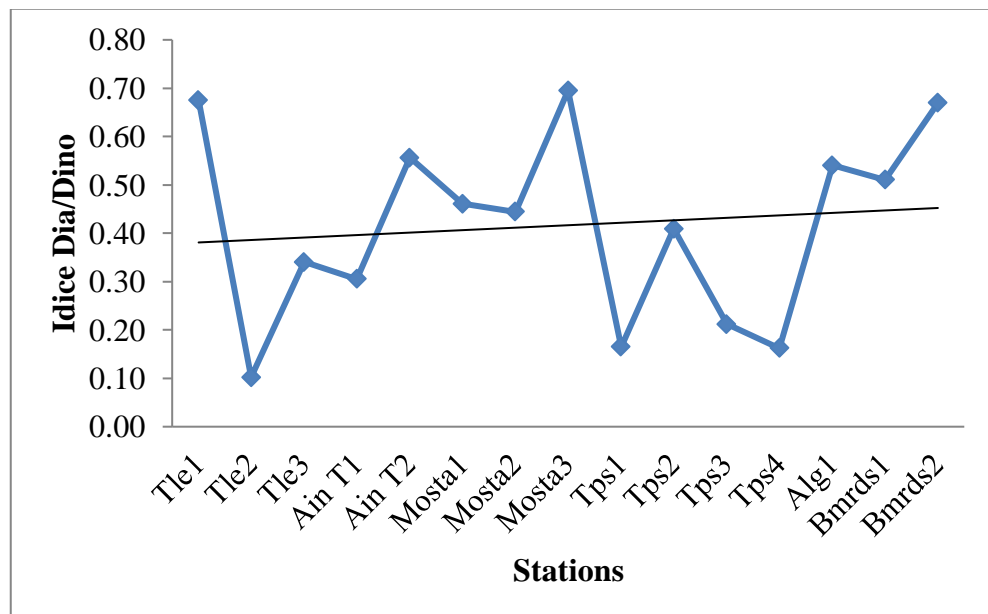
Pour la campagne ALPEL 1, nous avons une dominance apparente des diatomées dans trois stations à savoir : Tlemcen 1 avec un indice de 0,53 ; Mostaganem 1 avec un indice de 0,59 et Tipasa 1 avec un indice de 0,82 (Figure 40). On remarque qu'au niveau des stations Tipasa 1, les diatomées sont les plus dominants. Alors que dans certaines stations comme Ain-Temouchent 1 et Boumerdés 1 nous avons un équilibre entre les deux groupes taxonomiques (diatomées et dinoflagellés) avec des indices qui se rapprochent de 0,5. Pour le reste des stations, nous avons une dominance des dinoflagellés. La courbe de tendance montre une nette décroissance de l'indice Dia/Dino de l'Ouest vers l'Est.

Durant la campagne ALPEL 2, nous avons une supériorité des diatomées dans les stations de Tlemcen 1 avec un indice de 0,67 ; Ain-Temouchent 2 avec un indice de 0,55 ; Mostaganem 3 avec un indice de 0,69 ; Alger 1 avec un indice de 0,54 et Boumerdés 2 avec un indice de 0,67. Nous avons aussi, un équilibre dans les deux autres stations Mostaganem 2 et de Tipasa 2 (Figure 41). La courbe de tendance est légèrement croissante de l'Ouest vers l'Est, ce qui pourrait indiquer une augmentation des diatomées en allant vers l'Est.

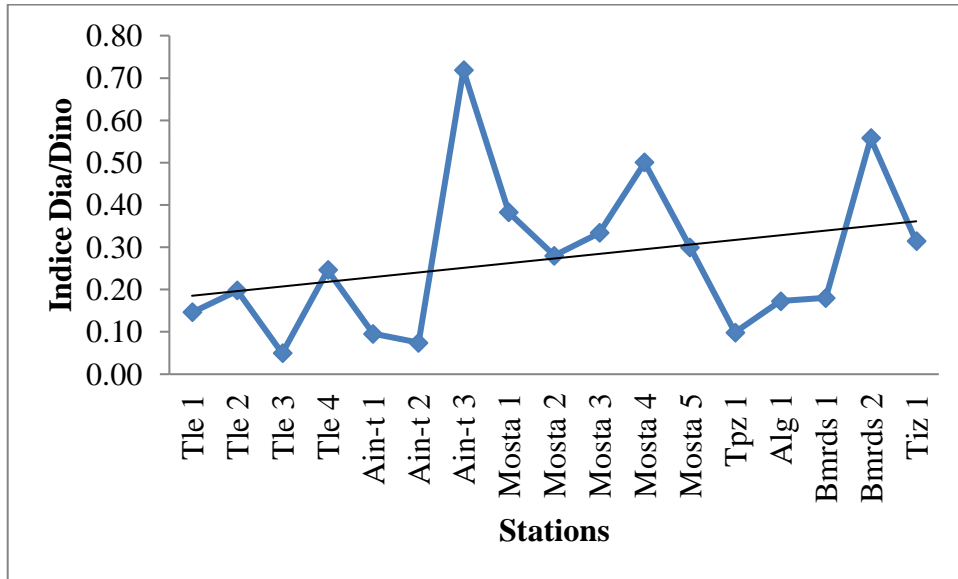
Durant la campagne ALPEL 3, nous avons enregistré une dominance des diatomées au niveau des stations d'Ain-Temouchent 2 avec un indice de 0,71 ; de Mostaganem 4 avec un indice de 0,51 et de Boumerdés 2 avec un indice de 0,55 (Figure 42). Au niveau du reste des stations, on trouve une dominance des dinoflagellés. La courbe de tendance montre une croissance de l'indice Dia/Dino de l'Ouest vers l'Est.



**Figure 40.** Variations de l'indice Dia/Dino sur la côte algérienne pour la campagne ALPEL 1.



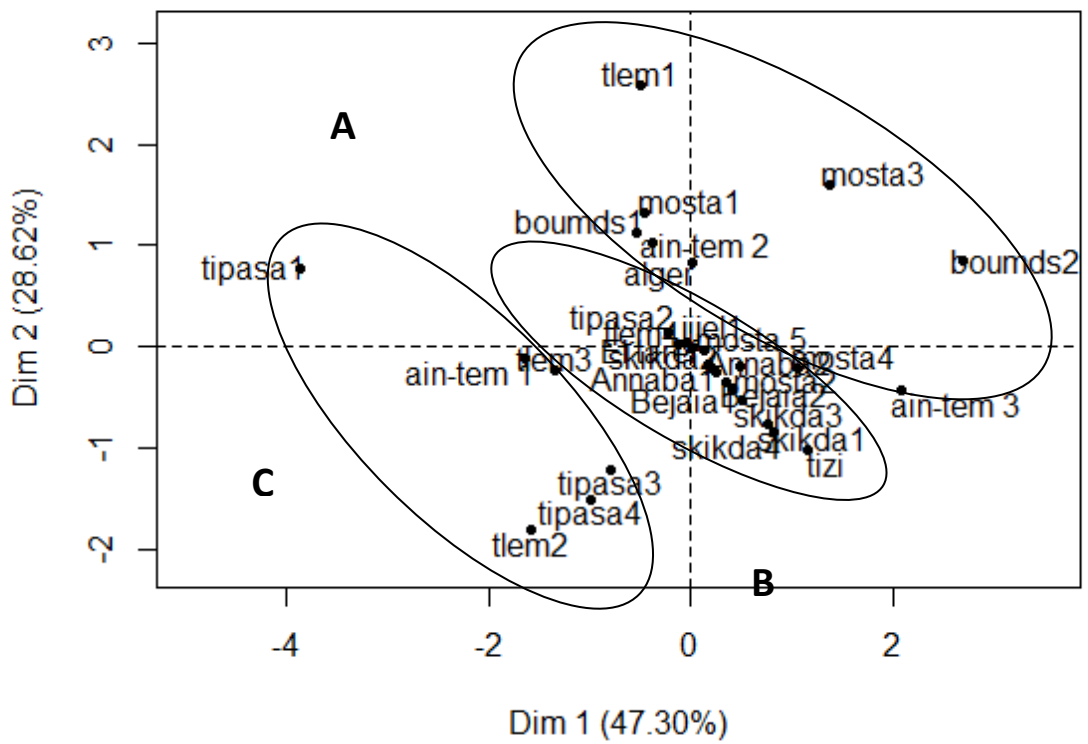
**Figure 41.** Variations de l'indice Dia/Dino sur la côte algérienne pour la campagne ALPEL 2.



**Figure 42.** Variations de l'indice Dia/Dino sur la côte algérienne la campagne ALPEL3.

### 5-3-1- Analyse en composante principale de l'indices Dia/Dino des trois campagnes APLEL 1, ALPEL 2 et ALPEL 3

L'analyse en composante principale (A.C.P.) effectuée à partir des valeurs de l'indice Dia/Dino des trois campagnes APLEL 1, ALPEL 2 et ALPEL 3, a permis de scinder les stations en trois ensembles (A, B, C) (Figure 43) à savoir : une Groupe A, où nous avons une dominance des diatomées ; un Groupe B, où nous n'avons pas une dominance apparente d'un groupe par rapport à un autre, et un Groupe C où nous avons une dominance des dinoflagellés.



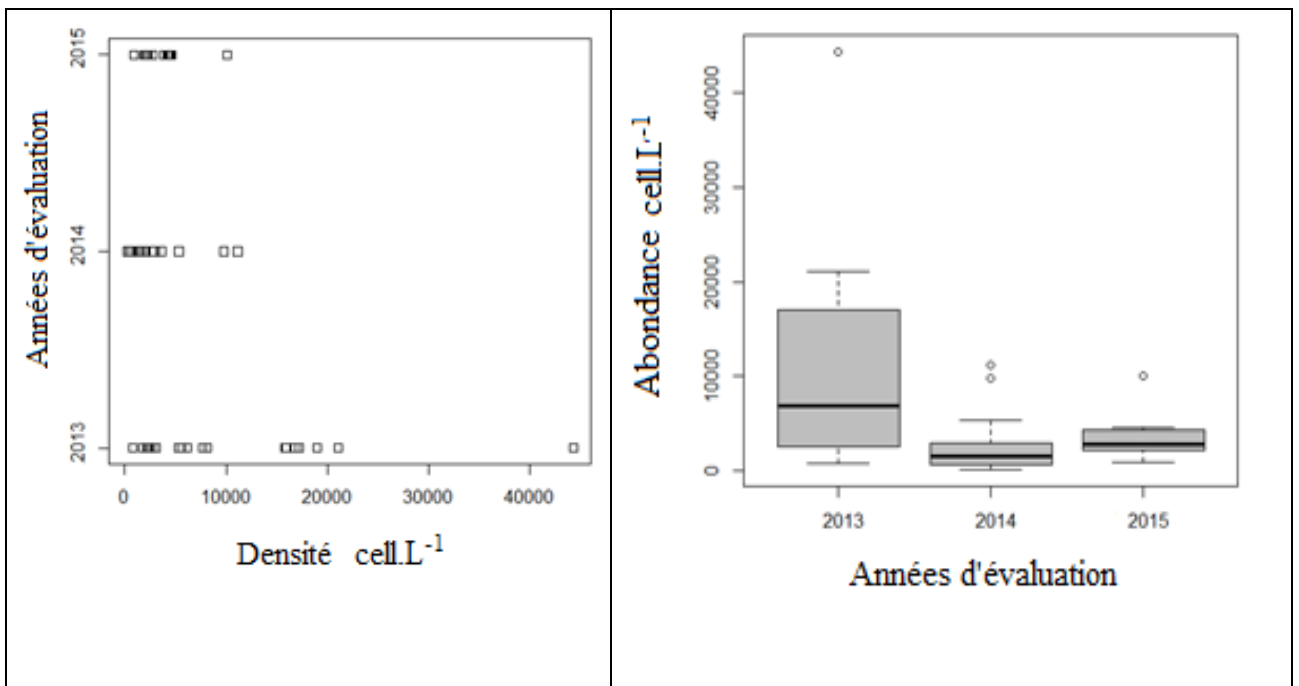
**Figure 43.** Représentation des variables dans un plan factoriel de l’A.C.P. effectuée à partir des valeurs de l’indice Dia/Dino pour les trois années d’évaluation.

***Partie C :***  
***L'abondance et production***  
***primaire***

**1- Abondance**

Nous avons enregistrées durant les trois campagnes ALPEL 1, ALPEL 2 et ALPEL 3, une abondance moyenne de  $6.10^3 \pm 7000 \text{ cell.L}^{-1}$ . Cet écart-type important représente une grande variation de la densité cellulaire, qui passe d'un minimum de 200 cellules/l enregistré au niveau la station Mostaganem 5 à un maximum de  $4,4.10^4$  cellules /L enregistré au niveau de la station El-Tarf 1 (Figure 44). Ces données montrent que sur les côtes algériennes (bassin algérien et mer d'Alboran) nous avons une densité cellulaire de phytoplancton très faible. En effet, Travers et Kim, 1988, trouvent une densité cellulaire de  $70.10^6 \text{ cell.L}^{-1}$  en méditerranée Nord-Occidentale, et Rossi, 2008 trouve quant à lui des densités cellulaires de  $1,50.10^6 \text{ cell.L}^{-1}$  pour les diatomées,  $7,69.10^3 \text{ cell.L}^{-1}$  pour les dinoflagellés durant le mois de mars en méditerranée occidentale.

La représentation des données pour les trois campagnes (Figure. 44) nous permet de relever que les densités cellulaires durant la campagne ALPEL 1 présentent une large fluctuation passant de  $700 \text{ cell.L}^{-1}$  minimum à  $4,4.10^4 \text{ cell.L}^{-1}$  maximum. Concernant les campagnes ALPEL 2 et ALPEL 3 les variations sont plus faibles passant de  $700 \text{ cell.L}^{-1}$  à  $1.10^4 \text{ cell.L}^{-1}$ .

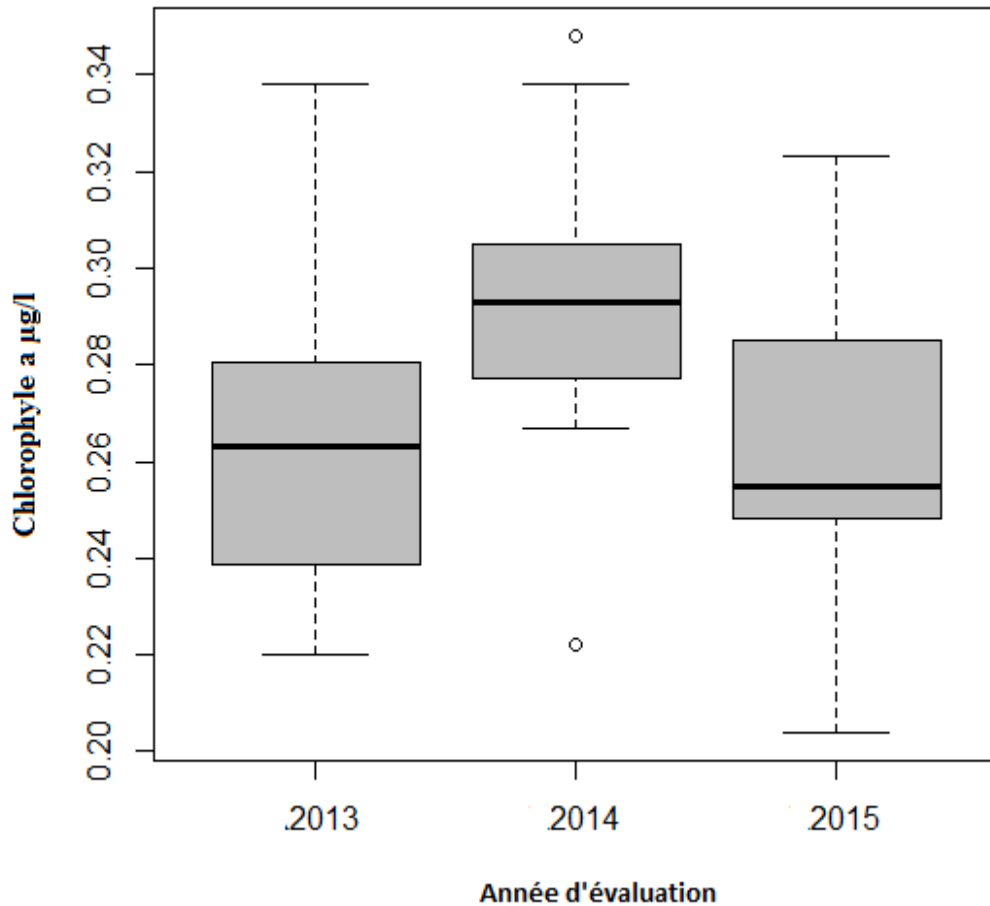


**Figure 44.** Variation de la densité cellules du phytoplancton part litre ( $\text{cell.L}^{-1}$ ) durant les campagnes ALPEL 1, ALPEL 2 et ALPEL 3

## 2- Chlorophylle a (production primaire)

Nous avons enregistré une concentration moyenne de chlorophylle a, durant les campagnes ALPEL 1, ALPEL 2 et ALPEL 3, de  $0,272 \mu\text{g/l} \pm 0,034$ , au niveau de toute la côte algérienne (bassin algérien et mer d'Alboran). Les concentrations de chlorophylle a, oscillent entre un minimum de  $0,204 \mu\text{g/l}$  enregistré au niveau de la station de Tipasa 1, et un maximum de  $0,338 \mu\text{g/l}$  enregistré au niveau de la station de Tlemcen 1 et la station de Ain-Temouchent 2.

L'illustration des concentrations de chlorophylle a et leurs variations (Figure 45) montre que durant les campagnes ALPEL 1, ALPEL 2 et ALPEL 3, les concentrations de chlorophylle a ne présentent pas une différence significative.



**Figure 45.** Variation de la chlorophylle a au niveau des côtes algériennes durant les campagnes ALPEL 1, ALPEL 2 et ALPEL 3

3- Evolution de l'Abondance et de la chlorophylle a, sur la côte algérienne

3-1- Evolution de l'Abondance et de la chlorophylle a, sur la côte Algérienne durant la campagne ALPEL 1

Nous avons, estimé durant la campagne ALPEL 1 une moyenne d'abondance (A) de  $10779 \pm 10476 \text{ cell.L}^{-1}$ , avec un maximum de  $44300 \text{ cell.L}^{-1}$  dans le bassin algérien, au niveau de la station de El Tarf 1 et un minimum de  $740 \text{ cell.L}^{-1}$ , enregistré dans la mer d'Alboran (Figure 46). La courbe de tendance nous donne un gradient ascendant de la densité cellulaire de phytoplancton de l'Ouest vers l'Est.

Concernant les concentrations de chlorophylle a, nous avons noté de faibles fluctuations qui passent de  $0,338 \mu\text{g/l}$  au niveau de la mer d'Alboran à  $0,22 \mu\text{g/l}$  au niveau du bassin algérien. La courbe de tendance (Figure 46) nous donne un gradient ascendant d'Est en Ouest. Ce qui implique une meilleure production primaire au niveau de la mer d'Alboran.

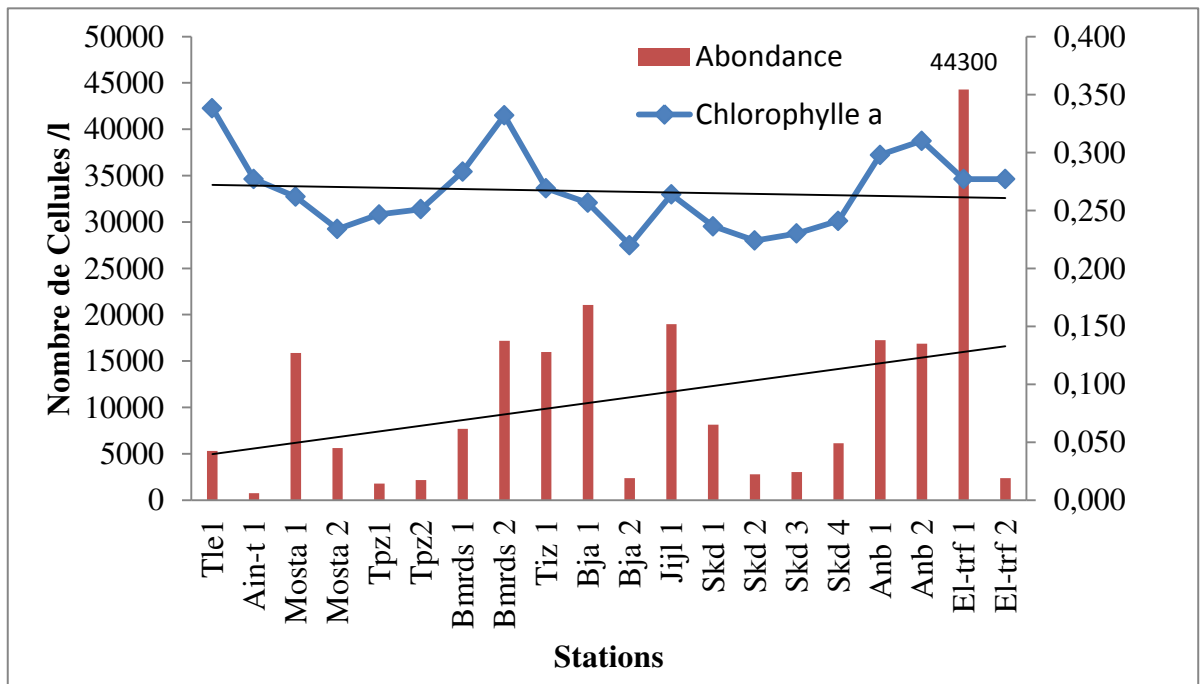


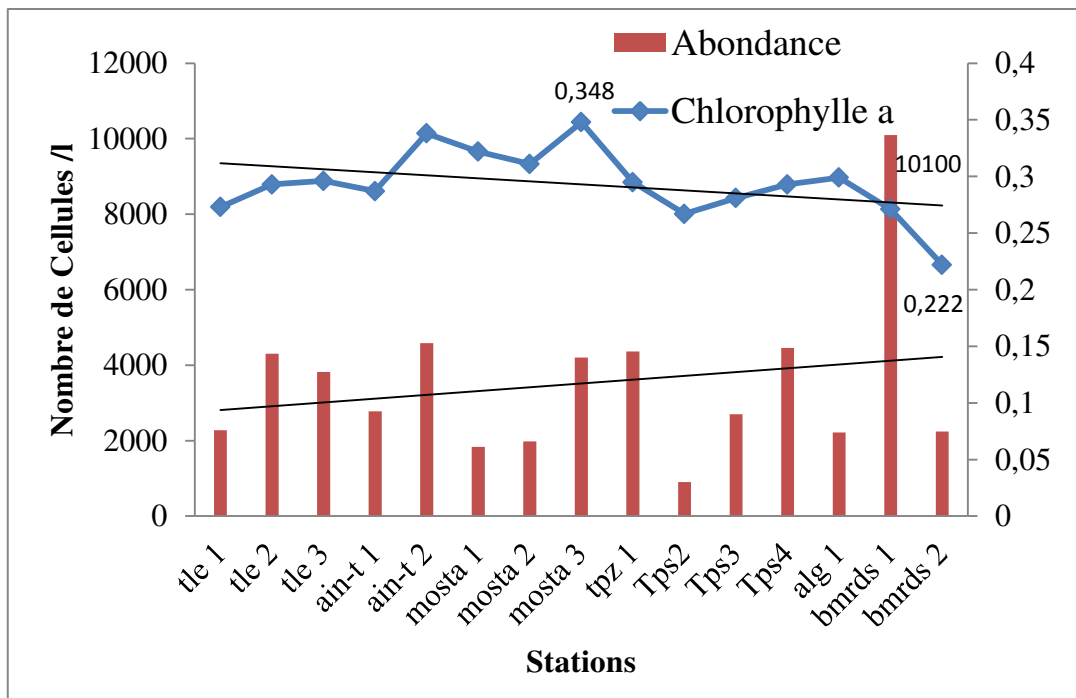
Figure 46. Evolution de l'Abondance et de la chlorophylle a, sur les côtes algériennes durant la campagne ALPEL 1

**3-2- Evolution de l'Abondance et de la chlorophylle a, sur la côte algérienne durant la campagne ALPEL 2**

Durant la campagne ALPEL 2, nous avons obtenu une moyenne de La densité cellulaire (A) de  $3517 \pm 20160 \text{ cell.L}^{-1}$ , avec un pic de  $10100 \text{ cell.L}^{-1}$  enregistré au niveau de la station de Boumerdes 1 (Figure 47).

La densité cellulaire moyenne notée dans la mer d'Alboran, est de  $3550 \pm 988 \text{ cell.L}^{-1}$ , qui ne présente pas de différences avec la moyenne des densités cellulaire relevées au niveau du bassin algérien qui est de  $3500 \pm 2612 \text{ cell.L}^{-1}$  (Figure 47). La courbe de tendance nous donne un léger gradient ascendant de l'Ouest vers l'Est.

La concentration moyenne de chlorophylle est de  $0,293 \pm 0,029 \mu\text{g/l}$ . Nous notons de faibles fluctuations qui passent de  $0,348 \mu\text{g/l}$  à  $0,222 \mu\text{g/l}$  au niveau du bassin algérien (Figure 46). La courbe de tendance donne un gradient ascendant d'Est en Ouest. Ce qui impliquait une meilleure production au niveau de la mer d'Alboran.



**Figure 47.** Evolution de l'Abondance et de la chlorophylle a, sur les côtes algériennes durant la campagne ALPEL 2

### 3-3- Evolution de l'Abondance et de la chlorophylle a, sur la côte algérienne durant la campagne ALPEL 3

La densité cellulaire moyenne durant la campagne ALPEL 3 était de  $2735 \pm 3204$  cell.L<sup>-1</sup>, avec un pic de 11140 cell.L<sup>-1</sup> au niveau de la station Tlemcen 1. La concentration la plus faible 200 cell.L<sup>-1</sup>, a été enregistrée à la station Mostaganem 5 (Figure 48).

Les abondances les plus élevées ont été enregistrées dans la mer d'Alboran et les valeurs les plus faibles dans le bassin algérien (Figure 48). La courbe de tendance nous donne un gradient ascendant de la densité des cellules de phytoplancton de l'Est vers l'Ouest.

La concentration de chlorophylle a, moyenne est de  $0,291 \pm 0,031$  µg/l, nous notons de faibles fluctuations qui passent de 0,307 µg/l au niveau de la mer d'Alboran à 0,204 µg/l au niveau du bassin algérien (Figure 48). La courbe de tendance donne un gradient ascendant d'Est en Ouest, ce qui impliquait une meilleure production au niveau de la mer d'Alboran.

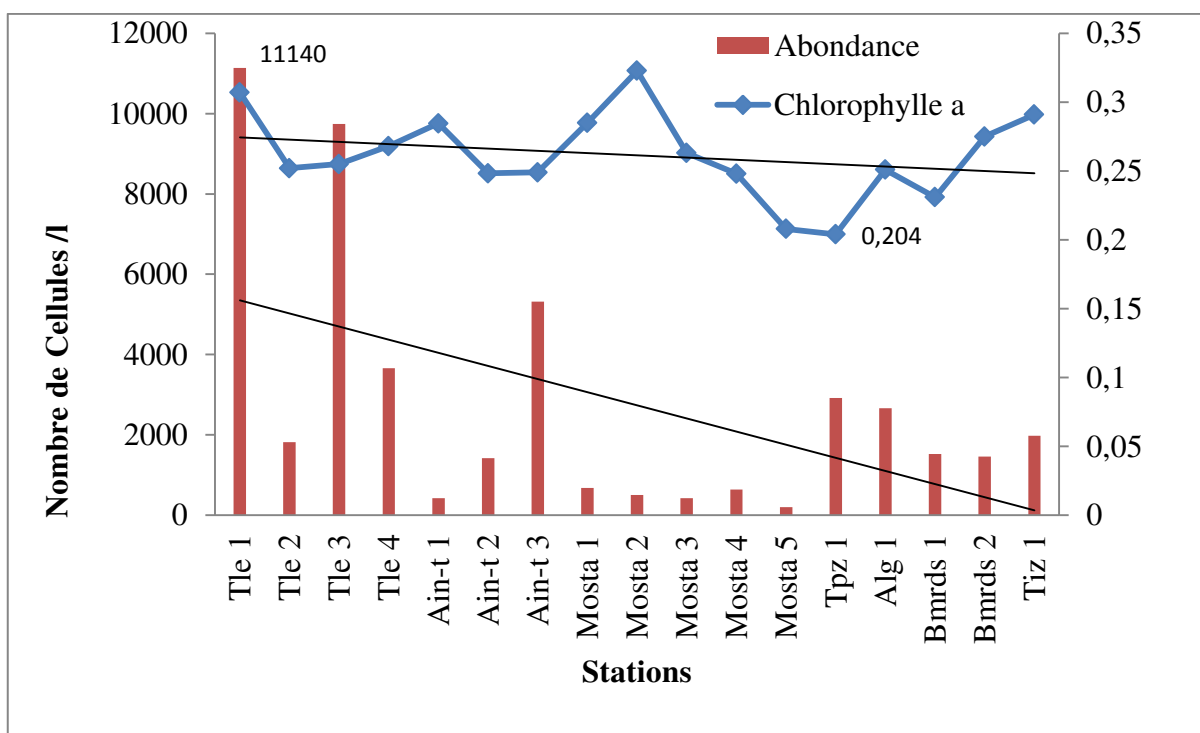


Figure 48. Evolution de l'Abondance et de la chlorophylle a, sur les côtes algériennes durant la campagne ALPEL 3

#### 4- Diagrammes Rang-Fréquence

Il est important de rappeler que l'allure des diagrammes Rangs Fréquences varie essentiellement en fonction de la diversité spécifique, et que le nombre d'espèces se voit à l'extension de la courbe vers la droite, et la régularité s'étudie à l'allure de la courbe plus ou moins convexe ou concave. Cela nous permet de déterminer l'état d'évolution de la population de phytoplancton dans la zone étudiée.

L'état d'évolution de la communauté phytoplanctonique du stade 1 au stade 3 à laquelle elle se trouve au niveau des stations étudiées, permet de définir les conditions dans lesquelles elle évolue. En effet, le compartiment phytoplanctonique se caractérise par une importante diversité, des taux de croissances 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).

La construction des DRF pour différents échantillons des trois campagnes ALPEL 1, ALPEL 2, ALPEL 3, par wilaya a permis de déterminer le stade atteint par la population de phytoplancton par rapport aux trois stades de Frontier (1976).

##### 4-1- Analyse des Diagrammes Rangs Fréquences (DRF) de la campagne ALPEL1

Les différents diagrammes Rangs Fréquences obtenus pour la campagne ALPEL 1 (Figure.49 et Figure 50), montrent des communautés phytoplanctoniques au stade 1 (début de succession). Dans la majorité des cas on distingue un nombre limité d'espèces dominantes (de 4 à 5) en haut des courbes, et un grand nombre d'espèces accompagnatrices et d'espèces rares à l'extrémité des courbes.

Dans le bassin algérien nous enregistrons deux cas de populations au stade 2 au niveau des sites de Skikda et Boumerdés, nous remarquons que les fréquences des espèces sont plus proches avec diminution du nombre d'espèces rares. Nous remarquons aussi que les populations de la mer d'Alboran sont au stade 1.

Par ailleurs, nous avons mis en évidence les communautés pionnières qui apparaissent dans chaque région à savoir :

**Mer d'Alboran** : Les espèces pionnières constituant les peuplements aux stades 1, sont dans la majorité des cas des diatomées à savoir : *Melosira* sp, *Navicula* sp ; *Gymnodinium* sp ; *Oxytoxum* sp.

**Bassin algérien** : Les espèces pionnières constituant les peuplements aux stades 1, sont dans la majorité des cas, des dinoflagellés à savoir : *prorocentrum* sp ; *Gonyaulax* sp ; *Gymnodinium* sp ; *Prorocentrum* sp ; *Chaetoceros* sp ; *Peridinium* sp.

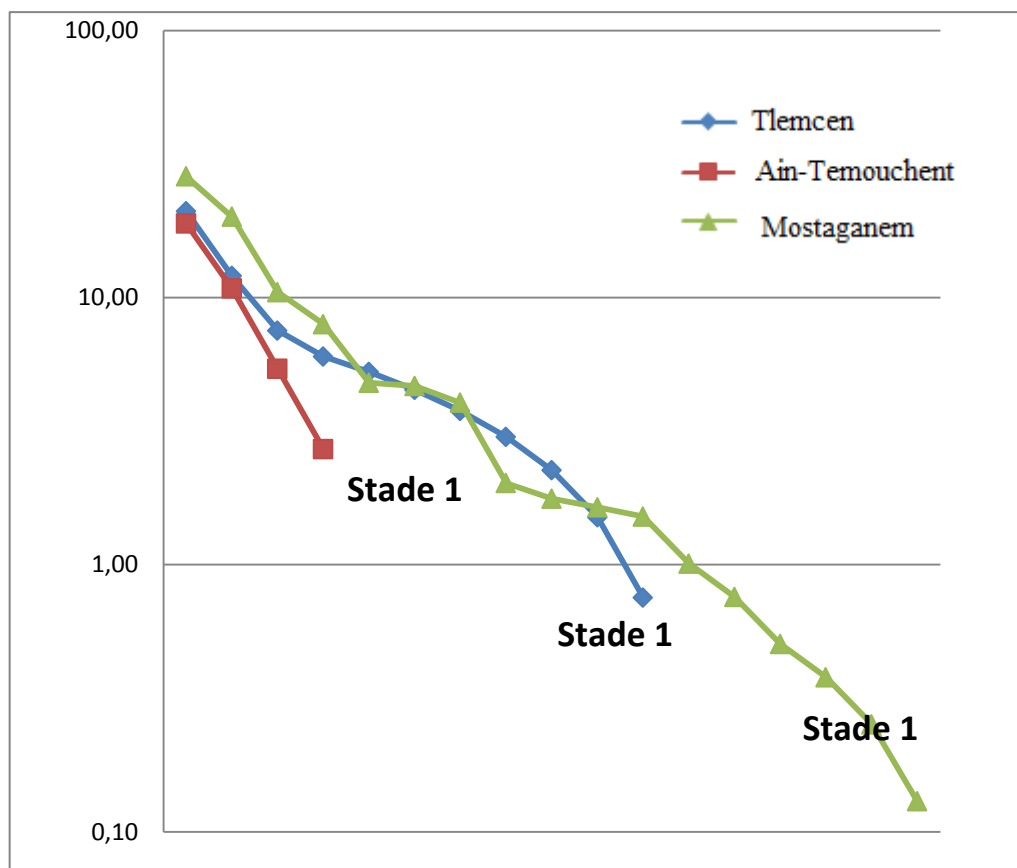


Figure 49. DRF des sites de la mer d'Alboran durant la campagne ALPEL 1

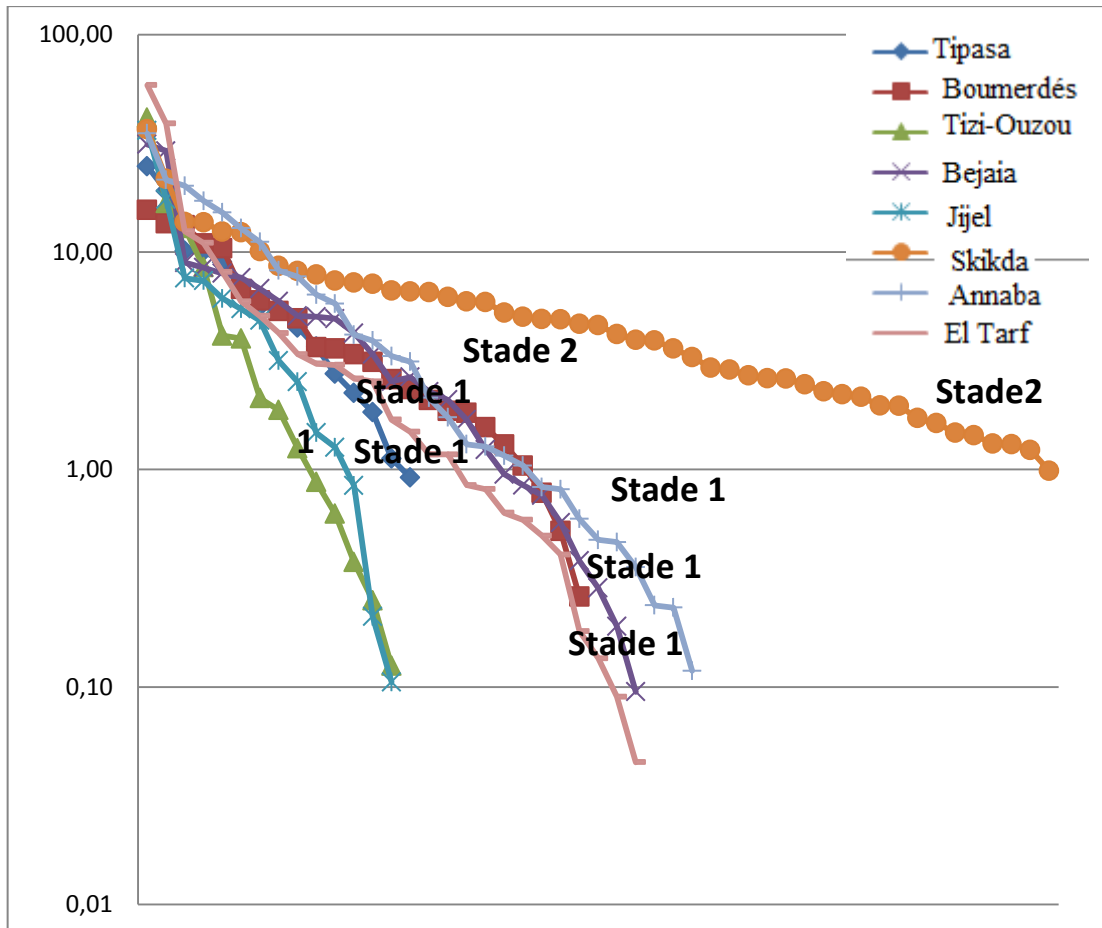


Figure 50. DRF des sites du bassin algérien durant la campagne ALPEL 1

#### 4-2- Analyse des Diagrammes Rangs Fréquences DRF de la campagne ALPEL 2

Les diagrammes Rangs Fréquences obtenus pour la campagne ALPEL 2 (Figure 51 et Figure 52), montrent des populations au stade 1 dans la plupart des cas, donc d'un début de succession caractérisée par la dominance d'une ou deux espèces, à l'exception des stations de Ain-Temouchent et d'Alger, où nous avons des populations au stade 2, avec des peuplements relativement structurés et qui montrent une dominance d'une dizaine d'espèces dont les fréquences sont supérieures à 10%, au sens de Chaouti et Bayed (2005).

Nous avons mis en évidence les espèces pionnières de la communauté phytoplanctonique qui apparaissent dans chaque région à savoir :

**Mer d'Alboran** : les espèces pionnières, constituant les peuplements aux stades 1, sont dans la majorité des cas des diatomées à savoir : *Guinardia* sp, *Actinocyclus* sp, *Rhizosolenia* sp, *Cyclotella* sp, et *Protoperidinium* sp.

**Bassin algérien**: Les espèces pionnières constituant les peuplements aux stades 1, sont dans la majorité des cas des dinoflagellés à savoir : *Protoperidinium* sp, *Prorocentrum* sp, *Peridinium* sp, *Prorocentrum* sp, *Thalassiosira* et *Oxytoxum* sp.

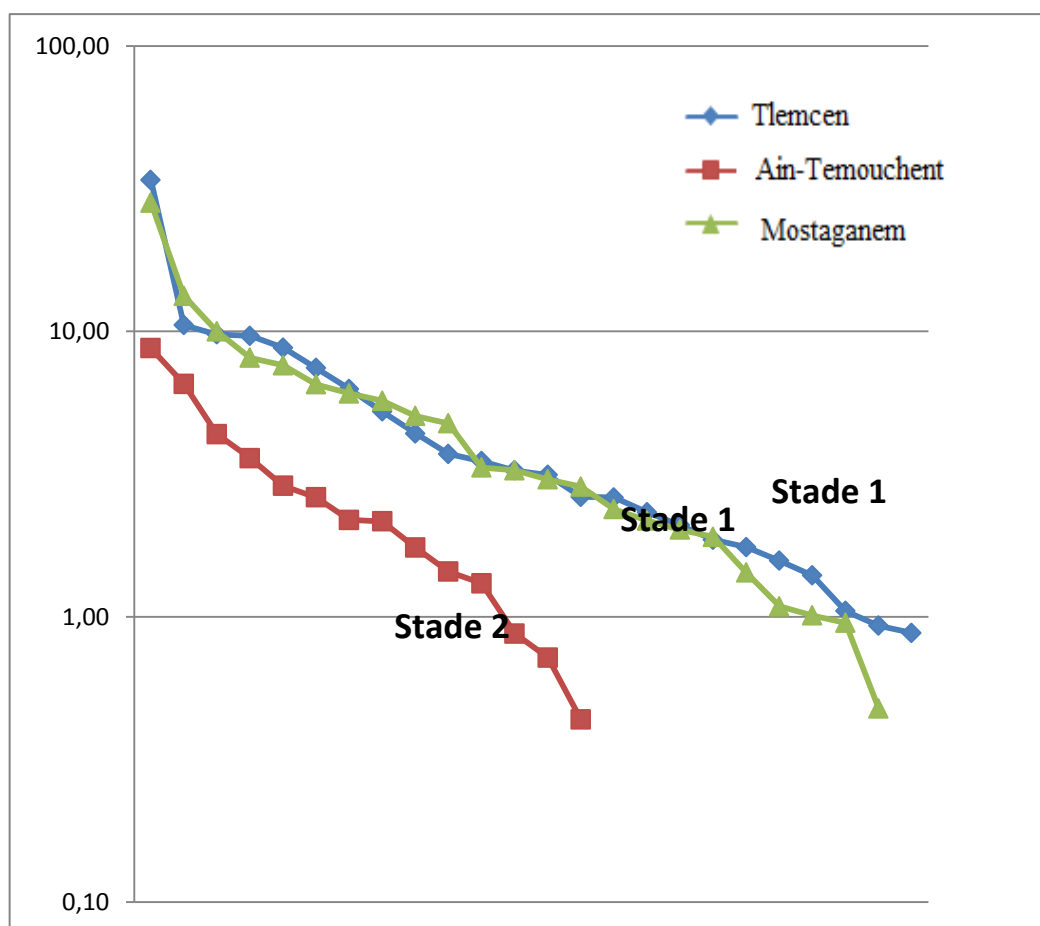


Figure 51. DRF des sites de la mer d'Alboran durant la campagne ALPEL 2

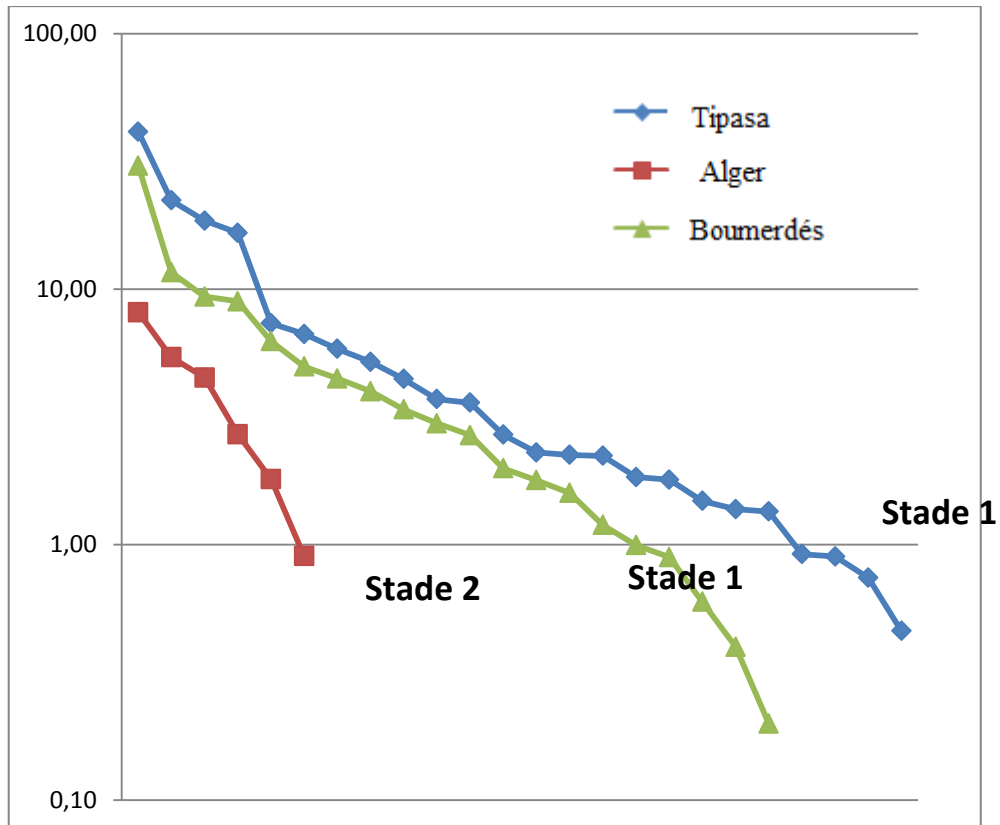


Figure 52. DRF des sites du bassin algérien durant la campagne ALPEL 2

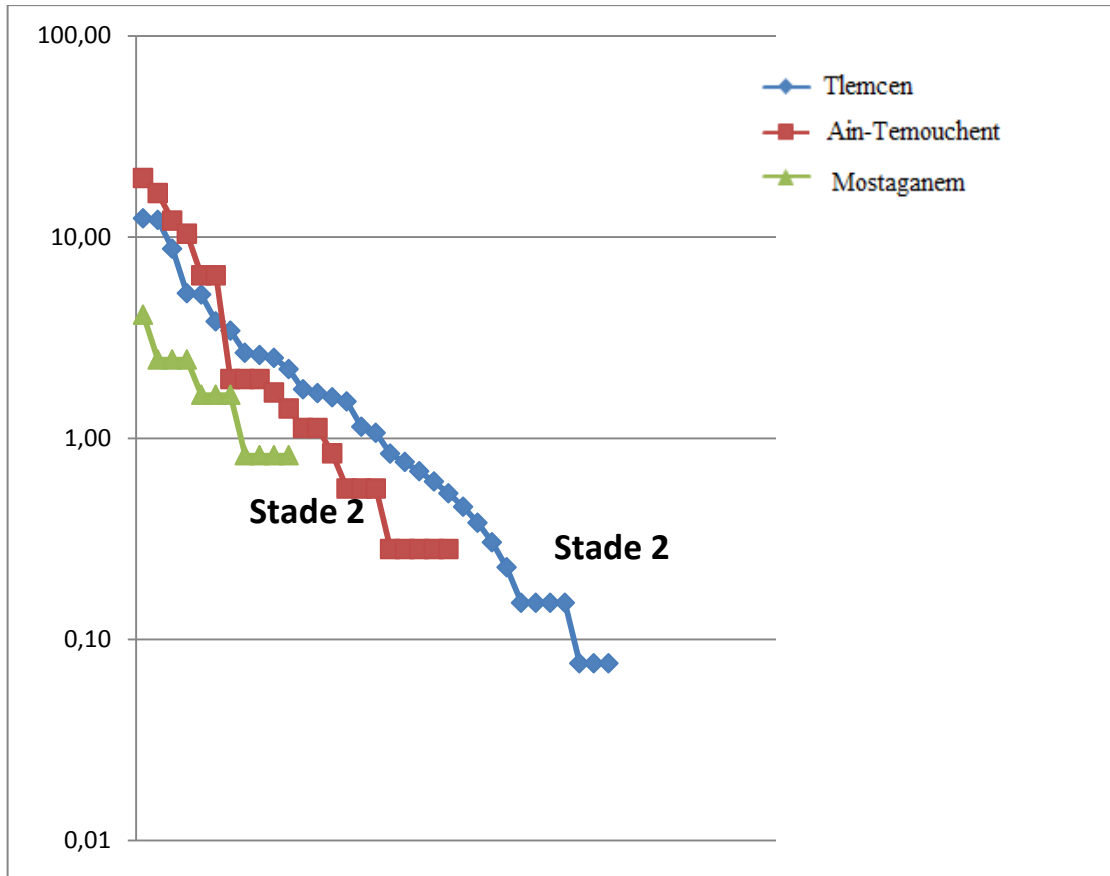
#### 4-3- Analyse des Diagrammes Rangs Fréquences DRF de la campagne ALPEL 3

Les diagrammes Rangs Fréquences obtenus pour la campagne ALPEL 3 (Figure 53 et Figure 54) montrent des communautés phytoplanctoniques au stade 1, à l'exception des wilayas de Ain-Temouchent et d'Alger où nous avons des stades 2.

En effet, ces diagrammes montrent l'apparition des espèces pionnières des communautés phytoplanctoniques par région à savoir :

**Mer d'Alboran** : Les espèces pionnières constituant les peuplements aux stades 1, sont dans la majorité des cas des diatomées et des dinoflagellés à savoir : *Gymnodinium ps*, *Prorocentrum gracile*, *Scropsiella Sp*, *Prorocentrum micans*, *Ceratium furca*, *Thalassionema nitzschioides*, *Coscinodiscus sp*.

**Bassin algérien:** Les espèces pionnières constituant les peuplements aux stades 1, sont dans la majorité des cas des dinoflagellés à savoir : *Protoperdinium* sp, *Prorocentrum* sp, *Scrippsiella hangoei*, *Spirodinium fusus*, *Nitzschia* sp; *Ceratium* sp.



**Figure 53.** DRF des sites de la mer d'Alboran durant la campagne ALPEL 3

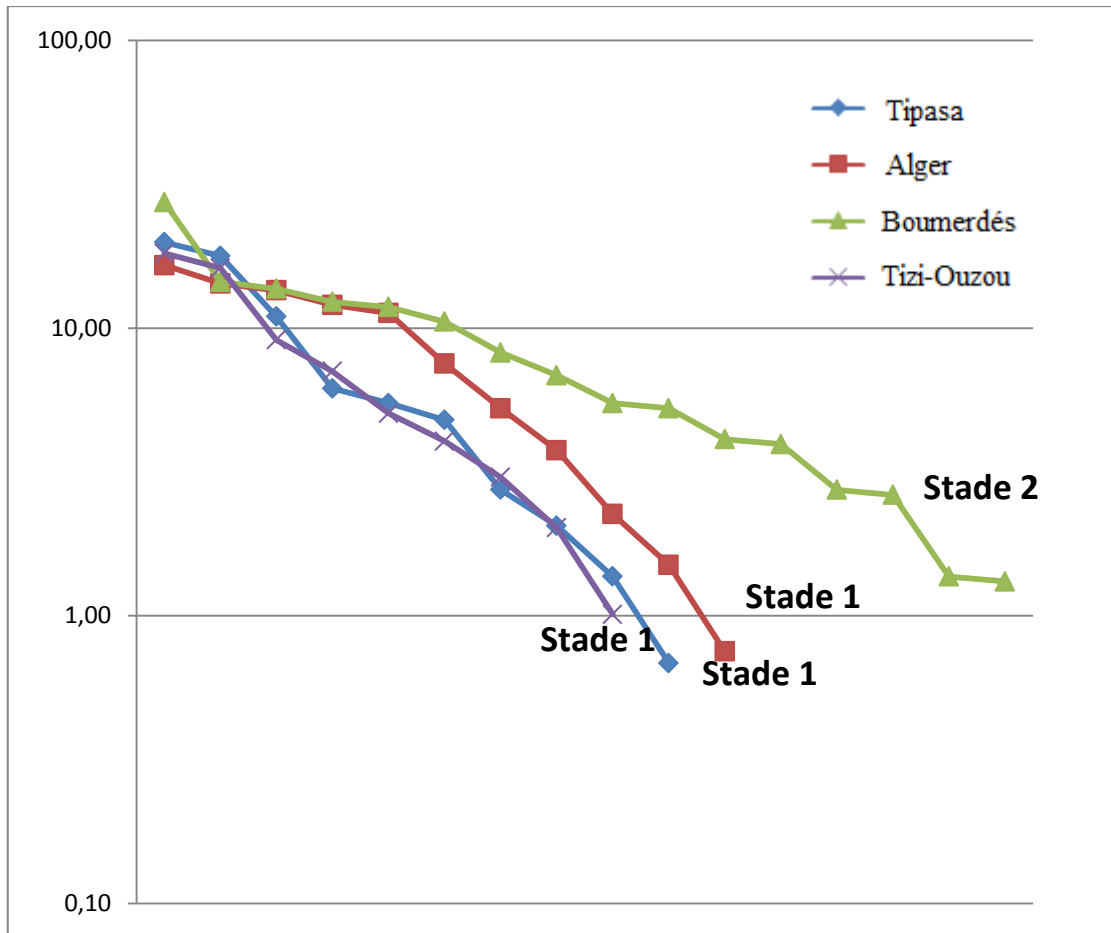


Figure 54. DRF des sites du bassin algérien durant la campagne ALPEL 3

Les diagrammes rangs fréquences réalisés sur la base des données des trois campagnes ALPEL 1, ALPEL 2 et ALPEL 3, montrent que les populations de phytoplancton de la côte algérienne sont en majorité au stade 1, qui est la première étape du développement d'une population de phytoplancton. Ce qui pourrait indiquer, un effet direct des courants Atlantiques qui provoquent un renouvellement des conditions écologiques de l'écosystème à chaque fois. En effet, Selon Frontier (1969) et Travers (1971) l'apparition d'une nouvelle floraison phytoplanctonique, avec le développement d'une espèce ou d'un très petit nombre d'espèces, intervient après un bouleversement important d'ordre physico-chimique ou climatique, remettant en cause l'état d'équilibre spécifique et dynamique du peuplement de phytoplancton.

## *Discussion générale et conclusion*

### Discussion générale

Dans ce travail, nous nous sommes basés sur une analyse descriptive de la composante phytoplanctonique des côtes algériennes (Bassin algérien et mer d'Alboran). Cette analyse tient compte des paramètres du milieu mais aussi des conditions générales de la méditerranée, de la circulation des courants et des zones d'enrichissement.

Nous avons enregistré une température moyenne saisonnière sur les côtes algériennes d'environ  $15,76 \pm 0,60^{\circ}\text{C}$  pour la période de printemps, et nous n'avons pas noté de différences significatives entre la mer d'Alboran et le bassin algérien. Les fluctuations moyennes enregistrées restent très faibles moins de  $1^{\circ}\text{C}$ , ce qui nous permettrait de dire que le courant algérien qui longe la côte, pourrait être à l'origine de l'uniformisation de la température.

Les pics de températures enregistrés sont restreints aux zones plus ou moins protégées et sous influence des zones estuariennes, telles que les baies de Bou-Ismaïl et d'Alger.

Ces résultats sont conformes aux travaux déjà réalisés dans la région, puisque, (Ignatiades et *al*, 2009), trouvent une température de  $17,84 \pm 3,5^{\circ}\text{C}$  dans le bassin algérien et (Rossi, 2008) trouve une température moyenne de  $13,6 \pm 1,7^{\circ}\text{C}$  en méditerranée occidentale, ainsi que (Koukaras, et Nikolaidis, 2004) qui trouvent  $17,64 \pm 6,5^{\circ}\text{C}$  en (2000),  $14,8 \pm 4,9^{\circ}\text{C}$  en (2002) toujours en méditerranée occidentale.

En ce qui concerne la salinité, nous avons enregistré une concentration moyenne de  $36,48 \pm 0,3$  sur la côte algérienne. Nous n'avons noté aucune différence significative entre la mer d'Alboran et le bassin algérien.

Ces résultats concordent avec les travaux d'autres auteurs comme, (Koukaras, et Nikolaidis, 2004) qui trouvent des salinités de  $37,00 \pm 0,79$  en 2001, et  $37,01 \pm 1,19$  en 2002 dans la méditerranée occidentale, (Ignatiades et *al*, 2009), trouvent une salinité moyenne de  $37,43 \pm 0,75$  dans le bassin algérien. Berland et *al.*, (1988); Bethouet *al.*, (1998) indiquent que le bassin méditerranéen occidental est un environnement sous influence de l'afflux des eaux atlantiques par le Déroit de Gibraltar, et Tchernia, (1978) montre, que la conservation du degré de salinité dans le bassin méditerranéen occidental est assurée à travers les échanges au Gibraltar impliquant les eaux moins salées de l'Atlantique ( $S= 36,2$ ).

Toutefois, trois stations se dégagent distinctement par rapport aux autres, il s'agit des stations situées dans les baies, d'Alger et de Tipasa, qui présentent des conditions différentes. (Berlandet *al.*, 1988; Bethouxet *al.*, 1992, 1998) ont montré l'influence des apports des oueds et rivières qui peuvent être ressentis à l'approche du littoral.

Concernant les nutriments (Nitrates, Phosphore et silicates), nous remarquons un gradient décroissant de l'Ouest vers l'Est, cette situation est décrite aussi, par Crise et *al* (1999); et Crispi et *al* (2001) signalant que les eaux atlantiques qui entrent en surface vont se modifier progressivement en traversant la Méditerranée d'Ouest en Est, au cours de leur trajet. Ces eaux vont s'appauvrir à cause de la consommation du peu de nutriments disponibles par les organismes marins. Ils estiment qu'au détroit de Sicile, les eaux sont complètement épuisées en Nitrates et Phosphore.

Durant les campagnes ALPEL 1, et ALPEL 3, nous avons enregistré les concentrations moyennes en sels nutritifs suivantes à savoir : les nitrates de  $0,273 \pm 0,130 \mu\text{mol/l}$ ; les nitrites de  $0,085 \pm 0,065 \mu\text{mol/l}$ ; le phosphore, de  $0,286 \pm 0,395 \mu\text{mol/l}$  et les silicates de  $0,375 \pm 0,366 \mu\text{mol/l}$ , au niveau du bassin algérien et de la mer d'Alboran. Ces valeurs sont conformes à la bibliographie, certains auteurs tels que, (Ignatiades et *al.*, 2009), trouvent des concentrations de phosphore de 0,03 à 0,250  $\mu\text{mol/l}$ , des nitrates de 0,08 à 4,15  $\mu\text{mol/L}$  et des silicates de 0,56 à 1,72  $\mu\text{mol/L}$ . (Huertas et *al.*, 2012) quant à lui, il trouve 0,05 à 0,20  $\mu\text{mol/L}$  de Phosphore, 1 à 4  $\mu\text{mol/L}$  de Nitrates et autour de 1,2  $\mu\text{mol/l}$  de Silicates. Il indique aussi, que les eaux atlantiques et les eaux du bassin algérien ont de très faibles concentrations en nutriments et sont oligotrophes.

En ce qui concerne le rapport Nitrates et phosphores (N/P), pour lequel un des éléments est considéré limitant il a été déterminé durant la campagne ALPEL 1, des valeurs inférieures à 16 indiquant une limitation de la production par l'azote. Durant la campagne ALPEL 3, nous sommes arrivés à déterminer des zones où l'azote était limitant avec un rapport ne dépassant pas le rapport Redfield (16/1), au niveau de la mer d'Alboran, et le bassin algérien, et des zones où la production était limitée par le phosphore au niveau de la baie de Tipasa, de la baie d'Alger et dans la région d'Annaba, avec des rapports qui varient entre 19 et 34, atteignant à la station d'Annaba 1, la valeur de 103.

Selon certains auteurs (Krom et *al.*, 1991; Bethouxet et *al.*, 1992), les conditions oligotrophes de la Méditerranée sont principalement dues à la limitation en phosphore

(P-PO<sub>4</sub>), (Ignatiades *et al.*, 2009) trouvent un rapport N/P de 18,5 au niveau du bassin algérien et (Koukaras, et Nikolaidis, 2004) et (Rossi, 2008) trouvent 36 dans la méditerranée occidentale.

En ce qui concerne la richesse spécifique, nous avons dénombré durant les campagnes ALPEL 1, ALPEL 2, ALPEL 3, 361 espèces, rassemblant plusieurs genres, les Dinoflagellés sont les plus représentées avec 60,11 % d'espèces, les diatomées représentent 38,50% et les autres espèces ne représentent que 1,39%.

Nous notons une richesse spécifique qui passe de 280 espèces en 2013 à 183 espèces en 2014 et enfin à 158 espèces en 2015.

Par ailleurs, les proportions entre les dinoflagellés et les diatomées restent les mêmes durant les trois campagnes. Nous retrouvons les mêmes rapports avec une dominance de 74 % à 59% des dinoflagellés, contre les diatomées qui représentent 25% à 40%. Toutefois pour la campagne ALPEL 1, nous avons une dominance de diatomées en mer d'Alboran avec 61%.

À l'exception de la mer d'Alboran durant la campagne ALPEL 1, nos résultats sont conformes aux travaux réalisés en méditerranée occidentale. En effet, Smayda et Reynolds, (2001) signalent une prédominance des diatomées et dinoflagellés dans le bassin algérien. D'autres auteurs comme, Kimor (1983); Margalef (1985); Berland *et al.* (1988), Halim (1990); Gotsis-Skretas *et al.* (1999), Gomez (2003) signalent une prédominance des dinoflagellés par rapport aux diatomées en Méditerranée occidentale. Aussi, nous notons que les dinoflagellés étaient les plus nombreux dans les stations de l'Est et de l'Ouest en 2014 et 2015, alors qu'en 2013 le nombre d'espèces des diatomées étaient plus important dans l'Ouest.

L'indice diatomée a une tendance à l'augmentation d'Ouest vers l'Est à l'exception du printemps de l'année 2013 où nous avons une tendance à l'augmentation d'Est vers l'Ouest, cela montre que dans certaines zones de la côte algérienne nous avons l'apparition de fortes dominances des diatomées sous l'influence d'enrichissement ponctuel. Certains auteurs, comme (Samson-Kechacha *et al.* 1992) trouvent des quantités de cellules importantes de diatomées au niveau des zones fortement influencées par des enrichissements continus tels que les ports et les zones estuariennes. Cette situation peut être anormale et peut être due à des variations de la

température telle que rapporté par Ryther, (1956) et Iwasaki, (1979), qui indiquent dans leurs travaux, que les diatomées se développent préférentiellement dans des eaux à basse température contrairement aux dinoflagellés.

Les indices de Shannon et de Simpson ont montré que les échantillons pris un à un ne présentent pas d'espèces dominantes et ont une richesse spécifique faible.

Nous avons remarqué, que les espèces constantes qui dépassent 50% de présence dans la totalité des échantillons, ne représentent qu'un faible pourcentage avec 7,14 % durant la campagne ALPEL1, 8,23 % durant la campagne ALPEL 3, et à 15,85 % durant la campagne ALPEL 2, de la population phytoplanctonique des côtes algériennes. Alors que les espèces rares pouvaient représenter plus de 83% de la population totale. En effet, les espèces rares constituent la plus grande composante de la richesse en espèces, elles peuvent jouer un rôle vital en tant que «filet de sécurité» pour la conservation et la diversité des communautés (Harris, 1986; Gaston, 1994; Lyons et al, 2005).

Aussi, nous avons noté la présence permanente (100% de présence) sur toutes la côte algérienne de certaines espèces telles que les *Cerastium* sp, les *Gymnodinium* sp, les *Prorocentrum* sp et *Navicula* sp.

Durant les campagnes ALPEL 1, ALPEL 2, ALPEL 3, nous avons remarqué, que la densité cellulaire augmente vers l'Est durant les printemps 2014 et 2015. Par contre en 2013 nous avons eu une densité cellulaire qui diminue vers l'Est. A l'inverse, la production primaire ou chlorophylle a, présente une tendance à la diminution en allant vers l'Est, durant toutes les campagnes. Cette différence dans l'évolution entre la chlorophylle a et la densité cellulaire a déjà été signalée. (Duarte et al., 2006) qui indique que la diminution Est-Ouest de la densité cellulaire et l'augmentation correspondante de la biomasse de phytoplancton sont en corrélation négative bien établie entre ces deux paramètres.

Durant les trois campagnes ALPEL 1, ALPEL 2, ALPEL 3, nous avons enregistré de concentrations en chlorophylle de l'ordre de  $0,272 \pm 0,034 \mu\text{g}/\text{l}$ . En effet, selon Bosc (2002), le bassin Algérien est une région présentant de faibles concentrations en chlorophylle a le maximum du cycle moyen étant  $0,52 \mu\text{g}/\text{l}$  et le minimum étant de  $0,07 \mu\text{g}/\text{l}$ .

En ce qui concerne les diagrammes rangs fréquences, nous avons remarqué, que la majorité des populations de phytoplancton sont au stade 1. Cela la pourrait indiquer dans notre cas, un effet direct des courants Atlantiques qui provoquent un renouvellement des conditions écologiques de l'écosystème à chaque fois. En effet, Selon Frontier (1969) et Travers (1971) l'apparition d'une nouvelle floraison phytoplanctonique, avec le développement d'une espèce ou d'un très petit nombre d'espèces, intervient après un bouleversement important d'ordre physico-chimique ou climatique, remettant en cause l'état d'équilibre spécifique et dynamique du peuplement de phytoplancton.

### Conclusion

Le travail exposé ici représente un grand intérêt pour mieux comprendre l'état du phytoplancton sur la côte algérienne pendant le début de la saison printanière. Ce travail a été réalisé durant trois années successives, 2013, 2014 et 2015, Les résultats, nous ont permis de contribuer à expliquer l'état des populations phytoplanctiques sur toute la côte algérienne, zones littorales et mer ouverte, par la description et l'identification des différentes variations spatio-temporelle des communautés phytoplanctoniques.

Nous avons déterminé aussi, la composition spécifique et la dynamique de production aussi bien d'un point de vue densité cellulaire que production primaire (chlorophylle a), nos résultats ont été dans la plupart des cas conformes aux travaux déjà réalisés dans le bassin occidental de la méditerranée et le bassin algérien. L'état de croissance des populations que nous avons déterminé (stade de développement) était conforme aux travaux déjà réalisés dans la région.

Enfin, notre travail apporte une contribution complémentaire par rapport aux travaux antérieurs, réalisés dans la région, par l'étendue de la zone d'étude concernée, qui est plus importante englobant les zones estuariennes, baies, zones calmes et mer ouverte.

La connaissance de ce maillon de la chaîne alimentaire nous permet d'avoir des indicateurs sur les autres niveaux trophique de la côte algérienne (mer d'Alboran et bassin algérien) .....

En effet, ce travail constitue une première étape importante qui devrait être suivie par d'autres études, pour compléter les informations surtout concernant le pico-plancton qui représente un élément important de la biomasse. Mais aussi, s'agissant des interactions entre les différents niveaux de la chaîne alimentaire :

- (i) l'étude du 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) La prise en compte des impacts de tous les facteurs anthropiques afin d'arriver à une estimation des orientations futures des écosystèmes par rapport aux niveaux d'équilibre et de stress.

Cette approche peut apparaître aujourd'hui comme une nécessité particulière, pour une réelle gestion anticipative des événements écologiques majeurs qui peuvent se produire dans un cadre global, que se soit dans la productivité et le développement durable ou dans la toxicité et les nuisances.

*REFERENCES*  
*BIBLIOGRAPHIQUES*

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

---

**Abé, T.H. 1981.** Studies on the family Peridinidae, an unfinished monograph of the armoured Dinoflagellata. Publ. Seto Mar. Biol. Lab., Spec. Publ. Ser. Volume VI. pp. 1–409.

**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).

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

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

**Astraldi, M., Balopoulos, S., Candela, J., 1999** The role of straits and channels in understanding the characteristics of Mediterranean circulation. *Prog. Oceanogr.*, 44, 65–108.

**Arvanitidis, C., Eleftheriou, A., Vanden Berghe, E. et al. 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.

**Azam F. 1974.** Silicic-acid uptake in diatoms studied with [<sup>68</sup>Ge]germanic acid as tracer, *Planta*, 121, 205–212.

**Azam F., Fenchel T., Field J.G., Gray J.S., Meyer-Reil L.A. et 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., Reid, P. C. 2003:** Long-term changes in phytoplankton, zooplankton and salmon related to climate, *Global Change Biology*, 9, 801-817.

**Bégovic, M., Copin-Montégut, C.** 2002: Processes controlling annual variations in the partial pressure of CO<sub>2</sub> in surface waters of the central northwestern Mediterranean Sea (Dyfamed site), *Deep-Sea Res. II*, 49, 2031-2047.

**Bellan, G., 1964** : contribution à l'étude systématique, bionomique et écologique des annélides polychètes de méditerranée. Thèse de doctorat és-sciences naturelles, université d'Aix –Marseille.

**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.

**Bérard-Therriault L, Poulin M, Bossé L ; 2000** « Guide d'identification du phytoplancton marin de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent incluant également certains protozoaires » *Publication spéciale canadienne des sciences halieutiques et aquatiques 128*

**Berdalet, E. & Estrada, M., 1993.** Effects of turbulence on several dinoflagellate species. In: Smayda TJ, Shimizu Y (eds) *Toxic phytoplankton blooms in the sea*. Amsterdam Netherlands Elsevier: 737-740.

**Berland, B. R., Benzhitski, A. G., Burlakova, Z. P.** (1988) Conditions hydrologiques estivales en Méditerranée, répartition du phytoplancton et de la matière organique. *Oceanol. Acta*, SP,163–177

**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.

**Bethoux, J. P., Morin, P., Madec, C., (1992)** Phosphorus and nitrogen behavior in the Mediterranean Sea. *Deep Sea Res.*,II 39,1641–1654.

**Béthoux J.P., Morin P., Chaumery C., Connan O., Gentili B. et Ruiz-Pino D. 1998.** Nutrients in the Mediterranean Sea, mass balance and statistical analysis of concentrations with respect to environmental change. *Mar. Chem.* **63**: 155-169

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

---

**Bethoux, J., Gentili, B., Raunet, J., and Tailliez, D. (1990).** Warming Trend in the Western Mediterranean Deep-Water. *Nature*, 347(6294) :660–662.

**Bethoux, J., Gentili, B., Morin, P., Nicolas, E., Pierre, C., and Ruiz-Pino, D. (1999).** The Mediterranean Sea : a miniature ocean for climatic and environmental studies and a key for the climatic functioning of the North Atlantic. *Progress in Oceanography*, 44(1-3) :131–146. International Conference on Progress in Oceanography of the Mediterranean Sea, ROME, ITALY, NOV 17-19, 1997.

**Béthoux J.P., Morin P. et Ruiz-Pino D.P. 2002.** Temporal trends in nutrient ratios: chemical evidence of Mediterranean ecosystem changes driven by human activity. *Deep-Sea Res. Part II*. **49**: 2007-2016.

**Bianchi, C. N. and Morri, C. 2000** Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: situation, problems and prospects for future research. *Mar. Pollut. Bull.*, 40, 367–376.

**Bosc. E., 2002** « Variations saisonnières et interannuelles de la biomasse phytoplanctonique et de la production primaire en Méditerranée : Evaluation et utilisation des données satellitales de couleur de l’océan (SeaWiFS, POLDER et OCTS) » thèse de doctorat UNIVERSITE DE TOULON ET DU VAR, 360p .

**Bosc. E, Bricaud. A, and Antoine D., (2004)** “Seasonal and interannual variability in algal biomass and primary production in the Mediterranean Sea, as derived from 4 years of SeaWiFS observations” *Global Biogeochemical Cycles*, VOL. 18 (GB1005)

**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 : 200pp.

**Bourelly P., 1985.** *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.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

---

**Boucher, J., Ibañez, F., Prieur, L.** 1987: Daily and seasonal variations in the spatial distribution of zooplankton populations in relation to the physical structure in the Ligurian Sea Front, *J. Marine Res.*, 45, 133-173,.

**Bryden, H. L., Kinder, T.L.** 1991. Steady two-layer exchange through the Strait of Gibraltar. *Deep Sea Research*, 38, Supplement 1, S445-S463.

**Bryden, H., Candela, J., and Kinder, T.** (1994). Exchange through the strait of Gibraltar. *Progress in Oceanography*, 33(3) : 201–248.

**Bryere, P., 2010** « Processus physiques et Stœchiométrie des transferts dans les écosystèmes » Mémoire Master 2 Université de Rennes 1

**Carty S., 2003.** Dinoflagellates. *Dans : Freshwater Algae of North America : Ecology and Classification.* Wehr, J.D. et Sheath, R.G. (eds). 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.

**Cauwet, G., Miller, A., Brasse, S., 1997.** Dissolved and parti-culate organic carbon in the western Mediterranean Sea. *Deep Sea Res.*, II 44, 769–779

**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.*

**Cloern J.E., 2001.** Our evolving conceptual model of the coastal autrophication problem. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 210: 223-253.

**Cloutier, S., 1984.** influences de la salinité sur la productivité du phytoplancton du Fjord du Saguenay. Mémoire de maitrise, université du quebec à chicoutimi. 81p

**Conan, P., P. and Millot, C, C. 1995.** Variability of the Northern Current off Marseilles, Western Mediterranean-Sea, from February to June 1992. *Oceanologica Acta*, 18(2) :193–205.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

---

- Comas M. C., Zahn R., Klaus A., 1996.** Introduction. *Proc. ODP, iniRepp.*, 161, 5-19
- Coste, B., P. Le Corre, and H. J. Minas 1988.** Re-evaluation of the nutrient exchanges in the Strait of Gibraltar, Deep Sea Research Part A. *Oceanographic Research Papers*, 35(5), 767-775.
- Criado-Aldeanueva, F., Javier Soto-Navarro, F., and Garcia-Lafuente, J. 2012.** Seasonal and interannual variability of surface heat and freshwater fluxes in the Mediterranean Sea : budgets and exchange through the Strait of Gibraltar. *International Journal Of Climatology*, 32(2) :286– 302.
- Crise, A., Allen, J. I., Baretta, J., 1999** The Mediterranean pelagic ecosystem response to physical forcing. *Prog. Oceanogr.*, 44, 219–243.
- Crispi, G., R. Mosetti, C. Solidoro, and A. Crise 2001,** Nutrients cycling in Mediterranean basins: the role of the biological pump in the trophic regime, *Ecological Modelling*, 138(1), 101-114
- Coutelle, A., delteil, J., 1989.** La structure alpine en méditerranée occidentale. Remarques sur une synthèse et rappel d'une autre conception. *Bull Soc. Géol. France*, 172.
- Cuny, P., Marty, J. C., Chiavérini, J., Vescovali, I., Raphel, D., Rontani, J. F. 2002:** One-year seasonal survey of the chlorophyll photodegradation process in the northwestern Mediterranean Sea, *Deep-Sea Res. II*, 49, 1987-2005.
- Damien, P., 2015.** Etude de la circulation océanique en Méditerranée Occidentale à l'aide d'un modèle numérique à haute résolution: influence de la submésoséchelle. These de Doctorat Délivré par : *l'Université Toulouse 3 Paul Sabatier* (
- Del amo Y., and Brzezinski M.A.1999.** The chemical form of dissolved Si taken up by marine diatoms, *Journal of Phycology*, 35, 1162-1170.
- Denis-Karafistan, A., Martin, J. M., Minas, H., 1998** Space and seasonal distributions of nitrates in the Mediterranean Sea derived from a variational inverse model. *Deep Sea Res. I*, 45, 387–408

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

---

**Druart, J-C., et Rimet, F, 2008** protocoles d'analyse du phytoplancton der l'INRA station hydro-biologique lacustre 97p.

**Duarte, P., Macedo, M. and Fonseca, L. 2006** The relationship between phytoplankton diversity and community function in a coastal lagoon. *Hydrobiologia*, 555, 3–18.

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

**Feki-sahnoun, W., 2013** « Analyse de la variabilité spatio-temporelle des populations phytoplanctoniques observées dans le réseau national de surveillance du phytoplancton dans le golfe de Gabés ». Thèse de doctorat, Faculté des Sciences de Sfax.

**Finkel Z.V., Irwin A.J., Schofield O., 2004.** Ressource limitation alter the  $3/4$  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.** Thèse de Doctorat « Analyse de la variabilité spatio-temporelle des populations microalgales côtières observées par le “réseau de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines” (REPHY) ». Université de la Méditerranée, Aix-Marseille II.

**Gaston, K. J. 1994.** Rarity. Chapman and Hall, London.

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

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

---

**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 cotes la faune des rivages. Volume 3, Paris.

**Gomez, E. (2003)** Checklist of Mediterranean free-living dinoflagel-lates. *Bot. Mar.*, 46, 215–242

**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.

**Granata T.C., Vidondo B., Duarte C.M., Satta M.P. et Garcia M. 1999.** Hydrodynamics and particle transport associated with a submarine canyon off Blanes (Spain), NW Mediterranean Sea. *Cont. Shelf Res.* 19: 1249-1263.

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

**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.

**Guerzoni S., Molinaroli E., Rossini P., Rampazzo G., Quarantotto G., De Falco G. et Cristini S. 1999.** Role of desert aerosol in metal fluxes in the Mediterranean area. *Chemosphere.* 39: 229–246.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

---

**Guieu C., Chester R., Nimmo M., Martin J.M., Guerzoni S., Nicolas E., Mateu J. et Keyse S. 1997.** Atmospheric input of dissolved and particulate metals to the northwestern Mediterranean. *Deep-Sea Res. Part-II.* **44**: 655-674.

**Gutcher M. A., Malod J., Réhault J. P., Contrucci I., Klingelhoefer F., Mendes-Victor L. & Spakman W., 2002.** Evidence for active subduction beneath Gibraltar. *Geology*, 30 (12), 1071-1074.

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

**Harris, G. P. (1986)** *Phytoplankton Ecology, Structure, Function and Fluctuation.* Chapman and Hall, London.

**Haury, L. R., McGowan, J. A., Wiebe, P. H., 1978.** Patterns and processes in time-space scales of plankton distributions. In, *Spatial pattern in plankton communities*, Steele, J. H., Plenum Press (ed.), New York, 277-327.

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

**Herrmann, M., 2007.** Formation et devenir des masses d'eau en Méditerranée nord-occidentale Influence sur l'écosystème planctonique pélagique Variabilité interannuelle et changement climatique These de Doctorat Délivré par : *l'Université Toulouse 3 Paul Sabatier*

**Hildebrandm. 2000.** Silicic acid transport and its control during cell wall silicification in diatoms, in “*Biom mineralization: from Biology to Biotechnology and Medical Application*”, Wiley-VCH, Weinheim, pp. 171–188.

**Humborg C., Ittekkot V., Cociasu A. et van Bodungen B. 1997.** Effect of Danube River dam on Black Sea biogeochemistry and ecosystem structure. *Nature.* **386**: 385-388.

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

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

---

**Huertas, I. E., A. F. Ríos, J. García-Lafuente, G. Navarro, A. Makaoui, A. Sánchez-Román, S. Rodríguez-Galvez, A. Orbi, J. Ruíz, and F. F. Pérez (2012),** Atlantic forcing of the Mediterranean oligotrophy, *Global Biogeochemical Cycles*, 26(2).

**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 and 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*, 31: 411–428.

**Ingri, N., 1978.** Aqueous Silicic Acid, Silicates and silicate complexes book series, (INOFS, volume 40).

**Institute océanographique Paul Richard (IOPR) ; 1996** Fragile méditerranée : à la reconquête d'un équilibre écologique. Edisud ; Axe-en-provence; 252.

**Iwasaki, 1979.,** physiological ecology of red tide flagellates in biochemistry and physiology of protozoa, and., vol1, by, M Levandowsky academie. Press, new York .pp. 357-393

**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.

**Jamet J.L., Jean N., Bogé G., Richard S. et 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.

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

**Jolliffe, I. 2002 :** Principal Component Analysis, 2nd edition éd., Springer-Verlag.

**Jones, H., and J. Marshall. 1993** Convection with rotation in a neutral ocean : a study of open-ocean convection, *J. Phys. Oceanogr.*, 23, 1009–1039,.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

---

**Kacemi, M., 2011.** « Protection et valorisation du littoral en Algérie : législation et instruments : Le cas des communes littorales d'Oran », *Études caribéennes* [En ligne], 20 | Décembre 2011,

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

**Karafistan, A., Martin, J.-M., Rixen, M., (2002).** Space and time distributions of phosphate in the Mediterranean Sea. *Deep Sea Res.*, I49, 67–82.

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

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

**Kofoid, C.A., et Swezy, O. 1921.** The free-living unarmored dinoflagellata. *Mem. Univ. Calif.* 5 : 1–538.

**Koukaras K, Nikolaidis G., 2004.** Dinophysis blooms in Greek coastal waters (Thermaikos Gulf, NW Aegean Sea). *J Plank-ton Res* 26: 445–457.

**Krom, M. D., Kress, N. and Brenner, S. (1991)** Phosphorus limitation of primary productivity in the eastern Mediterranean Sea. *Limnol. Oceanogr.*, 36, 424–432

**Lacombe, H., Gascard, J., Gonella, J., and Bethoux, J. (1981).** Response of the Mediterranean to the Water and Energy Fluxes across its Surface, on Seasonal And Interannual Scales. *Oceanologica Acta*, 4(2) :247–255.

**Lacombe, H., Tchernia, P., and Gamberoni, L. (1985).** Variable Bottom Water in the Western Mediterranean Basin. *Progress in Oceanography*, 14(1-4) :319–338.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

---

**Lassus, P., Paulmier, G., Le Baut, C., 1982.** Rôle du phytoplancton dans les perturbations des écosystèmes côtiers et estuariens. Ifremer.

**Lemée, G., 1978** précis d'écologie végétale édition paris 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.*, 32: LO2604,

**Lewin j.C., 1954.** Silicon metabolism in diatoms: I. Evidence for the role of reduced sulfur compounds in silicon utilization, *Journal of General Physiology*, 37, 589–599.

**Licandro P., Conversi A., Ibañez F., Jossi J.** 2001: Time series analysis of interrupted long-term data set (1961-1991) of zooplankton abundance in Gulf of Maine (northern Atlantic, USA), *Oceanol. Acta*, 24, 5, 453-466.

**Lyons, K. G., Brigham, C. A., Traut, B. H. et al.** (2005) Rare species and ecosystem functioning. *Conserv. Biol.*, 19, 1019–1024

**Macquart-Moulin C. et Patrity G.** 1996. Accumulation of migratory micronekton crustaceans over the upper slope and submarine canyons of the northwestern Mediterranean. *Deep- Sea Res. Part I.* **43**: 579-601.

**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.

**Margalef R., 1961.** Communication of structure in planktonic populations. *Limnol Oceanogr.* 6 : 124-128-1978. Diversity. *Phytoplankton manual*. A. Sournia, ed. Paris, 251-260.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

---

**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.

**Magurran A.E., 1988.** Ecological diversity and its measurement. *Princeton. Univ. Press.* Princeton, 179 p.

**Meave-del castillo, M-E., Zamudio-Resendiz, M., Manuel Castillo-Rivera 2010/2011.** Riqueza fitoplanctonica de la bahia de acapuco y zona costera aledana, mexico.

**Marine Herrmann 2007** « Formation et devenir des masses d'eau en Méditerranée nord-occidentale Influence sur l'écosystème planctonique pélagique Variabilité interannuelle et changement climatique » docteur de l'université de Toulouse discipline : océanographie

**Martin-Jézéquel V., Hildebrand M., and Brzezinski M. 2000.** Silicon metabolism in diatoms: implications for growth, *Journal of Phycology*, 36, 821–840

**Marty, J.-C., and J. Chiavérini (2002),** Seasonal and interannual variations in phytoplankton production at DYFAMED time-series station, northwestern Mediterranean Sea, *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 49(11), 2017-2030.

**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.

**Meunier, A. 1913.** Microplankton de la Mer. Mémoires du Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique, imprimeur de l'Académie royale de Belgique: Bruxelles.

**Millot C., 1979.** Wind induced upwellings in the Gulf of Lions. *Oceanol. Acta.*, 2 (3): 261-274.

**Millot, C., 1987** Circulation of the western Mediterranean sea, *Oceanologica Acta*, 10, 143–149,.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

---

**Millot, C. (1999).** Circulation in the Western Mediterranean Sea. *Journal of Marine Systems*, 20 (1-4) :423–442.

**Millot, C., and I. Taupier-Letage, 2005.** Additional evidence of LIW entrainment across the Algerian subbasin by mesoscale eddies and not by a permanent westward flow, *Prog. Oceanogr.*, 66(2-4), 231–250.

**Molinero J.C., Ibanez F., Souissi S., Chifflet M. et Nival P. 2005.** Phenological changes in the Northwestern Mediterranean copepods *Centropages typicus* and *Temora stylifera* linked to climate forcing. *Oecologia*. **145**: 640-649.

**Monod, j., 1942.** Recherches sur la Croissance des Cultures Bactériennes, Hermann & Co, Paris, 215 pp.

**Morel, A., and J. M. André, 1991** Pigment distribution and primary production in the Western Mediterranean as derived and modeled from coastal zone color scanner observations, *J. Geophys. Res.*, 96 (C7), 12.685–12.698,.

**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.

**Nisbet, M. 1968.** — L'eau. Critères de qualité pour la vie piscicole. Evolution de cette qualité. *B.T.I.Minist.Agricult.*,228: 231-

**Obaton, D., 1998** Circulation et modélisation de la Méditerranée occidentale et du Golfe du Lion - synthèse des connaissances et des travaux existants, Tech. rep., Ifremer, Brest,.

**Olivet J. L., Auzende J. M. et Bonnin J., 1973.** Structure et évolution tectonique du bassin d'Alboran. *Bull Soc. Géol. France*, 7e sér., 15, 108-112

**Paaschee. 1973.** Silicon and the ecology of marine plankton diatoms. I. *Thalassiosira pseudonana* (*Cyclotella nana*) grown in a chemostat with silicate as the limiting nutrient, *Marine Biology*, 19, 117–126.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

---

**Paaschee. 1973.** Silicon and the ecology of marine plankton diatoms. II. Silicate–uptake kinetics in five diatom species, *Marine Biology*, 19, 262–269

**Padisák, J., Borics, G., Grigorszky, I., Soróczyki-Pinter, E., 2006.** Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the Water Framework Directive the assemblage index. *Hydrobiologia*. 553: 1-14.

**Paerl, H.W., 1997.** Coastal eutrophication and harmful algal bloom: Importance of atmospheric deposition and groundwater as ‘new’ nitrogen and other nutrient sources. *Limnology and Oceanography*. 42: 1154–1165.

**Pondaven P., Ruiz-Pino D., Druon J.N., Fravallo C. et Treguer P. 1999.** Factors controlling silicon and nitrogen biogeochemical cycles in high nutrient, low chlorophyll systems (the Southern Ocean and the North Pacific): Comparison with a mesotrophic system (the North Atlantic). *Deep-Sea Res. Part I*. **46**: 1923-1968.

**Preller, R. H. (1986),** A numerical study of the Alboran Sea gyre, *Prog. Oceanogr.*, 16, 113– 146.

**Prescott L.M., Harley J.P., Klein D.A., 2003.** *Microbiologie*, 2ème édition. De boeck Université, Bruxelles.

**Queguiner B., Crombet Y., Leblanc K., Moutin T. 2011.** « Deep silicon maxima in the stratified oligotrophic Mediterranean Sea », (*Article*) Publié: *Biogeosciences*, vol. 8 (2011) p.459-475

**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.

**Rossi N., 2008** Thèse de doctorat « Ecologie des communautés planctoniques méditerranéennes et étude des métaux lourds (Cuivre, Plomb, Cadmium) dans différents compartiments de deux écosystèmes côtiers (Toulon, France). Université du sud Toulon-Var 201p.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

---

**Round, F.E., et Basson, P.W. 1997.** A new monoraphid diatom genus (*Pogoneis*) from Bahrain and the transfer of previously described species *A. hungarica* and *A. taeniata* to new genera. *Diatom Res.* **12** : 71–81.

**Round, F.E., Crawford, R.M., et Mann, D.G. 1990.** *The Diatoms.* Cambridge University Press, Cambridge. pp. 1–747.

**Redfield, AC, 1958.** The biological control of chemical factors in the environment. *American Scientist* 46: 205-221 in Sterner et Elser, 2002

**Richardson, K., 1997.** Harmful or exceptional phytoplankton blooms in the marine ecosystem. *Advances in Marine Biology.* 31: 301-385.

**Riedel G.F., and Nelson M. 1985.** Silicon uptake by algae with no known Si requirement. II. Strong pH dependence of uptake kinetic parameters in *Phaeodactylum tricornutum* (Bacillariophyceae), *Journal of Phycology*, 21, 168–171.

**Ryther J. 1956.** Photosynthesis in the océan as a function of light intensity. *Limnol. Oceanogr.*, 1 : 61-70.

**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

**Sarthou G., Baker A.R., Kramer J., Laan P., Laës A., Ussher S., Achterberg E.P., de Baar H.J.W., Timmermans K.R. et Blain S. 2007.** Influence of atmospheric inputs on the iron distribution in the subtropical North-East Atlantic Ocean. *Mar. Chem.* **104**: 186-202.

**Sauriau P.G., Guillaud J.F., 1984-1994.** Qualité des eaux. Rapport de synthèse de l'APEEL tome II, 104 p.

**Send, U., Font, J., Krahnemann, G., Millot, C., Rhein, M., and Tintore, J. (1999).** Recent advances in observing the physical oceanography of the western Mediterranean Sea. *Progress in Oceanography*, 44(1-3) :37–64. International Conference on Progress in Oceanography of the Mediterranean Sea, ROME, ITALY, NOV 17-19, 1997.

**Schiller, J., 1937:** Dinoflagellatae (Peridinineae) in monographischer Behandlung. In: RABENHORST, L. (ed.), Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreichs und der Schweiz. Akad. Verlag., Leipzig. Vol. 10 (3): Teil 1 (1–3) (1931–1933); Teil 2 (1–4) (1935–1937).

**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” *Journal of Plankton Research* Volume 23, numero 5, page 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.

**Sournia, A., 1973.** La production primaire planctonique en Méditerranée, Essai de mise à jour., *Bulletin Etude en commun de la Méditerranée*, N° spécial 5,.

**Sterner RW, Elser JJ, 2002.** Ecological stoichiometry: the biology of elements from molecules to the biosphere. Princeton University Press, Princeton

**Stratford, K., Williams, R.G. 1997.** A tracer study of the formation, dispersal, and renewal of Levantine Intermediate Water. *Journal of Geophysical Research* , 102, 12,539-12,549

**Taupier-Legage, I and Millot, C (1988).** Surface Circulation in the Algerian Basin during 1984. *Oceanologica Acta*, 9 :119–131.

**Tchernia, P., 1978** Océanographie régionale, description physique des océans et des mers, centre d'édition et de documentation de l'ENSTA ed., Paris, 257pp France,.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

---

**Testor, P. and Gascard, J. C. (2006).** Post-convection spreading phase in the Northwestern Mediterranean Sea. *Deep-Sea Research Part I-Oceanographic Research Papers*, 53(5) :869–

**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.

**Thomsen, H., 1931** Nitrate and phosphate contents of Mediterranean water, Danish Oceanographic Expedition 1908-1910, 3,.

**Thomas, WH. & Gibson, CH., 1990.** Effects of small-scale turbulence on microalgae. *Journal of Applied Phycology*. 2 (1): 71-77.

**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.

**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

**Travers M et Kim ki-tai 1988** « le phytoplancton du golfe de fos (méditerranée nord-occidentale) » *Marine Nature* 1(1), : pp. 21 —35

**Trégouboff G., Rose M., 1957.** -Manuel de planctonologie méditerranéenne. -Paris, C.N.R.S. (texte), 587 p.; II (ill.), 207 Pl.

**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 Tome2, Centre National de la Recherche Scientifique., 207p.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

---

**Tréguer P., Nelson D.M., Van Bennekom A.J., DeMaster D.J., Leynaert A et Quéguiner B. 1995.** The silica balance in the world Ocean: a reestimate. *Science*. **268**: 375-379.

**Tsimplis, M. and Bryden, H. (2000).** Estimation of the transports through the Strait of Gibraltar. *Deep-Sea Research Part I-Oceanographic Research Papers*, 47(12) :2219–2242.

**Tunin-Ley, A., Labat, J.P., Gasparini, S., Mousseau, L., Lemée, R. 2007:** Annual cycle and diversity of species and intraspecific taxa of *Ceratium* (Dinophyceae) in the Ligurian Sea, Northwest Mediterranean, *J. Phycol.*, 43, 1149-1163,.

**UNEP/FAO/WHO. 1996.** Assessment of the state of eutrophication in the Mediterranean sea. MAP Technical Reports Series n° 106. UNEP, Athens, 391 p.

**Utermöhl H., 1958.** Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-*Method.* *Int. Ver. theor. angew. Limnol.*, **9** : 1-39.

**Wasmund N, Kownacka J, Göbel J, Jaanus A, Johansen M, Jurgensone I, Lehtinen S and Powilleit M., 2017** The Diatom/Dinoflagellate Index as an Indicator of Ecosystem Changes in the Baltic Sea 1. Principle and Handling Instruction *Frontiers in Marine Science* | [www.frontiersin.org](http://www.frontiersin.org) volume 4

**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.

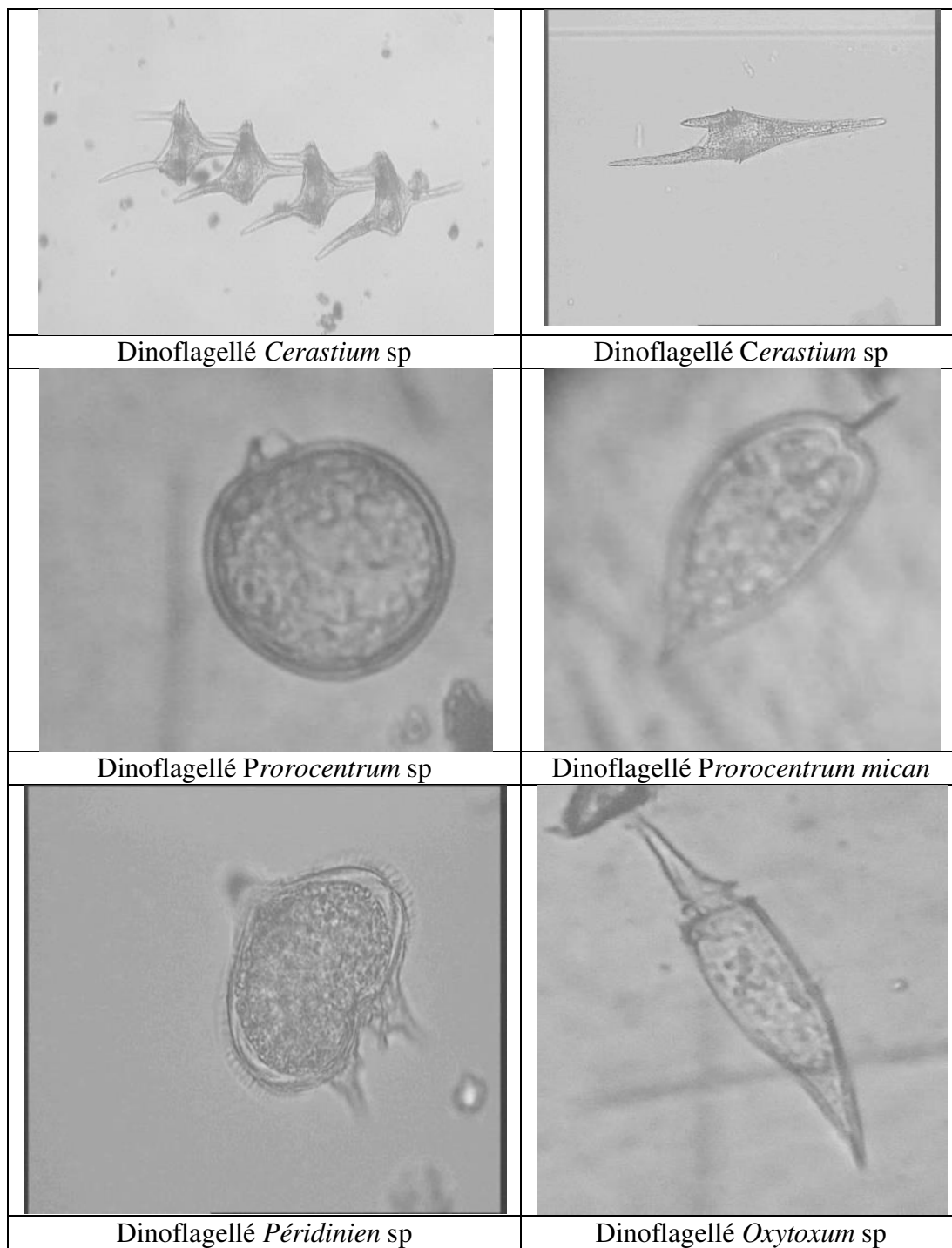
**Wetzel R. G., 2001.** *Limnology : Lake and River Ecosystems*, 3rd . *Academic Press*. 1006 p.

**Zingone A., Casotti R., d'Alcala M.R., Scardi M. et Marino D. 1995.** St Martin's Summer: the case of an autumn phytoplankton bloom in the Gulf of Naples (Mediterranean Sea). *J. Plankton Res.* **17**: 575-593.

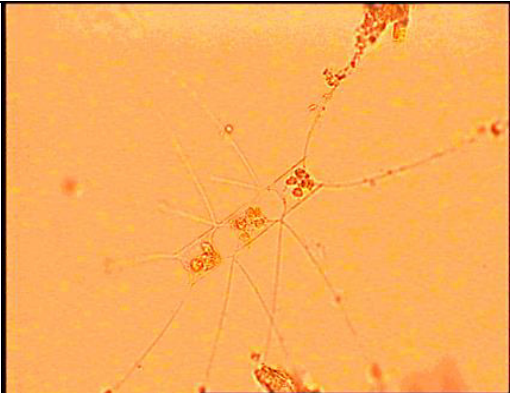


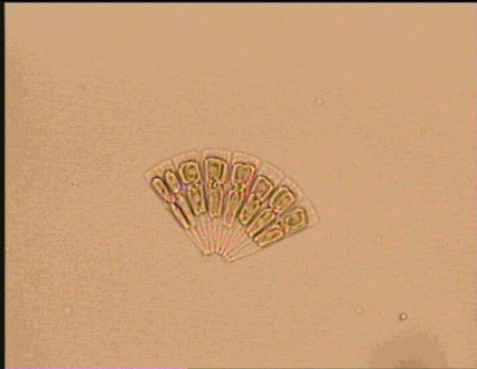


## *Annexe*

## Annexe I

**Planche II** : Espèces de dinoflagellés identifiées et observées au microscope optique au grossissement X 40.



**Planche III.** Espèces de diatomées identifiées et observées au microscope optique au grossissement X 40.

	
<p>Diatomée <i>Chetoseros</i> sp</p>	<p>Diatomée <i>Chetoseros</i> sp</p>
	
<p>Diatomée <i>Pleurosigma</i> sp</p>	<p>Diatomée <i>Licmophorinae</i> sp</p>
	
<p>Diatomée <i>Navicula</i> sp</p>	<p>Diatomée <i>Rhizosolenia</i> sp</p>

**Tableau I.** Représentant la liste des espèces de diatomées identifiées durant les trois campagnes 2013, 2014, et 2015

Groupe	Genre	Espèces
diatomées	Actinocyclus	<i>Actinocyclus octanarius</i>
		<i>Actinocyclus sp</i>
	Actinoptychus	<i>Actinoptychus sp</i>
	amphidinium	<i>Amphidinium sp</i>
	Amphora	<i>Amphora obtusa</i>
		<i>Amphora sp</i>
	Asterionella	<i>Asterionella sp</i>
	Auricula	<i>Auricula sp</i>
	Bacillaria	<i>Bacillaria sp</i>
	Bacteriastrum	<i>Bacteriastrum furcatum</i>
		<i>Bacteriastrum sp</i>
	Bellerochea	<i>Bellerochea sp</i>
	Biddulphia	<i>Biddulphia alternans</i>
		<i>Biddulphia pulchella</i>
		<i>Biddulphia sp</i>
		<i>Biddulphia vesiculosa</i>
	Caloneis	<i>Caloneis sp</i>
	Cerataulina	<i>cerataulina pelagica</i>
		<i>Cerataulina sp</i>
		<i>Ceratolina bergoni</i>
	Cestodiscus	<i>Cestodiscus sp</i>
	Chaetoceros	<i>Chaetoceros danicus</i>
		<i>Chaetoceros sp</i>
		<i>Cheatoceros didymus</i>
	Climacosphenia	<i>Climacosphenia moniligera</i>
	Cocconeis	<i>Cocconeis sp</i>
	Compylodiscus	<i>Compylodiscus sp</i>
	Corethron	<i>Corethron sp</i>
	Coscinodiscus	<i>Coscinodiscus granii</i>
		<i>Coscinodiscus sp</i>
	Cyclotella	<i>Cyclotella sp</i>
	Cylindrotheca	<i>Cylindrotheca sp</i>
	Cymbella	<i>Cymbella sp</i>
	Cynedra	<i>Cynedra sp</i>
	Diploneis	<i>Diploneis crabo</i>
		<i>Diploneis sp</i>
	Ditylum	<i>Ditylum brightwelli</i>
		<i>Ditylum sp</i>
	Donkinia	<i>Donkinia sp</i>

druppatractus	<i>druppatractus sp</i>
Ebria	<i>Ebria tripartita</i>
Endictya	<i>Endictya sp</i>
Eucampia	<i>Eucampia sp</i>
	<i>Eucampia zodiacus</i>
Eunotia	<i>Eunotia sp</i>
Frustulia	<i>Frustulia sp</i>
Globigerinella	<i>Globigerinella sp</i>
Grammatophora	<i>Grammatophora sp</i>
Guinardia	<i>Guinardia delicatula</i>
	<i>Guinardia flaccida</i>
	<i>Guinardia sp</i>
	<i>Guinardia striata</i>
Halosphaera	<i>Halosphaera sp</i>
Haslea	<i>Haslea sp</i>
Hemiaulus	<i>Hemiaulus sp</i>
Hexalenche	<i>Hexalenche amphisiphon</i>
Hyalodiscus	<i>Hyalodiscus sp</i>
Leptocylindrus	<i>Leptocylindrus belicus</i>
	<i>Leptocylindrus danicus</i>
	<i>Leptocylindrus minim</i>
	<i>Leptocylindrus sp</i>
Licmophora	<i>Licmophora dalmatica</i>
	<i>Licmophora grandis</i>
	<i>Licmophora sp</i>
	<i>Limosphenia sp</i>
Lyrella	<i>Lyrella sp</i>
Mastogloia	<i>Mastogloia sp</i>
Meloseria	<i>Meloseria sp</i>
Melosira	<i>Melosira nummuloides</i>
	<i>Melosira varians</i>
Micracanthodinium	<i>Micracanthodiniu m claytonii</i>
Minidiscus	<i>Minidiscus trioculatus</i>
Navicula	<i>Navicula gregaria</i>
	<i>Navicul a incerta</i>
	<i>Navicula membranacea</i>
	<i>Navicula perigrina</i>
	<i>Navicula radiosa</i>
	<i>Navicula sp</i>
<i>navicula veneta</i>	
Nephrospyris	<i>nephrospyris paradictyum</i>
Nephrospyris	<i>Nephrospyris sp</i>

Nitzschia	<i>Nitzschia longissima</i>
	<i>Nitzschia sigma</i>
	<i>Nitzschia sp</i>
Palmeria	<i>Palmeria sp</i>
Paralia sp	<i>Paralia sp</i>
paulsenella	<i>paulsenella sp</i>
Peroboscia alata	<i>Peroboscia alata</i>
Phaeodactylum	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>
Pinnularia sp	<i>Pinnularia sp</i>
Planktoniella	<i>Planktoniella sp</i>
Pleurosigma	<i>Pleurosigma capense</i>
	<i>pleurosigma elongatum</i>
	<i>pleurosigma sp</i>
Podocystis	<i>Podocystis sp</i>
Proboscia	<i>Proboscia alata</i>
	<i>Proboscia sp</i>
Pseudo-nitzschia	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>
	<i>Pseudo-nitzschia sp.</i>
Pseudosolenia	<i>Pseudosolenia sp</i>
Radiolaria	<i>Radiolaria sp</i>
Raphoneis	<i>Raphoneis sp</i>
Rhizosolenia	<i>Rhizosolenia longesita</i>
	<i>Rhizosolenia alata</i>
	<i>Rhizosolenia imbricata</i>
	<i>Rhizosolenia robusta</i>
	<i>Rhizosolenia sp</i>
	<i>Rhizosolenia Styliformis</i>
Skeletonema	<i>Skeletonema costatum</i>
Stauropsis	<i>Stauropsis majuscula</i>
	<i>Stauropsis sp</i>
Stephanodiscus	<i>Stephanodiscus sp</i>
Stephanopyxis	<i>Stephanopyxis sp</i>
	<i>Stephanopyxis turris</i>
Surirella	<i>Surirella sp</i>
	<i>Surirella ovalis sp</i>
Synedra	<i>Synedra nitzshoide</i>
	<i>Synedra sp</i>
Thalassionema	<i>Thalassionema frauenfeld</i>
	<i>Thalassionema nitzschioides</i>
	<i>Thalassionema sp</i>
	<i>Thalassiophysa sp</i>
	<i>Thalassiosiera rotula</i>

---

---

		<i>Thalassiosira sp</i>
	Thalassiothrix	<i>Thalassiothrix longissima</i>
	Torodinium	<i>Torodinium sp</i>
	Toxonidea	<i>Toxonidea sp</i>
	Triceratium	<i>Triceratium sp</i>
		<i>Tricertium campechianum</i>
	Urosolenia	<i>Urosolenia sp</i>

**Tableau II.** Représentant la liste des espèces de diatomées identifiées durant les trois campagnes 2013, 2014, et 2015

Groupe	Genre	Espèces
Dinoflagellé	Achradina	<i>Achradina pulchra</i>
		<i>Achradina sp</i>
	Alexandrium	<i>Alexandrium acatenella</i>
		<i>Alexandrium affine</i>
		<i>Alexandrium halim</i>
		<i>Alexandrium minutum</i>
		<i>Alexandrium sp</i>
		<i>Alexandrium tamarense</i>
	Amphidiniopsis	<i>Amphidiniopsis sp</i>
	Amphidinium	<i>Amphidinium extensum</i>
		<i>Amphidinium acutissimum</i>
		<i>Amphidinium elenkinii</i>
		<i>Amphidinium sphenoides</i>
		<i>Amphidinium sp</i>
	Amphidoma sp	<i>Amphidoma sp</i>
		<i>Amphydinium sp</i>
		<i>Amyloodinium sp</i>
		<i>Amphidinium flagellans</i>
	Archaeoperidinium	<i>Archaeoperidinium saanichi</i>
	Bellerochea	<i>Bellerochea malleus</i>
	Biddulphia	<i>Biddulphia Smithii</i>
	Blepharocysta	<i>Blepharocysta sp</i>
	Cearatium	<i>Cearatium dens</i>
		<i>Ceratium pentagonum</i>
		<i>Ceratium candelabrum</i>
		<i>Ceratium cariense</i>
		<i>Ceratium concilians</i>
		<i>Ceratium declinatum</i>
		<i>Ceratium extensum</i>
		<i>ceratium furca</i>
		<i>Ceratium horridum</i>
		<i>Ceratium lineatum</i>
		<i>Ceratium longipes</i>
		<i>Ceratium massiliense</i>
		<i>Ceratium ranipes</i>
		<i>Ceratium sp</i>
		<i>Ceratium teres</i>
	<i>Ceratium trichoceros</i>	
	<i>Ceratium tripos</i>	
	Ceratocorys	<i>Ceratocorys gourret</i>
	Chlamydomonas	<i>Chlamydomonas sp</i>

	Cochlodinium	<i>Cochlodinium fulvescens...</i>
		<i>Cochlodinium helix</i>
		<i>Cochlodinium pulchellum</i>
		<i>Cochlodinium sp</i>
	Cystodinium	<i>Cystodinium sp</i>
	Dinophysis	<i>Dinophysis acuminata</i>
		<i>Dinophysi sp</i>
		<i>Dinophysis caudata</i>
		<i>Dinophysis parvula</i>
		<i>Dinophysis rotundata</i>
		<i>Dinophysis schuettii</i>
	Diplopsalis	<i>Diplopsalis lenticula</i>
		<i>Diplopsalis sp</i>
	Diplopsalopsis sp	<i>Diplopsalopsis sp</i>
	Dissodinium	<i>Dissodinium pseudocalani</i>
		<i>Dissodinium pseudolunula</i>
		<i>dissodinium sp</i>
	Exuviella	<i>Exuviella sp</i>
	Girodinium	<i>Girodinium sp</i>
		<i>Girodinium spirale</i>
	Glenodinium	<i>Glenodinium sp</i>
	Goniochloris	<i>Goniochloris mutica</i>
	Gonyaulax	<i>Gonyaulax sp</i>
		<i>Gonyaulax Diesing</i>
		<i>Gonyaulax gracile</i>
		<i>Gonyaulax monocantha</i>
		<i>Gonyaulax sp</i>
Gossleriella	<i>Gossleriella sp</i>	
Gymnodinium	<i>Gymnodinium parvulum</i>	
	<i>Gymnodinium lantzschii</i>	
	<i>gymnodinium pyrenoidosum</i>	
	<i>Gymnodinium acumminatum</i>	
	<i>Gymnodinium aeruginosum</i>	
	<i>Gymnodinium aestuariale</i>	
	<i>Gymnodinium aureolum</i>	
	<i>Gymnodinium aureum</i>	
	<i>Gymnodinium breve</i>	
	<i>Gymnodinium filum</i>	
	<i>Gymnodinium fissum</i>	
	<i>Gymnodinium foliaceum</i>	
	<i>Gymnodinium helix</i>	
	<i>Gymnodinium helveticum</i>	
<i>Gymnodinium lacustre</i>		
<i>Gymnodinium microreticulatum</i>		

	<i>Gymnodinium mikimotoi</i>
	<i>gymnodinium sp</i>
	<i>Gymnodinium teredo</i>
	<i>Gymnodinium uberrimum</i>
	<i>Gymnodinium wawrikan</i>
	<i>Gymnodinium grammaticum</i>
	<i>Gymnodinium catenatum</i>
Gyrodinium	<i>Gyrodinium acutum</i>
	<i>Gyrodinium aureolum</i>
	<i>Gyrodinium hyalinum</i>
	<i>Gyrodinium sp</i>
	<i>Gyrodinium spirale</i>
Hemidiscus	<i>Hemidiscus cuneiformis</i>
	<i>Hemidiscus sp</i>
Heteraulacus	<i>Heteraulacus polydricus</i>
	<i>Heteraulacus sp</i>
Heterocapsa sp	<i>Heterocapsa sp</i>
Heterodinium	<i>Heterodinium sp</i>
Impagidinium	<i>Impagidinium plicatum</i>
Karenia	<i>Karenia sp</i>
Karlodinium	<i>Karlodinium sp</i>
Katodinium	<i>Katodinium glaucum</i>
	<i>Katodinium sp</i>
Kofooidinium	<i>Kofooidinium sp</i>
Kryptoperidinium	<i>Kryptoperidinium foliaceum</i>
	<i>Kryptoperidinium sp</i>
Mesodinium	<i>Mesodinium rubun</i>
Mesoporos	<i>Mesoporos perforatus</i>
	<i>Mesoporos sp</i>
Myrionecta	<i>Myrionecta sp</i>
Nematosphaeropsis	<i>Nematosphaeropsis labyrinthus</i>
Noctiluca	<i>Noctiluca Scintillans</i>
	<i>Noctiluca sp</i>
Oodinium	<i>Oodinium sp</i>
	<i>Oodinium teredo</i>
Ornithocercus	<i>Ornithocercus heteroporus</i>
	<i>Ornithocercus sp</i>
	<i>Ornithocercas magnificus</i>
Ostreopsis	<i>Ostreopsis sp</i>
Oxyphysis	<i>Oxyphysis kofoid</i>
Oxytoxum	<i>Oxytoxum sceptrum</i>
	<i>Oxytoxum sp</i>
	<i>Oxytoxum caudatum</i>
	<i>Oxytoxum diploconus</i>

		<i>Oxytoxum elongated</i>
		<i>Oxytoxum longiceps</i>
		<i>Oxytoxum Scolapax</i>
		<i>Oxytoxum sphaeroideum,</i>
		<i>Oxytoxum tesselatum</i>
		<i>Oxytoxum variabile</i>
		<i>Oxytoxum sp</i>
	Padolampas	<i>Padolampas sp</i>
	Palaeophalacroma	<i>Palaeophalacroma sp</i>
	Papulifere	<i>Papulifere phaeropsis</i>
	Paulsenella	<i>Paulsenella sp</i>
	Peridinium	<i>Peridinium brevipes</i>
		<i>peridinium cepa</i>
		<i>peridinium conicum</i>
		<i>Peridinium divergens</i>
		<i>Peridinium pertogorum</i>
		<i>Peridinium quinquecorne</i>
		<i>Peridinium sp</i>
		<i>Peridinium subsalsum</i>
		<i>peridinium tenuissimum</i>
		<i>Peridinium trocboideum</i>
	Phalacroma	<i>phalacroma autumn</i>
		<i>Phalacroma rotundata</i>
	Pirophacus	<i>Pirophacus sp</i>
	Peridinium	<i>Predinium sp</i>
	Pronocilica	<i>Pronocilica pelagica</i>
		<i>Pronociluca sp</i>
	Prorocentrum	<i>prorocentrum mican</i>
		<i>Prorocentrum adriaticum</i>
		<i>prorocentrum compressum</i>
		<i>Prorocentrum dactylus</i>
		<i>Prorocentrum ehrenberg</i>
		<i>prorocentrum gracile</i>
		<i>Prorocentrum lenticulatum</i>
		<i>Prorocentrum lima</i>
		<i>Prorocentrum mexicanum</i>
		<i>Prorocentrum minimum.</i>
		<i>Prorocentrum norrisianum</i>
		<i>Prorocentrum panamensis</i>
		<i>Prorocentrum rotundatum</i>
		<i>Prorocentrum sp</i>
	<i>Prorocentrum triestinum</i>	
	<i>Prorocentrum vaginula</i>	
	Protoperidinium	<i>Protoperidinium reticulatum</i>
	Protoceratium	<i>Protoceratium sp</i>

	Protocymatorylis	<i>Protocymatorylis sp</i>
	Protopendinium	<i>Protopendinium diabolium</i>
		<i>Protoperidinium brevipes</i>
		<i>protoperidinium depressum</i>
		<i>Protoperidinium diabolus</i>
		<i>Protoperidinium divergens.</i>
		<i>Protoperidinium minusculum</i>
		<i>Protoperidinium pellucidum</i>
		<i>Protoperidinium pellucidum ellé</i>
		<i>Protoperidinium pyriforme</i>
		<i>Protoperidinium sp</i>
		<i>Protoperidinium steinii</i>
	Ptychodiscus	<i>Ptychodiscus noctiluca</i>
		<i>Ptychodiscus sp</i>
	Pyrocystis	<i>Pyrocystis fusiformis</i>
		<i>Pyrocystis hamulus</i>
		<i>Pyrocystis robusta</i>
		<i>Pyrocystis sp</i>
	Pyrophacus	<i>Pyrophacus horologicum</i>
		<i>Pyrophacus sp</i>
		<i>Pyrophacus stinnii</i>
	Sclerodinium	<i>Sclerodinium calyptoglyphe</i>
	Scrippsiella	<i>Scrippsiella hangoei</i>
		<i>Scrippsiella sp</i>
		<i>Scrippsiella trochoidea</i>
	Spatulodinium	<i>Spatulodinium sp</i>
	Peridinium	<i>Peridinium sp</i>
	Pyrodinium	<i>Pyrodinium fusus</i>
	Strambidium	<i>Strambidium concium</i>
	Torodinium	<i>Torodinium robustum</i>
		<i>Torodiniu m sp</i>
		<i>Torodinium teredo.</i>

## Annexe II

**Tableau III.** Présentation des sites de prélèvement par zones d'étude et par wilaya de la campagne de 2013

2013	Wilaya	Station	Latitude	Longitude
Mer d'Alboran	Tlemcen	tle1	35° 7' 44.4606"	-1° 11' 39.0114"
	Ain-Temouchent	ain-t1	35° 29' 2.8782"	-1° 14' 25.9188"
Bassin algérien	Mostaganem	motsta1	36° 3' 7.2606"	-0° 5' 56.8788"
	Tipaza	tpz1	36° 36' 59.1006"	2° 35' 56.6406"
	Tipaza	tpz2	36° 49' 42.1212"	2° 45' 12.3006"
	Boumerdés	bmrds1	36° 50' 14.5212"	3° 25' 29.8194"
	Tizi-Ouzou	tiz1	36° 55' 21.7626"	4° 1' 25.3194"
	Bejaia	bja1	36° 41' 18.3588"	5° 19' 50.6388"
	Bejaia	bja2	36° 44' 46.7982"	5° 29' 20.5794"
	Jijel	jijl1	36° 54' 44.9388"	6° 3' 10.6806"
	Skikda	skd1	37° 5' 37.3806"	6° 57' 35.1612"
	skikda	skd2	37° 3' 14.8788"	7° 0' 16.9812"
	Skikda	skd3	36° 58' 10.6206"	7° 7' 43.0212"
	Skikda	skd4	37° 1' 18.12"	7° 14' 6.7806"
	Annaba	anb1	37° 1' 20.5212"	8° 2' 0.1788"
	Annaba	anb2	37° 8' 43.0182"	8° 1' 14.4588"
	El tref	etrf1	36° 55' 53.4606"	8° 18' 10.8"
	El tref	etrf2	37° 8' 2.6982"	8° 3' 19.62"

**Tableau IV.** Présentation des sites de prélèvement par zones d'étude et par wilaya de la campagne de 2014

2014	wilaya	station	Latitude	Longitude
Mer d'alboran	Tlemcen	tle 1	35°06,900	01° 50,735w
	Tlemcen	tle 2	35° 16,984	01° 34,175w
	Tlemcen	tle 3	35° 22,431	01° 16,949w
	Ain-Temouchent	ain-t 1	35° 36,615	01° 07,546w
	Ain-Temouchent	ain-t 2	35° 44,565	00° 51,715w
Bassin algérien	Mostaganem	mosta 1	35° 52,327	00° 16,978w
	Mostaganem	mosta 2	36° 03,080	00° 05,951w
	Mostaganem	mosta 3	35° 53,167	00° 01,564E
	Tipasa	tpz 1	36° 06,099	00° 10,398E
	Tipasa	tpz 2	36° 14,717	00° 26,984E
	Tipasa	tpz 3	36° 21,082	00° 46,216E
	Tipasa	tpz 4	36° 27,803	00° 58,301E
	Alger	alg 1	36° 33,342	01° 22,414E
	Boumerdes	bmrds 1	36° 37,335	02° 13,521E
	Boumerdes	bmrds 2	36°50'14,521"	3° 29,819E

**Tableau V.** Présentation des sites de prélèvement par zones d'étude et par wilaya de la campagne de 2013

2015	wilaya	station	Latitude	Longitude
Mer d'Alboran	Tlemcen	tle1	036° 06 193N	000° 10 429E
	Tlemcen	tle2	36° 14 824N	003° 27 399E
	Tlemcen	tle3	36° 29 204N	003° 02 765E
	Tlemcen	tle4	36° 33 340N	002° 21 799E
	Ain-Temouchent	ain-t1	35° 15 421 N	002° 07 260 W
	Ain-Temouchent	ain-t2	35° 33 384 N	001° 22 623 W
	Ain-Temouchent	ain-t3	35° 29' 2.8782"	-1° 14' 25.9188"
Bassin algérien	Mostaganem	mosta1	35° 44 660 N	000° 42 636 W
	Mostaganem	mosta2	35° 55 544 N	000° 27 166 W
	Mostaganem	mosta3	35° 50 761N	000° 00 488W
	Mostaganem	mosta4	36° 01 169N	000° 09 594E
	Mostaganem	mosta5	36° 3' 7.2606"	-0° 5' 56.8788"
	Tipasa	tpz1	36° 53 432N	004° 36 416E
	Alger	alg1	36° 49 448N	002° 48 507E
	Boumerdes	bmrds1	36° 46 674N	003° 28 593E
	Boumerdes	bmrds2	36° 50 081N	003° 37 363E
	Tizi-Ouzou	tiz1	36° 54 699N	004° 16 403E

Tableau VI. Stations d'échantillonnage ALPEL 1 sels nutritifs

Stations	Date	Heur	Latitude	Longitude
R03C	25/02/2013	15:30	35° 07' 195N	001° 53' 066W
R03L	25/02/2013	18:20	35° 30' 816N	001° 57' 553W
R01L	26/02/2013	10:44	35° 27' 52N	02° 7' 30W
R01C		12:56	35° 06' 272N	02° 06' 444W
R05C	03/02/2013	14:20	35° 18' 280N	01° 31' 516W
R05L		12:15	35° 31' 441N	01° 46' 732W
R09L	03/03/2013	12:09	35° 45' 414N	01 ° 09' 378W
R10C		14:11	35° 43' 497N	00° 52' 514W
R11C		16:08	35° 44' 657N	00° 42' 187W
R11L		16:43	35° 48' 2004N	00° 44' 137W
R14L	03/05/2013	14:57	35° 59' 09N	00° 19' 05W
R14C		16:28	35° 49' 60N	00° 10' 04W
R15C		17:20	35° 52' 194N	00° 1' 219W
R15'C	03/08/2013	08:48	35° 52' 19N	00° 1' 22W
R15L		10:22	36° 4, 662N	00° 09, 359W
R16C		12:22	36° 1, 00N	00° 05, 640E
R17C	03/08/2013	13:22	36° 7, 442N	00° 12, 348E
R17L		14:14	36° 12, 98N	00° 07, 51E
R19C		16:08	36° 15, 16N	00° 28, 286E
R19L		16:52	36° 19,70N	00° 25, 78E
R21C	03/09/2013	07:29	36° 21, 91N	00° 47, 70E
R21L		08:16	36° 28, 55N	00° 53, 99E
R23C		09:18	36° 30, 02N	01° 5, 39E
R23L		10:06	36° 34, 34N	01° 13, 79E
R25C		11:27	36° 32,705N	01° 23, 892E
R25L		12:11	36° 34,703N	01° 33, 149E
R27C		13:16	36° 33, 717N	01° 43, 075E
R27L		14:07	36° 36, 849N	01° 52, 628E
R29C		15:16	36° 36, 291N	02° 2, 967E
R29L		16:07	36° 40, 985N	02° 10, 104E
R31L	17/03/2013	19:00	36° 47, 70N	02° 39,84E
R31C		21:34	36 , 61388N	02 ,60943E
R32L	18/03/2013	09:08	36° 49,55N	02° 39, 42E
R33L		09:53	36° 53,632N	02° 46,336E
R33C		10:59	36° 46,930N	02° 51,640E
R35C		13:03	36° 45,60N	03° 10,44E
R35L		13:44	36° 50,189N	03° 10,604E
R37C		16:44	36° 51,88N	03° 40,65E
R37L	20/03/2013	07:01	36° 50,42N	03° 30,55E
R39L		08:42	36° 56,99N	03° 46,99E
R39C		10:04	36° 54,81N	04° 00,680
R41L		11:05	36° 56,420N	04° 10,261E

<b>R41C</b>		12:20	36° 54,936N	04° 20,899E
<b>R43L</b>	20/03/2013	13:10	36° 56,385N	04° 29,985E
<b>R43C</b>		14:29	36° 53,819N	04° 39,993E
<b>R45L</b>		15:24	36° 54,83N	04° 49,97E
<b>R45C</b>		16:39	36° 49,96N	05° 00,45E
<b>R47C</b>	21/03/2013	06:29	36° 39,20N	05° 14,90E
<b>R47L</b>		07:06	36° 41,95N	05° 16,01E
<b>R49C</b>		12:02	36° 44,317N	05° 32,736E
<b>R49L</b>		12:33	36° 46,830N	05° 29,14E
<b>R51L</b>		15:20	36° 56,511N	05° 47,278E
<b>R51C</b>		16:22	36° 49,78N	05° 50,66E
<b>R53C</b>	22/03/2013	05:48	36° 54,961N	06° 9,48E
<b>R53L</b>		06:24	36° 57,72N	06° 7,44E
<b>R55L</b>		15:07	37° 8,091N	06° 25,970E
<b>R55C</b>		16:19	37° 2,53N	06° 34,24E
<b>R57C</b>	23/03/2013	06:19	36° 56,211N	06° 52,658E
<b>R57L</b>		07:00	37° 3,09N	06° 52,87E
<b>R59C</b>		09:33	36° 57,74N	07° 12,05E
<b>R59L</b>		10:38	37° 4,776N	07° 3,99E
<b>R61C</b>	23/03/2013	18:03	37° 2,87N	07° 31,07E
<b>R61L</b>		18:27	37° 6,002N	07° 31,077E
<b>R63L</b>	24/03/2013	08:06	37° 6,504N	07° 50,17E
<b>R63C</b>		09:53	36° 51,947N	07° 50,163E
<b>R65C</b>	27/03/2013		36° 56.0276N	08° 10.3473E
<b>R65L</b>			37° 07.6486N	08° 10.2649E
<b>R67C</b>	28/03/2013		36° 54.8640N	08° 30.0403E
<b>R67L</b>			37° 15.3066N	08° 30.0678E

Tableau VII Stations d'échantillonnage ALPEL 3 sels nutritifs

Station	Date	Heur	Latitude	Longitude
R01C	22/03/2015	07:30	35° 06 375 N	002° 07 484 W
R01L	22/03/2015	08:30	35° 15 421 N	002° 07 260 W
R03C	22/03/2015	13:52	35° 07 733 N	001° 47 200 W
R03L	22/03/2015	14:55	35° 16 316 N	001° 50 614 W
R05C	22/03/2015	16:33	35° 17 358 N	001° 30 593 W
R05L	22/03/2015	18:27	35° 24 009 N	001° 35 740 W
R07L	23/03/2015	10:48	35° 27 310 N	001° 14 690 W
R07C	23/03/2015	11:45	35° 33 384 N	001° 22 623 W
R09C	23/03/2015	14:14	35° 40 153 N	001° 03 158 W
R09L	23/03/2015	15:02	35° 44 938 N	001° 07 709 W
R11C	24/03/2015	07:38	35° 44 660 N	000° 42 636 W
R11L	24/03/2015	08:05	35° 47 880 N	000° 44 262 W
R13C	24/03/2015	10:24	35° 53 264 N	000° 25 749 W
R13L	24/03/2015	10:55	35° 55 544 N	000° 27 166 W
R15C	28/03/2015	09:22	35° 50 761N	000° 00 488W
R15L	28/03/2015	10:46	36° 01 169N	000° 09 594E
R17C	28/03/2015	17:17	036° 06 193N	000° 10 429E
R17L	28/03/2015	17:52	36° 10 135N	000° 07 139E
R19C	29/03/2015	07:06	36° 14 824N	000° 27 399E
R19L	29/03/2015	07:46	36° 18 147N	000° 24 370E
R21C	29/03/2015	09:56	36° 20 857N	000° 45 939E
R21L	29/03/2015	10:20	36° 23 005N	000° 43 823E
R23L	29/03/2015	14:41	36° 30 719N	000° 56 719E
R23C	29/03/2015	15:36	36° 29 204N	001° 02 765E
R25L	29/03/2015	16:21	36° 33 284N	001° 06 526E
R25C	29/03/2015	17:12	36° 31 265N	001° 11 899E
R27L	29/03/2015	17:44	36° 33 893N	001° 16 678E
R27C	29/03/2015	18:38	36° 33 340N	001° 21 799E
R29L	29/03/2015	19:13	36° 29 204N	001° 27 004E
R29LBIS	30/03/2015	07:07	36° 34 850N	001° 26 620E
R29C	30/03/2015	07:50	36° 32 835N	001° 31 855E
R31L	30/03/2015	08:27	36° 35 317N	001° 36 752E
R31C	30/03/2015	09:18	36° 33 491N	001° 41 929E
R33L	30/03/2015	09:48	36° 35 798N	001° 46 616E
R33C	30/03/2015	10:27	36° 34 576N	001° 51 633E
R35L	30/03/2015	10:59	36° 36 777N	001° 55 924E

<b>R35C</b>	30/03/2015	11:41	36° 34 781N	002° 01 493E
<b>R37L</b>	30/03/2015	14:35	36° 39 871N	002° 05 801E
<b>R37C</b>	30/03/2015	15:22	36° 37 051N	002° 10 925E
<b>R39L</b>	30/03/2015	15:58	36° 41 306N	002° 14 841E
<b>R39C</b>	30/03/2015	16:49	36° 39 344N	002° 20 782E
<b>R41LL</b>	31/03/2015	08:00	36° 45 408N	002° 31 079E
<b>R41L</b>	31/03/2015	08:56	36° 41 777N	002° 33 005E
<b>R41C</b>	31/03/2015	09:43	36° 436 433N	002° 33 848E
<b>R43L</b>	31/03/2015	15:00	36° 49 448N	002° 48 507E
<b>R43C</b>	31/03/2015			
<b>R45C</b>	31/03/2015			
<b>R45L</b>	31/03/2015			
<b>R47C</b>	04/04/2015	11:16	36° 47 676N	003° 19 640E
<b>R47L</b>	04/04/2015	12:00	36° 52 023N	003° 23 872E
<b>R49C</b>	04/04/2015	12:59	36° 46 674N	003° 28 593E
<b>R49L</b>	04/04/2015	15:46	36° 50 859N	003° 31 545E
<b>R51C</b>	04/04/2015	16:46	36° 50 081N	003° 37 363E
<b>R51L</b>	04/04/2015	17:21	36° 55 565N	003° 40 437E
<b>R53C</b>	05/04/2015	07:46	36° 54 257N	003° 45 796E
<b>R53L</b>	05/04/2015	08:25	36° 57 753N	003° 50 373E
<b>R55C</b>	05/04/2015	09:29	36° 54 792N	003° 56 340E
<b>R55L</b>	05/04/2015	09:59	36° 56 884N	004° 01 453E
<b>R57C</b>	05/04/2015	10:40	36° 53	004° 06
<b>R57L</b>	05/04/2015	11:11	36° 56 148N	004° 11 429E
<b>R59C</b>	11/04/2015	06:37	36° 54 699N	004° 16 403E
<b>R59L</b>	11/04/2015	07:22	36° 56 831N	004° 21 430E
<b>R61C</b>	11/04/2015	08:02	36° 54 915N	004° 26 495E
<b>R61L</b>	11/04/2015	08:30	36° 55 977N	004° 31 281E
<b>R63C</b>	11/04/2015	09:05	36° 53 432N	004° 36 416E
<b>R63L</b>	11/04/2015	09:34	36° 55 574N	004° 41 012E
<b>R65C</b>	11/04/2015	10:13	36° 53 824N	004° 46 617E
<b>R65L</b>	11/04/2015	10:33	36° 54 894N	004° 49 138E
<b>R67C</b>	11/04/2015	11:24	36° 50 772N	004° 55 972E
<b>R67L</b>	11/04/2015	12:03	36° 51 933N	005° 02 673E
<b>R69C</b>	11/04/2015	12:27	36° 42 622 N	005° 09 384E
<b>R69L</b>	11/04/2015	13:52	36° 45 500 N	005° 11 435E
<b>R71C</b>	12/04/2015	06:34	36° 40 820 N	005° 28 330E
<b>R71L</b>	12/04/2015	07:15	36° 45 112 N	005° 26 602E
<b>R73C</b>	12/04/2015	09:24	36° 49 921 N	005° 45 798E
<b>R73L</b>	12/04/2015	09:57	36° 54 297 N	005° 43 520E

<b>R75C</b>	12/04/2015	12:18	36° 53 314 N	005° 04 943E
<b>R75L</b>	12/04/2015	12:57	36° 57 577 N	005° 02 429E
<b>R77L</b>	12/04/2015	17:22	37° 03 838 N	005° 14 497E
<b>R77C</b>	12/04/2015	18:05	37° 04 349 N	005° 19 795E
<b>R79L</b>	13/04/2015	06:56	37° 07 207 N	006° 24 646E
<b>R79C</b>	13/04/2015	07:39	37° 05 250 N	006° 30 033E
<b>R81L</b>	13/04/2015	08:15	37° 05 121 N	006° 36 513E
<b>R81C</b>	13/04/2015	09:02	36° 59 236 N	006° 35 670E
<b>R83L</b>	13/04/2015	09:38	37° 01 946 N	006° 41 283E
<b>R83C</b>	13/04/2015	10:24	36° 57 311 N	006° 46 446E
<b>R85C</b>	13/04/2015	11:30	36° 59 410 N	006° 55 636E
<b>R85L</b>	13/04/2015	12:14	36° 53 519 N	006° 55 499E
<b>R87L</b>	13/04/2015	14:23	37° 04 264 N	007° 07 858E
<b>R87C</b>	13/04/2015	15:14	37° 00 160 N	007° 14 224E
<b>R89L</b>	14/04/2015	07:47	37° 10 459 N	007° 22 601E
<b>R89C</b>	14/04/2015	08:50	37° 02 762 N	007° 25 564E
<b>R91L</b>	14/04/2015	09:35	37° 05 687 N	007° 33 233E
<b>R91C</b>	14/04/2015	10:26	36° 59 661 N	007° 34 057E
<b>R93L</b>	14/04/2015	11:12	37° 02 625 N	007° 40 285E
<b>R93C</b>	14/04/2015	11:57	37° 57 720 N	007° 43 741E
<b>R95L</b>	14/04/2015	13:14	37° 05 083 N	007° 55 248E
<b>R95C</b>	14/04/2015	14:40	36° 51 904 N	007° 58 193E
<b>R97C</b>	15/04/2015	09:04	36° 55 644 N	008° 17 685E
<b>R97L</b>	15/04/2015	10:17	37° 06 803 N	008° 14 645E
<b>R99C</b>	15/04/2015	13:13	36° 56 793 N	008° 36 467E
<b>R99L</b>	15/04/2015			