

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل

Université Mohammed Seddik Benyahia-Jijel

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de l'Environnement
et des Sciences Agronomiques

كلية علوم الطبيعة و الحياة
قسم علوم المحيط و العلوم الفلاحية



Mémoire de Fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme **MASTER Académique**

Filière : Hydrobiologie marine et continentale

Option : Ecosystèmes aquatiques

Thème

**Evolution spatiotemporelle des communautés des microalgues
des milieux lenticques de la région de Jijel**

Devant le jury composé de :

Président : Mr KISSERLI Omar.

Examineur : Mr YOUNSI SalahEddine.

Encadreur : Mr BOULDJEDRI Mohamed.

Présenté par :

BENAZIZA Akila

FAFA Zineb

Session : Juin 2018

Numéro d'ordre :

Laboratoire où le travail a été réalisé : laboratoire d'écologie de l'université de Jijel

Remerciements

Nous sommes très reconnaissantes au Mr BOULDJEDRI Mohamed notre encadreur, pour sa disponibilité et surtout pour ces critiques pertinentes qui nous ont été très utiles dans la réalisation de la version finale de ce mémoire.

Nous tenons également à remercier Mr KISSERLI Omar pour l'honneur qu'il nous fait en acceptant de présider ce jury.

Toutes nos sincères gratitude et notre profond respect à Mr YOUNSI Salah Eddine pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous sommes redevables à Mme KHENNOUF Hanane Elle a été pour nous d'un grand soutien surtout moral dans nos moments de doute, d'angoisse et de découragement. Pour cela, qu'elle soit assurée de notre estime et de notre respect.

Nous voudrions adresser un merci particulier à Mme ZEBODJ professeur à l'université de Béjaia pour avoir accepté d'examiner l'identification des espèces qu'on a effectué.

Nous ne manquons pas d'exprimer notre gratitude à Mr SEBTI Mohamed pour son aide et ses suggestions pertinentes.

Ce travail obtenus n'auraient pas pu aboutir sans la précieuse collaboration des ingénieurs du laboratoire d'écologie qui nous ont apporté leur aide au cours de notre période pratique, on tient ici à les remercier.

Dédicaces

- ☞ *A Ma mère, **KIRAT Soltana** qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.*
- ☞ *A Mon père, **Mohamed**, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.*
- ☞ *A la mémoire de ma grande mère, **Mezzreug Ounassa**, qui a disparu trop tôt, J'espère que, du monde qui est sienné maintenant, elle apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'une fille qui a toujours prié pour le salut de son âme. Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde !*
- ☞ *A mes frères et sœurs ; **Bochra , Bilal , Chayma et Yacoub** , qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.*
- ☞ *A ma binôme, ma complice **Akila** "Tu es vraiment quelqu'un de bien à mes yeux, il fallait que tu le saches. Je sais que je ne te le dis pas assez souvent. Peut-être n'as-tu pas conscience de l'importance que tu as pour moi car Je sais que je ne suis pas toujours une personne facile à parler ou à comprendre ... Nul ne sait ce que la vie nous réserve, mais notre amitié fait partie des choses que je ne veux jamais voir changer. Merci pour les moments qu'on a passé ensemble et surtout pour les folies qu'on a partagées XD.*
- ☞ *Une dédicace particulière à mon cher ami **MAYACHE Mohamed el arbi**, tu étais toujours là pour moi. Une présence morale chaleureuse et bienveillante, qui sait me faire du bien. Tu me connais mieux que quiconque et c'est réciproque, du moins je l'espère. C'est toi qui mérite le mieux à mes yeux le titre de 'meilleur ami'. Merci ...*
- ☞ *A l'instar des bons souvenirs, les véritables amis deviennent de plus en plus précieux avec le temps. **GUENNANE Zeyneb, Sofiane KAHLESSENE, Hemza BOUSSAYED et Mehdi HERBOULA** ... Je suis si heureuse que vous fassiez partie de ma vie. Merci*
- ☞ *Je n'ai que peu d'amis, mais ils sont tous exceptionnels. Et vous, encore plus que les autres : mes anciens amis **KEBIECHE Randa, BIROUK Chahla, CHALOUCHE Ferial, BOUKHERIS Amina et BOUNABE Meriem**, malgré la distance qui nous sépare et qu'importe ce que je fais et ce que je traverse, vous étiez toujours présentes à mes côtés. Votre amitié est une chance. Merci ...*
- ☞ *A toute la promotion d'écosystèmes aquatiques 2018.*



Zinouba

Dédicace Avec ma profonde gratitude, je dédie ce modeste travail à :

☞ *A mes chers parents **Hachemi** et **Fatma** pour tous leurs sacrifices, leurs encouragements, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études, que dieu les gardes pour moi.*

☞ *A mes chers frères, **Youssef** et **Moussa**, pour leur appui et leur encouragement.*

☞ *A mes chères sœurs **Nawel**, **Wided** et **Ibtissem** pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral.*

☞ *Mes chers neveux et nièces **Ibrahim**, **Nadir**, **Khadidja**, **Meriem** et **Ahmed**.*

☞ *Ma sœur, ma pitchoune et ma binôme **Zinouba** ainsi que toute sa famille et surtout tonton **Mohamed** que dieu le protège.*

Je te dis aussi que je suis vraiment heureuse de tous les moments que j'ai passés avec toi, merci d'être à mes côtés, de m'encourager et me soutenir dans toutes les difficultés que nous avons rencontrées. Tu es la seule personne qui me comprend sans même parler tu es toujours dans mon cœur et tu resteras toujours ici <3 .

☞ *Mes chères Ami(e)s et surtout **Keltoum**, **Dalal**, **Samira** et **Filali**. Je vous aime tous.*

☞ *Mes collègues de promotion écosystèmes aquatiques 2018 avec lesquels j'ai passé trois ans inoubliables, et en particulier : **Zeyneb**, **Hemza**, **sofiane**, **Abi**, **Hanane**, **Meriem** et **Mehdi**. Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi des frères, sœurs et des amis sur qui je peux compter. En témoignage de l'amitié qui nous uni et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.*

☞ *Toute la famille **Benaziza** et la famille **Benzaid**.*

☞ *Toutes personne dont il/elle a une place dans mon cœur, que je connais, que j'estime et j'aime.*



Akila

Sommaire

Liste des figures	i
Liste des tableaux.....	iv
Liste des annexes	v
Introduction	1

Chapitre 1 : Généralités sur les microalgues

2. Taille et morphologie	3
2.1 Les formes unicellulaires	3
2.2 Les formes coloniales	3
2.3 Les formes pseudo-filamenteuses	4
2.4 Les formes filamenteuses	4
2.5 Les Structures pseudo-parenchymateuses	5
2.6 Les Structures parenchymateuses	5
2.7 Les formes cœnocytiques	5
3. Diversité et Classification du phytoplancton	7
3.1 Les Cyanobactéries	8
3.2 Les Bacillariophytes	8
3.3 Les Dinophytes	9
3.4 Euglénophytes	10
3.5 Xanthophytes	10
3.6 Rhodophytes	10
3.7 Chrysophycées	10
3.8 Chlorophycées	10

Chapitre 2 : Ecologie des microalgues

1. Habitat écologique.	11
1.1 Les milieux lotiques	11
1.2 Les milieux froid (glace)	11
1.3 Les sources chaudes	11
1.4 Les marais	11
1.5 Les tourbières	12
1.6 Autres habitats inhabituel	13
2. Les facteurs qui influencent la croissance et le développement du phytoplancton	13
2.1 La température	13
2.2 La salinité	13

2.3 La lumière	13
2.4 Le pH	14
2.5 Les éléments nutritifs	14
3. Le rôle du phytoplancton	15
3.1 La base de la chaîne alimentaire aquatique	15
3.2. Une pompe carbonique biologique	15
3.3. Régulation du climat	15

Chapitre 3 : Matériels et méthodes

1. Description des milieux	16
2. Description du climat de la région	18
3. Choix des points du prélèvement	18
4. Périodicité d'échantillonnage	18
5. Méthode d'échantillonnage	20
6. Observation et identification du phytoplancton	20
7. Analyse quantitative du phytoplancton	20
7.1 Indices écologiques de composition	20
7.1.1 Fréquence centésimale	20
7.1.2 Fréquence d'occurrence	21
7.1.3 La richesse spécifique	21
7.2 Indices écologiques de structure	21
7.4 L'indice de SHANNON-WEAVER	21
7.5 L'équitabilité	22

Chapitre 4 : Résultats et Discussion

1. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau	23
1.1 La Température	23
1.2 Le pH	23
1.3 La salinité	24
1.4 La conductivité	25
2. Identification des espèces	26
3. Analyse générale de la composition taxonomique	35
4. Calcul des indices	36
4.1 Fréquence centésimale par classes phytoplanctoniques	37
4.2 Fréquence d'occurrence	37
4.3 Analyse quantitative	38

4.3. Richesse spécifique	38
4.3.1 Diversité alpha α	38
4.3.2 La richesse bβ	39
4.4 Indice de Shannon Weaver et indice d'\acute{e}quitabilit\acute{e}	40
5. Evaluation g\acute{e}n\acute{e}rale de la r\acute{e}partition spatiotemporelle des microalgues	41
5.1 Evaluation \grave{a} \acute{e}chelle spatiale	41
4.2 Evaluation \grave{a} \acute{e}chelle temporelle	43
6.Evaluation de la r\acute{e}partition spatiotemporelle par classes phytoplanctoniques	45
6.1 les Bacillariophyc\acute{e}es.....	45
6.2 les Chlorophyc\acute{e}es	46
6.3. Les Eugl\acute{e}nophyc\acute{e}es	46
6.4. Les Chrysophyc\acute{e}es	47
6.5 Les Cyanophyc\acute{e}es	47
6.6 Les Dinophyc\acute{e}es	48
6.7 les Zygn\acute{e}matophyc\acute{e}es.....	49
6.8 Les Ulvophyc\acute{e}es	49
6.9 Les Coscinodiscophyc\acute{e}es.....	49
6.10 Les Trebouxiophyc\acute{e}es	50
Conclusion	51
R\acute{e}f\acute{e}rences bibliographiques	53
Annexes	

Liste des figures

Figure 1. Les formes unicellulaires et coloniales des microalgues	4
Figure 2. Les formes coloniales, filamenteuses et pseudo-filamenteuses des microalgues ...	4
Figure 3. Forme filamenteuse, pseudo- parenchymateuse, parenchymateuse et coenocytiques des microalgues.....	5
Figure 4. Localisation géographiques des sites d'étude (Jijel, Algérie)	16
Figure 5. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la région de Jijel	17
Figure 6. Localisation des points de prélèvements au niveau des quatre sites	18
Figure 7. Échantillonnage à l'aide d'un filet à phytoplancton.....	20
Figure 8. Multiparamètres portable du laboratoire d'écologie	20
Figure 9. Variations spatio-temporelles de la température dans les sites d'étude	23
Figure 10. Variations spatio-temporelles du pH dans les sites d'étude	24
Figure 11. Variations spatio-temporelles de la salinité dans les sites d'étude	24
Figure 12. Variations spatio-temporelles de la conductivité dans les sites d'étude	25
Figure 13. <i>Haematococcus sp</i>	26
Figure 14. <i>Shroederia sp</i>	26
Figure 15. <i>Scenedesmus sp</i>	26
Figure 16. <i>Pandorina sp</i>	26
Figure 17. <i>Tetraedron caudatum</i>	27
Figure 18. <i>Bulbochaete sp</i>	27
Figure 19. <i>Tetraedron minimum</i>	27
Figure 20. <i>Mougeotia sp</i>	27
Figure 21. <i>Spirogyra sp</i>	27
Figure 22. <i>Cosmarium sp</i>	28
Figure 23. <i>Hyalotheca sp</i>	28
Figure 24. <i>Zygnema sp</i>	28

Figure 25. <i>Licmophora sp</i>	28
Figure 26. <i>Gomphonema sp</i>	28
Figure 27. <i>Surirella sp</i>	29
Figure 28. <i>Melosira sp</i>	29
Figure 29. <i>Nitzschia sp</i>	29
Figure 30. <i>Navicula sp</i>	29
Figure 31. <i>Synedra sp</i>	29
Figure 32. <i>Fragilaria sp</i>	29
Figure 33. <i>Pinnularia sp</i>	30
Figure 34. <i>Rhopalodia sp</i>	30
Figure 35. <i>Diatoma sp</i>	30
Figure 36. <i>Cymbella sp</i>	30
Figure 37. <i>Actinocyclus sp</i>	30
Figure 38. <i>Coscinodiscus sp</i>	30
Figure 39. <i>Peridinium sp1</i>	30
Figure 40. <i>Peridinium sp2</i>	31
Figure 41. <i>Peridinium sp3</i>	31
Figure 42. <i>Prorocentrum sp</i>	31
Figure 43. <i>Gymnodium sp</i>	31
Figure 44. <i>Trachelomonas sp1</i>	32
Figure 45. <i>Trachelomonas sp2</i>	32
Figure 46. <i>Trachelomonas sp3</i>	32
Figure 47. <i>Phacus sp</i>	32
Figure 48. <i>Lepocinclis sp1</i>	32
Figure 49. <i>Lepocinclis sp2</i>	32

Figure 50. <i>Euglena sp1</i>	33
Figure 51. <i>Euglena sp2</i>	33
Figure 52. <i>Oscillatoria sp1</i>	33
Figure 53. <i>Oscillatoria sp2</i>	33
Figure 54. <i>Dinobryon sp</i>	34
Figure 55. <i>Rhizoclonium sp</i>	34
Figure 56. <i>Chodatella sp</i>	34
Figure 57. Répartition des différentes classes des microalgues dans l'ensemble des récoltes des quatre sites prospectés au cours de la période Avril-Juin 2018	35
Figure 58. Fréquence centésimales des classes phytoplanctoniques durant la période d'étude.....	37
Figure 59. Evaluation de la richesse spécifique au niveau des différents sites.....	38
Figure 60. Les valeurs de l'indice d'équitabilité calculé au niveau des quatre sites d'étude ...	41
Figure 61. Les valeurs de l'indice de Shannon Weaver calculé au niveau des quatre sites d'étude	41
Figure 62. Répartition spatiale des classes phytoplanctoniques par pourcentage dans les quatre sites.....	43
Figure 63. Répartition temporelle des classes phytoplanctoniques dans les quatre sites durant la période d'étude (Avril- Juin 2018)	45

Liste des tableaux

Tableau 1. Différents Embranchements des microalgues	6
Tableau 2. Périodicité des prélèvements dans les quatre sites	19
Tableau 3. Les valeurs de l'indice de Sørensen entre les différents sites	40

Liste des annexes

Annexe 1. Répartition spatiale des espèces phytoplanctoniques durant la période d'étude au niveau des quatre sites.

Annexe 2. Répartition temporelle des espèces phytoplanctoniques.

Annexe 3. Fréquences centésimales des espèces des microalgues dans les différents sites pendant la période d'étude (Avril à Juin 2018).

Annexe 4. Fréquences centésimales des classes des microalgues dans les différents sites pendant la période d'étude (Avril à Juin 2018).

Annexe 5. Fréquence d'occurrence des espèces du phytoplancton dans les différents sites.

Annexe 6. Les valeurs de l'indice de Shannon Weaver et l'indice d'équitabilité dans les différents sites.

Annexe 7. La classification des eaux selon le taux de salinité.

Annexe 8. Le taux de minéralisation des eaux selon les valeurs des conductivités.

Introduction

Parmi les êtres vivant sur notre planète, un grand nombre passe totalement inaperçu : c'est le cas des microalgues, encore appelées "phytoplancton". Elles sont intégrées au monde végétal aquatique du fait de leur parenté avec les macroalgues, leur originalité étant due à une constitution unicellulaire (Arzul, 2009).

Le phytoplancton représente plus de la moitié de la biomasse terrestre, et joue un rôle essentiel dans le contrôle du climat car il est responsable de la production d'une bonne partie de l'oxygène atmosphérique et constitue une véritable pompe à dioxyde de carbone. Par ailleurs, il est illustré comme le principal producteur primaire (Peterson et *al.*, 1987 ; Keller, 1988) qui constitue la base de la chaîne alimentaire des écosystèmes aquatiques (Sardet, 2015 ; Zanden et *al.*, 2016) et tous les changements qualitatifs et quantitatifs qui surviennent au niveau des communautés phytoplanctoniques vont conséquemment influencer la totalité de la chaîne trophique (Stockner et Antia, 1986 ; Thyssen et *al.*, 2008).

De plus on assiste également à des blooms, des efflorescences de phytoplancton, potentiellement nocives pour les autres composantes des écosystèmes. Ces explosions, localisées dans le temps et l'espace, entraînent souvent l'extinction d'autres espèces végétales, par le fait de la diminution des ressources. Elles peuvent aussi entraîner une toxicité chez les organismes filtreurs comme les huitres, ou bien empoisonner les poissons (Arino, 2001).

Tous ces faits rendent l'étude du phytoplancton nécessaire. Comprendre le phytoplancton, c'est avancer dans la compréhension des écosystèmes aquatiques.

Ainsi, plusieurs études ont été réalisées à grande échelle au niveau des océans qui figurent dans les travaux de Okada et Honjo (1973) et Sardet (2015) et également à petite échelle au niveau des lacs, des retenues collinaires et des baies qui figurent dans les travaux de : Stevenson et Stoermer (1981), Underwood (1984), Adon (2013) et Poulton et *al.*, (2017). Néanmoins, très peu d'études ont été portées en Afrique surtout dans les écosystèmes d'eau douce (Ebrottié et *al.*, 2013), où les travaux les plus notables sont ceux réalisés par Iltis (1982) et Compère (1974 ; 1975 ; 1976). De même, en Algérie la flore algale demeure peu connue, or quelques travaux sont à signaler (Sehili, 2008 ; Boudjenah, 2012 ; Benameur, 2016).

La présente étude vise à déterminer la composition des communautés microalgales peuplant plusieurs milieux lenticules de la Wilaya de Jijel et de suivre leur développement spatiotemporel en terme d'abondance, de composition et de diversité tout en essayant d'intégrer des processus physiques, chimiques et climatiques afin de nous permettre d'apporter les premiers éléments d'interprétation du développement du compartiment phytoplanctonique dans les écosystèmes aquatiques.

Ce travail de recherche se structure en quatre volets, le premier sera consacré pour une synthèse bibliographique qui aborde des généralités sur le phytoplancton. Dans le deuxième volet sont réunies les matériels et les méthodes suivies pour la réalisation de ce travail. Le troisième volet sera destiné à la présentation des résultats et la discussion. Pour finir, le dernier volet exposera les conclusions principales et soulignera à la fois des perspectives pour cette étude.

Chapitre I

Généralités sur les microalgues

1. Définition du phytoplancton

Du grec *phyton* ou plante et *planktos* ou errant. Le phytoplancton est l'ensemble des microorganismes, procaryotes et eucaryotes, flottant librement dans les eaux de surface et ont une capacité de déplacement limitée et dérivée au gré des courants. A l'instar des végétaux terrestres, le phytoplancton est photoautotrophe et contient de la chlorophylle, ce qui lui permet d'effectuer la photosynthèse (Jeffrey et *al.*, 1997). A partir du CO₂, de l'eau, de la lumière et des sels nutritifs il synthétise du carbone organique et libère l'O₂. La source principale de l'énergie nécessaire à sa reproduction et sa croissance est assurée généralement par l'autotrophie. Cependant, il existe des espèces qui combinent les modes de nutrition autotrophe et hétérotrophe et sont qualifiées de «mixotrophes » (Stickney et *al.*, 2000).

2. Taille et morphologie

Selon Sieburth et *al.* (1978) les espèces phytoplanctoniques ont des tailles différentes, allant de 0.2 µm pour les formes unicellulaires jusqu'à 20 cm pour les formes coloniales et filamenteuses.

Elles sont dotées d'une grande diversité morphologique.

2.1 Les formes unicellulaires

Il existe celles contenues dans une gaine gélatineuse (Figure 1.A). Avec des membranes cellulaires complexes (Figure 1.B). Ayant des formes flexibles (Figure 1.C). Ont deux flagelles de longueur inégale (Figure 1.D) ou égale (Figure 1.E). Des extensions cytoplasmiques sous forme de cornes (Figure 1.F). Contenues dans une enveloppe durcie sous forme d'urne (Figure 1.G).

2.2 Les formes coloniales

Cellules agrégées emprisonnées ou libres (Figure 1.H.I), ou attachées et bien organisées (Figure 2.B.D.E). L'agrégation et l'attachement des cellules diffère selon les groupes. Cette agrégation s'effectue à l'aide : d'une matrice gélatineuse environnante (mucilage) (Figure 1.H.I), des tiges gélatineuses (Figure 2.A) ou d'une enveloppe (Figure 2.B). Parfois les cellules sont attachées par leurs bords cellulaires formant un zigzag (Figure 2.C).

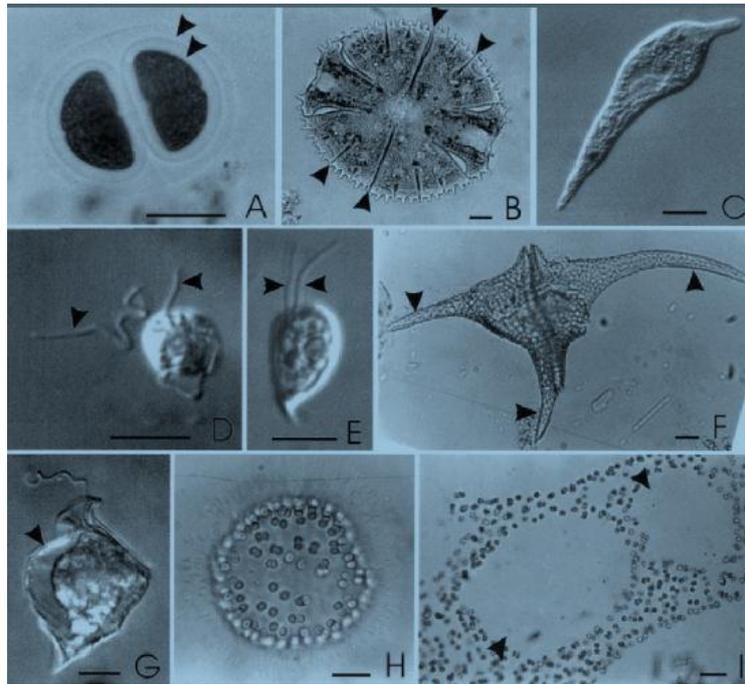


Figure 1 : Les formes unicellulaires et coloniales des microalgues.

A. *Gloeocapsa* ; B. *Micrasterias*, C. *Euglena* ; D. *Ochromonas* ; E. *Pyrenomonas* ; F. *Ceratium* ; G. *Strombomonas* ; H. *Coelosphaerium* ; I. *Dermatochrysis* (Echelle : 10 μm) (Wehr et al., 2003).

2.3 Les formes pseudo-filamenteuses

Les cellules ne sont pas directement connectées. Elles sont espacées et contenues dans une matrice gélatineuse commune (Figure 2.F).

2.4 Les formes filamenteuses

Représentent une chaîne ou une série des cellules adjacentes qui ont une paroi cellulaire commune (Figure 2.H, J et 3.B, C). Les filaments peuvent être disposés en une seule série (unisérié) (Figure 2.G, I) ou plusieurs séries (multisérié) (Figure 2.J). Ils peuvent être non ramifiées (Figure 2.G, H) ou présentent des ramifications similaires à l'axe principal (Figure 3.B) ou des ramifications assez distinctes (Figure 3.C). La ramification peut être dichotomique ou fourchue (Figure 3.B), alternée (Figure 3.C), opposée ou verticillée (Figure 3.D). De fausses ramifications peuvent être formées chez certaines Cyanobactéries comme *Scytonema* (Figure 2.I). L'axe principal se trouve des fois couvert par un cortex cellulaire (Figure 3.A).

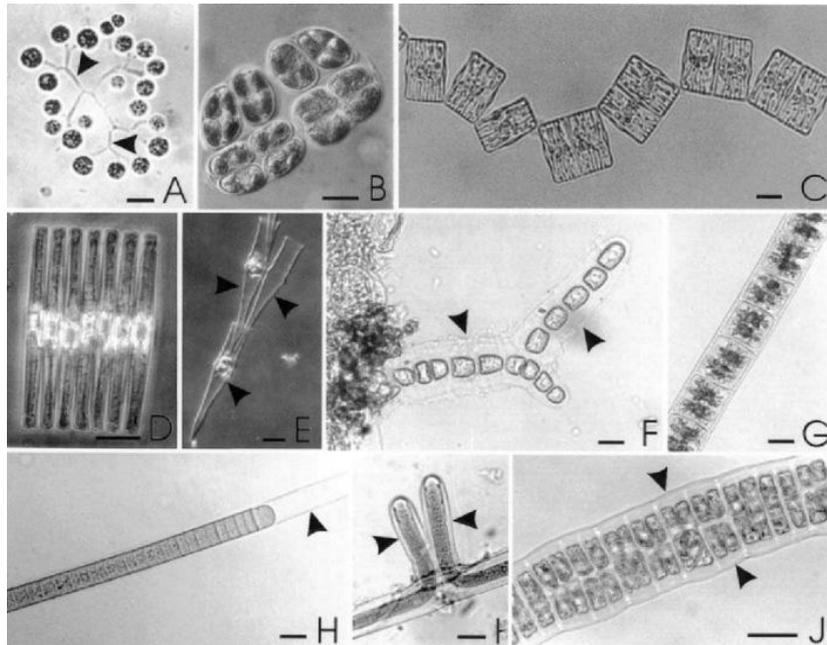


Figure 2 : Les formes coloniales, filamenteuses et pseudo-filamenteuses des microalgues.

A. *Porphyridium* ; B. *Crucigenia* ; C. *Tabellaria* /D. *Asterionella* ; E. *Dinobryon* ; F. *Chroodactylon* ; G. *Zygnema* ; H. *Lyngbya* ; I. *Scytonema* ; J. *Bangia* (Echelle = 10 µm) (Wehr et al., 2003).

2.5 Les Structures pseudo-parenchymateuses

Structure dont les filaments unisériés ou plurisériés sont accolés (figure 3.H). Ce groupe est présenté par des formes encroûtantes, tels que l'algue brune *Heribaudiella* (Fig. 3.F) et l'algue rouge *Hildenbrandia* (figure 3.G).

2.6 Les Structures parenchymateuses

Tissu composé de cellules isodiamétriques aux paroi minces et se développent dans trois plans (dimensions). Exemple : l'algue *Boldia* (Figure 3.E).

2.7 Les formes cœnocytiqes

Leur tissu est formé par des cellules multinuclées, due à l'absence des membranes cytoplasmiques qui séparent les noyaux. C'est le cas de l'algue *Vaucheria* (Figure 3.I).

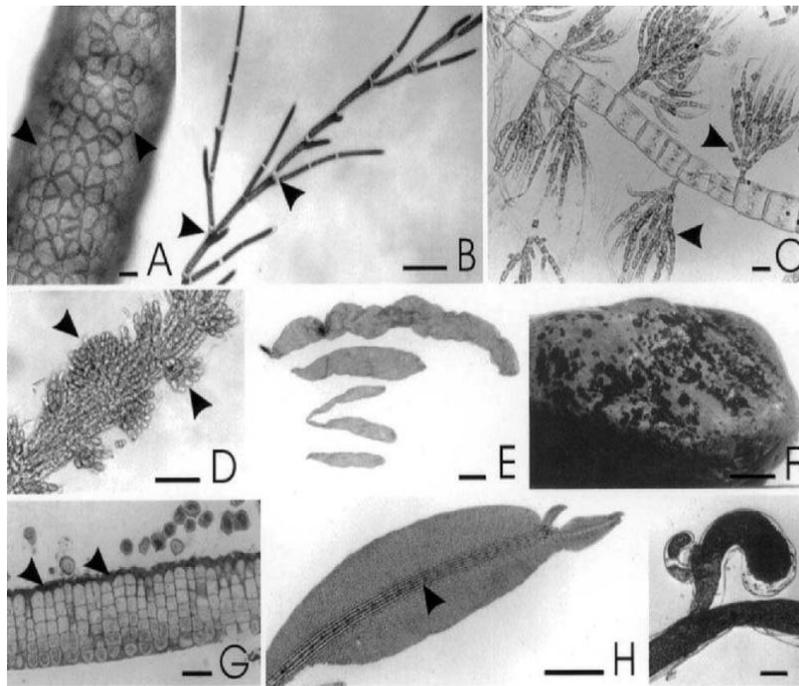


Figure 3 : Forme filamenteuse, pseudo- parenchymateuse, parenchymateuse et coenocytiques des microalgues. A. *Compsopogon* ; B. *Cladophora* ; C. *Draparnaldia* ; D. *Batrachospermum* ; E. *Boldia*; F. *Heribaudiella* ; G. *Hildenbrandia* ; H. *Caloglossa* ; I. *Vaucheria*.

Echelle de toutes les figures = 10 μm (Wehr et al., 2003)

sauf : B = 250 μm (Vis et al., 1994), E = 1 cm (Sheath, 1984), et F = 2 cm (Wehr et al., 2003).

Les algues d'eau douce présentent toutes ces morphologies, cependant les formes pseudo parenchymateuses macroscopiques et parenchymateuses ont tendance à être plus petites que celles trouvées dans les eaux marines. De plus, les espèces planctoniques sont typiquement simples et microscopiques et rassemblent des groupes à des structures simples et moins complexes (Wehr et al., 2003) , c'est pour cela les formes pseudo parenchymateuses et parenchymateuses ne font pas partie du phytoplancton. En revanche, les algues benthiques comprennent toute la gamme des morphologies.

3. Diversité et classification du phytoplancton

Le nombre d'espèces des microalgues diffère d'un auteur à un autre : 47000 espèces selon Andersen (1992), 5000 espèces selon Tett et Barton (1995) et 10000 selon Guiry (2012).

Ils ne constituent pas un groupe ou une unité systématique, mais un ensemble hétérogène. Elles forment des groupes polyphylétiques (Amirouche et *al.*, 2009). Elles sont réparties en 11 groupes (tableau 1).

Tableau 1 : Différents Embranchements des microalgues. D'après Jeffrey et *al.* (1997) ; Reynolds (2006) ; Murray (2008) ; Sharma et Rai (2011).

Taxons	Nombre approximatif des espèces	Nom commun	Genres représentatifs
Cyanophytes	10 000	Algues bleu-vert – Cyanobactéries	<i>Anabaena, Nostoc, Microcystis</i>
Bacillariophytes	5 600	Diatomées	<i>Tabellaria, Nitzschia, Skeletonema</i>
Dinophytes	3 000	Dinoflagellés – Péridiniens	<i>Gymnodinium, Ceratium, Alexandrium</i>
Chlorophytes	7 500	Algues vertes	<i>Chlamydomonas, Chlorella, Spirogyra,</i>
Chrysophytes	200	Algues brunes	<i>Dinobryon, Phaeococcus</i>
Rhodophytes	200	Algues rouges	<i>Hildenbrandia, Batrachospermum, Cyanidioschyzon</i>
Euglenophytes	800	Les Euglènes	<i>Euglena, Phacus, Trachelmonas</i>
Haptophytes	300	Prymnesiophytes	<i>Phaeocystis, Dicronema, Cocclithus</i>
Glaucophytes	13	Algues bleus flagellées	<i>Cyanophora, Glaucocystis</i>
Xantophytes	600	Algues vert-jaune	<i>Tribonema, Goniochloris, Nephrodiella</i>
Cryptophytes	200	Cryptomonades	<i>Cryptomonas, Chilomonas, Plagioselmis</i>

La plupart des espèces phytoplanctoniques retrouvées dans les milieux lenticques appartiennent aux : Cyanobactéries, Diatomées et Dinoflagellés. Néanmoins, d'autres groupes d'algues peuvent être rencontrés, il s'agit des : Chlorophytes, Cryptophytes, Haptophytes, Xanthophytes, Chrysophytes et Euglénophytes.

3.1 Les Cyanobactéries

Appelées également algues bleues, sont des procaryotes photosynthétiques, caractérisées par l'absence de noyau et autres structures cellulaires complexes (noyau, plaste, réticulum endoplasmique, flagelles, mitochondries) et par la présence des pigments photosynthétiques, contenant la Chlorophylle a. Malgré leur nom vernaculaire elles peuvent prendre diverses couleurs et sont rarement bleues. Ces couleurs viennent des pigments bleues (Phycocyanines) et rouges (Phycoérythrine) qui masquent la chlorophylle a.

Morphologiquement, elles sont très diverses allant de petites formes unicellulaires (exemple : *Synechococcus*), jusqu'aux formes coloniales (Chroococcales), filamenteuses (Oscillatoires, Pseudanabaenales, Nostocales) ou ramifiées (Stigonematales) (Bernard, 2014). Certaines espèces possèdent des vacuoles à gaz leur permettant de réguler leur positionnement dans la colonne d'eau (Walsby, 1994).

Quant à leur taxonomie, la classification d'Hoffman et ses collaborateurs est l'une des propositions les plus récentes, elle reconnaît 6 ordres, 30 familles et plus de 250 genres (Hoffmann et al., 2005).

Les espèces de Cyanobactéries sont connues pour leur plasticité écologique exceptionnelle (Burkhard, 1999 ; Lacap et al., 2005). Leur permettant de s'adapter et de peupler pratiquement tous les environnements (Whitton et Brian, 2012). On les retrouve également dans : les glaciers, les déserts, les eaux douces, les eaux salées, les mares et les sources hydrothermales. Quand l'eau contient l'azote ou du phosphore en excès, les Cyanobactéries se prolifèrent et engendrent des efflorescences algales ou des blooms (Diersing, 2009).

3.2 Les Bacillariophytes

Appelées aussi les Diatomées. Ce sont des microalgues unicellulaires. Leur taille varie de 20 à 200 μm environ, quoique certaines puissent atteindre 2 mm. Elles peuvent se présenter en cellules isolées ou regroupées en colonies. Elles contiennent de la chlorophylle a et c et des Xanthophylles (Kuczynska et al., 2015) qui offrent aux espèces une couleur brune ou jaune. Elles se caractérisent par une paroi rigide faite de silice hydratée insérée dans une matrice organique: le frustule La forme et l'ornementation de ce dernier sont caractéristiques de chaque espèce, ce qui permet leur détermination (DREAL, 2014). De ce fait, On distingue deux groupes (Simonsen, 1987).

- Les diatomées centriques : à symétrie radiale
- Les diatomées pennales : dont le frustule possède une symétrie bilatérale ou transversale

Les Diatomées constituent la majeure partie du phytoplancton marin et lacustre (Rumeau et Coste, 1988) et elles seules sont responsables de 40 % jusqu'à 45% de la production primaire dans les

océans (Mann, 1999). Elles sont utilisées comme des bioindicateurs de la qualité de l'eau (Round, 1991 ; Stevenson et al., 1996 ; Whitton et Kelly, 1995) et notamment dans la paléontologie (Huault, 1985 ; Stoermer et Smol, 1999). L'aptitude à coloniser des milieux même inhospitaliers comme les mares temporaires, les sources hydrothermales, les mares hypersalées et les effluents pollués témoigne de l'amplitude écologique de ce groupe. Elle peut aussi s'expliquer par la capacité d'hétérotrophie de certains taxons appartenant aux genres *Nitzschia* ou *Amphora* (Rumeau et Coste, 1988).

3.3 Les Dinophytes

La moitié des espèces sont autotrophes (Taylor et al., 2008), le reste, dépourvues de plastes et possèdent une paroi cellulaire flexible et montrent ainsi un comportement hétérotrophe (Sherr et Sherr, 2002 ; Lim et al., 2015 ;). La raison pour laquelle ils sont classifiés parfois parmi les protozoaires (Stout, 1973) et parfois parmi les algues (Parke, 1976). Cet embranchement est composé d'environ 2200 espèces et de 230 genres (Taylor et al., 2008 ; Gómez, 2012).

On distingue parmi eux, les espèces à thèque et celles qui en sont dépourvues, caractérisées par la présence ou l'absence de plaques thécales. Il s'agit d'un système complexe de plaques celluloses dont la disposition reste l'une des caractéristiques majeure permettant leur identification (Bellakhal, 2016). En plus ils ont un noyau très particulier : appelé dicaryon et se caractérise par : l'absence des nucléosomes et des histones (Rizzo, 2003) et des chromosomes toujours condensés (Rae, 1973) comparable à celle trouvée chez les eucaryotes et par l'effectue d'une mitose inhabituelle (Kubai et Ris, 1969). En raison de ces caractéristiques on a inventé le mot « mésokaryote » pour mettre en évidence la position évolutive des dinoflagellés entre les eucaryotes et les procaryotes (Raikov, 1995).

Leur chloroplastes sont enveloppés par 3 membranes au lieu de deux (Spector, 1984) et contiennent une multitude des pigments ; les plus communs sont : la chlorophylle a, la chlorophylle c 2, le β carotène et des xanthophylles particuliers aux dinoflagellés qui sont : le Diadinoxanthin, le Dincoxanthin et le Pérédinine (Ogata et al., 1995). Ils possèdent deux types de flagelles : un transversale ; c'est un ruban ondulé qui produit une propulsion vers l'avant et également une force de rotation. Le deuxième longitudinal ; qui provoque des mouvements verticaux.

Ces espèces peuvent proliférer donnant naissance à des « marrées rouges » (Lee et al., 2006 ; Anderson et al., 2012) et émettent une grande quantité des toxines qui tuent les poissons et s'accumulent dans les coquillages (Smayda, 1997). Environ 75 -80% des espèces phytoplanctoniques toxiques sont des dinoflagellés (Cembella, 2003). En plus, elles sont considérées comme le plus grand groupe responsable de la bioluminescence planctonique dans les océans (Lapota et al., 1988 ; Veron et al., 2013), *Noctiluca scintillans* est l'espèce la plus observée (Tada et al., 2004 ; Zakaria et Mesaad,

2007 ; Cardoso, 2012 ;). Ils sont cosmopolites mais présentent une grande abondance dans les eaux tempérées et tropicales (Mukherjee et *al.*, 2016).

3.4 Euglénophytes

Algues unicellulaires, rarement coloniales. Généralement de couleur verte, certaines espèces sont incolores. Elles sont dotées de deux flagelles. La plupart des espèces vivent en eau douce riche en matière organique (Murray, 2008). Grâce à leur capacité d'hétérotrophie on a fini par les classer parmi les protozoaires.

3.5 Xanthophytes

Ce sont des organismes unicellulaires communément appelées les algues jaunes – verts. Caractérisées par l'inégalité de leurs flagelles (Phillips et *al.*, 2008). La plupart fréquentent les eaux douces (Kumar et Singh, 1971).

3.6 Rhodophytes

Ou algues rouges. La plupart sont multicellulaires, cependant ils regroupent des espèces unicellulaires. C'est le seul groupe possédant des plastes primaires contenant des phycobilisomes comparables à ceux des cyanobactéries. Caractérisées par l'absence totale des cellules flagellées. Il existe un contact entre les cytoplasmes de deux cellules voisines que l'on appelle synapse. C'est un caractère cytologique propre à ce groupe (Amirouche et *al.*, 2009).

3.7 Chrysophycées

Algues unicellulaires de couleur brune, de forme allongée et possédant deux flagelles. Toutes les espèces sont photosynthétiques et planctoniques. Elles fréquentent les zones tempérées et chaudes (Mollo et Nourry, 2013). Elles ressemblent aux diatomées mais elles peuvent arborer plus de couleurs que ces dernières.

3.8 Chlorophycées

Algues de couleur verte, vivant isolées ou organisées en colonies dans les eaux marines et douces des zones tempérées et chaudes. Unicellulaires ou pluricellulaires, de forme ovoïde et peuvent, comme les chrysophycées, posséder deux flagelles qui leur permettent de se maintenir en surface (Mollo et Nourry, 2013).

Chapitre II

Ecologie des microalgues

1. Habitat écologique : Les microalgues sont très abondantes dans les milieux marins ainsi que dans les milieux d'eau douce, notamment dans les milieux lenticules. Cependant, ils peuvent fréquenter :

1.1 Les milieux lotiques

La présence du phytoplancton dans les rivières est contrôlée par le débit (Baker et Baker, 1979 ; Cole et al., 1992). Greenberg (1964) note l'abondance du phytoplancton en aval des cours d'eau, car il exige des zones à faible courant. Le groupe le plus présent est celui des Diatomées.

1.2 Les milieux froid (glace)

On a observé plusieurs fois une couleur rouge dans les glaciers de l'Antarctique. Elle est causée par l'espèce *Chloromonas nivalis*. Cependant d'autres couleurs peuvent être créées par la flore cryophile qui inclut des espèces flagellées comme : *Chloromonas nivalis*, *Carteria nivale*, *Scotiella cryophila* et *Chromulina chionophila* et des espèces non flagellées comme : *Raphidonema nivale* et *Stichococcus sp* (Stein et Amundsen, 1967 ; Hoham, 1974).

1.3 Les sources chaudes

Des milieux caractérisés par des températures très élevées qui peuvent atteindre 110°C, un pH alcalin et une grande concentration des ions inorganiques (50-150mg/l) (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Si et H_2S). Ces conditions sélectionnent des organismes hautement adaptés, en particulier les bactéries chimioautotrophes, hétérotrophes et thermophiles (Brock, 1985). Les plus observés sont des Cyanobactéries comme : *Aphanocapsa*, *Chroococcus*, *Cyanobacterium*, *Synechococcus*, *Mastigocladus*, *Oscillatoria* et *Phormidium* (Ward et Castenholz, 2000).

Cependant, il existe des sources chaudes à un pH acide. *Cyanidium caldarium* est presque la seule espèce qui y vive (Seckbach, 1991).

3.2 Les marais

Les communautés d'algues dans ces zones sont presque aussi diverses que celles trouvées dans les lacs. Le phytoplancton contribue par 6% du total la production primaire effectuée par les algues (Robinson et al., 1997).

Généralement, la concentration des nutriments, les conditions climatiques et la géologie du terrain influencent la composition des espèces algales, mais dans ces zones, le niveau d'eau et la composition des macrophytes sont également importants (Robinson et al., 1997).

Les espèces qui habitent ces zones doivent avoir une grande tolérance aux variations du niveau d'eau : à l'inondation et à la dessiccation. C'est le cas de quelques espèces de *Closterium* et de *Micrasterias* qui sont capables de survivre pendant de longues périodes de sécheresse et d'obscurité (Robinson et al., 1997).

3.3 Les tourbières

Au niveau de ces milieux les communautés algales sont moins diversifiées, quoique la diversité des desmidiés est très grande dans les zones connectées à d'autres lacs ou cours d'eau (Woelkerling, 1976 ; Mataloni et Tell, 1996). *Gonyostomum semen* et *Batrachospermum turfosum* sont deux espèces caractéristiques de ces milieux (Prescott, 1962 ; Yung et al., 1986).

1.6 Autres habitats inhabituels

Des microalgues forment des tapis à la surface des déversoirs et des tuyaux et notamment dans les STEP (stations d'épuration des eaux usées) où les concentrations de nutriments dépassent largement les besoins. Les taxons les plus observés sont : *Stigeoclonium*, *Chlorella sp*, *Nitzschia paléa*, *Oedogonium sp*, *Oscillatoria sp*, *Pleurocapsa mineur*, *Pseudanabaena catenata*, *Scenedesmus quadricauda* et *Tribonema* (Palmer, 1962 ; Sládecková, 1962 ; Wetzell, 1983).

Certains autres groupes colonisent les grottes et se développent dans des conditions peu éclairées. Pour s'adapter plusieurs espèces effectuent une croissance lente ou se servent de la phototaxie (Whitton et Potts, 2000). Quant aux Cyanobactéries et certaines Rhodophytes ils possèdent des phycobilisomes. La composition de ces derniers se modifie en raison des longueurs d'ondes ce qui leur permet d'absorber la lumière disponible dans le milieu quelle que soit la longueur d'onde. De même, dans des conditions oligotrophes, ces phycobilisomes se dégradent et fournissent une quantité substantielle de l'azote aux cellules (Grossman et al., 1993).

Plusieurs taxons qui fréquentent les eaux douces ont pu coloniser les arbres, les sols, les feuilles des plantes, les murs et les pierres. On cite : les cyanobactéries (*Nostoc*, *Oscillatoria*, *Lyngbya* et *Plectonema*), les algues vertes (*Chlamydomonas*, *Chlorella*, *Chlorococcum* et *Klebsormidium*) et les diatomées (*Achnanthes*, *Hantzschia* et *Navicula*) (Segal, 1969 ; Hightower et Cox, 1972 ; King et Ward, 1977 ; Hunt et al., 1979).

2. Les facteurs qui influencent la croissance et le développement du phytoplancton

2.1 La température

Elle affecte le métabolisme des algues, englobant la photosynthèse et la respiration et agit sur la rapidité des processus biologiques. De plus, elle influence la structure, le volume et la composition biochimique des cellules (Jorgensen, 1968 ; Goldman et Mann, 1980 ; Thompson et *al.*, 1992). Ainsi, il a été démontré que le degré d'assimilation des nutriments est significativement lié à la température, et que la température optimale pour effectuer une bonne absorption diffère d'une espèce à une autre (Rhee, 1982).

Les microalgues tolèrent en général une gamme de température comprise entre 15 et 26°C avec une concentration cellulaire maximale à 23°C (Kumar et *al.*, 2010). Selon Takamura, lorsque la température de l'eau est inférieure à 4 °C, la photosynthèse des microalgues est complètement inhibée et lorsqu'elle est supérieure à 11 °C, la relation entre la température et la croissance des microalgues est linéaire (Takamura et *al.*, 1985). Les courbes de croissance des espèces montrent un déclin brusque à des températures supérieures à l'optimum (Eppley, 1972).

2.2 La salinité

Elle influence la pression osmotique de la cellule. Si la salinité est très élevée, la cellule va perdre son eau. Inversement, si la salinité est trop basse, la cellule peut éclater. Les algues adaptées en milieu marin ne peuvent donc généralement pas vivre en eau douce et réciproquement. Cependant, il existe des espèces euryhalines, capables de supporter de grandes variations de salinité. Des parois robustes et des mucilages hydrophiles protègent les cellules de ces variations (De Reviers, 2002).

2.3 La lumière

La lumière visible est la principale source d'énergie pour les microalgues (Carvalho et *al.*, 2011). Sa pénétration dans la colonne d'eau est affectée par les matières en suspension (Vannote et *al.*, 1980) et la végétation aquatique. Elle diminue avec la profondeur (Stevenson et Stoermer, 1981) conduisant à une diminution des espèces dans les couches profondes.

Les microalgues possèdent des gammes de tolérances différentes envers ce facteur. La variabilité des pigments est à l'origine de cette différence (Raven et *al.*, 1983). Il y a des espèces (certaines Rhodophytes) qui sont abondantes dans des milieux fortement ombragés (Hynes, 1970), celles qui se détériorent sous des intensités lumineuses élevées comme *Batrachospermum macrosporum*, celles qui sont euryphotiques comme *Batrachospermum moniliforme* et autres qui tendent vers l'hétérotrophie dans des conditions de faible luminosité (Palmisano et Sullivan, 1982).

2.4 Le pH

La valeur du pH affecte le taux de croissance des microalgues, car il est plus facile pour les cellules de capter le CO₂ de l'atmosphère lorsque le pH est alcalin conduisant à une forte productivité (Zang et *al.*, 2011). Cependant, la teneur en chlorophylle va diminuer lorsque le pH dépasse 9.5 (Maizatul et *al.*, 2017).

2.5 Les éléments nutritifs

Quand la lumière est suffisante, c'est la disponibilité des nutriments qui commande la productivité végétale, l'algue a besoin d'une source : de carbone inorganique pour la photosynthèse, de dioxygène pour la respiration, d'azote pour la fabrication des protéines et des nucléotides, de phosphore pour la synthèse de l'ATP et des acides nucléiques. Des métaux tel que Mg, Cu, Zn et Mo sont nécessaires pour la chlorophylle et des cofacteurs enzymatiques. Un nutriment peut s'avérer limitant à des quantités très variables selon les taxons et les besoins diffèrent qualitativement d'un taxon à l'autre (De Reviere, 2002). Toutefois, le phosphore semble être le principal facteur limitant, suivi par l'azote puis le carbone (Barroin, 1999).

Lorsque la concentration du phosphore est inférieure à 0.045mg/l on note une inhibition du taux de croissance des microalgues. Egalement pour une forte concentration qui dépasse 1.65mg/l. La valeur optimale de croissance est de l'ordre de 0.2 mg/l.

3. Le rôle du phytoplancton

3.1 La base de la chaîne alimentaire aquatique

Le phytoplancton est absorbé par les organismes microscopiques (zooplancton) et les animaux de petite taille. Ceux-ci constituent eux-mêmes la nourriture de consommateurs plus gros qui, à leur tour, sont mangés par d'autres prédateurs. Le phytoplancton est ainsi à la base de la chaîne alimentaire aquatique. Les microalgues ne sont pas appréciées exclusivement par le zooplancton, elles sont un aliment de choix pour des espèces filtreuses de plus grande taille comme les huîtres, les moules, à leur stade larvaire et durant toute leur vie d'adulte (Mollo et Nourry, 2013).

3.2. Une pompe carbonique biologique

Le phytoplancton consomme actuellement une quantité de gaz carbonique équivalente approximativement à celle consommée par toute la végétation terrestre (Field et *al.*, 1998). Il est responsable de la plus grande partie du CO₂ incorporé dans les océans. En effet, lorsqu'elles meurent, ces algues sédimentent vers les fonds marins, y retenant pour plusieurs millénaires une partie du carbone assimilé. C'est la pompe biologique du carbone (Mélançon, 2012). Dix gigatonnes de carbone est ainsi séquestré annuellement par cette pompe biologique carbonique. Un léger changement dans la croissance du phytoplancton peut donc avoir un impact sur la concentration de gaz carbonique dans l'atmosphère, par le fait même, sur le climat terrestre (Lindsey et Scott, 2010).

3.3. Régulation du climat

Le phytoplancton contribue aussi à la régulation du climat par un autre mécanisme important : la production du DMS (diméthylsulfure) (Caruana, 2010). Ce gaz à base de soufre est produit naturellement par le phytoplancton puis ventilé vers l'atmosphère (Mélançon, 2012). Une fois dans l'atmosphère, le DMS est oxydé en dioxyde de soufre SO₂ puis en acide sulfurique H₂SO₄. Il participe alors à la genèse des nuages via la formation des noyaux de condensation. Les nuages ont un impact sur l'albédo terrestre et diminuent le bilan radioactif de la terre en renvoyant une partie des rayons solaires vers l'espace (Woodhouse et *al.*, 2013). On suppose qu'il existe une régulation climatique et un refroidissement planétaire par les émissions de DMS (Charlson et *al.*, 1987).

Chapitre III

Matériels et Méthodes

1. Description des milieux d'étude

Le prélèvement du phytoplancton a été réalisé dans 4 milieux lentiques de la région Nord-Est de la Wilaya de Jijel (Figure 4). Ces milieux sont des retenues collinaires aménagées par la direction de l'Hydraulique, utilisée notamment pour l'irrigation.



Figure 4. Localisation géographique des sites d'étude (Jijel, Algérie) (Google Earth, 2018)

Site 1. Kella : Se situe dans la commune de Jijel, de coordonnées géographiques : latitude $36^{\circ}47'15''N$ et longitude $5^{\circ}45'22''E$. Il est réalisé en 1993 et réaménagé en 2017, dotée d'une capacité de rétention de 310000 m^3 et occupe une superficie de 47556 m^2 .

Site 2. Kherrouba 1 : Se situe dans la commune de Jijel, de coordonnées géographiques : latitude $36^{\circ}47'53''N$ et longitude $5^{\circ}47'14''E$. Il est réalisé en 1985, doté d'une capacité de rétention de 100000 m^3 et occupe une superficie de 10641 m^2 .

Site 3. Emir Abdelkader : Se situe dans la commune de Emir Abdelkader ; de coordonnées géographiques : latitude $36^{\circ}45'15''N$ et longitude $5^{\circ}50'3''E$. Il est réalisé en 1985, dotée d'une capacité de rétention de 85000 m^3 et délimite une superficie de 31408 m^2 .

Site 4. Tleta 2 : Se situe dans la commune de Taher de coordonnées géographiques sont : latitude 36°47'31"N et longitude 5°53'32" E. Il est réalisé en 1985 doté d'une capacité de rétention de 120000 m³ et délimite une superficie de 66049 m².

2. Description du climat de la région

Les conditions climatiques jouent un rôle fondamental dans la distribution et la vie des êtres vivants. Une évaluation du climat régional sera alors complémentaire pour cette étude.

L'Annexe 9 porte les données pluviométriques et thermiques moyennes mensuelles fournies par la station météorologique d'Achoaut et qui caractérisent la région de Jijel sur une période de 10 ans. Ces données montrent que le mois de Novembre enregistre le plus de précipitations avec une valeur moyenne de 169.8 mm. Par ailleurs, juillet représente le mois le moins arrosé avec une valeur moyenne de 2mm. Quant à la température, le mois le plus froid est représenté par janvier avec une valeur moyenne de 11°C. On note aussi qu'aout est le mois le plus chaud avec une valeur de 26.3°C.

Pour affiner la caractérisation du climat, on peut utiliser le diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls (Figure 5) pour définir les périodes sèche et humide de l'année, où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (**P**) et les températures (**T**), avec $P=2T$.

En outre, selon Bagnouls et Gaussen (1957) un mois sec est un mois où les précipitations sont inférieures à deux fois la température mensuelle moyenne ($P < 2T$).

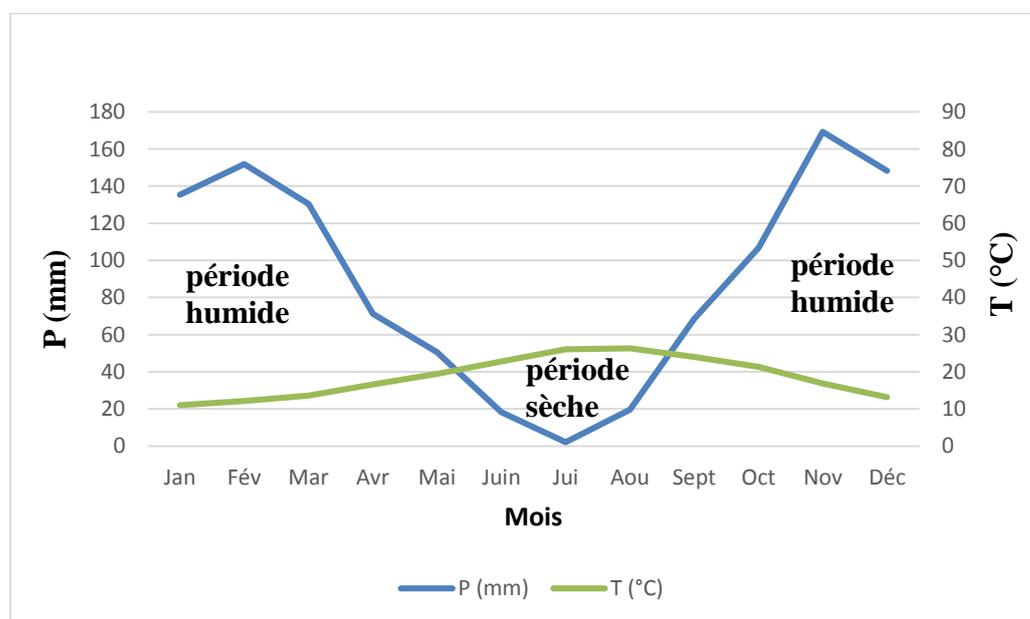


Figure 5. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la région de Jijel.

D'après le diagramme obtenu et l'analyse climatique effectuée, on constate que le climat de la région de Jijel est nettement contrasté. Où on a enregistré une période humide qui s'étale du mois de Septembre à mi-mai et une période sèche qui dure presque 4 mois, partant de mi-mai à la fin d'Aout.

3. Choix des points de prélèvement

Trois échantillons ont été prélevés dans chaque site selon leurs accessibilités (Figure 6).

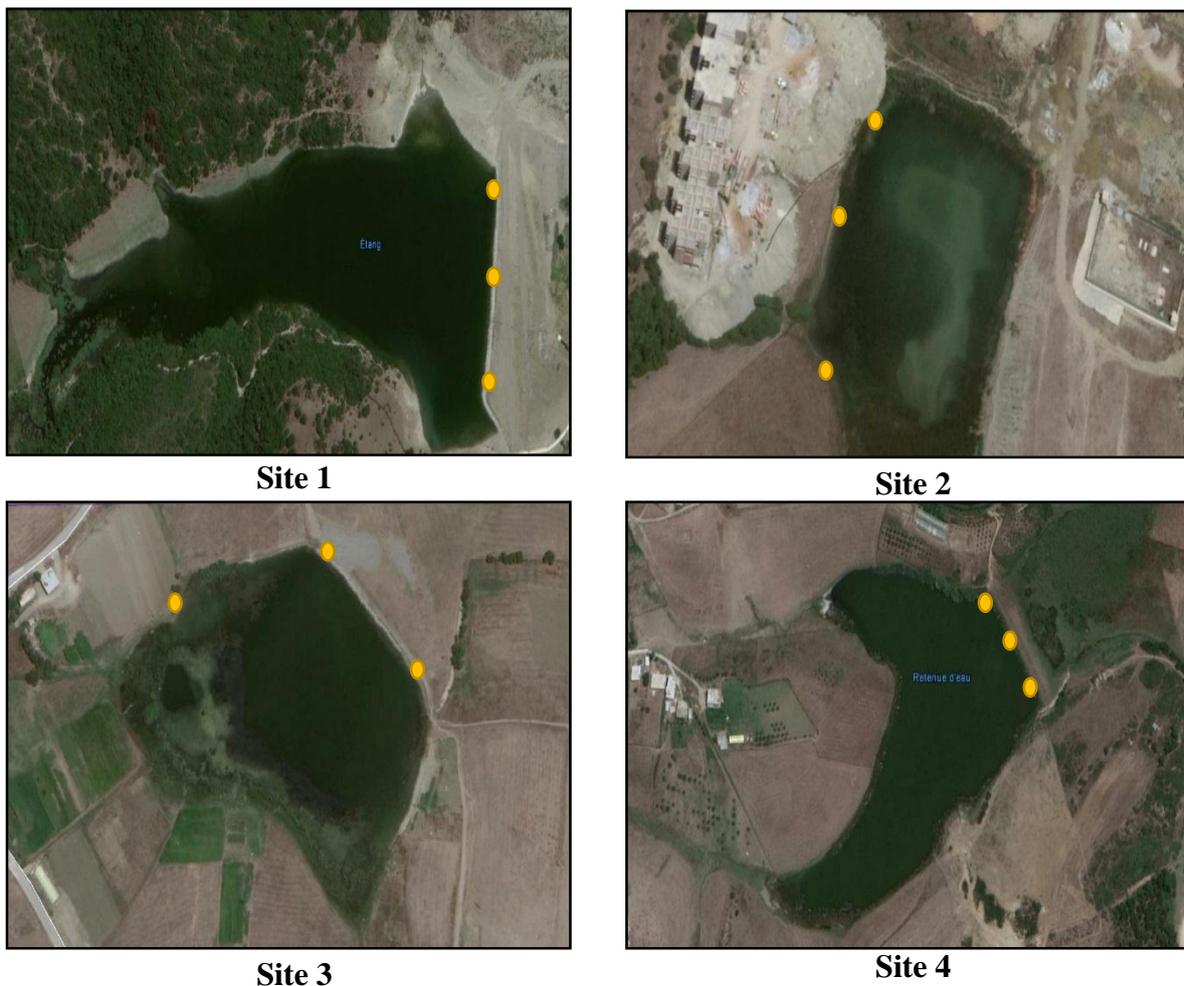


Figure 6. Localisation des points de prélèvements au niveau des quatre sites.

4. Périodicité d'échantillonnage

Les prélèvements ont été réalisés dans une période qui s'est étalée du 22 avril au 04 Juin. Selon Drurat et Rimet (2008), la date exacte d'échantillonnage était liée à la météorologie, la journée du prélèvement doit être calme (pas de vent) et ensoleillée, le prélèvement des échantillons doit se faire à la mi-journée (11h à 15h), moment de la journée où l'activité photosynthétique est importante. La fréquence d'échantillonnage était bimensuelle, un minimum de 15 jours a été respecté entre deux

prélèvements appartenant aux même site afin de bien couvrir l'ensemble de la période de végétation et de ne pas disposer de prélèvements trop rapprochés (Treytire et *al.*, 2010). Au total, 12 prélèvements ont été réalisés (Tableau 2).

Tableau 2. Périodicité des prélèvements dans les quatre sites.

N° du prélèvement	Site 1	Site 2	N° du prélèvement	Site 3	Site 4
1	22/04/2018	22/04/2018	2	28/04/2018	28/04/2018
3	07/05/2018	07/05/2018	4	11/05/2018	11/05/2018
5	23/05/2018	23/05/2018	6	04/06/2018	04/06/2018

5. Méthode d'échantillonnage

Les prélèvements ont été faits à l'aide d'un filet phytoplancton (Figure 7), à la surface, dans les premiers centimètres de la colonne d'eau, tout loin des rives et des bords. Environ un demi-litre est prélevé dans chaque point à l'aide d'une bouteille attachée au filet. Le contenu est récupéré dans des bouteilles transparentes en plastique, propres et rincées avec l'eau du milieu. On note la date, l'heure, le numéro de l'échantillon et celui du site afin d'assurer la traçabilité de l'échantillon. Quelques gouttes de la solution formol ont été ajoutées à chaque échantillon à des fins de conservation. Les flacons sont ramenés au laboratoire d'écologie de l'université de Jijel et conservées à 4°C et à l'abri de la lumière.



Figure 7. Échantillonnage à l'aide d'un filet à phytoplancton.

Vu que le peuplement de phytoplancton est étroitement lié aux caractéristiques physico-chimiques du volume d'eau dans lequel il se développe, l'échantillonnage était accompagné par une évaluation physicochimique. A l'aide d'un multi-paramètres de Type (Consort C561) (Figure8), on a pu mesurer plusieurs paramètres *in situ* à savoir : la salinité, le pH, la température et la conductivité.



Figure 8. Multiparamètres portable de Type (Consort C561) du laboratoire d'écologie

6. Observation et identification des espèces.

Le flacon contenant l'échantillon est agité soigneusement afin de l'homogénéiser. Une goutte est prélevée à l'aide d'une micropipette et déposée entre lame et lamelle puis observée à l'aide d'un microscope optique (Motic) avec les différents grossissements x10, x40 et x100. Une vingtaine de préparations ont été faites par échantillon.

Pour certifier nos résultats, des photos ont été prises grâce à un microscope à caméra (Olympus) et un smartphone.

7. Analyse quantitative et qualitative du phytoplancton

Afin d'évaluer la structure et la composition des communautés phytoplanctoniques, les indices ci-dessous ont été calculés.

7.1 Indices écologiques de composition

7.1.1 Fréquence centésimale

Elle permet d'étudier l'abondance et l'importance d'une espèce dans une communauté, exprimée en pourcentage et donnée par la formule suivante : $F_c = (n \cdot 100) / N$

Où : **n** : Le nombre d'individus de l'espèce.

N : Le nombre total des individus de toutes les espèces confondues.

7.1.2 Fréquence d'occurrence

Désigne le degré de fréquence avec lequel une espèce se rencontre dans les prélèvements. Elle représente le rapport entre P qui est le nombre de relevés contenant l'espèce étudiée, sur R qui est le nombre de relevés effectué, multiplié par 100 :

$$F_o = P/R * 100$$

En fonction de cette fréquence, on distingue les groupes d'espèces suivantes :

Si $75\% < F_o < 100\%$, l'espèce est dite omniprésente.

Si $50\% < F_o < 74\%$, l'espèce est dite régulière.

Si $25\% < F_o < 49\%$, l'espèce est dite constante.

Si $5\% < F_o < 24\%$, l'espèce est dite accessoire.

Si $F_o < 5\%$, l'espèce est rare.

7.1.3 La richesse spécifique

- **La diversité α** : Qui correspond au nombre d'espèces existant dans un milieu donné.

- **La diversité β** : Pour déceler les similarités et les dissemblances interhabitats en terme d'espèce on peut s'appuyer sur plusieurs indices. Le plus utilisé est celui de Sørensen (Magurran, 2004). Il est utilisé pour comparer les différents sites entre eux. Il se calcule par la formule suivante.

$$S = (2c / (a + b)) \times 100$$

Où : a : nombre d'espèces présentes dans le premier site.

b = nombre d'espèces présentes dans le second site.

c = nombre d'espèces communes aux deux sites.

L'indice de Sorensen varie de 0 quand il n'existe aucune espèce commune entre les deux habitats, à 1 quand toutes les espèces rencontrées dans l'habitat 1 existent aussi dans l'habitat 2.

7.2 Indices écologiques de structure

7.2.1 L'indice de Shannon-Weaver

Rend compte de la diversité des espèces qui composent les peuplements dans un milieu. Il établit le lien entre le nombre d'espèces et le nombre d'individus d'un même écosystème ou d'une même communauté et permet d'évaluer la diversité réelle dans un milieu.

On le calcule en utilisant la formule :

$$H' = -\sum [(n_i / N) \times \log_2 (n_i / N)]$$

Où : Σ : est la somme des résultats obtenus pour chacune des espèces présentes.

n_i : l'effectif de l'espèce i , i allant de 1 à S (nombre total d'espèces).

N : le nombre total d'individus en considérant toutes les espèces.

Log2 : le logarithme en base 2.

H' varie de 0 si tous les individus du peuplement appartiennent à une même espèce, à $\log_2 S$, soit environ 4,5 pour une communauté assez riche.

7.2.2 L'équitabilité

Ou l'équirépartition : Calculé par l'indice de Pielou, qui permet le calcul des espèces du peuplement par rapport à une répartition théorique égale pour l'ensemble des espèces. Il s'obtient par la formule : $J = H' / \log_2 S$

Où : H' : est l'indice de SHANNON-WEAVER,

Log2 : le logarithme en base 2

S : le nombre d'espèces présentes

L'équirépartition "E" varie entre 0 et 1. Elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs correspondent à une seule espèce du peuplement, celui-ci est en déséquilibre. Elle tend vers 1 lorsque chacune des espèces est représentée par le même nombre d'individus. Les populations sont équilibrées entre elles.

Chapitre IV

Résultats et Discussion

1. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau

Les valeurs des paramètres physico-chimiques mesurées sur terrain dans les quatre sites pendant la période d'étude sont rassemblées dans l'annexe 10.

1.1 La Température

L'analyse de la figure 9 montre une augmentation appréciable de la température tout le long de la période d'étude. La valeur la plus basse (20.2 °C) est observée au mois d'Avril, tandis que la valeur la plus élevée (28.2°C) est observée au mois de Juin. Mohseni et Stefan (1999) et Kinouchi et *al.* (2007) montrent que la température de l'eau est généralement affectée par celle de l'air et qui dépend du climat régional. Cependant, Caissie (2006) a classé les facteurs de contrôle de la température en quatre catégories : les conditions atmosphériques, l'hydrologie, les échanges à l'interface eau/sédiments et la géomorphologie.

On note que les températures les plus élevées sont presque toujours observées au niveau du site S4. Ceci est peut-être dû aux mesures tardives qui ont été effectuées vers 14h. Beaufort et Moatar (2015) expliquent que la température maximale de la journée est généralement observée en fin d'après-midi.

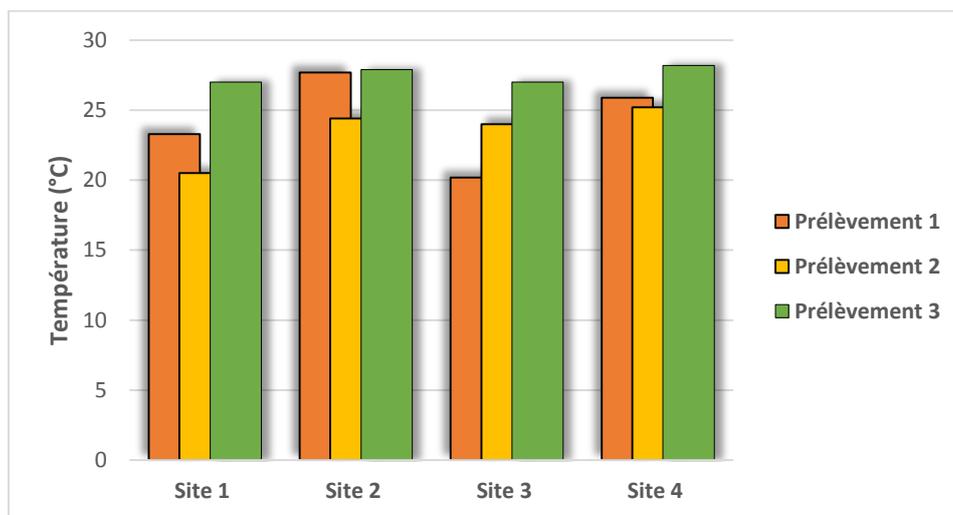


Figure 9. Variations spatio-temporelles de la température dans les sites d'étude (Avril à Juin 2018).

1.2 le pH

La figure 10 montre des valeurs du pH approximativement identique dans tous les sites et qui fluctuent entre 7.1 et 8.5. Un pH supérieur à 7 indique qu'il s'agit d'une eau alcaline (Dupont, 2004). Des accroissements de ce paramètre ont été enregistrés à la fin du mois de Mai et le début du mois de Juin. Stumm et Morgan (1995) indiquent que cet accroissement est lié à l'augmentation de la productivité algale et les réactions de la photosynthèse et qu'une forte consommation du CO₂ engendre une augmentation du pH. Le CO₂ en excès libéré dans l'eau se combine avec les molécules

d'eau pour devenir l'acide carbonique H_2CO_3 et abaisse le pH. Cependant la consommation du CO_2 libère les ions OH^- qui va engendrer l'augmentation du pH.

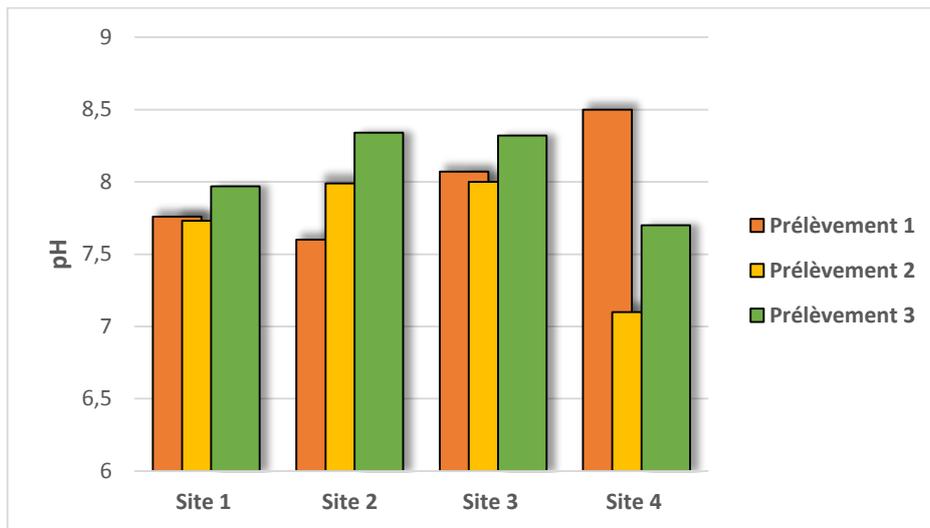


Figure 10. Variations spatio-temporelles du pH dans les sites d'étude (Avril à Juin 2018)

1.3 La salinité

Selon la figure 11 on note que la salinité se présente comme faiblement hétérogène au niveau spatial, elle varie entre 1 et 4 g/l. Le site S2 marque le taux de salinité le plus élevé avec une moyenne de 3.5 g/l tandis que le site S3 présente les valeurs les plus faible avec une moyenne de 1.36 g/l.

Le taux de salinité baisse durant le mois d'avril dans les sites S1 et S2. Ceci serait dû principalement aux précipitations enregistrées durant cette période. Néanmoins, elle connaît une augmentation durant le dernier prélèvement cela coïncide avec l'augmentation des températures.

Selon l'échelle offert par (Durand et al., 1994) on peut classer les eaux de nos sites d'étude dans la catégorie eau oligohaline (0.05-5g/l).

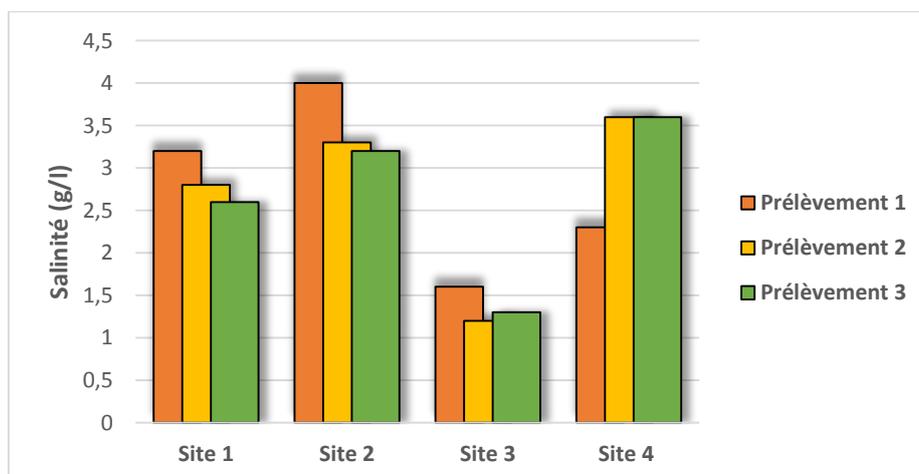


Figure 11. Variations spatio-temporelles de la salinité dans les sites d'étude (Avril à Juin 2018).

1.4 La conductivité

Selon les plages de conductivité présentées par Hakmi (2006) (Annexe8) on déduit que les eaux de tous les sites sont fortement minéralisées (Conductivité $>1000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$).

Comme le montre la figure 12, les valeurs de la conductivité montrent une variation spatio-temporelle. La valeur la plus élevée (7.7 ms/cm) est enregistré dans le site S2 en mois d'Avril, tandis que la valeur la plus faible (2.75 ms/cm) est observée au niveau du site S3 en mois de Mai. On note que les résultats de ce paramètre sont directement proportionnels avec celles de la salinité. Benali et Mammar (2016) montrent dans leur étude que ces deux facteurs sont dépendants et la conductivité augmente lorsque la concentration des ions augmente.

On note une diminution des valeurs pendant le mois de Mai. Comme l'expose le travail de Khattabi, (2002) cette diminution semble être due aux phénomènes de dilution sous l'effet des pluies que la région a connu pendant cette période.

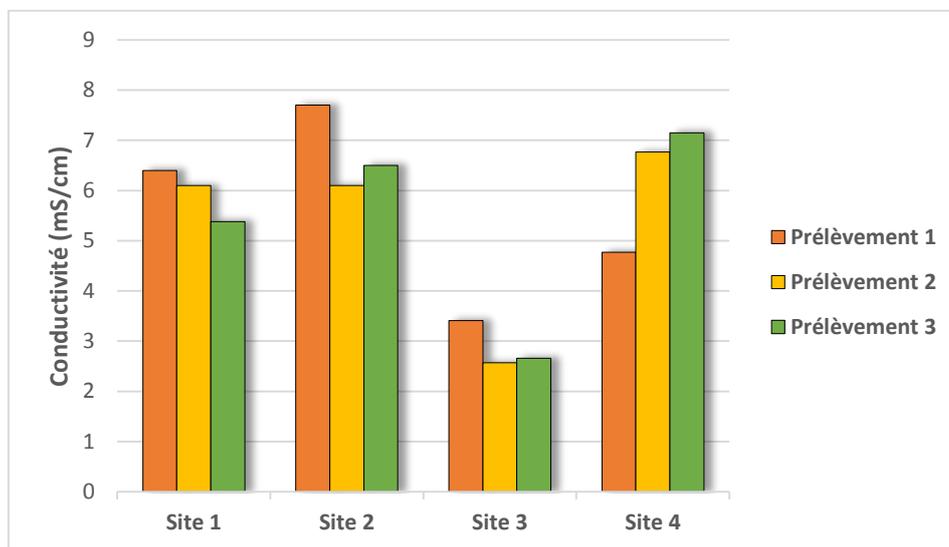


Figure 12. Variations spatio-temporelles de la conductivité dans les sites d'étude (Avril à Juin 2018).

2. Identification des espèces

Les résultats de l'inventaire de la flore microalgale échantillonnée dans la période qui s'étale de 22 Avril 2018 à 4 Juin 2018 sur quatre retenues collinaires de la région Ouest de Jijel sont représentés dans l'Annexe1. Les résultats exprimés révèlent l'existence de 44 espèces regroupées en 36 genres, 10 classes et 6 embranchements.

Toutes les formes identifiées sont représentées dans les figures [13-54] (grossissement X40). Les noms sous les figures représentent les références des ouvrages et des guides utilisés lors l'identification.

Les formes non identifiées sont nombreuses. Leur petite taille, la disparition de certains caractères et structures endommagées par la fixation au formol ont rendu leur détermination impossible. Compte tenu également de la marge d'incertitude qu'implique l'observation au microscope optique.

Les Chlorophycées

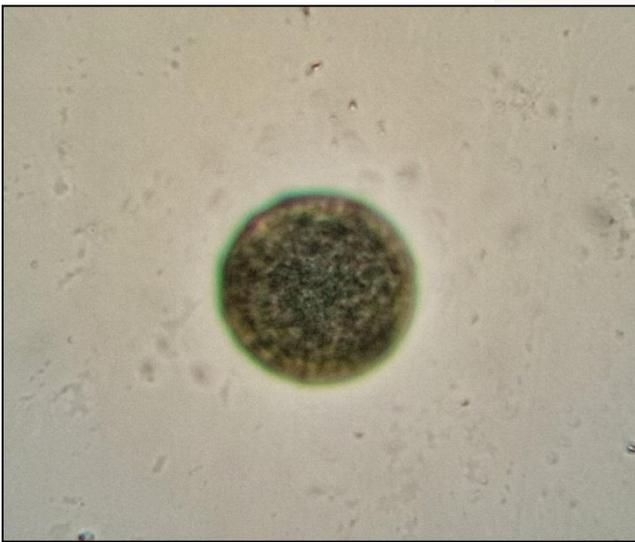


Figure 13. *Haematococcus sp*
(Bellinger et Sigeo, 2010)



Figure 14. *Schroederia sp*
(Truter, 1987)



Figure 15. *Scenedesmus sp* (Prescott, 1954)



26 **Figure 16. *Pandorina sp*** (Vuuren et al., 2006)



Figure 17. *Tetraedron caudatum*
(Druart et Balvay, 2007)



Figure 18. *Bulbochaete sp*
(Terrell, 1991)

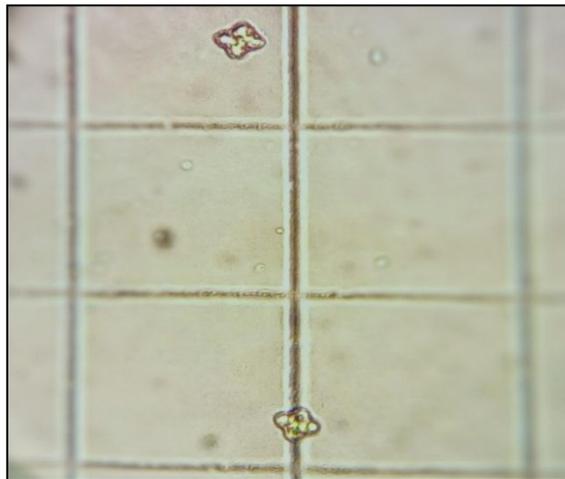


Figure 19. *Tetraedron minimum*
(Vuuren et al., 2006)

Les Zygnématophycées



Figure 20. *Mougeotia sp*
(Kannan et Linca, 2013)

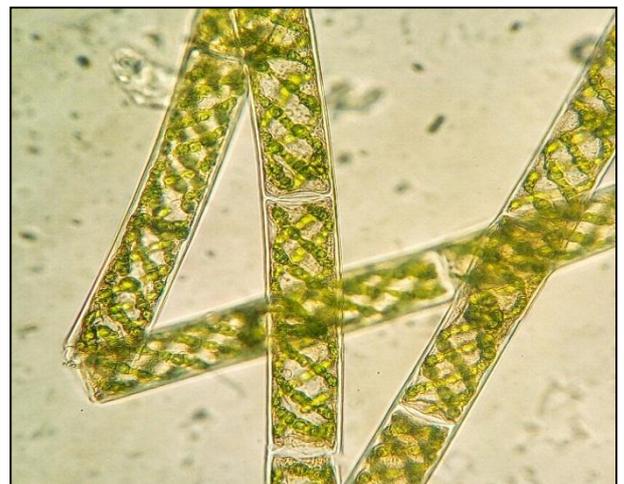


Figure 21. *Spirogyra sp*
(Huynh et Serediak, 2006)



Figure 22. *Cosmarium* sp (Prescott, 1954)



Figure 23. *Hyalotheca* sp (Prescott, 1954)



Figure 24. *Zygnema* sp
(Kannan et Linca, 2013)

Les Bacillariophycées



Figure 25. *Licmophora* sp
(Graham et Wilcox, 1999)



Figure 26. *Gomphonema* sp
(Rumeau et Coste, 1988)

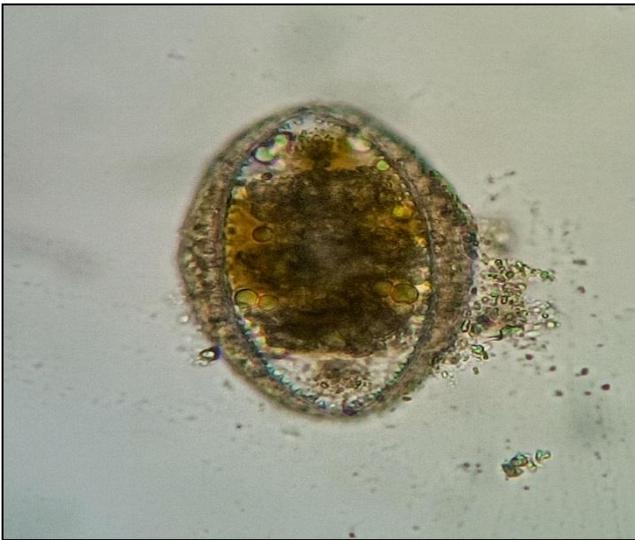


Figure 27. *Surirella sp*
(Fogged, 1966)

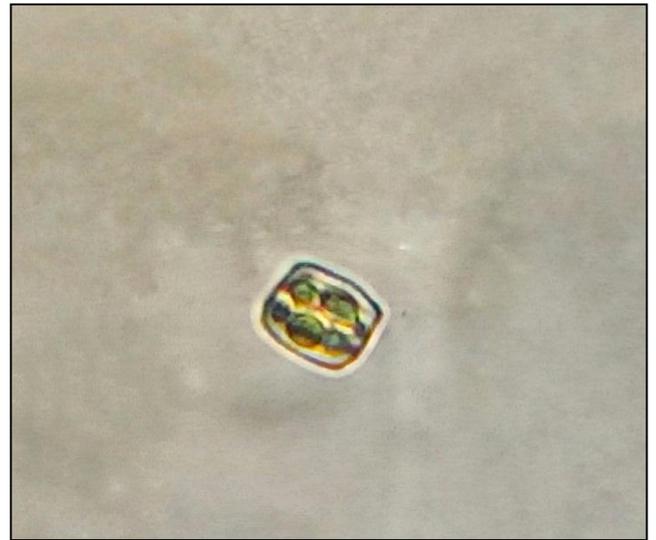


Figure 28. *Melosira sp*
(Bellinger et Sigeo, 2010)



Figure 29. *Nitzschia sp*
(Carmelo, 1997)



Figure 30. *Navicula sp*
(Fogged, 1966)



Figure 31. *Synedra sp*
(Fogged, 1966)



Figure 32. *Fragilaria sp*
(Rumeau et Coste, 1988)



Figure 33. *Pinnularia* sp
(Trégouboff et Rose , 1957)



Figure 34. *Rhopalodia* sp
(Druart et Balvay, 2007)



Figure 35. *Diatoma* sp
(Rumeau et Coste, 1988)



Figure 36. *Cymbella* sp
(Bellinger et Sige, 2010)

Les Coscinodiscophycées



Figure 37. *Actinocyclus* sp
(Bellinger et Sige, 2010)

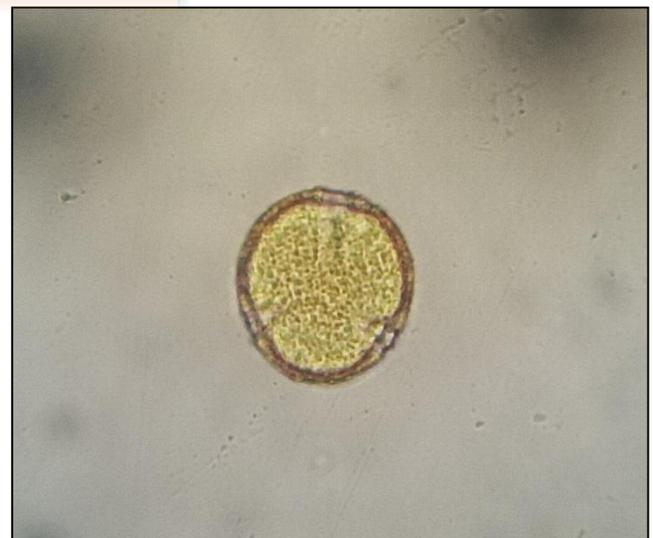


Figure 38. *Coscinodiscus* sp
(Trégouboff et Rose , 1957)

Les Dinophycées



Figure 39. *Peridinium sp1*
(Carmelo, 1997)



Figure 40. *Peridinium sp 2*
(Prescott, 1954)

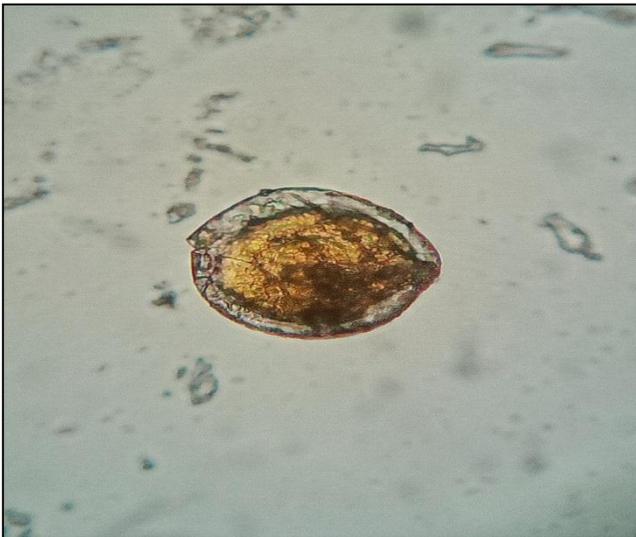


Figure 41. *Peridinium sp3*
(Carmelo, 1997)



Figure 42. *Prorocentrum sp*
(Carmelo, 1997)



Figure 43. *Gymnodonium sp*
(Druart et Balvay, 2007)

Les Euglénophycées



Figure 44. *Trachelomonas sp 1*
(Greeson, 1982)



Figure 45. *Trachelomonas sp 2*
(Greeson, 1982)



Figure 46. *Trachelomonas sp 3*
(Graham et Wilcox, 1999)



Figure 47. *Phacus sp*
(Prescott, 1954)

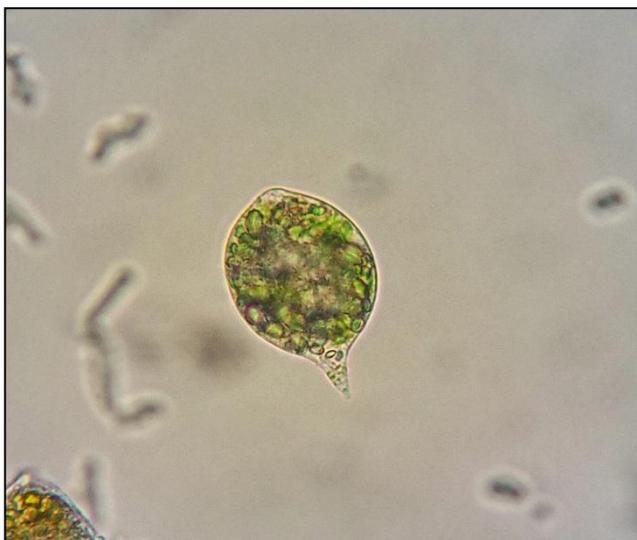


Figure 48. *Lepocinclis sp 1*
(Prescott, 1954)



Figure 49. *Lepocinclis sp 2*
(Prescott, 1954)

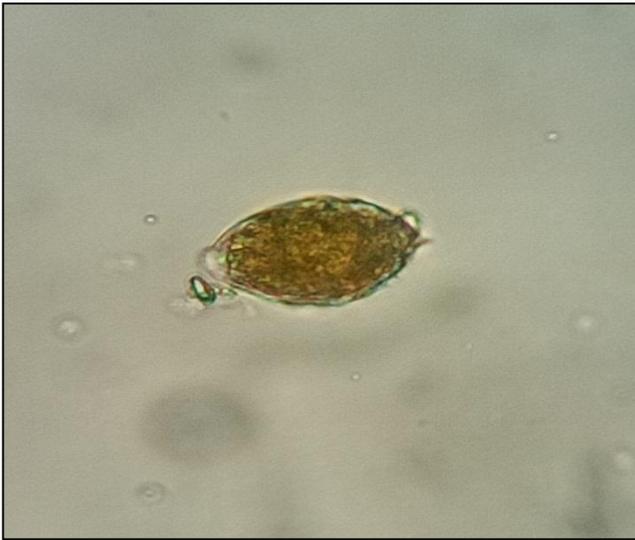


Figure 50. *Euglena sp1*
(Graham et Wilcox, 1999)



Figure 51. *Euglena sp2*
(Graham et Wilcox, 1999)

Les Cyanophycées

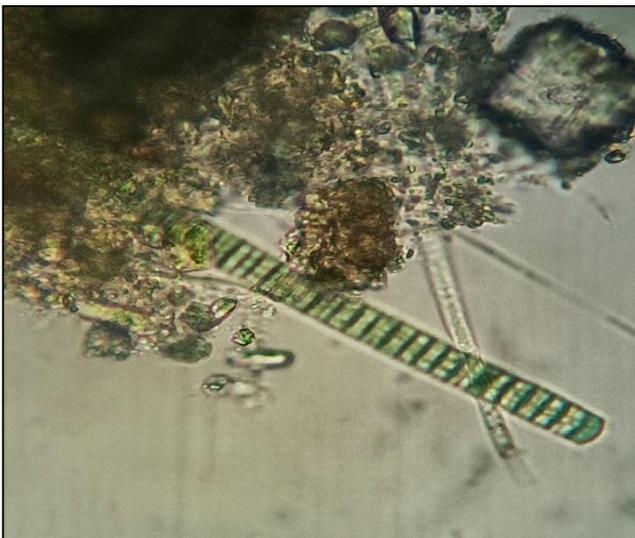


Figure 52. *Oscillatoria sp 1*
(Bellinger et Sigee, 2010)



Figure 53. *Oscillatoria sp 2*
(Da et al., 1999)

Les Chrysophycées



Figure 54. *Dinobryon* sp
(Wehr et al., 2003)

Les Ulvophycées



Figure 55. *Rhizoclonium* sp
(Treytore et al., 2014)

Les Trebouxiophycées



Figure 56. *Chodatella* sp
(Prescott, 1954)

3. Analyse générale de la composition taxonomique

Comme l'indique bien la figure 14, et en terme de nombre d'espèces la classe des Bacillariophycées est la plus importante avec 12 espèces (27%), suivie par celle des Euglénophycées avec 8 espèces (18%), puis celle des Chlorophycées avec 7 espèce (16%), puis celle des Zygnématophycées avec 5 espèces (11%) et celle des Dinophycées avec 5 espèces (11%), puis celle des Coscinodiscophycées et celle des Cyanophycées représentée par 2 espèces chacune (5%) et enfin les trois classes des Chrysophycées , celle des Trebouxiophycées et celle des Ulvophycées avec une seule espèce chacune (2%).

Il faut souligner à cet égard que la moitié (49%) de la composition phytoplanctonique des différents sites est occupée par les flagellées (Chlorophycées, Trebouxiophycées, Euglénophycées, Dinophycées et Chrysophycées). Ce résultat coïncide avec celui de Loumrhari *et al.* (2009). L'auteur explique que les microalgues flagellées sont plus compétitives que les autres microalgues lorsque le milieu est pauvre en éléments nutritif, ainsi que leurs capacités à utiliser de faibles concentrations en nutriments.

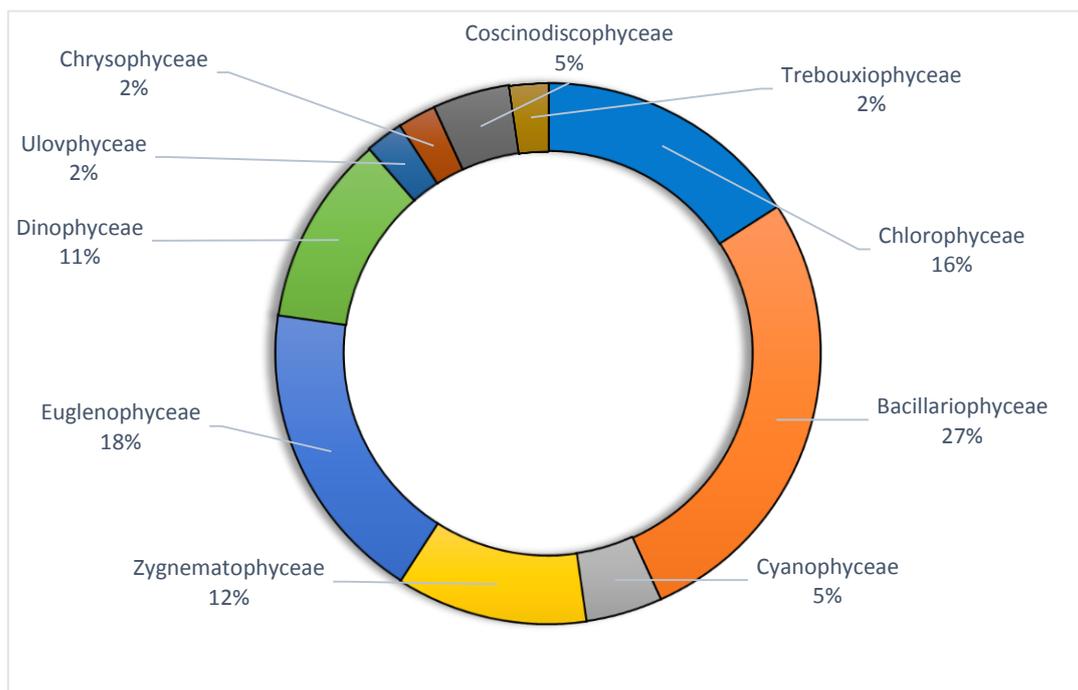


Figure 57. Répartition des différentes classes microalgales dans l'ensemble des récoltes des quatre sites prospectés au cours de la période Avril-Juin 2018.

L'analyse de la figure 14 révèle une dominance du groupe des Diatomées (Bacillariophycées et Coscinodiscophycées) et qui contribuent par 32 % dans l'ensemble des microalgues rencontrées. Selon Rumeau et Coste (1988) elles constituent la majeure partie du phytoplancton marin et lacustre.

Ainsi, elles sont parmi les groupes d'eucaryotes les plus diversifiés de la planète (Lavoie et Talbot, 2016).

L'inventaire a mis en évidence quelque diatomées centriques tel que *Coscinodiscus sp* et *Actinocyclus sp*. Quéguiner (2013) démontre que la majorité des diatomées centriques sont pélagiques et vu la faible profondeur de certains milieux des formes benthiques peuvent être rencontrées. Cela explique la présence de plusieurs formes pennales comme *Licmophora*, *Diatoma* et *Nitzschia* dans les sites S1 et S3. En se conformant au travail de Descy (1983) la plupart de ces taxons sont nettement polluosensibles, ce qui démontre une bonne qualité des eaux dans le secteur étudié. Soit le site S1.

On note aussi une présence remarquable des Euglénophycées représentée par 8 espèces. Murray (2008) rapporte qu'elles se retrouvent généralement en milieux d'eau douce et fréquentent même les eaux saumâtres. Cela explique leur existence dans les sites prospectés.

Oertli et Frossard (2013) indiquent que l'apparition des Chlorophycées est liée à leur grande diversité morphologique et leur plasticité écologique. Cette classe constitue le groupe le plus important et le plus varié de l'embranchement des algues vertes.

Malgré leur grande diversité et leur présence primordial dans les écosystèmes aquatiques (Le Bescot, 2014) les Dinoflagellés ont marqué un faible pourcentage par rapport à celui attendu. Cette faible occurrence est similaire à celle aperçue dans le travail de Polat et *al.* (2000).

L'abondance est nettement moindre pour les Chrysophycées. Ce groupe fait partie des groupes les moins diversifiés du phytoplancton (Jeffrey et *al.*, 1997). Ainsi, selon le travail de Sigee et Bellinger (2010) leur faible présence témoigne de la nature oligotrophique de l'eau.

4. Calcul des indices

4.1 Fréquence centésimale par classes phytoplanctoniques

Les résultats de la fréquence centésimale appliquée aux espèces des microalgues de chaque site sont rassemblés dans les annexes 3 et 4.

Au regard des résultats obtenus, il s'avère que les quatre sites présentent des valeurs divergentes en terme d'abondance. Cette différence avant tout est liée aux conditions offertes par ces milieux, pour que les microalgues puissent s'y installer.

La figure 15 dévoile que la classe des Dinophycées est la mieux représentée avec 33% de l'ensemble des individus rencontrés. L'espèce qui a la fréquence la plus élevée c'est *Peridinium sp2* avec 29,18%. Ces résultats sont en similaires avec ceux de Amiard et *al.* (1998) et de Kumar et *al.* (2014). Ils indiquent que *Peridinium* est le genre le plus observé et le plus abondant dans le relevé vu sa grande capacité de prolifération.

En deuxième position vient la classe des Bacillariophycées avec 24%. Suivie par celle des Zygnématophycées avec 14% dominée par la présence de *Spirogyra sp.* Peltre et al. (2002) indiquent que ce genre a une grande capacité de prolifération.

Puis on trouve la classe des Euglénophycées avec 13% qui apparait dans tous les sites. On constate ainsi une nette abondance du genre *Lepocinclis* (5.26%). En se fondant sur le travail de Necib et al. (2013) ce genre fait partie des taxons qui dominent dans des milieux fortement chargés en matière organique et indique l'assistance d'une pollution organique.

Puis on trouve la classe des Chlorophycées qui a constitué que 7% du total des individus rencontrés. La plupart des espèces de cette classe ont marqué leur présence par un seul individu, sauf *Bulbochaete sp* avec 8 individus.

Puis, vient la classe des Ulvophycées avec 3%, celles des Coscinodiscophycées et Chrysophycées avec 2 % chacune. Enfin les classes les moins abondantes sont figurées par : les Cyanophycées et les Trebouxiophycées avec 1% seulement pour chacune.

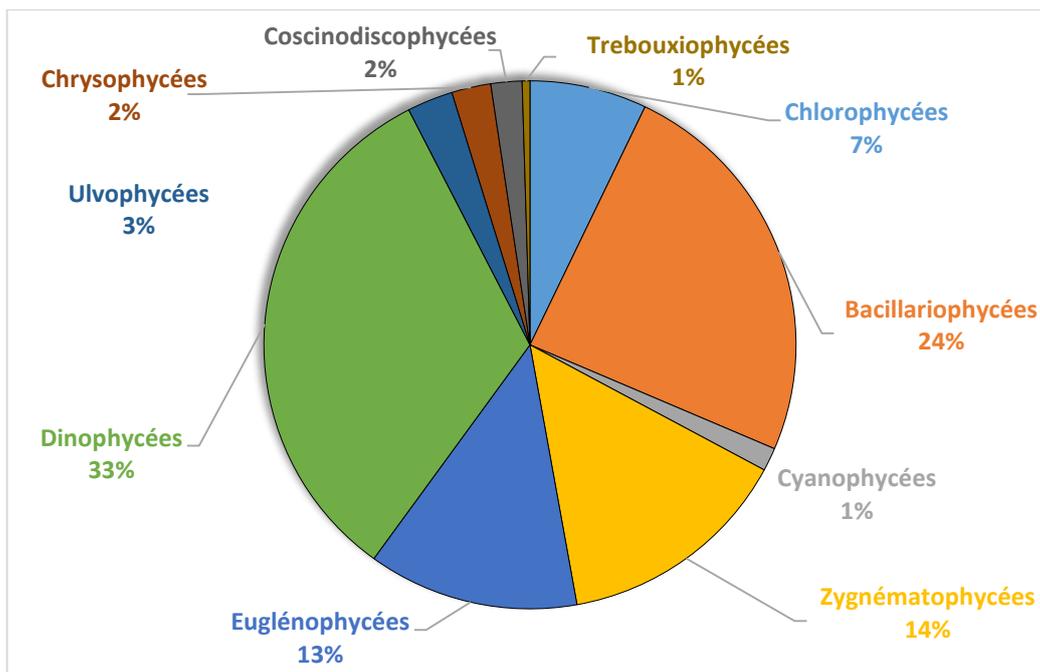


Figure 58. Fréquence centésimale des classes phytoplanctoniques durant la période d'étude.

4.2 Fréquence d'occurrence

Les résultats de la fréquence d'occurrence appliquée aux espèces des microalgues de chaque site sont rassemblés dans l'annexe 5.

Sur un total de 44 espèces, seules 3 espèces sont considérées comme constantes, il s'agit de : *Spirogyra sp* et *Trachelomonas sp2* représentées par une fréquence d'occurrence totale de 33.33 % et *Phacus sp* avec 25%. Il est à signaler que les mêmes genres ont des fréquences d'occurrences différentes au sein des différents sites. *Spirogyra sp* est accessoire au niveau du site S1 et constante dans le site S2. Ce dernier est considéré comme le seul site qui abrite une espèce constante. Quant à *Phacus sp* et *Trachelomonas sp2*, elles sont des espèces accessoires au niveau des sites où elles ont été relevées. Le reste des espèces (41) sont toutes accessoires.

4.3 Richesse spécifique

4.3.1 Diversité alpha α

La figure 16 décrit la variation de la richesse spécifique du phytoplancton au niveau de tous les sites. Le phytoplancton des milieux lentiques de la région de Jijel est caractérisé par une richesse spécifique avec 44 taxons.

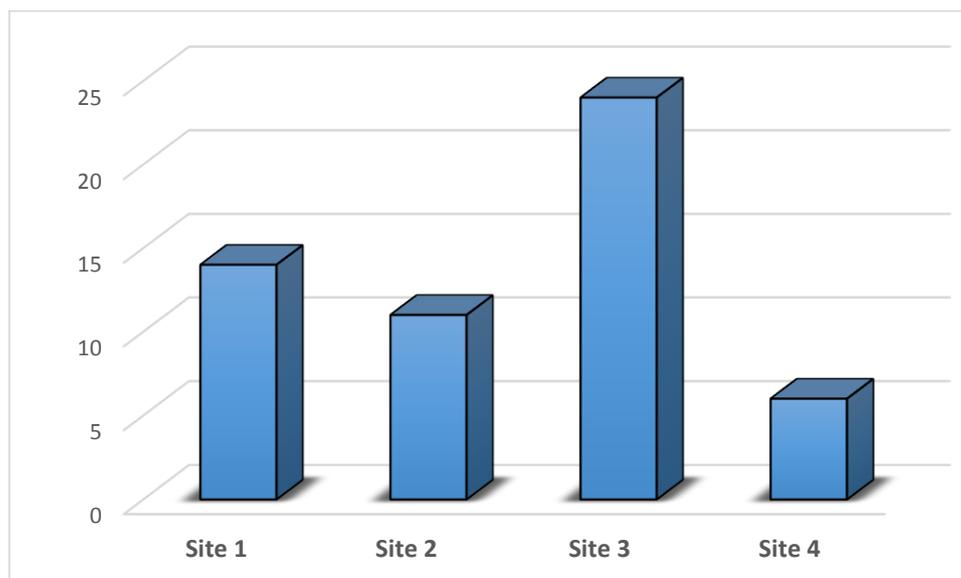


Figure 59. Evaluation de la richesse spécifique au niveau des différents sites.

Comme le montre cette figure, la richesse spécifique diffère d'un site à un autre. La plus grande valeur est observée au niveau du site S3 avec 24 espèces. Suivie par le site S1 qui abrite 14 espèces. Puis le site S2 avec 11 espèces. Le site S4 est le plus pauvre avec seulement 6 espèces.

La faible richesse qui marque le site S4 ne reflète pas l'absence des microalgues ou qu'il est moins diversifié par rapport aux autres sites. Il faut rappeler l'importance de la surface de la retenue

et que le nombre de points d'échantillonnage reste faible à cause de l'inaccessibilité du site à certains endroits escarpés ou difficiles à atteindre.

Ainsi, on signale la présence remarquable des macrophytes dans cette retenue. Pour notre part, on pense que des phénomènes de compétition existent entre les macrophytes et le phytoplancton. Peltre et *al.* (1997) et Dutartre et *al.* (2014) déclarent que dans les milieux peu profonds et transparents, les macrophytes ont un avantage compétitif puisqu'ils peuvent s'installer dès le printemps, croître durant toute la saison estivale et en consommant les nutriments dissous dans les eaux, ils limitent le développement du phytoplancton.

4.3.2 La diversité bêta β

Pour comparer la composition en microalgues au niveau des quatre sites nous avons utilisé l'indice de similarité de Sorensen (Tableau 3). La similarité entre le site S1 et le site S2 paraît être la plus élevée avec une valeur de 0.46. Cela indique que presque la moitié des espèces présentes dans le site S1 existent au niveau du site S2. Ce qui montre que ces deux milieux offrent certaines conditions de développement pareils pour que certaines espèces puissent fréquenter deux habitats différents.

Puis on trouve la similarité qui rassemble le site S2 et le site S3 avec une valeur de 0.17. Suivie par celle qui existe entre le site S1 et S3 indiquée par une valeur de 0.15. Suivie par celle qui existe entre les sites S3 et S4 avec une valeur de 0.13.

Et enfin celle qui existe entre le site S4 et les sites S1 et S2 et qui semble être la plus faible avec 0.11. Ce qui montre que ces trois habitats se distinguent par leurs espèces et ne possèdent presque pas d'espèces communes. On signale que la seule espèce commune entre les quatre sites c'est : *Trachelomonas sp 2*.

Brièvement, il ressort de ce tableau que peu de similarité existe entre les quatre habitats et il se dégage nettement que, bien qu'il s'agit de milieux ayant des conditions physiques et chimiques voisines, chaque retenue collinaire semble avoir sa composition floristique microalgale particulière tenant à certaines conditions propres à chaque milieu. Selon Crispo (2016) la diversité bêta augmente lorsque on s'éloigne d'un point d'intérêt et donc, lorsque l'on augmente notre échelle d'observation ou la taille de la région échantillonnée, ou lorsque la distribution des espèces dans l'espace soit liée aux conditions environnementales.

Il semble que les deux cas s'appliquent ici. Les deux sites S1 et S2 et qui enregistrent le taux le plus élevé de similarité (0.46) se retrouvent dans des régions proches.

Le deuxième cas c'est ce que nous voulons démontrer dans les parties qui suivent.

Tableau 3. Les valeurs de l'indice de Sørensen entre les différents sites.

	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4
Site 1	/	/	/	/
Site 2	0.46	/	/	/
Site 3	0.15	0.17	/	/
Site 4	0.11	0.11	0.13	/

4.4 Indice de Shannon Weaver et indice d'équitabilité

La figure 17 représente les valeurs de l'indice de Shannon Weaver et l'indice d'équitabilité calculé au niveau des quatre sites d'étude. Selon la figure, le site S1 semble le plus diversifié avec une valeur de 3.42. Elle est suivie par le site S3 avec une valeur de 3.08. Suivie par le site S4 avec la valeur 2.52. Alors que le site S2 enregistre la valeur la plus faible avec 2.43. En terme d'équitabilité le site S4 semble être le plus équilibré avec une valeur égale à 0.97, presque toutes les espèces rencontrées au niveau de ce site marquent leur présence par un seul individu. Vient ensuite le site S1 avec une valeur de 0.87 puis le site S2 avec une valeur de 0.7. Le site S3 semble être le moins équilibré avec une valeur d'équitabilité de 0.67. La dominance de *Peridinium sp2* est à l'origine de ce déséquilibre représentée par une fréquence centésimale égale à 29.18 %.

Bien que le site S3 a le plus grand nombre d'espèces, l'indice de diversité de Shannon Weaver du site S1 est le plus grand. L'indice de Shannon Weaver (H') est maximal quand tous les individus sont répartis d'une façon égale sur toutes les espèces Issouf *et al.* (2008). Il est également minimal si, dans un peuplement chaque espèce est représentée par un seul individu, excepté une espèce qui est représentée par tous les individus du peuplement Miderho *et al.* (2017). On déduit qu'un écosystème est d'autant plus diversifié que lorsque les espèces qui le compose sont équitables.

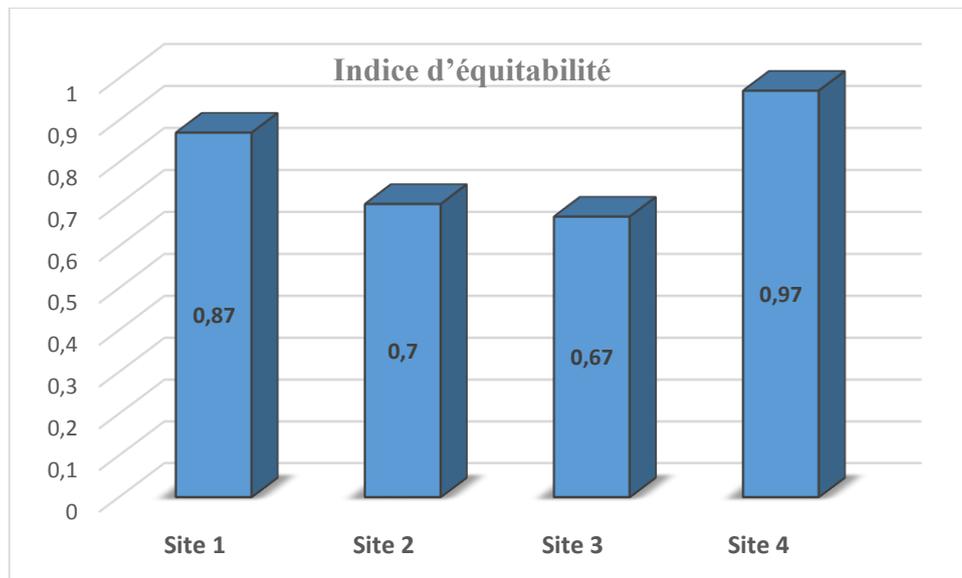


Figure 60. Les valeurs de l'indice d'équitabilité calculé au niveau des quatre sites d'étude.

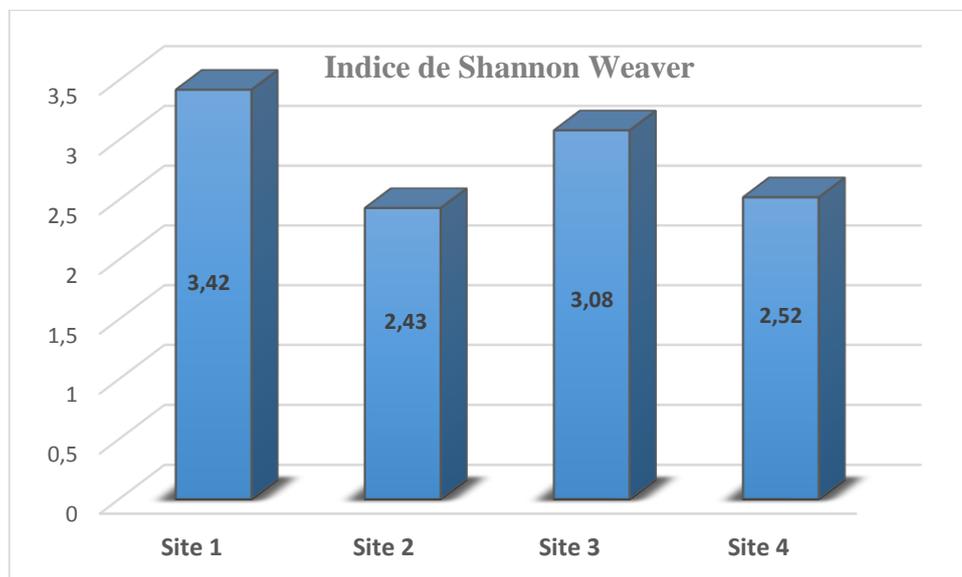


Figure 61. Les valeurs de l'indice de Shannon Weaver calculé au niveau des quatre sites d'étude.

5. Evaluation générale de la répartition spatiotemporelle des microalgues

5.1 Evaluation à échelle spatiale

Les proportions des classes phytoplanctoniques dans les quatre sites d'études sont représentées dans la figure 18. La projection de cette figure sur les valeurs des paramètres physico-chimiques mesurées nous emmène à supposer que la différence dans la répartition des classes phytoplanctoniques est en rapport avec les conditions du milieu.

Il ressort clairement de cette figure que le site S3 constitue le milieu le plus favorable parmi les quatre sites prospectés. Ces observations sont confrontées avec les valeurs de la salinité, rappelons que le site S3 a le taux le plus faible de la salinité.

Beisel et *al.* (2011) et Masmoudi (2014) dans leurs travaux rapportent que la salinité a un impact sur la densité et la diversité des espèces phytoplanctoniques. Dans leurs résultats nous pouvons clairement voir que pour chaque classe de microalgues il existe une diminution marquée en nombre de taxons avec l'augmentation de la salinité. Sereda et *al.* (2011) rajoutent que à des concentrations égales en phosphore, la biomasse phytoplanctonique est inférieure dans des lacs salés par rapport à des lacs d'eau douce. Néanmoins, à partir du travail de Skinner et *al.* (2001) on énonce que quelques espèces phytoplanctoniques peuvent montrer des fortes densités lorsque la salinité augmente mais que la diversité de la communauté reste réduite.

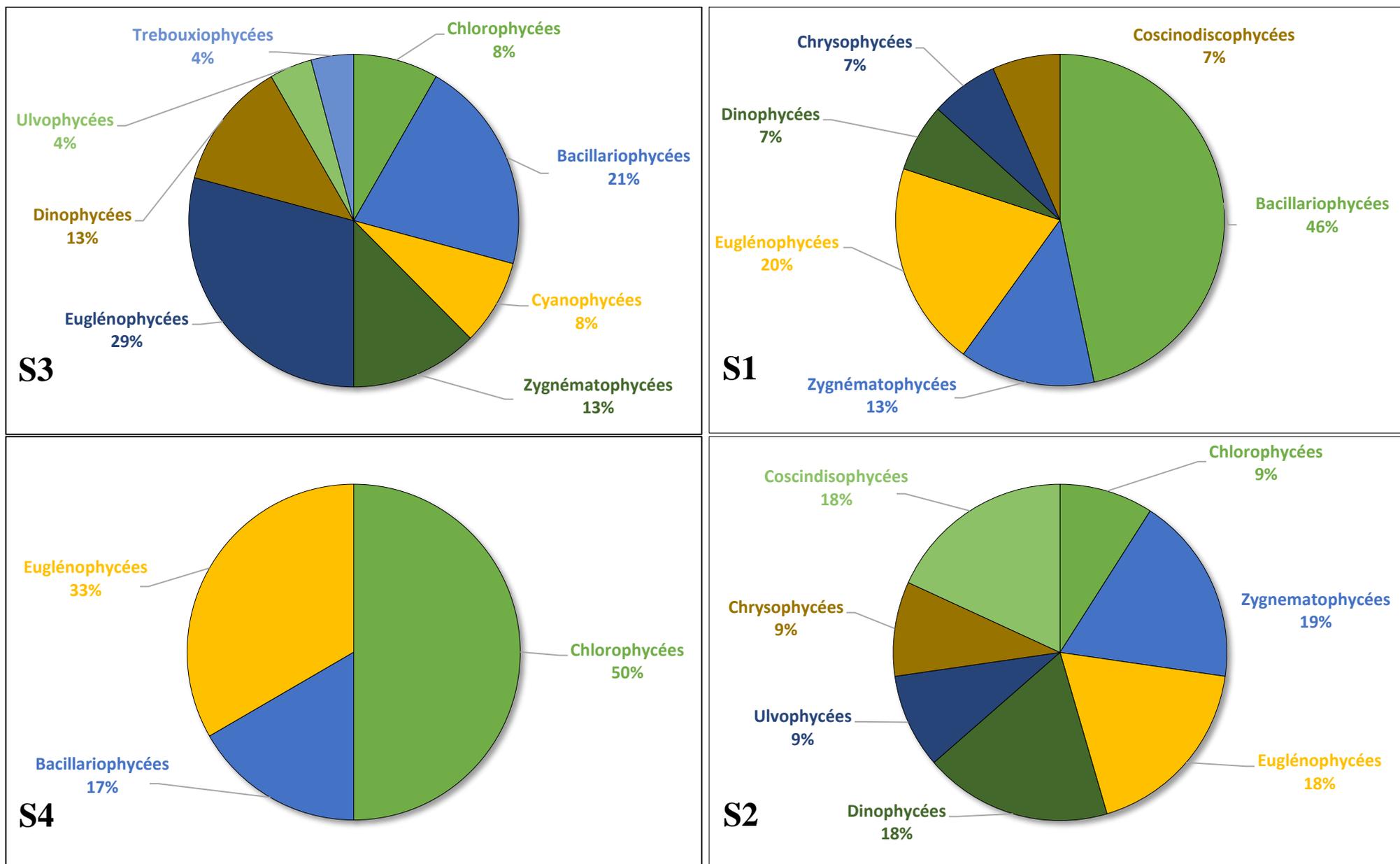


Figure 62. Répartitions spatiales des classes phytoplanctoniques par pourcentage dans les quatre sites pendant la période d'échantillonnage

5.2 Evaluation à échelle temporelle

Les distributions temporelles des classes phytoplanctoniques dans les quatre sites d'études sont représentées dans la figure 19.

La richesse spécifique est nettement élevée au niveau du prélèvement P6 (04 Juin). Cette période est caractérisée par l'apparition de 8 classes, à savoir : Les Dinophycées, les Chlorophycées, les Euglénophycées, les Bacillariophycées, les Zygnématophycées, les Trebouxiophycées, les Ulvophycées et les Cyanophycées. Comme deuxième position vient le prélèvement P1 (22 Avril) par l'apparition de 6 classes, à savoir : les Coscinodiscophycées, les Chrysophycées, les Dinophycées, les Zygnématophycées, les Euglénophycées et les Ulvophycées.

Les périodes caractérisées par une faible richesse ont été enregistrées pendant le prélèvement P3 où on note la présence d'une seule espèce et le prélèvement P4 où on a marqué la présence de deux espèces.

On note que les valeurs élevées de la richesse spécifique sont relativement corrélées à des augmentations thermiques et on signale que les périodes caractérisées par une faible richesse spécifique sont celles où on a enregistré des précipitations et des températures relativement basses.

Comme chez d'autres communautés végétales, la structure et la biomasse des populations microalgales varie de manière saisonnière. Ces variations sont essentiellement contrôlées par le cycle solaire et donc essentiellement liées aux fluctuations climatiques Glemarec (1979). Alcoverro et *al.*, (1997) rajoute que la disponibilité des nutriments et la salinité influencent également les variations saisonnières. Quoique, selon le travail de Vaquer et *al.* (1997) on admet que la température et la durée d'ensoleillement sont les deux facteurs qui contribuent le plus à la distribution temporelle du phytoplancton. Delà, l'interprétation et la discussion des résultats dans cette partie sera fondée majoritairement sur ce paramètre.

D'une manière générale, nos résultats montrent nettement que la distribution des microalgues est fortement corrélées avec la température et le taux de salinité. Partant de ce fait la discussion dans la partie qui suit sera fondée majoritairement sur ces deux paramètres.

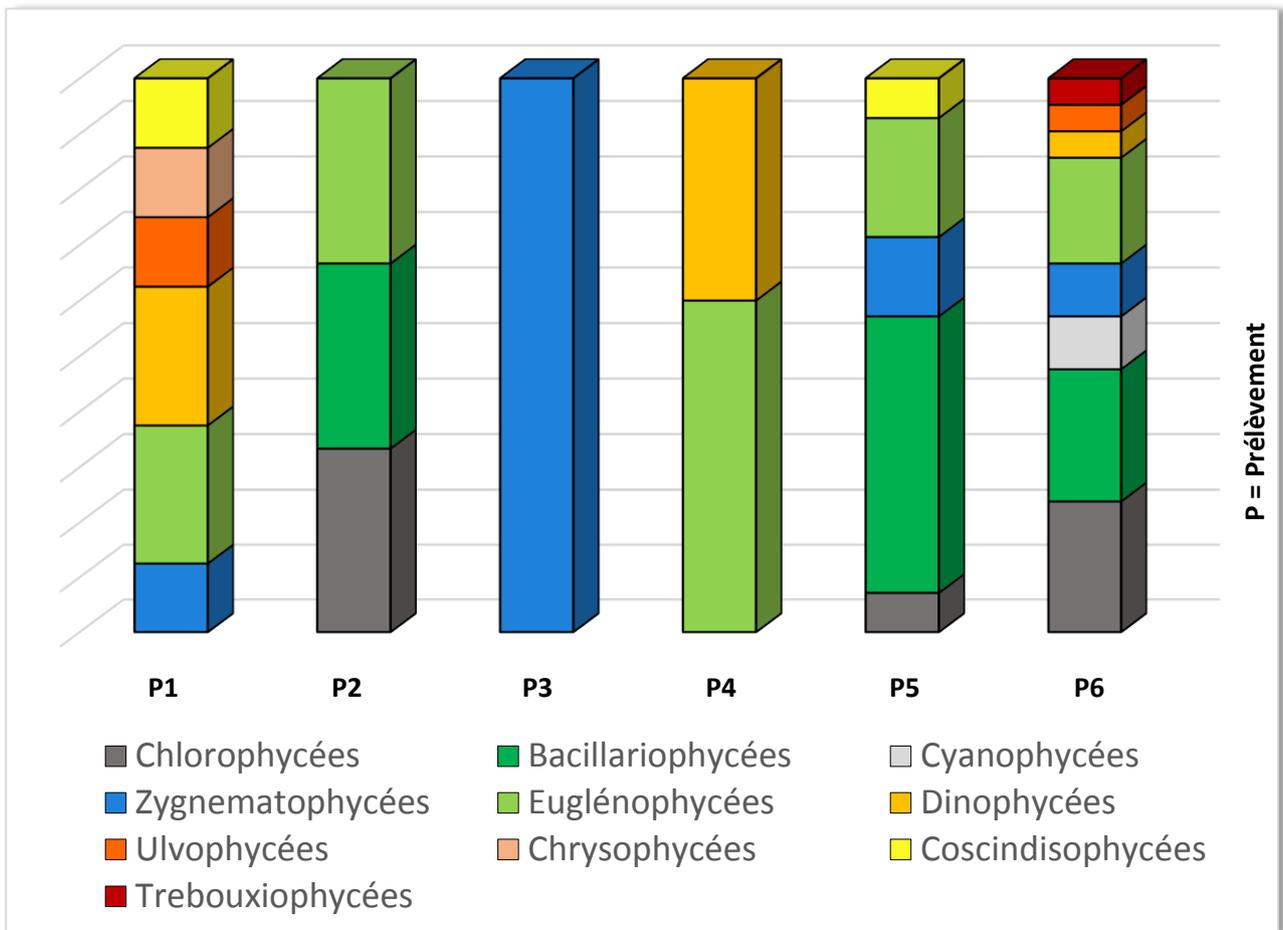


Figure 63. Répartition temporelle des classes phytoplanctoniques dans les quatre sites durant la période d'étude (Avril- Juin 2018).

6. Evaluation de la répartition spatiotemporelle par classes phytoplanctoniques

6.1 Les Bacillariophycées

La classe des Bacillariophycées présente un pourcentage variant entre 17, 21 et 46 %, durant la période d'étude. Le pourcentage le plus élevé, soit 46% est enregistré dans le site S1.

Les genres les plus rencontrés et qui enregistrent des fréquences centésimales relativement élevées sont : *Navicula* (3.82%) et *Nitzschia* (3.34%) dans le premier site et *Diatoma* (4.3 %) dans le troisième site. Ces résultats sont identiques à celles observées par Bouchez et al. (2010), ainsi les auteurs rapportent que *Navicula* et *Nitzschia* comptent parmi les formes d'eau oligosaumâtre, avec une salinité comprise entre 0,5 et 5 g/l, ce qui correspond au taux de salinité enregistré au niveau du site S2. On rajoute que ces espèces indiquent une pollution minérale.

Ils rajoutent que *Diatoma sp* fait partie des espèces d'eau douce et qui ne tolèrent pas de grandes quantités en sels, ce qui explique sa présence au niveau du site S3 qui possède les plus faibles taux de salinité parmi tous les sites.

Cette classe montre une augmentation de la richesse spécifique durant les prélèvements P5 et P6 correspondant à la fin de Mai et début Juin, où on enregistre l'apparition de 12 espèces. Des études réalisées par Dauta (1982) ont montré que la température optimale pour la croissance des Diatomées est proche de 30°C avec une croissance nette positive entre 20°C et 30°C. Les conditions thermiques enregistrées au cours de cette période se trouvent bien dans cette fourchette. Ce qui est similaire à notre résultat.

6.2 Les Chlorophycées

La classe des Chlorophycées présente des taux compris entre 8 et 50%, le maximum est enregistré dans le site S4. Les Chlorophycées sont connues comme des espèces d'eau douce. Ce qui explique leur présence dans le site S3. D'autre part l'occurrence de *Tetraedron* dans le site S4 et dans des conditions de salinité différentes certifie qu'il s'agit d'un taxon halotolérant, ces observations sont conformes avec celles de Alvensleben et *al.* (2015). L'auteur confirme que le genre *Tetraedron* peut supporter des variations de salinité.

De même, le genre *Schroederia* apparaît dans le travail de Kanetsuna (1973) dans des conditions de salinité proches à celle enregistré dans le site S4. Le même auteur indique que ce genre abrite les eaux saumâtres.

On signale une absence totale de la classe des Chlorophycées au niveau du site S1. Le taux de salinité relativement élevé au niveau de ce site élimine toute possibilité pour la vie aux Chlorophycées.

Le mois d'Avril marque la présence d'une seule espèce. Néanmoins, le dernier prélèvement (4 Juin) marque la présence de 5 espèces. Felfoldy (1962) a observé que les températures optimales pour les Chlorophycées sont souvent supérieures ou proches à 29°C. Les températures enregistrées durant le dernier prélèvement se trouvent proches à cette valeur (28.2 C et 27°C).

6.3 Les Euglénophycées

La classe des Euglénophycées est présente dans tous les sites avec des pourcentages appréciables. Le site S3 a le taux le plus élevé en terme de richesse spécifique avec 7 espèces.

Ces résultats diffèrent de ceux de Masmoudi (2014), les Euglénophycées ont été rarement rencontrés dans des milieux oligohalines. Toutefois, nos observations corroborent avec celles de Wołowski et Grabowska (2007). Ces auteurs indiquent que cette classe est caractéristique des milieux d'eau douce cependant sa présence dans le milieu est assurée en grande partie par la matière organique. Elle est abondante dans des milieux riches en matière organique et sa forte abondance indique une pollution organique.

En terme de fréquence d'occurrence la classe des Euglénophycées rassemble deux espèces parmi les trois espèces constantes qu'on a rencontrées (*Trachelomonas sp2* et *Phacus sp*). De plus, il

apparaît presque dans tous les prélèvements et connaît une augmentation de la richesse spécifique pendant le dernier prélèvement qui coïncide avec les températures les plus élevées. Ces résultats sont en concordance avec ceux de Loez et Salibian (1990) où la richesse spécifique des Euglénophytes a connu une augmentation en été et au printemps et a diminué considérablement dans des basses températures.

Il est à rappeler que le genre *Trachelomonas* apparaît dans tous les sites et dans des périodes différentes. Il semble que ce genre supporte des variations de salinité et de température et son occurrence dans un milieu est assurée par d'autres facteurs.

6.4. Les Chrysophycées

La classe des Chrysophycées représentée par le genre *Dinobryon*, se manifeste dans les sites S1 et S2. La contribution de cette classe était faible, 7% dans le site S1 et 9% dans le site S2.

Les chrysophycées sont surtout des algues d'eau douce, comme le rapporte Iltis (1973) dans son travail, cette classe était totalement absente même dans des eaux saumâtres ou oligohalines. Toutefois, le travail de Mikkelsen et Witkowski (2010) signale l'existence du genre *Dinobryon* dans des conditions fortement salées.

En outre, Kristiansen (2009) mentionne que les espèces de *Dinobryon* préfèrent les eaux à pH neutre. Le pH des sites S1 et S2 se retrouve proche de la neutralité plus que les autres sites.

Le groupe a marqué sa présence une seule fois, au niveau prélèvement P1 (22 Avril). Ces observations sont en concordance avec celles de Savoré (1969) où on a rencontré une seule espèce des Chrysophytes : *Dinobryon* dans les mois d'Avril et on suppose que l'espèce est sensible aux variations thermiques et aux fluctuations des concentrations de l'oxygène. Ce qui explique sa présence unique dans le premier prélèvement.

6.5 Les Cyanophycées

Les Cyanophycées se manifestent seulement dans le site S3 par le genre *Oscillatoria* et contribuent par 8 %. La classe des Cyanophycées est largement distribuée comme elle fréquente tous les types d'habitats. Cependant, selon Kesarwani et al. (2015) *Oscillatoria* est caractéristique des eaux douces. Deyab et El-Katony (2015) dans leur travail affirment que ce genre ne supporte pas des taux élevés de salinité. Le site S3 montre un faible taux de salinité.

De même le groupe apparaît une seule fois au début Juin pendant le dernier prélèvement. En effet, Pearsall, (1932) observe que la température et la lumière règlent parfaitement la distribution des Cyanophytes. Et Rao (1954) précise que l'optimum de croissance de *Oscillatoria* coïncide avec les plus hautes valeurs de la température de l'eau. Cet auteur signale d'autre part que les teneurs en azote ammoniacal peuvent favoriser la croissance des algues de ce groupe.

6.6 Les Dinophycées

Cette classe marque sa présence dans tous les sites sauf le site S4. La contribution de la classe des Dinophycées se situe entre 7 et 18%. En terme de richesse spécifique le site S3 enregistre le taux le plus élevé (3espèces). Quant à la fréquence centésimale le site lui-même abrite l'espèce la plus abondante : *Peridinium sp2* (29.18%) qui apparaît au mois de Juin. Ce résultat est conforme avec celui de Abdelkader (2009) où le genre a présenté des fortes densités cellulaires pendant le mois de Juin. Golterman, (1975) indique que l'abondance de ce genre renseigne sur une eutrophisation modérée.

Selon le travail de Durand (1993), les espèces de *Peridinium* fréquentent des milieux fortement salés. Toutefois en se conformant sur le travail de Olrik (1992) on note que *Peridinium* peut fréquenter les eaux douces. Delà, on avise que l'occurrence de ce genre n'est pas étroitement liée à la teneur des sels dans le milieu. De plus, Olrik (1992) rapporte que les espèces de *Peridinium* montrent une grande variation vis-à-vis les conditions du milieu, mais comme biotope commun elles préfèrent des eaux oligotrophes à pH alcalin et à des températures élevées. Ce qui coïncide avec les valeurs des paramètres physicochimiques enregistrées au niveau du site S3 pendant la dernière campagne.

A échelle temporelle les Dinophycées apparaissent dans les trois mois. Ces résultats ont également été observés par Abdelkader (2009) dans le barrage de Sidi Yacoub (Chlef) où la classe était présente durant toute l'année. Cette continuité semble être liée à leurs adaptations écophysologies propres. Ces adaptations sont du principalement par la présence des flagelles leurs permettant de se déplacer dans la colonne d'eau selon Mollo et Nourry (2013). (Pinnel-Alloul et al., 1998) met l'accent sur le broutage et rapporte que l'abondance de certains groupes du phytoplancton pendant une période quelconque indiquent qu'ils sont moins appréciés comme nourriture par certains groupes zooplanctoniques durant une période quelconque.

Le genre *Prorocentrum* était présent dans les sites S1 et S2. Skejic et al. (2017) rapporte que le genre *Prorocentrum* renferme des espèces toxiques exclusivement marines et ne peuvent pas se développer dans des conditions qui présentent des faibles taux de salinité. Cependant on se basant sur le travail de Grzebyk et Berland (1996) on note que les espèces de *Prorocentrum* peuvent fréquenter des milieux oligohalins si la quantité des nutriments était suffisante. Il semble que les sites S1 et S2 offrent des conditions idéales pour l'installation de ce genre. Ils rajoutent que sa croissance n'est pas limitée ou affectée par les variations de température. C'est ce qui est observé dans notre étude, le genre apparaît dans deux périodes qui affichent des températures différentes (20.2 °C et 27.70°C).

6.7 les Zygnématophycées

La classe des Zygnématophycées présente une portion égale à 13% dans les sites S1 et S3. Cependant elle contribue par 19% dans le deuxième site avec la dominance du genre *Spirogyra*. Toutes les espèces apparaissent dans les deux derniers prélèvements correspondant à des températures élevées. Suivant les résultats de Savouré (1969) *Zygnema* et *Mougeotia* ont un taux de croissance maximum en Juin ce qui explique leur présence remarquable pendant le prélèvement P6 (04 Juin).

On excepte le genre *Spirogyra* qui apparaisse seulement dans les premiers prélèvements et disparaît dans les périodes qui suivent. Selon Peltre et al. (2002) le cycle saisonnier des *Spirogyra* est caractérisé par un développement précoce au printemps. Elles fréquentent les eaux fraîches et ne peuvent pas maintenir une activité photosynthétique à des températures élevées. C'est pourquoi, elles peuvent disparaître dans le milieu au mois de juin.

Spirogyra marque sa présence unique dans les sites S1 et S2. Toutefois, en terme de fréquence d'occurrence *Spirogyra* enregistre la valeur la plus élevée parmi toutes les espèces recensées durant toute la période d'étude, soit 25% enregistrée au niveau du site S2 pendant le mois d'Avril. Selon les études réalisées par (Hainz et al., 2009) *Spirogyra* prolifère dans des milieux riches en nutriments et peut déclencher des phénomènes d'eutrophisation.

6.8 Les Ulvophycées

La classe des Ulvophycées représentée par le genre *Rhizoclonium* est très minoritaire et présente un pourcentage de 4% seulement dans le troisième site. Ce résultat est en accord avec celui de Kherief (2018) où cette classe a contribué par 4%. Contrairement aux résultats obtenues par Dibong (2014) les Ulvophycées ont contribué par 19%.

Cette classe est rarement rencontrée en eau douce, la majorité des espèces sont marines. Treytur et al. (2014) rapportent que certaines espèces comme *Rhizoclonium* peuvent fréquenter les eaux douces et saumâtres.

6.9 Les Coscinodiscophycées

La classe des Coscinodiscophycées était présente seulement dans les sites S1 et S2 et contribue avec 18 % dans le site S2. Représentée par les genres : *Actinocyclus* et *Coscinodiscus*.

Ces deux espèces représentent des diatomées exclusivement marines. En revanche, Selon Liukkonen et al. (1997) ces espèces ont marqué leur présence dans plusieurs lacs et estuaires. Les mêmes auteurs indiquent dans leur travail que la présence des Coscinodiscophycées dans des milieux d'eau douce ce n'est qu'une suite à des phénomènes d'eutrophisation ou d'une salinité accrue. Il semble que les sites S1 et S2 offrent un taux de salinité optimal pour l'installation de ces espèces.

6.10 Les Trebouxiophycées

La présence de cette classe est minoritaire. Elle marque sa présence par une seule espèce dans le site S3 pendant le début de Juin. Selon Soltis et Doyle (1998) ce genre est rarement rencontré dans les écosystèmes aquatiques car il fréquente les habitats terrestres et vit en symbiose avec des champignons et des lichens.

Toutefois on marque sa présence par trois espèces dans le barrage de Sidi Yacoub (Chlef) dans le travail de Abdelkader (2009).

Conclusion

Au terme de cette modeste étude que nous avons effectuée sur quatre retenues collinaires de la région de Jijel et qui s'étale de 22 Avril à 04 Juin 2018, nous pensons pouvoir approcher les objectifs que nous avons fixés, à savoir :

- Déterminer grossièrement les caractéristiques physico-chimiques des eaux des quatre sites prospectés.
- Etablir un inventaire et identifier les espèces des microalgues rencontrées au niveau des sites.
- Le suivie de la variabilité spatiotemporelle de la composition, de l'abondance et de la diversité des populations microalgales.
- Affirmer l'influence de certains facteurs écologique sur la variabilité spatiotemporelle des microalgues.

A propos de la physico-chimie de l'eau nous avons marqué que les eaux de tous les sites ont :

- Une conductivité très élevée qui traduit une forte minéralisation.
- Un pH légèrement alcalin ou voisin de la neutralité.

L'inventaire a permis de recenser 44 espèces qui appartiennent à 6 embranchements et 10 classes, à savoir : 12 Bacillariophyceae, 8 Euglenophyceae, 7 Chlorophyceae, 5 Dinophyceae, 5 Zygnématophyceae, 2 Coscinodiscophyceae, 2 Cyanophyceae, 1 Chrysophyceae, 1 Trebouxiophyceae et 1 Ulvophyceae.

La classe des Bacillariophycées constitue le groupe le plus important. Il comporte 12 espèces et contribue par 27% de la composition totale des microalgues recensées durant notre étude. Toutefois, l'application des fréquences centésimales sur les classes phytoplanctoniques met l'accent sur la classe des Dinophycées considérée comme la plus abondante et qui constitue 33% de l'ensemble des individus rencontrés.

En terme de richesse spécifique il semble que le site S3 est le plus riche, représenté par 24 espèces. Cependant, les indices de Shannon Weaver et de Piélou montrent que le site S1 est le plus diversifié tandis que le site S4 est le plus équitable.

La projection des variations des classes phytoplanctoniques sur les valeurs des paramètres physico-chimiques ont permis de distinguer à échelle spatiale :

- Des groupes sténohalins qui supportent de faibles concentration de salinité et qui vivent seulement dans les eaux douces ou oligohalines Il s'agit : des Chlorophycées et des Chrysophycées.

- Des groupes qui vivent seulement dans les eaux salées ou marines et sont rarement rencontrés dans les eaux douces. Il s'agit : des Ulvophycées et des Coscinodiscophycées,
- Des groupes qui fréquentent tous les types des milieux et qui rassemblent des espèces halotolérantes ou leur présence est influencée par d'autres facteurs. Il s'agit : des Dinophycées, des Chlorophycées (*Tetraedron*), des Cyanophycées, des Euglénophycées et des Bacillariophycées.

A échelle temporelle on distingue :

- Des groupes qui apparaissent seulement dans des périodes qui ont connu des températures relativement faibles ou rassemblent des espèces qui ne supportent pas des variations de température. Il s'agit : des Chrysophycées et des Zygnématophycées (*Spirogyra*).
- Des taxons qui apparaissent seulement dans des températures élevées. Il s'agit : des Bacillariophycées, des Cyanophycées, des Chlorophycées et des Trebouxiophycées.
- Des taxons qui apparaissent dans tous les prélèvements et semblent ne pas être influencés par les variations thermiques et accordent leur variation à d'autres facteurs. Il s'agit : des Dinophycées, des Euglénophycées, des Ulvophycées, des Zygnématophycées, des Coscinodiscophycées.

Toutes ces observations nous conduisent à affirmer que la dynamique spatiotemporelle de la composition, de l'abondance et de la diversité est contrôlée et influencée par une multitude des facteurs abiotiques (température, pH, précipitations, salinité). Cependant autres facteurs doivent être pris en compte comme : le broutage, la compétition, le taux de la matière en suspension, la quantité des nutriments et le taux d'oxygène dissous.

Notre travail est loin d'être exhaustif. Comme perspectives, on suggère :

- D'étaler la période d'étude en une année pour couvrir tous les changements temporels qui peuvent influencer les populations microlagales, dans des périodes différentes.
- De mettre en évidence autres paramètres physico-chimiques comme : l'oxygène dissous, la quantité des nutriments, la matière en suspension.
- D'effectuer une étude concomitante des populations du zooplancton pour mettre en valeur l'effet du broutage sur l'abondance de plusieurs espèces phytoplanctoniques.
- D'élever le nombre de points d'échantillonnage.

Références

bibliographiques

- Abdelkader H. 2009.** Diversité saisonnière des assemblages phytoplanctoniques dans la retenue de barrage de Sidi-Yacoub (Chlef) . Impact des facteurs biotiques et abiotiques sur l'évolution de la qualité de l'eau. Mémoire de magister. Spécialité : Sciences de l'eau et bioclimatologie. Université de Chlef. p. 66.
- Adon. 2013.** Variation spatiale et saisonnière du phytoplancton de la retenue collinaire d'eau d'Adzopé (Côte d'Ivoire) : Composition , structure et production primaire. . *Thèse de doctorat .Option écologie et aménagement des écosystèmes aquatiques.UNIVERSITE NANGUI Abrogoua.* p99.
- Alcoverro T., Romero J., Duarte C et Lopez N. 1997.** Spatial and temporal variations in nutrient limitation of seagrass *Posidonia oceanica* growth in the NW Mediterranean. *Mar Ecol Progr Ser* . Vol. 146, pp. 155-161.
- Alvensleben N., Magnusson M et Heimann K. 2015.** Salinity tolerance of four freshwater microalgal species and the effects of salinity and nutrient limitation on biochemical profiles . [éd.] Springer. *J Appl Phycol*.Vol.18,pp.861-876.
- Amiard J.C., Le Rouzic B., Berthet B et Bertru G. 1998.** Oceans, Rivers and Lakes: Energy and Substance Transfers at Interfaces. Proceedings of the Third International Joint Conference on Limnology and Oceanography held in Nantes, France.October, 1996. p. 377.
- Amirouche N., Bouguedoura N et Hadj-arab H. 2009.** *Botanique. Algues , Chamignons , Lichens.* [éd] Dar Homa Alger. ISBN : 978-9961-65-159-9.p.87.
- Andersen A.R. 1992.** Diversity of eukaryotic algae. *Biodiversity and Conservation*. Vol. 1, 4, pp. 267-292.
- Anderson D.M., Cembella A.D et Hallegraeff G.M. 2012.** Progress in understanding harmful algal blooms: paradigm shifts and new technologies for research, monitoring, and management. *Annu.Rev.Mar.Sci*. Vol. 4, pp. 143-176.
- Arino J. 2001.** Modélisation structurée de la croissance du phytoplancton en chemostat .Thèse de Doctorat. Discipline : Modèles et Instruments en Médecine et Biologie.L'UNIVERSITE JOSEPH FOURIER. France. p. 153.
- Arzul G.2009.** in Mollo, Nourry. 2013. Le manuel du plancton. [éd.] Charles Léopold Mayer.
- Bagnouls F et Gausson H. 1957.** Les climats biologiques et leur classification. *Ann Géogr*.Vol. 355, pp. 193-220.
- Baker A.I et Baker K.k. 1979.** Effects of temperature and current discharge on the concentration and photosynthetic activity of the phytoplankton in the upper Mississippi River. *Freshwater Biology*. Vol. 9, pp. 191-198.
- Barroin G. 1999.** Limnologie appliquée au traitement des lacs et des plans d'eau. I.N.R.A Thonon-les-Bains. *Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse*. p. 119.
- Beaufort A et Moatar F. 2015.** Température des cours d'eau : analyse des données et modélisation : application au bassin de la Loire Rapport final Université François-Rabelais de Tours, Laboratoire GÉHCO – GéoHydrosystèmes Continentaux – EA 6293. *ONEMA- Office national de l'eau et des milieux aquatiques*.p. 66.
- Beisel J.N., Peltre M.C., Usseglio-Polatera P. 2011.** Impact de la pollution saline sur la biocénose aquatique de la Moselle. *Laboratoire des Interactions Ecotoxicologie, Biodiversité, Ecosystèmes (LIEBE) - CNRS UMR 7146*. p. 59.
- Bellakhal M. 2016.** Distribution spatiale des kystes de résistance des Dinoflagellés au niveau du sédiment superficiel de la lagune de Bizerte : cas de l'espèce invasive *Alexandrium pacificum* R.W. Litaker, 2014. *Sciences agricoles.Université de Franche-Comté*.

- Bellinger E.G et Sigeo D.C. 2010.** A Key to the More Frequently Occurring Freshwater Algae. *Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators*. pp. 137-245.
- Benali W et Mammari A. 2016.** Mesure de salinité par conductimétrie. *Mémoire de projet de fin d'études . Master en Génie biomédicale. Université Abou Bakr Belkaïd de Tlemcen*. p. 80.
- Bennameur N. 2016.** Contribution à l'étude des diatomées benthiques de quelques cours d'eau de l'Oranie : Taxonomie et Ecologie . *Thèse de Doctorat. Spécialité : Ecologie Végétale. Université d'Oran Ahmed Ben Bella*.
- Bernard C. 2014.** Les cyanobactéries et leurs toxines. *REVUE FRANCOPHONE DES LABORATOIRES*. 460, pp. 53-68.
- Bouchez A., Dorigo U et Rimet F. 2010.** Surveillance des impacts environnementaux d'effluents aqueux de sites industriels par les diatomées dulçaquicoles. *Etude RECORD n°07-1016/1A* .
- Boudjenah M. 2012.** Etude de la structure et de la dynamique des populations phytoplanctoniques des eaux marines côtières de la région de Mostaganem et d'Alger. *Mémoire de Magister.Option : Ecosystèmes Côtiers Marins et Réponses aux Stress.UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS DE MOSTAGANEM*.
- Brock T.D. 1985.** Life at High Temperatures. *Science*.Vol. 230, pp. 132-138.
- Burkhard B. 1999.** Ecology and diversity of rock-inhabiting cyanobacteria in tropical regions. *European Journal of Phycology*. Vol. 34, pp. 361-370.
- Caissie D. 2006.** The thermal regime of rivers: a review. *Freshwater Biology*. Vol. 51, pp. 1389-1406.
- Cardoso L. 2012.** Bloom of noctiluca scintillans (macartney) kofoid & swezy (dinophyceae) in southern brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*. Vol. 60, 2, pp. 267-271.
- Carmelo R.T. 1997.** Identifying Marine Phytoplankton. [éd] Academic Press ISBN : 978-0126930184. p. 858.
- Caruana A. 2010.** DMS and DMSP production by marine dinoflagellates. *Environmental Sciences, Université de East Anglia*. p. 305.
- Carvalho A.P., Silva S.O., Baptista J.M et Malcata F.X. 2011.** Light Requirements in Microalgal Photobioreactors: An Overview of Biophotonic Aspects. *Appl Microbiol Biotechnol. Appl Microbiol Biotechnol*. Vol. 89, pp. 1275-1288.
- Cembella A.D. 2003.** Chemical ecology of eukaryotic microalgae in marine ecosystems. *Phycologia*. Vol. 42, 4, pp. 420-447.
- Cole J., Caraco N et Peierls B.L. 1992.** Can phytoplankton maintain a positive carbon balance in a turbid, freshwater, tidal estuary? *Limnology and Oceanography*. Vol. 37, pp. 1608–1617.
- Compère P. 1974.** Algues de la région du lac Tchad II. Cyanophycées. *Cahier de l'ORSTOM, Série Hydrobiologie*.Vol. 7, 3-4, pp. 165-198.
- Compère P. 1976.** Algues de la région du Lac Tchad V. CHLOROPHYCOPHYTES 1ère partie. *Cahier de l'ORTOM Série Hydrobiologie*.Vol. 10, 2, pp. 77-118.
- Compère P. 1975.** Algues de la région du Lac Tchad. III. Rhodophycées, Euglénophycées, Cryptophycées, Dinophycées, Chrysophycées et Xanthophycées. *Cahier de l'ORSTOM, Série Hydrobiologie* . Vol. 9, 3, pp. 167-192.
- Crispo M. 2016.** Facteurs expliquant la composition et la diversité de la végétation vasculaire de sous-bols des peuplements de peupliers faux-trembles dans la forêt boréale au Canada. Mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en biologie. Université du Québec à Montréal . p.126.

- Da K.P., Trarore D et Assemien A.P. 1999.** Cyanophytes, Rhodophytes et Pyrrhophytes de la mare et du complexe piscicole du Parc National du Banco (Cote-d'Ivoire). *Systematics and Geography of Plants* . Vol. 69, 2, pp. 161-183.
- Dauta A. 1982.** Conditions de développement du phytoplancton. Etude comparative du comportement de huit espèces en culture. I. Détermination des paramètres de croissance en fonction de la lumière et de la température. *Annls Limnoi*. Vol. 18, 3, pp. 217-262.
- De Reviere. 2002.** *Biologie et phylogénie des algues. Tome 1.* [éd] Bellin.p.351.
- Descy J.P. 1983.** Les communautés algales de la haute meuse belge et la qualité de ses eaux: un bilan à l'automne 1981. *Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique / Bulletin van de Koninklijke Belgische Botanische Vereniging*. 1983, pp. 31-50.
- Deyab M et El-Katony T. 2015.** Algal massive growth in relation to water quality and salinity at Damietta, north of Egypt. *Journal of Coastal Life Medicine*. Vol. 3, 2, pp. 113-121.
- Dibong S.D et Ndjouondint G.P. 2014.** Inventaire floristique et écologie des algues des rivières Kambo et Longmayagui de la zone humide de Douala (Cameroun). *J. Biol. Chem. Sci*. Vol. 8, 6, pp. 2560-2577.
- Diersing N. 2009.** Phytoplankton Blooms: The Basics. *NOAA Florida Keys National Marine Sanctuary*.
- DREAL Centre .Directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement. 2014.** *Les Diatomées : bioindicateurs de la qualité de nos rivières*. 2014.
- Druart J.C et Balvay G. 2007.** Le Léman et sa vie microscopique. [éd]QUAE GIE.p. 180.
- Drurat J.C et Rimet F. 2008.** Protocoles d'analyse du phytoplancton de l'INRA : prélèvement, dénombrement et biovolumes 283 - *INRA-Thonon, Rapport SHL 283*. p. 96.
- Dupont J. 2004.** La problématique des lacs acides au Québec de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, envirodoq n°ENV/2004/0151, collection n°QE/145. *Direction du suivi*. p. 18.
- Durand J-R. 1993.** Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire: Les milieux lagunaires, Volume 2. IRD.p. 546 .
- Durand J.R., Dufour P., Guiral D et Zabi S.G.F. 1994.** Environnement et ressources aquatiques en Côte d'Ivoire : 2. Les milieux lagunaires. ORSTOM .p. 543.
- Dutartre A., Peltre M.C., Haury J., Menozzi M.J et Rebillard J.P. 2014.** Les macrophytes, partenaires ou concurrents ? *Sciences Eaux and Territoires : la Revue du IRSTEA*. Vol. 15, pp. 2-7.
- Ebrottié J.E., Konan K.F., Edia O.E., Ouattara A et Gourène G. 2013.** Composition et variation spatio-saisonnière du peuplement algal des rivières côtières du Sud-est de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*. Vol. 66, pp. 5147– 5161 .
- Eppley R.W. 1972.** Temperature and phytoplankton growth in the sea. *FISHERY BULLETIN*. Vol. 70, 4, pp. 1063-1085.
- Felföldy L.J. 1962.** On the role of pH and inorganic carbon sources in photosynthesis in unicellular algae. *Acta Biol. Acad. Sci. Hung*. Vol. 13, pp. 297-314.
- Fogged N. 1966.** Freshwater diatoms From Ghana.[éd] Munksgaard. p. 169.
- Glemarec M. 1979.** Les fluctuations temporelles des peuplements benthiques liées aux fluctuations climatiques. *OCEANOLOGICA ACTA*. Vol. 2, 3, pp. 365-371.

- Goldman J.C et Mann R. 1980.** Temperature influenced variations in speciation and the chemical composition of marine phytoplankton in outdoor mass cultures.]. *Exp Mar. Biol. Ecol.* Vol. 46, pp. 29-40.
- Golterman H.L. 1975.** Chapter 17 Nutrient Budgets and Eutrophication. *Developments in Water Science.* Vol. 2, pp. 375-402.
- Gómez F. 2012.** A checklist and classification of living dinoflagellates. *CICIMAR Océánides.* Vol. 27, 1, pp. 65-140.
- Graham L.E et Wilcox L.W. 1999.** Algae. First edition. [éd] Benjamin Cummings. p. 640.
- Greenberg A.E. 1964.** Plankton of the Sacramento River. *Ecology.* Vol. 45, 1, pp. 40-49.
- Greeson P.E. 1982.** An annotated key to the identification of commonly occurring and dominant genera of algae observed in the phytoplankton of the United States . *Geological Survey water-supply paper.* 2079. p. 138.
- Grossman A.R., Schaefer M.R., Chiang C.G et olier G.L. 1993.** The Phycobilisome, a Light-Harvesting Complex Responsive to Environmental Conditions. *MICROBIOLOGICAL REVIEWS.* Vol. 57, 3, pp. 725-749.
- Grzebyk D et Berland B. 1996.** Influences of temperature, salinity and irradiance on growth of *Prorocentrum minimum* (Dinophyceae) from the Mediterranean Sea. *Journal of Plankton Research .* Vol. 18, 10, pp. 1837-1849.
- Guiry M.D. 2012.** How many species of algae are there. *Journal of phycology.* 2012, Vol. 48, 5, pp. 1057-1063.
- Hainz R., Wo"ber C et Schagerl M. 2009.** The relationship between *Spirogyra* (Zygnematophyceae, Streptophyta) filament type groups and environmental conditions in Central Europe. *Aquatic Botany.* Vol. 91, pp. 173–180.
- Hakmi A. 2006.** traitement des eaux " traitement de de l'eau de source bousfer ORAN. *Mémoire de License. Université des sciences et de la technologie Oran.* p. 48 .
- Hightower J et Cox E.R. 1972.** Some corticolous algae of McMinn County, Tennessee, U.S.A. *Journal of Phycology.* Vol. 8, pp. 203-205.
- Hoffmann L., Komarek J et Kastovsky J. 2005.** System of cyanoprokaryotes (cyanobacteria) state in 2004. *Algological studies.* pp. 95-115.
- Hoham R.W. 1974.** Optimum Temperatures and Temperature Ranges for Growth of Snow Algae. *Arctic and Alpine Research.* Vol. 7, 1, pp. 13-24.
- Huault M.F. 1985.** Apports des diatomées à la reconstitution des paléoenvironnements : l'exemple du Marais Vernier lors de la transgression flandrienne. *Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire.* Vol. 22, 4, pp. 209-217.
- Hunt M.E., Floyd G.L et Stout B. 1979.** Soil algae in field and forest environments. *Ecology.* Vol. 60, 2, pp. 362-375.
- Huynh M et Serediak N. 2006.** Identification des algues Guide de terrain. *Agriculture et Agroalimentaire Canada.* p. 40.
- Hynes. 1970.** The Ecology of Running Waters. in : *R.Stevenson Algal Ecology : Freshwater Benthic Ecosystem.* 1996.
- Miderho C., Birimwiragi F.M., Kadorho A.S., Bisimwa H.B., Shamamba B., Safari I.M., Nkuba B, Masamba J et Walangululu. 2017.** Inventaire Floristique des Mauvaises Herbes dans une Caféculture en Pure dans le Territoire de Kabare, DR Congo. *Journal of Applied Biosciences.* Vol 119 ,pp.11904-11916.

- Iltis A. 1973.** ALGUES DES EAUX NATRONÉES DU KANEM (TCHAD) 2ème Partie. *Cah. O.R.S.T.O.M., s& Hydrobiol.* Vol. 7, 1, pp. 26-54.
- Iltis A. 1982.** Peuplements algaux de Côte d'Ivoire II. Variations saisonnières des biovolumes de la composition et de la diversité spécifique. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale.* Vol. 15, 3, pp. 241-251.
- Iltis A. 1982.** Peuplements algaux des rivières de Côte d'Ivoire I - Stations de prélèvements , méthodologie , remarques sur la composition qualitative et biovolumes. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale.* Vol. 15, 3, pp. 231-239.
- Iltis A. 1982.** Peuplements algaux des rivières de Côte d'Ivoire III. Etude du périphyton. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale.* Vol. 15, 4, pp. 302-312.
- Issouf B., Adi M., Danho F. R., Neuba., Kouao J. K., Traoré D., Visser M., Sinsin B., Lejoly J et Bogaert J. 2008.** Influence des actions anthropiques sur la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la province du Bas-Congo (R.D. Congo). *Sciences & Nature.* Vol. 5, 1, pp. 49-60.
- Jeffrey S.W., Mantoura R.F.C et Wright S.W. 1997.** Phytoplankton Pigments in Oceanography: Guidelines to Modern Methods. *Monographs on Oceanographic Methodology.* p. 661.
- Jorgensen. 1968.** The adaptation of plankton algae. 2. Aspects of the temperature adaptation of *Skeletonema costatum*. *PHYSIOLOGIA PLANTARUM.* Vol. 21, pp. 423-427.
- Mélançon J. 2012.** Le Phytoplancton: un allié face aux changements climatiques. *Le Soleil.[en ligne]* <https://www.lesoleil.com/actualite/science/le-phytoplancton-un-allie-face-aux-changements-climatiques-90663ccf0535da739c43805c3af1f031>
- Kanetsuna Y. 1973.** On the relation between the plankton and the salinity of the waters in the Hokuriku district, Japan. *Japanese Journal of Limnology* .Vol. 1, 34, pp. 24-34.
- Kannan M et Linca N. 2013.** Field guide to algae and other scums in ponds , lakes , streams and rivers. *The Boone and Kenton County Conservation Districts/ Campbell County Conservation District .Kentucky University.* p. 19.
- Keller A. 1988.** Estimating phytoplankton productivity from light availability and biomass in the MERL mesocosms and Narragansett Bay. *Marine Ecology Progress Series.* Vol. 45, 1-2, pp. 159-168.
- Kesarwani J.P., Tandon R et Tiwari G.L. 2015.** The genus *Oscillatoria* Vaucher (Cyanoprokaryota) from India. *Phykos.* Vol. 45, 1, pp. 18-29.
- Khattabi H. 2002.** Intérêts de l'étude des paramètres hydrogéologiques et Hydro - biologiques pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lixiviats de la décharge d'ordures ménagères d'Etuefont (Belfort.France). *Thèse de Doctorat. A L'Institut des Sciences de l'Environnement.Spécialité: Sciences de l'eau et de l'environnement.* p. 173.
- Kherief N., Djeddi H., Benayache N.Y et Afri-Mehennaoui F.Z. 2018.** Dynamique Des Eléments Nutritifs Et Du Phytoplancton Dans Le Barrage Béni Haroun Dans l'Est Algérien. *European Scientific Journal.*Vol. 14, 12, pp. 111-129.
- King J.M et Ward C.H 1977.** Distribution of edaphic algae as related to land usage. *Phycologia.* Vol. 16, pp. 23-30.
- Kinouchi T., Yagi H et Miyamoto M. 2007.** Increase in stream temperature related to anthropogenic heat input from urban wastewater. *Journal of Hydrology.* Vol. 335, pp. 78-88.
- Kristiansen. 2009.** Chrysophytes – Golden Algae. *Algae (Incl. Cyanobacteria).* pp. 123-129.

- Kubai D.F et Ris H. 1969.** Division in the dinoflagellate *Gyrodinium cohnii* (Schiller). A new type of nuclear reproduction. *The Journal of Cell Biology*. Vol. 40, 2, pp. 508-528.
- Kuczynska P., Rzeminska M et Strzalka K. 2015.** Photosynthetic Pigments in Diatoms. *Marine Drugs*. Vol. 13, 9, pp. 5847-5881.
- Kumar A., Ergas S., Yuan X., Sahu A., Zhang Q., Dewulf., Malcata et Van L. 2010.** Enhanced CO₂ fixation and biofuel production via microalgae: recent developments and future directions. *Trends in Biotechnology*. Vol. 28, 7, pp. 371-380.
- Kumar H.D et Singh H.N. 1971.** *A textbook on algae*. p216. ISBN : 978-0-333-26072-2.
- Kumar M.R., Vishnu S.R., Sudhanandh V.S., Faisal A.K., Shibu R., Vimexen V., Ajmal K., Aneesh KS., Antony S et Krishnan. 2014.** Proliferation of dinoflagellates in Kochi estuary, Kerala. *J Environ Biol*. Vol. 35, 5, pp. 877-882.
- Lacap D.C., Smith G.J., Warren R et Pointing S.B. 2005.** Community structure of free-floating filamentous cyanobacterial. *Can j microbiol*. Vol. 51, 7, pp. 583-589.
- Lapota D., Galt C., Losee J.R., Huddell H., Orzech J.K et Neilson. 1988.** Observations and measurements of planktonic bioluminescence in and around a milky sea. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. Vol. 119, 1, pp. 55-81.
- Lavoie I et Talbot E.S. 2016.** Les diatomées : petits chefs d'œuvre de la nature et microtechnologie 100 % naturelle au service du biosuivi des écosystèmes aquatiques. *In vivo (Athens, Greece)*. Vol. 36, 1, pp. 10-12.
- Le Bescot N. 2014.** Patrons de biodiversité à l'échelle globale chez les dinoflagellés planctoniques marins. *Thèse Sciences du Vivant [q-bio]. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI-France*.
- Lee K., Kim J.D., Lim W.A et Lee S.G. 2006.** Survival and growth of *Cochlodinium polykrikoides* red tide after addition of yellow loess. *Journal of Environmental Biology*. Vol. 30, 6, pp. 929-932.
- Lim A.S., Jeong H.J., Kim J.H, Jang et Lee K. 2015.** Mixotrophy in the newly described dinoflagellate *Alexandrium pohangense*: A specialist for feeding on the fast-swimming ichthyotoxic dinoflagellate *Cochlodinium polykrikoides*. *Harmful Algae*. Vol. 49, pp. 10-18.
- Liukkonen M., Kairesalo T et Haworth E. 1997.** Changes in the diatom community, including the appearance of *Actinocyclus normanii* f. *subsalsus*, during the biomanipulation of Lake Vesijärvi, Finland. *European Journal of Phycology*. Vol. 32, 4, pp. 353-361.
- Loez C.R et Salibian A. 1990.** Premières données sur le phytoplancton et les caractéristiques physico-chimiques du rio Reconquista (Buenos Aires, Argentine) Une rivière urbaine polluée. *Rev. Hydrobiol. trop*. Vol. 23, 4, pp. 283-296 .
- Loumrhari A., Akallal R., Mouradi A et Mouradi A. 2009.** Succession de la population phytoplanctonique en fonction des paramètres physicochimiques (sites Mehdia et Moulay Bouselham). *Afrique SCIENCE* . Vol. 5, 3, pp. 128-148.
- Magurran A.E. 2004.** *Measuring Biological Diversity*. [éd.] Wiley-Blackwell. p. 264.
- Maizatul A.Y., Radin S.R et Al-Gheethi H. 2017.** An overview of the utilisation of microalgae biomass derived from nutrient recycling of wet market wastewater and slaughterhouse wastewater. *Int Aquat Res*. Vol. 9, pp. 177-193.
- Mann D.G. 1999.** The species concept in diatoms. *Phycologia*. Vol. 38, 6, pp. 437-495 .

- Masmoudi S. 2014.** Dynamique du phytoplancton et caractérisation physiologique et moléculaire de trois espèces autotrophes de la saline de Sfax(Tunisie), un milieu extrémophile. *Thèse de Doctorat. Spécialité : Sciences agricoles.Université du Maine France.*
- Mataloni G et Tell G. 1996.** Comparative analysis of the phytoplankton plankton communities of a peat bog from Tierra del Fuego. *Hydrobiologia.* Vol. 325, pp. 101-112.
- Mikkelsen D.M et Witkowski A. 2010.** Melting sea ice for taxonomic analysis: a comparison of four melting procedures. *Polar Research.* Vol. 29, 3, pp. 451-454.
- Mohseni O et Stefan H.G. 1999.** Stream temperature/air temperature relationship: a physical interpretation. *Journal of Hydrology .* Vol. 218, pp. 128-141.
- Mollo P et Nourry A. 2013.** Le manuel du plancton. [éd.] Charles Léopold Mayer. p.197
- Morales J. 2014.** liens entre la météorologie et l'abondance de phytoplancton dans l'océan à partir des images satellites. *Maîtrise en environnement.Université de Sherbrooke.*
- Mukherjee M., Karna S.K., Suresh V.R., Manna R.K., Panda D., Sharma A.P., Pati M.K., Mandal S et Ali Y. 2016.** Dinoflagellate diversity and distribution in Chilika Lagoon with description of new records. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences.* Vol. 45, 8, pp. 999-1009.
- Murray W.N. 2008.** *Biologie végétale: Structures, fonctionnement, écologie et biotechnologies.* [éd.] Pearson. 2008. p. 614.
- Necib A., Houda R et Larbi B. 2013.** La bio-indication de la pollution aquatique par les microalgues (Cas de l'Oued "Bounamoussa" et du Lac des" Oiseaux"). *Rev.Sci.Technol.Synthese* 27. pp. 6-14.
- Oertli B et Frossard P.A. 2013.** Mares et étangs. Ecologie, gestion, aménagement et valorisation. [éd] PRUR. ISBN : 978-2880749637.p.480.
- Ogataa T., Masaaki K., Setsuzo N., Masayuki K., Tsunenori N., Tetzuya K et Mamoru M.1995.** A novel peridinin-chlorophyll a protein (PCP) from the marine dinoflagellate *Alexandrium cohorticula*: A high pigment content and plural spectral forms of peridinin and chlorophyll a. *FEBS Letters.* Vol. 356, pp. 367-371.
- Okada H et Honjo S. 1973.** The distribution of oceanic coccolithophorids in the Pacific. *Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts.* Vol. 20, pp. 355-364.
- Olrik K. 1992.** Ecology of *Peridinium willei* and *P. volzii* (Dinophyceae) in Danish lakes. *Nord. J. Bot.* Vol. 12, pp. 557-568.
- Palmer C.M. 1962.** Algae In Water Supplies Of Ohio. *The Ohio Journal Of Science.* Vol. 62, 5, pp. 225-244.
- Palmisano A et Sullivan C. 1982.** Physiology of sea ice diatoms I. Response of three plover diatoms to a simulated summer-winter transition. *J. Phycol.* 18, pp. 489-498.
- Parke M et Peter D. 1976.** Check-list of British marine algae—third revision. *J. Mar. Biol. Assn.* Vol. 56, pp. 527-594.
- Pearsall W.H. 1932.** Phytoplankton in the English lakes. II : The composition of the phytoplankton in relation to dissolved substances. *Jour. Ecol.* Vol. 20, pp. 241-262.
- Peltre M.C., Muller S., Dutartre A et Barbe J. 1997.** Macrophytes des eaux continentales.Biologie et écologie des espèces végétales proliférant en France. Synthèse bibliographique. Les études de l'agence de l'eau N°68 .p. 199.

- Peltre M.C., Muller S., Ollivier M., Dutartre A., BARBE J., Haury J et Trémolieres M. 2002.** Les proliférations végétales aquatiques en France : caractères biologiques et écologiques des principales espèces et milieux propices. I. Bilan d'une synthèse bibliographique. *Bulletin français de la pêche et de la pisciculture*.
- Peterson D.H., Perry M.J., Bencala K.E et Talbot M.C. 1987.** Phytoplankton productivity in relation to light intensity: A simple equation. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. Vol. 24, pp. 813-832.
- Phillips N., Calhoun S., Moustafa A., Bhattacharya D et Braun E. 2008.** Genomic insights to evolutionary relationships among Heterokont lineages emphasizing the Phaeophyceae. *Journal of Phycology*. 44, pp. 15-18.
- Pinnel A., Mazumder A., Lacroix G et Lazzaro X. 1998.** Les réseaux trophiques lacustres : Structure, fonctionnement interactions et variations spatio-temporelles. : *Rev. Sci. Eau, N° spécial*. pp. 163-197.
- Polat S., Sarihan E et Koray T. 2000.** .Seasonal Changes in The Phytoplankton of The Northeastern Mediterranean (Bay Of Iskenderun). *Turkish Journal of Botany*. Vol. 24, pp. 1-12.
- Poulton A.J., Holligan P., Charalampopoulou A et Adey T. 2017.** Coccolithophore ecology in the tropical and subtropical Atlantic Ocean: New perspectives from the Atlantic meridional transect (AMT) programme. *Progress in Oceanography*. Vol. 158, pp. 150-170.
- Prescott G.W. 1962.** *Algae of the Western Great Lakes area*. [éd.] WM. C. Brown Comapany Dubuque. ISBN : 978-0697045522.p.977.
- Prescott G.W. 1954.** How to know the Freshwater Algae. [éd.] WM. C. Brown Comapany .Dubuque. p. 211.
- Quéguiner B. 2013.** Structure et Fonctionnement des Ecosystèmes Pélagiques Marins. *Centre d'Océanologie de Marseille, Aix-Marseille Université ; CNRS ; LOBUMR 6535, Laboratoire d'Océanographie et de Biogéochimie, OSU/Centre d'Océanologie de Marseille*. p. 93.
- Rae P.M. 1973.** 5-Hydroxymethyluracil in the DNA of a Dinoflagellate. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. 70, 4, pp. 1141-1145.
- Raikov I.B. 1995.** The Dinoflagellate Nucleus and Chromosomes: Mesokaryote Concept. *Acta Protozoologica*.Vol. 34, 4, pp. 239-247.
- Rao C.B. 1954.** On the distribution of algae in a group of six small ponds algal periodicity. *Jour. Ecol.*Vol. 43, 1, pp. 291-308.
- Raven J.A., Richardson et Beardall J. 1983.** Adaptation of unicellular algae to irradiance: an analysis of strategies. *The New Phytologist*. Vol. 93, 2, pp. 157-191.
- Reynolds C.S. 2006.** *The Ecology of Phytoplankton*. [éd.] Cambridge University Press. 2006.p.552.
- Rhee G-Y. 1982.** Effects of environmental factors and their interactions on phytoplankton growth. *Advances in Microbial Ecology*. Vol. 6, pp. 33-74.
- Rizzo P.J. 2003.** Those amazing dinoflagellate chromosomes. *Cell Research*. Vol. 13, 4, pp. 215-217.
- Robinson G.G., Gurney S.E et Goldsborough G. 1997.** The primary productivity of benthic and planktonic algae in a prairie wetlands under controlled water-level regimes. *Wetlands*. Vol. 17, 2, pp. 182-194.
- Round F.E. 1991.** Diatoms in River Water-Monitoring Studies. *Journal of Applied Phycology*. Vol. 3, 2, pp. 129-145 .
- Rumeau A et Coste M. 1988.** Initiation à la systématique des diatomées d'eau douce. Pour l'utilisation pratique d'un indice diatomique générique. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*. Vol. 309, pp. 1-69.

- Sardet C. 2015.** *Plankton: Wonders of the Drifting World*. [éd] University of Chicago Press ISBN: 978-0226188713.p. 224.
- Savouré B. 1969.** Contribution to the biology of freshwater algae from a pond in brittany. I: The natural environment. *Annls Limnol.* Vol. 5, 2, pp. 85-122.
- Schnepf E et Elbrächter M. 1992.** Nutritional strategies in dinoflagellates: a review with emphasis on cell biological aspects. *European Journal of Protistology.* Vol. 28, 1, pp. 3-24.
- Seckbach J. 1991.** Systematic problems with cyanidium caldarium and galdieria sulphuraria and their implications for molecular biology studies. *Journal of Phycology.* Vol. 27, pp. 794-796.
- Segal S. 1969.** *Ecological Notes on Wall Vegetation*. [éd.] Springer. ISBN: 978-94-017-5802-4 .p.325.
- Sereda J., Bogard M., Hudson J., Helps D et Dessouki T. 2011.** Climate warming and the onset of salinization: Rapid changes in the limnology of two northern plains lake. *Limnologica.* Vol. 41, 1, pp. 1-9.
- Sharma N.K et Rai A.K. 2011.** Biodiversity and biogeography of microalgae: Progress and pitfalls. *Environmental Reviews.* Vol. 19, 1,pp. 1-15.
- Sheath R.G. 1984.** The biology of freshwater red algae in Wehr, Sheath,Kociolek. 2003. *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*. [éd.] Academic Press.1984.p.917.
- Sherr E.B et Sherr B.F. 2002.** Significance of predation by protists in aquatic microbial food webs. *Antonie van Leeuwenhoek Int J G.*Vol. 81, pp. 293-308.
- Sehili N. 2008.** Evolution des peuplements phytoplanctoniques au niveau du lac Oubéira Et la lagune El Mellah . *Mémoire de Magister en Science de la Mer. Option : environnement littoral.Université Badji-Mokhtar . Annaba.*
- Sialve B et Steyer J-P. 2013.** Les microalgues, promesses et défis. *Innovations Agronomiques.* Vol. 26, pp. 25-39.
- Sieburth J., Smetacek V et Lenz J. 1978.** Pelagic ecosystem structure: Heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions 1.American Society Of Limnology And Oceanography. Vol. 23, 6, pp. 1256-1263.
- Sigee D.C et Bellinger E.J. 2010.** *Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators*. [éd] Wiley-Blackwell. p. 271.
- Simonsen R. 1987.** *Atlas and catalogue of the diatom types of Friedrich Hustedt*. [éd] J. Cramer. ISBN 978-3-443-50007-8.p.772.
- Skejic S., Marasović I., Jozić S., Bužančić M., Arapov J et Ninčević G. 2017.** Morphology and ecology of the poorly known dinoflagellate *Prorocentrum arcuatum* (Dinophyceae) from the Medulin Bay (eastern Adriatic Sea). *ACTA ADRIAT.* Vol. 58, 1, pp. 41-52.
- Skinner R., Sheldon F et Walker K.F. 2001.** Propagules in dry wetland sediments as indicators of ecological health: effects of salinity. *Reg. Riv : Res & Manag.*Vol. 17, pp. 191-197.
- Sládecková A 1962.** Limnological investigation methods for the periphyton ("aufwuchs") community. *Botany Review.* Vol. 28, pp. 286-350.
- Smayda T.J. 1997.** Harmful algal blooms: Their ecophysiology and general relevance to phytoplankton blooms in the sea. *Limnology and Oceanography.* Vol. 42, 5, pp. 1137-1153.
- Soltis D.E et Doyle J.J . 1998.** *Molecular Systematics of Plants II: DNA Sequencing*. [éd.] Springer US. ISBN 978-0-412-11121-1.p. 574.

- Spector D.L. 1984.** *Dinoflagellates*. [éd.] Academic Press. ISBN : 0126565201, 9780126565201. p. 545.
- Stein J.R et Amundsen C.C. 1967.** Studies on snow algae and fungi from the front range of Colorado. *Canadian Journal of Botany*. Vol. 45, pp. 2033-2045.
- Stevenson R.J., Bothwell M., Lowe R et Thorp J. 1996.** *Algal Ecology: Freshwater Benthic Ecosystem*. [éd.] Academic Press. p. 753.
- Stevenson R.J et Stoermer E. 1981.** Quantitative differences between benthic algal communities along a depth gradient in lake MICHIGAN 1 , 2. *Journal of Phycology*. Vol. 17, 1, pp. 29-36.
- Stickney H.L., Hood R.R et Stoecker D.K. 2000.** The impact of mixotrophy on planktonic marine ecosystems. *Ecological Modelling*. Vol. 125, pp. 203-230.
- Stockner G.J et Antia N.J. 1986.** Algal Picoplankton from Marine and Freshwater Ecosystems: A Multidisciplinary Perspective. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. Vol. 43, 12, pp. 2472-2503.
- Stoermer E et Smol J.P. 1999.** *The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences*. [éd] Cambridge, UK: Cambridge University Press. p.469.
- Stout J.D. 1973.** The Relationship between Protozoan Populations and Biological Activity in Soils. *Integrative and Comparative Biology*. Vol. 13, pp. 193-201.
- Stumm W et Morgan J. 1995.** *Aquatic Chemistry: Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters*, 3rd Edition. [éd] Wiley Blackwell. p. 1040.
- Tada K., Pithakpol S et Montani S. 2004.** Seasonal variation in the abundance of *Noctiluca scintillans* in the Seto Inland Sea, Japan. *Plankton Biol. Ecol.* Vol. 51, 1, pp. 7-14.
- Takamura N., Iwakuma T et Yasuno M. 1985.** Photosynthesis and Primary Production of *Microcystis agruginosa* in Lake Kasumigaura. *Journal of Plankton Research*. Vol. 7, 3, pp. 303-312.
- Taylor F.J.R., Hoppenrath M et Saldarriaga J.S. 2008.** Dinoflagellate diversity and distribution. *Biodiversity and Conservation*. Vol. 17, 2, pp. 407-418.
- Terrell CH. 1991.** *Water Quality Indicators Guide: Surface Waters*. [éd] Diane Pub Co. p. 129.
- Tett P et Barton E.D. 1995.** Why are there about 5000 species of phytoplankton in the sea? *Journal of Plankton Research*. Vol. 17, 8, pp. 1693-1704.
- Thompson P., Guo M et Harrison P. 1992.** Effects of variation in temperature. I. On the biochemical composition of eight species of marine phytoplankton. *J. Phycol.* Vol. 28, pp. 481-488.
- Thyssen M., Mathieu D., Garcia N et Denis M. 2008.** Short-term variation of phytoplankton assemblages in Mediterranean coastal waters recorded with an automated submerged flow cytometer. *Journal of Plankton Research*. Vol. 30, 9, pp. 1027-1040.
- Trégouboff G et Rose M. 1957 .** *Manuel de planctologie méditerranéenne. Tome II . Illustrations*. Centre de la recherche scientifique. Paris .
- Treyture C., Chauvin C., Menay M., Dutartre A et Moreau L. 2010.** Protocole standardisé d'échantillonnage et de conservation du phytoplancton en grands cours d'eau applicable aux réseaux de mesure DCE. *Cemagref*. p.19.
- Treyture C., Peltre M.C., Lambert E., Rodriguez S., Vergon J.P et Chauvin CH. 2014.** Guide pratique de détermination des algues macroscopiques d'eau douce et de quelques organismes hétérotrophes. [éd] Les éditions de l'irstea Bordeaux. p. 204.

- Truter E. 1987.** An aid to the identification of the dominant and commonly occurring genera of algae observed in some South African impoundments. [éd] *Department of water affairs hydrological research institute*. p. 100.
- Underwood A.J. 1984.** The vertical distribution and seasonal abundance of intertidal microalgae on a rocky shore in New South Wales. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. Vol. 78, pp. 199-220.
- Vannote R., Minshall W., Cummins K., Sedell J et Cushing C. 1980.** The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aqua. Sci.* Vol. 37, pp. 130-137.
- Vaquer A., Pons V et Lautier J. 1997.** Distribution spatio-temporelle du phytoplancton dans le réservoir de Petit-Saut (Guyane Française). *Hydroécol. Appl.* Vol. 9, pp. 169-193.
- Veron G., Morales I et Garcia L. 2013.** Bioluminescent algae and possible implications in architectural design. 29^{ème} conférence. *PLEA 2013 - Sustainable Architecture for a Renewable Future*.
- Vis M.L., Sheath R., Hambrook J.A et Cole K.M. 1994.** Stream macroalgae of the Hawaiian Islands: A preliminary study. *Pacific Science*. Vol. 48, pp. 175-187.
- Vuuren S.J., Taylor J., Ginkel C et Gerber A. 2006.** Easy identification of the most freshwater algae . A guide for the identification of microscopic algae in South African freshwaters. [éd] Resource Quality Services.p. 211.
- Walsby A.E. 1994.** Gas Vesicles. *Microbiological reviews*. Vol. 58, 1, pp. 94-144.
- Ward D.M et Castenholz R.W. 2000.** Cyanobacteria in geothermal habitats. *in: Whitton, B. A., Potts, M., Eds., The ecology of cyanobacteria: Their diversity in time and space. Kluwer Dordrecht*. pp. 37-59.
- Wehr J., Sheath R et Kociolek J P . 2003.** *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*. [éd.] Academic Press. p.917.
- Wetzel R.G. 1983.** *Periphyton of Freshwater Ecosystems: Proceedings of the First International Workshop on Periphyton of Freshwater Ecosystem*. [éd] Springer Netherlands. ISBN : 978-94-009-7295-7.p 365.
- Whitton B.A et Brian A. 2012.** *Ecology of Cyanobacteria II : Their diversity in space and time*. Springer. ISBN : 978-94-007-5598-7 p. 759.
- Whitton B.A et Potts M. 2000.** *The Ecology of Cyanobacteria :Their Diversity in Time and Space*. [éd] Springer Netherlands. ISBN: 978-0-7923-4735-4.p. 669.
- Whitton B.A et Kelly M.G. 1995.** The Trophic Diatom Index: A New Index for Monitoring Eutrophication in Rivers. *Journal of Applied Phycology*. Vol. 7, 4, pp. 433-444 .
- Woelkerling J-W. 1976.** Wisconsin desmids. I. Aufwuchs and plankton communities of selected acid bogs, alkaline bogs, and closed bogs. *Hydrobiologia*. 1976, Vol. 48, pp. 209-232.
- Wołowski K et Grabowska M. 2007.** Trachelomonas species as the main component of the euglenophyte community in the Siemianówka Reservoir (Narew River, Poland). *Ann. Limnol. - Int. J. Lim.* Vol. 43, 3, pp. 207-218.
- Yung Y.K., Stokes P et Gorham E. 1986.** Algae of selected continental tal and maritime bogs in North America. *Canadian Journal of Botany*. Vol. 64, pp. 1825-1833.
- Zakaria M et Mesaad I. 2007.** First report on Noctiluca scintillans blooms in the Red Sea of the coasts of Saudi Arabia : Consequences of eutrophication. *Oceanologia*. Vol. 49, 3, pp. 337-351.
- Zanden M., Olden J., Gratton C et Tunney T. 2016.** Food Web Theory and Ecological Restoration. [éd.] Iceland Press. *Foundations of Restoration Ecology*. Chapitre 11. pp. 301-329.

Zang CH., Huang H., Wu M., Shenglan D., Scholz M., Gao F., Lin C., Yong G et Yu Dong. 2011. Comparison of Relationships Between pH, Dissolved Oxygen and Chlorophyll a for Aquaculture and Non-aquaculture Waters. *Water Air Soil Pollut.* Vol. 219, pp. 157–174.

Annexes

Annexe 1. Répartition spatiale des espèces phytoplanctoniques durant la période d'étude au niveau des quatre sites.

Embranchement	Classe	Liste d'espèces	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4
Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Haematococcus sp</i>	-	+	-	-
		<i>Pandorina sp</i>	-	-	+	-
		<i>Scenedesmus sp</i>	-	-	+	-
		<i>Schroederia sp</i>	-	-	-	+
		<i>Tetraedron minimum</i>	-	-	-	+
		<i>Tetraedron codatum</i>	-	-	-	+
		<i>Bulbochaete sp</i>	-	-	+	-
	Zygnematophyceae	<i>Mougeautia sp</i>	-	-	+	-
		<i>Spirogyra sp</i>	+	+	-	-
		<i>Cosmarium sp</i>	+	-	-	-
		<i>Hyalotheca sp</i>	-	+	-	-
		<i>Zygnema sp</i>	-	-	+	-
	Ulvophyceae	<i>Rhizoclonium sp</i>	-	+	+	-
	Trebouxiophyceae	<i>Chodatella sp</i>	-	-	+	-
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	<i>Licmophora sp</i>	-	-	+	-
		<i>Pinnularia sp</i>	-	-	+	-
		<i>Gomphonema sp</i>	-	-	+	-
		<i>Nitzschia sp</i>	+	-	-	-
		<i>Navicula sp</i>	+	-	-	-
		<i>Diatoma sp</i>	+	-	+	-

		<i>Cymbella sp</i>	+	-	-	-
		<i>Synedra sp</i>	+	-	-	-
		<i>Fragilaria sp</i>	+	-	-	-
		<i>Surirella sp</i>	-	-	+	-
		<i>Melosira sp</i>	-	-	-	+
		<i>Rhopalodia sp</i>	+	-	-	-
	Coscinodscophyceae	<i>Coscinodiscus sp</i>	+	+	-	-
		<i>Actinocyclus sp</i>	-	+	-	-
Cyanophyta	Cyanophyceae	<i>Oscillatoria sp 1</i>	-	-	+	-
		<i>Oscillatoria sp 2</i>	-	-	+	-
Euglenophyta	Euglenophyceae	<i>Lepocinclis sp 1</i>	-	-	+	-
		<i>Lepocinclis sp 2</i>	-	-	+	-
		<i>Trachelomonas sp1</i>	-	-	+	+
		<i>Trachelomonas sp 2</i>	+	+	+	+
		<i>Trachelomonas sp 3</i>	-	-	+	-
		<i>Phacus sp</i>	+	+	+	-
		<i>Euglena sp 1</i>	-	-	+	-
		<i>Euglena sp 2</i>	+	-	-	-
Dinophyta	Dinophyceae	<i>Peridinium sp 1</i>	-	-	+	-
		<i>Peridinium sp 2</i>	-	-	+	-
		<i>Peridinium sp 3</i>	-	+	-	-
		<i>Procentrum sp</i>	+	+	-	-

		<i>Gymnodonium sp</i>	-	-	+	-
Ochrophyta	Chrysophyceae	<i>Dinobryon sp</i>	+	+	-	-

+ indique la présence de l'espèce

- indique l'absence de l'espèce

Annexe 2. Répartition temporelle des espèces phytoplanctoniques

Classe	Liste d'espèces	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Chlorophyceae	<i>Haematococcus sp</i>					+	
	<i>Pandorina sp</i>						+
	<i>Scenedesmus sp</i>						+
	<i>Schroederia sp</i>						+
	<i>Tetraedron minimum</i>		+				
	<i>Tetraedron codatum</i>						+
	<i>Bulbochaete sp</i>						+
Bacillariophyceae	<i>Licmophora sp</i>						+
	<i>Pinnularia sp</i>						+
	<i>Gomphonema sp</i>						+
	<i>Nitzschia sp</i>					+	
	<i>Navicula sp</i>					+	
	<i>Diatoma sp</i>					+	+
	<i>Cymbella sp</i>					+	
	<i>Synedra sp</i>					+	
	<i>Fragilaria sp</i>					+	
	<i>Surirella sp</i>						+
	<i>Melosira sp</i>		+				
<i>Rhopalodia sp</i>					+		
Cyanophyceae	<i>Oscillatoria sp 1</i>						+
	<i>Oscillatoria sp 2</i>						+
Zygnematophyceae	<i>Mougeautia sp</i>						+
	<i>Spirogyra sp</i>	+		+			
	<i>Cosmarium sp</i>					+	
	<i>Hyalotheca sp</i>					+	
	<i>Zygnema sp</i>						+
Euglenophyceae	<i>Lepocinclis sp 1</i>						+
	<i>Lepocinclis sp 2</i>						+
	<i>Trachelomonas sp1</i>				+	+	
	<i>Trachelomonas sp2</i>	+	+		+		+
	<i>Trachelomonas sp3</i>						+

	<i>Phacus sp</i>	+			+	+	
	<i>Euglena sp 1</i>						+
	<i>Euglena sp 2</i>					+	
Dinophyceae	<i>Peridinium sp 1</i>				+		
	<i>Peridinium sp 2</i>						+
	<i>Peridinium sp 3</i>	+					
	<i>Procentrum sp</i>	+			+		
	<i>Gymnodonium sp</i>				+		
Ulvophyceae	<i>Rhizoclonium sp</i>	+					+
Chrysophyceae	<i>Dinobryon sp</i>	+					
Coscinodiscophyceae	<i>Coscinodiscus sp</i>	+				+	
	<i>Actinocyclus sp</i>					+	
Trebouxiophyceae	<i>Chodatella sp</i>						+

P = prélèvement

Annexe 3. Fréquences centésimales des espèces des microalgues dans les différents sites pendant la période d'étude (Avril à Juin 2018).

Liste des espèces	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Total
<i>Haematococcus sp</i>	0	0.47	0	0	0.47
<i>Pandorina sp</i>	0	0	0.47	0	0.47
<i>Scenedesmus sp</i>	0	0	0.47	0	0.47
<i>Schroederia sp</i>	0	0	0	0.47	0.47
<i>Tetraedron minimum</i>	0	0	0	0.95	0.95
<i>Tetraedron codatum</i>	0	0	0	0.47	0.47
<i>Bulbochaete sp</i>	0	0	3.82	0	3.82
<i>Licmophora sp</i>	0	0	1.43	0	1.43
<i>Pinnularia sp</i>	0	0	0.95	0	0.95
<i>Gomphonema sp</i>	0	0	0.95	0	0.95
<i>Nitzschia sp</i>	3.34	0	0	0	3.34

<i>Navicula sp</i>	3.82	0	0	0	3.82
<i>Diatoma sp</i>	0.47	0	4.30	0	4.78
<i>Cymbella sp</i>	3.34	0	0	0	3.34
<i>Synedra sp</i>	2.39	0	0	0	2.39
<i>Fragilaria sp</i>	1.43	0	0	0	1.43
<i>Surirella sp</i>	0	0	0.95	0	0.95
<i>Melosira sp</i>	0	0	0	0.47	0.47
<i>Rhopalodia sp</i>	0.47	0	0	0	0.47
<i>Oscillatoria sp 1</i>	0	0	0.95	0	0.95
<i>Oscillatoria sp 2</i>	0	0	0.47	0	0.47
<i>Mougeautia sp</i>	0	0	4.78	0	4.78
<i>Spirogyra sp</i>	0.47	7.17	0	0	7.65
<i>Cosmarium sp</i>	0.47	0	0	0	0.47
<i>Hyalotheca sp</i>	0	0.95	0	0	0.95
<i>Zygnema sp</i>	0	0	0.47	0	0.47
<i>Lepocinclis sp 1</i>	0	0	5.26	0	5.26
<i>Lepocinclis sp 2</i>	0	0	1.43	0	1.43
<i>Trachelomonas sp1</i>	0	0	0.47	0.47	0.95
<i>Trachelomonas sp 2</i>	0.47	0.47	0.95	0.47	2.39
<i>Trachelomonas sp 3</i>	0	0	0.47	0	0.47
<i>Phacus sp</i>	0.47	0.47	0.47	0	1.43
<i>Euglena sp 1</i>	0	0	0.47	0	0.47
<i>Euglena sp 2</i>	0.47	0	0	0	0.47
<i>Peridinium sp 1</i>	0	0	0.47	0.47	0.47
<i>Peridinium sp 2</i>	0	0	29.18	0	29.18
<i>Peridinium sp 3</i>	0	0.95	0	0	0.95

<i>Procentrum sp</i>	0.47	0.47	0	0	0.95
<i>Gymnodonium sp</i>	0	0	0.47	0	0.47
<i>Rhizoclonium sp</i>	0	0.47	2.32	0	2.87
<i>Dinobryon sp</i>	1.91	0.47	0	0	2.39
<i>Coscinodiscus sp</i>	0.95	0.47	0	0	1.43
<i>Actinocyclus sp</i>	0	0.47	0	0	0.47
<i>Chodatella sp</i>	0	0	0.47	0	0.47
Total	20.94	12.83	62.44	3.77	100%

Annexe 4. Fréquences centésimales des classes des microalgues dans les différents sites pendant la période d'étude (Avril à Juin 2018).

Liste des Classes	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Total
Chlorophycées	0	0.47	4.76	1.89	7.12
Bacillariophycées	15.26	0	8.58	0.47	24.31
Cyanophycées	0	0	1.42	0	1.42
Zygnématophycées	0.94	8.12	5.25	0	14.31
Euglénophycées	1.41	0.94	9.52	0.94	12.81
Dinophycées	0.47	1.42	30.12	0.47	32.48
Ulvophycées	0	0.47	2.32	0	2.79
Chrysophycées	1.91	0.47	0	0	2.38
Coscinodiscophycées	0.95	0.94	0	0	1.89
Trebouxiophycées	0	0	0.47	0	0.47
Total	20.94	12.83	62.44	3.77	100%

Annexe 5. Fréquence d'occurrence des espèces du phytoplancton dans les différents sites.

Liste des espèces	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Fo% totale de l'espèce	Statut de l'espèce
<i>Haematococcus sp</i>	0	8.33	0	0	8.33	Accessoire
<i>Pandorina sp</i>	0	0	8.33	0	8.33	Accessoire
<i>Scenedesmus sp</i>	0	0	8.33	0	8.33	Accessoire
<i>Schroederia sp</i>	0	0	0	8.33	8.33	Accessoire
<i>Tetraedron minimum</i>	0	0	0	8.33	8.33	Accessoire
<i>Tetraedron codatum</i>	0	0	0	8.33	8.33	Accessoire
<i>Bulbochaete sp</i>	0	0	0	8.33	8.33	Accessoire
<i>Licmophora sp</i>	0	0	8.33	0	8.33	Accessoire
<i>Pinnularia sp</i>	0	0	8.33	0	8.33	Accessoire
<i>Gomphonema sp</i>	0	0	8.33	0	8.33	Accessoire
<i>Nitzschia sp</i>	8.33	0	0	0	8.33	Accessoire
<i>Navicula sp</i>	8.33	0	0	0	8.33	Accessoire
<i>Diatoma sp</i>	8.33	0	8.33	0	16.66	Accessoire
<i>Cymbella sp</i>	8.33	0	0	0	8.33	Accessoire
<i>Synedra sp</i>	8.33	0	0	0	8.33	Accessoire
<i>Fragilaria sp</i>	8.33	0	0	0	8.33	Accessoire
<i>Surirella sp</i>	0	0	8.33	0	8.33	Accessoire
<i>Melosira sp</i>	0	0	0	8.33	8.33	Accessoire
<i>Rhopalodia sp</i>	8.33	0	0	0	8.33	Accessoire
<i>Oscillatoria sp 1</i>	0	0	8.33	0	8.33	Accessoire
<i>Oscillatoria sp 2</i>	0	0	8.33	0	8.33	Accessoire
<i>Mougeautia sp</i>	0	0	8.33	0	8.33	Accessoire
<i>Spirogyra sp</i>	8.33	25	0	0	33.33	Constante

<i>Cosmarium sp</i>	8.33	0	0	0	8.33	Accessoire
<i>Hyalotheca sp</i>	0	8.33	0	0	8.33	Accessoire
<i>Zygnema sp</i>	0	0	8.33	0	8.33	Accessoire
<i>Lepocinclis sp 1</i>	0	0	8.33	0	8.33	Accessoire
<i>Lepocinclis sp 2</i>	0	0	8.33	0	8.33	Accessoire
<i>Trachelomonas sp1</i>	0	0	8.33	8.33	16.66	Accessoire
<i>Trachelomonas sp 2</i>	0	8.33	8.33	16.66	33.33	Constante
<i>Trachelomonas sp 3</i>	0	0	8.33	0	8.33	Accessoire
<i>Phacus sp</i>	8.33	8.33	8.33	0	25	Constante
<i>Euglena sp 1</i>	0	0	8.33	0	8.33	Accessoire
<i>Euglena sp 2</i>	8.33	0	0	0	8.33	Accessoire
<i>Peridinium sp 1</i>	0	0	8.33	0	8.33	Accessoire
<i>Peridinium sp 2</i>	0	0	8.33	0	8.33	Accessoire
<i>Peridinium sp 3</i>	0	16.66	0	0	16.66	Accessoire
<i>Procentrum sp</i>	8.33	8.33	0	0	16.66	Accessoire
<i>Gymnodonium sp</i>	0	0	8.33	0	8.33	Accessoire
<i>Rhizoclonium sp</i>	8.33	8.333	0	0	16.66	Accessoire
<i>Dinobryon sp</i>	8.33	8.33	0	0	16.66	Accessoire
<i>Coscinodiscus sp</i>	8.33	8.33	0	0	16.66	Accessoire
<i>Actinocyclus sp</i>	0	8.33	0	0	8.33	Accessoire
<i>Chodatella sp</i>	0	0	8.33	0	8.33	Accessoire

Annexe 6. Les valeurs de l'indice de Shannon Weaver et l'indice d'équitabilité dans les différents sites.

	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4
Indice de Shannon Weaver	3,42	2,43	3,08	2,52

Indice d'équitabilité	0.87	0.7	0.67	0.97
------------------------------	------	-----	------	------

Annexe 7. La classification des eaux selon le taux de salinité (Durand et *al.*, 1994).

type d'eau	Salinité (g/l)
eau limnique	0 – 0.05
eau oligohaline	0.05 - 5.00
eau mésohaline	5.00 - 18.00
eau polyhaline	18.0 - 30.00
eau euhaline	30.00 - 40.00
eau hyperhaline	>40.00

Annexe 8. Le taux de minéralisation des eaux selon les valeurs des conductivités.

Taux de minéralisation	Conductivité $\mu\text{S/cm}$
Minéralisation très faible	< 100
Minéralisation faible	100 - 200
Minéralisation moyenne	200 - 333
Minéralisation moyenne accentuée	333 - 666
Minéralisation importante	666 - 1000
Minéralisation élevée	> 1000

Annexe 9. Moyennes mensuelles des températures, précipitations et d'humidité caractérisant la région de Jijel pour la période 2006-2016 (O.N.M Station d'Achouat, 2017).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou	Sept	Oct	Nov	Déc
P (mm)	135.3	151.9	130.4	71.2	50.5	18.2	2.0	19.6	68.7	106.8	169.3	148.2
T (°C)	11.0	12.1	13.6	16.6	19.4	22.8	26.1	26.3	24.0	21.3	16.9	13.2
H (%)	77.3	74.1	73.37	76.79	76.4	73.4	73.5	69.4	66.1	74.1	75.4	76.8

Annexe 10. Variations spatiotemporelles des paramètres physico-chimiques dans les sites d'étude (Avril à Juin 2018).

	Prélèvement n°1				Prélèvement n°2				Prélèvement n°3			
Sites Paramètres	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Salinité	3.2	4	1.6	2.3	2.8	3.3	1.2	3.6	2.6	3.2	1.3	3.6
pH	7.76	7.6	8.07	8.5	7.73	7.99	8	7.1	7.97	8.34	8.32	7.7
Température (°C)	23.3	27.7	20.2	25.9	20.5	24.4	24	25.2	27	27.9	27	28.2
Conductivité (mS/cm)	6.4	7.7	3.41	4.77	6.1	6.1	2.57	6.77	5.38	6.5	2.66	7.15

Résumé : Notre étude a pour objectif de caractériser et expliquer l'évolution spatio-temporelle du phytoplancton en réponse aux plusieurs facteurs écologiques. L'étude a été réalisée au niveau de quatre retenues collinaires de la région de Jijel dans une période qui s'étale de 22 Avril jusqu'à 04 Juin 2018. Les échantillons ont été prélevés à l'aide d'un filet à phytoplancton puis observés par le microscope optique. L'échantillonnage a été accompagné par des mesures concomitantes des paramètres physico-chimiques (pH, température, conductivité et salinité). Un total de 44 taxons a été identifiés. Les résultats révèlent que la composition phytoplanctonique est hétérogène au niveau spatial et temporelle. On signale que la retenue d'Emir Abdelkader était la plus riche en espèces, tandis que la retenue de Kella était la plus diversifiée et la retenue de Tleta 2 était la plus équitable. L'étude a montré que cette variabilité est régie par plusieurs facteurs climatiques, physique et chimique.

Mots clés : Microalgues, retenue collinaire, Jijel, diversité spécifique, facteur écologique

Abstract: Our study aims to characterize and explain the spatio-temporal evolution of phytoplankton in response to several ecological factors. The study was carried out at four hill reservoirs in the Jijel region in a period starting from 22 April to 04 June 2018. The samples were taken using a phytoplankton net then observed by the optical microscope. Sampling were accompanied by concomitant measurements of physico-chemical parameters (pH, temperature, conductivity and salinity). A total of 44 taxa have been identified. The results reveal that the phytoplankton composition is spatially and temporally heterogeneous. It is reported that Emir Abdelkader's dam shelters more species, while Kella's dam was the most diversified and the Tleta 2 dam was the most equitable. The study showed that this variability is governed by several climatic, physical and chemical factors.

Key words: Microalgae, hill reservoir, Jijel, species diversity, ecological factor.

ملخص: تهدف هذه الدراسة لوصف وشرح تطور العوالق النباتية واختلاف توزعها الزماني والمكاني بناء على العديد من العوامل البيئية. الدراسة أجريت على أربعة سدود صغيرة في منطقة جيجل في الفترة الممتدة من 22 أبريل إلى 4 جوان 2018. اتخذت العينات بواسطة شبكة مخصصة للعوالق النباتية كما تم قياس درجة الحموضة، درجة الحرارة، الناقلية ودرجة الملوحة. بعد ملاحظة العينات بواسطة المجهر الضوئي تم تحديد 44 نوع. بينت النتائج تباينا في التنوع الأحيائي على مستوى السدود التي تمت دراستها كما كشفت عن وجود تغير في تركيبة العوالق النباتية ويرجع ذلك لتأثير العديد من العوامل المناخية، الفيزيائية والكيميائية.

الكلمات المفتاحية: عوالق نباتية، جيجل، عوامل بيئية، سدود، تنوع الأنواع.