

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure de la Recherche Scientifique
Université SAAD DAHLEB de Blida -1-
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie et Physiologie Cellulaire



Mémoire de fin d'étude en vue d'obtention du diplôme de master

Spécialité: Hydrobiologie Marine et Continentale

Option: Ecosystèmes Aquatiques

Thème

**Evolution des communautés phytoplanctoniques
dans les lacs de barrage de la wilaya de Boumerdes
(Keddara, Beni Amrane et Hamiz)**

Réalisé par

AKSIL Sara

DJELLAL Fatma Zohra

Soutenu le 17 Septembre 2020, devant le jury composé de:

Mme BELMESKINE H.	M.C.A, USDB 1	Présidente
Mme FAIDI H.	M.A.A, USDB 1	Examinatrice
Mme EL HAOUATI H.	M.R.B, CNRDPA	Promotrice
Mme KHETTAR S.	M.A.A, USDB 1	Co-promotrice

Année universitaire: 2019/2020



Remerciements

*Et parce que tout arrive pour une raison, nous remercions avant tout **le bon Dieu** a guidé nos pas pour arriver à ce niveau.*

*Nous remercions aussi le Dieu parce qu'il nous a envoyé la bonne personne au bon moment, Mme **El Haouati Habiba**. Celle qui a accepté notre demande de nous encadrer sur ce thème.*

Nous apprécions donc ces efforts, son soutien, ses conseils judicieux, ses précieuses instructions et sa patience pour traverser ces conditions exceptionnelles et ces moments difficiles dans lesquelles nous vivons.

On tient aussi à remercier les membres de jury:

*En tant que présidente Mme **Belmeskine Hayet**, et Mme **Faidi Houria** en tant qu'examinatrice d'avoir accepté de juger ce travail.*

*Nos remerciements les plus vifs aussi au Co-promotrice Mme **Khettar Sihem** pour leur intérêt et leur orientation.*

*Nous tenons à remercier aussi Melle **Meheiddine F. Zohra** qui sacrifie son temps pour faciliter et accélérer notre avancement dans la partie des résultats.*

Finalement, un grand merci à tout enseignant qui nous a fait aimer cette magnifique spécialité durant les cinq années passées.

*Sans oublier tous nos amis et nos collègues de
la promotion 2020.*



Dédicaces

"La réussite, c'est la fierté dans les yeux des gens qu'on aime..."

Je dédie ce modeste travail à:

- ✿ Celle qui m'a arrosé de tendresse et d'espoir, à la source d'amour et à celle qui ma bénie par ses prières... ma mère.
- ✿ A mon support dans ma vie, qui m'a appris, m'a supporté et m'a dirigé vers le bon chemin... Mon père.
- ✿ Mes adorables sœurs: Amina, Nassima et Raghad, votre présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.
- ✿ Mes grandes mères et mon grand-père que le Dieu les procure bonne santé et longue vie
- ✿ Mes chères tantes Cherifa, Karima, Zakia, Farida, Werda, Zohra et Samia.
- ✿ Toute la famille AKSIL et MOKHTARI de près ou de loin.
- ✿ Mes meilleurs: Karima, Salika, Yacine, Akila, Hadjer et Imene.
- ✿ Mes fidèles amis: Aida, Manel, Ayoub et toutes les amitiés que j'ai nouées au cours de ces années.
- ✿ Mon binôme Fatma Zohra, aux jours que nous avons passés ensemble, les bons et les mauvais pour arriver à ce point.
- ✿ A tous ceux qui me soutenu et encouragé et qui j'ai omis de citer.

Sara...



Dédicaces

"Le fruit de la réussite se cueille sur l'arbre de la persévérance !"

Je tiens à dédier mon modeste travail à :

- * *Ma très chère mère, et mon adorable père, qui ma bien élevés et bien éduqués et pour leurs soutiens inconditionnels grâce auquel, j'ai eu la chance de réaliser mes études,*
- * *Mon cher frères et mes chères sœurs : qui ont été le meilleur soutien chacun de sa manière. Et toute la famille de près ou de loin.*
- * *A ma chère grand-mère, que dieu vous protège votre santé et votre vie pour nous.*
- * *Mon cher oncle et sa femme « Nouria » je n'oublierai jamais votre soutien et votre position pour moi.*
- * *Ma belle-sœur, et MON « INTIME » qui n'est pas née de la mère « NESRINE » et toute sa famille*
- * *Mon binôme et belle amie Sara qu'à endurée les difficultés avec moi et résistée afin d'obtenir et d'avoir cette merveille travail, tous les mots ne sauraient exprimer mes remerciements et ma gratitude pour elle.*
- * *Tous mes enseignants et toute la communauté scientifique qui donne un plus à l'humanité.*
- * *A tous ceux qui me sont chers et que j'ai omis de citer*

Fatma Zohra...



Résumé

Cette étude porte sur la composition phytoplanctonique dans trois lacs de barrage de la Wilaya de Boumerdes (Keddara, Beni Amrane et Hamiz) en Algérie.

Les prélèvements sont réalisés au cours de trois saisons: Hiver, Printemps et Automne 2019 dans différentes stations distribuées dans les trois lacs de barrage, dans le but d'étudier l'évolution des communautés phytoplanctoniques dans ces milieux qui ont des caractéristiques écologiques différentes.

Les résultats montrent que les deux lacs de barrage: Keddara et Hamiz sont eutrophes tandis que le barrage de Beni Amrane est hyper eutrophe.

L'étude phytoplanctonique montre que le barrage de Beni Amrane est le plus diversifié, avec 122 espèces et une dominance de la classe des Diatomophycées par le genre: *Cyclotella*. Suivi du barrage de Hamiz qui abrite 110 espèces dont la classe des Chlorophycées est la plus dominante avec le genre: *Closterium*.

Dans la dernière position en terme de diversité phytoplanctonique vient le barrage de Keddara qui abrite seulement 64 espèces dont la classe des Chlorophycées est la plus dominante, plus précisément par les genres: *Closterium* et *Oocystis*.

Le phytoplancton se développe en fonction des saisons, il est plus diversifié quand il y a des conditions favorables pour sa croissance notamment la température. Cette évolution donc varie d'une saison à une autre. Ce travail nous permet à comprendre et confirmer que la période printanière considérée comme la période la plus diversifiée par des espèces différentes que celles trouvés en hiver et en automne.

Mots clés: Phytoplancton, lac de barrage, Keddara, Beni Amrane, Hamiz, évolution saisonnière.

Abstract

This study is focused on phytoplanktonic composition in three dam lakes of Boumerdes Province (Keddara, Beni Amrane and Hamiz) in Algeria.

Sampling is carried out during three seasons: Winter, spring and autumn 2019 at different stations distributed in the three dam lakes, with the aim of studying the evolution of phytoplankton communities in these environments, which have different ecological characteristics

The results show that the two dam lakes Keddara and Hamiz are eutrophic while the Beni Amrane dam is hypereutrophic.

The phytoplanktonic study shows that the Beni Amrane dam is the most diversified, with 122 species with a dominance of the Diatomophyceae class by the genus *Cyclotella*. Followed by the Hamiz Dam, which shelters 110 species while the Chlorophyceae class is the most dominant with the genus: *Closterium*.

In the last position in terms of phytoplanktonic diversity comes the Keddara Dam which shelters 64 species while the class of Chlorophyceae is the most dominant, more precisely by the genera: *Closterium* and *Oocystis*.

Phytoplankton develops according to the seasons, it is more diversified when there are favourable conditions for its growth, especially the temperature. This evolution therefore varies from one season to another. This work allows us to understand and confirm that the spring period is considered to be the most diversified period by different dominant species more than winter and autumn.

Key words: phytoplankton, Dam Lake, Keddara, Beni Amrane, Hamiz, seasonal evolution.

ملخص

ترتكز هذه الدراسة على تركيبية العوالق النباتية على مستوى ثلاث سدود تقع في ولاية بومرداس (قدارة، بني عمران وحميز) في الجزائر.

تمت عملية أخذ العينات على مدار ثلاث فصول: الشتاء، الربيع والخريف سنة 2019 في أماكن مختلفة موزعة عبر السدود الثلاث في إطار دراسة تطور مجموعات العوالق النباتية في هذه الأوساط الثلاثة التي تمتلك مميزات إيكولوجية مختلفة.

تبين النتائج بأن السدين: قدارة و حميز في وضع غذائي متطور علما بأن سد بني عمران في وضع غذائي جد عالي.

الدراسة التي تطرقنا إليها تبين بأن سد بني عمران هو الأكثر تنوعا بمعدل 122 نوع.

مع سيطرة فئة Diatomophycées بنوع : *Cyclotella*

يليه سد حميز الذي يأوي 110 نوع من فئة *Chlorophycées* المسيطرة بنوع: *Closterium*

في المرتبة الأخيرة من حيث تنوع العوالق النباتية يأوي سد قدارة 64 نوع فقط حيث تسيطر فئة *Chlorophycées*

أكثر دقة بنوعي: *Oocystis* و *Closterium*

تتطور العوالق النباتية وفقا للفصول، وتكون أكثر تنوعا عندما تتوفر الشروط المناسبة لنموها خاصة درجة الحرارة. إذن، يتغير هذا التطور من فصل لآخر.

مكنتنا هذه الدراسة من فهم والتأكد بأن موسم الربيع يعتبر الفصل الأكثر تنوعا بأنواع عديدة أكثر من فصلي الشتاء والخريف.

الكلمات المفتاحية: عوالق نباتية، سد، قدارة، بني عمران، حميز، تطورات فصلية

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction 1

Chapitre I : synthèse bibliographique

I.1. Généralités sur les eaux continentales: 2

I.2. Généralités sur le phytoplancton : 3

I.2.1. CARACTERISTIQUES GENERALES DU PHYTOPLANCTON : 3

I.2.2. LE ROLE DE PHYTOPLANCTON : 3

I.2.3. ECOLOGIE DE PHYTOPLANCTON: 5

I.2.4. ECOPHYSIOLOGIE DU PHYTOPLANCTON: 6

I.3. Description de la croissance phytoplanctonique: 7

I.4. L'eutrophisation: 7

I.5. Les facteurs influençant les communautés phytoplanctoniques: 7

I.5.1. LES FACTEURS ABIOTIQUES: 8

I.5.1.1. Les facteurs physiques: 8

I.5.1.1.1 La température: 8

I.5.1.1.2 La précipitation: 8

I.5.1.1.3 Climat: 8

I.5.1.1.4 La lumière: 8

I.5.1.1.5 Le vent: 8

I.5.1.2. Facteurs chimiques: 8

I.5.1.2.1 Potentiel d'hydrogène "pH": 8

I.5.1.2.2 Transparence de l'eau et les MES: 8

I.5.1.2.3 La conductivité: 9

I.5.1.2.4 Les nutriments: 9

I.5.1.2.5 L'oxygène dissous: 9

I.5.1.2.6 Le gaz carbonique: 9

I.5.2. LES FACTEURS BIOTIQUES: 9

I.5.3. IMPACTS DES FACTEURS ANTHROPIQUES SUR LA DYNAMIQUE
PHYPLANCTONIQUE: 10.

I.6. Systématique du phytoplancton: 10

I.6.1. CAS DES CYANOPHYCEES: 10

I.6.2. CAS DES ALGUES VRAIES: 10

I.6.3. ORGANISATION DU PHYTOPLANCTON:.....	11
II.1.Généralité sur les Barrage:.....	13
II. 2- Présentation des sites:.....	13
II. 2-1. HISTORIQUE DE BARRAGE DE KEDDARA:	13
II. 2-2. HISTORIQUE DE BARRAGE DE BENI AMRANE:	14
II. 2-3. HISTORIQUE DE BARRAGE DE HAMIZ:	14
II. 3- Situation géographique:.....	14
II. 4- Cadre géologique:.....	16
II. 5- RESEAUX HYDROLOGIQUE:.....	17
II. 6- Caractéristiques hydromorphométriques des trois lacs de barrages étudiés:.....	19
II. 7- Climatologie:	19
II. 7-1.FACTEURS CLIMATIQUES :.....	21
II. 7-2. SYNTHESE CLIMATIQUE:.....	23

Chapitre 2 : Matériels et Méthode

I.1. PRESENTATION DES PERIODES DE PRELEVEMENT:.....	27
I.2.PRESENTATION DES POINTS DE PRELEVEMENT:.....	27
I.3.PRINCIPE DE PRELEVEMENT.....	30
I.4.MATERIELS DE PRELEVEMENT ET D'ANALYSE:.....	30
I.5.ETUDE DU PHYTOPLANCTON.....	31
I.5.1. ECHANTILLONNAGE DE PHYTOPLANCTON :.....	31
I.5.2. CONSERVATION DES ECHANTILLONS.....	32
I.5.3. PREPARATION DES ECHANTILLONS :.....	32
I.5.4. IDENTIFICATION ET COMPTAGE :	32
I.6.ORGANISATION ET DSTRUCTURE DU PEUPLEMENT.....	33
1-LES DISCRPTIONS STATISTIQUE:.....	34
<input type="checkbox"/> <i>Richesse spécifique:.....</i>	<i>34</i>
<input type="checkbox"/> <i>Densité des espèces:.....</i>	<i>34</i>
<input type="checkbox"/> <i>Abondance relative:.....</i>	<i>34</i>
<input type="checkbox"/> <i>Etude de l'évolution spatio-temporelle de la diversité spécifique:.....</i>	<i>34</i>
2-LES INDICES DE DIVERSITE:.....	35
<input type="checkbox"/> <i>Indice de Shannon-Wiener :</i>	<i>35</i>
<input type="checkbox"/> <i>Indice d'équitabilité de Pélou:.....</i>	<i>36</i>
3-LES INDICES BASES SUR DES REPRESENTATIONS GRAPHIQUES ET DISTRIBUTIONNELLES:.....	36
<input type="checkbox"/> <i>Diagramme de Frontier (Rang fréquence):.....</i>	<i>36</i>

Chapitre 3 : résultats et discussion

III. ETUDE DE PHYTOPLANCTON :.....	38
III.1.LA TENEUR DE LA CHLOROPHYLE « a » :.....	38
III.2.EVALUATION DE L'ETAT TROPHIQUE :.....	39
III.3.Etude du peuplement phytoplanctonique :.....	39
III.3.1.Etude qualitative du peuplement phytoplanctonique :.....	40
III.3.1.1.Composition taxonomique du phytoplancton :.....	40
III.3.2.Etude quantitative du peuplement phytoplanctonique :.....	46
III.3.2.1.Variation spatio-temporelle du peuplement algal :.....	46
IV. Evolution spatio-temporelle de la diversité spécifique :.....	52
IV.1.L'indice de SHANNON (H') et L'indice de l'Equitabilité (R) :.....	52
IV.2.Analyse de diagramme de Frontier(Rang-Frequence) :.....	54

Conclusion

Références bibliographiques

Annexe I

Annexe II

Liste des figures

Fig. 1: Organisation globale d'un écosystème aquatique: des relations et des échanges entre compartiments (Arrignon, 1991)	2
Fig. 2: Barrage de Keddara en 2010	14
Fig. 3: Barrage de Béni Amrane	15
Fig. 4: Barrage de Hamiz.....	15
Fig. 5: Localisation des trois lacs de Barrages de la Wilaya de Boumerdes	16
Fig. 6: Réseau hydrographique du bassin versant de Barrage Keddara	18
Fig. 7: Réseau hydrographique du bassin versant du Barrage de Béni Amrane	19
Fig. 8: Réseau hydrographique du bassin versant de Barrage Hamiz	20
Fig. 9: Moyennes saisonnières (automne-printemps) des précipitations dans la region de Boumerdes durant la période 2006-2015	21
Fig. 10: Variations moyennes saisonnières (automne-printemps) de la température dans la région de Boumerdes durant la période 2006-2015	22
Fig. 11: Variations moyennes saisonnières (automne-ptintemps) de la vitesse du vent dans la région de Boumerdes durant la période 2006-2015	23
Fig. 12: Variation moyennes saisonnières (automne-printemps) de l'Humidité dans la région de boumerdes durant la période 2006-2015	24
Fig. 13: Diagramme pluviométrique de la région de boumerdes	25
Fig. 14: Position de la région de la wilaya de Boumerdes sur le climagramme d'EMBERGER	26
Fig. 15: Répartition des stations de prélèvements dans le barrage de Keddara.....	29
Fig. 16 : Répartition des stations de prélèvements dans le barrage de Beni Amrane	29
Fig. 17: Répartition des stations de prélèvements dans le barrage de Hamiz.....	30
Fig. 18 : Représentation schématique de la préparation des échantillons pour les analyses du phytoplancton.....	33
Fig.19 : Evolution des diagrammes rangs-fréquences au cours d'une succession.....	37
Fig.20 : Variation spatio-temporelle de Chlorophylle « a » dans les trois lacs de barrage.....	38
Fig.21 : Variation des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le barrage Keddara.....	41
Fig.22 : Variation des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le barrage Béni Amrane	43
Fig.23 : Variation des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le Barrage hamiz	45
Fig.24 : Variation saisonnière des abondances des groupes phytoplanctoniques du barrage Keddara.....	47
Fig.25 : Variation saisonnière des densités des groupes phytoplanctonique du barrage Keddara.....	48

Fig.26 : Variation saisonnière des abondances des groupes phytoplanctoniques du barrage Béni Amrane	49
Fig.27 : Variation saisonnière des densités des groupes phytoplanctoniques du barrage Béni Amrane	50
Fig.28 : Variation saisonnière des abondances des groupes phytoplanctoniques du barrage hamiz.....	50
Fig.29 : Variation saisonnière des densités des groupes phytoplanctoniques du barrage Hamiz.....	51
Fig.30 : Variation de la richesse spécifique (S) et l'indice de Shannon (H') dans le barrage keddara.....	52
Fig.31 : Variation de la richesse spécifique (S) et l'indice de Shannon (H') dans le barrage Béni Amrane.....	53
Fig.32 : Variation de la richesse spécifique (S) et l'indice de Shannon (H') dans le barrage Hamiz.....	54
Fig.33 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence (Hiver 2019) de B.Keddara.....	55
Fig.34 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence (Printemps2019) de B.Keddara.....	55
Fig.35 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence (Automne 2019) de B.Keddara.....	55
Fig.36 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence (Printemps2019) de B.Béni Amrane.....	56
Fig.37 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence (Automne 2019) de B.Béni Amrane.....	56
Fig.38 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence (Hiver2019) de B.Hamiz	56
Fig.39 : Variation de l'allure de courbe Rang Fréquence (Automne 2019) de B.Hamiz.....	57

Liste des tableaux

Tab.II : Calendrier de prélèvements.....	27
Tab.III: Description des stations d'échantillonnage choisies dans les trois barrages.....	28
Tab.IV : Les critères standard de l'O.C.D.E (1982) pour déterminer l'état trophique des lacs.....	39

Liste des abréviations

ANBT : Agence National des Barrages et des Transferts

Chl « a » : Chlorophylle « a »

CNRDPA : Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture

CO² : dioxyde de carbone.

DRF : Diagramme de Rang Fréquence

FAO : Food and Agriculture Organisation

Fig. : Figure

Ifremer : Institut Français de recherche pour l'exploitation de la mer

MES : Matière en suspension

ONM : Office National de la Météorologie

O² : Oxygéné

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economique

pH : Potentiel hydrogène

Tab : Tableau

A horizontal, irregular green brushstroke with a textured, painterly appearance, centered on a white background. The word "Introduction" is written in a black, cursive script font across the middle of the stroke.

Introduction

Les zones humides continentales sont des écosystèmes de grande valeur, tant pour l'être humain que pour la faune et la flore, qui y trouvent un milieu favorable pour leurs développements. Les lacs de barrage constituent un type de zones humides continentales de plus en plus important.

L'Algérie occupe la première place au monde arabe et la deuxième place en Afrique après l'Afrique du Sud avec 114 petits et grands lacs de barrage (**Medejerb et Henia, 2011**). Selon **Remini (2005)**, notre pays fait face au problème de la disponibilité de l'eau. En effet, ces barrages dépendent encore des eaux de pluie qui sont perturbés dans un pays semi-arides causant de nombreuses sécheresses d'ampleur variable.

Les lacs de barrage constituent des plans d'eau dont leurs intérêt économiques et écologiques est loin d'être négligeable. En plus, ils ne sont pas seulement considérés comme source d'apport d'eau mais aussi comme un véritable biotope pour des nombreux être vivants aquatiques parmi lesquels: le phytoplancton.

Le phytoplancton fait partie des indicateurs retenus par les protocoles d'évaluation de la qualité des eaux douces et leurs état écologiques, notamment dans les plans d'eau naturels et artificiels. De plus, le nombre et les espèces de phytoplancton servent à déterminer la qualité d'un plan d'eau (**Baillet, 2013**).

Le présent travail portant sur un objectif de faire une étude comparative sur l'évolution de la biomasse des communautés phytoplanctoniques dans trois écosystèmes lacustres: Keddara, Beni Amrane et Hamiz, situés dans la même zone géographique (W. Boumerdes) et qui subit différentes pressions anthropiques. Cette étude a été déroulée durant l'année 2019 (Hiver, Printemps, Automne).

Ainsi pour réaliser le présent travail, quatre grandes parties ont été développées et structurées:

Le premier chapitre "synthèse bibliographique" divisé en deux parties, la première parle essentiellement du phytoplancton (écologie, organisation, rôle, ...etc) et les différents paramètres qui peuvent avoir une influence sur ce dernier, et la deuxième partie porte sur la présentation des trois sites d'études.

Le deuxième chapitre "matériel les méthodes", nous exprimons les protocoles d'analyses respectées pour réaliser ce travail (échantillonnage, l'analyse des échantillons,... ect) et les indices utilisés.

Le troisième chapitre : résultats et discussion (étude qualitative et quantitative, l'état trophique,...).

Enfin, nous finirons par une conclusion générale récapitule l'ensemble de nos résultats suivie par des perspectives qui pourraient conduire à de nouvelles investigations scientifiques.



Chapitre 1

*Synthèse
bibliographique*

I.1. Généralités sur les eaux continentales :

L'eau recouvre environ 71% de la planète, elle est indispensable à la vie des êtres vivants et tout à fait à la vie humaine et leurs activités. C'est le cycle de l'eau qui assure la vie sur la planète (Sylvie Paquero, 2005). Mais malheureusement, l'eau n'est pas une ressource renouvelable, c'est une ressource limitée.

Les eaux continentales englobent toutes les eaux qui existent à l'état naturel (rivières, lacs,...), soit qui sont créés par l'homme (canaux d'irrigation, réservoirs,...). Malgré que ces eaux occupent seulement environ 1% de la superficie totale des terres, mais elles sont considérées comme un abri d'environ 100 000 espèces aquatiques (FAO, 2020).

Un écosystème lacustre représente un environnement riche, productif et très diversifié. La diversité et les rôles fonctionnels des espèces sont des éléments importants à prendre en considération pour comprendre l'état et le fonctionnement d'un écosystème lacustre.

Le phytoplancton et les plantes aquatiques transforment l'énergie du soleil et le gaz carbonique (CO_2), présent dans l'eau, en source d'énergie pouvant être assimilable par les animaux aquatiques. Ils font donc partie, du plus bas niveau de la chaîne trophique. Le zooplancton est un élément essentiel pour plusieurs espèces de poissons. Souvent oubliées, les bactéries représentent, fréquemment, plus de la moitié de la biomasse vivante des écosystèmes aquatiques et servent à la fois au recyclage de la biomasse du carbone et des nutriments et au transfert d'énergie vers les réseaux trophiques supérieurs (Fig. 1).

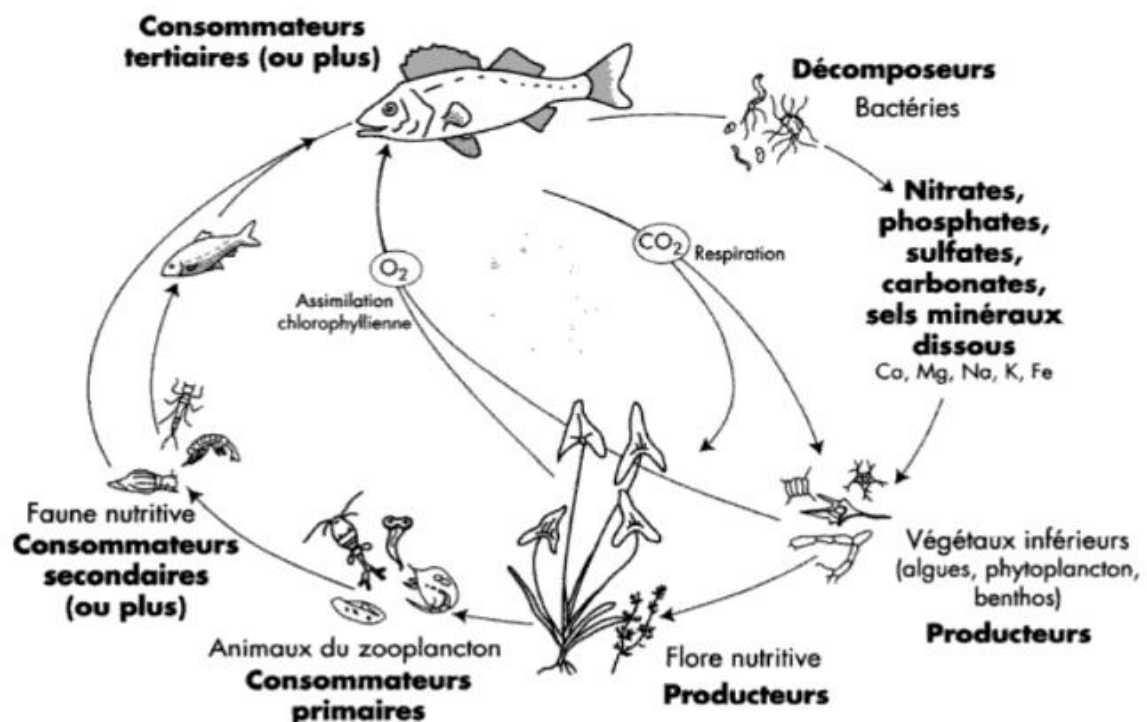


Fig. 1 : Organisation globale d'un écosystème aquatique: des relations et des échanges entre compartiments (Arrignon, 1991)

I.2. Généralités sur le phytoplancton :

Parmi les êtres vivant sur notre planète, un grand nombre passe totalement inaperçu : c'est le cas des microalgues encore appelées « phytoplancton ».

Le phytoplancton, (du grec *phyton* ou plante et *planktos* ou errant) est la flore microscopique qui flotte dans les lacs et les mers, varie en abondance et en nature selon les saisons (**Fogg et Thake, 1987**).

Le phytoplancton est le principal organisme pour la production de la matière organique, dont la vie de tous les autres organismes dépend de lui.

La compréhension des facteurs qui contrôlent la distribution et la croissance du phytoplancton permet de comprendre les problèmes qui nuisent à leur vie, et également à la pêche (**Fogg et Thake, 1987**).

Environ 6000 espèces de microalgues sont identifiées dans le milieu marin, et plus de 14000 en eau douce (**Mollo et Noury, 2013**).

I.2.1. Caractéristiques générales du phytoplancton :

Le phytoplancton est généralement situé dans la zone euphotique qui est la couche supérieure éclairée de tous les milieux aquatiques. C'est pour assurer leur photosynthèse à partir de la lumière solaire (**Stickney et al., 2000**).

Le phytoplancton présent dans la nature sous forme de cellules, colonies ou filaments. Dans la plupart des cas, la diversité morphologique est liée à une adaptation à la mobilité (flottaison, et mouvements verticaux) (**Zeitzschel, 1978**).

Globalement, les déplacements du phytoplancton dépendent de l'environnement aquatique qu'ils ont occupé, ils sont donc restreints (**Stickney et al., 2000**).

La chlorophylle est un pigment de couleur qui se trouve dans les plantes, algues et phytoplanctons. Il est le pigment principal responsable de la photosynthèse, elle est donc présent dans tous les organismes photosynthétiques.

I.2.2. Rôle de phytoplancton :

Le phytoplancton représente un compartiment remarquable par le rôle qu'il joue, non seulement dans le milieu aquatique, mais aussi dans tous les domaines de notre vie:

Photosynthétiques :

La production de la matière organique par les seuls organismes aquatiques de phytoplancton évaluée pendant un temps donné, par unité de volume d'une aire océaniques ou bien lacustre déterminée, constitue la production primaire de milieu considéré (**Gayral, 1975**).

Le phytoplancton assure 45% de la production primaire malgré ils représentent seulement 1% de la biomasse des organismes photosynthétiques sur Terre (**Chisholm 1995, Behrenfeld et al., 2001**).

✚ Base de la chaîne trophique :

Par rapport aux autres végétaux chlorophylliens non planctoniques qui ont les mêmes capacités de photosynthèse, le rôle de ces petits organismes est très important et majeur car ils constituent le premier maillon de la chaîne alimentaire et assurent l'équilibre biologique des écosystèmes aquatiques grâce à leur caractère "autotrophe" et aussi par ce qu'ils occupent une très grande surface de milieu aquatique disponible (**Gayral, 1975**).

✚ Vrai poumon de la planète :

Mis à part la photosynthèse, les phytoplanctons produisent une grande quantité d'oxygène grâce aux échanges gazeux à la surface des milieux aquatiques. Contrairement à ce qu'on pense souvent, les forêts produisent seulement 1/3 d'oxygène, les 2/3 de l'oxygène de l'air restant sont fournis par le phytoplancton (**Mollo et Noury, 2013**).

Les plantes terrestres ont un inconvénient quand il s'agit de photosynthèse et libération d'oxygène. Car comme elles libèrent d'oxygène pendant la journée, elles consomment une autre pendant la nuit. Par contre, le phytoplancton a besoin de CO₂ sans consommer l'oxygène pour faire la photosynthèse. Autre avantage, il ne rejette pas de CO₂ dans l'air mais le dissout plutôt dans les eaux où il sera sédimenté dans du calcaire (**Rakotomanga, 2014**). En fin, le phytoplancton a donc également une influence sur le climat.

✚ Un bio-indicateur:

Le phytoplancton peut être considéré comme un indicateur de la dégradation de la qualité des eaux continentales ce qui est causée par plusieurs types de pollution, il réagit donc à des altérations d'origine anthropique (**El Haouati, 2015**). Le phytoplancton joue à la fois un rôle d'un indicateur de condition du milieu et d'un excellent indicateur aussi de changement de la charge en nutriments. Sans oublier que, dans certains cas, le zooplancton limite l'accumulation de biomasse phytoplanctonique (**Goffart, 2010**).

La diversité des taxons présents dans un échantillonnage, leur assemblage, la présence ou l'absence de groupes sensibles, donne une indication sur la qualité des milieux (**El Haouati, 2015**).

✚ Aquaculture:

La culture de phytoplancton permet de réaliser beaucoup d'expérience, également en aquaculture, on les utilise comme une nourriture pour les espèces cultivées (larves et/ou adultes de mollusques, crustacés, poissons...) (**Ifremer, 2018**).

✚ Cycle biogéochimique de carbone atmosphérique :

Le phytoplancton joue un rôle primordial dans le cycle biogéochimique de carbone atmosphérique, ils ont la capacité de fixer le carbone présent dans l'atmosphère et l'exporter potentiellement vers les couches profondes des milieux aquatiques.

Il peut aussi jouer un rôle également dans les cycles de la silice (frustules en silice des diatomées) et de carbonate (foraminifères, coccolithophoridées) (**Cadier, 2016**).

Auto-épuration:

Comme pour les mers, les bactéries et le phytoplancton des eaux douces ont un rôle dans l'auto-épuration des lacs qui sont enrichis en matières organiques qui vont être décomposées et transformées en matières minérales par les microorganismes à l'aide de l'oxygène de l'eau. Ces matières minérales sont alors assimilables par les algues qui prolifèrent, et par photosynthèse, réoxygènent le milieu (**Ehrhardt et Seguin, 1978**).

I.2.3. Ecologie de phytoplancton:

Le phytoplancton tient la place de producteur primaire dans le réseau trophique. Grâce à la photosynthèse et sous l'effet de l'énergie lumineuse qui permet à partir d'eau et de dioxyde de carbone la production de glucide et libération d'oxygène, le phytoplancton produit le carbone indispensable aux niveaux trophiques supérieurs (**Amblard, 1987**).

Le plancton est naturellement plus important lorsque les cours d'eau traversent des eaux stagnantes (lacs, réservoirs ou bras morts). Donc, la production du phytoplancton est limitée par l'écoulement des eaux (**Ehrhardt et Seguin, 1978**).

Grâce à une composition pigmentaire, le phytoplancton a une possibilité d'adaptation à la température et une excellente adaptabilité aux variations lumineuses. Il évolue donc de façon saisonnière aussi bien en milieu lacustre (**Amblard, 1987**). Ce qui a pour conséquence de structurer le réseau trophique, les niveaux trophiques supérieurs dépendant directement ou indirectement de cette saisonnalité (**Rossi, 2008**).

Certaines espèces de phytoplancton peuvent se déplacer dans la colonne d'eau grâce à :

- Des glissements
- Des mouvements hélicoïdaux
- La présence de vésicule à gaz

La majorité des algues planctoniques ou benthiques tirent les éléments essentiels à leur synthèse à partir de leur milieu lui-même (**Gayral, 1975**).

Tout changement des concentrations en sels nutritifs disponibles dans la colonne d'eau entraîne des modifications rapides au sein de la communauté phytoplanctonique. Un apport de sels nutritifs peut:

- 1) Agir sur les taux de division des cellules phytoplanctoniques, et par conséquent modifier la biomasse ;
- 2) Faire évoluer la composition floristique ;
- 3) Accroître la fréquence, l'intensité et la durée des efflorescences, éventuellement nuisibles ou toxiques.

Quand les conditions environnementales deviennent défavorables, la plupart des espèces phytoplanctoniques entrent en dormance et s'entourent d'une membrane épaisse qui leur permet de survivre jusqu'à le retour de conditions optimales pour se redévelopper (**Goffart, 2010**).

A l'instar des végétaux terrestres, les microalgues sont sensibles à leur environnement, et évoluent selon un rythme saisonnier, avec un maximum de divisions cellulaires au printemps et en fin d'été. La qualité chimique de l'eau est l'un des facteurs déterminants pour le bon développement des populations phytoplanctoniques (**Mollo et Noury, 2013**).

I.2.4. Ecophysiologie du phytoplancton:

Comme les relations entre la diversité, la stabilité, la complexité, la stabilité et le fonctionnement des écosystèmes sont tellement essentielles à l'écologie des communautés et des écosystèmes, ces dernières sont devenues parmi les questions fondamentales de l'histoire de l'écologie, qu'on se pose fréquemment, par exemple comment les communautés et les écosystèmes réagissent-ils aux changements environnementaux? (**Bengtsson, 1998**).

Le phytoplancton englobe des organismes autotrophes qui possèdent, suivant les espèces, une remarquable possibilité d'adaptation à la température, aux variations lumineuses grâce à leur composition pigmentaire qui leur permet d'utiliser une large gamme du spectre lumineux (**Groga, 2012**). Leur taille varie de quelques microns (< 20 µm) jusqu'à quelques centaines de microns (200 µm) et leur forme est extrêmement variée, il existe également une diversité morphologique étant souvent en raison d'une adaptation à la mobilité (flottation et mouvement verticaux) (**Zeitzschel, 1978**).

Ces différences physiologiques sont à l'origine de disparités en termes de réponses aux conditions environnementales. Ainsi, l'acquisition des nutriments ou encore l'efficacité photosynthétique vont dépendre de ces caractéristiques morphologiques et physiologiques (**Chisholm et al., 1992**).

Par conséquent, le cycle du carbone et certaines autres propriétés émergentes des écosystèmes sont directement influencés par la structure en taille des populations de producteurs primaires, elle-même façonnée par les facteurs environnementaux, de type physique (profondeur mélangée, courantologie), chimique ou biologique, via les processus d'adaptation et de sélection naturelle. (**Cadier, 2016**).

Pour comprendre les mécanismes qui contrôlent la production primaire du phytoplancton et son rendement en fonction de la lumière et des sels nutritifs, il faut d'abord une connaissance des processus physiologiques qui régulent le métabolisme des algues dans des conditions écologiques données (**Pourriot et al., 1982**).

Il y a plusieurs conséquences écophysiologiques reliées à la richesse spécifique des populations phytoplanctoniques. Les différentes espèces ne répondent pas de la même façon aux facteurs du milieu. Dans le cas des espèces phytoplanctoniques, ils ont développé des stratégies adaptatives:

- ☒ Différents mécanismes favorisant leur mobilité, et leur migration vers des zones riches en nutriments et en lumière ;
- ☒ Le mode de nutrition mixotrophe ;
- ☒ La compétition interspécifique par production de substances allélochimiques ;
- ☒ Des mécanismes de défense contre la prédation (**Groga, 2012**).

I.3.1. Description de la croissance phytoplanctonique:

La dynamique des populations phytoplanctoniques se compose de trois modes de croissance : la croissance cellulaire, la croissance de la population et la croissance des communautés.

- **La croissance cellulaire:** est le processus «de base». Elle résulte de mécanismes physiologiques, sous contrôle de facteurs intrinsèques et extrinsèques.
- **La croissance de la population:** en raison de la variabilité de la croissance et de la division cellulaire sous l'influence de facteurs environnementaux.
- **La communauté:** est formée des populations qui occupent un même territoire. Au plan biologique, la dynamique de la communauté est fonction des relations interspécifiques ou bien d'interactions directes (**Gailhard, 2003**).

I.4.1. Eutrophisation :

Généralement, les lacs et les réservoirs sont caractérisés par une faible concentration en nutriments dans la colonne d'eau, une grande diversité des communautés biologiques, une productivité primaire faible, une biomasse peu importante et des eaux de bonne qualité convenant à la plus part des usages (**Lacaze, 1996**).

Dans le cas normal, les lacs sont alimentés en matières minérales provenant de l'érosion et de la filtration des eaux par des sols non cultivés. Dans des apports où ils reçoivent des eaux résiduaires domestiques et industrielles, des fertilisant agricoles, les résidus des élevages plus les polluants atmosphérique ramenés au sol par les pluies..., etc. dans ce cas-là, le phosphore, l'azote, les oligoéléments, les vitamines et les facteurs de croissance jouent le rôle de fertilisant vis-à-vis des végétaux aquatiques notamment du phytoplancton.

A partir de cette introduction, on peut définir l'eutrophisation des lacs comme un processus consécutif à la présence d'une quantité importante de sels dissous et consistant en un développement excessif d'algue sur toute la surface de l'eau. C'est ce que l'on pourrait appeler « les eaux vertes ». Enfin, lorsque ce phénomène est présent, il entraîne une absence totale de faune et une prolifération anarchique des algues sur toute la surface de l'eau et le long des rives (**Ehrhardt et Seguin, 1978**), la libération de gaz corrosifs et autres substances indésirables tels que CO₂, CH₄, H₂S, des substances organoleptiques (responsables de gout et d'odeur), des toxines, etc. (**Meybeck et al., 1989**).

I.5. Facteurs influençant les communautés phytoplanctoniques :

L'évolution temporelle et spatiale des communautés phytoplanctoniques dépend en premier lieu des conditions environnementales abiotiques et biotiques plus des facteurs anthropiques.

Les changements des conditions environnementales peuvent avoir des conséquences sur tout ou une partie des communautés phytoplanctoniques (**Bernard et al., 2017**).

I. 5.1. Facteurs abiotiques :

I. 5.1.1. Facteurs physiques:

I. 5.1.1.1 Température :

La température est l'un des plus importants paramètres physiques du milieu aquatique. Chaque espèce a une température optimale qu'elle favorise pour son évolution. Mais il existe une température minimale au-dessus de laquelle elle ne peut pas être présente. Enfin, il existe une température maximale au-dessus de laquelle l'organisme ne peut pas vivre (**Gayral, 1975**).

I. 5.1.1.2 La précipitation:

Les pluies jouent un rôle important dans la production phytoplanctonique puisqu'elles apportent une quantité non négligeable de nutriment et participent à l'initiation des floraisons phytoplanctoniques.

I. 5.1.1.3 Climat:

Sous la pression des changements climatiques, certains modèles indiquent une diminution de la productivité du phytoplancton et des modifications dans sa composition (**Lindsey et Scott, 2010**).

I. 5.1.1.4 La lumière:

La profondeur et le type d'eau à un effet sur la qualité et la quantité de la lumière transmise (**Pourriot et al., 1982**). Donc est un facteur très important pour la communauté phytoplanctonique, qu'elle intervient dans la photosynthèse de ces organismes, ils participent aussi à l'atténuation de la lumière (**Gayral, 1975**).

I. 5.1.1.5 Le vent:

Le vent a une grande influence sur la transparence de l'eau et le déplacement des espèces. Il joue un rôle important dans le cycle d'eau, il augmente l'évaporation consommatrice d'énergie et a donc un pouvoir de refroidissement considérable.

I. 5.1.2. Facteurs chimiques:

I. 5.1.2.1 Potentiel d'hydrogène "pH":

Pour l'étude des milieux aquatique, le pH est l'un des paramètres les plus importants. Il présente aussi des variations régulières d'une année à une autre. Le pH varie surtout en fonction de l'assimilation de CO₂ par le phytoplancton (**Boudjenah, 2019**).

I. 5.1.2.2 Transparence de l'eau et les MES:

Les MES, appelées aussi seston, comportent tous les composés ayant un diamètre supérieur à 0,5 µm (**Pourriot et Meybeck, 1995**).

La détermination de la quantité de MES a été faite par la méthode de filtration (**Rodier, 1996**).

I. 5.1.2.3 La conductivité:

C'est la teneur en sels dissous dans l'eau de la retenue qui montre un cycle annuel déterminé par les apports liquides en provenance des oueds (**Djelita et al., 2015**).

I. 5.1.2.4 Les nutriments:

Les nutriments tels que le carbone, l'azote et le phosphore jouent un rôle important dans le métabolisme cellulaire et la composition biochimique des microalgues. Une altération de concentration en ces nutriments peut provoquer une teneur plus ou moins importante de lipides, de sucres ou des éléments tels que le β-carotène (**Richmond, 2007**).

I. 5.1.2.5 L'oxygène dissous:

C'est un constituant vital de tous les tissus vivants, végétaux et animaux. Ils ont besoin, pour vivre de dioxygène à l'état libre ou combiné. La présence de matière organique réduit la teneur en oxygène dissous dans l'eau par oxydation à travers un procédé microbiologique (**AFNOR, 2000**).

I. 5.1.2.6 Le gaz carbonique:

Dissous dans l'eau, il entre dans le processus de la photosynthèse. Le CO₂ vient des échanges gazeux (CO₂ – O₂) avec l'atmosphère et est présent partout (**Mollo et Noury, 2013**).

I. 5.2. Les facteurs biotiques:

Les facteurs biotiques tels que les interactions entre espèces (compétition, prédation, symbiose, parasitisme, mutualisme...) interviennent dans l'édification de ces assemblages que ce soit au sein du phytoplancton, avec les autres micro-organismes ou avec les macroorganismes, dont les consommateurs primaires (**Bernard et al., 2017**).

- **Les relations intraspécifiques:** toute relation qui s'établit entre des individus appartenant à une même espèce ou même famille ou à une même population.
- **Les relations interspécifiques:** toute relation qui s'établit entre des individus appartenant à des espèces différentes.
- **Présence de prédateurs:** Le phytoplancton doit faire face à une forte pression de prédation. Les interactions entre les organismes autotrophes et leurs prédateurs peuvent être expliquées par différents modèles.

Il existe différentes stratégies pouvant permettre au phytoplancton d'échapper à la prédation telles que :

- Une modification de taille et/ou de forme les rendant moins accessibles aux prédateurs.
- Une inadéquation nutritionnelle.
- La mobilité ou encore la production de toxines ou de mucilage etc. (Cadier, 2016).

I. 5.3. Impacts des facteurs anthropiques sur la dynamique phyplanctonique:

L'empreinte croissante de l'homme sur son environnement y induit de profondes modifications apportant son lot de nuisance et de pollution. Particulièrement dommageable pour les écosystèmes aquatiques (Bernard et al., 2017).

Le phytoplancton par son importance écologique et biologique est susceptible d'être impacté par la pollution des eaux. Certains polluants comme les pesticides sont susceptibles de modifier l'équilibre de ces communautés, possible de la perturbation :

- De la boucle microbienne
- Des niveaux supérieurs de niveau trophique (Bernard et al., 2017).

I. 6. Systématique du phytoplancton:

Le phytoplancton regroupe deux catégories bien marquées d'organismes en se basant sur un caractère cytologique, à savoir la présence ou l'absence de membrane nucléaire. Les individus qui en sont pourvus sont classés sous le nom d'eucaryotes ou algues vraies, ceux qui en sont dépourvus sont classés sous le nom de procaryotes ou Cyanobactéries (Coute et Chauveau, 1994).

I. 6.1. Cas des Cyanophycées:

Dans la systématique des Cyanobactéries, les caractères morphologiques représentent les clés essentielles d'identification, dont les critères proposés par (Bourrelly, 1985) sont :

- La structure de la micro-algue « cellulaire ou filamenteuse ».
- La forme de la colonie ou du trichome.
- La taille des cellules.
- La gaine gélatineuse « couleur et aspect ».
- La présence ou non, de structures cellulaires caractéristiques « akinètes, hétérocystes et vacuoles gazeuses ».

I. 6.2. Cas des algues vraies:

Dans la systématique des algues vraies, les critères de classification proposés par (Bourrelly, 1985) sont :

- La nature chimique des chlorophylles, des autres pigments et des réserves.
- La cytologie du noyau et de l'appareil flagellaire.
- Les caractères cytologiques.
- Le mode de reproduction et la complexité structurale.
- Les caractères morphologiques.

I. 6.3. Organisation du phytoplancton:

Ce sont essentiellement des algues. Anciennement, leur classification était basée sur leur contenu pigmentaires : « chlorophylles (a, b, c) ; et des pigments accessoires ». L'association des deux leur donnant des couleurs caractéristiques : algues bleues, rouges, brunes et vertes. Actuellement, la phylogénie est en pleine évolution, grâce notamment aux avancées technologiques en biologie moléculaire (**Rodriguez et al., 2006; Not et al., 2007; Saez et al., 2008**). A ce jour, huit principales classes différenciées selon des critères morphologiques, cytologiques, biochimiques et reproductifs ont été recensées dans les milieux aquatiques (**Rolland, 2009**). Nous reprendrons ici uniquement les groupes les plus significatifs du plancton d'eau douce :

✓ **Chlorophycées:**

Forment un groupe extrêmement vaste et morphologiquement très diversifié. Elles sont réparties en 4 classes : les Euchlorophycées, les Ulothricophycées, les Zygothricophycées et les Charophycées. Celles-ci comportent environ 500 genres, représentant plus de 15000 espèces (John 1994). Toutefois, la plupart des algues vertes planctoniques lacustres appartiennent à l'ordre des Volvocales et à celui des Chlorococcales qui font partie de la classe des Euchlorophycées (**Bourelly, 1985**).

De couleur verte (chlorophylle a et b et caroténoïdes jaunes), ce groupe renferme environ 7000 espèces. On trouve des formes unicellulaires flagellées ou non flagellées, des formes coloniales et des formes filamenteuses ramifiées ou non. Les formes unicellulaires présentées ici appartiennent au groupe particulier des desmodies : le contenu cellulaire est disposé en deux parties de part et d'autre du noyau central. On en trouve de très belles dans les eaux acides et parmi les sphaignes des tourbières (**El Haouati, 2015**).

✓ **Les Bacillariophycées ou Diatomées:**

Ont un exosquelette composé de pectine et de silicium appelé frustules. Pour lutter contre la sédimentation, les cellules sont souvent munies d'extensions qui leur permettent d'accroître leur surface, augmentant ainsi le phénomène de frottement. De plus, la formation de colonie peut contribuer à la diminution de la vitesse de sédimentation, notamment pour des espèces formant des chaînes spiralées (**Peperzak et al., 2003**). Le groupe des diatomées regroupe plus de 100 000 espèces dont près de 15 000 sont identifiées à ce jour (**Germain, 1981**).

Algues unicellulaires dont le squelette externe est siliceux, elles ont une couleur caractéristique brun jaune due à la présence de chlorophylle a et c et de caroténoïdes jaunes et bruns. Elles peuvent être solitaires ou former de colonies ou des filaments.

✓ **Euglénophycées:**

Sont réparties en 13 genres et plus de 2000 espèces. Ils sont presque tous unicellulaires, sans paroi cellulaire, possèdent un, deux ou trois flagelles qui émanent d'une invagination de la membrane cellulaire, une vacuole contractile et un stigma») orange à rouge composé de globules de caroténoïdes (**Rosowski, 2003**). Bien que certaines euglènes soient non

pigmentées, phagotrophes (capable d'ingérer des particules solides) et par conséquent considérés comme des protistes animaux (ex protozoaires), la plupart sont photosynthétiques et parfois hétérotrophes. (Elles contiennent de la chlorophylle « a » et « b » et de caroténoïde) **(El Haouati, 2015)**.

✓ **Cyanophycées:**

Les cyanophycées ou les algues bleues sont des algues primitives, nées il y a 3.8 milliards d'années pendant la période volcanisme à l'outrance affectant l'ensemble de la terre **(Prescott et al., 2003)**.

Ces phytoplanctons se présentent généralement sous formes de fins filaments. Capables de vivre dans les milieux extrêmes, on peut le trouver presque partout. Leur couleur est grâce à l'association de chlorophylle « a » avec deux pigments accessoires (rouge et bleue).

Les algues bleues sont un indicateur de la mauvaise qualité des milieux aquatiques. En effet, leur prolifération causée par la présence d'une grande quantité des pesticides et des métaux lourds **(Mollo et Noury, 2013)**.

✓ **Chrysophycées:**

Sont des algues unicellulaires jaunes à brunes, de forme allongée et de petite taille (2 à 3 µm). Elles vivent indépendantes ou en colonies dans les eaux marines ou continentales des zones tempérées ou chaudes. Leurs cellules possèdent un ou plusieurs plastes jaunes ou bruns à cause de la forte concentration en xanthophylles (lutéine, fucoxanthine, diadinoxanthine) et caroténoïdes (β-carotène) masquant la couleur due aux chlorophylles « a » **(El Haouati, 2015)**.

✓ **Dinophycées ou Dinoflagellés:**

Ils regroupent près de 300 espèces, les dinophycées sont des micros-algues unicellulaires de couleur rouge-orangé grâce à la présence de chlorophylle « a » et « c » et des caroténoïdes responsables à la couleur brune à rouge. Ils sont de taille moyenne et petite (3 à 5µm). Se développant habituellement du printemps à l'automne **(Mollo et Noury, 2013)**.

Les individus sont composés d'une paroi qui peut être nue ou recouverte de plaques cellulodiques. Les dinophycées sont mobiles grâce à deux flagelles: l'un dans un sillon équatorial, l'autre perpendiculaire au premier. Leurs deux flagelles leur permettent d'effectuer de relatifs déplacement tournoyants et des migrations verticales **(Groga, 2012)**.

✓ **Xanthophycées:**

Regroupent plus de 600 espèces dulçaquicoles. Anciennement appelées Xanthophycées, englobent des algues qui étaient classés auparavant avec les chlorophycées. Elles se distinguent des chlorophycées par des chromoplastes jaune-vert dont la couleur est due à l'axe de xanthophylles et de caroténoïdes. Sont des algues unicellulaires, coloniales ou filamenteuses. Les cellules mobiles possèdent deux flagelles de taille différente **(El Haouati, 2015)**.

II. 1- Généralités sur les barrages :

L'Algérie a connu une croissance démographique très importante, passant de 25 millions d'habitants en 1990, à 43 millions d'habitants cette année selon Algérie Presse Service. Dont environ les deux tiers de la population algérienne sont concentrés sur la zone de littorale.

Cette augmentation de la population entraîne une demande en eau importante et sous l'effet de sécheresse qui touche le pays, les décideurs ont opté pour plusieurs solutions également pour répondre aux besoins en eau à utilisation domestique, industrielle et agricole. Parmi ces solutions l'augmentation du nombre de barrages.

L'Algérie dispose actuellement de 80 grands barrages d'une capacité dépassant 9 millions de m³ (El Moudjahid, 2019).

Les barrages sont probablement les plus spectaculaires des aménagements hydrologiques qui peuvent modifier le fil des écoulements. Ces derniers constituent des plans d'eau dont l'intérêt économique et écologique est loin d'être négligeable.

Les lacs de barrages se définissent comme des écosystèmes continentaux d'origine artificielle, leur rôle est de retenir temporairement l'eau soit:

- Pour créer une chute pour produire l'énergie (barrage hydroélectrique);
- Pour permettre une dérivation;
- Pour empêcher les crues.

Ils ont aussi été exploités dans le domaine de la pisciculture et de la pêche continentale car ces réservoirs considérés comme des milieux favorables aux espèces adaptées aux eaux stagnantes.

I. 2- Présentation des sites:

II. 2-1. Historique de barrage de Keddara:

Le barrage de Keddara (Fig. 2) été construit en 1982, a une capacité initiale de 145,6 Hm³. Sa mise en service été en 1986. Il est destiné à satisfaire les besoins en eau potable des agglomérations algéroises et d'une grande partie de la ville de Boumerdes (ANBT, 2020).



Fig. 2 : Barrage de Keddara en 2010

II. 2-2. Historique de barrage de Beni Amrane:

Le barrage de Beni Amrane (**Fig. 3**) été construit en 1984, à une capacité initiale de 16.00 hm³. Sa mise en service été en 1988. Il a été surélevé en 2003 par hausse "Hydro plus" pour but d'augmenter la capacité de la retenue. Il est destiné à satisfaire les besoins en eau potable du grand Alger ainsi que des villes se trouvant dans la zone de la Mitidja entre Alger et l'oued Boudouaou, le barrage est aussi construit pour transférer des eaux vers la retenue de Keddara par pompage (**ANBT, 2020**).



Fig. 3 : Barrage de Beni Amrane

II. 2-3. Historique de barrage de Hamiz:

Le barrage de Hamiz (**Fig. 4**) été construit en 1879 à une capacité initiale de 14 Hm³. Sa mise en service été en 1935. Sa capacité après la surélévation devenue de 21 Hm³. Le réservoir participe à l'alimentation de la ville d'Alger en eau potable par le biais du barrage Keddara, il est aussi destiné à l'irrigation de la plaine de la Mitidja ouest (**ANBT, 2020**).



Fig. 4 : Barrage de Hamiz

II. 3- Situation géographique:

II. 3-1. Barrage de Keddara:

Le barrage de Keddara est situé à 8 kilomètres au Sud de la ville de Boudouaou et à 35 km à l'est d'Alger, à 56 km de Blida au nord-est à 53 km de Bouira au nord-ouest, à une altitude de 1047 m. Le remplissage de la retenue dépend du pompage des eaux de la prise de Beni-Amrane, des eaux de dérivation du barrage de Hamiz et des apports de son propre bassin versant à une surface de 93 km² (**ANBT, 2019**). Ses coordonnées géographiques sont: 36°, 62' de latitude nord et 3°. 45' de longitude est (**Attou et Arab, 2019**).

II. 3-2. Barrage de Beni Amrane:

Le barrage de Beni-Amrane est situé en l'Oued Isser à environ 40 km de la côte, à 1 km à l'ouest du village qui porte le même nom et à 15 km à l'est de la ville de Boumerdes. Il est de 93,5 m de hauteur. Ce barrage fait partie du système Isser – Keddara – Boudouaou – Alger (ANBT, 2019).

A l'emplacement du barrage de Beni Amrane, la superficie du bassin versant est de 3 710 km², pour un apport moyen annuel de l'ordre de 414 hm³/an. Ses eaux sont destinés à satisfaire les besoins en eau potable, non seulement du grand Alger, mais aussi des villes se trouvant dans la zone Est de la Mitidja, entre Alger et l'Oued Boudouaou (ANB, 1997).

II. 3-3. Barrage de Hamiz:

Le barrage de Hamiz est situé dans la commune de Larbatache (Wilaya de Boumerdes) à 6 km au sud-est de la ville de Khmis-Khechna, 25 km de la mer méditerranéenne et 35 km de la ville d'Alger.

Il se situe dans le bassin versant de l'Oued Lekhal dans la vallée de l'Oued Reghaia et couvert une superficie de 220km² environ de terre riche et fertile. Sa capacité est de 15,53 millions de m³ à la cote de la retenue normale (ANBT, 2019).

La localisation géographique de chaque barrage est montrée dans la figure ci-dessous (Fig. 5):

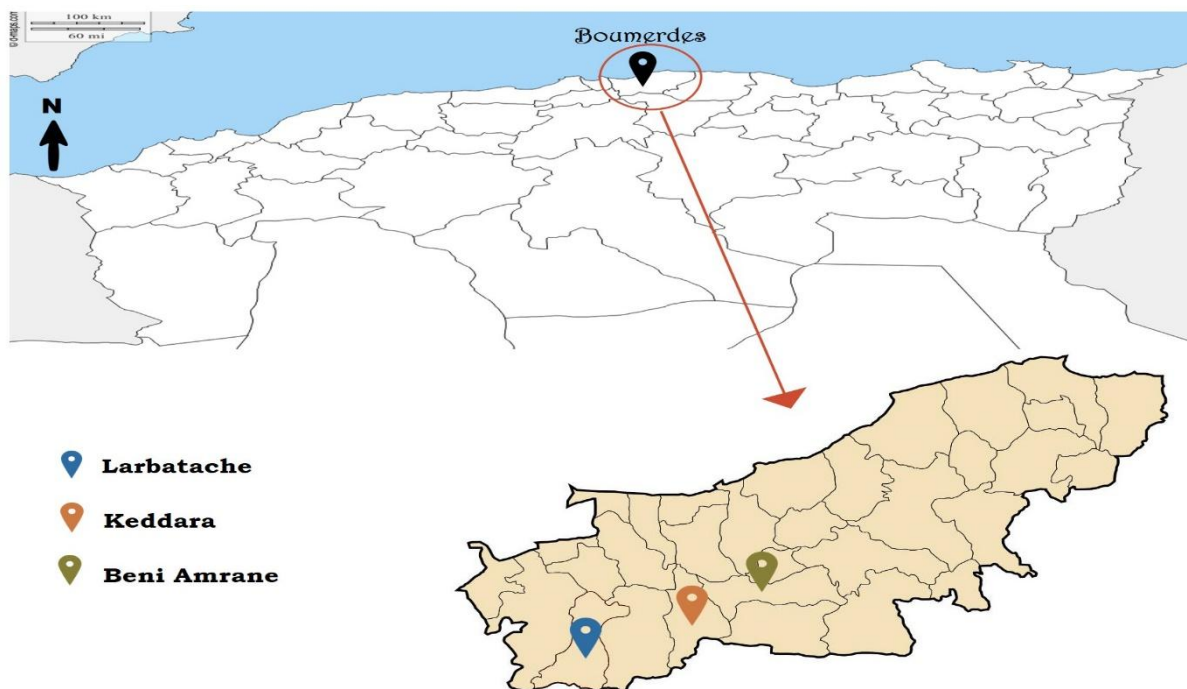


Fig. 5 : Localisation des trois barrages de la wilaya de Boumerdes

II. 4- Cadre géologique:

Les facteurs édaphiques dont l'étude du sol et à la géologie du terrain sont parmi les composantes primordiales de l'écosystème (**Attou, 2010**).

II. 4-1. Barrage de Keddara:

Le barrage de Keddara se situe dans la partie nord de l'Atlas Tellien et au pied nord de l'extrémité Est de l'Atlas Metidjien, dans un complexe métamorphique appartenant à l'extrémité occidentale des monts Kabyles. Dans les lits des Oueds de la région, on trouve une occupation par des alluvions des graviers plus au moins argileux et sableux avec des blocs.

Sur le site du barrage affleure des chloritoschistes et séricitoschistes paléozoïques. La zone de la cuvette se développe dans les formations du flysch éocène composé par des argiles, marnes, calcaires et grès. On trouve des calcaires jurassiques, crétacés et éocène qui contiennent de petit pourcentage de baryte et calcite (**ANBT, 2019**).

La présence de fortes pentes malgré les faibles altitudes absolue est l'un des caractéristiques du bassin versant de Keddara. Les zones situées au nord de barrage et à l'est de Larbatache ont des pentes longues et modérées, permettant des cultures sur toute la longueur du versant (**Attou, 2010**).

II. 4-2. Barrage de Beni Amrane:

Le sous bassin versant de l'Oued Isser appartient au vaste ensemble géologique qui est le Tell septentrional Kabyle. Les études montrent que le bassin versant au droit du barrage de Beni Amrane se caractérise par une formation métamorphique d'âge précambrien recoupée localement par des roches intrusive et d'autre part par des formations sédimentaires. En général, ce bassin versant présente des formations friables et meubles (alluvions récentes, marnes argileuses...), facilement érodables.

Le bassin de Beni Amrane est constitué des marnes grises et calcaires lités occupent 46% du bassin versant, des argiles, d'oligocène, de grès, des paléozoïques, des jurassiques, notamment la présence des traces des alluvions actuelles et récentes de sables, graviers et argiles au voisinage d'Oued Isser.

II. 4-3. Barrage de Hamiz:

Le bassin de Hamiz est classé comme un espace à une perméabilité très faible selon le classement hydrogéologique de terrain. Le terrain de ce dernier dépend de trois types de roches :

- 1) Le grès micacés rouges et des poudingues quartzeux blancs déposé au sud du bassin en amont, aussi construit dans la lame droite contre le parement aval ;
- 2) Le schiste est la roche la plus ancienne du bassin, qui est représenté au nord du bassin en aval, bien que la surélévation est t'ancré sur les schistes dans la rive gauche;

- 3) Le calcaire est l'ancré de la surélévation de la rive droite, et qu'il construit une lame droite contre le parement aval (ANBT, 2019).

II. 5- Réseaux hydrologiques:

II. 5-1. Barrage de Keddara:

Les différentes sources d'alimentation du barrage sont:

- Le transfert des eaux excédentaires par gravité à partir du barrage de Hamiz à travers une galerie de dérivation (Hamiz-Keddara de 3.2 km) permettent de dériver vers le barrage de Keddara un volume de $15 \text{ hm}^3/\text{an}$.
- Les transferts pompés prévenant du barrage Beni Amrane, à l'aide d'une station de refoulement d'une capacité de $0.61 \text{ hm}^3/\text{J}$, qui permettant de transférer vers Keddara un volume d'eau moyen annuel de 110 hm^3 .
- Alimentation par les Oueds: Keddara, El Haad et Isser;
- Alimentation par les sources de la nappe phréatique (Fig. 6) (ANBT, 2019).

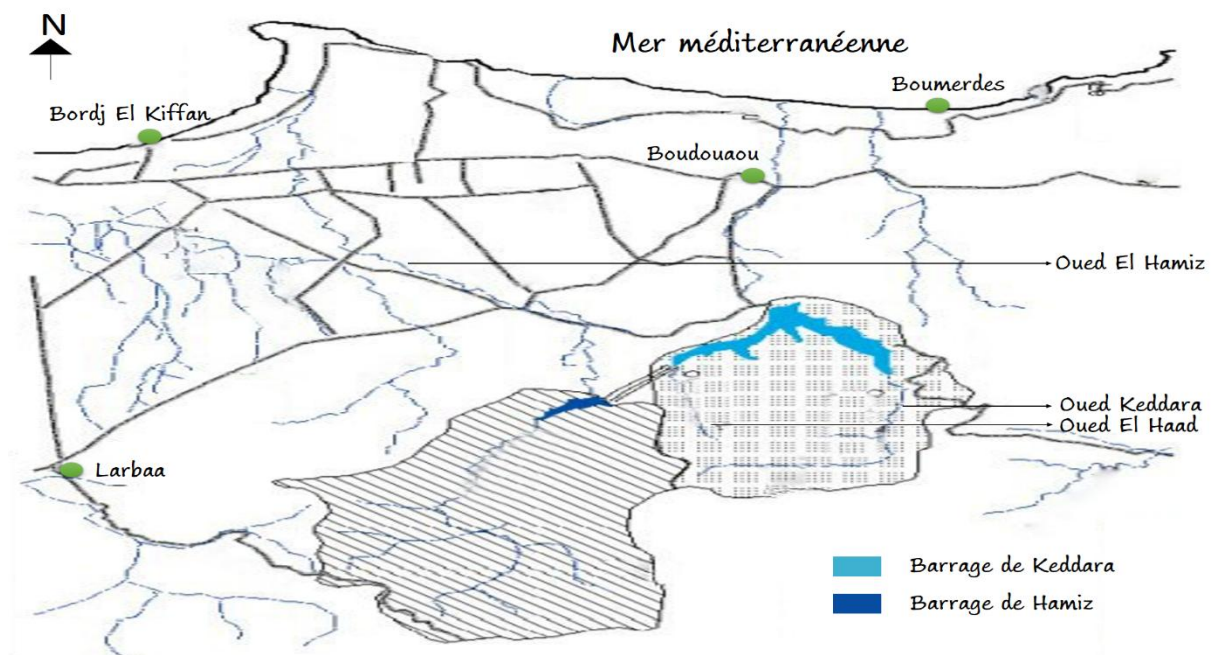


Fig. 6 : Réseau hydrographique du bassin versant de barrage de Keddara (Attou, 2013) (modifiée)

II. 5-1. Barrage de Beni Amrane:

Le bassin de Beni Amrane (**Fig. 7**) est caractérisé par un réseau hydrographique très dense. Il est traversé par l'Oued Isser et ses effluents à l'Est et à l'Oued de celui-ci. L'Oued Isser est formé par la réunion de l'Oued El Hammam issu de calcaires marneux de crétacés inférieur de Berroughia. Ce dernier draine le bassin sur une longueur de 61 km où l'écoulement se fait du Sud vers le Nord. Les effluents dans notre bassin se limitent à l'Oued Djemaa, le reste des effluents ne sont que des petites rivières pérennes ou saisonnières (**Khenter, 2017**).

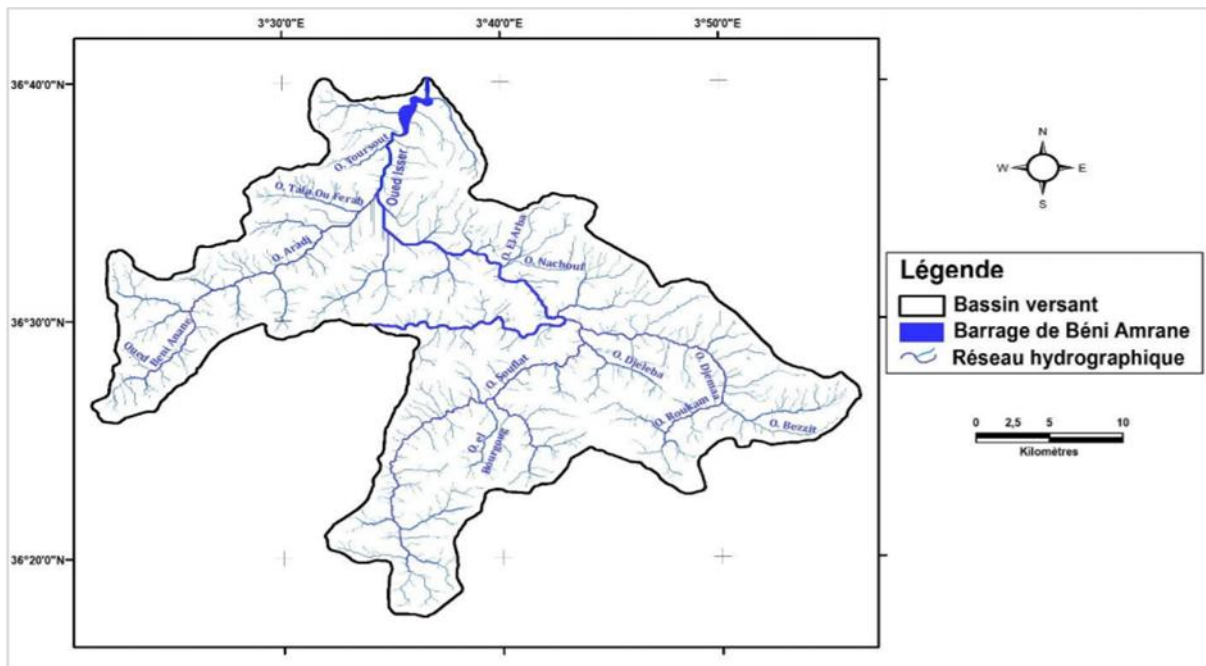


Fig. 7 : Réseau hydrographique du bassin versant du barrage de Beni Amrane (Khenter, 2017)

II. 5-1. Barrage de Hamiz:

La pluviométrie, les affluents, l'évaporation estivale et l'utilisation de l'eau, plus les changements et les variations saisonnières sont les facteurs qui déterminent le niveau de la masse d'eau dans le barrage de Hamiz.

Le barrage de Hamiz est alimenté surtout par la pluviométrie mais également par l'infiltration des oueds et des nappes phréatiques.

Les principaux oueds qui alimentent le barrage est l'Oued Larbatache et autres petits oueds qui sont l'Oued El Haad et Oued Djemaa. Oued Hamiz est situé en aval du barrage qui traverse les communes de Khmis Khechna et Hammadi vers la mer méditerranée.

Depuis 1987, les eaux de barrage passent artificiellement vers le barrage Keddara via une galerie (**Ould Rouis, 2016**). (**Fig. 8**)

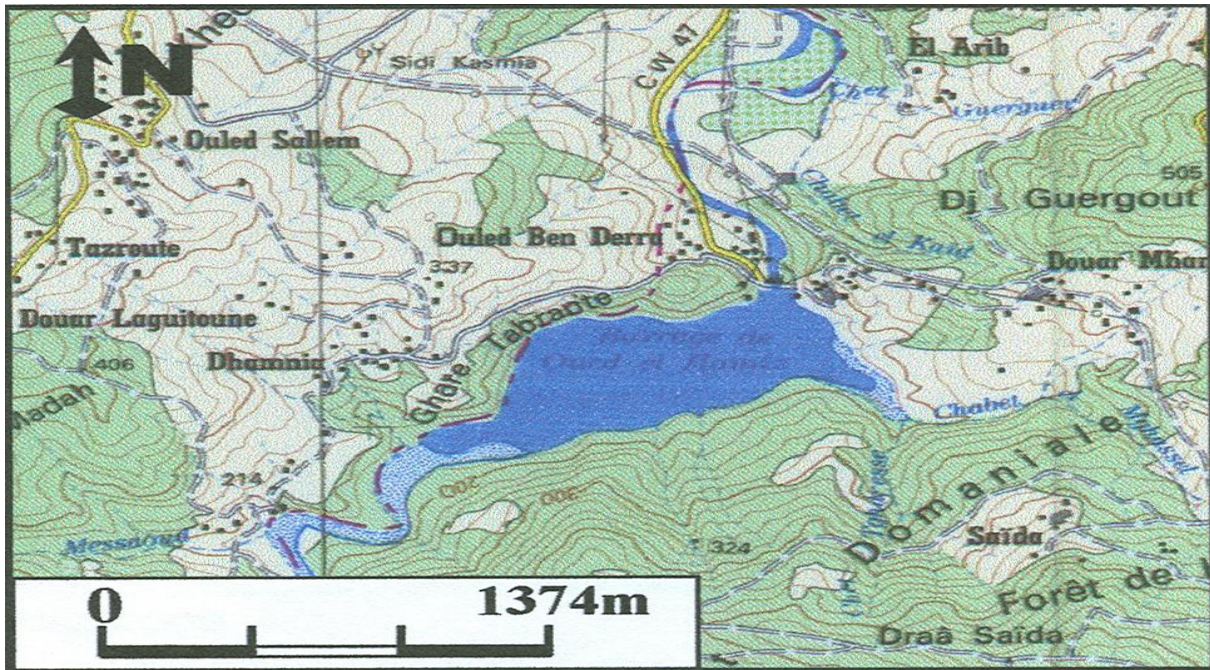


Fig. 8 : Réseau hydrographique du bassin versant de barrage de Hamiz (I.N.C, 2017)

II. 6- Caractéristiques hydromorphométriques des trois lacs de barrages étudiés:

L'hydrologie des systèmes lacustres dépend étroitement du climat local. Des apports entre le bassin versant et le lac et en fin de la morphologie de la cuvette lacustre (**Pourriot et Meybeck, 1995**).

Les données hydromorphométriques pour les trois barrages étudiés sont résumées dans le tableau **I** (**Annexe 1**).

II. 7- Climatologie:

Le climat est défini comme une combinaison des états de l'atmosphère dans un lieu donné et sur une période définie. Le climat est l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un point de la surface terrestre (**Pedelaborde, 1991**). Le climat local est constitué par la série des états de l'atmosphère au-dessus d'un lieu, dans leur succession habituelle (**Huffy, 2001**).

La nature du climat joue un rôle important pour ajuster les caractéristiques écologiques des écosystèmes continentaux (**Attou, 2014**).

Le climat représente le facteur déterminant fondamental de la distribution des espèces dont l'influence s'exerce et peut être perçu à toutes les échelles d'observation de la biosphère (**Lacoste et Salanon, 2001**).

I. 7-1. Facteurs climatiques:

Les facteurs climatiques influencent le fonctionnement d'un écosystème, il s'avère que l'altération des caractères physico-chimiques de l'eau est doublée par une variabilité des conditions météorologiques (**Chaocachi et al., 2002**).

▪ Les précipitations:

Les précipitations constituent l'unique « entrée » des principaux systèmes hydrologiques continentaux que sont les bassins versants.

La répartition spatiale des précipitations moyennes annuelles varie selon plusieurs paramètres locaux caractéristiques de chaque région dont l'altitude, l'exposition et l'orientation jouent le rôle principal. Les précipitations ont un rôle très important en région méditerranéenne. Elles sont caractérisées par leur régime irrégulier et leur répartition inégale (**Seltzer, 1946**).

Les données de précipitation de trois régions (Keddara, Beni Amrane, Hamiz) sont résumées dans la (**Fig. 9**) ci-dessous:

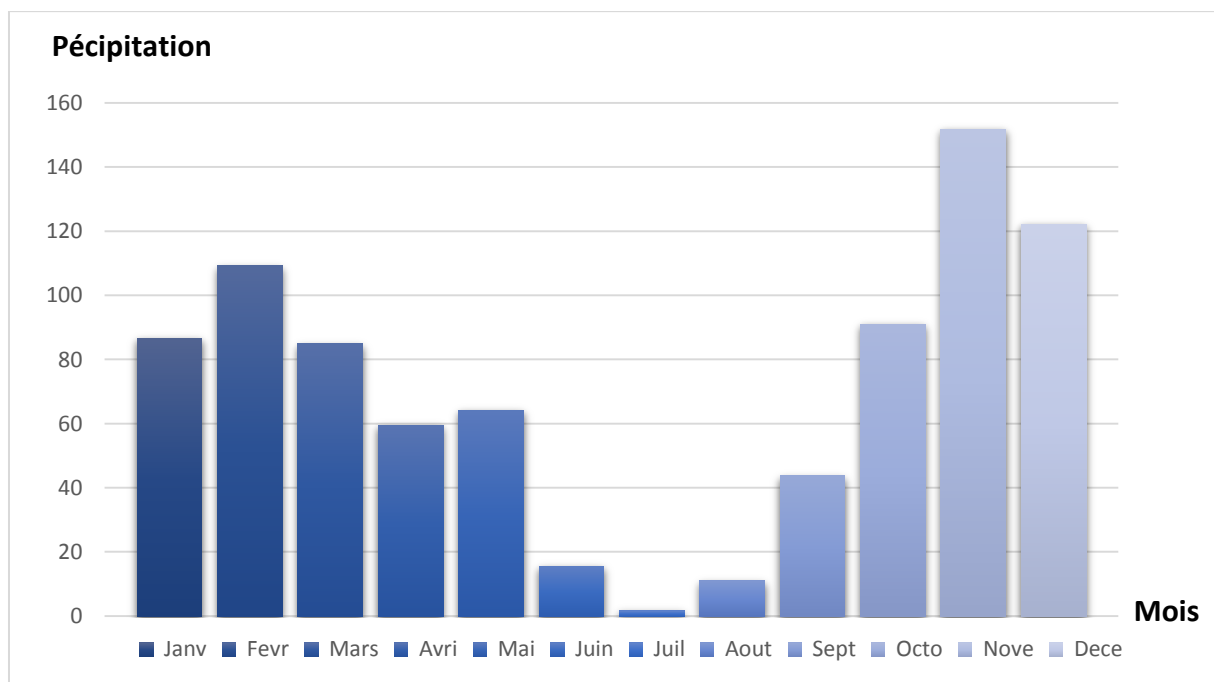


Fig. 9: Moyennes saisonnières précipitations dans la région de Boumerdes durant la période 2006-2015 (ONM, 2019)

La durée moyenne saisonnière des précipitations la plus élevée s'enregistre du mois de Novembre avec un maximum qui est de **151.9 mm** et un minimum au mois de Juillet avec une valeur de **1.8 mm**.

- **La température:**

La température est le facteur climatique le plus important, c'est celui dont il faut examiner en tout premier lieu l'action écologique sur les êtres vivants, elle va être naturellement un facteur écologique capital agissant sur la répartition géographique des espèces (**Dreux, 1974**).

La température joue un rôle primordial dans les milieux aquatiques. Elle représente un facteur limitant très important car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition des espèces (**Ramade, 1984**), et la multiplication des différents êtres vivants (**Fig. 10**):

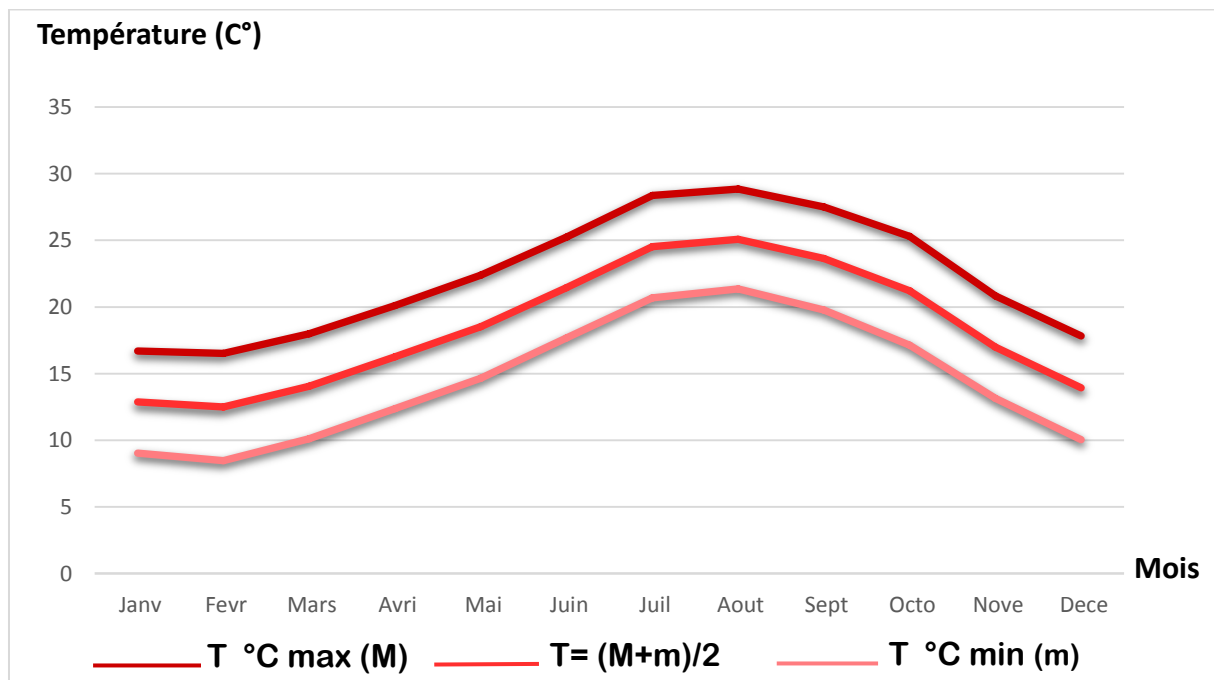


Fig. 10: Variations moyennes saisonnières de la température dans la région de Boumerdes durant la période 2006-2015 (ONM, 2019)

A partir des données récoltées de la station météorologique de Boumerdes (Dellys), nous remarquons que le mois d'Août est le plus chaud (28.9 °C) et que Janvier, Février et Décembre sont les mois les plus froids (9.08, 8.74 et 10.04 °C respectivement) sur une période de 10 années (2006-2015).

- **Le vent:**

Le vent est une force physique réagissent les courants, il est caractérisé par sa vitesse et sa direction (**Fig. 11**). Il présente une action directe sur le couvert végétal comme il peut influencer sur le climat par sa charge en humidité (**Lacoste et Salanon, 2001**), les régimes pluvieux et l'évaporation. De plus, le vent a une importance capitale aussi dans l'établissement du brassage des eaux superficielles (**El Haouati, 2015**).

Les études de fluctuation des vents sont nécessaires afin de comprendre le fonctionnement de l'écosystème. En effet, le vent a une grande influence sur la transparence de l'eau et le

déplacement des espèces (Demers et al. 1987 ; Millet, 1989 ; Carrick et al. 1993 ; Herrera Silveira et Comin, 1995 ; De Casabianca et Kepel, 1999).

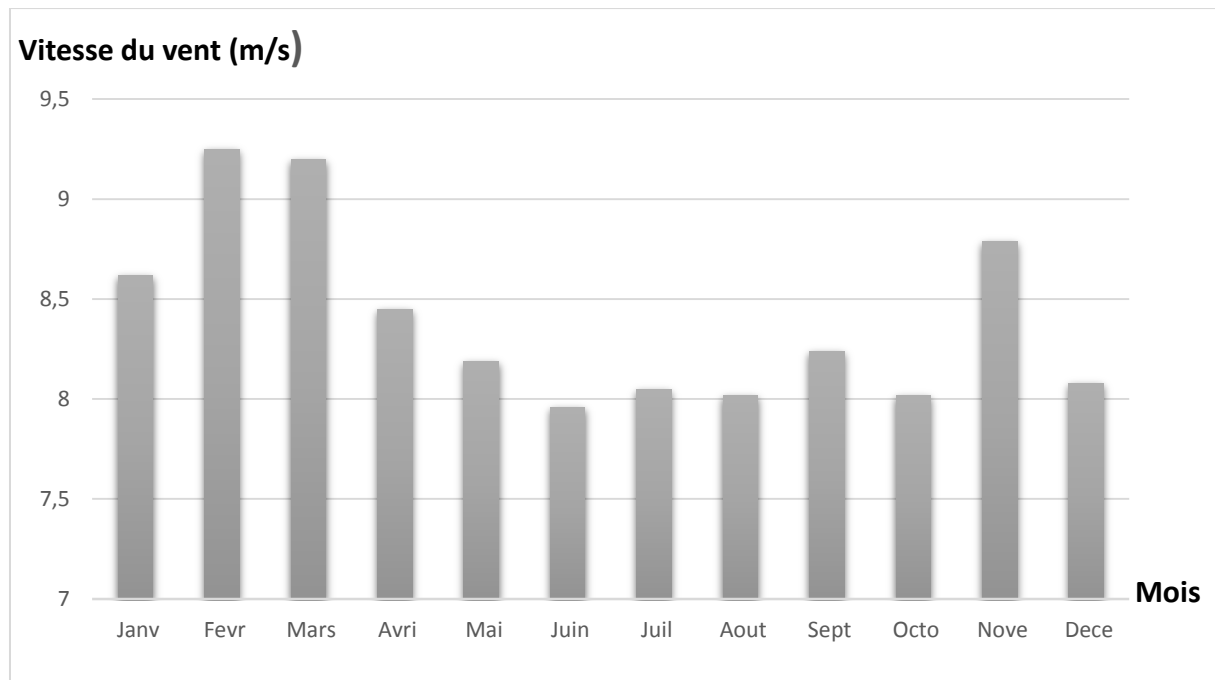


Fig. 11: Variations moyennes saisonnières de la vitesse du vent dans la région de Boumerdes durant la période 2006-2015 (ONM, 2019)

D'après nos résultats, nous constatons que la valeur maximale est de **9.25 m/s** au mois de Février et la valeur minimale de la vitesse est de **7.96 m/s** au mois de Juin.

▪ **L'humidité:**

Elle représente la quantité d'eau contenue dans l'air. L'eau de l'atmosphère provient de l'évaporation des mers, fleuves, lacs et de l'évapotranspiration des végétaux. L'humidité de l'air augmente naturellement avec la proximité des sources. L'eau atmosphérique est essentiellement localisée dans les basses couches de l'atmosphère, l'air devenant plus sec à mesure que l'on s'élève. La masse totale d'eau atmosphérique représente environ 0.25% de la masse totale de l'atmosphère (Fig. 12).

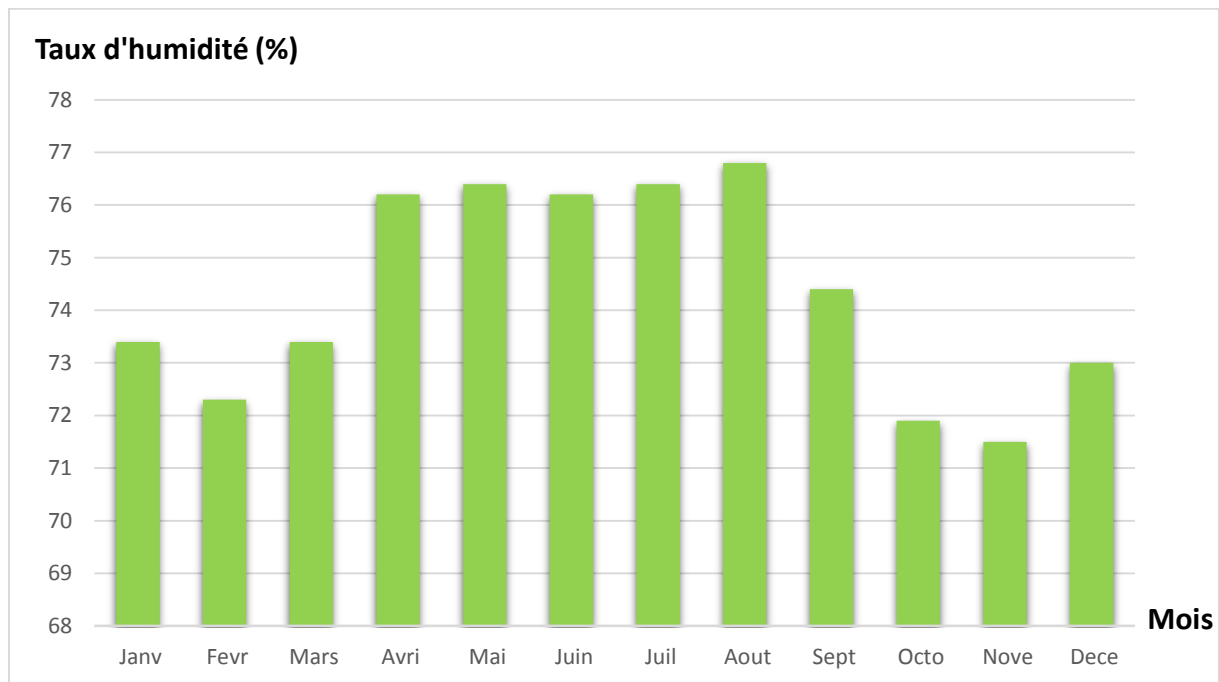


Fig. 12: Variations moyennes saisonnières de l'humidité dans la région de Boumerdes durant la période 2006-2015 (ONM, 2019)

II. 7-2. Synthèse climatique:

Pour caractériser le climat d'une région, il revient à déterminer les variabilités de la température et la pluviosité. Si ces composantes climatiques changent, de nombreuses autres composantes abiotiques et biotiques vont changer également (**Lévêque et Mounoulou, 2001**).

○ Diagramme pluviothermique de GAUSSEN:

Bagnoul et Gausсен considèrent qu'un mois est sec quand le total des précipitations exprimées en mm est inférieur ou égal au double de la température exprimée en degré Celsius (**Kadik, 1978**). En d'autre terme, le diagramme ombrothermique permet de déterminer les périodes sèches et humides des régions à partir de l'exploitation des données des précipitations mensuelles et des températures moyennes mensuelles (**Dajoz, 2000**), dont:

$$T = (M+m) / 2 \quad \text{avec} \quad P \leq 2T$$

Où:

P: précipitation moyenne annuelle (mm);

T: température moyenne (°C);

M: moyenne de maximas du mois le plus chaud en °C;

m: moyenne de minimas du mois me plus frais en °C.

Le diagramme ombrothermique pour notre zone d'étude est représenté dans la figure suivante **Fig. 13:**

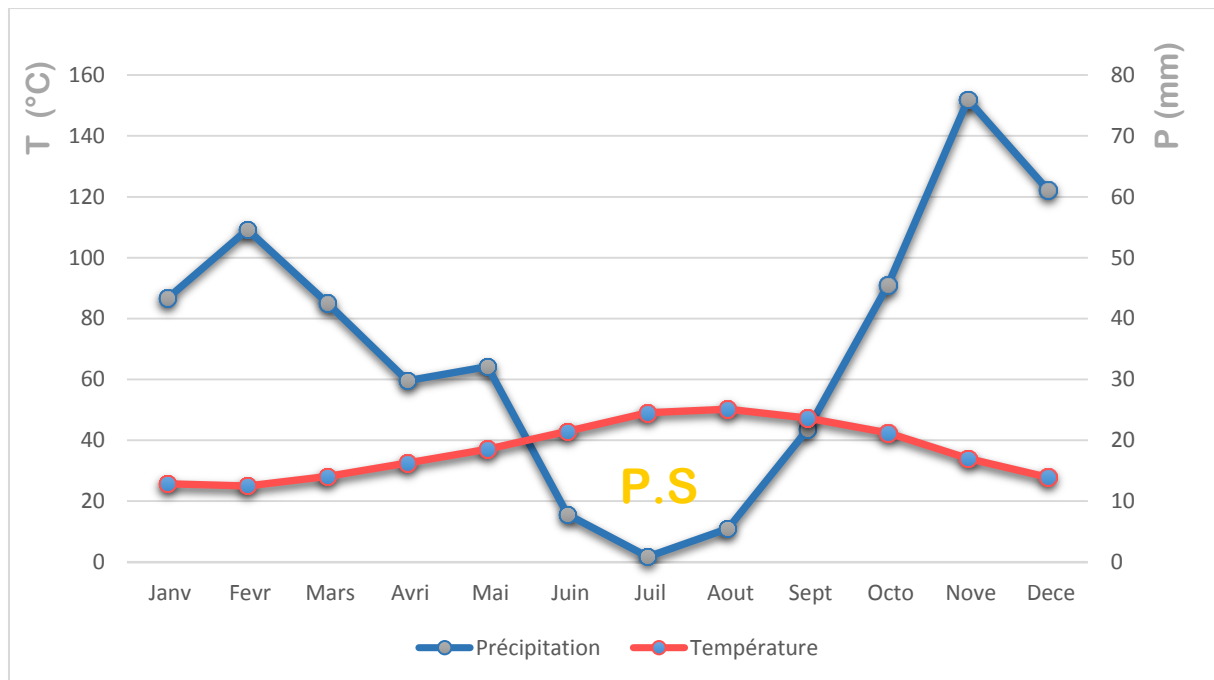


Fig. 13: Diagramme pluviométrique de la région de Boumerdes

Le diagramme pluviométrique de **GAUSSEN** pour la période 2006-2015 montre que l'année est répartie en une saison sèche allant de Juin à Septembre et une saison humide pour le reste de l'année.

○ **Climagramme d'EMBERGER:**

En 1955, **EMBERGER** établit un quotient pluviométrique et un climagramme qui permet de séparer les différents étages bioclimatiques méditerranéens ainsi que les variantes de chaque étage (**Dajoz, 1985**). (**Fig. 14**).

Selon **EMBERGER**, La valeur de m est une différentielle très importante. D'une manière générale, elle exprime des gelées, car plus m est bas plus celles-ci sont sévères. Pour en tenir compte, il est indispensable de combiner Q_2 avec m (**Tir Kamel, 2009**).

Il existe trois facteurs fondamentaux pour définir un bioclimat d'une station: les précipitations annuelles, les températures minimales du mois le plus froid et la température maximale du mois le plus chaud selon la formule suivante:

$$Q_2 = 2000 \times P / (M + m)(M - m)$$

Où:

M : Température moyenne maximale annuelle en degré Kelvin;

m : Température moyenne minimale annuelle en degré Kelvin;

P : précipitation moyenne annuelle en mm.

Le Q_2 pour la période de 2006-2015 est de: **158.99**.

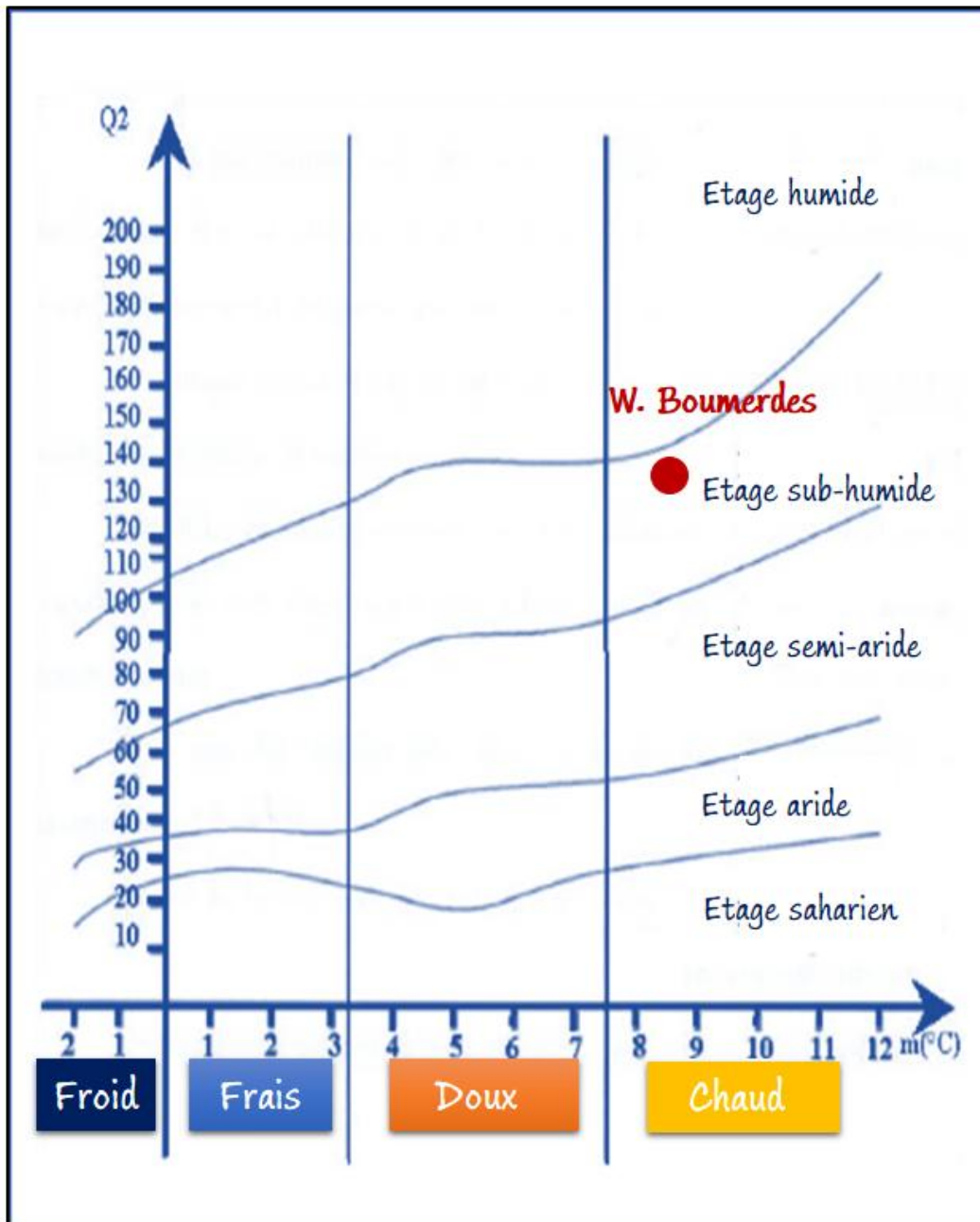


Fig. 14: Position de la région de la wilaya de Boumerdes sur le climagramme d'EMBERGER

Chapitre 2

Matériel et méthodes



L'un des excellents éléments de la qualité des eaux est la quantification des communautés phytoplanctoniques. La croissance de la composition taxinomique de ces dernières est nécessaire pour le suivi de la productivité et surtout de la surveillance des milieux aquatiques.

Notre étude est une synthèse de différentes saisons de l'année 2019 pour les trois lacs de barrage de la wilaya de Boumerdes.

Cette partie traite le matériel et les méthodes que nous avons adoptés.

I. 1. Présentation des périodes de prélèvement:

Suite au changement de stratégie à cause des conditions sanitaires qui ont touché notre pays, cette étude s'appuie sur une comparaison des prélèvements faits dans les sites choisis durant l'année 2019, en indiquant que nous avons réalisé le prélèvement automnal et les deux autres prélèvements sont la synthèse des résultats des travaux réalisés par le personnel de CNRDPA (Tab. II).

Tab. II: Calendrier de prélèvements

Saison	Barrage de Keddara	Barrage de Beni Amrane	Barrage de Hamiz
Hiver	17/02/2019	Pas de prélèvement*	20/02/2019
Printemps	18/04/2019	22/04/2019	25/04/2019
Automne	10/12/2019	15/12/2019	08/12/2019

*: absence de prélèvement à cause de mauvaises conditions climatiques

I. 2. Présentation des points de prélèvement:

Pour ce genre d'étude, il est difficile de choisir les stations du prélèvement à cause de la distribution hétérogène de plancton dans tous les milieux lacustres (Cherbi, 1984).

Le choix de ces stations est basé beaucoup plus sur un ensemble de critères pour obtenir des résultats comparables tout au long du travail de mémoire:

- 1) La localisation par rapport à l'hydrologie, comme les stations fixées en amont et en aval du barrage;
- 2) La fréquentation des zones du barrage (les activités agricoles, pâturage...)
- 3) L'accessibilité: la facilité d'accès et la proximité géographique des stations;
- 4) La sécurité: choisir les points les plus sécurisés.

En plus de ces critères, on a sélectionné pour chaque barrage des stations selon: la topographie du milieu, la profondeur, la nature de la couverture floristique et l'ombrage. La station de mesure possède un point caractéristique qui vise à la symboliser cartographiquement.

Les stations sont les mêmes par rapport aux études des années précédentes pour permettre d'évaluer les paramètres de qualité des eaux avec le temps et faire également des comparaisons précises.

Pour éviter les contaminations par les algues périphytiques et les efflorescences accumulés sur les berges par le vent, il faut prendre une distance de 10 m de la berge avant de faire un prélèvement.

Le tableau suivant résume les caractéristiques des différentes stations sélectionnées pour chaque barrage (**Tab. III**).

Tab. III : Description des stations d'échantillonnage choisies dans les trois barrages

	Station	Caractéristiques
Barrage de Keddara	A	- Premier amont du barrage dont le déversement d'Oued El Haad et Oued Beni Amrane
	B	- Rive gauche - A proximité de la prise d'eau
	C	- Centre de barrage - A proximité d'une ile
	D	- Deuxième amont du barrage dont le déversement d'Oued Keddara - Présence d'une végétation abondante
	E	- Rive droite - Située dans un bras mort
	F	- Aval du barrage à proximité de la digue
Barrage de Beni Amrane	A	- Station dénudée, se trouve en amont du plan d'eau
	B	- Située sur la rive gauche de barrage, caractérisée par une végétation importante
	C	- Située sur la rive droite du barrage caractérisée par une végétation importante
	D	- Centre du barrage de Beni Amrane
	E	- Aval du lac, proche de la digue - Présence du pompage d'eau
Barrage de Hamiz	A	- C'est l'amont du barrage Hamiz où déverse Oued El Hamiz
	B	- Située sur la rive droite caractérisée par une végétation importante
	C	- Située sur la rive gauche, caractérisée par la présence d'un bras mort
	D	- Centre du barrage de Hamiz loin des deux rives
	E	- C'est l'aval du barrage situé dans un endroit plus au moins isolé - La présence d'un bras mort
	F	- Située à proximité de la digue, un site très fréquenté par les oiseaux d'eau - Présence du pompage d'eau

Les figures 15, 16 et 17 représentent la répartition de stations de prélèvement pour chaque barrage en 3D:



Fig. 15: Répartition des stations de prélèvements dans le barrage de Keddara (Google earth, 2020)



Fig. 16: Répartition des stations de prélèvements dans le barrage de Beni Amrane (Google earth, 2020)

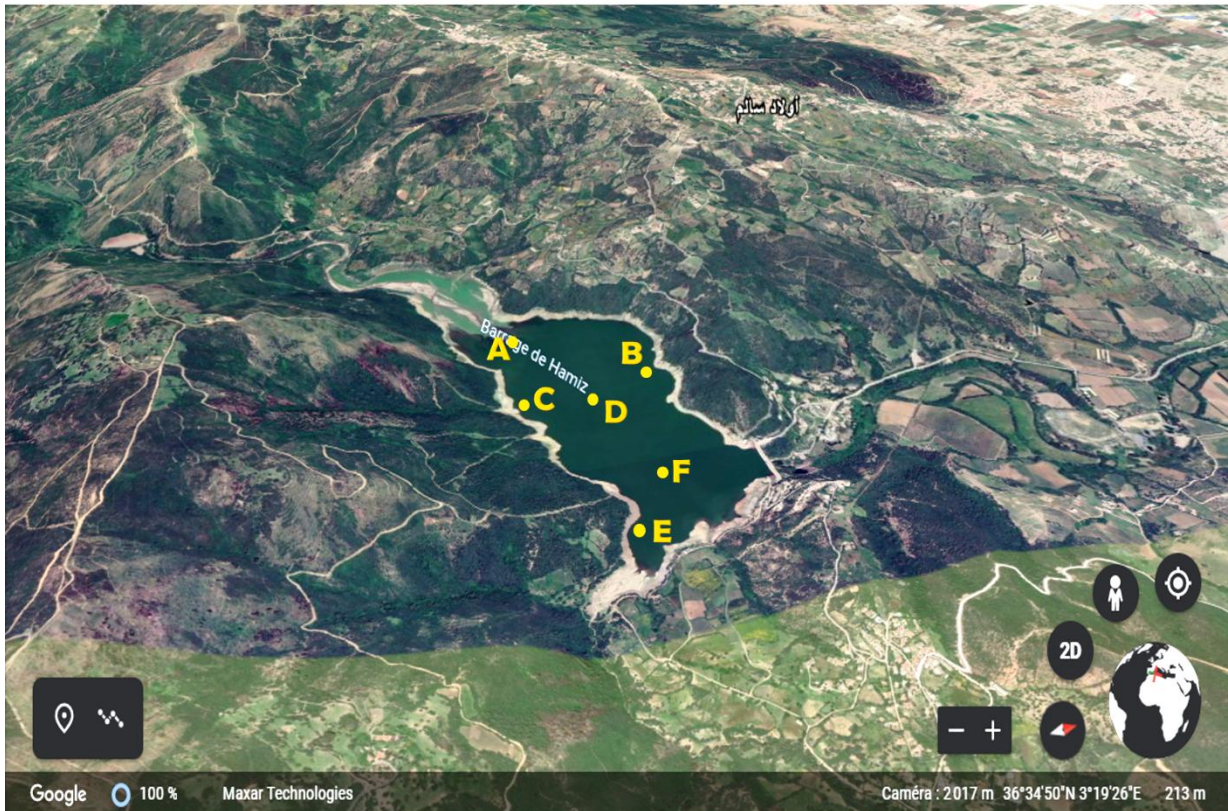


Fig. 17: Répartition des stations de prélèvements dans le barrage de Hamiz (Google earth, 2020)

I. 3. Principe de prélèvement :

Le principe est de déterminer les communautés phytoplanctoniques présentes dans les trois barrages étudiés.

Pour l'identification des espèces, la reconnaissance est principalement basée sur la morphologie générale de la cellule en utilisant des clés et des descriptions photographiques (Botes 2003, Nezan *et al.*, 1997, Hansen *et al.*, 2001 et Paulmier 1992).

I. 4. Matériel de prélèvement et d'analyse :

a. Filet à plancton :

Le filet à plancton est un entonnoir conique, en nylon à maille très serrée, filtrant l'eau et guidant les organismes en suspension vers la base du filet.

Le choix du filet se fait en fonction du type de particule que l'on souhaite récolter dont la taille des mailles du filet devra être inférieure à celle des particules qui nous intéressent.

Le filet est descendu dans l'eau à l'aide du câble auquel il est attaché. La longueur du câble déployé permet de savoir à quelle profondeur maximale le filet est envoyé.

Le risque de contamination est important. Si un organisme reste fixé au filet entre deux prélèvements, les observations suivantes seront faussées. Donc il faut penser à bien rincer le filet pour éviter que des organismes restent sur le filet.

b. Disque de Secchi:

La méthode du disque de Secchi est une méthode simple, rapide et bien connue, le disque Secchi est un dispositif permettant de mesurer la transparence / la turbidité d'une colonne d'eau, dans laquelle le disque blanc devient invisible à l'œil. En cas d'utilisation, le disque doit être dans un plan horizontal.

Il existe essentiellement deux types de disques de Secchi:

- Quatre cadrans en alternance noirs et blancs pour la limnologie, il existe deux diamètres : 200 mm (eau peu profonde) et 300 mm (eau plus profond);
- Une face noire et une face blanche pour l'océanographie.

c. Microscope inversé:

Le microscope inversé est un microscope optique dont l'échantillon est illuminé par le dessus et observé par en dessous. Il est considéré comme la technique la plus ancienne et connue.

A l'inverse de la microscopie optique classique où la lumière arrive sur l'échantillon par le bas et où l'observation se fait par le dessus. Pour le microscope inversé l'éclairage est du haut vers le bas. La microscopie inversée s'utilise avec fréquence dans l'hydrogéologie, l'hydrobiologie et la médecine. Etant donné que le type de construction implique que la distance entre l'objet et l'objectif soit assez grand, cela rend possible la contemplation de préparations plus épaisses.

Dans notre étude le microscope inversé a été utilisé pour permettre l'observation d'échantillons sédimentés, l'identification et le comptage des cellules phytoplanctoniques (**Utermöhl, 1931**) dont l'échantillon est mis à sédimenter dans une cuve de 10 ml pendant 4 à 24 h.

I. 5. Etude du phytoplancton:

L'étude ou les analyses phytoplanctoniques sont effectuées pour évaluer la qualité écologique et biologique des eaux de surfaces (lacs, barrage, oueds,...) par l'estimation de l'abondance et la composition taxonomique de phytoplancton d'eau douce (études qualitatifs et quantitatives) (**AFNOR, 2005**).

I. 5.1. Echantillonnage de phytoplancton :

Afin d'étudier et d'obtenir des données et des informations sur les communautés phytoplanctoniques des trois lacs de barrages de la wilaya de Boumerdes, le prélèvement des échantillons s'effectue à l'aide d'une bouteille d'un litre, l'eau prélevée est filtrée par un filet à plancton de 20µm de vide de maille dans un pilulier de 50 ml. Ce travail se fait in situ.

Le remplissage du flacon ne doit pas se faire jusqu'en haut pour permettre une bonne homogénéisation de l'échantillon avant la prise de sous-échantillon pour l'étudier au laboratoire (**Druart et Rimet, 2008**)

I. 5.2. Conservation des échantillons:

Les échantillons ont été conservés et fixés par l'ajout de Lugol de 1% molaire jusqu'à l'obtention d'une couleur brun orangé claire, une décoloration a été observée avec le temps et la lumière donc on rajoute quelques gouttes de Lugol jusqu'à la couleur demandée, les échantillons ont été conservés à l'obscurité et à température normale jusqu'à le temps d'étudier.

L'utilisation de Lugol a des avantages:

- Facilite l'observation microscopique grâce à la coloration des cellules phytoplanctoniques;
- Conservation de plus grands nombres des flagelles chez les flagellés;
- Fixation et conservation des échantillons jusqu'à 12 mois s'ils sont maintenus au froid et à l'obscurité (1 à 4°C).

L'usage du formol est réservé aux cas particuliers tels que la conservation de longues durées ou la fixation des échantillons très concentrés. Mais le formol a des inconvénients plus que les avantages :

- Décoloration des cellules végétales avec le temps;
- Classer depuis 2004 comme produit toxique et cancérigènes surtout sur les manipulateurs. (El Haouati, 2015).

I. 5.3. Préparation des échantillons :

Au laboratoire, pour permettre une distribution aléatoire du plancton dans la chambre de sédimentation, il convient que l'échantillon et tout le matériel utilisé soient à des températures similaires. Il est nécessaire d'agiter le flacon contenant l'échantillon à traiter, l'agitation est faite manuellement une quinzaine de mouvements verticaux et horizontaux (Herzi, 2013).

Immédiatement après l'homogénéisation de l'échantillon, un volume connu est versé en une seule fois dans la chambre de sédimentation. Après le remplissage de cette dernière, une lame de verre ronde est mise au sommet de la cuve. Cette opération doit être effectuée en évitant de piéger des bulles d'air et posée sur une surface plane sans vibrations.

Il est recommandé d'effectuer la sédimentation à l'obscurité, le temps de sédimentation recommandé est de 4h/cm pour des échantillons d'eau douce lugolées (El Haouati, 2015).

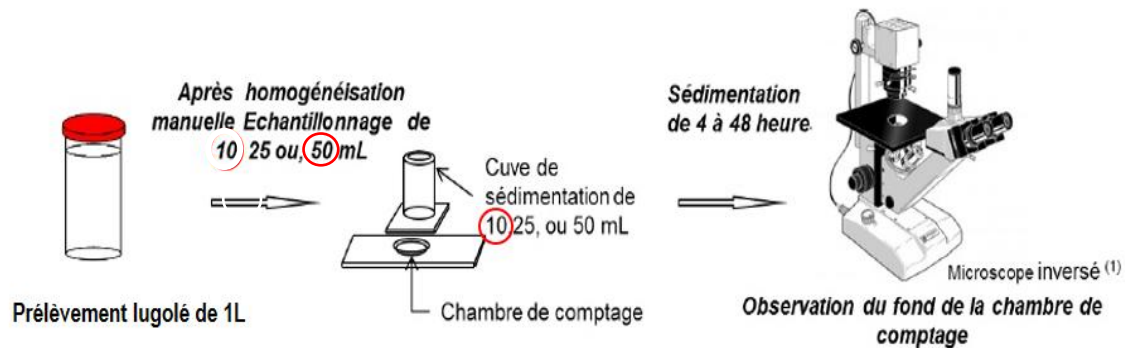
I. 5.4. Identification et comptage :

Après 24h de sédimentation des échantillons l'identification et le dénombrement du phytoplancton sont réalisés selon la méthode d'Utermôhl (1958) à l'aide d'un microscope inversé (Fig. 18). L'utilisation de grossissement X40, a permis de caractériser la composition taxinomique et la richesse des espèces ou le nombre de taxon (S) présents dans les échantillons (Baillot, 2017).

Le comptage de phytoplancton a été réalisé de deux manières différentes :

- i. Sur un minimum de 10 champs choisis aléatoirement, on note et on compte les espèces observées dans chaque champs sur un cahier;

- ii. Comptage à balayage, qui a fait par glissement de l'objectif oculaire de gauche à droit et vice versa jusqu'à terminer la lecture de la chambre afin de s'assurer la fiabilité de comptage.



Les résultats observés et comptés ont été notés dans un cahier et photographiés.

Fig. 18 : Représentation schématique de la préparation des échantillons pour les analyses du phytoplancton (Baillot, 2013) (modifiée)

- **Etude qualitative du phytoplancton:**

Les résultats de dénombrement sont exprimés en nombre d'individus par microlitre, dans un premier temps, relevés la valeur moyennes du nombre d'individu algaux comptés dans les chambres de sédimentation de trois lacs de barrages étudiés par volume, et ensuite converti en nombre d'individus par litre.

Une base de données Excel a été créé afin de saisir les données au fur et à mesure de l'analyse microscopique, et permettant de suivre l'évolution dans les compositions phytoplanctoniques. L'identification est assurée par des ouvrages spécialisés : **Bourrelly (1966, 1968 et 1970) ; Ricard, 1987 ; Sournia, 1986 ou en ligne sur internet.**

- **Etude quantitative du phytoplancton:**

La méthode d'**Utermöhl** est une technique quantitative standard utilisée dans le monde entier pour l'identification et le dénombrement du phytoplancton. Cette technique de comptage microscopique permet d'atteindre le degré d'identification spécifique.

I. 6. Organisation et structure du peuplement :

Pour étudier la diversité d'un échantillon, il existe plusieurs indices différents qui sont classés généralement selon leurs types. On distingue: les méthodes univariées, multivariées, multimétriques et fonctionnelles.

Dans le cas des méthodes univariées, il existe trois types d'indices:

- 1) Les descripteurs statistiques (la richesse spécifique, l'abondance, la dominance...)
- 2) Les indices de diversité (l'indice de Shannon Wiener, d'équitabilité de Piélou...)
- 3) les indices basés sur des représentations graphiques et distributionnelles (diagramme rang fréquence...) (**Grall et Coïc, 2006**).

1) Les descripteurs statistiques :

≡ Richesse spécifique:

Les peuplements sont généralement caractérisés, après description de leur composition taxinomique, par leur richesse et leur abondance.

La richesse spécifique S désigne le nombre total (S) ou moyen (S_m) d'espèces recensées par unité de surface. Cet indice S peut être utilisé pour analyser la structure taxinomique du peuplement (ex: nombre d'espèces de phytoplancton,...)

$$S = \text{Nombre d'espèce de la zone d'étude}$$

Il permet également de distinguer :

- Des variations spatiales : des secteurs faunistiquement riches et des secteurs plus pauvres ;
- Des variations temporelles : des minima et maxima en fonction des saisons et des stations (**Grall et Coïc, 2006**).

Un grand nombre d'espèces fait augmenter la diversité spécifique (**Ngansoumana, 2006**).

≡ Densité des espèces:

C'est un paramètre quantitatif important pour la description de la structure des peuplements phytoplanctoniques, il est calculé selon la méthode de comptage d'UTERMÖL et est exprimé en Nombre de cellules par litre.

$$\text{Densité} = \frac{\text{nombre d'organismes dénombrés} \times \text{nombre de champs} \times 100}{\text{nombre de champs} \times \text{volume concentré}}$$

≡ Abondance relative:

C'est une caractéristique d'une population, qui permet de connaître l'importance d'une espèce dans une communauté. Elle représente le rapport du nombre d'individu (n_i) d'une espèce donnée, sur le nombre total d'individus (N) pour un échantillonnage considéré. Elle est exprimée en pourcentage.

$$D (\%) = (n_i/N) \times 100$$

≡ Etude de l'évolution spatio-temporelle de la diversité spécifique:

La distribution spatiale du phytoplancton est hétérogène et la description de ces assemblages dépend de l'échelle d'observation. L'hétérogénéité de la distribution spatiale du phytoplancton à l'échelle du mètre peut être identique à la variation observée à l'échelle de la colonne d'eau (**Cassie, 1963 ; Seymour et al., 2000**).

Actuellement, la plupart des mesures spatiales à haute résolution du phytoplancton se basent sur des estimations de la concentration en chlorophylle a, que ce soit par fluorimétrie à haute fréquence pour la micro-échelle ou par image satellite pour la méso- et macro-échelle

synoptique. Or ces techniques ne rendent pas compte de la distribution spatiale de la diversité phytoplanctonique (**Bonato, 2015**).

Le phytoplancton se répartit en outre de manière hétérogène, les espèces se concentrant parfois en agrégats, ce qui rend difficile l'échantillonnage et l'évaluation de la variabilité à petite échelle spatiale (**Noppe, 2000**). Toutes ces moyennes saisonnières et géographiques masquent une hétérogénéité à plus grande échelle de temps et d'espace, analysée par **Dufour (1984)**. D'une façon générale, l'hétérogénéité croît avec le pas d'échantillonnage aussi bien spatial que temporel.

2) Les indices de diversité:

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

≡ Indice de Shannon-Wiener:

L'indice de diversité est une mesure de la distribution des effectifs spécifiques au sein du peuplement total (**Viera Da Silva, 1979**). Le degré de richesse d'une communauté est déterminé par le nombre d'espèces présentes et la répartition de l'effectif entre ces espèces (**Ittis, 1974**), c'est pour cela l'indice de Shannon-Wiener est le plus couramment utilisé et recommandé par les différents auteurs (**Gray et al., 1992**). Il est donné par la formule suivante:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log P_i \quad \text{avec } P_i = n_i / N$$

Où :

H' = indice de Shannon est exprimé en bits par individus, compris entre 0 et $\log S$;

S = nombre total d'espèces;

P_i = abondance proportionnelle ou pourcentage d'importance de l'espèce;

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

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

→ Une communauté dominée par une seule espèce aura un coefficient moindre qu'une communauté dont toutes les espèces sont codominances. La valeur de l'indice varie de 0 (une seule espèce, ou bien une espèce dominant très largement toutes les autres) à $\log S$ (lorsque toutes les espèces ont une même abondance) (**Grall et Coïc, 2006**).

≡ Indice d'équitabilité de Pélou:

L'indice d'équitabilité est combiné avec l'indice de Shannon, il permet de mesurer la distribution des individus au sein des espèces, indépendamment de la richesse spécifique. Sa valeur varie de 0 (dominance d'une des espèces) à 1 (équirépartition des individus dans les espèces):

$$E = R = H'/H_{\max} = H'/\log_2 S$$

S: somme des espèces.

H: indice de Shanon.

R: régularité.

E: équitabilité.

3) les indices basés sur des représentations graphiques et distributionnelles :

≡ Diagramme de Frontier (Rang fréquence):

Pour évaluer le degré d'organisation du peuplement phytoplanctonique et la succession de ses stades évolutifs, les auteurs font souvent appel aux représentations graphiques, sortes de diagrammes représentant les fréquences relatives des espèces en fonction du rang de ces espèces rangées par ordre d'abondance décroissante (**Ben Rejeb-Jenhani et Kartas, 1990**).

D'après Margalef (1961), il est possible de caractériser une succession phytoplanctonique par trois stades. Ces successions décrites par Margalef peuvent être contrôlées graphiquement au moyen des diagrammes rangs-fréquence de Frontier (1983). L'étude de ces diagrammes se fait d'une façon empirique en regardant l'allure générale et l'évolution des courbes tout au long de l'étude, à partir de trois stades de base (**Fig.19**).

On distingue en effet les stades suivants:

- ✓ **Stade 1** (début de succession): Le diagramme a une double courbure (concave). Il correspond à un faible nombre d'espèces abondantes accompagnées de quelques espèces rares. Ce stade caractérise un peuplement juvénile ou en déséquilibre.
- ✓ **Stade 2** (maturité du système): Il se traduit par une convexité qui va gagner toute la courbe. Il est caractérisé par un nombre important d'espèces avec égalité d'abondance. La diversité est maximale ce qui correspond à un écosystème mature.
- ✓ **Stade 3** (fin de succession): Le diagramme tend à devenir rectiligne expliquée par une diminution de la diversité spécifique par rapport le stade précédent, c'est un écosystème sénescant. On peut observer une flexure vers le bas dans la partie gauche avec la disparition de quelques espèces de derniers rangs.

Un peuplement stressé par une pollution ou par un facteur abiotique très contraignant sera au stade 1, rarement au stade 2 alors qu'un peuplement stable sera au stade 3.

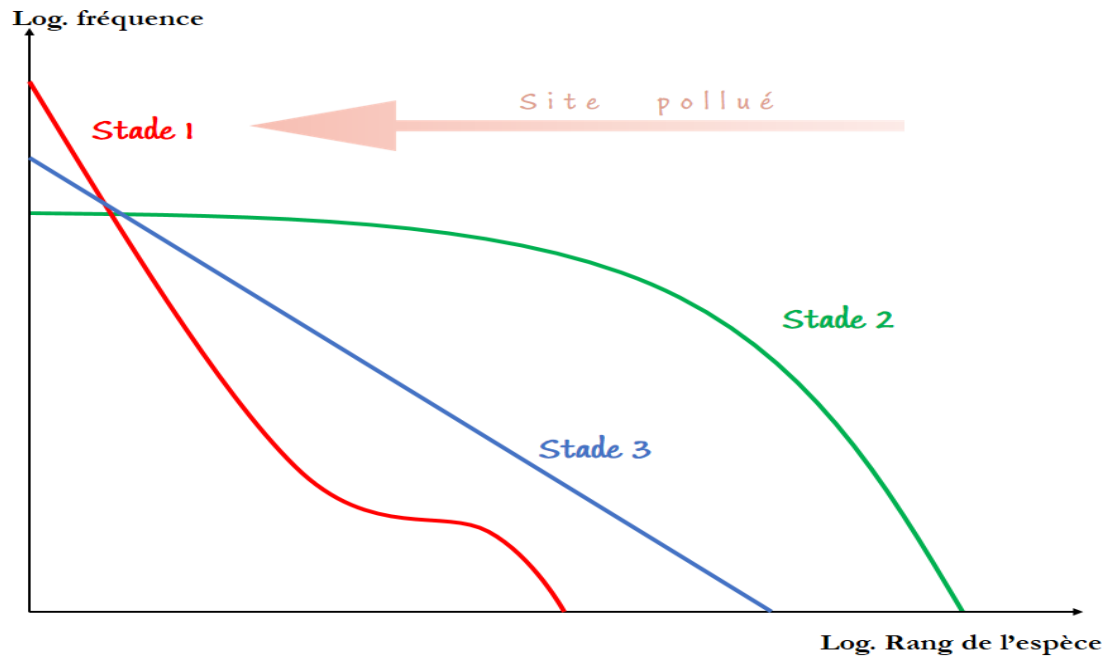
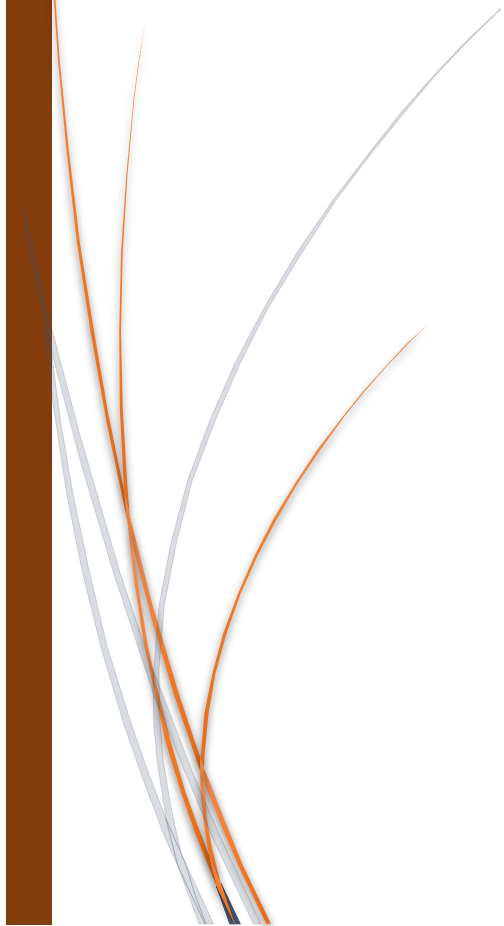


Fig. 19: Evolution des diagrammes rangs-fréquences au cours d'une succession (Frontier, 1969)



Chapitre 3

*Résultats et
discussion*



III. Etude du phytoplancton:

Le phytoplancton est un élément clé pour la stabilité et le bon fonctionnement des écosystèmes aquatiques, il est le responsable de la production primaire dont il est le premier maillon du réseau trophique.

La structure des communautés phytoplanctoniques peut être caractérisée de différentes façons: les espèces qui la composent, leurs abondances et leurs biomasses.

III. 1. La teneur de la chlorophylle "a":

La chlorophylle "a" est un pigment indispensable à la photosynthèse des algues, son dosage sert à estimer la biomasse phytoplanctonique du milieu aquatique. Les concentrations en chlorophylle dans les eaux superficielles présentent une variabilité saisonnière, sur le développement du phytoplancton qu'est en effet, tributaire de l'énergie lumineuse, de la concentration en sels nutritifs, de la stabilité des masses d'eaux et de l'intensité de la consommation par le zooplancton (Lorenzen, 1967).

La teneur en chlorophylle "a" est nettement influencée par plusieurs facteurs tels que la composition spécifique, l'état physiologique des algues, la densité cellulaire, la lumière, la température et l'heure de la journée à laquelle est effectué le prélèvement (Nueveux, 1974).

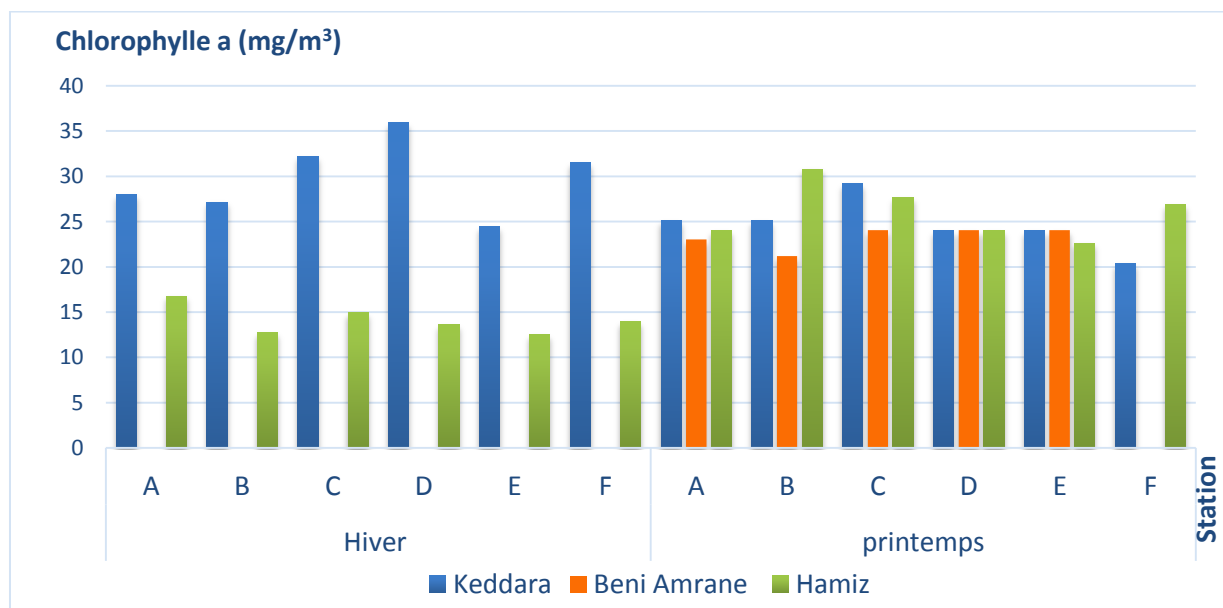


Fig. 20: Variation spatio-temporelle la chlorophylle « a » en mg/m^3 dans les trois lacs de barrage

○ Barrage de Keddara:

La teneur en chlorophylle « a » varie de 24,43 à 35,94 mg/m^3 en hiver, et de 20,39 à 29,17 mg/m^3 en printemps.

○ Barrage de Beni Amrane:

Au barrage de Beni Amrane, la teneur en chlorophylle « a » varie de 21.20 à 24.04 mg/m³ en printemps.

○ Barrage de Hamiz:

La teneur en chlorophylle « a » des eaux de barrage Hamiz varie entre 12.52 et 16.76 mg/m³ en hiver et de 22.63 et 30.80 mg/m³ en printemps.

La teneur de chlorophylle « a » de barrage Hamiz en hiver est faible par rapport l'eau de barrage Keddara, dont la transparence de l'eau des trois lacs de barrages est presque similaire dans la période printanière ce qui causé par la multiplication des peuplements phytoplanctoniques dans cette saison et donc l'augmentation de la transparence de l'eau.

Cette différence est due à l'augmentation de l'intensité lumineuse et l'ensoleillement du jour de prélèvement et par conséquent l'augmentation de l'activité photosynthétique et du taux de la chlorophylle « a ».

Ces résultats sont par exception des recherches précédentes.

III. 2. Evaluation de l'état trophique:

Pour caractériser l'état trophique des lacs, le système élaboré par l'O.C.D.E. (1982) basé sur la profondeur de Secchi et les concentrations en chlorophylle « a », largement utilisé au niveau international, a été choisi. D'après le tableau de classification de l'état trophique (**Tab. IV**) on distingue que:

Les deux lacs de barrage: Keddara et Hamiz sont en état **eutrophe**, et le barrage de Beni Amrane est en état **hyper eutrophe**.

Tab. IV : Les critères standards de l'O.C.D.E (1982) pour déterminer l'état trophique des lacs

Etat trophique	Secchi (m)	Chl "a" m (mg/m ³)
Oligotrophe	≥ 6	≤ 2.5
Mésotrophe	6 – 3	2.5 - 8
Eutrophe	3 -1.5	8 - 25
Hypereutrophe	≤ 1.5	≥ 25

III. 3. Etude du peuplement phytoplanctonique:

La composition spécifique des communautés phytoplanctoniques, l'abondance relative des différentes espèces, ainsi la dominance d'une population par rapport à une autre sont autant de traits et de phénomène en constante évolution qui caractérisent les successions phytoplanctoniques (**Smayda, 1980**).

Les communautés phytoplanctoniques existantes dans les eaux des trois barrages: Keddara, Beni Amrane et Hamiz ont été étudiées par une analyse et un suivi dans le temps en étudiant sa fluctuation qualitative (richesse spécifique) et quantitative (densité, abondance). En

complément à cette étude, nous avons effectué une analyse structurale par le calcul des indices de diversité (Shannon et Equitabilité) et le tracé des diagrammes Rang Fréquences, afin de déterminer le degré d'organisation et sa répartition.

III. 3.1. Etude qualitative du peuplement phytoplanctonique:

I. 3.1.1. Composition taxonomique du phytoplancton:

Après la lecture microscopique des échantillons d'eau prélevés (dénombrement des espèces phytoplanctoniques ayant un diamètre supérieur à 20 μm), l'observation des caractères morphologiques (formes, taille, couleur...etc.) et anatomique (disposition des chloroplastes, flagelles...etc.) du phytoplancton récolté dans les trois lacs de barrage nous a permis d'obtenir les résultats suivants:

- **Le barrage de Keddara:** les espèces déterminées sont réparties en 5 groupes (les Chlorophytes, les Chromophytes, les Euglénophytes, les Cyanophytes et les Cryptophytes) avec 7 classes (**Fig. 21**), qui sont selon leurs abondances:
 - **Les Chlorophycées:** forment le groupe le plus diversifié, vient en première position avec 22 taxons, soit 38% de la communauté phytoplanctonique, ils sont représentés principalement par le genre suivant: *Closterium acutum*.
 - **Les Diatomophycées:** ils sont aussi diversifiées, viennent en deuxième position avec 23 taxons, soit 30% du peuplement total, la plupart des espèces trouvés ont le caractère de dominance dans les milieux qui sont riches en nutriments (**Berdalt et al., 1996; Carlsson et Graneli, 1999**), ils sont représentés essentiellement par: *Cyclotella ocellata*.
 - **Les Cryptophycées:** ils viennent en troisième position avec 4 taxons, soit 20% du peuplement total, ils sont représentés essentiellement par: *cf. Chlamydomonas*.
 - **Les Euglénophycées:** regroupent 4 taxons, soit une proportion de 6%, représentés surtout par l'espèce *Trachelomonas rugulosa*.
 - **Les Cyanophycées:** regroupent 6 taxons, soit une proportion de 3%, représentés surtout par l'espèce: *Oscillatoria cf. rubescens*.
 - **Les Dinophycées:** comptent 4 taxons, soit une proportion de 2%, représentés essentiellement par l'espèce: *Peridinium cinctum*.
 - **Les Pyrrhophytes:** regroupent 1 taxon, soit 0,3%, représentés par: *Ceratium hirundinella*.

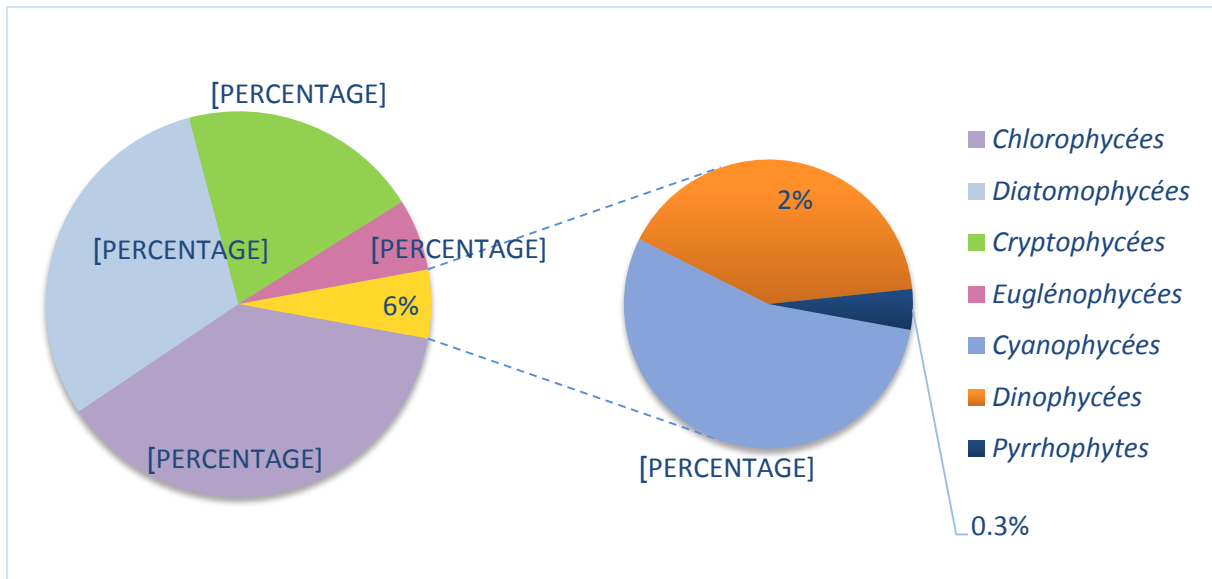


Fig. 21: Variations des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le barrage de Keddara

Les espèces déterminées dans le barrage de Keddara sont démontées dans la liste suivante:

○ **Les Chlorophycées:**

- | | | |
|--|----------------------------------|-------------------------------------|
| <i>Closterium acerosum</i> | <i>Closterium acutum</i> | <i>Cosmarium botrytis</i> |
| <i>Cosmarium cf. subarctum</i> | <i>Chlorella sp</i> | <i>Cosmarium depressum</i> |
| <i>Monoraphidium contortum</i> | <i>Tetraspora cf. gelatinosa</i> | <i>Oocystis marssonii</i> |
| <i>Pediastrum simplex var. echinulatum</i> | <i>Scenedesmus cf. obliquus</i> | |
| <i>cf. Closterium</i> | <i>cf. Pediastrum</i> | <i>Chlamydomonas sp₁</i> |
| <i>Closterium cf. acerosum</i> | <i>Closterium cf. acutum</i> | <i>Closterium cinctum</i> |
| <i>Closterium sp</i> | <i>Monoraphidium sp</i> | <i>Oocystis sp₁</i> |
| <i>Pediastrum angulosum</i> | <i>Pediastrum simplex</i> | <i>cf. Chlamydomonas</i> |
| <i>Staurastum cf. gracile</i> | | |

○ **Les Diatomophycées:**

- | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| <i>Cocconeis cf. pediculus</i> | <i>Cyclotella ocellata</i> | <i>Cyclotella cf. ocellata</i> |
| <i>Cyclotella cf. Choctawhatchee</i> | <i>Cyclotella sp</i> | <i>Cymatopleura cf. elliptica</i> |
| <i>Navicula cf. cryptotenella</i> | <i>Navicula cf. gregaria</i> | <i>cf. Navicula</i> |
| <i>Nitzschia palea</i> | <i>Stephanodiscus cf. neoastraea</i> | <i>Pinnularia sp</i> |
| <i>cf. Surirella</i> | <i>Fragilaria sp</i> | <i>cf. Achnanthidium</i> |
| <i>cf. Cocconeis</i> | <i>cf. Cyclotella sp</i> | <i>cf. Stephanodiscus</i> |
| <i>Cyclotella cf. atomus</i> | <i>Cyclotella sp₂</i> | <i>Pleurosigma sp</i> |
| <i>Gomphonema cf. parvulum</i> | <i>Navicula sp</i> | |

○ **Les Cryptophycées:**

- | | | |
|------------------------|-----------------------|-------------------|
| <i>cf. Cryptomonas</i> | <i>Cryptomonas sp</i> | <i>Rhodomonas</i> |
|------------------------|-----------------------|-------------------|

- **Les Euglénophycées:**

<i>Euglena viridis</i>	<i>Trachelomonas rugulosa</i>	<i>Trachelomonas sp</i>
<i>Phacus sp</i>		

- **Les Cyanophycées:**

<i>Oscillatoria rubescens</i>	<i>Oscillatoria cf. rubescens</i>	<i>Oscillatoria amphibia</i>
<i>Chroococcus cf. gigoanteus</i>	<i>Synechococcus sp</i>	<i>Microcystis sp</i>

- **Les Dinophycées:**

<i>Peridinium cinctum</i>	<i>Peridinium sp₁</i>	<i>cf. Peridinium</i>
---------------------------	----------------------------------	-----------------------

- **Les Pyrrhophytes:**

Ceratium hirundinella

- **Le barrage de Beni Amrane:** Les espèces représentées sont réparties en 8 classes (**Fig. 22**) (Diatomophycées, Chlorophycées, Euglénophycées, Cyanophycées, Cryptophycées, Dinophycées, Pyrrhophytes et Crysophycées) qui sont, selon leurs abondances:

- **Les Diatomophycées:** forment le groupe le plus diversifié, viennent en première position avec 46 taxons, soit 41% de la communauté phytoplanctonique, ils sont représentés principalement par les genres *Cyclotella*, *Nitzschia* et *Fragilaria*.
- **Les Chlorophycées:** ils sont aussi diversifiés, viennent en deuxième position avec 33 taxons, soit 24% du peuplement total, ils sont représentés essentiellement par les *Oocystis*.
- **Les Euglénophycées:** comptent 16 taxons, soit une proportion de 13%, dominés par les genres: *Trachelomonas*, *Phacus*. D'après (**Gayral, 1975**), les Euglénophycées préfèrent les eaux riches en matières organiques.
- **Les Cyanophycées:** comptent 16 taxons, soit une proportion de 12%, dominés par le genre: *Oscillatoria* et *Aphanocapsa*.
- **Les Cryptophycées:** regroupent 5 taxons, soit une proportion de 7%, représentés uniquement en printemps par le genre: *Cryptomonas*.
- **Les Dinophycées:** regroupent 4 taxons, soit une proportion de 2%, représentés surtout par le genre: *Peridinium*.
- **Les Pyrrhophytes:** présentent seulement en automne et regroupent 1 taxon, soit une proportion de 1%, ils sont représentées par l'espèce: *Ceratium hirundinella*.
- **Les Crysophycées:** présentent aussi seulement en automne et regroupent 1 taxon, soit une proportion très faible de 0,16%, ils sont représentées par: *Mollomonas sp*.

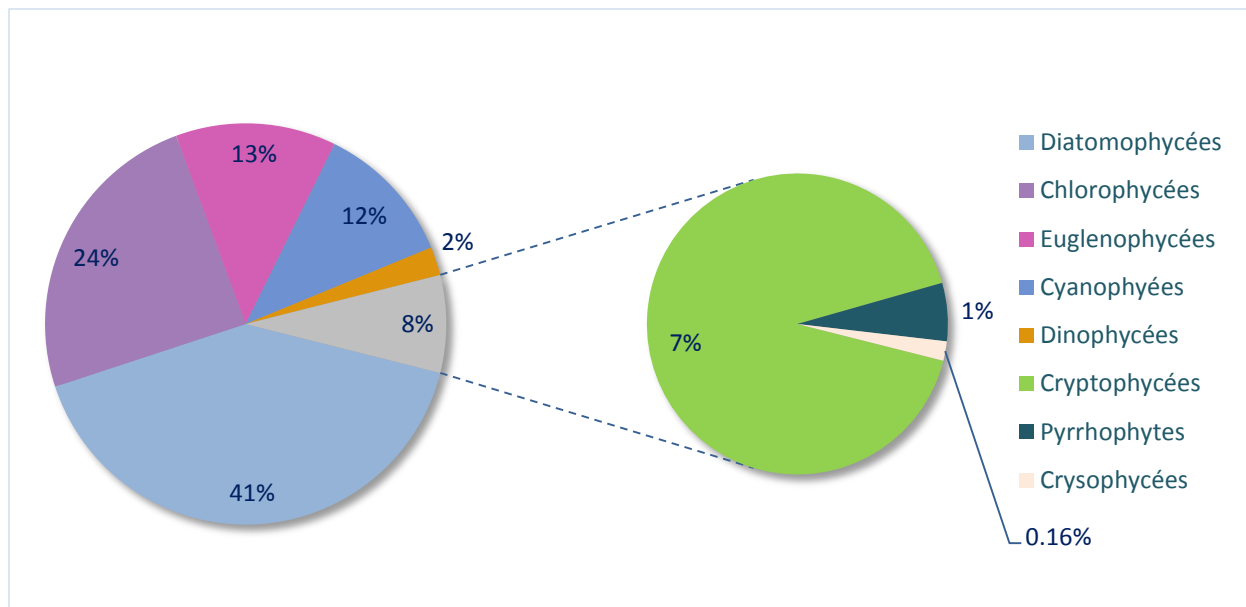


Fig. 22: Variations des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le barrage de Beni Amrane

Les espèces déterminées dans le barrage de Beni Amrane sont démontées dans la liste suivante:

○ **Les Chlorophycées:**

<i>cf. Chlorella</i>	<i>cf. Closterium</i>	<i>cf. Crucigenia</i>
<i>cf. Oocystis</i>	<i>cf. Oocystis sp</i>	<i>cf. Cosmarium</i>
<i>cf. Scenedesmus</i>	<i>cf. Cladophora</i>	<i>Chlamydomonas sp₁</i>
<i>Chlamydomonas sp₂</i>	<i>Closteriopsis sp</i>	<i>Closterium acutum</i>
<i>Closterium acerosum</i>	<i>Closterium cf. acerosum</i>	<i>Closterium cf. setaceum</i>
<i>Closterium setaceum</i>	<i>Coelastrum sp</i>	<i>Cosmarium granatum</i>
<i>Cosmarium sp</i>	<i>Crucigenia fenestrata</i>	<i>Monoraphidium griffithii</i>
<i>Oocystis lacustris</i>	<i>Oocystis marssonni</i>	<i>Oocystis sp₁</i>
<i>Oocystis sp₂</i>	<i>Scenedesmus fluxuosus</i>	<i>Scenedesmus quadricauda</i>
<i>Scenedesmus sp₁</i>	<i>Scenedesmus sp₂</i>	<i>Scenedesmus sp₃</i>
<i>Tetraspora gelatinosa</i>		

○ **Les Diatomophycées:**

<i>Aulocoseira cf. granulata</i>	<i>cf. Cocconeis</i>	<i>cf. Pleurosigma</i>
<i>cf. Fragilaria</i>	<i>cf. Nitzschia</i>	<i>cf. eunotia</i>
<i>cf. Cyclotella sp</i>	<i>Craticula ambigua</i>	<i>Craticula cf. cuspidata</i>
<i>Cymatopleura elliptica</i>	<i>Cyclotella cf. choctawhatchee</i>	<i>Cyclotella cf. meneghiniana</i>
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	<i>Cyclotella ocellata</i>	<i>Cyclotella sp₁</i>
<i>Cyclotella sp₃</i>	<i>Cyclotella sp₄</i>	<i>Cyclotella choctawhatchee</i>
<i>Cymatopleura elliptica</i>	<i>Encyonema sp</i>	<i>Fragilaria cf. capucina</i>
<i>Fragilaria cf. ulna</i>	<i>Fragilaria ulna</i>	<i>Gomphonema sp</i>
<i>Licmophora sp</i>	<i>Navicula cf.</i>	<i>Navicula cf. gregaria</i>
<i>Navicula minima</i>	<i>Nitzschia cf. palea</i>	<i>Nitzschia dissipata</i>

*Nitzschia hunganica**Nitzschia sp₃**Stephanodiscus cf. neoastraea**Nitzschia sp₁**Pinnularia cf. interrupta**Surirella cf. ovalis**Nitzschia sp₂**Pleurosigma angulatum**Surirella sp*

- **Les Cryptophycées:**

cf. Cryptomonas

- **Les Euglénophycées:**

*cf. Phacus**Euglena gracilis**Phacus longicauda**Trachelomonas globularis**Trachelomonas sp**cf. Trachelomonas**Euglena oxyuris**Phacus pleuronectes**Trachelomonas hispida**Euglena acus**Euglena sp**Phacus sp**Trachelomonas regulosa*

- **Les Cryptophycées:**

cf. Cryptomonas

- **Les Cyanophycées:**

*Anabaena cf. circinalis**Aphanocapsa elachista**cf. Merismopedia**Microcystis aeruginosa**Oscillatoria rubescens**Raphidiopsis cf. curyata**Anabaena cf. delicatula**Aphanocapsa planctonica**Lyngbya minimus**Oscillatoria amphibia**Oscillatoria sp**Anabaena circularis**cf. Aphanocapsa**Merismopedia sp**Oscillatoria cf. rubescens**Raphidiopsis sp*

- **Les Dinophycées:**

*cf. Peridinium**Peridinium sp₂**Peridinium cinctum**Peridinium sp₁*

- **Les Pyrrhophytes:**

Ceratium hirundinella

- **Les Crysophycées:**

Mallomonas sp

- **Barrage de Hamiz:** les espèces déterminées appartenant aux 6 classes (**Fig. 23**) (Chlorophycées, Bacillariophycées, Cyanophycées, Euglénophycées, Dinophycées et Cryptophycées) qui sont selon leurs abondances:

- **Les Chlorophycées:** forme le groupe le plus diversifié, vient en première position avec 34 taxons, soit 39% de la communauté phytoplanctonique, ils sont représentés principalement par le genre: *Closterium*.
- **Les Diatomophycées:** sont aussi diversifiées, viennent en deuxième position avec 45 taxons, soit 34% du peuplement total, ils sont représentés essentiellement par les *Cyclotella* et *Fragilaria*.
- **Les Cyanophycées:** comptent 9 taxons, soit une proportion de 21%, dominés par les genres: *Oscillatoria* et *Merismopedia*. Leur vitesse de croissance sont

beaucoup plus faibles que celle autres espèces algales et elle est maximale pour des températures supérieures à 25°C (Colwell, 2000).

- **Les Cryptophycées:** regroupent 2 taxons, soit une proportion de 3%, représentés par le genre: *Cryptomonas*.
- **Les Euglénophycées:** comptent 12 taxons, soit une proportion de 2%, dominés par le genre: *Phacus* et *Trachelomonas*.
- **Les Dinophycées:** regroupent 8 taxons, soit une proportion de 1%, représentés uniquement par le genre: *Peridinium*.

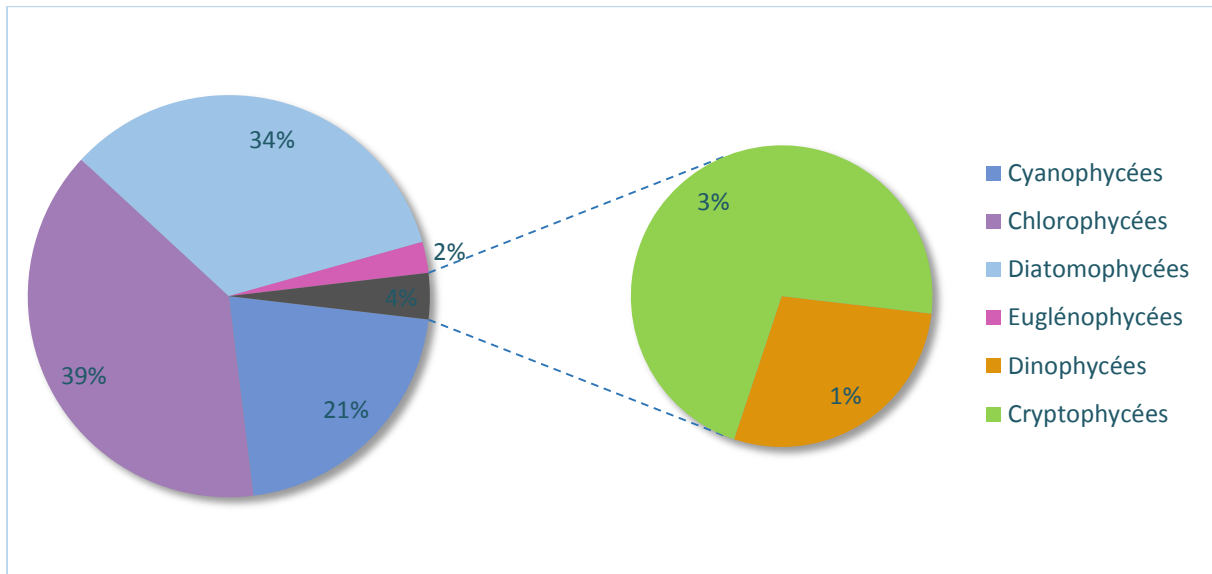


Fig. 23: Variations des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le barrage Hamiz

Les espèces déterminées dans le barrage de Hamiz sont démontrées dans la liste suivante:

○ **Les Chlorophycées:**

<i>cf. Closterium</i>	<i>cf. Oocystis</i>	<i>cf. Tetraspora</i>
<i>Closteriopsis sp</i>	<i>Closterium acerosum</i>	<i>Closterium acutum</i>
<i>Closterium cf. acutum</i>	<i>Closterium cf. setaceum</i>	<i>Coelastrum microporum</i>
<i>Cosmarium botrytis</i>	<i>Cosmarium cf. granatum</i>	<i>Cosmarium granatum</i>
<i>Cosmarium sp</i>	<i>Crucigenia fenestrata</i>	<i>Crucigenia sp</i>
<i>Monoraphidium contortum</i>	<i>Monoraphidium griffithii</i>	<i>Oocystis cf. borgii</i>
<i>Oocystis lacustris</i>	<i>Oocystis marssonii</i>	<i>Oocystis sp₁</i>
<i>Oocystis sp₂</i>	<i>Pediastrum angulosum</i>	<i>Pediastrum simplex</i>
<i>Scenedesmus cf. obliquus</i>	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	<i>Staurastum sp</i>
<i>Tetrahedron cf. vicloria</i>	<i>Tetraedron minimum</i>	<i>Tetrahedron sp</i>
<i>Tetraspora gelatinosa</i>	<i>Monoraphidium griffithii</i>	

○ **Les Diatomophycées:**

<i>Aphanocapsa capucina</i>	<i>Aulocoseira granulate</i>	<i>Aulocoseira cf. granulata</i>
<i>Caloneis sp</i>	<i>cf. Cocconeis</i>	<i>cf. Amphora cf.</i>
<i>Diploneis</i>	<i>cf. Fragilaria</i>	<i>cf. Licmophora sp</i>

<i>cf. Navicula</i>	<i>cf. Navicula gregaria</i>	<i>cf. Pinnularia</i>
<i>cf. Cyclotella sp</i>	<i>Cocconeis pedicules</i>	<i>Cocconeis sp</i>
<i>Caloneis</i>	<i>Craticula sp</i>	<i>Craticula ambigua</i>
<i>Cyclotella cf. atomus</i>	<i>Cyclotella cf. choctawhatchee</i>	<i>Cyclotella cf. ocellata</i>
<i>Cyclotella cf. meneghiniana</i>	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	<i>Cyclotella ocellata</i>
<i>Cyclotella sp₁</i>	<i>Cyclotella sp₂</i>	<i>Cymatopleura elliptica</i>
<i>Encyonema sp</i>	<i>Eunotia pectinalis</i>	<i>Eunotia sp</i>
<i>Fragilaria capucina</i>	<i>Fragilaria ulna</i>	<i>Fragilaria sp</i>
<i>Frustulia sp</i>	<i>Navicula cf. cryptotenella</i>	<i>Navicula cf. gregaria</i>
<i>Navicula minima</i>	<i>Navicula sp</i>	<i>Nitzschia capitellata</i>
<i>Pinnularia cf. interrupta</i>	<i>Pinnularia sp</i>	

○ **Les Cyanophycées:**

<i>Anabaena flos-aquae</i>	<i>Aphanocapsa planctonica</i>	<i>cf. Aphanothece</i>
<i>cf. Oscillatoria</i>	<i>Microcystis aeruginosa</i>	<i>Merismopedia sp</i>
<i>Oscillatoria amphibia</i>	<i>Oscillatoria cf. rubescens</i>	<i>Oscillatoria tenuis</i>
<i>Raphidiopsis sp</i>	<i>Synechococcus sp</i>	

○ **Les Cryptophycées:**

<i>Cryptomonas sp</i>	<i>cf. Cryptomonas</i>	<i>Mallomonas sp</i>
-----------------------	------------------------	----------------------

○ **Les Euglénophycées:**

<i>Euglena acus</i>	<i>Euglena caudata</i>	<i>Euglena proxima</i>
<i>Phacus cf. longicauda</i>	<i>Phacus cf. curvicauda</i>	<i>Phacus curvicauda</i>
<i>Phacus longicauda</i>	<i>Phacus pleuronectes</i>	<i>Phacus sp</i>
<i>Trachelomonas cf. hispida</i>	<i>Trachelomonas globularis</i>	<i>Trachelomonas hispida</i>
<i>Trachelomonas rugulosa</i>	<i>Trachelomonas sp</i>	

○ **Les Dinophycées:**

<i>cf. Peridinium</i>	<i>Peridinium cinctum</i>	<i>Peridinium bipes</i>
<i>Peridinium cf. gutwinskii</i>		

○ **Les Pyrrhophytes:**

Ceratium hirundinella

III. 3.2. Etude quantitative du peuplement:

III. 3.2.1. Variation spatio-temporelle du peuplement algal:

La connaissance de la composition taxonomique des communautés phytoplanctoniques constitue une source d'information nécessaire. En effet, la composition taxonomique des communautés phytoplanctoniques permet d'établir de véritables outils de diagnostic et l'évaluation de la pollution (Descy et Coste, 1990).

→ **Cas de barrage de Keddara (Fig. 24 et Fig. 25):**

Au sein du phytoplancton du lac de barrage de Keddara, la classe des Chlorophycées forment un très grand ensemble, elles présentent le groupe le plus abondant, avec une densité de $17,80 \times 10^6$ alg/L, et une abondance de 38%. Ce sont dans leur grande majorité cosmopolites, elles se prolifèrent là où elles trouvent des conditions de milieu favorables (T°, pH...) (Feldmann, 1954). C'est le cas de trois barrages qui sont en état eutrophe et hypereutrophe.

Les Chlorophycées sont représentées principalement par les genres: *Closterium*, *Cosmarium* et *Scenedesmus*.

Les Diatomophycées viennent en deuxième position avec une densité de $14,31 \times 10^6$ alg/L et une abondance de 30%, représentées par l'espèce: *Cyclotella ocellata* qui est le genre le plus développé des diatomées. Généralement, *C. ocellata* considèrent comme une composante importante de la communauté diatomique des lacs eutrophes (Schelegel et Scheffler, 1994), c'est le cas de trois barrages étudiés. La grande biodiversité des diatomées, leur sensibilité envers une multitude de polluants, leur cycle de vie rapide et leur immobilité font qu'elles sont considérées comme d'excellents bio-indicateurs de la qualité de l'eau (Round 1991). De plus, les diatomées sont reconnues pour être fortement sensibles au pH, à l'apport de nutriments (surtout l'azote et le phosphore), à la présence de matière organique et à la faible oxygénation de l'eau (Nehar, 2016).

La troisième classe est les Cryptophycées avec une densité de $95,63 \times 10^5$ alg/L avec une abondance de 20%, l'espèce la plus fréquente durant notre étude est: *cf. Chlamydomonas*.

Les Euglénophycées sont en quatrième position, avec une densité de $28,83 \times 10^5$ alg/L et une abondance de 6%, représentées surtout par l'espèce: *Trachelomonas rugulosa*. Suivies par les Cyanophycées avec une densité de 14,80 alg/L et une abondance de 3%, représentées essentiellement par: *Oscillatoria cf. rubescens*. Leur vitesse de croissance est beaucoup plus faible que celle des autres espèces algales et elle est maximale pour des températures à 25°C (Colwell, 2000).

En sixième position les Dinophycées avec une densité de $11,10 \times 10^5$ alg/L et une abondance de 2%, représentées surtout par: *Peridinium cinctum*. Enfin, la dernière classe est celle des Pyrrophytes avec une densité de $12,34 \times 10^4$ et une abondance très faible de 0,3% représentées par une seule espèce: *Ceratium hirundinella*.

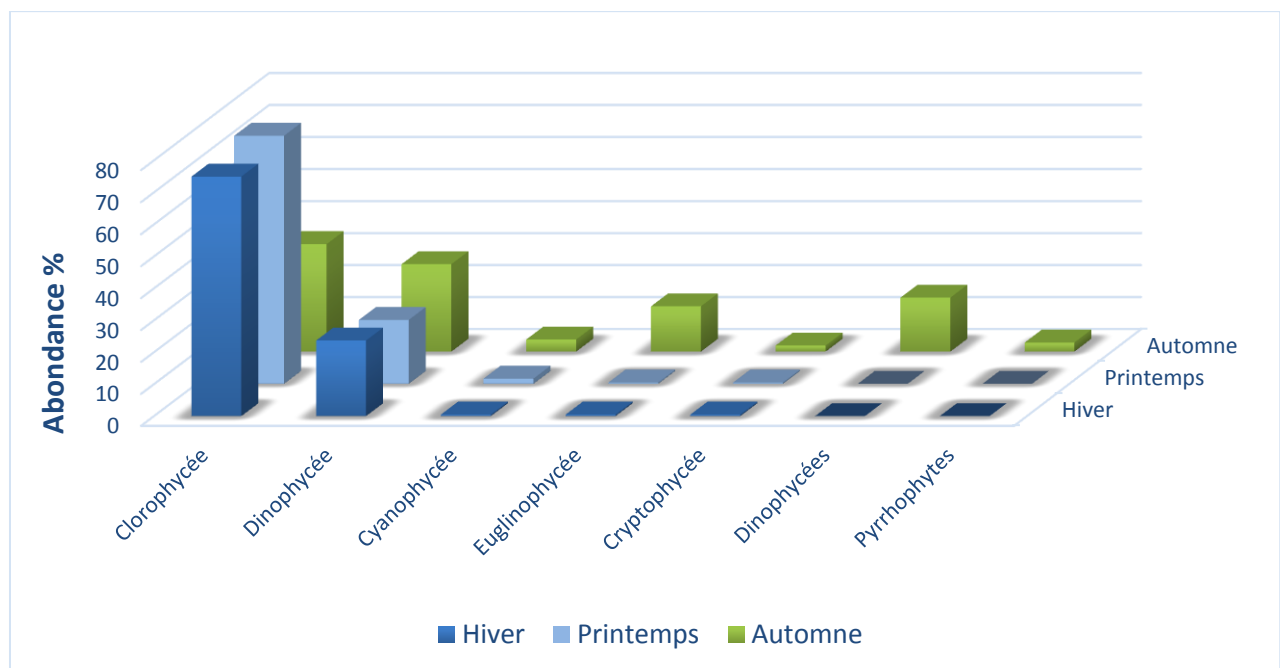


Fig. 24: Variation saisonnière des abondances des groupes phytoplanctoniques du barrage de Keddara

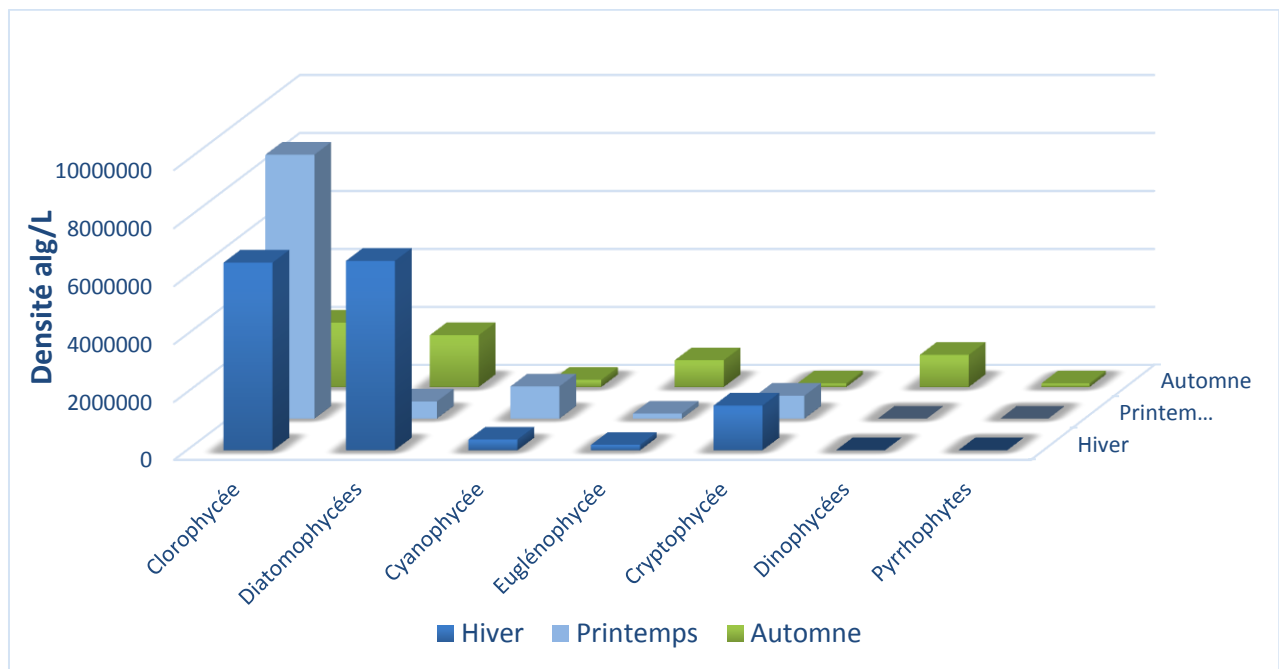


Fig. 25: Variation saisonnières des densités des groupes phytoplanctonique du barrage de Keddara

→Cas de barrage de Beni Amrane (Fig. 26 et Fig. 27):

Contrairement au barrage de Keddara, la distribution de phytoplancton présent dans le barrage de Hamiz est un peu différente, la classe des Diatomophycées forme un très grand ensemble, elles présentent le groupe le plus abondant avec une densité de $15,44 \times 10^6$ alg/L. Leur abondance totale est de 41%, cette abondance au cours des différents mois serait en relation avec le maintien des conditions favorables à leur développement surtout pendant la période printanière, les diatomées sont des indicateurs de la qualité du milieu (Chaibi, 2004). Elles sont représentées par les genres: *Cyclotella*, *Nitzschia* et *Fragilaria*.

Les Chlorophycées viennent en deuxième position avec une densité de $91,92 \times 10^5$ alg/L, leur abondance est de 21%. Représentées essentiellement par le genre des *Oocystis* qu'ils se développent dans les milieux eutrophes, c'est le cas de barrage de Beni Amrane.

La troisième classe est d'Euglénophycées avec une densité algale de $48,73 \times 10^5$ alg/L, avec une abondance de 12%, les genres les plus fréquentes durant les deux saisons sont: *Phacus* et *Trachelomonas*.

Les Cyanophycées viennent en quatrième position, elles représentent une densité algale de $43,18 \times 10^5$, avec une abondance de 12%, représentées par les genres: *Oscillatoria* et *Aphanocapsa*. Les Cyanophycées sont des indicateurs de la mauvaise qualité de l'eau. En cas d'une multiplication massive, elles absorbent les excès de nutriments minéraux et métalliques, comme à leur origine, leur rôle d'épurateur mais simultanément, elles peuvent provoquer un déséquilibre du milieu en s'y développant à outrance.

Les Cryptophycées viennent en cinquième position, malgré leur absence en automne mais elles ont une densité algale de $27,14 \times 10^5$ alg/L avec une abondance de 7%, représentées surtout par le genre: *Cryptomonas*.

En sixième position les Dinophycées, avec une densité algale de $86,38 \times 10^4$ et une abondance de 3%. Elles représentent par le genre: *Peridinium*.

En fin les deux classes de Pyrrophytes et Crysophycées qui sont absentes en printemps ont des faibles valeurs de densité algale: $18,51 \times 10^5$ et $61,70 \times 10^4$ alg/L avec une abondance de 1% et 0,16% respectivement.

A l'instar des végétaux terrestres, les microalgues sont sensibles à leur environnement et évoluent selon un rythme saisonnier, avec un maximum de divisions cellulaires au printemps et en fin d'été (Mollo et Noury, 2013).

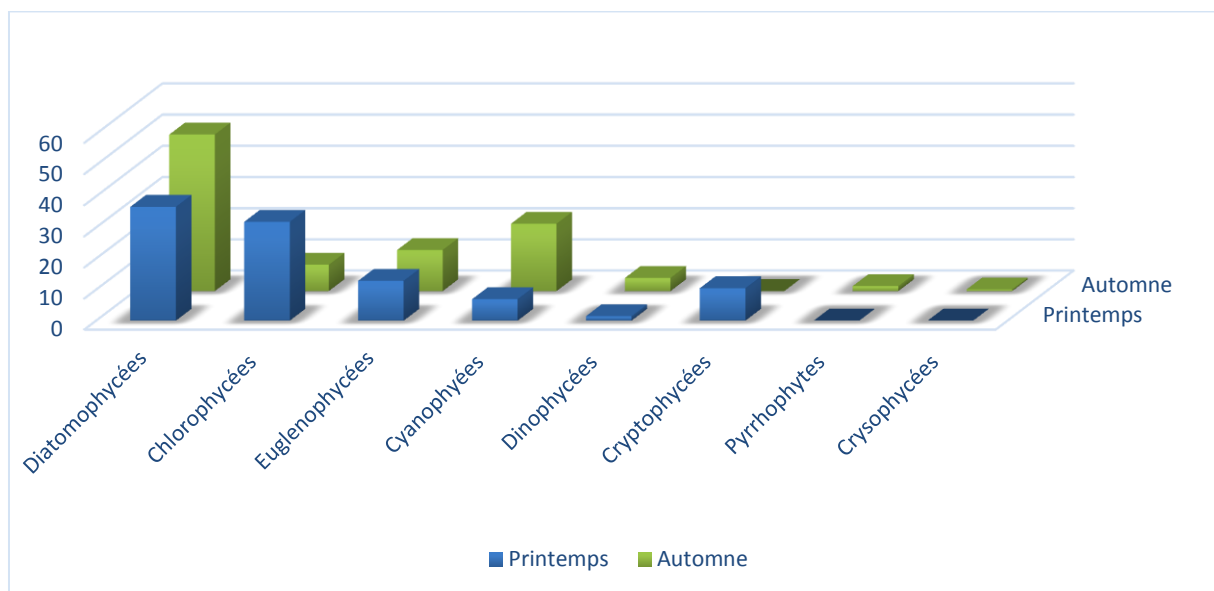


Fig. 26: Variation saisonnière des abondances des groupes phytoplanctoniques du barrage de Beni Amrane

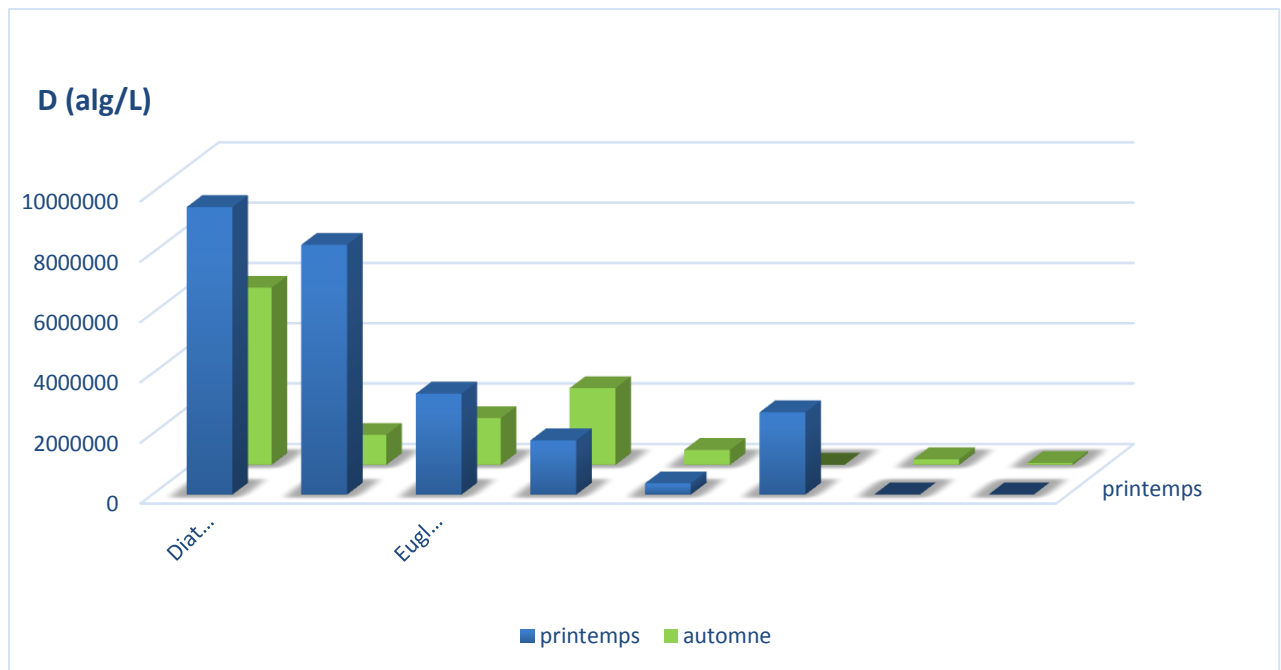


Fig. 27: Variation saisonnière des densités des groupes phytoplanctoniques du barrage de Beni Amrane

→ **Cas de barrage de Hamiz (Fig. 28 et Fig. 29):**

Dans le barrage de Hamiz, le groupe le plus abondant est les Chlorophycées avec une densité de $29,73 \times 10^6$ alg/L et une abondance de 39%. Le genre le plus abondant est: *Closterium*.

Ensuite, la classe des Diatomophycées est en deuxième position avec une densité algale de $25,84 \times 10^5$ alg/L et une abondance de 34%, représentées principalement par les genres: *Cyclotella* et *Fragilaria*.

Le troisième groupe est les Cyanophycées avec une densité algale de $16,22 \times 10^5$ alg/L et une abondance de 21%. Représentées essentiellement par les genres: *Oscillatoria* et *Merismopedia*.

Les Cryptophycées sont en quatrième position avec une densité algale de $20,36 \times 10^5$ alg/L et une abondance de 3%. Représentées surtout par le genre: *Cryptomonas*.

En cinquième position on a la classe des Euglenophycées, avec une abondance algale de $19,12 \times 10^5$ alg/L et une abondance de 2%. Représentées par le genre: *Phacus* et *Trachelomonas*. En fin, les Dinophycées, leur densité algale est de $80,21 \times 10^4$ alg/L avec une abondance de 1%. Représentées par le genre: *Peridinium*

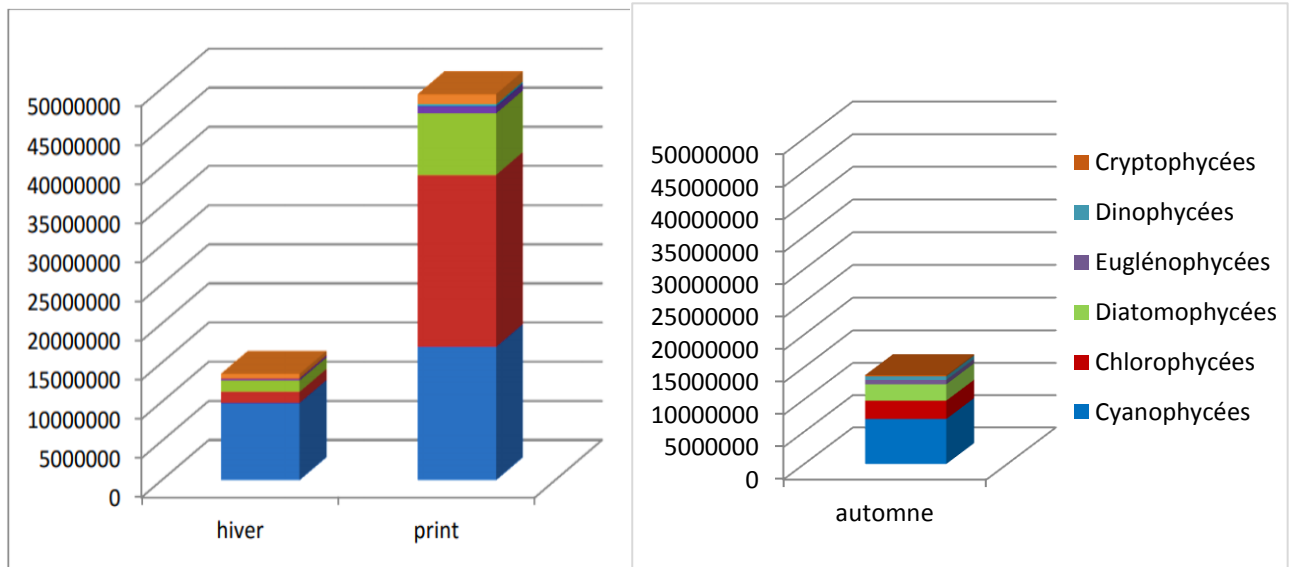


Fig. 28: Variation saisonnière des abondances des groupes phytoplanctoniques de barrage de Hamiz

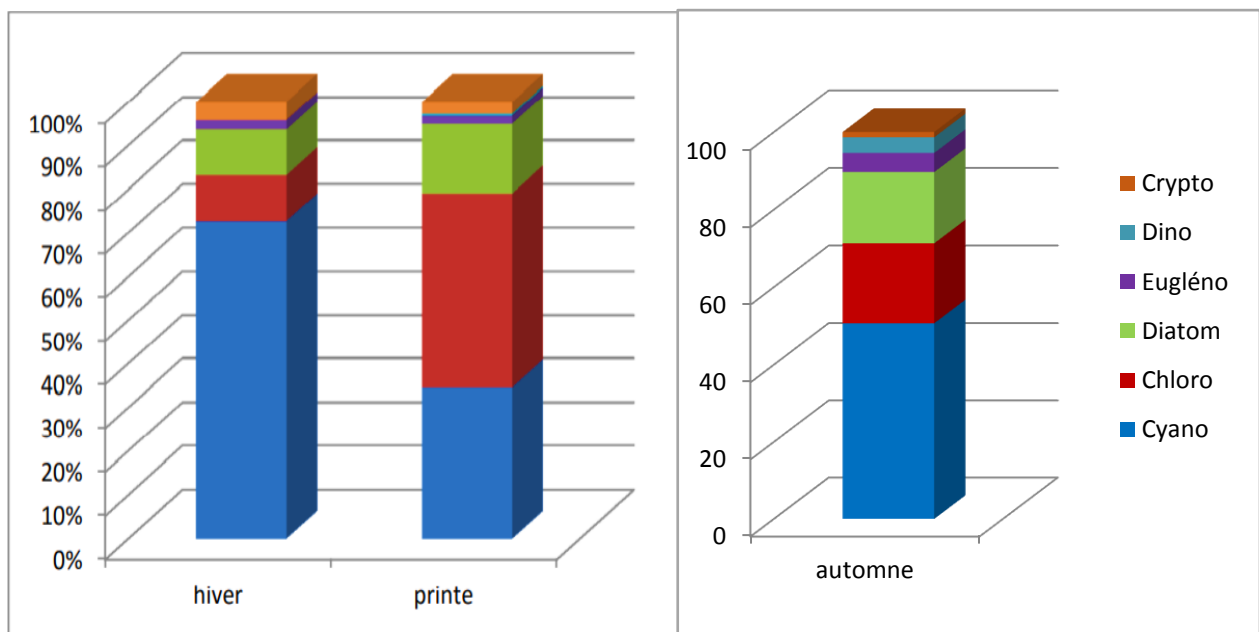


Fig. 29: Variations saisonnière des densités des groupes phytoplanctoniques du barrage de Hamiz

Pour comparer la présence/ absence des différentes espèces phytoplanctoniques par rapport aux trois barrages que nous avons étudiés plus des photos de quelques espèces dominantes, voir le l'Annexe II.

IV. Evolution spatio-temporelle de la diversité spécifique:

IV. L'indice de Shannon (H') et d'Equitabilité (E):

L'indice de Shannon varie dans un intervalle qui de]0,5-4,5[Un indice élevé de Shannon montre que le peuplement se compose d'un grand nombre d'espèces pour un petit nombre d'individu. Une valeur faible de H' montre qu'il existe au niveau du peuplement une espèce dominante. Si H' égal à zéro, les individus appartiennent à la même espèce (**Frontier et Pichold-Viali, 1999**).

→ Barrage de Keddara:

Dans notre étude, les résultats montrent que l'indice de Shannon varie entre 3,64 et 4,55 bits/ind (**Fig. 30**). Ces valeurs sont expliquées par la dominance remarquable de *Staurastum cf. gracile*.

La richesse spécifique diffère d'une saison à une autre, elle varie entre 25 et 39 espèces, on note que la richesse la plus importante est celle enregistrée durant l'automne (39 espèces). Globalement, l'indice de diversité spécifique caractérise l'organisation et l'évolution d'un peuplement. Comme il nous renseigne aussi sur la qualité de l'eau.

Ces intervalles indiquent que les eaux de barrage de Keddara sont diversifiées et présentent une flore microalgale de haute diversité générique.

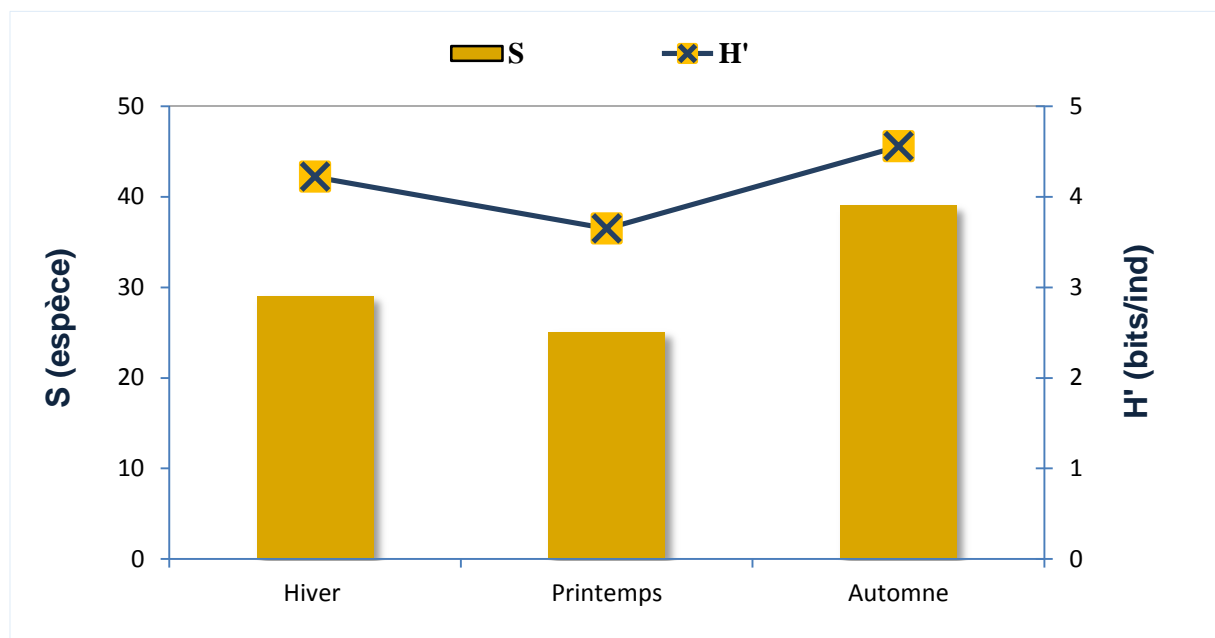


Fig. 30: Variation de la richesse spécifique (S) et l'indice de Shannon (H') dans le barrage de Keddara

Pour confirmer l'indice de Shannon (H'), nous avons utilisé l'indice d'Equitabilité (R), qu'il représente la possibilité qu'ont les individus de se répartir entre les différentes espèces, de

telle façon que les espèces les plus rares tendent à être les plus communes et les plus communes à être les plus rares. L'Équitabilité vaut (0) quand un seul taxon domine et (1) quand tous les taxons ont la même abondance (Llyod et Ghelardi, 1964).

Nos résultats montrent les peuplements phytoplanctoniques qui présentent une moyenne d'équitabilité de 0,17 (R se rapproche de 0) ce qui indique que la quasi-totalité des individus est concentrée sur une espèce qui est *Staurastum cf. gracile*.

→ Barrage de Beni Amrane:

Les résultats de barrage de Beni Amrane montrent que l'indice de Shannon (H') varie entre 4,57 et 5,44 bits/ind (Fig. 31). Ces valeurs sont expliquées par la dominance remarquable de *Cyclotella cf. meneghiniana*.

La richesse spécifique de ce barrage est différente par rapport aux saisons, elle varie entre 50 et 90 espèces sachant que dans la période printanière l'indice de Shannon dépasse les 3 bits/ind pour atteindre sa valeur maximale (5,44 bits/ind), cela explique la présence d'une richesse spécifique très importante (90 espèces). Ces valeurs élevées révèlent que le peuplement est composé d'un grand nombre d'espèces qui présentent une répartition équilibrée.

Les résultats d'Équitabilité montrent les peuplements phytoplanctoniques qui présentent une variation entre 0,19 et 0,22 (R se rapproche de 0) ce qui indique que la quasi-totalité des individus est concentrée sur une espèce: *Cyclotella cf. meneghiniana*. Ce phénomène observé pendant les deux périodes printanière et automnale.

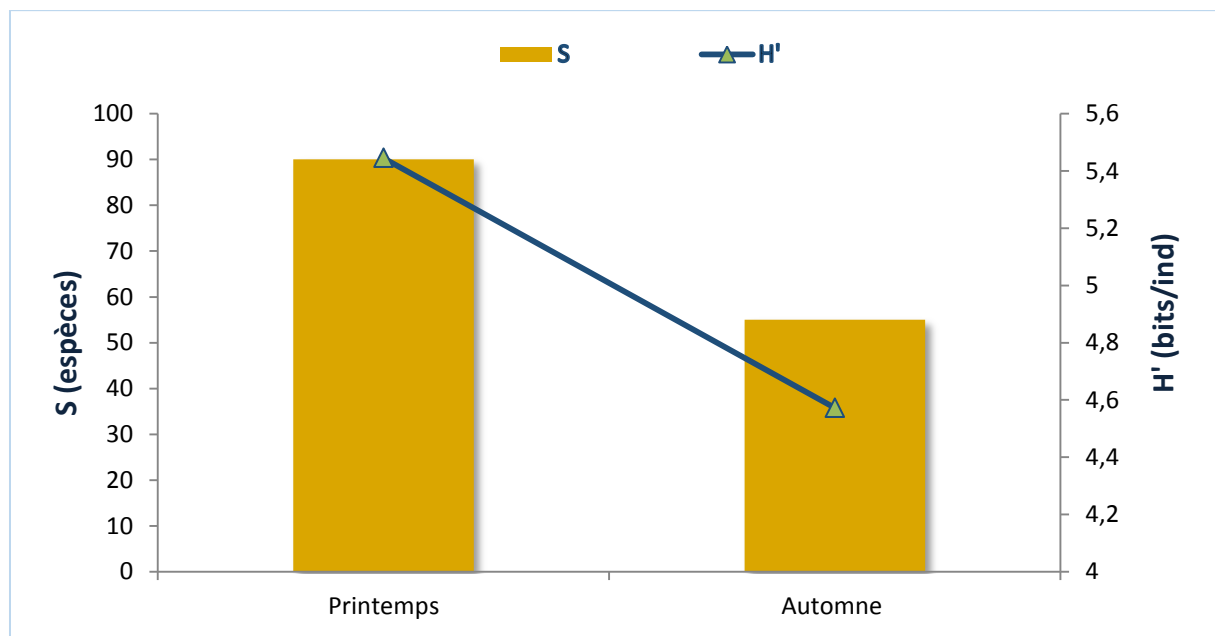


Fig. 31: Variation de la richesse spécifique (S) et l'indice de Shannon (H') dans le barrage de Beni Amrane

→Barrage de Hamiz:

Les résultats obtenus concernant le barrage de Hamiz montrent que l'indice de Shannon varie entre 3,1 et 3,8 bits/ind (**Fig. 32**). La valeur la plus élevée est enregistrée durant la saison automnale. Ces valeurs sont expliquées par la dominance remarquable de *Merismopedia sp1*.

La richesse spécifique varie entre 33 et 86 espèces notant la richesse la plus importante est celle enregistrée durant le printemps (86 espèces) indiquant que nous avons des peuplements diversifiés.

Par rapport l'indice d'Équitabilité, nos résultats montrent les peuplements phytoplanctoniques qui présentent des équitabilités varie entre 0,13 et 0,16 (R rapproche de 0) ce qui indique que la quasi-totalité des individus est concentrée sur une espèce: *Merismopodeia sp1*.

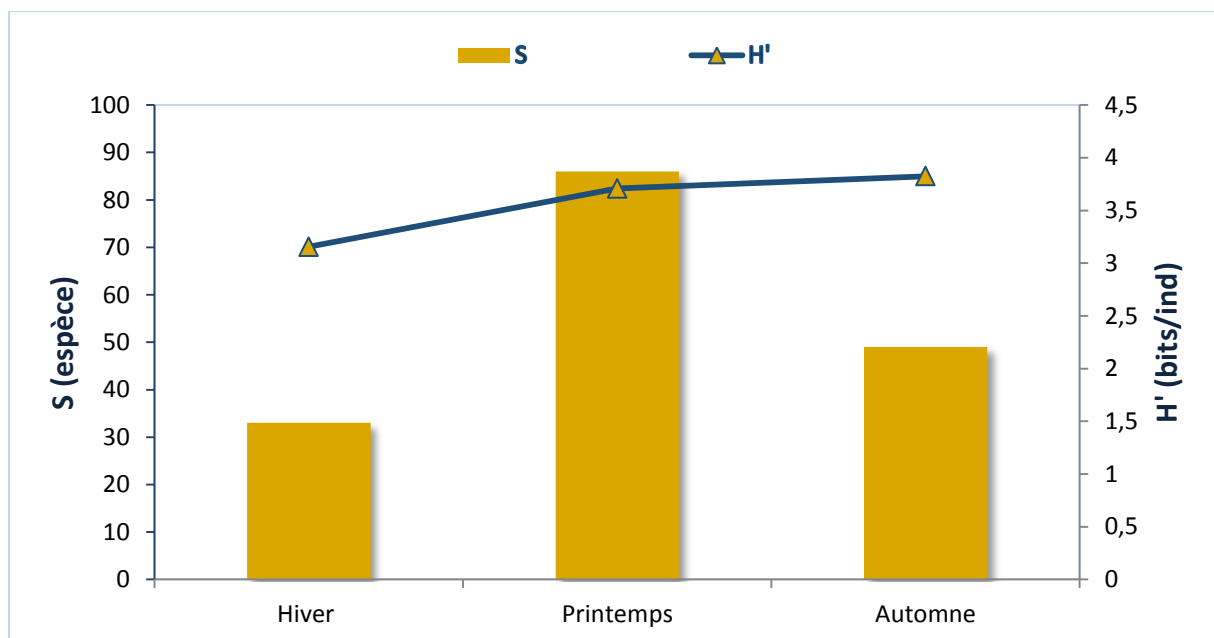


Fig. 32: Variation de la richesse spécifique (S) et l'indice de Shannon (H') de barrage de Hamiz

Toutes les données de l'indice de diversité de Shannon et l'indice d'équitabilité des trois barrages sont mentionnées dans Tab.VI (**Annexe I**).

IV. Analyse du diagramme de Frontier (Rang Fréquence):

Pour compléter les résultats obtenus, les diagrammes de Rang Fréquence offrent une représentation synthétique de la structure de la communauté phytoplanctonique observée au niveau de trois lacs de barrages.

Après transformations logarithmiques des rangs des taxons, on obtient de cette façon des courbes d'allures variées, qui donnent une image synthétique du peuplement phytoplanctonique plus complète qu'un simple indice de diversité, quoique non indépendante de ce paramètre (**Frontier, 1976**).

L'analyse de l'allure des courbes de DRF pour les trois barrages: Keddara, Beni Amrane et Hamiz permet de décrire l'évolution de la structure du peuplement phytoplanctonique. Les **figures 33** jusqu'à **39** montrent que toutes les allures de DRF sont entièrement convexes, ce qui correspond au stade 2, qu'il s'agit donc d'un écosystème mature et équilibrés; ils sont caractérisés par un nombre important d'espèces avec une égalité d'abondance (**Frontier, 1969**).

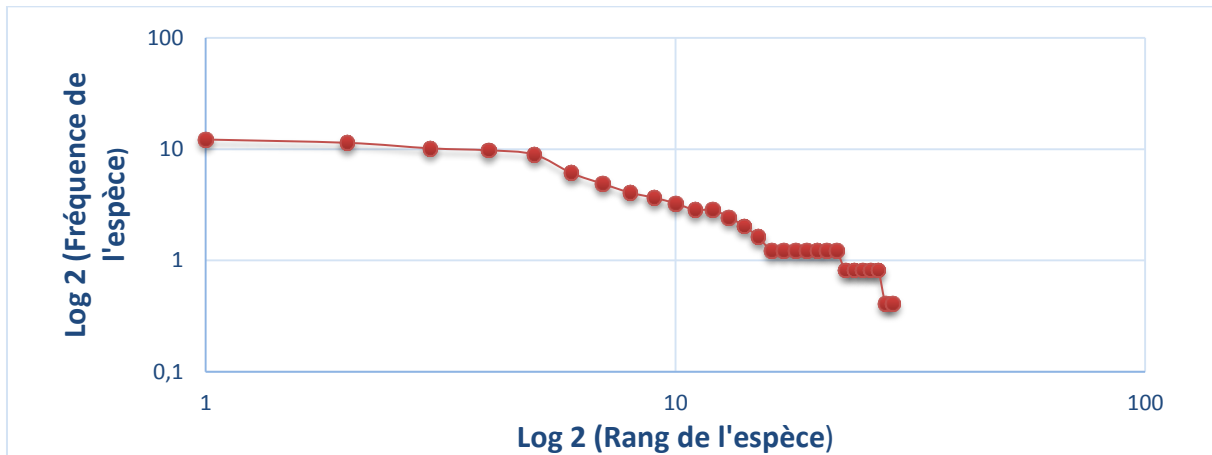


Fig. 33: Variations de l'allure de la courbe Rang Fréquence (Hiver) de B. Keddara

Pour la saison de printemps, nous n'avons pas marqué la présence de palier (mélange de communautés), cela laisse croire que le milieu n'est pas stressé (**Fig. 25**):

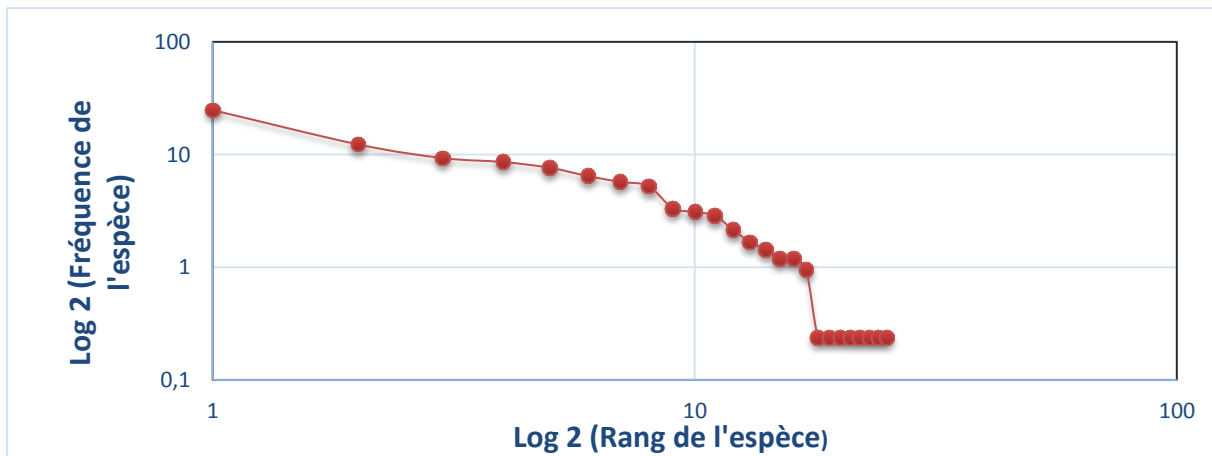


Fig. 34: Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence (Printemps) de B. Keddara

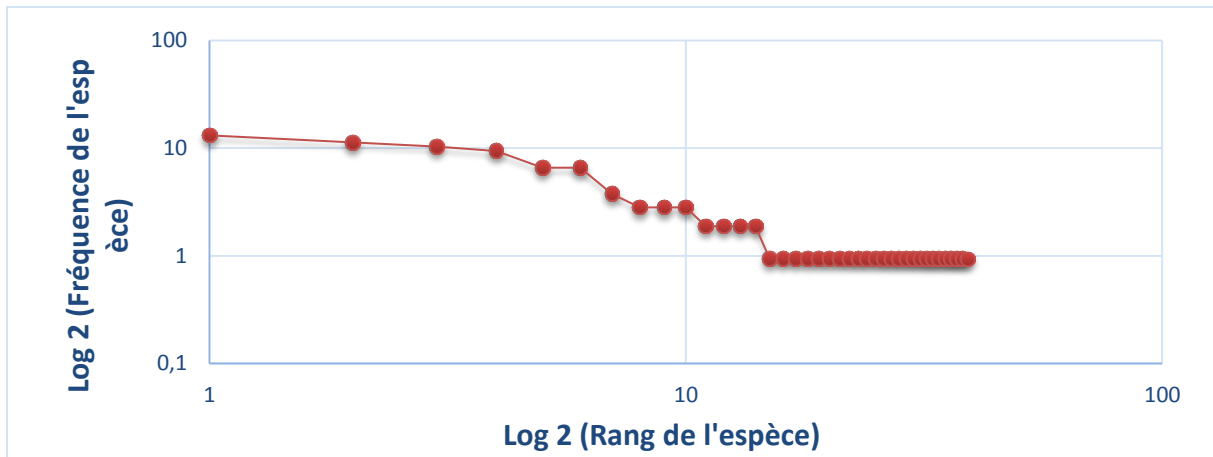


Fig. 35: Variation de l'allure de courbe Rang Fréquence (Automne) de B. Keddara

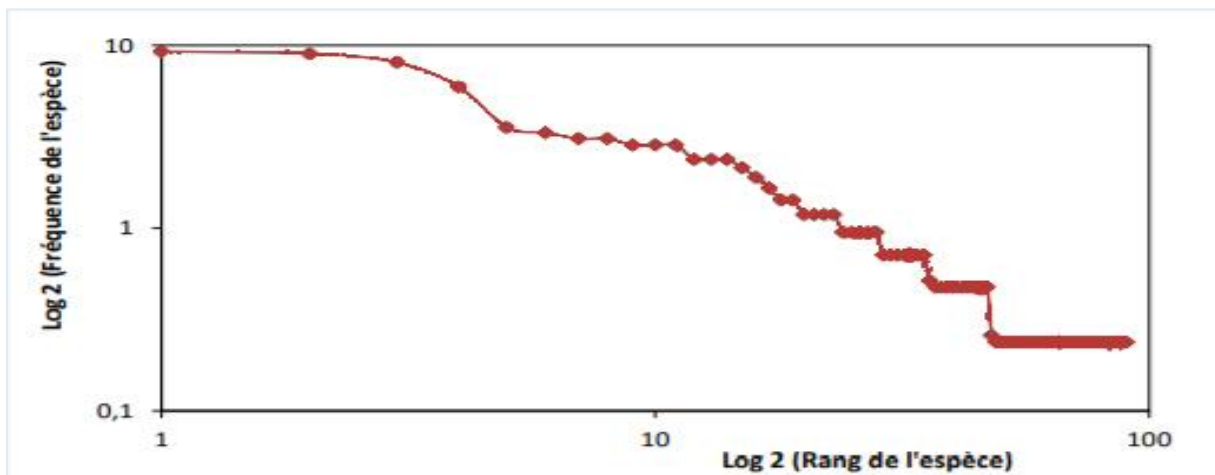


Fig. 36: Variation de l'allure de courbe Rang Fréquence (Printemps) de B. Beni Amrane

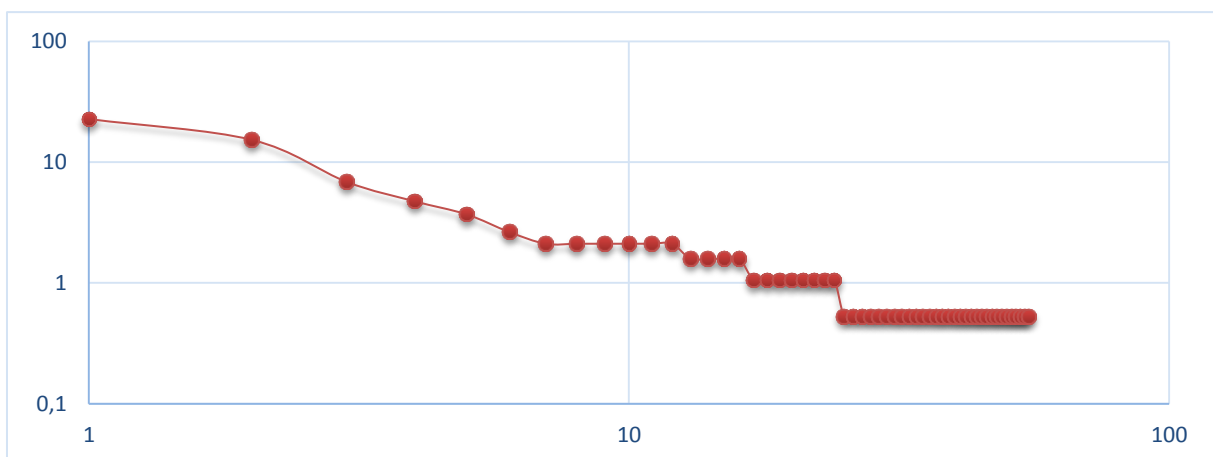


Fig. 37: Variation de l'allure de courbe Rang Fréquence (Automne) de B. Beni Amrane

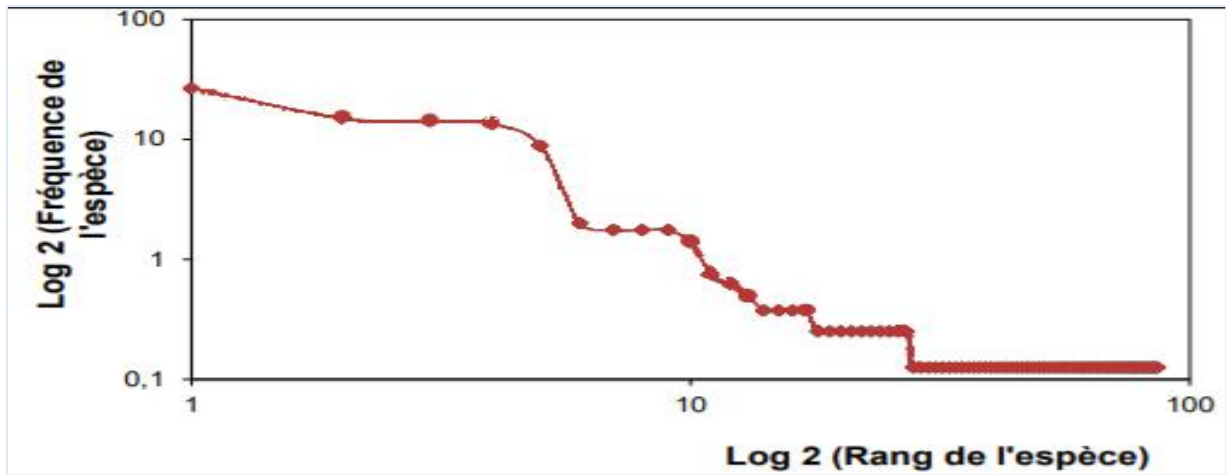


Fig. 38: Variation de l'allure de courbe Rang Fréquence (Printemps) de B. Hamiz

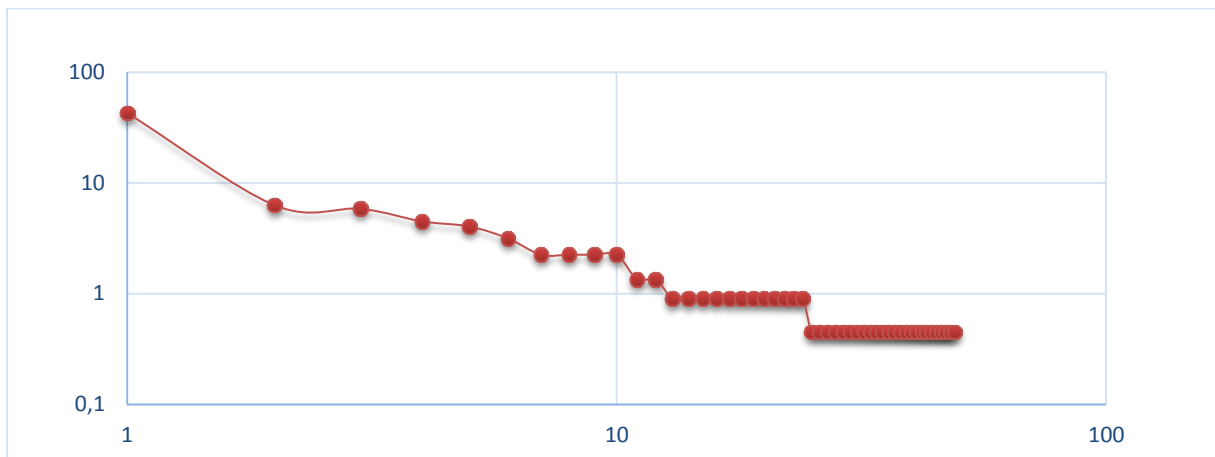


Fig. 39: Variation de l'allure de courbe Rang Fréquence (Automne) de B. Hamiz

A horizontal, irregular brushstroke in a vibrant green color, centered on a white background. The stroke has a textured, painterly appearance with some white highlights and darker green shadows, giving it a hand-drawn feel.

Conclusion

L'objectif principal de cette étude était l'évaluation de l'abondance et de la biomasse des communautés phytoplanctoniques dans différents points des trois écosystèmes lacustres de la wilaya de Boumerdes, au cours d'un cycle saisonnier.

Les résultats de notre étude nous a permis de définir les variations saisonnières globales des communautés phytoplanctoniques. L'analyse des communautés phytoplanctoniques montrent que:

- ✓ La teneur en Chlorophylle « a » et la transparence de l'eau permis à nous déduire l'état trophique des barrages étudiés. les deux barrages de Hamiz et de Keddara sont classés comme milieux eutrophes. Par ailleurs, le barrage de Beni Amrane est classé comme hypereutrophe.
- ✓ Pour le barrage de Beni Amrane, il abrite 122 espèces divisées en 8 classes, dominées par la classe des Diatomophycées surtout le genre *Cyclotella*. Cette classe est la plus abondante et la plus diversifiée avec 40,85% de la communauté phytoplanctonique dans ce barrage.
- ✓ Par ailleurs, les eaux de barrage de Hamiz abritent 110 espèces divisées sur 6 classes, avec la dominance des Chlorophycées qui représentent 39% de la microflore totale dominée surtout par le genre *Closterium*.
- ✓ Enfin, le barrage de Keddara abrite 64 seulement espèces appartenant aux 7 classes, dominées par les genres *Closterium* et *Oocystis* des Chlorophycées. Cette dernière forme la classe la plus abondante avec 37,70%. Par ailleurs, la classe des Bacillariophycées représente la classe la plus diversifiée avec 23 espèces.
- ✓ L'étude dynamique basée sur les fréquences de l'ensemble des échantillons a permis de caractériser l'état de la maturité du peuplement. Globalement, l'analyse des courbes des DRF montre que les trois barrages de: Keddara, Beni Amrane et Hamiz, se trouvent au stade 2 de la succession écologique indiquant la maturité de ces écosystèmes avec un grand nombre important d'espèces. La diversité est élevée ce qui correspond à des écosystèmes matures.
- ✓ Globalement, le phytoplancton se développe en fonction des saisons, il est plus diversifié quand il y a des conditions favorables pour sa croissance notamment la température. Cette évolution donc varie d'une saison à une autre. Ce travail nous permet à comprendre et confirmer que la période printanière considérée comme la période la plus diversifiée par des espèces différentes que celles trouvés en hiver et en automne.

Enfin, ce travail constitue une contribution à l'étude de l'évolution de phytoplancton dans ces écosystèmes lacustres, les successions des espèces, et les variations qui peuvent apparaître sur le plan spatial. En effet, il sera intéressant comme perspectives en vue de l'amélioration de la qualité des eaux des sites étudiées :

- ✓ Poursuivre l'étude des communautés phytoplanctoniques et leur évolutions, afin de déterminer les espèces existants naturellement et celles liées à la pollution ponctuelle des bassins versants et des écosystèmes lacustres, cette aspect est proposé dans le cadre d'un projet national de recherche (2015-2020), qui proposé par CNRDPA.

- ✓ Empêcher l'arrivée des effluents riches en éléments minéraux et nutritives dans les lacs de barrage.
- ✓ Contrôler l'utilisation des engrais et des pesticides par les agriculteurs pour lutter contre l'eutrophisation et la pollution des eaux douces, en les sensibilisant pour la mieux utilisation des fertilisants.
- ✓ Un suivi biologique de l'eau est imposé sur une durée plus importante, afin de constituer une base de données sur ces sites.



Références bibliographiques

- AFNOR, 2000.** Qualité de l'eau. Détermination de l'indice biologique diatomées (IBD)- Norme NF T90-354, p63.
- AFNOR, 2005.** Mode opératoire d'analyse de la technique de sédimentation classique: Utermöhl, Association Francaise de Normalisation. 48p.
- Amblard C., 1987.** Les successions phytoplanctoniques en milieu lacustre. Ann. Biol. 26: 134.
- Andriatiana Rakotomanga, 2014.** Zoom sur le plancton, le petit peuple des mers. Sur la plage (en ligne). 28/04/2014. Consulté le 29/07/2020. Disponible à l'adresse URL: <http://www.sur-la-plage.com/>
- Arrigon J., 1991.** Aménagement écologiques et piscicoles des eaux douces. 4^{ème} édition. Gautherr Villars, 631p.
- Attou F et Arab A., 2019.** Biology and Ecology of the accidentally introduced bleak, *Alburnus alburnus* (ActinopterygII: Cypriniformes: Cyprinidae), in Keddara Dam Lake, Algeria. Article in Acta Ichthyologica Et Piscatoria. 49 (2): 119–132.
- Attou F., 2010.** Dynamique de population d'*Alburnus alburnus* (Poisson Cyprinidae) dans le lac de barrage de Keddara (W. Boumerdes). Mémoire de Magistère. Université d'U.S.T.H.B. 88p.
- Attou F., 2014.** Dynamique et éco-biologie d'*Alburnus alburnus* (Poisson Cyprinidae) dans le lac de barrage de Keddara (W. Boumrdes). Thèse de Doctorat. Université d'U.S.T.H.B. Alger. 171p.
- Baillot S., 2013.** Utilisation des groupes morpho-fonctionnels du phytoplancton pour le diagnostic écologique des plans d'eau du bassin Loire Bretagne. Mémoire pour l'obtention du diplôme de l'École Pratique des Hautes Études. Paris, France. 115p.
- Ben Rejeb- Jenhani A et Kartas F., 1990.** Structure de la taxocénose phytoplanctonique du lac Ichkeul. Hull Inst. Natn. Scient. Tech. Oceanogr. Pêche Salammbô. 17: 83- 98.
- Bengtsson, J., 1998.** Whice species? What kind of diversity? Which ecosystem function? Some problems in studies of relations between biodiversity and ecosystem function. Applied Soil Ecology. 10(3): 191-199.
- Berdalet E., Marrase C., Estrada M., Arin L et Maclean M-L., 1996.** Microbial community resposes to nitrogen and phosphorus deficient nutriment inputs: microplankton dynamics and biochemical characterization. Plankton. Res. 18. Pp.1627-1641.
- Bernard C, Mougin C, Péry A., 2017.** Ecotoxicologie des communautés et fonctionnement des écosystèmes. 2^{ème} édition. London: LTD (UK). 386p.
- Bonato S., 2015.** Etude de la variabilité spatiale et temporelle des communautés phytoplanctoniques en Manche Orientale. Thèse de Doctorat. Université de Littoral côte D'Opale. 180p.
- Botes L., 2003.** Phytoplankton identification catalogue. Saldanha Bay, South Africa, April 2001. GloBallast Monograph Series, 7, IMO London, 88 p.

- Bourelly P., 1970.** Ordre des Euglénales. In: Les Algues d'eau douce. Ed. Boubée et Cie. Paris: pp123-159.
- Bourelly P., 1985.** Les Algues d'eau douce, Tome III: Les Algues bleues et rouges. Boubée Ed., 1-606p.
- Bourelly P., 1966.** Les algues d'eau douces, Algues Vertes. Édition Boubée et Cie. Paris. P: 511.
- Bourelly P., 1968.** Les algues d'eau douces. Algues jaunes et brunes. Edition Boubée et Cie. Paris. P: 438.
- Bourelly P., 1985.** Les algues d'eau douce, Tome III: Les Algues bleues et rouges, édition N. Boubée et Cie, 606 p.
- Cadier M., 2016.** Diversité des communautés phytoplanctonique en relation avec les facteurs environnementaux en mer d'Iroise: approche par la modélisation 3D. Thèse de Doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale.
- Carlsson P et Graneli E., 1999.** Effects of N; P; Si rations and zooplankton grazing on phytoplankton communities in the Northern Adriatic Sea. II. Phytoplankton species composition. *Aquat Microb Ecol* 18. P.
- Cassie, R. M., 1963.** Microdistribution of plankton. *Oceanography and marine biology: an annual review*, 1.
- Chaibi R., 2004.** Caractéristique physico-chimique et évaluation du niveau trophique d'un écosystème lagunaire (la lagune El-Mellah), Mémoire de Magister en Ecologie Animale. Univ Badji Mokhtar. Annaba. 99p.
- Chaocachi B., Ben Hassine O.K. et Lemoalle J., 2002.** Impact du vent sur la transparence des eaux de la lagune de l'ICHKEUL .Bull. Inst. Natu. Scien. Tech. Mer de Salammbö .Vol. 29 .P: 87-93.
- Cherbi M., 1984.** Contribution à l'étude des peuplements zooplanctonique de trois lacs de barrage Hamiz, Ghrib et Boughzoul. Thèse 3ème cycle. USTHB. Alger. 134p.
- Chisholm, S. W., 1992.** Phytoplankton Size Primary Productivity and Biogeochemical Cycles in the Sea Springer.
- Chisholm, S.W., Olson, R.J., Zettler, E.R., Goericke, R., Waterbury, J.B. et Welschmeyer, N.A., 1988.** A novel free-living prochlorophyte abundant in the oceanic euphotic zone. *Nature*. 6180 : 340-343.
- Colwell R., 2000.** Programme and short summaries of the presentation. National Science Foundation. Arlington. USA. 14p.
- Coute A. et Chauveau O., 1994.** Algae. *Encyclopedia Biospeologica*. I éd. Société de Biopédologie. ISSN 0398 7973, 3ème trimestre: 371-380.
- Dajouz R., 1985.** Précis de l'écologie. Les facteurs climatiques de l'eau et le sol. Le facteur abiotique en milieu aquatique. 5ème Ed, 112p.
- Dajouz R., 2000.** Précis de l'écologie, 7ème Ed, Edition Dunod. 615p.

- Demers S., Therriault T., Bourget E. et Bah A., 1987.** Resuspension in the shallow sub littoral zone of a macrotidal estuarine environment: Wind influence. *Limnol. Oceanogr.* 32: 327-39
- Descy J.P et Coste M., 1990.** Utilisation des diatomées benthiques pour l'évaluation de la qualité des eaux courantes. Rapport final. UNECD-NAMUR, CEMAGREF, Bordeaux CEEB. 112 p.
- Djelita B., Nehark K. C. et Bouzid-Lagha S., 2015.** Mécanismes d'eutrophisation dans le barrage de Hammam Boughrara, Algérie : Apports en nutriments et dynamique des populations phytoplanctoniques. *Geo-Eco-Trop*, 39.1: 101-118.
- Dreux P., 1974.** Précis d'écologie. Ed. Presses Univ.France, Coll. le biologiste.
- Druart J.C et RIMET F., 2008.** Protocoles d'analyse du phytoplancton de l'INRA : prélèvement, dénombrement et biovolumes. INRA-Thonon, Rapport SHL 283 - 2008, 96 p.
- Dufour P., 1984.** Les microphytes. *Horizon ird.* 110- 136.
- Ehrhardt J-P et Seguin G., 1978.** Le plancton: composition, écologie, pollution, Paris: Edition Bordas. 210p.
- El Haouati. H., 2015.** Adaptation d'un indice phytoplanctonique pour l'évaluation de la qualité des eaux des écosystèmes lacustres Algériens. Thèse de Doctorat en Science. U.S.T.H.B. 242p.
- El Moudjahid., 2019.** Quotidien National D'Information. Entretien des barrages: des machines de dévasement locales en 2019. Publié le 22/07/2019. Consulté sur: <http://www.elmoudjahid.com/fr/actualites/139641>.
- FAO: " Food and Agriculture Organization":** L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Les écosystèmes aquatiques continentaux.
- Feldmann J., 1954.** Francis MAGNE, « Chlorophycées », *Encyclopædia Universalis* [en ligne], consulté le 6 septembre 2020.
- Fogg G.E et Thake B., 1987.** Algal cultures and phytoplankton ecology. 3ème édition. USA: University of Wisconsin Press. 1266p.
- Frontier S et Pichod-Viale D., 1999.** Ecosysteme Structure. Fonctionnement. Evolution. Collection d'écologie. 2ème édition. Dunod: 447p.
- Frontier S., 1969.** Méthodes d'analyse statistiques applicables à l'écologie du plancton. Doc. Sci-Centre O.R.S.T.O.M. Nosy Be. 7. Multigr. 45p.
- Frontier S., 1976.** Utilisation des diagrammes Rang Fréquence dans l'analyse des écosystèmes. *J. Rech. Océanogra.* Vol I, N°3. p: 35-48.
- Gailhard I., 2003.** Analyse de la variabilité spatio-temporelle des populations micro-algues côtières observées par le « Réseau de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines » (REPHY). Thèse de Doctorat. Université de la Méditerranée (Aix-Marseille II). 97 p.
- Gayral P., 1975.** Les algues: morphologie, cytologie, reproduction, écologie, Edition Doin, Paris. 166p.

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

Goffart A., 2010. Mise au point de l'indice composition dans le cadre de l'indicateur phytoplancton. Les indices de composition phytoplanctonique en eaux côtières - Synthèse Bibliographique- Université de Liège Belgique et STARESO Calvi Corse. Convention ONEMA- Ifremer. 36p.

Grall J et Coïc N., 2006. Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. REF. Ifremer DYNECO/VIGIES/06-13/REBENT. Institut Universitaire Européen de la Mer – Université de Bretagne Occidentale.

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

Groga, N., 2012. Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat de l'université de Toulouse (France).

Hansen G., Turquet J., Quod J.P., Ten-Hage L., Lugomela C., Kyewalyanga M., Hurbungs M., Wawiye P., Ogongo B., Tunje S., et Rokotoarinjanahary H., 2001. Microalgues potentiellement nuisibles de l'Océan indien occidental - Guide basé sur une étude préliminaire. IOC Manuals and Guides, 41, UNESCO, 108 p.

Herzi F., 2013. Caractérisation chimique des exsudats du dinoflagellé marin toxique *Alexandrium catenella* et de la diatomée marine *Skeletonema costatum* et étude de la réponse protéomique d'*Alexandrium catenella* en conditions de stress métalliques. Thèse de Doctorat. Université de Carthage (Tunisie) et de l'Université de Toulon (France). 308p.

Huffy A., 2001. Introduction à la climatologie: le rayonnement et la température, l'atmosphère, l'eau, le climat et l'activité humaine. Canada: Presses Université Lava. 574p.

Ifremer 2018. « **Institu Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer** »: Le phytoplancton. Consulté le 20/06/2020. Disponible à l'adresse URL: <https://wwz.ifremer.fr/lerpc/Environnement-des-Pertuis/Le-Phytoplancton>

Iglesias-Rodriguez, M.D., Schofield, O.M., Batley, J., Medlin, L.K. et Hayes, P.K., 2006. Intraspecific genetic diversity in the marine coccolithophore *Emiliana huxleyi* (Prymnesiophyceae): The use of microsatellite analysis in marine phytoplankton population studies. *Journal of phycology*. 42 : 526-536.

Iltis A., 1974. Phytoplancton des eaux natronées du Kanem (TCHAD): Structure des peuplements. *Gah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, Vol: VIII, n° 1, 1947: 51-75.

Kadik B., 1987. Contribution à l'étude de Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) en Algérie, dendrométrie, morphologie, office de publication universitaire, Alger. 580p.

Khenter K., 2010. Vulnérabilité multifactorielle à l'érosion hydrique du bassin versant du barrage de Beni Amrane (W. Boumerdes). Mémoire de Master. Ecole Nationale Supérieur de l'Hydraulique –Arbaoui Abdallah- Blida.

- Lacaze J-C., 1996.** L'eutrophisation des eaux marines et continentales, Paris: Ellipses. 192p.
- Lacoste A et Salanon R., 2001.** Eléments de biogéographie et d'écologie. 2ème Ed. Edition NATHAN Université. 300p.
- Lawton J.H., Naeem S., Thompson L.J., Hector A., Crawley M.J., 1998.** Biodiversity and ecosystem function: getting the Ecotron experiment in its correct context. *Funct. Ecol.*, 12: 848-852.
- Lévêque C et Mounolou D., 2001.** Biodiversité: Dynamique biologique et conservation. Ed. Masson. Paris. 245p.
- Lindsey R et Scott M., 2010.** What are Phytoplankton in NASA Earth Observatory? NASA Earth observatory. Consulté le 02/02/2014. Disponible à l'adresse URL: <https://earthobservatory.nasa.gov/features/Phytoplankton>.
- Llyod M et Ghelardi R.J., 1964.** A table for calculating the "Equitability" component of species diversity. *J. Anim. Ecol.* 33: 217-225.
- Lorenzen C.J., 1967.** Determination of chlorophyll and pheopigments: Spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.* 12: 343-346.
- M BOUDJENAH Mustapha., 2019.** Etude de la composition et de l'évolution de la biodiversité des peuplements phytoplanctoniques de la côte algérienne (mer d'Alboran et Bassin Algérien) et influence des zones d'enrichissement d'enrichissement. Thèse de Doctorat. Université de Mostaganem (Algérie).
- Medejerb A et Henia L., 2011.** Variation spatio-temporelles de la sécheresse climatiques en Algérie nord occidentale. *Courrier du Savoir*, 11:71-79
- Meybeck et al., 1989** in **Lacaze J-C., 1996.** L'eutrophisation des eaux marines et continentales, Paris: Ellipses. 192p.
- Mollo P et Noury A., 2013.** Le manuel du plancton, Edition Charles Léopold Mayer, Essai N° 195, France, 198p.
- Nehar Benameur., 2016.** contribution à l'études des diatomées benthiques de quelques cours d'eau de l'Oranie :Taxonomie et écologie (Doctorat dissertation, université d'Oran-Algérie).
- Nezan E, Piclet G & Grossel H., 1997.** Guide pratique à l'usage des analystes du phytoplancton. IFREMER, 31 p.
- Ngansoumana B.A., 2006.** La communauté phytoplanctonique du lac de guiers (Sénégal) : types d'associations fonctionnelles et approches expérimentales des facteurs de régulation. Thèse de Doctorat de 3e Cycle. Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal), 135p. novembre 2005, INOC. 29-30.
- Noppe K., 2000.** Contribution méthodologique à la mise en place d'un réseau de surveillance des peuplements phytoplanctoniques des eaux courantes. Thèse de Doctorat, USTLille, 147 p. et annexes.

- Not, F., Valentin, K., Romari, K., Lovejoy, C., Massana, R., Tobe, K., Vaultot, D. et Medlin, L.K., 2007.** Picobiliphytes: A marine picoplanktonic algal group with unknown affinities to other eukaryotes. *Science*. 5809:253-255.
- Nueveux J., 1974.** Recherche sur la chlorophylle "a" et la phéophtine a en milieu oligotrophe et en milieu eutrophes (Méditerranée). Thèse de 3ème cycle univ-Paris VI. P116.
- O.N.M:** Office National de Météorologique. Données climatiques.
- Ould Rouis S., 2016.** Biologie, écologie et dynamique des populations des poissons dans le barrage Hamiz (Wilaya de Boumerdes, Algérie). Thèse de Doctorat. Université d'U.S.T.H.B, Alger. p 118-135.
- Paulmier G., 1992.** Catalogue illustre des microphytes planctoniques et benthiques des côtes Normandes. Rapport IFREMER DRV/92.007-RH/Le Robert.
- Pearce F et Crivelli A.J., 1994.** Caractéristiques générales des zones humides méditerranéennes. Bouklet Med Wet / Tour de Valat, N°1. France, 88p.
- Pedelaborde P., 1991.** Introduction à l'étude scientifique du climat. SEDES. Paris. 9-18p.
- Peperzak L., Colijn F., Koeman R., Gieskes W.W.C., Joordens J.C.A., 2003.** Phytoplankton sinking rates in the Rhine region of fresh water influence. *J. Plankton. Res.* 25: 365-383.
- Pourriot R et Meybeck M., 1995.** Limnologie générale. Ed. Masson Paris- Barcelone, 493 p.
- Pourriot R, Capblancq J, Champ P, Meyer J-A., 1982.** Ecologie du plancton des eaux continentales. Ed. Masson Paris- New York- Barcelone- Milan- Mexico- Rio de Janeiro. 198p.
- Prescott L.M., Harley J.P. et Klein D.A., 2003.** Microbiologie, 2ème édition. De boeck Université, Bruxelles.
- Ramade F., 1984.** Ecologie fondamentale. Ed. Mc Graw Hille, Paris.
- Remini B., 2005.** La problématique de l'eau en Algérie. Ed COPU. 160p.
- Ricard M., 1987.** Atlas du phytoplancton marin, diatomophycées. Vol .2. Editions du Centre National de la Recherche scientifique, Paris, 297pp.
- Richmond A., 2007.** Handbook of Micro-algal Culture. Biotechnology and Applied Phycology. Blackwell Science.
- Rodier J., 1996.** L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, bactériologie 7ème édition, Dunod, 1080 p.
- Rolland A., 2009.** « dynamique et diversité du phytoplancton dans le réservoir marne (bassin versant de la seine) » Thèse de doctorat. Université de Savoie Ecole Doctorale SISEO, 241p.
- Rosowski, J.R., 2003.** Photosynthetic Euglenoids. Dans : *Freshwater Algae of North America : Ecology and Classification*. Wehr, J.D. et Sheath, R.G. (eds). Academic Press, Paris.

- Rossi N., 2008.** Ecologie des communautés planctoniques méditerranéenne et l'étude des métaux lourds (cuivre, plomb, cadmium) dans différents compartiments de deux écosystèmes. Thèse de doctorat. Université de Saïde 20p.
- Round F.E., 1991.** Use of diatoms for monitoring rivers. Use of algae for monitoring rivers. B. A. Whitton, E. Rott and G. Friedrich. Duesseldorf: 25-32.
- Saez A.G., Zaldivar-Riveron A. et Medlin L.K., 2008.** Molecular systematics of the Pleurochrysidaceae, a family of coastal coccolithophores (Haptophyta). *Journal of Plankton Research*. 30: 559-566.
- Schelegel I et Scheffler W., 1999.** Seasonal development and morphological variability of *Cyclotella ocellata* (Bacillariophyceae) in the Eutrophic lake Dagow (Germany). *Int. Rev. Hydrobiol.*, 469-478.
- SELTZER P., 1946.** Le climat de l'Algérie, Recueil de données météo. Institut de Technologie Agricole, Mostaganem (Algérie), 142 p.
- Seymour J.R., Mitchell J.G., Pearson L., Waters R.L., 2000.** Heterogeneity in bacterioplankton abundance from 4.5 millimetre resolution sampling. *Aquatic Microbial Ecology*, 22(2), 143-153.
- Smayda T.J., 1980.** Phytoplankton succession. In: Morris (ed) *Physiological Ecology of Phytoplankton*. Oxford Blackwell scientific publications: 493-570.
- Sournia A., 1986.** Atlas du phytoplancton marin : Volume 1 - Cyanophycées, Dictyochophycées, Dinophycées, Raphidophycées. Ed. CNRS. Paris, 219 pp.
- Stickney HL, Hood RR et Stoecker DK., 2000.** The impact of mixotrophy on planktonic marine ecosystems. *Ecol. Model.*, 125 (2-3): 203-230.
- Sylvie Paquero., 2005.** Eau douce: la nécessaire refondation du droit international, Canada: Presses de l'Université du Québec. 266p.
- Tilman D., 1999.** The ecological consequences of changes in biodiversity: A search for general principles. *Ecology*, 80:1455-1474.
- Tir Kamel., 2009.** Climagramme d'EMBERGER: Analyse et correction de quelques stations météorologiques de l'Est Algérien. Mémoire de Magistère. Université Mentouri de Constantine.
- Utermöhl von H., 1931.** Neue Wege in der quantitativen Erfassung des Planktons (Mit besondere Berücksichtigung des Ultraplanktons). *Ver. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol.*, 5, 567-595.
- Utermöhl von H., 1958.** Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton –methodik. *Mitt. Int. Verein. Limnol.*, 9: 1-39p.
- Viera Da Silva J., 1979.** Introduction à la théorie écologique. Edition Masson, Paris, Collection d'Ecologie, 14, 112p.
- Zeitzschel B., 1978.** Why study phytoplankton? In: Sournia A (éd) *Phytoplankton manual*. Monographs on oceanographic methodology - UNESCO: 1-6.

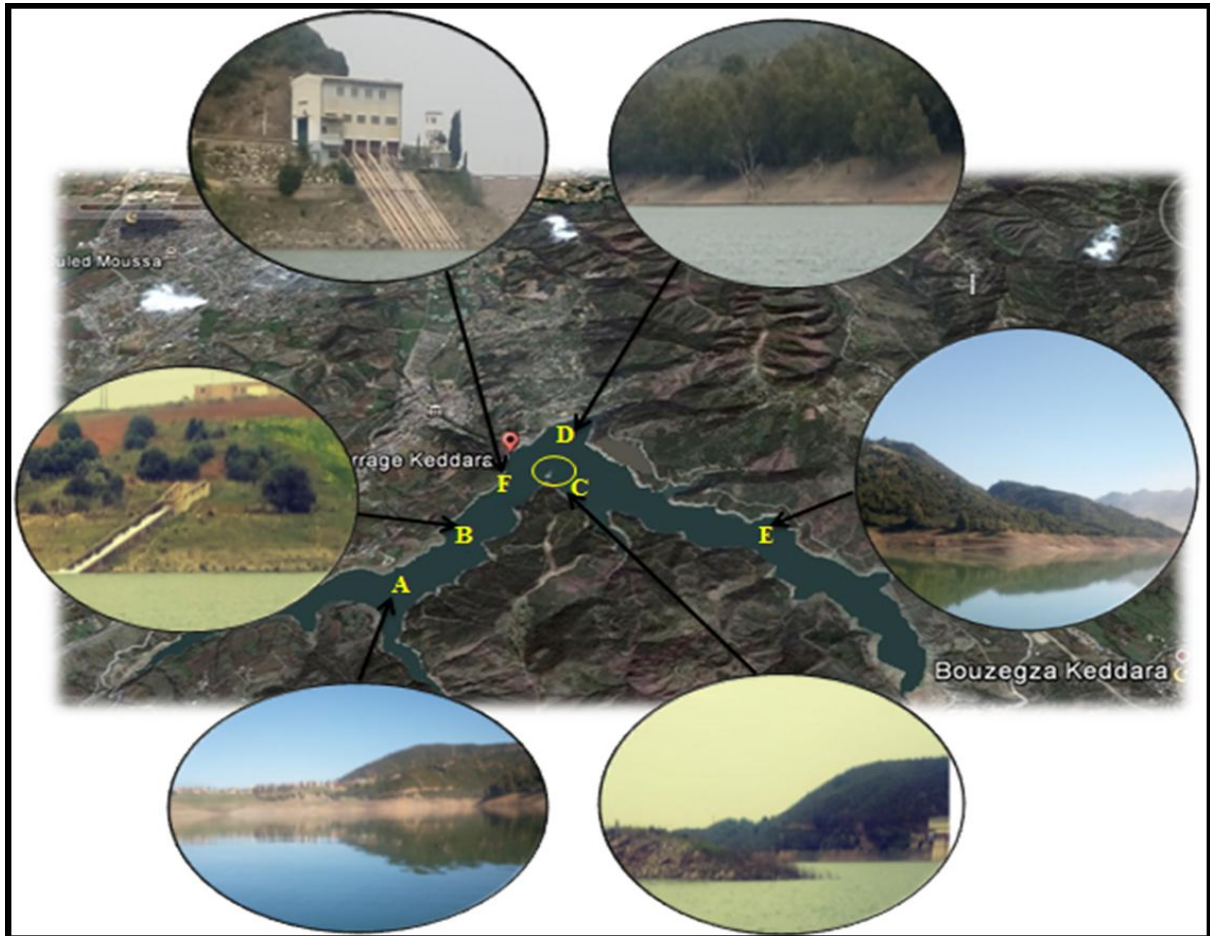


Annexe 1

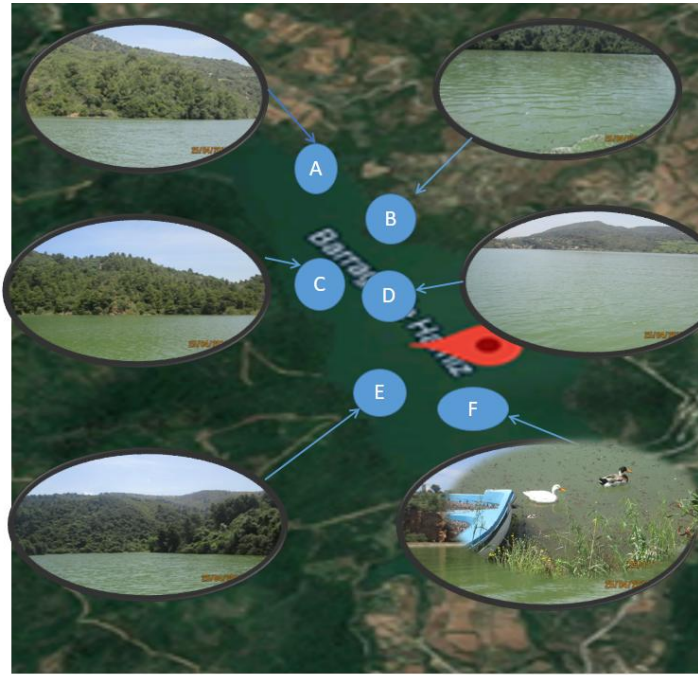
Tab.I : Données hydromorphométriques des trois lacs de barrages de la Wilaya de Boumerdes

		Wilaya de Boumerdes		
Barrages		Keddara	Beni Amrane	Hamiz
Année de construction		1982	1984	1879
Année de mise en eau		1986	1988	1935
Caractéristiques hydrologique	Oued	BOUDOUAOU	ISSER	ABRATACH
	Capacité initial (hm ³)	145.60	16.00	14
	Capacité dernier levé (2004) (hm ³)	142.39	11.85	15.53
	Apport moyen annuel (hm ³ /an)	32.30	414.00	55
	Envasement (hm ³ /an)	0.05	4.10	0.35
	Surface du bassin versant (km ²)	93	3710	139
Caractéristiques du barrage	Type	Terre	Enrochement	Poids
	Hauteur (m)	106.00	40.0	50
	Longueur (m)	468.00	460.0	222
	R.H (m)	145.00	64.00	174.10
	P.H.E (m)	147.32	76.10	175.00
	Déversoir (m ³ /s)	Labyrinthe 750	Hausses fusibles 10 000	Vanne cylindrique 930
	Vidange (m ³ /s)	55	(6 pertuis) 3100	2x35
Dotation annuelle (hm³)	76.0 (2007)	83.96 (2006)	9.0 (2007)	
Année de surélévation	/	2003	1935	

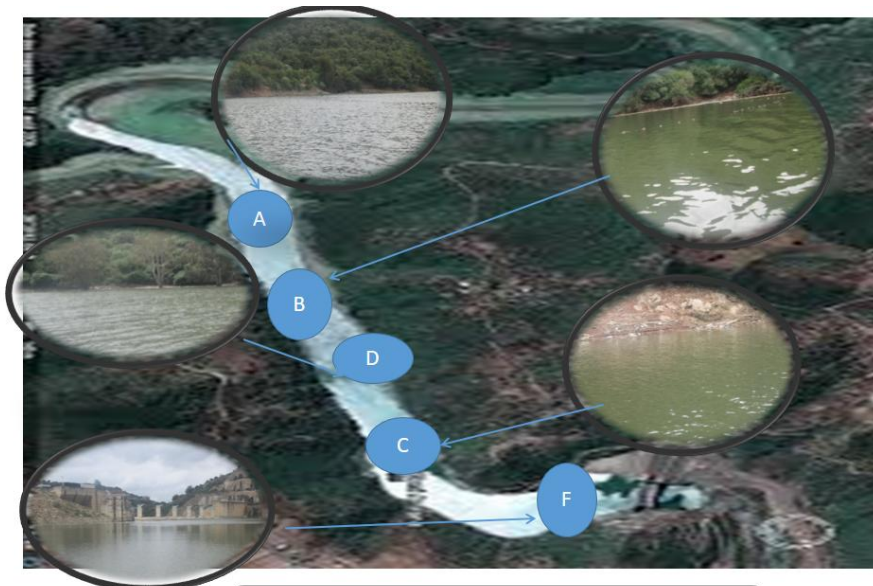
Répartition des stations échantillonnées sur les trois lacs de barrages de la wilaya de Boumerdes



Répartition des stations de prelevement sur le Barrage KEDDARA



Répartition des stations échantillonnées sur le barrage de Hamiz

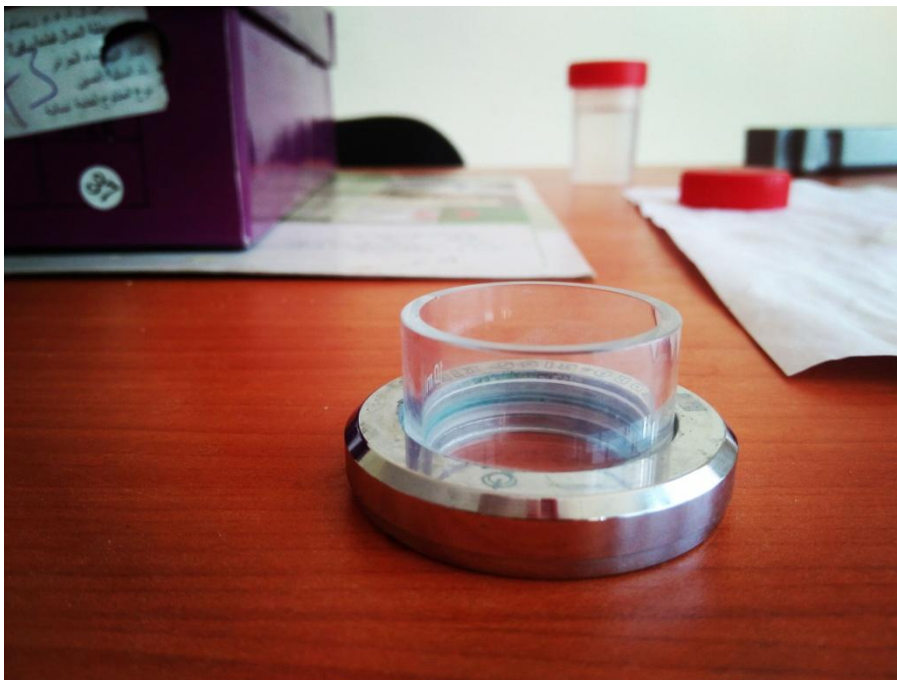


Répartition des stations échantillonnées sur le barrage de Beni Amrane

MATERIEL utilisés pour l'étude phytoplanktonique



Fig.1 :Pilulier



**Fig.2 : Chambre de sédimentation
(10ml)**



Fig.3 : Microscope inversé



Fig.4 : disque de Secchi

A horizontal, irregular green brushstroke with a textured, painterly appearance, centered on the page. The color is a vibrant, slightly muted green. The text 'Annexe 2' is written in black, cursive script across the middle of this brushstroke.

Annexe 2

Tab.V: Inventaire qualitative et taxonomique des espèces phytoplanctoniques (+espèces présentes, - espèces absentes)

Espèce	Site 1	Site 2	Site 3
CLASSE 1: Chlorophycées			
<i>cf. Chlamydomonas</i>	+	-	-
<i>cf. Chlorella</i>	-	+	-
<i>cf. Cladophora</i>	-	+	-
<i>cf. Closterium</i>	+	+	+
<i>cf. Cosmarium</i>	-	+	-
<i>cf. Crucigenia</i>	-	+	-
<i>cf. Oocystis</i>	-	+	+
<i>cf. Oocystis sp</i>	-	+	-
<i>cf. Pediastrum</i>	+	-	-
<i>cf. Scenedesmus</i>	-	+	-
<i>cf. Tetraspora</i>	-	-	+
<i>Chlamydomonas sp1</i>	+	+	-
<i>Chlamydomonas sp2</i>	-	+	-
<i>Chlorella sp</i>	+	-	-
<i>Closteriopsis sp</i>	-	+	+
<i>Closterium acerosum</i>	+	+	+
<i>Closterium cf. acerosum</i>	+	+	-
<i>Closterium cf. acutum</i>	+	-	+
<i>Closterium cf. setaceum</i>	-	+	+
<i>Closterium cinctum</i>	+	-	-
<i>Closterium setaceum</i>	-	+	-
<i>Closterium sp</i>	+	-	-
<i>Closteriumacutum</i>	+	+	+
<i>Coelastrum sp</i>	-	+	-
<i>Coelastrum microporum</i>	-	-	+
<i>Cosmarium botrytis</i>	+	-	+
<i>Cosmarium cf. granatum</i>	-	-	+
<i>Cosmarium cf. subarctum</i>	+	-	-
<i>Cosmarium depressum</i>	+	-	-
<i>Cosmarium granatum</i>	-	+	+
<i>Cosmarium sp</i>	-	+	+
<i>Crucigenia fenestrata</i>	-	+	+
<i>Crucigenia sp</i>	-	-	+
<i>Monoraphidium contortum</i>	+	-	+
<i>Monoraphidium griffithii</i>	-	+	+
<i>Monoraphidium sp</i>	+	-	-
<i>Oocystis cf. borgii</i>	-	-	+
<i>Oocystis lacustris</i>	-	+	+
<i>Oocystis marssonii</i>	+	+	+
<i>Oocystis sp1</i>	+	+	+
<i>Oocystis sp2</i>	-	+	+
<i>Pediastrum angulosum</i>	+	-	+

<i>Pediastrum simplex</i>	+	-	+
<i>Scenedesmus cf. obliquus</i>	+	-	+
<i>Scenedesmus fluxuosus</i>	-	+	-
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	-	+	+
<i>Scenedesmus sp₁</i>	-	+	-
<i>Scenedesmus sp₂</i>	-	+	-
<i>Scenedesmus sp₃</i>	-	+	-
<i>Staurastum cf. gracile</i>	+	-	-
<i>Staurastum sp</i>	-	-	+
<i>Tetraedron cf. victoria</i>	-	-	+
<i>Tetrahedron minimum</i>	-	-	+
<i>Tetrahedron sp</i>	-	-	+
<i>Tetraspora cf. gelatinosa</i>	+	-	-
<i>Tetraspora gelatinosa</i>	-	+	+
CLASSE 2: Diatomophycées			
<i>Aphanocapsa capucina</i>	-	-	+
<i>Aulocoseira granulate</i>	-	-	+
<i>Aulocoseira cf. granulata</i>	-	+	+
<i>Caloneis sp</i>	-	-	+
<i>cf. Achnanthidium</i>	+	-	-
<i>cf. Cocconeis</i>	+	+	+
<i>cf. Amphora</i>	-	-	+
<i>cf. Pleurosigma</i>	-	+	-
<i>cf. Diploneis</i>	-	-	+
<i>cf. Fragilaria</i>	-	+	+
<i>cf. Licmophora sp</i>	-	-	+
<i>cf. Navicula</i>	+	-	+
<i>cf. Navicula gregaria</i>	-	-	+
<i>cf. Nitzschia</i>	-	+	-
<i>cf. eunotia</i>	-	+	-
<i>cf. Pinnularia</i>	-	-	+
<i>cf. Surirella</i>	+	-	-
<i>cf. Stephanodiscus</i>	+	-	-
<i>cf. Cyclotella sp</i>	+	+	+
<i>Cocconeis cf. pediculus</i>	+	-	-
<i>Cocconeis pedicules</i>	-	-	+
<i>Cocconeis sp</i>	-	-	+
<i>Caloneis</i>	-	-	+
<i>Craticula sp</i>	-	-	+
<i>Craticula ambigua</i>	-	+	-
<i>Craticula cf. cuspidata</i>	-	+	-
<i>Cyamatopleur aelliptica</i>	-	+	-
<i>Cyclotella cf. atomus</i>	+	-	+
<i>Cyclotella cf. Choctawhatchee</i>	+	+	+
<i>Cyclotella cf. meneghiniana</i>	-	+	+
<i>Cyclotella cf. ocellata</i>	+	-	+
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	-	+	+
<i>Cyclotella ocellata</i>	+	+	+
<i>Cyclotella sp₁</i>	+	+	+

<i>Cyclotella sp₂</i>	+	-	+
<i>Cyclotella sp₃</i>	-	+	-
<i>Cyclotella sp₄</i>	-	+	-
<i>Cyclotella choctwhatchee</i>	-	+	-
<i>Cymatopleura cf. elliptica</i>	+	-	-
<i>Cymatopleura elliptica</i>	-	+	+
<i>Encyonema sp</i>	-	+	+
<i>Eunotia pectinalis</i>	-	-	+
<i>Eunotia sp</i>	-	-	+
<i>Fragilaria capucina</i>	-	-	+
<i>Fragilaria cf. capucina</i>	-	+	-
<i>Fragilaria cf. ulna</i>	-	+	-
<i>Fragilaria sp</i>	+	-	+
<i>Fragilaria ulna</i>	-	+	+
<i>Frustulia sp</i>	-	-	+
<i>Gomphonema cf. parvulum</i>	+	-	-
<i>Gomphonema sp</i>	-	+	-
<i>Licmophora sp</i>	-	+	-
<i>Navicula cf.</i>	-	+	-
<i>Navicula cf. cryptotenella</i>	+	-	+
<i>Navicula cf. gregaria</i>	+	+	+
<i>Navicula minima</i>	-	+	+
<i>Navicula sp</i>	+	-	+
<i>Nitzschia cf. palea</i>	-	+	-
<i>Nitzschia capitellata</i>	-	-	+
<i>Nitzschia palea</i>	+	-	-
<i>Nitzschia dissipata</i>	-	+	-
<i>Nitzschia hunganica</i>	-	+	-
<i>Nitzschia sp₁</i>	-	+	-
<i>Nitzschia sp₂</i>	-	+	-
<i>Nitzschia sp₃</i>	-	+	-
<i>Pinnularia cf. interrupta</i>	-	+	+
<i>Pinnularia sp</i>	+	-	+
<i>Pleurosigma angulatum</i>	-	+	-
<i>Pleurosigma sp</i>	+	-	-
<i>Stephanodiscus cf. neoastreae</i>	+	+	-
<i>Surirella cf. ovalis</i>	-	+	-
<i>Surirella sp</i>	-	+	-
CLASSE 3: Cyanophycées			
<i>Anabaena cf. circinalis</i>	-	+	-
<i>Anabaena cf. delicatula</i>	-	+	-
<i>Anabaena flos-aquae</i>	-	-	+
<i>Anabaena opsiscircularis</i>	-	+	-
<i>Aphanocapsa elachista</i>	-	+	-
<i>Aphanocapsa planctonica</i>	-	+	+
<i>Chroococcus cf. gigoanteus</i>	+	-	-
<i>cf. Aphanocapsa</i>	-	+	-
<i>cf. Aphanothece</i>	-	-	+
<i>cf. Merismopedia</i>	-	+	-

<i>cf. Oscillatoia</i>	-	-	+
<i>Lyngbya minimus</i>	-	+	-
<i>Microcystis aeruginosa</i>	-	+	+
<i>Microcystis sp</i>	+	-	-
<i>Merismopedia sp</i>	-	+	+
<i>Monoraphidium griffithi</i>	-	-	+
<i>Oscillatoria amphibian</i>	+	+	+
<i>Oscillatoria cf. rubescens</i>	+	+	+
<i>Oscillatoria rubescens</i>	+	+	-
<i>Oscillatoria sp</i>	-	+	-
<i>Oscillatoria tenuis</i>	-	-	+
<i>Raphidiopsis cf. curvata</i>	-	+	-
<i>Raphidiopsis sp</i>	-	+	+
<i>Synechococcus sp</i>	+	-	+
CLASSE 4: Euglénophycées			
<i>cf. Phacus</i>	-	+	-
<i>cf. Trachelomonas</i>	-	+	-
<i>Euglena acus</i>	-	+	+
<i>Euglena caudate</i>	-	+	+
<i>Euglena gracilis</i>	-	+	-
<i>Euglena oxyuris</i>	-	+	-
<i>Euglena proxima</i>	-	-	+
<i>Euglena sp</i>	-	+	-
<i>Euglena viridis</i>	+	-	-
<i>Phacus cf. longicauda</i>	-	-	+
<i>Phacus cf. curvicauda</i>	-	-	+
<i>Phacus curvicauda</i>	-	-	+
<i>Phacus longicauda</i>	-	+	+
<i>Phacus pleuronectes</i>	-	+	+
<i>Phacus sp</i>	+	+	+
<i>Trachelomonas cf. hispida</i>	-	-	+
<i>Trachelomonas globularis</i>	-	+	+
<i>Trachelomonas hispida</i>	-	+	+
<i>Trachelomonas rugulosa</i>	+	+	+
<i>Trachelomonas sp</i>	+	+	+
CLASSE 5: Cryptophycées			
<i>cf. Cryptomonas</i>	+	+	+
<i>Cryptomonas sp</i>	+	-	+
<i>Rhodomonas</i>	+	-	-
CLASSE 6: Dinophycées			
<i>cf. Peridinium</i>	+	+	+
<i>Peridinium cinctum</i>	+	+	+
<i>Peridinium sp₁</i>	+	+	-
<i>Peridinium sp₂</i>	-	+	-
<i>Peridinium bipes</i>	-	-	+
<i>Peridinium cf. gutwinskii</i>	-	-	+
CLASSE 7: Pyrrhophytes			
<i>Ceratium hirundinella</i>	+	+	+

CLASSE 8: Crysophycées

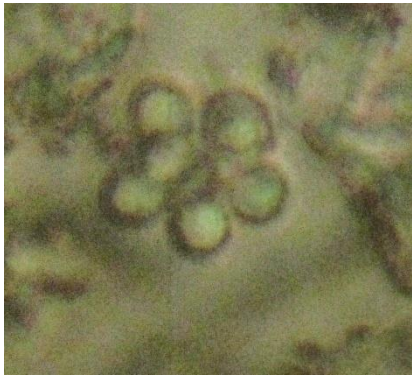
<i>Mallomonas sp</i>	-	+	-
----------------------	---	---	---

Tab.VI: Valeurs de l'indice de diversité et de l'équitabilité des espèces phytoplanctonique trouvées au niveau des trois écosystèmes lacustres de la wilaya de Boumerdes

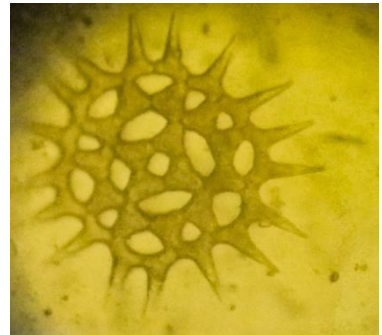
		SAISONS		
Indices		HIVER	PRINTEMPS	AUTOMNE
KEDDARA	H'	4,2177246	3,64844376	4,55400292
	R	0,17684661	0,14817573	0,19973951
	S	29	25	39
BENI AMRANE	H'	*	5,445	4,57215486
	R	*	0,221	0,19476511
	S	*	90	55
HAMIZ	H'	3,155	3,708	3,82379947
	R	0,133	0,145	0,1612473
	S	33	86	49

Quelques photos représentées des espèces des 3 barrages

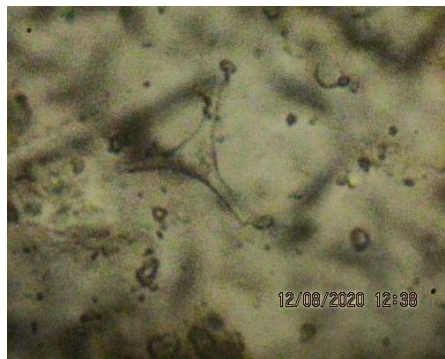
1) Chlorophycées



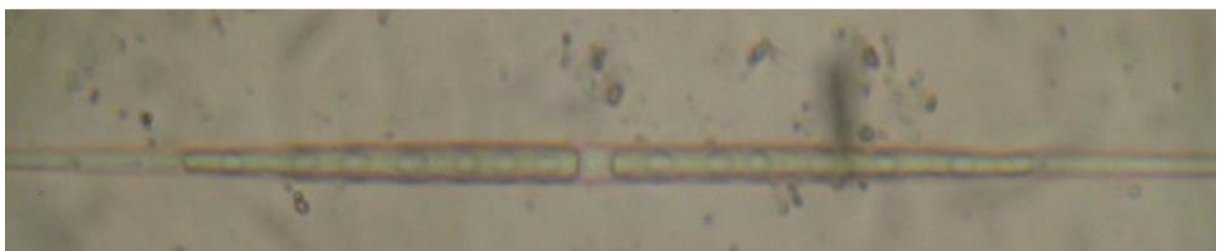
Coelastrum microporum



Pediastrum simplex

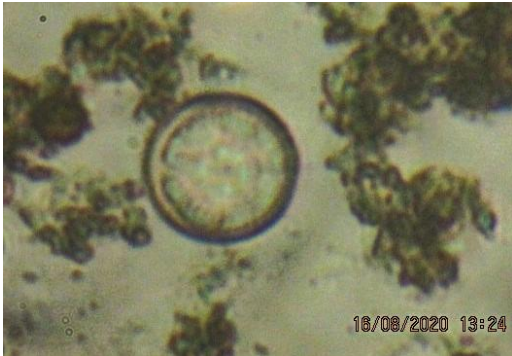


Staurastum



Closterium acerosum

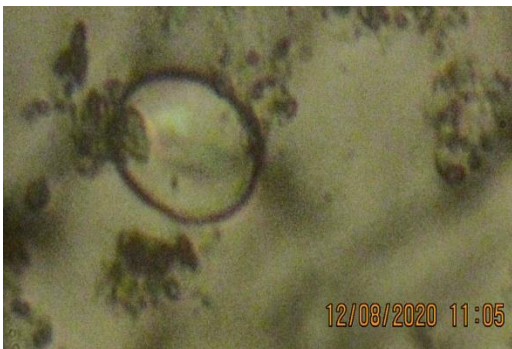
2) Diatomées



Cyclotella ocellata



Cymatopleura elliptica



Cocconies sp



Cyclotella meneghiniana

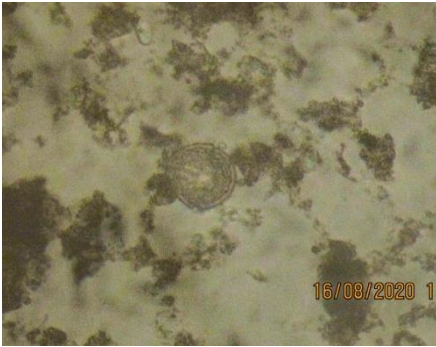


Nitzschia hungarica



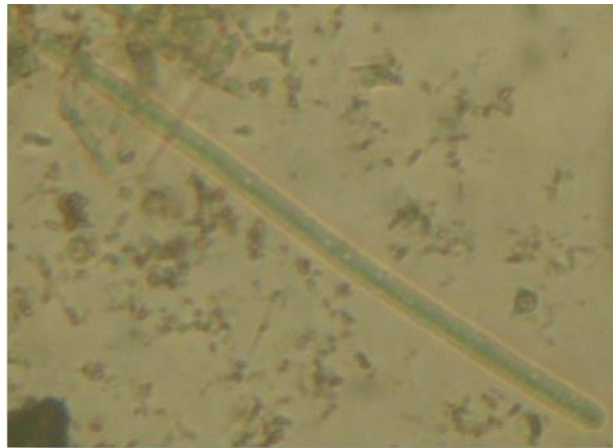
Nitzschia capitellata

3) Dinophycées



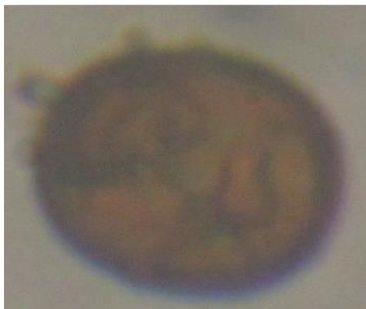
Peridinium cinctum

4) Cyanophycées

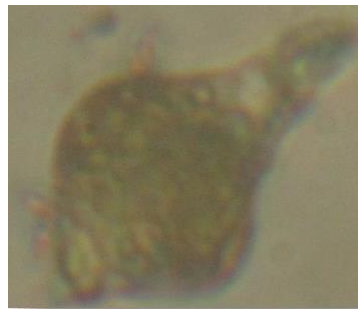


Oscillatoria amphibia

5) Euglénophycées



Trachelomonas regulosa



Euglena viridis

Résumé

Cette étude porte sur la composition phytoplanctonique dans trois lacs de barrage de la Wilaya de Boumerdes (Keddara, Beni Amrane et Hamiz) en Algérie.

Les prélèvements sont réalisés au cours de trois saisons: Hiver, Printemps et Automne 2019 dans différentes stations distribuées dans les trois lacs de barrage, dans le but d'étudier l'évolution des communautés phytoplanctoniques dans ces milieux qui ont des caractéristiques écologiques différentes.

Les résultats montrent que les deux lacs de barrage: Keddara et Hamiz sont eutrophes tandis que le barrage de Beni Amrane est hyper eutrophe.

L'étude phytoplanctonique montre que le barrage de Beni Amrane est le plus diversifié, avec 122 espèces et une dominance de la classe des Diatomophycées par le genre: *Cyclotella*. Suivi du barrage de Hamiz qui abrite 110 espèces dont la classe des Chlorophycées est la plus dominante avec le genre: *Closterium*.

Dans la dernière position en terme de diversité phytoplanctonique vient le barrage de Keddara qui abrite seulement 64 espèces dont la classe des Chlorophycées est la plus dominante, plus précisément par les genres: *Closterium* et *Oocystis*.

Le phytoplancton se développe en fonction des saisons, il est plus diversifié quand il y a des conditions favorables pour sa croissance notamment la température. Cette évolution donc varie d'une saison à une autre. Ce travail nous permet à comprendre et confirmer que la période printanière considérée comme la période la plus diversifiée par des espèces différentes que celles trouvés en hiver et en automne.

Mots clés: Phytoplancton, lac de barrage, Keddara, Beni Amrane, Hamiz, évolution saisonnière.

Abstract

This study is focused on phytoplanktonic composition in three dam lakes of Boumerdes Province (Keddara, Beni Amrane and Hamiz) in Algeria.

Sampling is carried out during three seasons: Winter, spring and autumn 2019 at different stations distributed in the three dam lakes, with the aim of studying the evolution of phytoplankton communities in these environments, which have different ecological characteristics

The results show that the two dam lakes Keddara and Hamiz are eutrophic while the Beni Amrane dam is hypereutrophic.

The phytoplanktonic study shows that the Beni Amrane dam is the most diversified, with 122 species with a dominance of the Diatomophyceae class by the genus *Cyclotella*. Followed by the Hamiz Dam, which shelters 110 species while the Chlorophyceae class is the most dominant with the genus: *Closterium*.

In the last position in terms of phytoplanktonic diversity comes the Keddara Dam which shelters 64 species while the class of Chlorophyceae is the most dominant, more precisely by the genera: *Closterium* and *Oocystis*.

Phytoplankton develops according to the seasons, it is more diversified when there are favourable conditions for its growth, especially the temperature. This evolution therefore varies from one season to another. This work allows us to understand and confirm that the spring period is considered to be the most diversified period by different dominant species more than winter and autumn.

Key words: phytoplankton, Dam Lake, Keddara, Beni Amrane, Hamiz, seasonal evolution.