

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Blida -1-



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire de fin d'étude en vue d'obtention du diplôme de Master II en

Ecosystèmes aquatiques

Thème

**Diversité des assemblages  
phytoplanctoniques et ichtyologiques dans  
les retenues des barrages de Hamiz et de  
Beni Amrane (wilaya de Boumerdes)**

Réalisé par :

**Bougrinat Sara**

**Et**

**Djerroud Amina**

*Soutenu le 30/06/2019 à 09h 30 devant le jury composé de :*

**Mr. GRANDI M.**

**MCB, USDB 1**

**Président**

**Mme. FAIDI H.**

**MAA, USDB 1**

**Examinatrice**

**Mme EL HAOUATI H.**

**MRB, CNRDPA**

**Promotrice**

**Mme KHETTAR S.**

**MAA, USDB 1**

**Co-promotrice**

**Année universitaire 2018- 2019**

## Résumé

Cette étude porte sur deux écosystèmes aquatiques situés dans la région de Boumerdes, le barrage de Hamiz et le barrage de Beni Amrane. Notre travail vise à identifier les associations phytoplanctoniques et ichthyologiques existantes dans les deux sites, en relation avec les facteurs de l'environnement qui influencent sur la diversité et la dynamique des espèces trouvées.

Le suivi des paramètres abiotiques de l'eau (température, oxygène dissous, conductivité électrique, salinité, transparence, azote ammoniacal, nitrites, nitrates, phosphates) et les paramètres biotiques (évaluation quantitative et qualitative des peuplements phytoplanctoniques et ichthyologique et l'étude de la chlorophylle « a ») a été réalisé durant la période allant du mois de février au mois de mai 2019 dans 6 et 5 différentes stations représentatives de chaque barrage.

Les résultats des paramètres abiotiques montrent que les eaux du barrage de Hamiz sont classées comme des eaux de très bonne qualité et elles sont localisées dans l'état trophique « eutrophe ». L'étude phytoplanctonique montre que le site abrite **92** espèces dominées par les genres suivants : *Closterium* et *Oocystis*.

Par ailleurs, les eaux du barrage de Beni Amrane, sont classées comme des eaux de bonne qualité et trouvent dans l'état trophique « hyper eutrophe ». L'étude phytoplanctonique montre que le site abrite **89** espèces dominées par les genres *Cryptomonas* et *Cyclotella*.

L'étude ichthyologique montre que la famille des Cyprinidea domine dans les deux retenues avec une grande prolifération de *Cyprinus carpio*.

**Mots clés** : barrage, diversité, dynamique, phytoplancton, ichthyofaune.

## ملخص

تركز هذه الدراسة على نظامين إيكولوجيين مائيين يقعان في منطقة بومرداس ، سد الحمير وسد بني عمران. يهدف عملنا إلى تحديد الارتباطات النباتية والسلمكية الموجودة في كلا الموقعين ، فيما يتعلق بالعوامل البيئية التي تؤثر على تنوع وديناميات الأنواع الموجودة .

مراقبة البارامترات اللاأحيائية للماء (درجة الحرارة ، الأكسجين المذاب ، الموصلية الكهربائية ، الملوحة ، الشفافية ، النيتروجين الأمونيا ، النتريت ، النترات ، الفوسفات) والمعلمات الحيوية (التقييم الكمي والنوعي لسكان العوالق النباتية والإكلولوجية ودراسة تم تنفيذ الكلوروفيل "أ" خلال الفترة من فبراير إلى مايو 2019 في 5 و6 محطات تمثيلية مختلفة لكل سد.

تظهر نتائج المعلمات اللاأحيائية أن مياه سد الحمير تصنف على أنها مياه ذات نوعية جيدة جدًا وتقع في الحالة الغذائية "مخمرة". تبين دراسة العوالق النباتية أن الموقع يضم 92 نوعًا

يهيمن عليها الأجناس التالية: *Oocystis* و *Closterium*.

بالإضافة إلى ذلك، تصنف مياه سد بني عمران على أنها مياه جيدة النوعية وتوجد في الحالة الغذائية "مفرط التخثر". أظهرت دراسة العوالق النباتية أن الموقع يضم 89 نوعًا يهيمن عليها أجناس *Cyclotella* و *Cryptomonas*.

تظهر الدراسة الإكلولوجية أن عائلة *Cyprinidea* تهيمن على كلتا الخزان مع انتشار كبير لسلمكة *Cyprinus carpio*.

**الكلمات المفتاحية:** السد، التنوع، ديناميات العوالق النباتية، حيوانات الأسماك.

## Summary

This study focuses on two aquatic ecosystems located in the Boumerdes region, the Hamiz dam and the Beni Amrane dam. Our work aims to identify phytoplanktonic and ichthyological associations existing in both sites, in relation to the environmental factors that influence the diversity and dynamics of the species found.

The monitoring of the abiotic parameters of water (temperature, dissolved oxygen, electrical conductivity, salinity, transparency, ammoniacal nitrogen, nitrite, nitrates, phosphates) and biotic parameters (quantitative and qualitative evaluation of phytoplankton and ichthyological populations and the study of chlorophyll "a") was carried out during the period from February to May 2019 in 5 and 6 different representative stations of each dam.

The results of the abiotic parameters show that the waters of the Hamiz dam are classified as water of very good quality and are located in the trophic state "eutrophic". The phytoplankton study shows that the site is home to 92 species dominated by the following genera: *Closterium* and *Oocystis*. In addition, the waters of the Beni Amrane Dam are classified as good quality waters and found in the trophic state "Hyper eutrophic". The phytoplankton study shows that the site is home to 89 species dominated by the genera *Cryptomonas* and *Cyclotella*. The ichthyological study shows that the family Cyprinidae dominates in both reservoirs with a large proliferation of *Cyprinus carpio*.

**Key words:** dam, diversity, phytoplankton dynamics, fish fauna.

## Remerciements

*En préambule à ce mémoire nous remerciant ALLAH le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force, la patience et le courage durant ces longues années d'étude.*

*La première personne que nous tenons à saisir nos profonds remerciements et nos profondes reconnaissances est notre promotrice*

*Mme EL-HAOUATI HABIBA, pour la confiance, la patience et pour ses précieux conseils et son orientation tout au long de notre recherche qui ont constitué un apport considérable sans laquelle ce travail n'aurait pas pu être mené au bon part.*

*Nos remerciements aussi notre Co-promotrice Madame KHETTAR SIHEM*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury :  
A Mr GRANDI de nos avoir fait l'honneur de présider le jury,  
A Mme FAIDI H. d'avoir accepté d'examiner notre travail  
et de l'enrichir par leurs propositions.*

*Nous tenons à remercier aussi tous les travailleurs du CNRDPA qui nous ont facilité l'avancement de la partie analyse en particulier*

*Mr. GUECHAOUI M. et Melle MAHIDDINE F. Z.*

*Aussi remercier toutes les personnes qu'on a pu rencontrer sur le terrain, spécialement les Directeurs des deux barrages pour leurs accueils et leurs sympathies*

*On n'oublie pas nos parents pour leurs contributions, leurs soutiens et leurs patiences*

*A nos familles et nos amis qui par leurs prières et leurs encouragements, on a pu surmonter tous les obstacles.*

*Enfin nous tenons à remercier toute personne qui a participé de près ou loin à l'exécution de ce modeste travail.*

# *Dédicace*

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude,

L'amour, le respect, la reconnaissance...

Aussi, c'est tout simplement que

À mes chers parents.

À mes chers frères et ma sœur.

À la mémoire de mon grand-père que dieu l'accueille

dans son vaste paradis.

À mes grand-mères et mon grand père

ET à tous ceux qui me sont chers.

**BOUGRINAT Sara....**



# *Dédicace*

Je dédie ce travail :

A mon très cher père qui m'est soutenu pendant le long de mes études que dieu te protège.

A la mémoire de ma mère qui est été toujours mon esprit et dans mon cœur, que dieu l'accueille dans son vaste paradis.

A mes chères sœurs.

A mes nièces Assil , Iness , Abir , Doaa,

Mes neveux Yahia, Diaa, Imad, Mohamed.

A mon cher frère.

Et à toutes ma famille.

A mes cheres amies : Youssra et Ahlam

A ma binôme Sara

A toutes la promotion 2019 Ecosystèmes aquatique de l'université

Saad dahlab

**DJERROUD Amina....**



## Table des matières

Table des Figures	
Table des Tableaux	
Introduction .....	01
<b>Chapitre I : Synthèse bibliographie</b>	
I-1 Généralités sur le phytoplancton.....	02
I-1-1 Définition du plancton.....	02
I-1-2 Classes du phytoplancton.....	03
I.1.3 Toxicité des micro algues .....	04
I-1-4 Importance du phytoplancton.....	05
I-2 Généralités sur les poissons d'eau douce.....	05
I-2-1 Caractéristiques générales des poissons.....	05
I-2-2 Poissons d'eau douce en Algérie.....	06
I-2-3 Importance du poisson.....	07
I-3 Présentation des sites d'étude.....	07
I-3-1 Historique de deux barrages étudiés.....	07
I-3-2 Situation géographique.....	08
I-3-3 Géologie des sites .....	09
I-3-4 Hydrologie des sites.....	09
I-3-5 Données morphométriques .....	11
I-3-6 Climatologie.....	12
I-3-6-1 Précipitations.....	12
I-3-6-2 Température.....	13
I-3-6-3 Le vent.....	12
I-3-6-4 L'humidité.....	15
I-3-6-5 Synthèse des données climatiques.....	15
I-3-6-5-1 Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953).....	15

I-3-6-5-1 Quotient pluviométrique d'Emberger.....	16
---	----

## **Chapitre II: Matériel et Méthodes**

II.1- Fréquences de prélèvements .....	18
II.2- Présentation des Points de Prélèvements.....	18
II.3-Choix du principe de prélèvement .....	19
II.3.1-Prélèvement de l'eau .....	22
II.3.2-Conservation et analyse de l'échantillon d'eau.....	
II.4-Etude du phytoplancton.....	22
II.4.1- Echantillonnage du phytoplancton.....	22
II.4.2-Conservation des échantillons.....	22
II.4.3-Préparation de l'échantillon .....	19
II.4.4- Identification et comptage des paramètres biologiques .....	24
II.4.5-Organisation et structure du peuplement .....	24
II.4.5.1-La richesse spécifique .....	24
II.4.5.2- La densité des espèces .....	24
II.4.5.3- L'abondance ou la fréquence relative.....	24
II.4.5.4.Les indices de diversité.....	24
II.4.5.5- Diagramme de Frontier (Diagramme rang fréquence) .....	25
II.5-Etude la faune piscicole.....	25
II.5.1-Mode de prélèvement.....	25
II.5.2- Méthode d'étude de la faune piscicole.....	25
<b>Chapitre III : Résultats et Discussion</b>	
III.1- Interprétation de la Physico-Chimie de l'eau.....	26
III.1.1- La température .....	26
III.1.2- Potentiel d'hydrogène .....	27
III.1.3-Oxygène dissous:.....	28
III.1.4-Taux de saturation .....	29

III.1.5- Conductivité électrique ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) et la salinité (PSU).....	29
III.1.6- Transparence.....	31
III.1.7- Sels nutritifs .....	31
III.1.7.1- Nitrites $\text{NO}_2$ .....	32
III.1.7.2-Nitrates $\text{NO}_3$ .....	32
III.1.7.3- Azote ammoniacal $\text{NH}_4$ .....	33
III.1.7.4-Phosphates.....	34
III.1.8-chlorophylle a.....	35
III.2- Synthèse sur les paramètres abiotiques.....	36
III.3-Analyses multivariées des données physicochimique de l'eau.....	37
III.4 Evaluation de l'état trophique.....	39
III.5-Etude du peuplement phytoplanctonique .....	40
III.5.1-Etude qualitative du peuplement .....	40
III.5.2-Etude quantitative phytoplancton .....	45
III.5.2.1-Variation spatio-temporelle du peuplement algal .....	45
III.5.2.2. Evolution spatio-temporelle de la diversité spécifique .....	48
III.5.2.2.1. L'indice de Shannon ( $H'$ ) et l'Equitabilité (E).....	48
III.5.5-Analyse du diagramme de Frontier (Diagramme Rng fréquence).....	50
II.6. Étude du peuplement ichtyologique.....	51

<b>Tables des Figures</b>	
Fig. 01 : Pyramide alimentaire d'après Agence de l'Eau Seine-Normandie.....	02
Fig. 02: Le barrage de Hamiz en 1830-1962.....	07
Fig. 03 : le barrage de Beni Amrane en 2002.....	07
Fig.04: Situation géographique des deux sites d'études barrage de Hamiz et barrage de Beni Amrane 2019.....	08
Fig. 05:Situation du bassin versant de barrage de Hamiz.....	10
Fig. 06:Situation du bassin versant du barrage de Beni Amrane.....	10
Fig. 07: Variation moyenne mensuelle des précipitations de la région de Boumerdes pour la période 2006-2015 .....	13
Fig.08: Variation moyenne mensuelle de la température de la région de Boumerdes pour la période 2005-2016.....	14
Fig. 09 : Variation moyenne mensuelle de la vitesse du vent de la région de Boumerdes pour la période 2006-2015.....	14
Fig. 10 : Variation moyenne mensuelle du taux d'humidité de la région de Boumerdes pour la période 2006-2015.....	15
Fig11:Diagramme Ombrothermique de la région de Boumerdes.....	16
Fig. 12:Localisation du barrage Hamiz et Beni Amrane sur le climagramme d'Emberger (2006-2015).....	17
Fig. 13: Répartition des stations échantillonnées sur le barrage de Hamiz (Wilaya de Boumerdes) (Photo du Google Earth 2019) .....	20
Fig.14 : Répartition des stations échantillonnées sur le barrage de Beni Amrane (Wilaya de Boumerdes) (Photo du Google Earth2019).....	21
Fig. 15 : Evolution des diagrammes rangs-fréquences au cours d'une succession.....	25
Fig. 16:Variation mensuelle et spatiale de la température de l'eau dans le barrage de Hamiz et barrage de Beni Amrane.....	26
Fig. 17: Variation mensuelle et spatiale de la température de l'air dans le barrage de Hamiz et le barrage de Beni Amrane.....	27
Fig. 18: Variation mensuelle et spatiale du pH dans le barrage de Hamiz et le barrage de Beni Amrane.....	27
Fig19 :Variation mensuelle et spatiale de l'oxygène dissous dans le barrage de Hamiz et le barrage de Beni Amrane.....	28
Fig.20: Variation saisonnière et spatiale du taux de saturation en oxygène dans le barrage de Hamiz et le barrage de Beni Amrane.....	29
Fig. 21: Variation mensuelle et spatiale de la Conductivité électrique dans le barrage de Hamiz et barrage de Beni Amrane.....	30
Fig.22 : Variation mensuelle et spatiale de la salinité de l'eau (PSU) dans le barrage de Hamiz et le barrage de Beni Amrane.....	30
Fig. 23:Variation mensuelle et spatiale de la transparence de l'eau (cm) dans le barrage de Hamiz et le barrage de Beni Amrane.....	31
Fig. 24 : Variation mensuelle et spatiale des Nitrites dans le barrage de Hamiz et le barrage de Beni Amrane.....	32

Fig. 25 : Variation mensuelle et spatiale des Nitrates dans le barrage de Hamiz et le barrage de Beni Amrane.....	33
Fig. 26 :Variation mensuelle et spatiale de l'azote ammoniacal dans le barrage de Hamiz et le barrage de Beni Amrane.....	34
Fig. 27 : Variation spatio-temporelle des phosphates dans le barrage de Hamiz et le barrage de Beni Amrane.....	35
Fig. 28 : Variation spatio-temporelle de la chlorophylle "a" dans le barrage de Hamiz Et le barrage de Beni Amrane .....	36
Fig.29 : ACP des variables physico-chimiques (facteurs 1 et 2) % Inertie totale 70.71%	38
Fig.30 : ACP des variables physico-chimiques (facteurs 1 et 2) % Inertie totale :84,81 %	39
Fig. 31 : Variation des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le barrage de Hamiz.....	41
Fig.32: Variation des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le Barrage de Beni Amrane.....	43
Fig .33 : Variation mensuelle et spatiale des densités des phytoplanctoniques au barrage de Hamiz.....	46
Fig .34 : Variation mensuelle et spatiale des abondances des phytoplanctoniques au barrage de Hamiz.....	46
Fig .35: Variation mensuelle et spatiale des densités des phytoplanctoniques au barrage de Beni Amrane.....	47
Fig .36: Variation mensuelle et spatiale des abondances des phytoplanctoniques au barrage de Beni Amrane.....	47
Fig.37: Variation de la richesse spécifique (S) et l'indice de Shannon (H') de barrage de Hamiz.....	48
Fig.38: Variation de l'indice de Shannon (H') et d'équitabilité (R) de le barrage de Hamiz.....	48
Fig.39: Variation de la richesse spécifique (S) et l'indice de Shannon (H') de barrage de Beni Amrane.....	49
Fig.40: Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du lac de Barrage de Hamiz...	50
Fig.41: Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence de barrage de Beni Amrane...	50
Fig. 42 : L'abondance de la faune ichtyologique dans le barrage de Hamiz.....	52

## Liste des Tableaux

Tableau 1 :L'ichtyo faune des eaux continentales d'Algérie (IUCN, 2006) .....	06
Tableau 2 : Données morpho-métriques du barrage de Hamiz (ANBT, 2019).....	11
Tableau 3: Donnés morpho-métriques du barrage Beni Amrane (ANBT, 2019).....	12
Tableau 4 : Calendrier des prélèvements.....	18
Tableau 5 : Présentation des stations d'échantillonnage dans les deux systèmes lacustres.....	19
Tableau 6 :Normes de qualité des eaux des masses d'eau naturelle (SEQ-EAU) et les moyennes trouvées dans les deux sites étudiés durant l'année 2019.....	36
Tableau 7: Etat trophique du barrage de Hamiz et le barrage de Beni Amrane selon les critères de l'O.C.D.E. (1982).....	40
Tableau 8 : Valeurs de l'indice de diversité de Shannon et de l'équitabilité des espèces phytoplanctoniques trouvées au niveau des deux barrages.....	49
Tableau 9 : Les espèces capturées au niveau des différentes stations échantillonnées dans le barrage de Hamiz et le barrage de Beni Amrane.....	51

## Liste d'abréviation

ANBT : Agence national des barrages et transferts

ONM : Office national de la météorologie

RDF : Diagramme Rang fréquence.

OCDE : Organisation de coopération et de Développement économique

IUCN :International Union of conservation of Nature

Fig. : Figure

Tab : Tableau

NO<sub>2</sub> : Nitrite

NO<sub>3</sub> : Nitrate

NH<sub>4</sub> : Azote ammoniacal

PO<sub>4</sub> : phosphate

PS : Période Sèche

# **Introduction**

## **INTRODUCTION**

---

En Algérie, les eaux de surface sont de plus en plus utilisées ces dernières années pour les besoins de l'agriculture, de l'alimentation des populations et de l'industrie. Des investissements considérables ont été consacrés à la construction des barrages notamment dans le centre du pays (**Allalguia et al., 2017**).

Un barrage est un ouvrage artificiel, coupant le lit d'un cours d'eau et servant à assurer la régulation des cultures, ou bien à produire de l'énergie (**Anton et Henri, 2011**). Mais les perturbations anthropiques ont une répercussion très forte sur la biodiversité de ces milieux aquatiques (**Sweeney et al., 2004**).

De plus, l'eau est souvent affectée par le phénomène d'eutrophisation qui est une réaction du milieu à un accroissement excessif en substances nutritives, essentiellement l'azote et le phosphore. Ce phénomène se manifeste par le développement considérable d'algues microscopiques (**Aouchiche et Salhi, 2013**). La prolifération massive des phytoplanctons entraînant une perte de biodiversité, ainsi la diminution des poissons. Car il y a une relation étroite entre le niveau trophique inférieur (phytoplancton) et supérieur (poissons). Elles constituent pour les poissons une source importante de nourriture.

Ces communautés aquatiques végétales (phytoplancton) et animales (poissons) deviennent des juges de paix (**Roche et al., 2005**) et le bon état écologique de ces organismes se comprend alors comme le bon fonctionnement de l'écosystème (**Heliott, 2014**).

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail, avec comme objectif de faire une comparaison entre deux écosystèmes aquatiques situés dans la même zone géographique en étudiant leurs compositions phytoplanctoniques et ichtyologiques, ainsi la mesure de quelques paramètres physicochimiques de l'eau.

Les deux barrages étudiés sont situés dans la wilaya de Boumerdès. Le barrage de Hamiz est l'un des plus anciens barrages algériens, et le barrage de Béni Amrane.

Notre travail comporte trois chapitres :

Le premier chapitre est une recherche bibliographique avec la description des caractéristiques des différents groupes phytoplanctoniques et ichtyologiques et la présentation des deux sites d'étude (barrages de Beni Amrane et Hamiz).

Dans le deuxième chapitre est défini le matériel et les méthodes utilisées pour mener cette étude.

Le troisième chapitre est consacré à l'interprétation des résultats obtenus, en soulignant les points les plus manquants.

Enfin, un bilan de ces résultats est dressé en conclusion ouvrant des perspectives de recherche issues de notre travail.



*Chapitre I :*  
*Synthèse bibliographique*

## Première partie :

### I-1 Généralités sur le phytoplancton

#### I-1-1 Définition du plancton :

C'est l'ensemble des végétaux et animaux aquatiques, microscopiques ou de petite taille qui se déplacent avec les courants d'une manière limitée avec la masse d'eau, on distingue évidemment une fraction animale qu'on appelle le zooplancton et autre végétale le phytoplancton (Mollo *et al.*, 2013).

Le phytoplancton (du grec *phyton* ou « plante » et *planktos* ou errante) est le plancton végétal, il est constitué d'un ensemble des organismes végétaux vivant en suspension dans l'eau. Ces organismes présentent la capacité de photosynthèse, c'est-à-dire qu'ils peuvent élaborer la matière organique nécessaire à leurs développements. Cette capacité à vivre sous le régime de l'autotrophie s'explique par l'existence de pigments tels que la chlorophylle, pigments qui leur donnent, dans la plupart du temps, une couleur caractéristique. Le processus de la photosynthèse ne peut se réaliser qu'à partir de l'eau, les sels nutritifs, le dioxyde de carbone et la lumière solaire. Cette dernière est d'ailleurs un des facteurs essentiels qui conditionnent l'existence du phytoplancton au voisinage de la surface, plus précisément, au niveau de la zone euphotique. Par conséquent, ces organismes végétaux ne peuvent vivre que dans les premiers mètres sous la surface, tout en étant capable de survivre à des profondeurs qui approchent les 100 voire les 120m (à condition que la clarté de l'eau permette un passage suffisant de la lumière) (Gailhard, 2003).

Si les organismes phytoplanctoniques représentent seulement 1% de la biomasse des organismes photosynthétiques sur terre, ils assurent 45% de la production primaire (Chisholm 1995 ; Behrenfeld *et al.*, 2001). Ils sont ainsi à la base de la chaîne trophique pélagique (Azam et Malfatti 2007) et sont donc responsables d'une part essentielle de la production primaire dans les milieux aquatiques (Fig. 1).

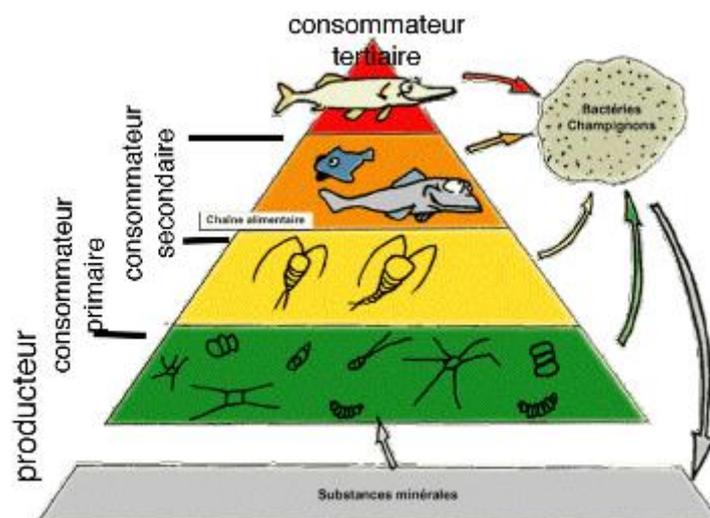


Fig. 01 :Pyramide alimentaire d'après Agence de l'Eau Seine-Normandie

Le phytoplancton joue un rôle essentiel dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques car l'activité des communautés phytoplanctoniques en domaine hauturier participe au flux de carbone entre l'eau et l'atmosphère. Ce processus contribue ainsi à la régulation du taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique qui détermine l'évolution du climat à court et moyen terme. Par conséquent, les flux de matière au sein de l'écosystème sont contrôlés par les variations de la production biologique (**Gailhard, 2003**).

Par ailleurs, le phytoplancton est universellement reconnu comme étant le premier maillon de la chaîne trophique dans l'écosystème aquatique. Il se compose d'organismes que l'on qualifie de producteurs primaires et qu'il joue un rôle essentiel dans le développement et la survie de tous les organismes aquatiques vivants puisqu'il correspond au premier maillon d'une pyramide alimentaire, dans laquelle chaque échelle sert de nourriture à la suivante (Fig. 1).

Le phytoplancton regroupe deux types d'organismes qui diffèrent au niveau cytotologique essentiellement par la présence d'un noyau cellulaire (eucaryotes) ou non (procaryotes).

De manière générale, leurs tailles varient de quelques microns (<20 µm) à quelques centaines de microns (200 µm). Leurs formes peuvent être extrêmement variées, la diversité morphologique étant souvent liée à une adaptation à la mobilité (flottaison et mouvements verticaux) (**Gailhard, 2003**). On compte des milliers d'espèces se répartissant en plusieurs groupes (**El Haouati, 2009**).

### I-1-2 Classes du phytoplancton :

✚ **Les Chlorophycées :** Algues de couleur verte, caractérisées par la présence de la chlorophylle « a » et « b » et caroténoïdes jaunes. Ce groupe renferme environ 7000 espèces. On trouve des formes unicellulaires, coloniales et filamenteuses ramifiées ou non (**Louis, 2009**).

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 Euklorophycées (**Bourrelly, 1972**). Pour assurer leurs reproductions, les Volvocales et les Chlorococcales forment des zoospores à l'intérieur de la paroi cellulaire de la cellule mère (**Bourrelly, 1972**). Globalement les Chlorophycées sont des micro-organismes qui ont une préférence pour les milieux riches en nutriments azotés (**Sane, 2006**).

✚ **Les Bacillariophycées ou les diatomées :** Algues unicellulaires dont le squelette externe est siliceux, elles ont une couleur caractéristique brune au jaune due à la présence de chlorophylle « a » et « c » et de caroténoïdes jaunes et bruns. Elles peuvent être solitaires ou former des colonies ou des filaments (**Louis, 2009**).

Les Bacillariophycées se subdivisent en deux ordres : les Bidulphiales, ou centrifuges à asymétrie généralement radiale, et les Bacillariales ou pennées à symétrie bilatérale (**Aouchiche et Salhi, 2013**).

- ✚ **Les Cyanophycées** (algues bleues) : vivent presque partout, y compris dans des conditions extrêmes, des glaces polaires aux sables des déserts, des geysers aux lacs très chauds et acides des cratères volcaniques. Les cellules sont de très petite taille (1 à quelques dizaines de micromètres) et forment souvent des colonies ou des filaments. Leurs couleurs sur le terrain sont plutôt vertes foncé, violette ou noirâtre, conjonction de l'association de la chlorophylle « a » avec deux pigments accessoires, un rouge et un bleu. Leurs appellations d'algues bleues viennent plutôt de leurs apparences bleutées au microscope (**Louis,2009**).
  
- ✚ **Les Dinophycées** (Péridiniens) : Parmi ces algues unicellulaires, beaucoup sont délimitées par un squelette externe formé de plaques de cellulose incrustées de silice. Elles contiennent de la chlorophylle « a » et « c » et des caroténoïdes comme pigments accessoires responsables de la couleur brune à rouge. Leurs tailles varient de quelques dizaines à quelques centaines de micromètres (**Louis,2009**).  
Les Dinophycées sont mobiles grâce à deux flagelles: l'un dans un sillon équatorial, l'autre perpendiculaire au premier. Cette disposition originale explique le mouvement très particulier de ces organismes qui tournent sur eux-mêmes (**Louis,2009**).
  
- ✚ **Les Euglénophycées** : Ces algues unicellulaires se déplacent à l'aide de deux flagelles de taille inégale. Étranges organismes que ces euglènes dont certaines sont capables de vivre comme des cellules animales dans l'obscurité et comme des cellules végétales à la lumière (possèdent de la chlorophylle « a » et « b » et caroténoïdes)(**Louis,2009**).
  
- ✚ **Les Chrysophycées** : Algues de couleur jaune dorée pourvues de la chlorophylle « a » et « c » et des caroténoïdes jaunes. On trouve notamment dans ce groupe les curieux dinobryon, cellules flagellées disposées chacune dans une urne très élégante et formant de jolies colonies ramifiées (**Louis,2009**).
  
- ✚ **Les Cryptophycées** : sont des organismes vivants unicellulaires, photosynthétiques pour la plupart. Possèdent Deux flagelles dont le plus long porte deux rangées de mastigonèmes
  
- ✚ **Les Cryptophytes** se rencontrent dans tous les types de milieux aquatiques : des milieux océaniques aux eaux douces en passant par les eaux interstitielles des milieux terrestres humides (**Louis,2009**).

### I-1-3 Toxicité des micro algues :

Un goût ou des odeurs désagréables dans l'eau signifie souvent la présence d'algues. Ces mauvaises odeurs sont directement liées aux substances qu'elles élaborent ou sécrètent pendant leurs phases de croissance et même après leurs morts lors de leurs décompositions par les bactéries.

C'est lors des mois chauds (mai - septembre) que, certaines Cyanobactéries prolifèrent en masse. Ces proliférations provoquent une gamme de désagréments sanitaires

écologiques. En effet, ces microalgues sont capables de produire différentes toxines, appelées Cyanotoxines. Dans la majorité des cas, ce sont des hépatotoxines comme les microcystines, qui ciblent le foie. Elles peuvent causer des problèmes de santé ou même la mort des animaux et des humains qui y sont exposés. Les toxines sont stockées à l'intérieur des cellules, mais sont libérées dans les eaux lors de la lyse des cellules, quand les blooms se décomposent (Santé Canada, 2002 ; Duy, 2000).

Actuellement, vingt genres et plus de quarante espèces sont connus pour synthétiser des toxines (Berger, 2005).

### **I-1-4 Importance du phytoplancton :**

En tant que principal producteur primaire, le phytoplancton est à la base des écosystèmes aquatiques et est capable de réagir rapidement aux perturbations du milieu (apports en nutriments, changements de température, salinité, turbidité, turbulence ou stratification), qu'elles soient d'origine naturelle ou anthropogénique (Smayda, 1998). Les changements quantitatifs et qualitatifs qui ont lieu au sein des communautés phytoplanctoniques ont un impact sur l'ensemble de la chaîne trophique (Stockner et Antia, 1986, Thyssen, 2008). C'est pourquoi ce compartiment a été choisi comme bio-indicateur potentiel de la qualité des masses d'eau (Rolland, 2009, Soudant et Belin, 2010). Il est donc important de pouvoir suivre et évaluer sa composition, son abondance et sa biomasse ainsi que sa variabilité spatio-temporelle, mais ceci reste une tâche délicate. En effet la répartition du phytoplancton est très hétérogène et sa dynamique est très rapide (certaines espèces peuvent se diviser 2 fois par jour (Thyssen 2008). Le phytoplancton est très sensible aux variations biotiques (lyses virales, prédation) et abiotiques (hydrologie, vent, salinité) (Padisak et al., 2006, Salsamo et al., 2006, Anneville et al., 2008, Rolland 2009). En grande partie, et grâce aux capacités rapides de division (Thyssen et al., 2008), le phytoplancton a une capacité adaptative aux changements physiques ou chimiques (Smayda 1997 et 1998).

## **I-2 Généralités sur les poissons d'eau douce**

### **I-2-1 Caractéristiques générales des poissons :**

Les poissons sont des animaux vertébrés aquatiques à sang froid, pourvus de nageoires et dont le corps est le plus souvent couvert d'écaillés. On les trouve en eau douce tel que dans les rivières, les fleuves, les lacs et les étangs.

Les poissons sont des animaux organisés pour vivre exclusivement dans l'eau, ils occupent le dernier rang dans la chaîne alimentaire aquatique (Fig. 1). Ils ont des nageoires au lieu de membre et ils sont ovipares (Montpetit, 1897).

La composition ichtyologique des plans d'eau (abondance et richesse spécifique) dépend de la distribution géographique des poissons, résultante d'événements géographiques passés (Angelier, 2000) et des facteurs écologiques des milieux (température, teneur en oxygène dissous, pH, richesse en ressources trophiques...), en parallèle avec les exigences des espèces présentes (Schlumberger et al., 2001). La distribution des poissons peut également

être modifiée par l'intervention humaine (Construction de barrages, introduction des nouvelles espèces, pêche intensive...).

### I-2-2 Poissons d'eau douce en Algérie :

La faune ichthyologique algérienne d'eau douce est pauvre et est issue en partie des opérations de repeuplement. Elle est composée de **52** espèces appartenant à **14** familles, parmi lesquelles seulement 4 familles (avec 21 genres) sont autochtones. Nous avons dressé un tableau non exhaustif des espèces autochtones d'Algérie (Tab.1).

Globalement, l'ichtyofaune algérienne est caractérisée par la prédominance des Cyprinidae (24%), des Mugilidae (11%) et Cichlidae (11%) (IUCN, 2006). A partir d'analyses morphologique et génétique, une nouvelle espèce du genre *Aphanius* (*Aphaniussaourensis*) a été décrite (BLANCO et al., 2006).

**Tableau 1** : L'ichtyofaune des eaux continentales d'Algérie (IUCN, 2006)

Famille	Espèces autochtones	Espèces introduites
Clupeidae	<i>Alosaalosa</i> <i>Alosafallaxfallax</i>	
Salmonidae	<i>Salmotruttamacrostigna</i>	<i>Oncorhynchusmykiss</i>
Cyprinidae	<i>Barabuscallensis valenciennes</i> <i>Barabusnasmus</i> <i>Barabusdeserti</i> <i>Pseudophoxinuscallensis</i>	<i>Cyprinuscarpiocarpio</i> <i>Aristichthysnobilis</i> <i>Hypophthalmichthysmolitrix</i> <i>Ctenopharyngodonidella</i> <i>Tincatinca</i> <i>Carassiusauratusauratus</i> <i>Pseudoraboraparva</i>
Anguillidae	<i>Anguillaanguilla</i>	
Cyprinodontidae	<i>Aphaniusfasciatus</i> <i>Aphaniusiberus</i> <i>Aphaniusapodus</i> <i>Aphaniussaourensis</i>	
Poeciliidae		<i>Gambusiahalbrooki</i>
Esocidae		<i>Esoxlucius</i>
Atherinidae	<i>Atherinaboyeri</i>	
Mugilidae	<i>Chelonlabrosus</i> <i>Liza ramado</i> <i>Liza aurata</i> <i>Liza saliens</i> <i>Mugilcephalus</i>	
Moronidae	<i>Dicetrarchuslabrax</i> <i>Dicentrarchuspunctatus</i>	
Percidae		<i>Sander lycioperca</i>
Claridae	<i>Clariasanguillaris</i>	<i>Clarias gariepinus</i>
Siluridae		<i>Silurusglanis</i>
Gobiidae	<i>Pomatoschistusmarmoratus</i> <i>Gobiuspaganellus</i>	

Blenniidae	<i>Salaria fluviatilis</i>	
Gasterosteridae	<i>Gasterostusaculeatusaculeatus</i>	
Cichlidae	<i>Henichronisletourneuxi</i>	<i>Oreochromismacrochir</i> <i>Oreochromismossambicus</i> <i>Tilipiazilli</i>
Syngnathidae	<i>Haplochromisletourneuxi</i> <i>Haplochromisdesfontainii</i>	
Petromyzontidae	<i>Syngnatusabster</i> <i>Petromyzonmarinus</i>	

### I-2-3 Importance du poisson :

Le poisson représente non seulement un produit de grande valeur socio-économique mais aussi un aliment de haute valeur nutritionnelle vu sa richesse exceptionnelle en éléments nutritifs essentiels (protéines, lipides, vitamines liposolubles, éléments minéraux...). De plus, il est particulièrement apprécié pour sa haute teneur en acides gras poly insaturés (ACKMAN, 1989) dont les effets bénéfiques sur la santé humaine ne sont plus à démontrer (KINSELLA, 1987 ; ACKMAN et RATNAYAKE,1990).

## Deuxième partie :

### I-3 Présentation des sites d'étude :

#### I-3-1 Historique de deux barrages étudiés :

✚ **Le Barrage de Hamiz** : La construction du barrage de Hamiz fut envisagée dès 1852 (Fig. 2). Le choix de l'emplacement était pratiquement commandé par la topologie.

Le barrage fut construit de 1869 à 1879. Depuis il a connu beaucoup de péripéties(ANBT, 2019).

**1923** : Construction d'un mur de pied et d'un massif en enrochement au pied de la vidange, par suite des défections du terrain.

**1933-1935** : Adjonction à l'amont de l'ouvrage d'un massif du béton pour consolider l'ancien barrage, de profil bien insuffisant, et de le surélever de 7 m pour augmenter le volume de la retenue.

**1936-1938** : Campagne de sondages d'injection et établissement d'un voile d'étanchéité.

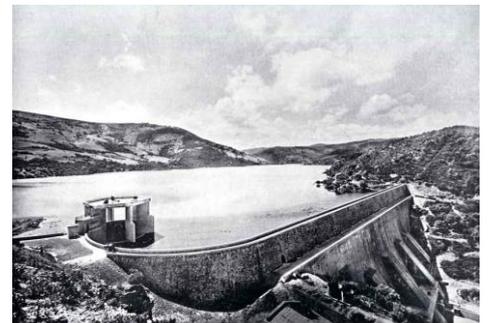
**1936** : Projet de construction du l'usine hydro-électrique au pied du barrage.

**1941-1948** : Construction d'une usine hydro-électrique.

**1948** : Mise en service de l'usine hydro-électrique.

**1959** : Remplacement de la vanne papillon de la vidange du fond des vannes secteurs.

**2004– 2005** : Confortement du corps du barrage : entreprise hydrotechnique.



**Fig. 2 : Le barrage de Hamiz entre 1830-1962**

**✚ Barrage de Beni Amrane :**

**1984/1988 :** Construction.

**1988 :** Mise en eau.

**2003 :** Surélévation. Compte tenu du fort envasement de la retenue, le barrage a fait l'objet d'une surélévation par hausse "Hydro plus". Cette hausse a porté la cote de retenue normale de 63.5 m NGA à 67 m NGA et a permis une augmentation de la capacité de la retenue de  $7.1 \times 10^6 \text{ m}^3$  (Fig. 3) (ANBT, 2018).

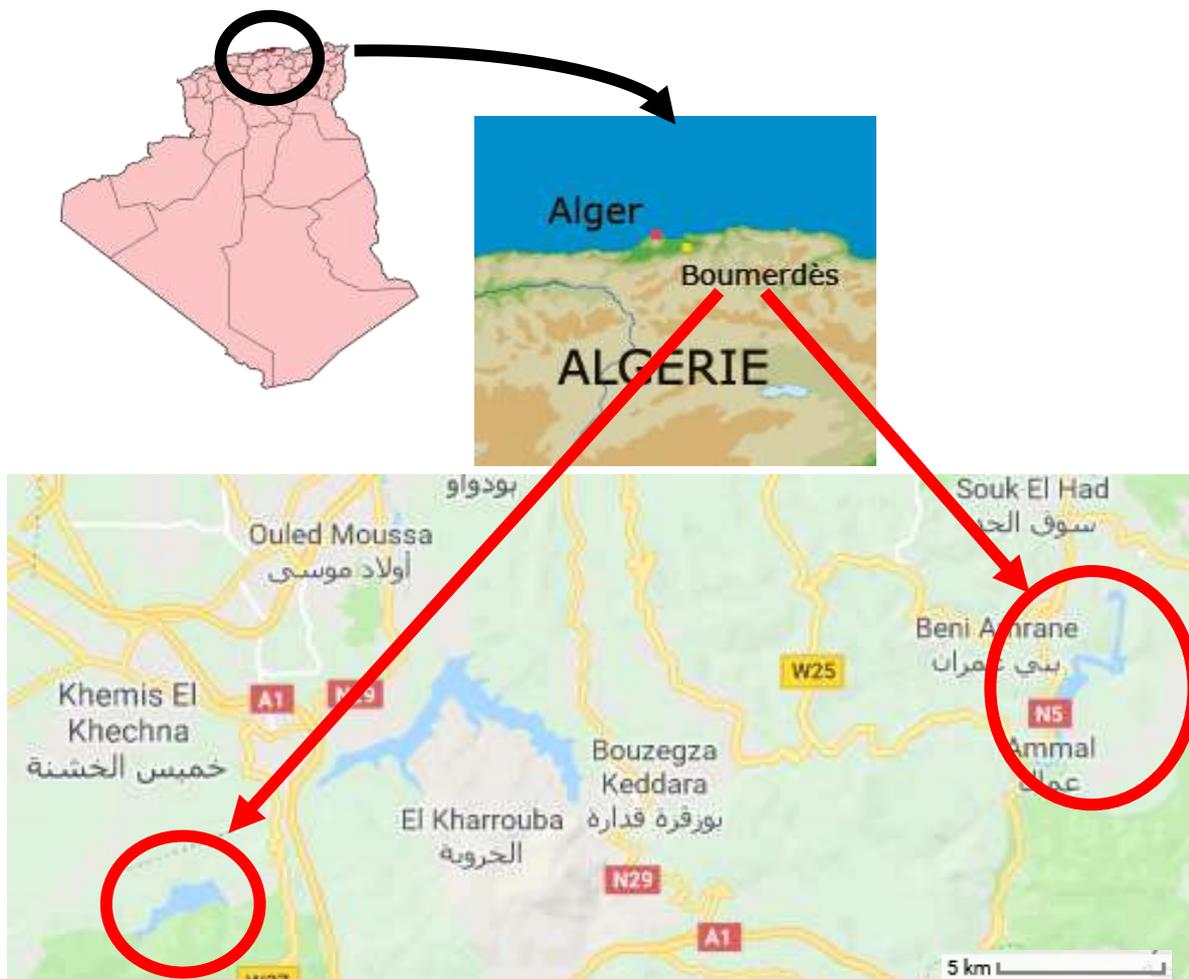


**Fig.3 : Le barrage de Beni Amrane en 2002**

### I-3-2 Situation géographique :

**Le barrage de Hamiz** : est situé dans la commune de Larbâtache (wilaya de Boumerdès) à 6 Km de Khemis-El-Khechna, 20 Km de la mer et 35 Km d'Alger (Fig. 4). Construit dans la région du bassin versant de l'Oued Lekhal, vallée de l'Oued Réghaïa, qui couvre une superficie totale de 139 Km<sup>2</sup>. Ce barrage est destiné à créer un réservoir permettant la régularisation des crues d'Oued Hamiz et l'irrigation de la Mitidja orientale (ANBT, 2019).

**Le barrage de Beni Amrane** : est une retenue d'eau qui se situe à l'Est de la ville de Beni Amrane rattachée à la wilaya de Boumerdès est situé sur l'Oued Isser (Fig. 4). Le bassin versant à une superficie de 3710 Km<sup>2</sup> pour un apport moyen annuel de l'ordre de 400 Hm<sup>3</sup>. L'aménagement fait partie de l'Isser - Keddara – Boudouaou - Alger. Le barrage à une capacité de 11,85 millions de m<sup>3</sup> à sa cote de retenue normale (ANBT, 2019).



**Fig. 4** : Situation géographique des deux sites d'études : les barrages de Hamiz et barrage de Beni Amrane (Photos de Google Earth modifiée)

### I-3-3 Géologie des sites :

**Pour le barrage de Hamiz** selon le classement hydrogéologique des terrains, le terrain du bassin du Hamiz est fondé sur trois types de rochers différents : calcaires, grès et schistes. Il est ancré dans les calcaires jaunâtres et gréseux du Lutétien inférieur qui constituent une lame étroite contre le parement aval.

A l'amont, les grès et poudingues rouges permotriastiques sont très fracturés. Les argiles rouges sont développées surtout dans les zones de contact. A l'aval, les schistes anciens, bien que très plissés, gardent une schistosité proche de la verticale. Ils renferment des bancs de quartzites feuilletés. La surélévation a été ancrée dans les schistes en rive gauche et dans les calcaires en rive droite (ANBT, 2019).

**Par ailleurs, le barrage de Beni Amrane**, la fondation de la digue est constituée d'une paroi moulée ancrée dans l'assise rocheuse et remontant vers le haut jusque dans la base du noyau en argile (côte de la crête de la paroi moulée : 43.0 m NGA).

- Le lit de l'Oued est composé essentiellement d'alluvions reposant sur du gneiss finement feuilleté.
- La rive gauche est composée de schistes.
- Les alluvions du lit de l'oued ont été traitées par injection et une paroi moulée servant de para fouille a été réalisée sur une profondeur pouvant atteindre 26 m.
- L'évacuateur de crue est fondé sur le rocher en rive droite. Néanmoins du fait de ses caractéristiques médiocres (présence d'une faille), un voile d'injection a été réalisé depuis la galerie inférieure (ANBT, 2019).

### I-3-4 Hydrologie des sites :

**Pour le barrage de Hamiz** : La mise en service du barrage a permis de connaître le régime des apports mensuels et annuels. Les observations ont débuté en 1911.

Le régime de l'oued est intermittent. En été, l'oued est sec mais en hiver, les crues sont violentes et rapides. La régularisation annuelle et interannuelle d'un tel régime de débit exige un réservoir d'une capacité importante. Ce n'est pas le cas de la retenue du Hamiz dont la capacité déjà faible, diminue chaque année du fait de l'envasement (ANBT, 2019).

Le lac de barrage de Hamiz est alimenté principalement par Oued El Had, Oued Hamiz et Oued Djemââ (Fig. 5).



Fig. 5 : Le bassin versant du barrage de Hamiz (I.N.C, 2017)

**Par ailleurs, pour le barrage de Beni Amrane :** Le bassin de Béni Amrane est caractérisé par un réseau hydrographique très dense. Il est traversé par l'Oued Isser et ses effluents à l'Est et à l'Ouest de celui-ci. L'Oued Isser est formé par la réunion de l'Oued El Hammam issu de calcaires marneux de crétacé 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 affluents de l'Oued Isser dans notre bassin se limitent à l'Oued Djemaa, le reste des affluents ne sont que de petites rivières pérennes ou saisonnières.

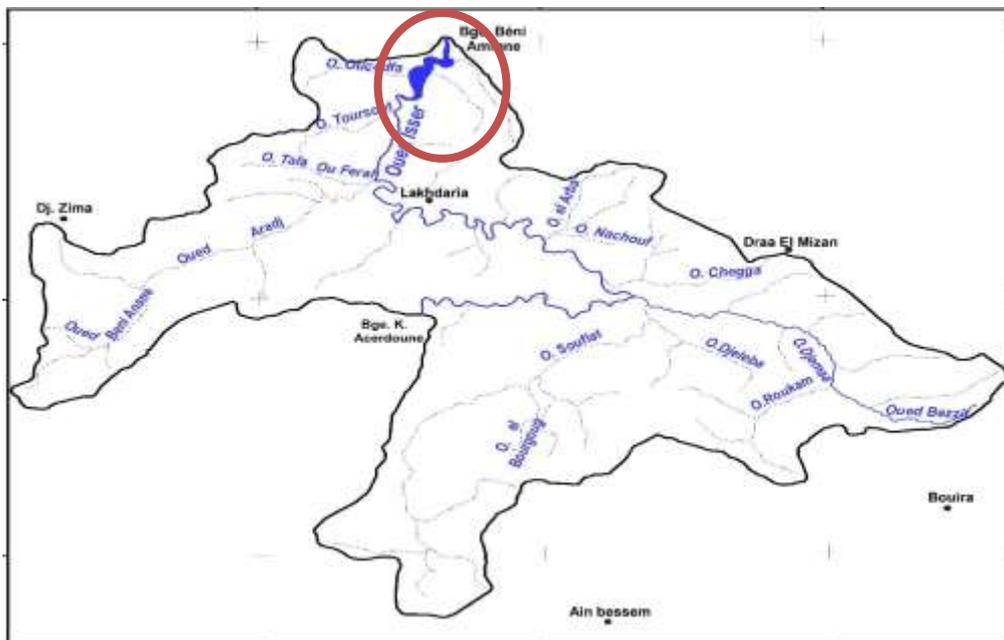


Fig. 6 : Le bassin versant du barrage de Beni Amrane (Khenter, 2017)

Parmi les cours d'eau pérennes et saisonnières qui drainent le bassin (Fig. 6) :

**A l'Est :** Oued Béni Anane, Oued Aradj et Oued Tala ou Ferah. Ces derniers se regroupent et formant un seul cours d'eau à 1 km environ du lit majeur de l'Isser, Oued Oucedfa et Oued Toursout à l'aval du bassin.

**Au centre :** Oued Isser : il se prolonge du barrage de Koudiat Acerdoune jusqu'au barrage de Béni Amrane.

**A l'Ouest :** Oued Bezzit, Oued Roukam, Oued Djeleba et Oued Souflat : ils font partis des effluents saisonnières d'Oued Djemaa qui se prolonge de son part sur une longueur de 25 km ; Oued el Arba et Oued Nachouf qui se regroupent et formant un seul cours d'eau à 2 km environ du lit majeur de l'Isser (KHENTER, 2017).

### I-3-5 Données morphométriques :

Les données morphométriques des deux sites étudiés sont résumées dans les tableaux ci-dessous (Tab. 2 et 3).

**Tableau 2 :** Données morphométriques du barrage de Hamiz (ANBT, 2019)

Construction	1879, surélévation : 1935
Mise en eau	1879. 1935 pour la surélévation
Réalisation de la galerie de transfert Hamiz/Keddarra	1986
Capacité	21 Hm <sup>3</sup>
Capacité de dernier levé (2004)	15.527 m <sup>3</sup>
Apport moyen annuelle	55 Hm <sup>3</sup>
Surface de bassin versant	139 m <sup>2</sup>
Hauteur	53 m
Langueur	161.7 m
Cote retenue normale	174.10 m
Cote plus haut eaux	175 m
Déversoir à puits circulaire	930 m <sup>3</sup> /s
Vidange de fond	35 m <sup>3</sup> /s
Apport solide moyen annuel	0.05 Hm <sup>3</sup> /an
Volume de béton surélévation	54.54 m <sup>3</sup>

**Tableau 3** : Données morphométriques du barrage Beni Amrane (ANBT, 2019)

Construction	1984/1988
Mise en eau	1988
Capacité initial	15.6 Hm <sup>3</sup>
Capacité dernier levé (2004)	11.85 m <sup>3</sup>
Apport moyen annuel	414 Hm <sup>3</sup>
Envasement annuel	4.1 Hm <sup>3</sup> /an
Surface du bassin versant	3710 Km <sup>2</sup>
Hauteur	39.5 m
Langueur	460m (avec évacuateur)
Cote retenue normale	67 m
Cote Plus Haut Eaux	76.10 m
Déversoir à seuil libre	20000 m <sup>3</sup> /s
Vidange de fond	3100 m <sup>3</sup> /s
Injections	11588 ml
Remblais	803265 m <sup>3</sup>
Excavations	2144431 m <sup>3</sup>

### I-3-6 Climatologie :

La climatologie est l'étude des changements énergétiques et hydrique entre la surface de la terre et l'atmosphère (climatologie physique), combinée avec la fréquence et la succession d'événement météorologie (climatologie statistique, et climatologie dynamique), dont l'action influence directement ou indirectement l'existence des êtres qui y sont soumis (**Hufty, 2005**).

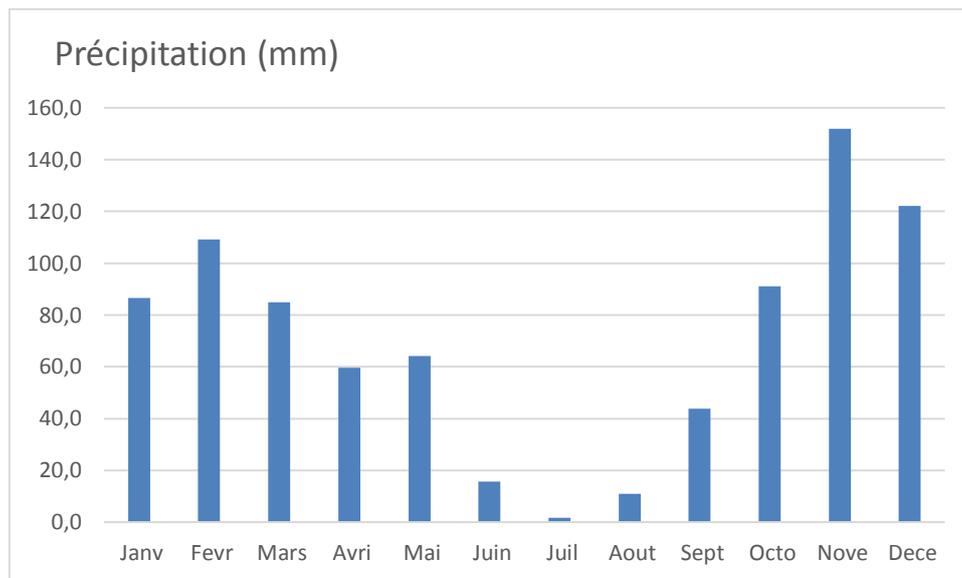
Le climat peut être défini comme la combinaison des états de l'atmosphère (précipitation, température, vent...) en un lieu donné et sur une période définie (mois, année, décennie...) (**Azizou et Madani, 2014**).

#### I-3-6-1 Précipitations :

Les précipitations sont l'un des facteurs climatiques qui conditionnent le maintien et la répartition du tapis végétal, l'alimentation des nappes, des lacs et les cours d'eau

Les moyennes mensuelles des précipitations enregistrées sur la période 2006 à 2015 pour la région de Boumerdes sont représentées sur la figure 7.

L'analyse des moyennes mensuelles de précipitation pour la région de Boumerdès montre un maximum de 151,9 mm en novembre et un minimum de 1,8 mm en juillet.



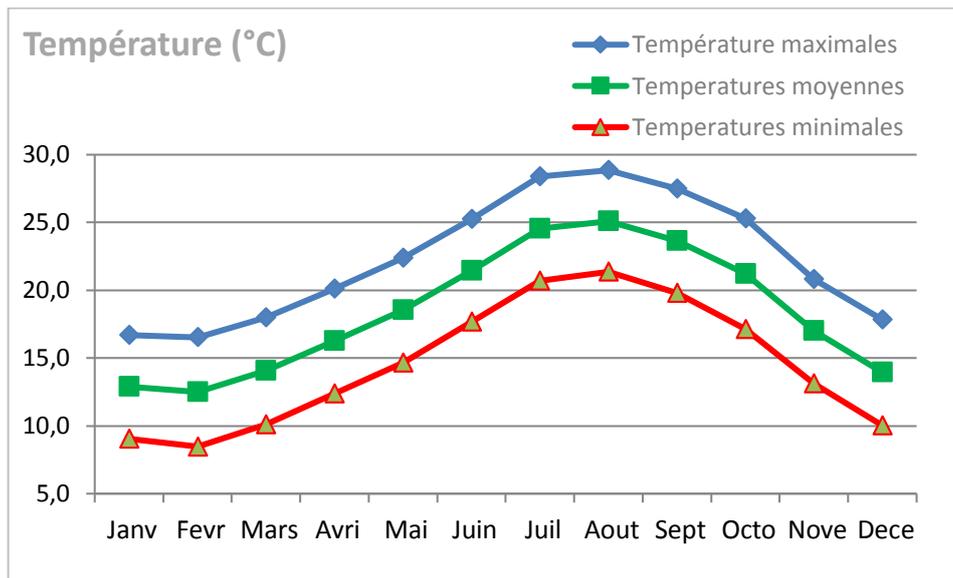
**Fig. 7 :** Variation moyenne mensuelle des précipitations de la région de Boumerdes pour la période 2006-2015 (O.N.M, 2019)

### I-3-6-2 Température :

La température est le facteur climatique le plus important, c'est celui dont il faut examiner en tout premier lieu l'action écologiques sur les êtres vivants, elle va être naturellement un facteur écologique capital agissant sur la répartition géographique des espèces (**Dreux, 1974**). Selon **Ramade (2003)**, la température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'être vivants dans la biosphère.

Les moyennes mensuelles de température enregistrées sur la période 2006 à 2015 pour la station de Boumerdes sont représentées sur la figure 8.

L'analyse des moyennes mensuelles de la température pour la région de Boumerdes montre un maximum de 25,1°C en aout et un minimum de 12,5 °C en février.

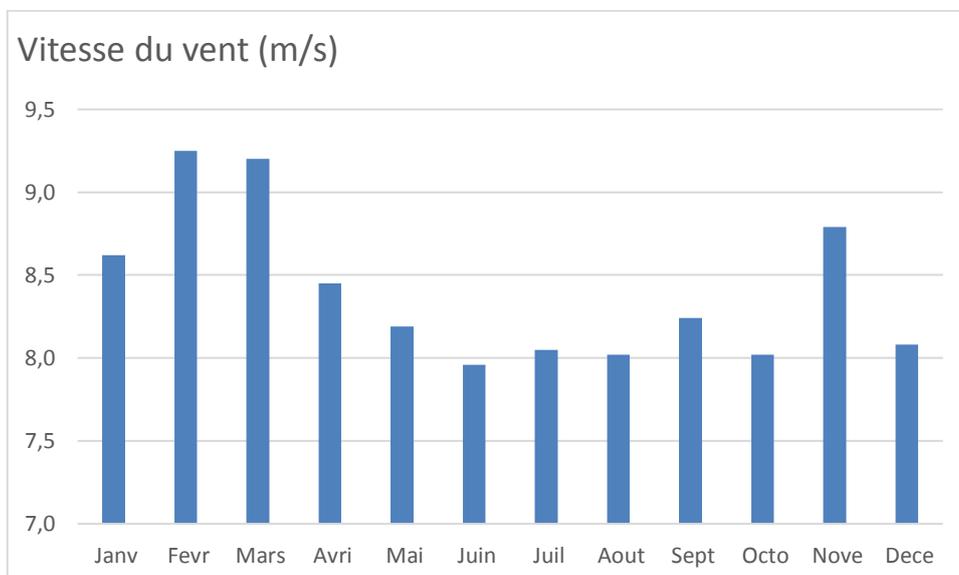


**Fig. 8 :** Variation moyenne mensuelle de la température de la région de Boumerdes pour la période 2006-2015 (O.N.M, 2019)

**I-3-6-3 Le vent :**

Le vent présente une action directe sur le couvert végétal comme il peut influencer sur le climat par sa charge en humidité, c’est un élément climatique défini par la vitesse et la direction (Lacoste et al., 2001).

Les moyennes mensuelles des vitesses du vent enregistrées sur la période allant de 2006 au 2015 pour la station de Boumerdes, montre un maximum de 9,2 m/s en Février et un minimum de 8 m/s en Juin (Fig. 9).

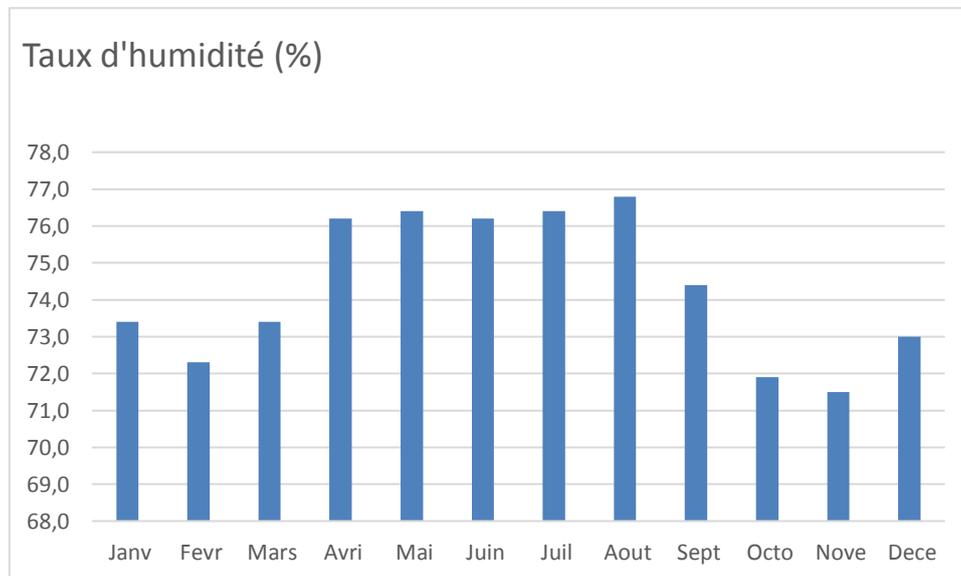


**Fig. 9 :** Variation moyenne mensuelle de la vitesse du vent de la région de Boumerdes pour la période 2006-2015 (O.N.M, 2019)

### I-3-6-4 L'humidité :

L'humidité moyenne annuelle résulte principalement de l'effet des eaux superficielles et de l'effet des surfaces vertes.

L'analyse des moyennes mensuelles du taux d'humidité pour la région de Boumerdes montre un maximum de 76,8 % en aout et un minimum de 71,5 % en Novembre (Fig. 10).



**Fig. 10 :** Variation moyenne mensuelle du taux d'humidité de la région de Boumerdes pour la période 2006-2015 (O.N.M, 2019)

### I-3-6-5 Synthèse des données climatiques :

Généralement les facteurs climatiques n'agissent pas indépendamment l'un de l'autre mais parfois de façon relationnelle. Cependant l'étage bioclimatique d'une région ainsi que sa période de sécheresse ne peuvent être déterminés qu'à partir de la synthèse des paramètres climatiques tels que la température et la pluviométrie.

#### I-3-6-5-1 Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953) :

Le diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson est une représentation qui consiste à déterminer les périodes sèches et les périodes humides d'une région donnée.

Un mois est sec lorsque le total des précipitations **P (mm)** est égal ou inférieur au double de la température **T (°C)**, une période sèche est une suite de mois secs, elle peut s'exprimer par ( $P < 2T$ ).

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

Avec : P : précipitation moyenne annuelle (mm).

T : température moyenne (C°)

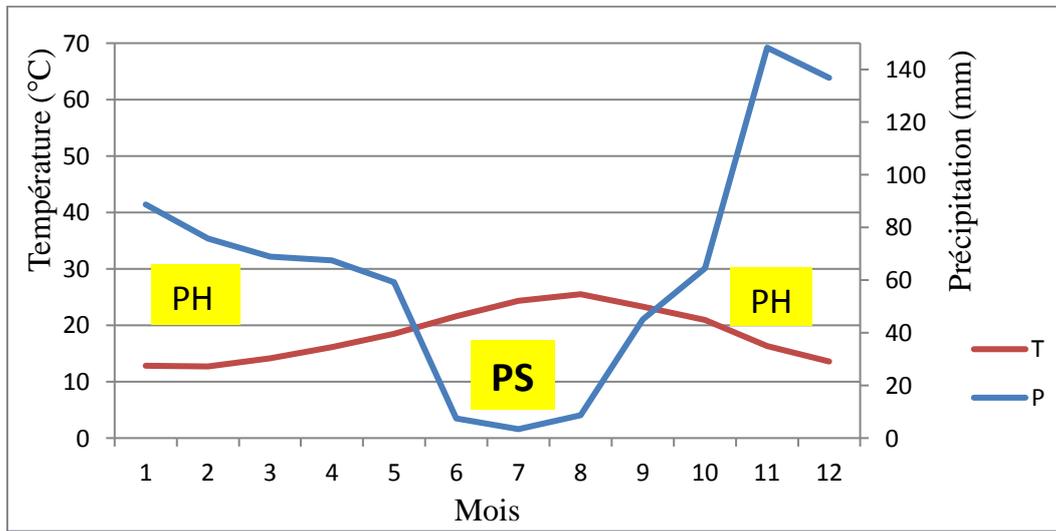
M : moyenne des maxima du mois le plus chaud en C°.

m : moyenne des minima du mois le plus frais en C°.

Pour visualiser ces données on porte sur un même graphe les températures et les précipitations en ordonnée et les mois en abscisse. (**Fig. 11**).

La période sèche correspond à toute la partie pour laquelle la courbe thermique se trouve au-dessus de la courbe pluviométrique, les deux zones extrêmes du graphe sont les périodes humides (**Péguy, 1970**).

D'après la figure 11 et dans notre région d'étude, la période sèche, s'étale de mi du mois de mai jusqu'au mois d'octobre et la période humide s'étale le reste de l'année.



**Fig. 11** : Diagramme Ombrothermique de la région de Boumerdes

### I-3-6-5-1 Quotient pluviométrique d'Emberger:

Le climagramme d'Emberger permet la classification des différentes régions étudiées dans un étage bioclimatique distinct, il a été établi pour les régions méditerranéennes (**DAJOZ, 2000**).

Le quotient pluviométrique d'EMBERGER ( $Q_2$ ) tient compte de variation annuelle de la température en fonction de l'évaporation.

$$Q_2 = 2000 \frac{P}{(M+m)(M-m)}$$

$Q_2$  : quotient pluviométrique d'Emberger.

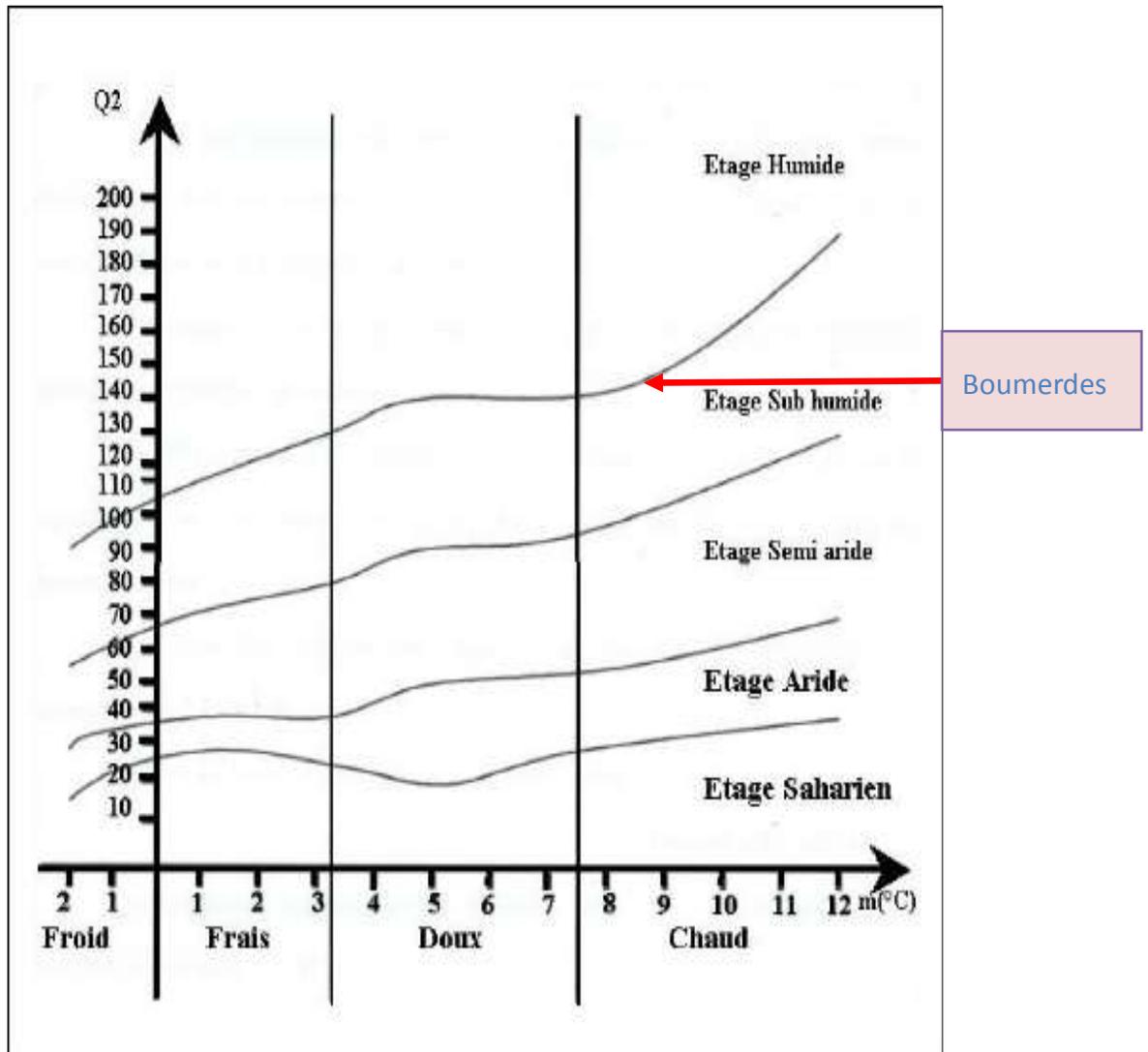
M : moyenne des maximums du mois le plus chaud en degré Kelvin.

m : Moyenne des minimum du mois le plus froid en degré Kelvin .

P : pluviométrie annuelle en millimètre.

Le  $Q_2$  pour la période de 2006-2015 dans la région de Boumerdes est de : **141.46**.

Avec  $m = 8,5 \text{ }^\circ\text{C}$  et  $Q_2 = 141.46$ , la zone des deux barrages étudiés appartient donc à l'étage sub-humide à hiver chaud (**Fig. 12**).



**Fig. 12** : Localisation de la région de Boumerdes sur le climagramme d'Emberger durant la période allant de 2006 au 2015

**● Chapitre II :**  
**Matériel et méthodes**

## II. MATERIEL ET METHODES

L'étude du milieu aquatique est un vaste sujet qui comporte des recherches sur les composants physiques, chimiques et biologiques et sur la manière selon laquelle elles varient à la fois dans l'espace et dans le temps. Pour cela, il faut un équipement adéquat pour prélever les échantillons d'eau, du plancton et du poisson et les analyser. Notre étude est basée sur ces derniers composants : le phytoplancton et ichtyofaune existants dans les deux barrages de Hamiz et Beni Amrane.

### II-1 Fréquences de prélèvements :

Les campagnes de prélèvements ont été réalisées durant les deux premières saisons de l'année 2019 (**Tab. 4**). Pour le barrage de Beni Amrane, nous avons utilisés les données de l'ANRH du mois de février 2019.

**Tableau 4** : Calendrier de prélèvements

N° de prélèvement	Barrage de Hamiz	Barrage de Baní Amrane
01	20 / 02 / 2019	Données ANRH
02	25 / 04 / 2019	22 / 04 / 2019

### II-2 Présentation des points des prélèvements :

Les grands plans d'eau comme les lacs représentent un défi lorsqu'il s'agit de choisir les points d'échantillonnage, un échantillon doit toujours être prélevé du plan d'eau. Le choix des points d'échantillonnage est toutefois plus difficile lorsque l'objectif du programme d'échantillonnage est de déterminer la qualité de l'eau du lac et ce, en raison de la variabilité spatiale.

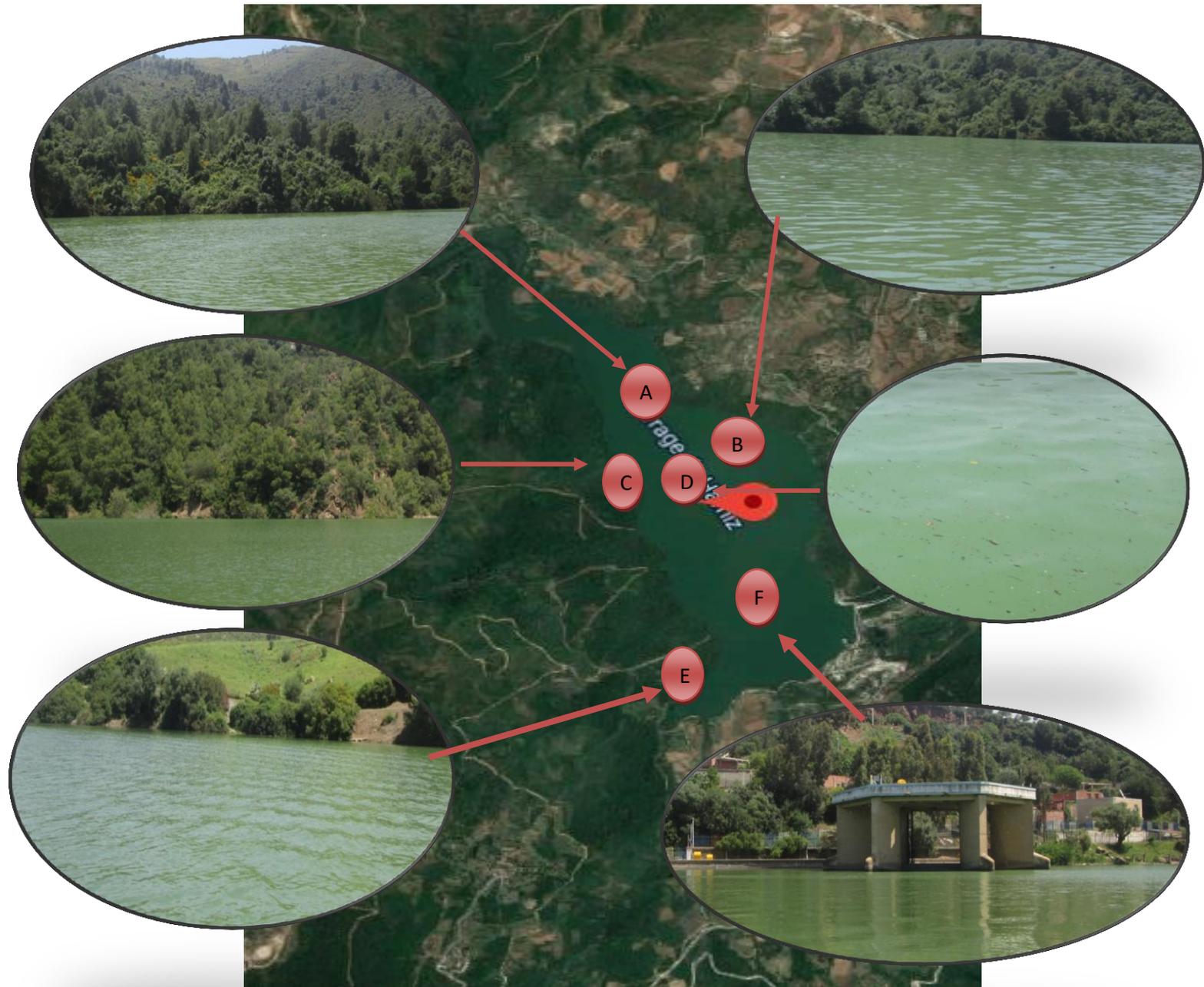
Lorsqu'on recueille des échantillons d'eau dans le milieu ambiant en vue d'en analyser la qualité, il est crucial de les prélever de manière uniforme et correcte, avec l'équipement approprié, pour que les résultats analytiques ou les mesures de terrain reflètent les conditions du milieu au moment de l'échantillonnage. Chaque fois qu'on prélève des échantillons, il existe un risque de provoquer des erreurs d'échantillonnage. Les erreurs peuvent être minuscules, mais, si elles s'accumulent pour un prélèvement donné, elles se solderont par des échantillons de mauvaise qualité, de l'argent gaspillé pour analyser ceux-ci, des résultats erronés et par conséquent de mauvaises conclusions.

Il est nécessaire d'avoir des points d'échantillonnage fixes dans le lac, car ils permettent d'évaluer l'évolution des paramètres de qualité des eaux avec le temps et, ils constituent des bases de comparaison pour d'autres parties du barrage (**El-Haouati, 2015**).

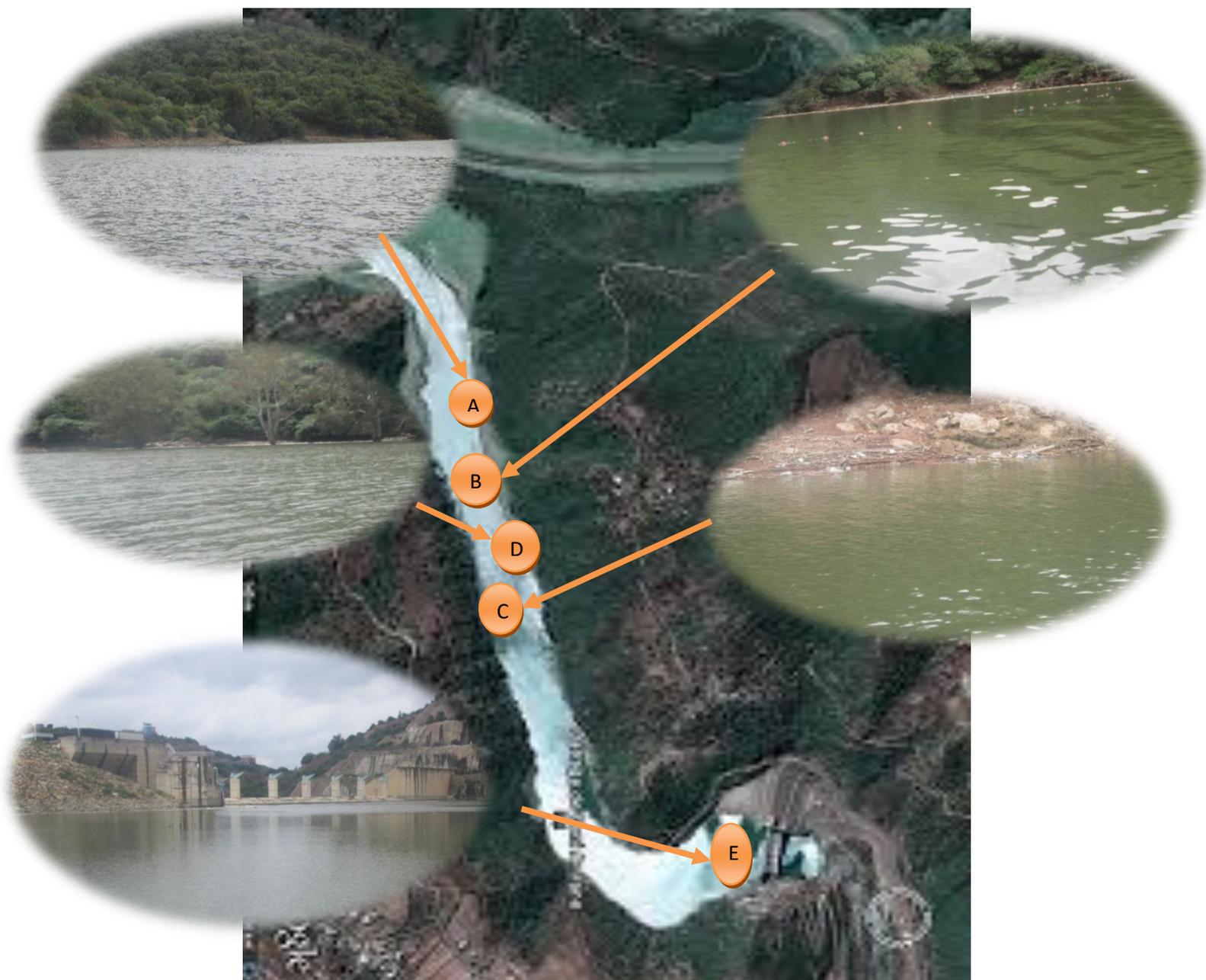
Sachant que les sites d'échantillonnages doivent être à une distance au moins de 10 mètres loin de la berge pour s'affranchir des contaminations par les algues périphytiques et par les efflorescences accumulées sur les berges par les vents. Le tableau 5 résume les caractéristiques de chaque point choisi, et les figures 13 et 14 présentes les points d'échantillonnage dans les deux barrages étudiés.

**Tableau 5 :** Présentation des stations d'échantillonnage dans les deux systèmes lacustres étudiés

	<b>Stations</b>	<b>Caractéristiques</b>
<b>Barrage de Hamiz</b>	A	C'est l'amont du barrage Hamiz ou déverse oued El Hamiz
	B	Situé sur la rive droite caractérisée par une végétation importante
	C	Situé sur la rive gauche Caractérisé 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 ou moins isolée Présence d'un bras mort
	F	Localisé à proximité de la digue un site très fréquenté par les oiseaux d'eau Présence du pompage d'eau
<b>Barrage de Beni Amrane</b>	A	Station dénudée, se trouve en amont du plan d'eau
	B	Située sur la rive gauche du 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 la digue Présence du pompage d'eau



**Fig. 13** : Répartition des stations échantillonnées dans le barrage de Hamiz  
(Wilaya de Boumerdes)



**Fig. 14** : Répartition des stations échantillonnées sur le barrage de Beni Amrane  
(Wilaya de Boumerdes)

## II-3 Choix du principe de prélèvement

L'échantillonnage peut être réalisé par certains nombre de principe : le prélèvement d'eau point par point, afin d'analyser les différents paramètres physico-chimiques de l'eau ainsi la détermination des différentes communautés phytoplanctoniques et ichtyologiques existantes.

### II-3-1 Prélèvement de l'eau

Les échantillons de l'eau et du phytoplancton sont prélevés lors de chaque campagne en surface, dans les différentes stations qui représentent chaque barrage. Différents paramètres physiques ont été réalisés sur site : la température (de l'air et de l'eau), le pH, la conductivité électrique, la salinité et l'oxygène dissous. Tous ces paramètres sont mesurés in situ à l'aide d'un analyseur multi-paramètre de type WTW 340 I.

Par ailleurs la transparence du disque de Secchi (Annexe II ,Fig.2) mesure de la pénétration de la lumière dans un lac, laquelle est réduite par : turbidité, couleur, algues (CCME, 2011)

Au laboratoire, les mêmes échantillons de l'eau ont fait l'objet de différentes analyses afin de mesurer la concentration des sels nutritifs : Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ), Phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) et l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ). Les méthodes d'analyse sont indiquées dans l'annexe I ,Tableaux 1-4.

### II-3-2 Conservation et analyse des échantillons d'eau

Les échantillons prélevés, sont placés dans des bouteilles propres et conservées à une température basse de 4 °C dans des glacières. Les analyses se font au laboratoire d'écosystème aquatique du CNRDPA, selon Rodier *et al.*, 2005 pour le dosage des sels nutritifs.

## II.4- Etude du phytoplancton

### II.4.1- Echantillonnage du phytoplancton

Le phytoplancton étudié a été récolté en surface à l'aide d'un filet phytoplanctonique à vide de maille de 20  $\mu\text{m}$ .

### II.4.2- Conservations des échantillons

L'échantillon de phytoplancton est fixé à l'aide d'une solution de lugol afin d'obtenir une concentration finale de 1% dans l'échantillon. Cette concentration finale peut s'apprécier à la couleur brune claire que doit avoir l'échantillon. Une décoloration peut se produire avec le temps et à la lumière dans ce dernier cas nous avons rajouté quelques gouttes de lugol pour maintenir la fixation de l'échantillon.

### II.4.3- Préparation de l'échantillon

L'échantillon et le matériel employé (chambre de sédimentation) sont mis à la même température ambiante afin de permettre une sédimentation aléatoire du phytoplancton dans la chambre de sédimentation. L'échantillon est alors agité une dizaine de fois doucement afin d'homogénéiser son contenu puis versé dans la chambre de sédimentation. Une chambre de 10 ml est employée, la chambre ainsi remplie, est laissée à l'obscurité, dans un lieu sans vibration afin de permettre une sédimentation correcte de l'échantillon.

Le temps de sédimentation est de 4 heures par cm de hauteur de la colonne de sédimentation pour un échantillon d'eau douce fixé au Lugol. Un échantillon de 10 ml devra sédimenter 4 heures (Cemagref, 2007).

### II.4.4- Identification et comptage des paramètres biologiques :

L'analyse du phytoplancton se fait conformément aux recommandations de la norme guide pour le dénombrement du phytoplancton par microscope inversé (dits inversés par ce que les objectifs pointent vers le haut); norme NF en 15204 de Décembre 2006, correspondant à la méthode d'Utermohl (UTERMOHL, 1958).

Après la sédimentation, les examens quantitatifs et qualitatifs sont faits au microscope inversé avec un grossissement X 40.

- **L'étude qualitative :** le matériel algal est observé au microscope inversé. Les taxons sont identifiés d'après les travaux de **BOURRELLY** (1972, 1981 et 1985) ; **AVANCINI et al.** (2006), **BELLINGER** et **SIGEE** (2011) in **EL HAOUATI**, 2015.
- **L'étude quantitative :** le comptage est réalisé suivant la méthode d'UTERMOHL (1958) au microscope inversé. Les résultats sont exprimés en nombre d'algues et de cellules par litre d'eau brute.

### II.4.5- Organisation et structure du peuplement

#### II.4.5.1- La richesse spécifique :

Elle représente l'un des paramètres fondamentaux caractéristiques d'un peuplement et représente la mesure la plus fréquemment utilisée de sa biodiversité. (Ramade, 2006).

La richesse spécifique est une mesure insuffisamment précise de la composition quantitative d'un peuplement (Barbault, 1981).

La richesse spécifique « S » = nombre totale d'espèce que comporte le peuplement considéré dans un écosystème donné.

#### II.4.5.2- La densité des espèces :

C'est un paramètre quantitatif important pour décrire la structure d'un peuplement donné. La densité des espèces phytoplanctoniques a été calculée selon la méthode de comptage d'Utermohl (El-Haouati, 2009).

$$\text{Densité} = \frac{\text{Nombre d'organismes dénombrés} \times \text{Nombre de champs} \times 100}{\text{Nombre de champs prospectés} \times \text{Volume concentré}}$$

### II.4.5.3- L'abondance ou la fréquence 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,

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

### II.4.5.4- Les indices de diversité :

Ce sont des expressions mathématiques qui renseignent le mieux sur la structure des peuplements. Les mesures de la richesse taxonomique, la diversité et l'équitabilité sont utiles pour la caractérisation d'un peuplement, la comparaison globale des peuplements différents ou de l'état d'un même peuplement étudiés à des moments différents (**Barbault, 1995**). Ces indices ont pour intérêt de rendre compte de l'abondance relative de chaque espèce (**Gaujoux, 1995**) ; ils permettent aussi de comparer entre eux des peuplements et de voir comment ceux-ci évoluent dans l'espace et dans le temps (**Dajoz, 1985**).

#### II.4.5.4.1- L'indice de diversité de Shannon $H'$ :

Parmi tous les indices, la formule de Shannon-Weiner est probablement l'indice le plus utilisé qui exprime le mieux la diversité d'un peuplement. Il coordonne à la fois l'abondance et la richesse spécifique (**Gray et al., 1994**), il a pour expression :

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i \quad \text{avec } P_i = n_i/N$$

$P_i$  : 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 la collection.

Cet indice a pour unité le bits/ind.

$H'$  varie entre 0, dans le cas où le peuplement n'est constitué que d'une seule espèce et  $\log_2 S$  dans le cas où toutes les espèces présentes avec une abondance équivalente (généralement  $H' = 4,5$  ou  $5$  pour les peuplements les plus diversifiés).

#### II.4.5.4.2- L'indice d'équitabilité $E$ :

L'indice d'équitabilité  $R$  (**Pielou, 1966**) permet de mesurer l'équitabilité (terme que certains écologues réfutent, lui préférant celui de régularité) ou encore l'équirépartition des espèces du peuplement par rapport à une répartition théorique égale pour l'ensemble des espèces (**Barbault, 1992**).

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

La valeur de R varie entre 0 (une seule espèce domine) et 1 (toutes les espèces ont la même abondance).

#### II.4.5.5- Diagrammes rang-fréquence :

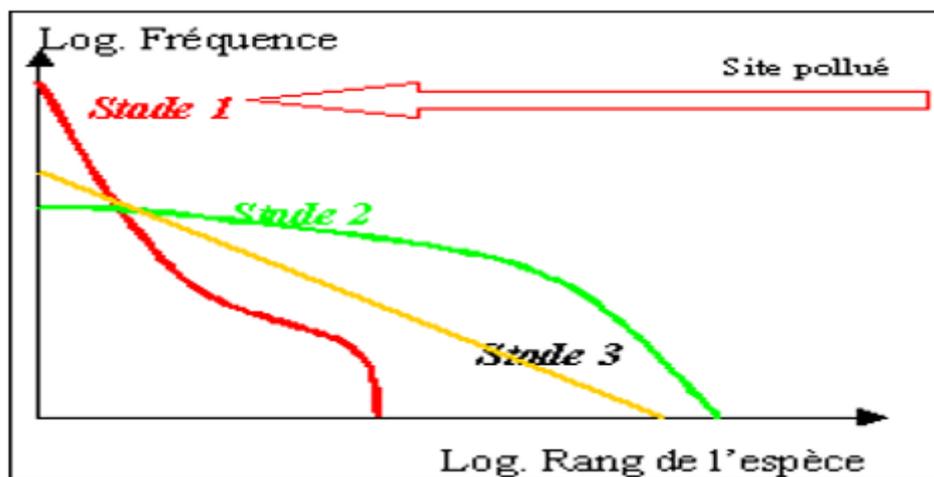
Pour évaluer le degré d'organisation du peuplement phytoplanctonique et la succession de ses stades évolutifs, les auteurs font souvent appel aux représentations graphiques, sortes de diagrammes représentant les fréquences relatives des espèces en fonction du rang de ces espèces rangées par ordre d'abondance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

**Frontier (1969)** reconnaît trois stades principaux dans une succession écologique (Fig. 15) :

**Stade 1** : Le diagramme à une double courbure. La diversité spécifique est faible. Ce stade caractérise un peuplement juvénile. C'est le début de la succession.

**Stade 2** : Il se traduit par une convexité qui va gagner toute la courbe. La diversité est maximale.

**Stade 3** : Le diagramme tend à devenir rectiligne. La diversité est plus faible que dans le stade précédent.



**Fig. 15** : Evolution des diagrammes rangs-fréquences au cours d'une succession (Frontier, 1969)

## II.5- Etude de la faune piscicole :

### II.5.1- Mode de prélèvement :

La pêche a été effectuée à l'aide de trois filets à différents vides de mailles (18mm, 45mm et 50mm) pendant 24 heures. Dès que la pêche est réalisée, nous récupérons tous les individus qui seront conservés dans une glacière. L'étude des poissons se fait au laboratoire.

### II.5.2- Méthode d'étude de la faune piscicole :

Le matériel utilisé pour l'étude du poisson est :

- ✚ Un ichtyo mètre pour mesurer les trois longueurs totale, standard et à la fourche.
- ✚ Une balance de précision pour la pesée du poids total et du poids éviscéré.
- ✚ Des pinces pour le prélèvement des écailles et la loupe binoculaire pour leurs lectures.



# ● **Chapitre III : Résultats et Discussion**

## III.1. Interprétation de la physico-chimie de l'eau

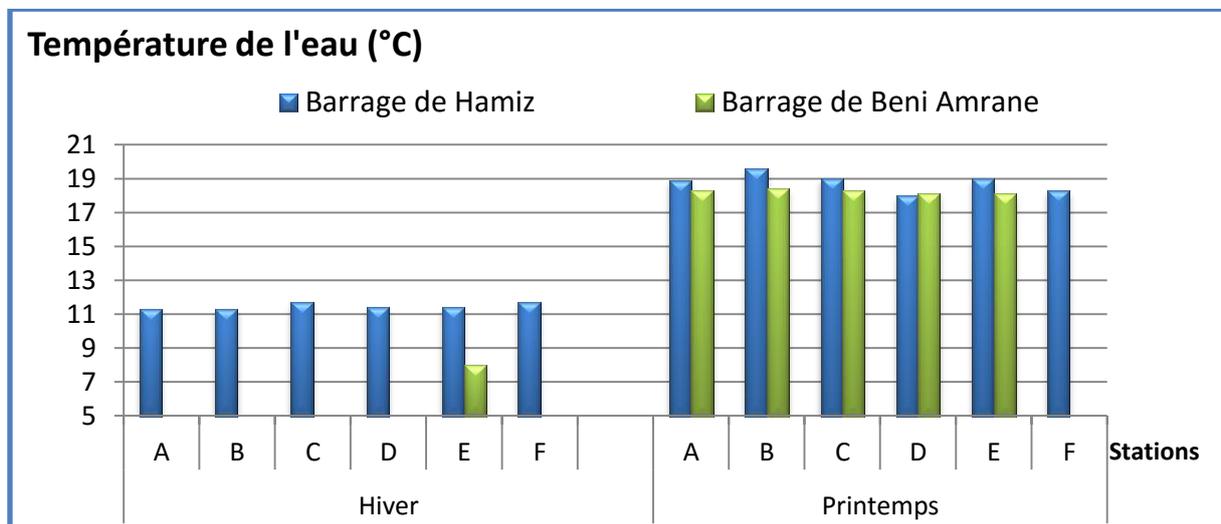
### III.1.1. La température

La température représente l'élément du climat le plus important étant donné que tous les processus métaboliques en dépendent (**Dajoz, 2006**).

Elle conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et de communautés des êtres vivants dans la biosphère (**Ramade, 2003**).

La température maximale de l'eau est enregistrée durant la période printanière dans les deux sites, avec un maximum de 19,6 °C enregistré dans la station B du barrage de Hamiz et une valeur de 18,4 °C observée dans la station B du barrage de Beni Amrane (Fig. 16).

Par ailleurs, les plus faibles températures sont enregistrées en hiver, avec une valeur de 11,3 °C marquée dans les deux stations A et B pour le barrage de Hamiz et une valeur de 8 °C enregistrée dans la station E pour le barrage de Beni Amrane (Fig. 16).



**Fig. 16 :** Variation spatio-temporelle de la température de l'eau dans le barrage de Hamiz et barrage de Beni Amrane

Cette variation est expliquée par l'importante absorption des radiations lumineuses qui constituent le principal facteur de réchauffement des eaux (**Leveque, 1996**).

Durant la période saisonnière de notre étude (hiver –printemps), nous avons remarqué une augmentation progressive de la température de l'eau en relation avec le changement saisonnier.

D'après la figure 17, on distingue que les valeurs maximales de la température de l'air ont été enregistrées pendant la période printanière pour le premier site étudié, avec un maximum de 30 °C notée, pendant la période printanière, dans toutes les stations du barrage de Hamiz et une valeur de 21,7 °C dans le deuxième barrage. Par ailleurs, les températures minimales ont été observées pendant la période hivernale avec une valeur de 19 °C dans toutes les stations pour le barrage de Hamiz et de 6 °C dans la station A pour le barrage de Beni Amrane marquée pendant la période hivernale.

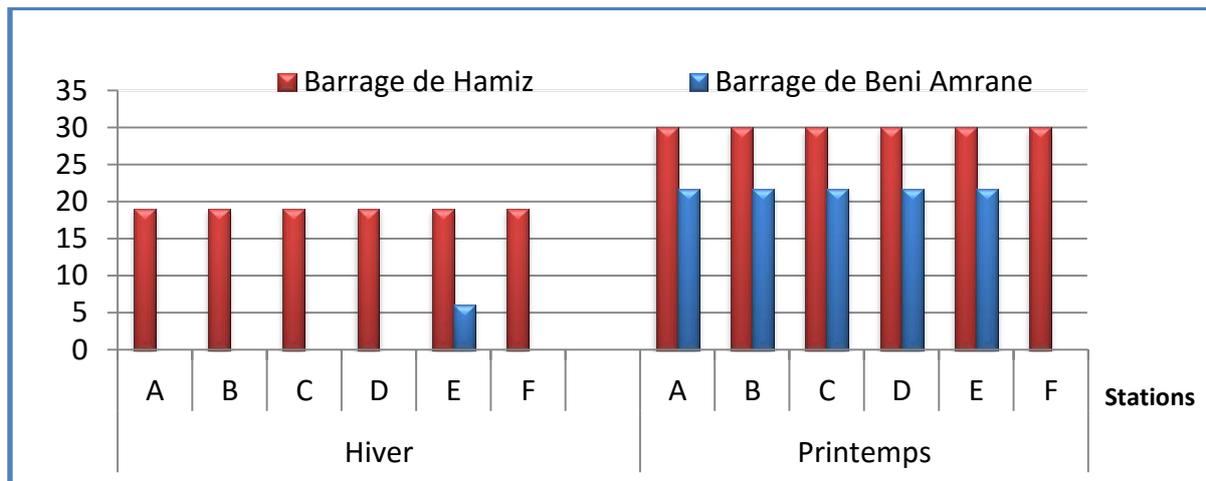


Fig. 17 : Variation spatio-temporelle de la température de l’air dans le barrage de Hamiz et le barrage de Beni Amrane

### III.1.2. Le potentiel Hydrogène (pH) :

Le pH joue un rôle important dans la répartition des organismes aquatiques (Dajoz, 2000). La valeur minimale du pH est enregistrée durant la période hivernale dans les deux sites, avec un minimum de 8,71 enregistré dans la station D du barrage de Hamiz et une valeur de 7,8 observée dans la station E du barrage de Beni Amrane. Par ailleurs, les valeurs maximales sont enregistrées au printemps, avec une valeur de 8,88 marquée dans la station E pour le barrage de Hamiz et une valeur de 8,12 enregistrée dans la station D pour le barrage de Beni Amrane (Fig. 18).

Nous remarquons que pendant chaque prélèvement il y a une stabilité du pH dans les stations de barrage de Hamiz, ce qui correspond à une eau moyennement alcaline, celle-ci peut être due à la réduction du taux du gaz carbonique alors il y a une transformation des bicarbonates en carbonates.

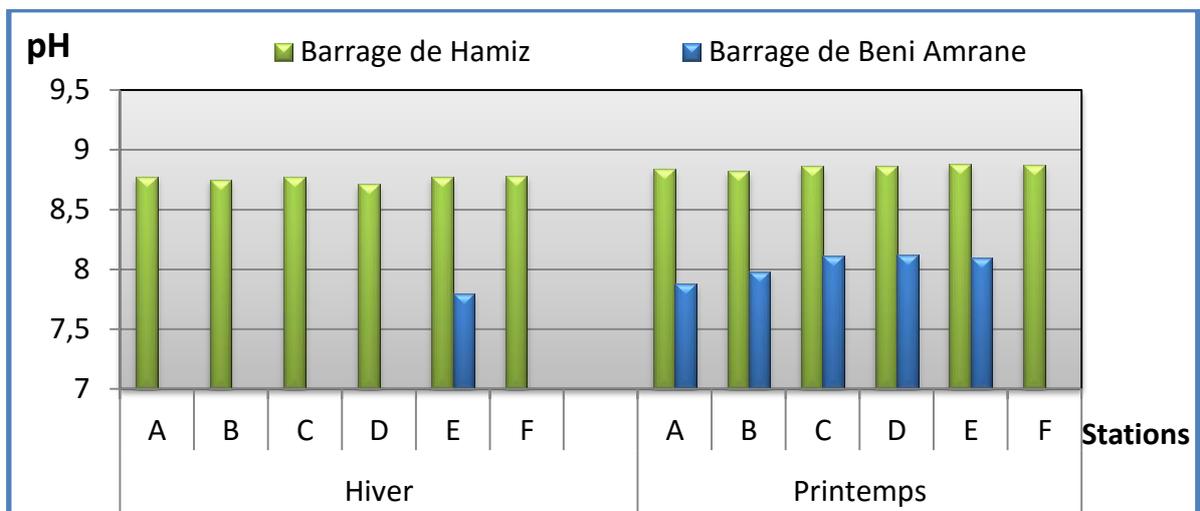


Fig. 18 : Variation spatio-temporelle du pH dans le barrage de Hamiz et le barrage de Beni Amrane

Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons.

### III.1.3. L'oxygène dissous

La teneur en oxygène est une indication importante pour la qualité d'eau, une bonne concentration en oxygène est essentielle pour la vie des plantes et des animaux aquatiques. Généralement 3 à 6 mg/l d'oxygène dissous est la dose létale et la quantité idéale est la valeur la plus élevée possible c'est –à-dire la valeur de saturation.

La production d'oxygène dans l'eau est déterminée par les organismes photosynthétiques, l'activité de ces organismes dépend d'un certain nombre de facteurs comme la température, la lumière et la source de dioxyde de carbone (Gnagnarella et al., 2010).

#### ➤ Pour le barrage de Hamiz

La valeur maximale d'oxygène dissous a été enregistrée dans la station A en hiver avec 10,63 mg/l et la valeur minimale est de 8,79 mg/l dans la station B au printemps (Fig. 19).

#### ➤ Pour le barrage de Beni Amrane

Il est en faible concentration par rapport au barrage de Hamiz avec un minimum de 4,65 mg/l au printemps et un maximum de 7,78 mg/l (Fig. 19).

Globalement, la consommation d'oxygène est due principalement à l'oxydation de matières organiques et inorganiques par les bactéries et à la respiration des organismes supérieurs (Gnagnarella et al., 2010).

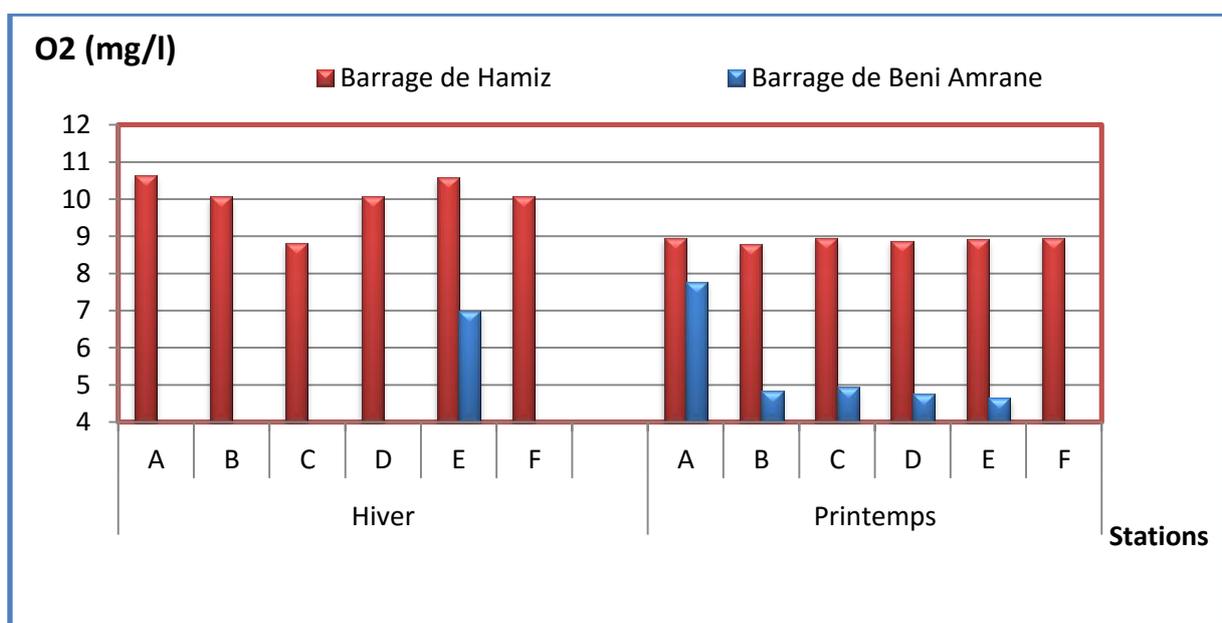
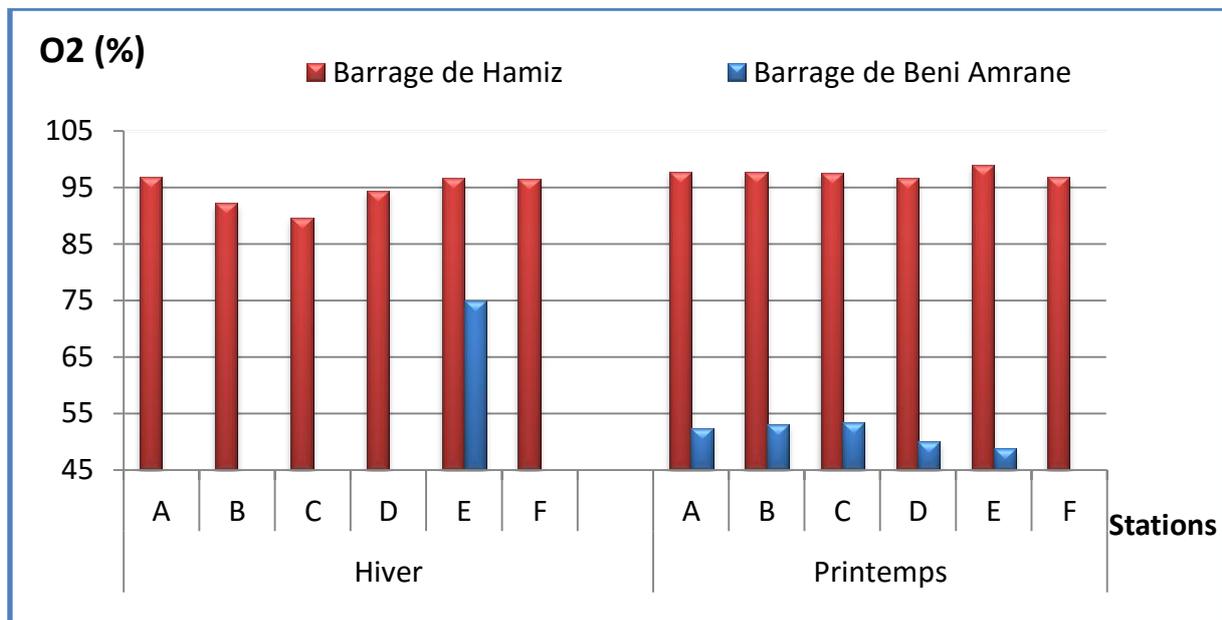


Fig. 19 : Variation spatio-temporelle de l'oxygène dissous dans le barrage de Hamiz et le barrage de Beni Amrane

### III-1.4 Taux de saturation

Dans le barrage de Hamiz, la valeur maximale d'oxygène a été enregistrée dans la station E au printemps avec 98,9 %, et la valeur minimale est de 89,6 % dans la station C en hiver, nous constatons qu'il n'y a pas une grande différence entre les teneurs d'oxygène avec le temps et par rapport les stations (Fig. 20).

Pour le barrage de Beni Amrane, il est en faible concentration par rapport au barrage de Hamiz avec un minimum de 48,8 % au niveau de la station E au printemps et la valeur maximale est de 75% en hiver dans la station E (Fig. 20).



**Fig. 20** : Variation spatio-temporelle du taux de saturation en oxygène dans le barrage de Hamiz et le barrage de Beni Amrane

L'oxygène est relativement peu soluble dans l'eau. Sa solubilité diminue lorsque la température augmente, lorsque la teneur en sel augmente et lorsque la pression atmosphérique diminue. Globalement, plus la concentration en oxygène dissous ( $O_2$ ) est proche de la saturation, plus l'aptitude du lac à absorber la pollution est grande (IBGE, 2005).

Les espèces de poissons sensibles peuvent être perturbées par une teneur en oxygène inférieure à 4 mg/l (IBGE, 2005).

### III.1.5- Conductivité électrique et Salinité

La conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions. Ainsi, plus l'eau contient des ions comme le calcium ( $Ca^{2+}$ ), le magnésium ( $Mg^{2+}$ ), le sodium ( $Na^+$ ), le potassium ( $K^+$ ), le bicarbonate ( $HCO_3^-$ ), le sulfate ( $SO_4^{2-}$ ) et le chlorure ( $Cl^-$ ), plus elle est capable de conduire un courant électrique et plus la conductivité mesurée est élevée (Hade, 2002).

Dans le barrage de Hamiz, la conductivité maximale a été observée durant la période hivernale dans la station D avec 843  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Fig. 21), ceci coïncide avec une salinité de 0,2 PSU (Fig. 21). La valeur minimale de la conductivité a été marquée dans la même période avec 773  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ce qui coïncide avec une salinité de 0,1 PSU (Fig. 22).

En comparaison au barrage de Beni Amrane, la valeur minimale de la conductivité est marquée dans la période hivernale avec 850  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et une valeur maximale dans la période printanière dans la station B avec 1214  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

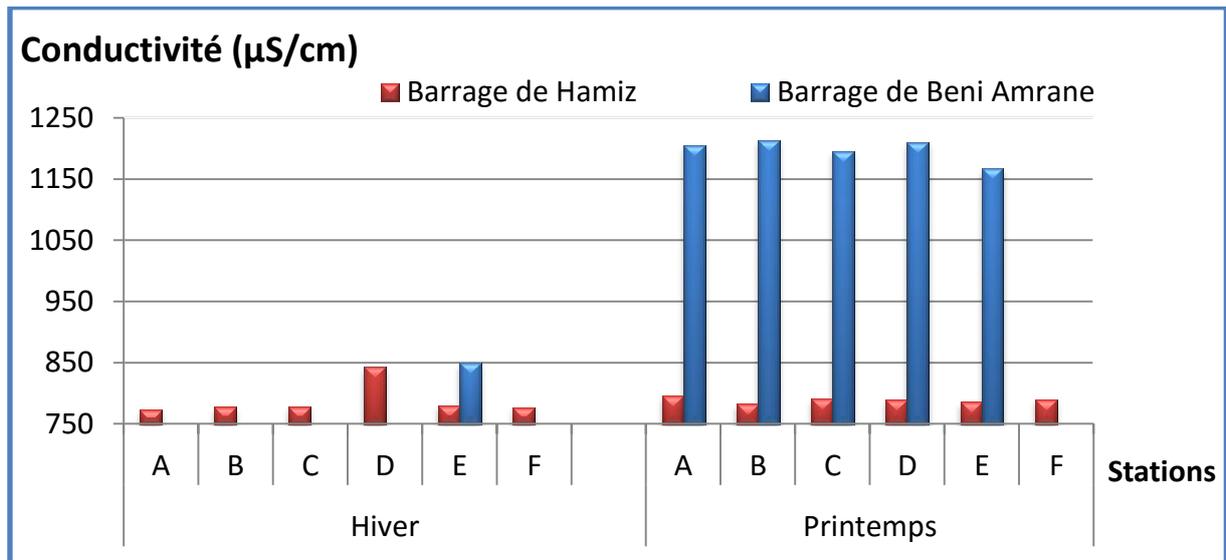


Fig. 21 : Variation spatio-temporelle de la conductivité électrique dans le barrage de Hamiz et barrage de Beni Amrane

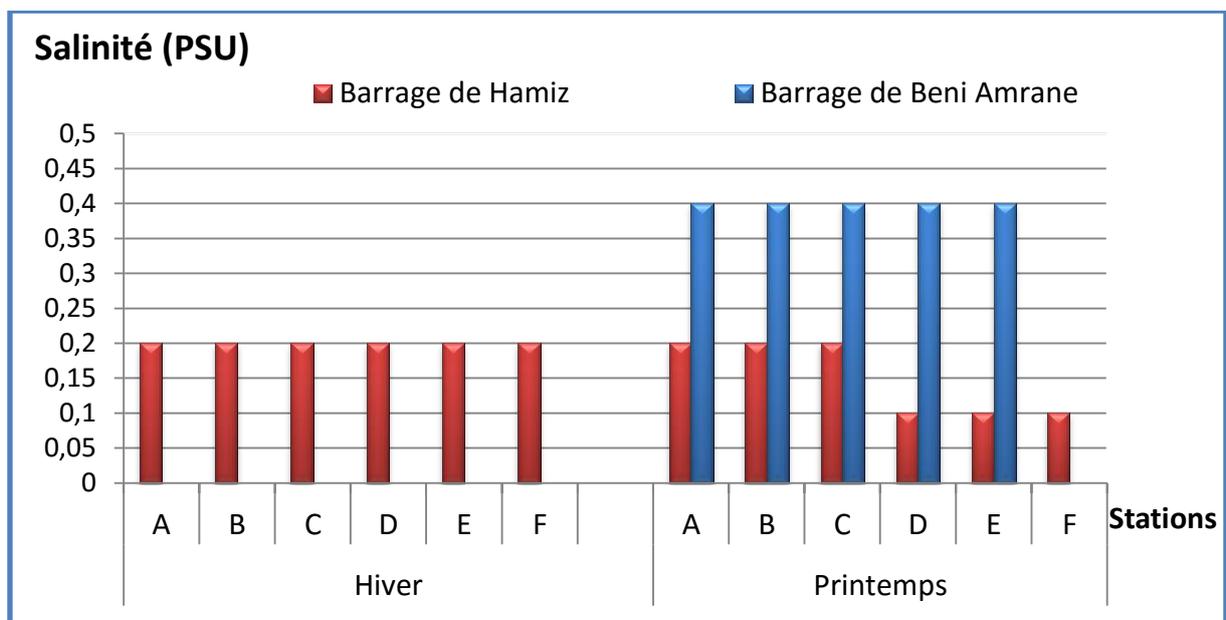
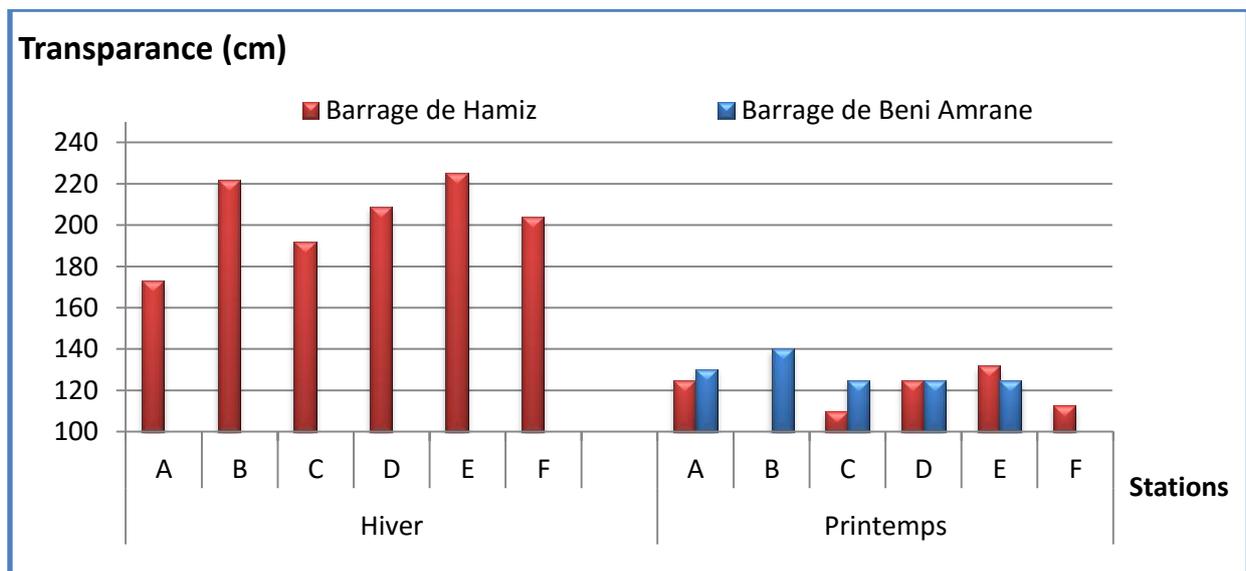


Fig. 22 : Variation spatio-temporelle de la salinité de l'eau (PSU) dans le barrage de Hamiz et le barrage de Beni Amrane

### III.1.6- Transparence de l'eau

A partir de la figure 23 on déduit que, dans le barrage de Hamiz, les valeurs maximales de la transparence ont été enregistrées pendant la période hivernale avec un maximum de 225 cm marquée dans la station E. Par ailleurs, une diminution de la transparence de l'eau a été notée dans les autres saisons avec une valeur minimale de 100 cm pendant la période printanière observée dans la station B.

Pour le barrage de Beni Amrane, les données enregistrées pendant la période de prélèvement montrent une transparence maximale de l'eau de 140 cm marquée dans la station B pendant la période printanière.



**Fig. 23 :** Variation spatio-temporelle de la transparence de l'eau (cm) dans le barrage de Hamiz et le barrage de Beni Amrane

La transparence de l'eau s'évalue par la mesure de l'épaisseur d'eau jusqu'à où la lumière pénètre. Cette mesure varie en fonction de quantité de particules qui colorent ou rendent trouble les eaux (Camille, 2005).

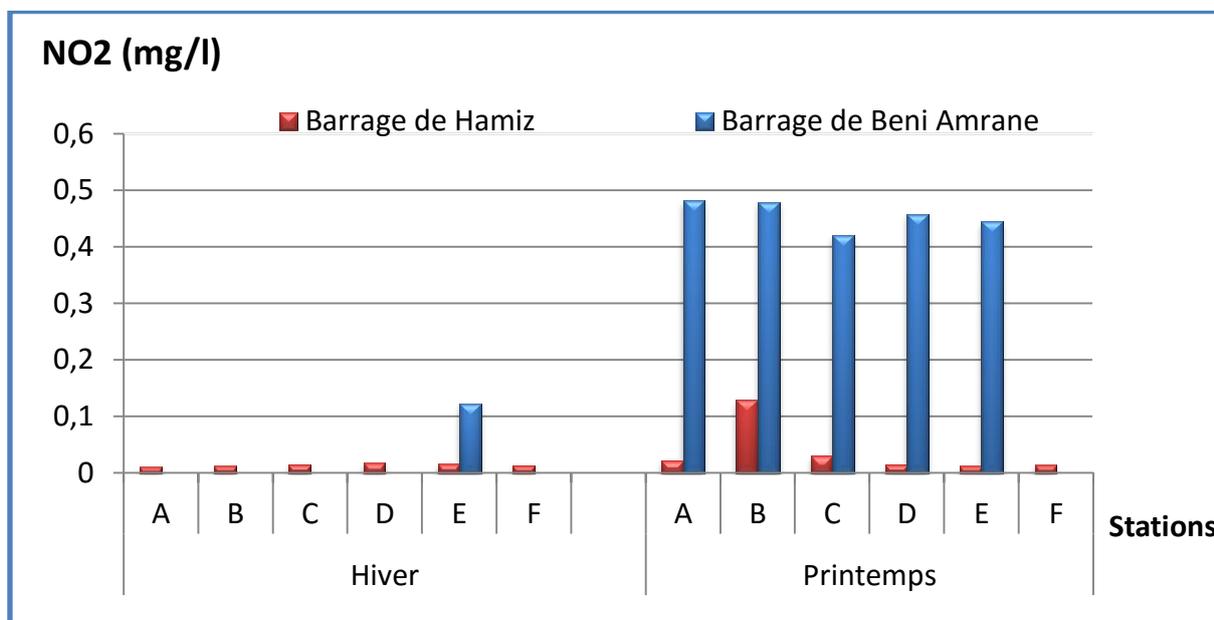
### III.1.7. Sels nutritifs :

Des éléments tels que l'azote (N) et le phosphore (P) constituent des éléments nutritifs (nutriments) indispensables aux végétaux. Les composés qui en contiennent comme les phosphates et les nitrates constituent dès lors des matières nutritives de choix pour les végétaux

### III.1.7.1. Nitrites $\text{NO}_2^-$

Dans le **Barrage Hamiz** : Les concentrations mensuelles des nitrites sont faibles, elles varient entre 0,129 mg/l (printemps) et 0,011 mg/l (hiver) (Fig.24). La valeur maximale de nitrites dans la station B peut être expliquée par le rejet d'azote organique (protéines, acides aminés, urée...), les molécules sont tout d'abord transformées en ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) qui est ensuite oxydé en nitrites puis en nitrates sous l'action de bactéries nitrifiantes. Ces processus d'oxydation, également appelés «nitrification», sont très sensibles à la présence de matières toxiques (métaux, pesticides) et aux températures basses. Des concentrations élevées en nitrites témoignent souvent de la présence de matières toxiques. Les nitrites sont surtout nuisibles pour les jeunes poissons. (Lisec, 2004).

Dans le **barrage de Beni Amrane** : La valeur maximale a été notée à la période printanière dans la station A (0,482 mg/l) et la valeur minimale enregistrée est de 0,123 mg/l dans la station E dans la période hivernale (Fig.24).



**Fig. 24** : Variation spatio-temporelle des nitrites dans le barrage de Hamiz et le barrage de Beni Amrane

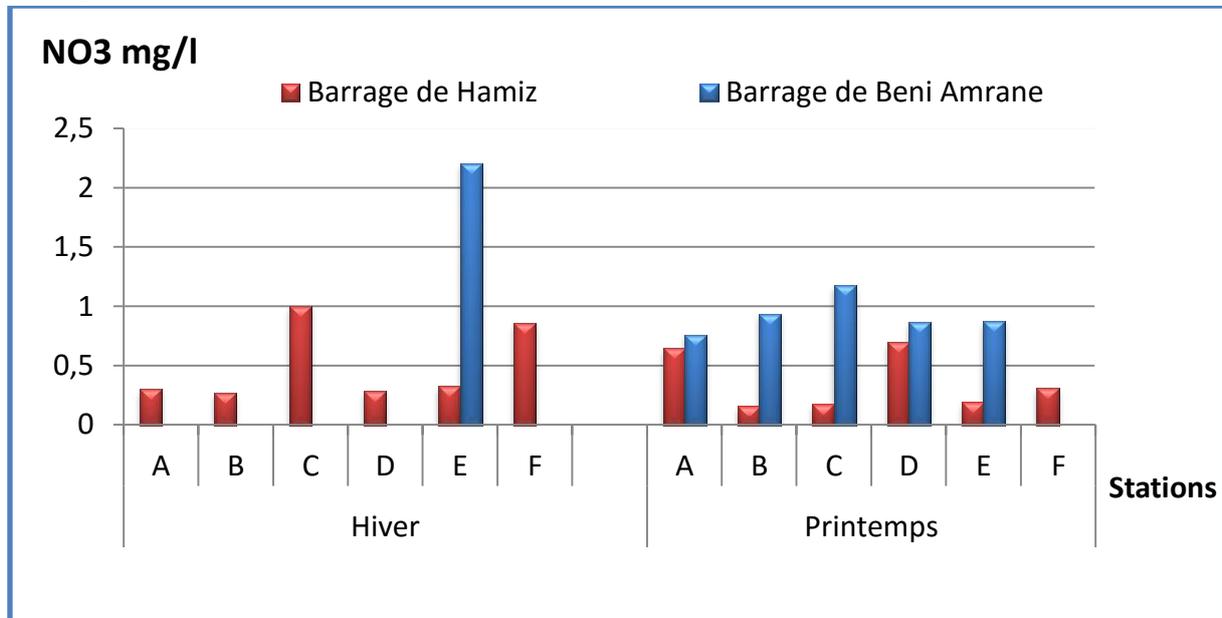
### III.1.7.2. Nitrates $\text{NO}_3^-$

Les nitrates sont une source importante d'azote pour les organismes autotrophes (telles que les plants aquatiques) après réduction en ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), les nitrates peuvent être transformés en acides aminés et en bases azotés pour former les protéines et les acides nucléiques.

Les valeurs des nitrates varient entre 0,16 et 0,995 mg/l pour barrage de Hamiz. Des valeurs plus importantes sont enregistrées au niveau du barrage de Beni Amrane. Elles varient entre 0,76 et 2,2 mg/l (Fig. 25). Cela est expliqué peut-être par le lessivage de terrains agricoles

autour du barrage, et les faibles valeurs peuvent être expliquées par leurs utilisations par le phytoplancton.

Une forte concentration en nitrates dans l'eau peut entraîner un phénomène d'eutrophisation. L'eutrophisation entraîne la prolifération des plantes aquatiques et l'appauvrissement de l'eau en oxygène, la disparition des poissons et une dégradation générale de la qualité de l'eau (Gnagnarella *et al.*, 2010).



**Fig. 25 :** Variation spatio-temporelle des nitrates dans le barrage de Hamiz et le barrage de Beni Amrane

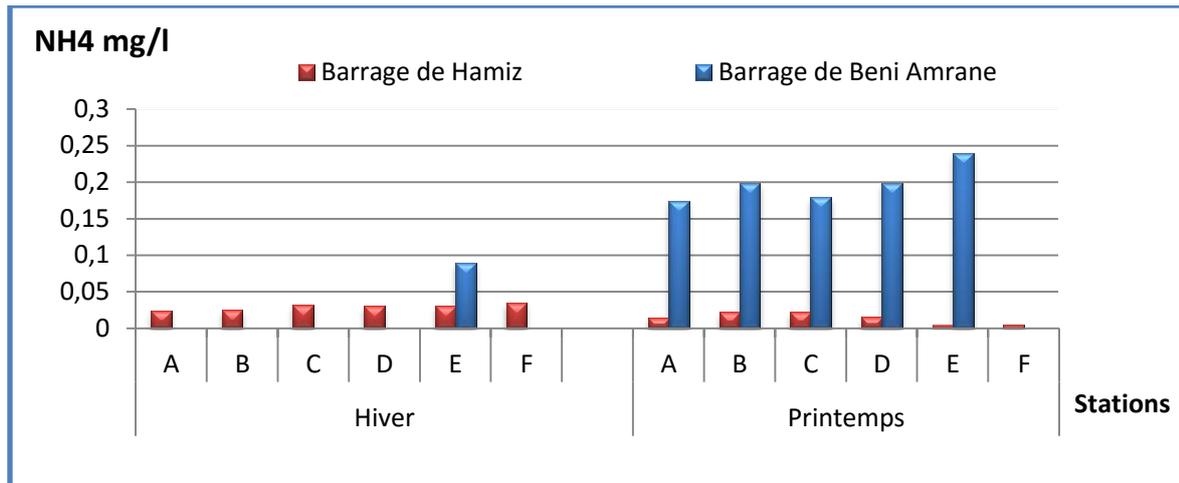
#### IV.1.7.3. Azote ammoniacal $\text{NH}_4^+$

L'azote ammoniacal sous ses deux formes,  $\text{NH}_4$  et  $\text{NH}_3$ , est en premier lieu le produit de la décomposition microbologique des plantes et des protéines animales. Il constitue un des maillons du cycle naturel mais complexe de l'azote.

Les teneurs en azote ammoniacal montrent des variations légères et faibles s'observant d'une saison à l'autre. La teneur maximale déterminée est de 0,034 g/l marquée dans la station F de barrage de Hamiz durant la période hivernale et une valeur minimale de 0,004 mg/l a été enregistrée durant la période printanière dans la station E.

Dans le **barrage de Beni Amrane** : l'évolution de la teneur de  $\text{NH}_4$  est progressive entre les stations au printemps. Une faible concentration a été observée en hiver dans la station E avec 0,089 mg/l. Par ailleurs, une augmentation est marquée durant la période printanière dont sa valeur maximale atteint 0,239 mg/l à la station E (Fig. 26).

Le  $\text{NH}_4$  croît en fonction de l'élévation du pH et de la température. Il est dangereux pour la vie aquatique. L'ammonium  $\text{NH}_4$  constitue la plus grande partie de l'azote ammoniacal et est peu toxique. (Bremond et Perrodon, 1990).



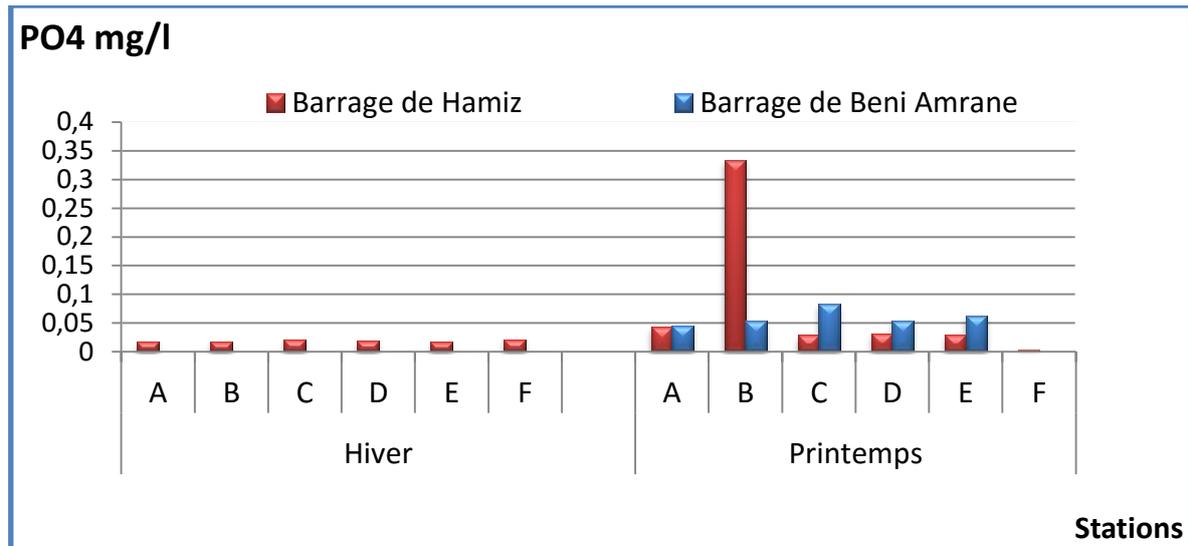
**Fig. 26 :** Variation spatio-temporelle de l'azote ammoniacal dans le barrage de Hamiz et le barrage de Beni Amrane

#### III.1.7.4. Phosphates $PO_4^-$

Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol, leurs présences naturelles dans l'eau sont liées aux caractéristiques des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique. Des teneurs supérieures à 0.5 mg/l doivent constituer un indice de pollution (Rodier et al., 1996).

Le phosphore existe à l'état minéral ou organique. Chaque fraction peut être séparée analytiquement en ortho phosphates, phosphore hydrolysable et phosphore organique. La principale forme utilisable par le phytoplancton est l'ion ortho phosphate ( $PO_4^{3-}$ ) (Rachiq, 2003 ; Rodier et al., 2009). Cet élément joue un rôle très important dans le développement des algues, il est susceptible de favoriser leurs multiplications dans les eaux des lacs où il contribue à l'eutrophisation.

Nous remarquons que la concentration de phosphate garde une certaine stabilité durant les saisons et les campagnes de prélèvement où la valeur maximale est de 0,334 mg/l dans la station B de barrage de Hamiz ,cela peut être expliquée par la présence de source sde pollution et la valeur minimale est de 0,083 mg/l dans la station C de Beni Amrane (Fig. 27). Par ailleurs on observe un minimum de 0,003 mg/l dans la station F de barrage de Hamiz et par contre on observe une valeur de 0 mg/l dans la station E de barrage de Beni Amrane.



**Fig. 27** : Variation spatio-temporelle des phosphates dans le barrage de Hamiz et le barrage de Beni Amrane

### III.1.8. La chlorophylle « a »

Elle représente le facteur essentiel de la photosynthèse conduisant à l'estimation de la biomasse phytoplanctonique et permettant ainsi le suivi du zooplancton. La chlorophylle « a » est le seul pigment capable de produire de l'énergie chimique, nécessaire à la fixation du carbone, à partir de l'énergie lumineuse (**Rolland, 2009**). La chlorophylle « a » est en relation proportionnelle avec la photosynthèse.

Les teneurs en chlorophylle « a » au **barrage de Hamiz** varient entre 12,52 mg/l et 16,76 mg/l en hiver et de 22,63 à 30,80 mg/l en printemps (Fig. 28). Cette différence est due à l'augmentation de l'intensité lumineuse et par conséquent l'augmentation de l'activité photosynthétique et du taux de la chlorophylle « a ». Au barrage de **Beni Amrane** les valeurs de chlorophylle « a » varient entre 21,20 g/l à 24,04 en printemps.

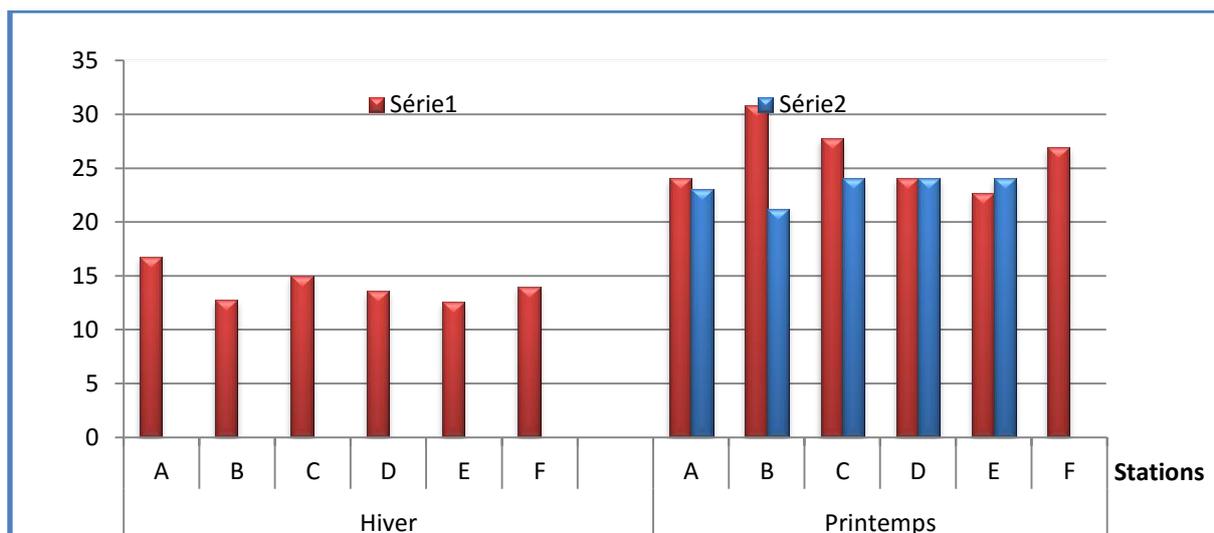


Fig. 28 : Variation spatio-temporelle de la chlorophylle "a" dans le barrage de Hamiz et le barrage de Beni Amrane

### III.2. Synthèse sur les paramètres abiotiques

La qualité des eaux des barrages est évaluée suivant les paramètres physico-chimiques étudiés précédemment, elle est déterminée en comparant nos résultats aux bornes de la grille de qualité des eaux des masses d'eau naturelles de SEQ (France) qui sont portés sur le tableau 6.

Tableau 6 : Normes de qualité des eaux des masses d'eau naturelle (SEQ-EAU) et les moyennes trouvées dans les deux sites étudiés durant l'année 2019

Eléments de qualité (=Altérations) Paramètres		Limites inférieures					Barrage de Hamiz	Barrage de Beni Amrane
		Mauvais	Médiocre	Moyen	Bon	Très bon		
Bilan en oxygène	Oxygène dissous (mg/l)	< 3	3	4	6	8	8,79	4,65
	Matières phosphorées (mgP/l)	>1	1	0.5	0.2	0.05	0,003	0
Matières azotrées (mgN/l)	Nitrates	>16.94	16.94	11.3	5.65	1.13	0,16	0,76
	Nitrites	>0.3	0.3	0.16	0.09	0.03	0,011	0,123
	Azote ammoniacal	>3.9	3.9	1.56	0.39	0.078	0,004	0,089
Température	Température	>28	28	25	21.5	20	11,3	8 (°C)
Acidification	pH	>4.5	4.5	5.5	6	6.5	8,71	7,80

Selon le tableau 6, les moyennes des paramètres abiotiques dans les eaux des deux barrages (barrage de Hamiz et barrage de Beni Amrane) pendant la période d'étude, montrent que :

- L'eau du barrage de Hamiz est de très bonne qualité.
- Alors que les eaux du barrage de Beni Amrane sont aussi de bonne qualité.

### **III.3 Analyse multivariée des données physico-chimiques de l'eau :**

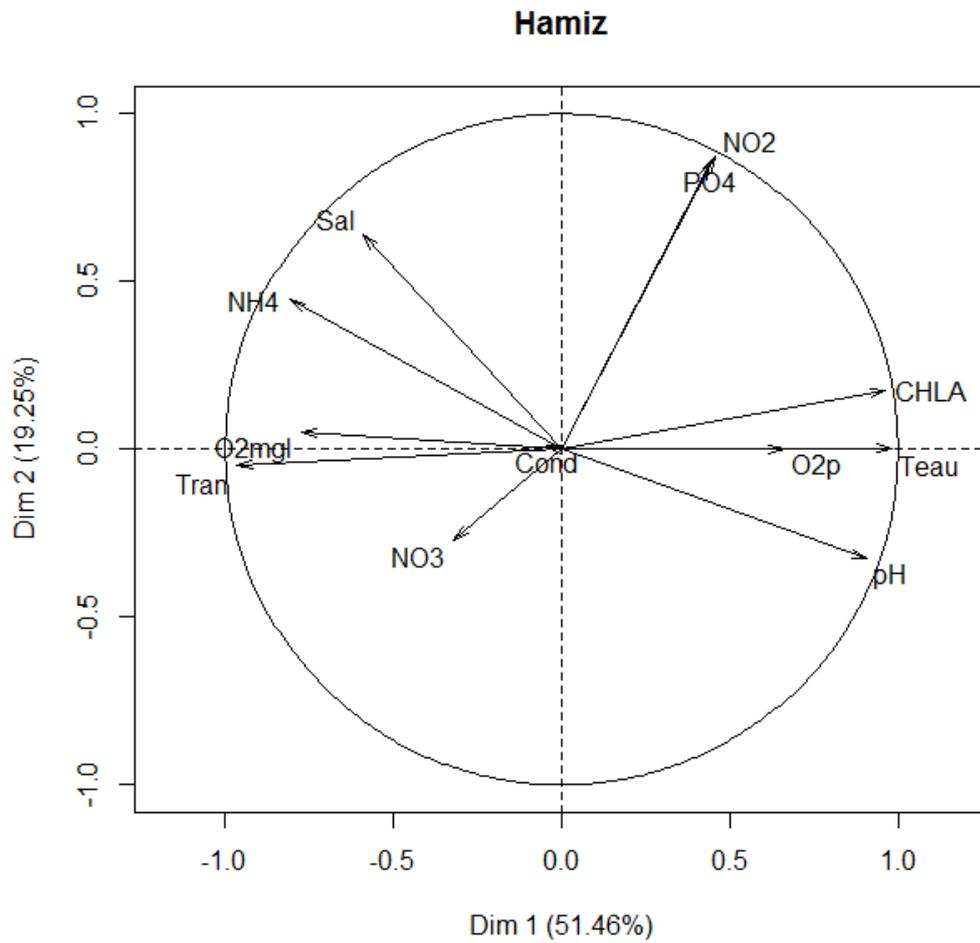
Pour visualiser plus aisément l'influence des paramètres environnementaux sur la croissance et la dynamique phytoplanctonique des eaux du lac, des analyses en composantes principales ont été effectuées en considérant les données des paramètres physico-chimiques séparément.

Les figures obtenues sont basées sur le coefficient de corrélation. Dans notre analyse, nous avons retenus 9 paramètres physico-chimiques. L'ACP a été fait sur des données centrées et réduites par rapport à leur moyenne . L'utilisation de données normalisées permet de s'affranchir des unités de mesure qui sont hétérogènes dans notre cas.

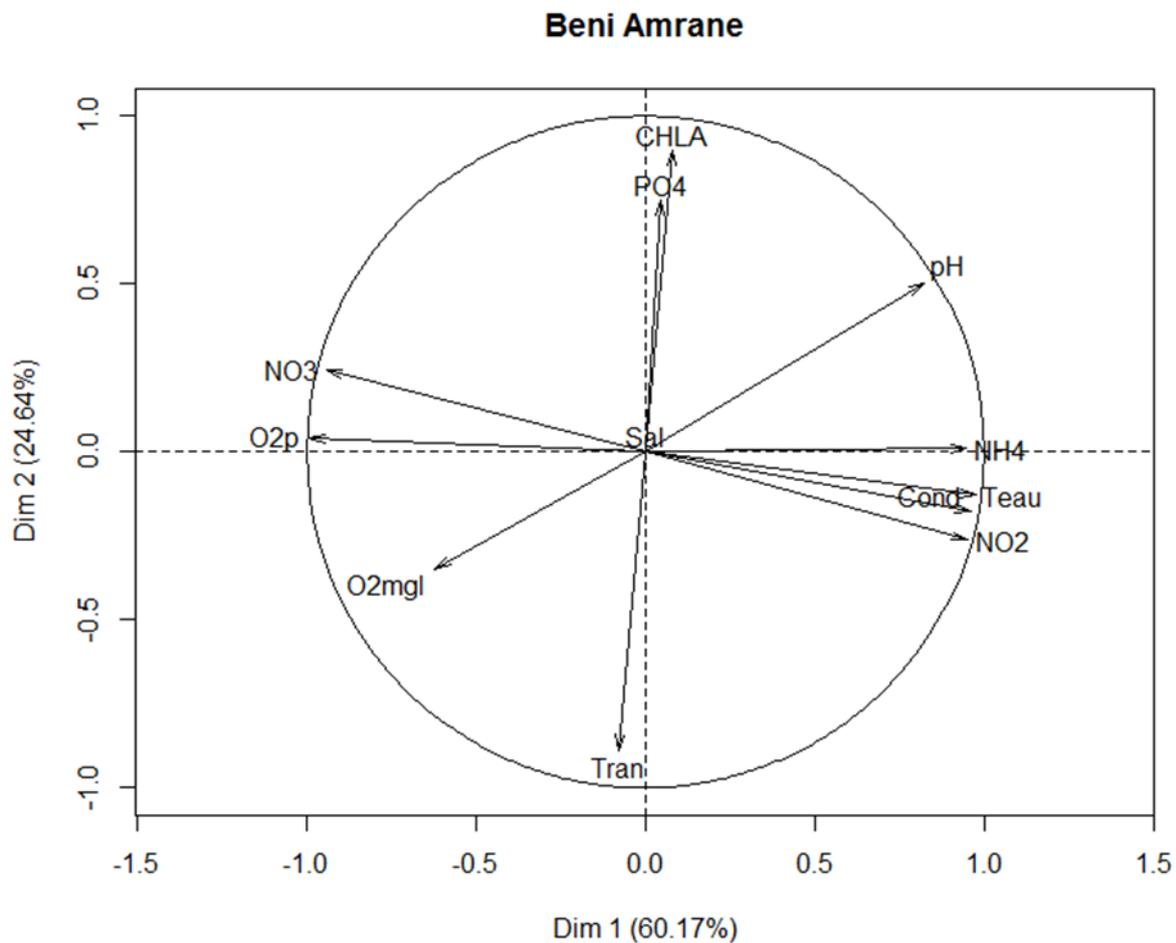
La matrice de corrélation (Fig. 29 et 30 ) fait apparaître la distribution des paramètres physico-chimiques sur deux facteurs (F1 et F2). Les coordonnées des variables sur les axes sont les coefficients de corrélations entre les variables et les facteurs. Cette matrice montre que :

- L'axe F1 (pourcentage d'inertie (51,46%) pour le barrage de Hamiz et (pourcentage d'inertie 60,17%) pour le barrage de Beni Amrane) décrit essentiellement les paramètres suivants : les phosphates, la conductivité et salinité, l'oxygène dissouts, nitrates, ammonium, la chlorophylle « a » et le taux de saturation O<sub>2</sub> (%), qui sont corrélés négativement avec, la transparence et température de l'eau, pH et les nitrites.
- L'axe F2 (pourcentage d'inertie 19,25%) pour le barrage de Hamiz et (pourcentage d'inertie 24,64 %) décrit les paramètres suivants : chlo « a », l'azote ammoniacale oxygène dissouts et température de l'eau et pH qui sont corrélés négativement avec la transparence, conductivité

salinité, le taux de saturation (O<sub>2</sub>%), nitrite, nitrate et le phosphates .



**Fig.29 : ACP des variables physico-chimiques (facteurs 1 et 2)  
% Inertie totale :70.71%**



**Fig.30 : ACP des variables physico-chimiques (facteurs 1 et 2)**

**% Inertie totale :84,81 %**

### III.4 Evaluation de l'état trophique :

Selon les critères établis par l'O.C.D.E. (1982) basés sur la profondeur de Secchi et les concentrations en chlorophylle « a », on peut déduire l'état trophique des deux sites étudiés. D'après le tableau de classification de l'état trophique (Tab.7), on remarque que le barrage de **Hamiz** est **eutrophe** et le barrage de **Beni Amrane** est en état **hyper eutrophe**.

**Tableau 7 :** Etat trophique du barrage de Hamiz et le barrage de Beni Amrane selon les critères de l'O.C.D.E. (1982).

Etat trophique	Secchi (m)	Chl « a » m (mg/m <sup>3</sup> )
Oligotrophe	≥ 6	≤2.5
Mésotrophe	6-3	2.5-8
Eutrophe	3-1.5	8-25
Hypereutrophe	≤ 1.5	≥25

### III.5 Etude du peuplement phytoplanctonique :

#### III.5.1 Etude qualitative du peuplement :

Après le dénombrement cellulaire des espèces phytoplanctonique ayant un diamètre supérieur à 20 µm, nous avons répertoriés dans le :

##### ➤ Barrage de Hamiz :

L'étude qualitative du phytoplancton montre que les eaux de barrage de Hamiz abritent **92** espèces appartenant aux six classes (Chlorophycées, Bacillariophycées, Cyanophycées, Euglénophycée, Dinophycées et Cryptophycé) qui sont selon leurs abondances (Fig. 31) :

- 1. Les Chlorophycées :** forme le groupe le plus diversifiées, vient en première position avec 25 taxons, soit 42,77% de la communauté phytoplanctonique, ils sont représentés principalement par les genres suivants : *Closterium*, *Oocystis* et *Scenedesmus*
- 2. Les Diatomées ou les Bacillariophycées :** sont aussi diversifié, vient en deuxième position avec 41 taxons, soit 37,18% du peuplement total, ils sont représentés essentiellement par les *Cyclotella* et *Fragilaria*.
- 3. Les Cyanophycées :** comptent 6 taxons, soit une proportion de 14,72%, dominés par les genres : *Oscillatoria* et *Monoraphidium*.
- 4. Les Cryptophycées :** regroupe un 5 taxons, soit une proportion de 2,99%, représentés par le genre : *Cryptomonas*
- 5. Les Euglénophycées :** comptent 12 taxons, soit une proportion de 1,96%, dominés par le genre : *Phacus*.
- 6. Les Dinophycées :** regroupe un 3 taxons, soit une proportion de 0,42%, représentés uniquement par le genre : *Peridinium*.

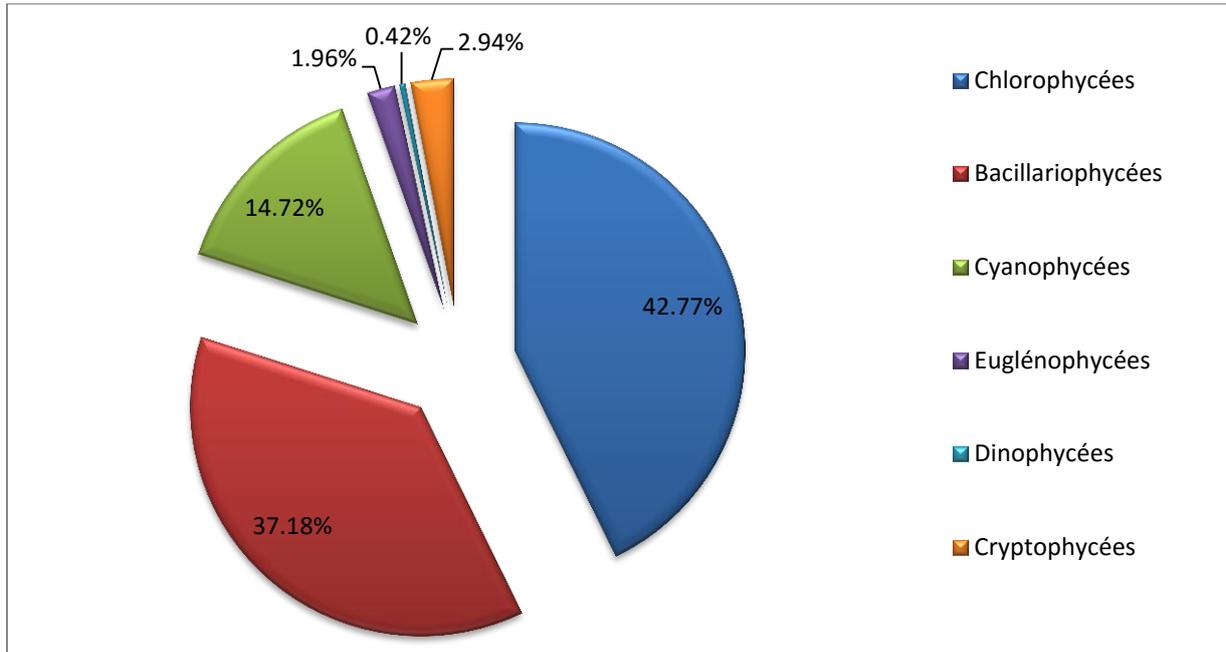


Fig. 31 : Variation des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le barrage de Hamiz

Les 92 espèces déterminées dans le barrage de Hamiz sont démontrées dans la liste suivante :

**1-Les Chlorophycées :**

*cf. Closterium*

*cf. Oocystis*

*cf. Cryptomonas sp*

*Closteriopsis sp*

*Oocystis sp*

*Closterium acerosum*

*Closterium cf. setaceum*

*Closterium acutum*

*Cosmarium sp*

*Cosmarium botrytis*

*Crucigenia fenestrata*

*Crucigenia sp*

*Staurationum sp*

*Monoraphidium contortum*

*Oocystis cf. borgii*

*Oocystis lacustris*

*Oocystis marssonii*

*Pediastrum simplea var echinulatum*

*Pediastrum simplex*

*Scenedesmus quadricauda*

*Scenedesmus sp*

*Tetradron cf. victoria*

*Tetraedron minimum*

*Tetraspora gelatinosa*

**2-Les Diatomées :**

*Aphanocapsa capucina*

*Aulacoseira granulata*

*Cocconeis pediculus*

*Caloneis gargar*

*Caloneis sp*

*cf. Cocconeis*

*Frustulia sp*

*Licmophora sp*

*cf. Licmophora sp*

*Navicula cf. gregaria*

*Navicula cf. cryptotenella*

*Navicula minima*

*cf. Cyclotella sp*

*cf. Diploneis*

*cf. Fragilaria*

*cf. Licmophora sp*

*cf. Pinnularia*

*Craticula sp*

*Cyclotella cf. atomus*

*Cyclotella cf. choctawhatchee*

*Cyclotella cf. meneghiniana*

*Cyclotella cf. ocellata*

*Cyclotella meneghiniana*

*Cyclotella ocellata*

*Cyclotella sp1*

*Cyclotella sp2*

*Navicula sp*

*Nitzschia sp*

*Pinnularia cf.interrupta*

*Pinnularia sp*

*Stephanodiscus cf.neoastraea*

*cf. Navicula*

*cf. Cyclotella*

*Cymatopleura elliptica*

*Fragilaria capucina*

*Fragilaria ulna*

*Fragilaria sp*

*Eunotia pectinalis*

*Eunotia sp*

*Encyonema sp*

### 3-Les Cyanophycées :

*Aphanocapsa planctonica*

*cf. Oscillatoia*

*Microcystis aeruginosa*

*Monoraphidium griffithii*

*Oscillatoria amphibia*

*Oscillatoria tenuis*

### 4 –Les Cryptophycées :

*cf.Cryptomonas*

*cf.Cryptomonas*

*Cryptomonas sp*

*Cryptouronas sp*

*Mallomonas sp*

### 5-Les Euglénophycées :

*Euglena caudata*

*Euglena proxima*

*Microcystis aeruginosa*

*Phacus cf.longicauda*

*Phacus longicauda*

*Phacus pleuronectes*

*Phacus sp*

*Trachelamonas globular*

*Trachelomonas cf. hispida*

### 6-Les Dinophycées :

*cf. Peridinium*

*Peridinium cinctum*

*Peridinium sp*

*Trachelomonas hispida*

*Trachelomonas rugulosa*

*Trachelomons sp*

#### ➤ Dans les eaux de Beni Amrane

Nous avons répertorié **89** espèces réparties en 6 classes (Diatomées, Chlorophycées, Euglénophycées, Cyanophycées, Cryptophycées et Dinophycées) qui sont, selon leurs abondances (Fig. 32) :

**1. Les Diatomées ou les Bacillariophycées :** forme le groupe le plus diversifié, vient en première position avec 34 taxons, soit 36,62% de la communauté phytoplanctoniques, ils sont représentés principalement par les genres suivants : *Cyclotella*, *Nitzschia* et *Fragilaria*.

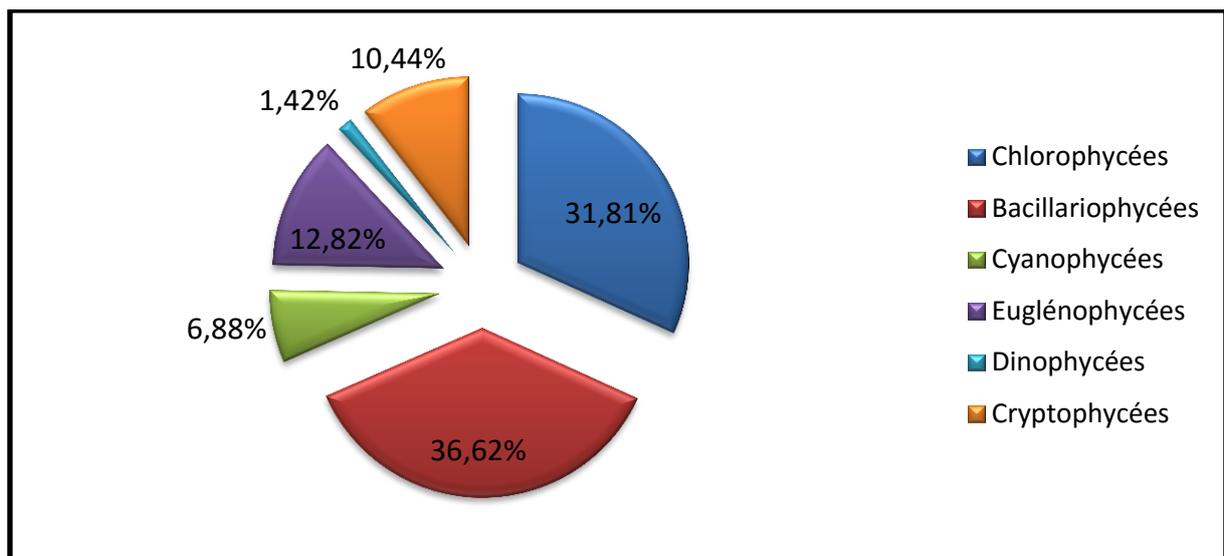
**2. Les Chlorophycées :** il est aussi diversifié, vient en deuxième position avec 25 taxons, soit 31,81% du peuplement total, ils sont représentés essentiellement par les *Oocystis*, *Tetraspora* et *Closterium*.

**3. Les Euglénophycées :** comptent 13 taxons, soit une proportion de 12,82%, dominés par les genres : *Trachelomonas*, *Phacus* et *Euglena*.

**4. Les Cryptophycées :** regroupe 5 taxons, soit une proportion de 10,44%, représentés uniquement par le genre : *Cryptomonas*.

**5. Les Cyanophycées :** comptent 9 taxons, soit une proportion de 6,88 %, dominés par les genres : *Oscillatoria*, *Microcystis* et *Merismopedia*.

**6. Dinophycées :** regroupe 3 taxons, soit une proportion de 1,42%, représentés surtout par le genre : *Peridinium*.



**Fig.32:** Variation des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le Barrage de Beni Amrane.

Les 89 espèces déterminées dans le Barrage de Beni Amrane sont démontrées dans la liste suivante :

**1- Les Diatomées :**

*cf.Cyclotella*  
*Cyclotella sp1*

*Cyclotella cf. choctawhatchee*  
*Cyclotella cf. meneghiniana*

*Cyclotella meneghiniana*  
*Cyclotella ocellata*

<i>cf. Fragilaria</i>	<i>Cyclotella cf. ocellata</i>	<i>Cyclotella sp2</i>
<i>cf. Navicula</i>	<i>Cyclotella choctawhatchee</i>	<i>Cyclotella sp3</i>
<i>cf. Nitzschia</i>	<i>Cyclotella sp4</i>	<i>Surirella sp</i>
<i>cf. Nitzschia sp</i>	<i>Licmophora sp</i>	<i>Nitzschia cf. palea</i>
<i>Fragilaria cf. capucina</i>	<i>Navicula cf.</i>	<i>Nitzschia palea</i>
<i>Fragilaria cf.ulna</i>	<i>Navicula cf.Cryptotenella</i>	<i>Nitzschia sp 1</i>
<i>Fragilaria sp</i>	<i>Navicula cf.gregaria</i>	<i>Nitzschia sp 2</i>
<i>Fragilaria ulna</i>	<i>Navicula minima</i>	<i>Nitzschia sp 3</i>
<i>Raphidiopsis cf.Curvata</i>		
<i>Stephanodiscus cf. neoastraea</i>		
<i>Surirella cf.Ovalis</i>		

**2- Les Chlorophycées :**

<i>cf. Crucigenia</i>	<i>cf.Oocystis sp</i>	<i>Closterium acutum</i>
<i>cf.Chlorella</i>	<i>cf.Scenedesmus</i>	<i>Closterium cf. acerosum</i>
<i>Cf.Closterium</i>	<i>cf.Scenedesmus</i>	<i>Closterium cf.setaceum</i>
<i>cf.Cosmarium</i>	<i>Closteriopsis sp</i>	<i>Chlamydomonas sp1</i>
<i>cf.Oocystis</i>	<i>Closterium acerosum</i>	<i>Closterium setaceum</i>
<i>Coelastrum sp</i>	<i>Oocystis cf.choctawhatchee</i>	<i>Oocystis sp</i>
<i>Cosmarium granatum</i>	<i>Oocystis lacustris</i>	<i>Scenedesmus sp1</i>
<i>Cosmarium sp</i>	<i>Oocystis marssonii</i>	<i>Scenedesmus sp2</i>
<i>Crucigenia cf.fenestrata</i>	<i>Tetraspora gelatinosa</i>	<i>Chlamydomonas sp2</i>
<i>Scenedesmus fluxuosus</i>		

**3- Les Cryptophycées :**

*Cryptomonas sp*  
*Cf. Cryptomonas*

**4- Les Cyanophycées :**

<i>Anabaena cf. circinalis</i>	<i>cf.Merismopedia</i>	<i>Microcystis aeruginosa</i>
<i>Anabaena cf. delicatula</i>	<i>Oscillatoria cf.rubescens</i>	<i>Oscillatoria sp</i>
<i>Anabaenopsis circularis</i>	<i>Oscillatoria rubescens</i>	<i>Raphidiopsis sp</i>

**5- Les Euglenophycées :**

<i>cf. Phacus</i>	<i>Euglena sp</i>	<i>Trachelomonas hispida</i>
<i>cf.Trachelomonas</i>	<i>Phacus pleuronectes</i>	<i>Trachelomonas regulosa</i>
<i>Euglena acus</i>	<i>Trachelomonas</i>	<i>Trachelomonas sp</i>
<i>Euglena candata</i>		
<i>Euglena gracilis</i>		
<i>Euglena oxyuris</i>		

## 6-Les Dinophycées :

*Peridinium cinctum*

*Peridinium sp1*

*Peridinium sp2*

## III.5.2 Etude quantitative du peuplement :

### III.5.2.1 Variation spatio-temporelle du peuplement algal :

Après le dénombrement cellulaire du phytoplancton nous avons remarqués une variété dans la densité des groupes phytoplanctoniques :

#### ➤ Dans le Barrage de Hamiz :

Les Chlorophycées viennent en première position avec une densité de  $26,9 \times 10^6$  alg/l (Fig.33) soit 42,77% (Fig. 34). Ils sont représentés principalement par les genres suivants : *Closterium*, *Oocystis* et *Scenedesmus*.

En deuxième position les Bacillariophycées avec une densité de  $23,32 \times 10^6$  alg/l et une abondance de 37,18%. Ils sont représentés essentiellement par les *Cyclotella* et *Fragilaria*.

En troisième position, les Cyanophycées avec une densité de  $92,55 \times 10^5$  alg/l. et une abondance de 14,72% dominés par les genres : *Oscillatoria* et *Monoraphidium*.

En quatrième position les Cryptophycées qui représente une faible densité  $18,51 \times 10^5$  alg/l avec une abondance de 5,63% représentés par les genres : *Cryptomonas* et *Cryptouronas*.

En cinquième position les Euglénophycées qui représentent une faible densité  $12,34 \times 10^5$  alg/l avec une abondance de 1,94% dominés par le genre : *Phacus*.

En sixième position les Dinophycées cette classe est la plus faible par rapport les autres classes avec une densité de  $24,68 \times 10^4$  alg/l et une abondance de 0,42% représentés uniquement par le genre : *Peridinium*.

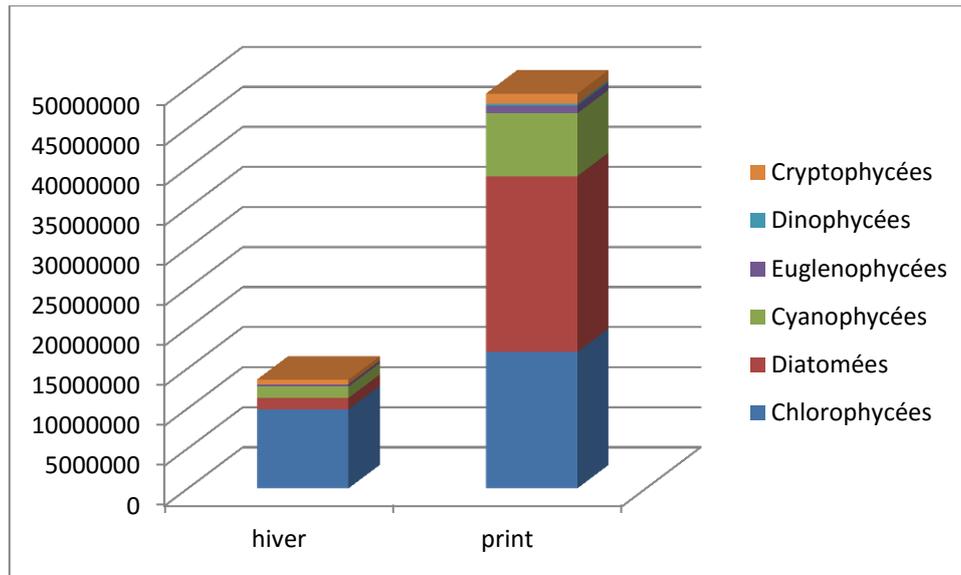


Fig. 33 : Variation saisonnière des densités du phytoplanctonique dans le barrage de Hamiz

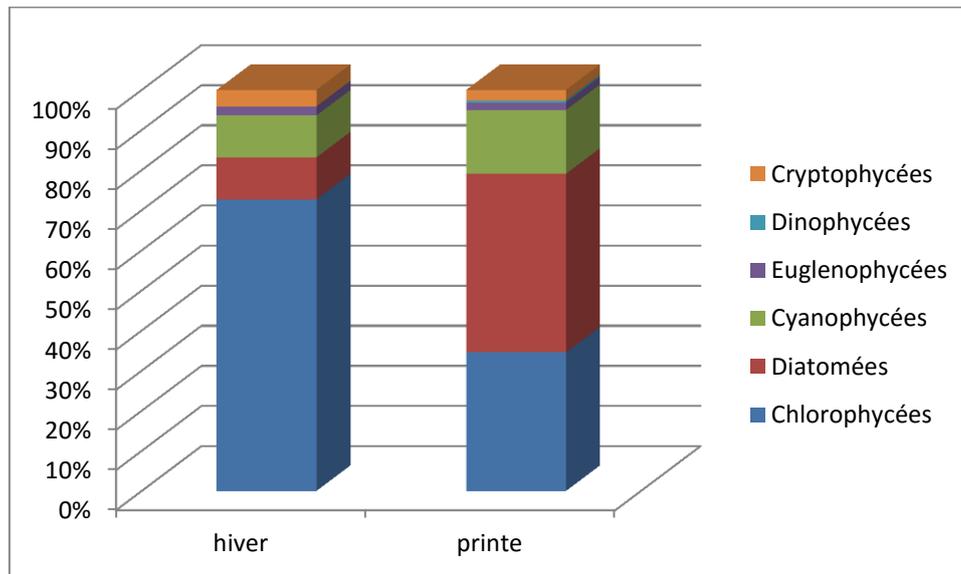


Fig. 34 : Variation saisonnière des abondances du phytoplanctonique dans le barrage Hamiz

➤ Dans le barrage de Beni Amrane :

Le groupe le plus abondant est les Diatomées avec une densité de  $95,18 \times 10^5$  alg/l (Fig. 35) et une abondance de 36,6 % (Fig. 36). Les genres les plus abondants sont *Cyclotella* et *Nitzschia* et *Fragilaria*.

Les Chlorophycées viennent en deuxième position. Ce sont des organismes qui dominent dans les milieux qui sont riches en nutriments azotés (Beralet et al., 1996 ; Carlsson et Graneli, 1999). Avec une densité de  $82,67 \times 10^5$  alg/l et 31,81%. Les genres les plus abondants : *Oocystes*, *Tetraspora* et *Closterium*.

Le troisième groupe est les Euglénophycées avec une densité de  $33,31 \times 10^5$  alg/l dominés *Trachelomona* et *Phacus*.

En quatrième position, les Cryptophycées qui représentent une densité  $27,14 \times 10^5 \text{ alg/l}$  avec une abondance de 10,44 %, représenté surtout par le genre *Cryptomonas*.

En cinquième groupe les Cyanophycées qui représentent une densité de  $17,89 \times 10^5 \text{ alg/let}$  et une abondance de 6,88 %. Les genres abondant sont : *Oscillatoria*, *Microcystis* et *Merismopedia*

Les Dinophycées est une classe rare avec une densité de  $37,02 \times 10^4 \text{ alg/l}$  et une abondance de 1,42%, représentée par le genre *Peridinium*

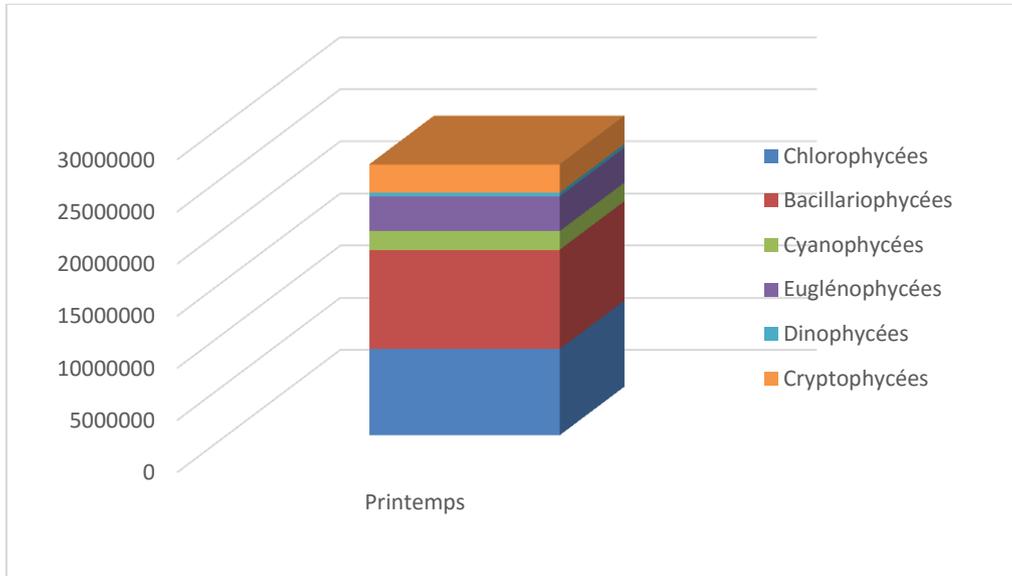


Fig. 35 : Variation des densités du phytoplanctonique au barrage de Beni Amrane durant la période printanière

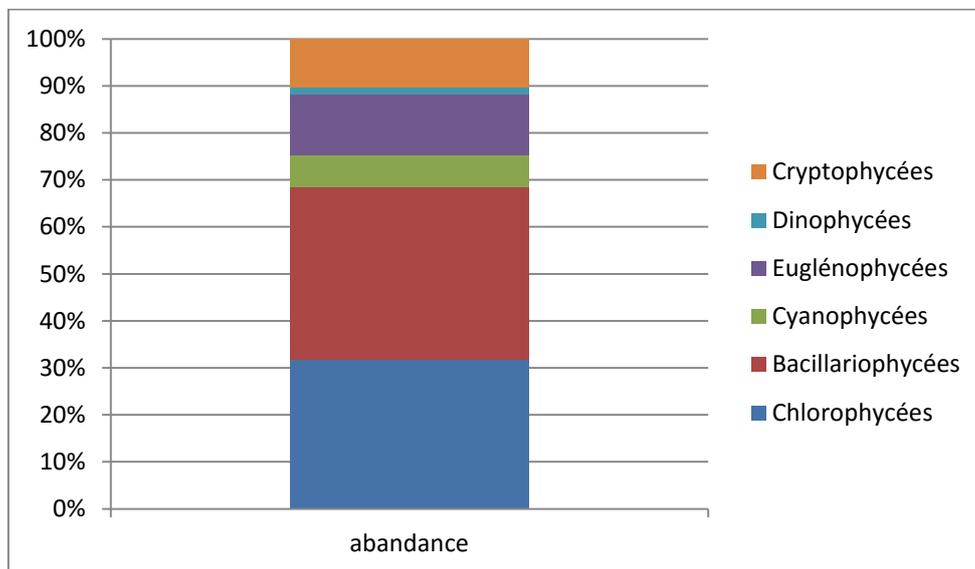


Fig. 36 : Variation des abondances des groupes phytoplanctoniques au barrage de Beni Amrane durant la période printanière

III.5.2.2-Evolution spatio-temporelle de la diversité spécifique :

III.5.2.2.1. L'indice de Shannon (H') et l'Équitabilité (E) :

D'après la figure 35, les valeurs de l'indice de diversité dans le barrage de Hamiz sont peu différentes les unes des autres et varient entre 3,155 bits/ind et 3,708 bits/ind, signalons que nous avons des peuplements diversifiés. La valeur de l'indice de Shannon la plus élevée est enregistrée durant saison printanière. Ceci semble signifier que la distribution des individus au printemps est mieux que celle de la saison précédente, dont on observe le phénomène de dominance par l'espèce *Oocystis sp.* On remarque aussi une grande richesse spécifique (86 espèces) est marquée dans la même période.

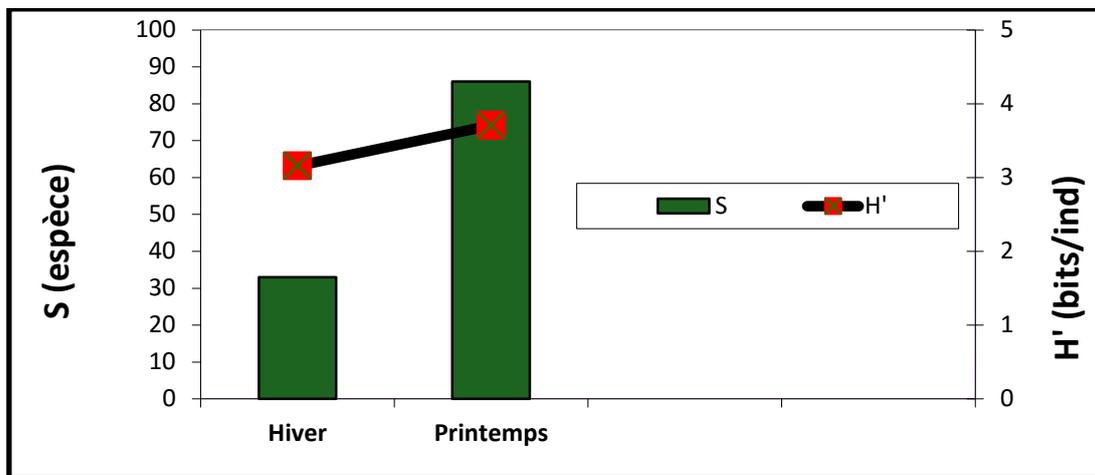


Fig. 37 : Variation de la richesse spécifique (S) et l'indice de Shannon (H') du barrage de Hamiz

Quand l'équitabilité est minimale et se rapproche de 0, donc la quasi- totalité des individus est concentrée sur une espèce (*Oocystis sp.*), ce phénomène observé durant la période hivernale (R=0.13 et 0.14) (Fig. 37).

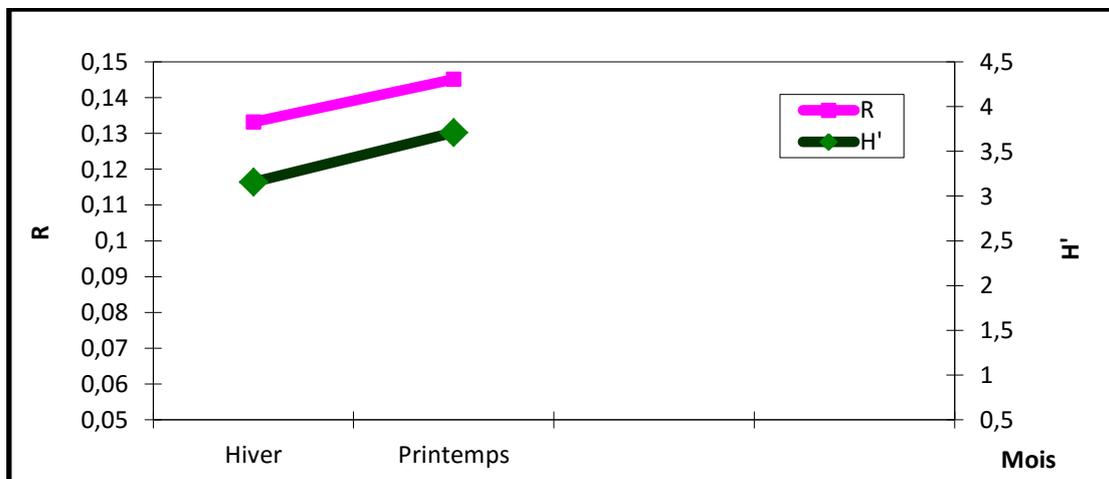


Fig. 38 : Variation de l'indice de Shannon (H') et d'équitabilité (R) dans le barrage de Hamiz

Dans le barrage de Beni Amrane : l'indice de Shannon est 5,44 bits /ind (Fig. 38). Ces valeurs sont expliquées par la dominance remarquable de l'espèce *cf. Cyclotella*. La richesse spécifique durant cette période atteint son maximum de 90 espèces.

Ces valeurs élevées révèlent que le peuplement est composé d'un grand nombre d'espèces qui présentent une répartition équilibrée.

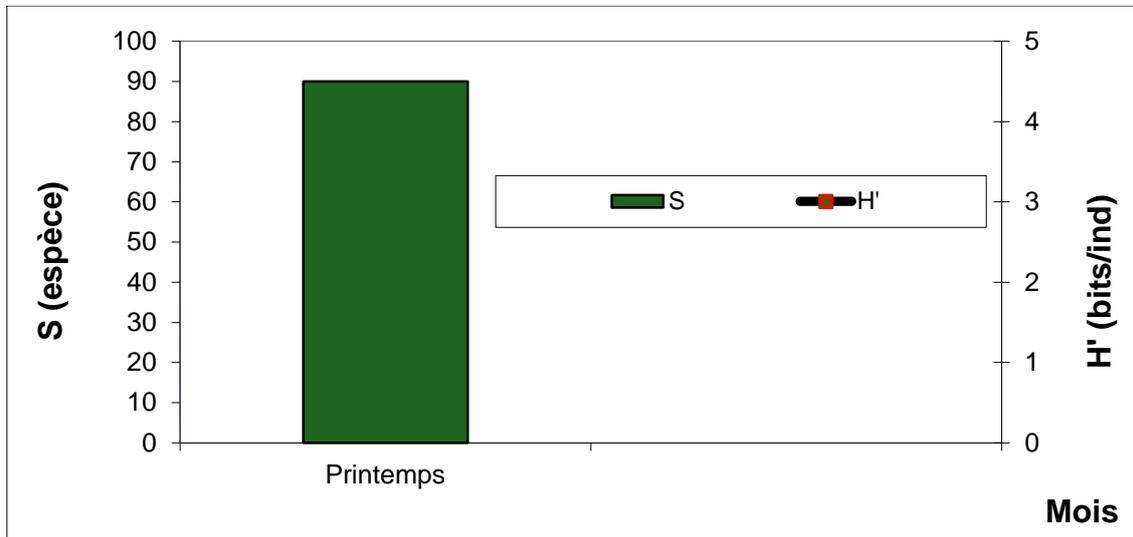


Fig. 39 : Variation de la richesse spécifique (S) et l'indice de Shannon (H') dans le barrage de Beni Amrane

Globalement l'indice de diversité spécifique caractérise l'organisation et l'évolution d'un peuplement. Les résultats obtenus (Fig. 39), montrent qu'en général, la diversité spécifique est très importante durant cette période.

Quand l'équitabilité est minimale (se rapproche de 0) la quasi-totalité des individus est concentrée sur une espèce (*cf. Cyclotella*), ce phénomène observé pendant le mois d'Avril avec R= 0,22

Tableau 8 : Valeurs de l'indice de diversité de Shannon et de l'équitabilité des espèces phytoplanctoniques trouvées au niveau des deux barrages.

Mois	Barrage de Hamiz			Barrage de Beni Amrane		
	S	R	H'	S	R	H'
Hiver	33	0,133	3,155			
Printemps	86	0,145	3,708	90	0,221	5,445

III.5.3.3 Analyse du diagramme de Frontier (Diagramme Rang fréquence) :

Pour compléter les paramètres étudiés précédemment, les diagrammes rangs fréquences (DRF) sont utilisés pour visualiser la distribution, le recouvrement des différents taxons. Les diagrammes rangs fréquences offrent une représentation synthétique d'une communauté (Frontier et Etienne, 1990). L'analyse de l'allure des courbes de DRF, pour les barrages de Hamiz et Beni Amrane, permet de décrire l'évolution de la structure de peuplement algal. Les figures 40 et 41 montrent que l'allure de DRF est entièrement convexe, ce qui correspond au stade 2 indiquant des écosystèmes matures et équilibrés.

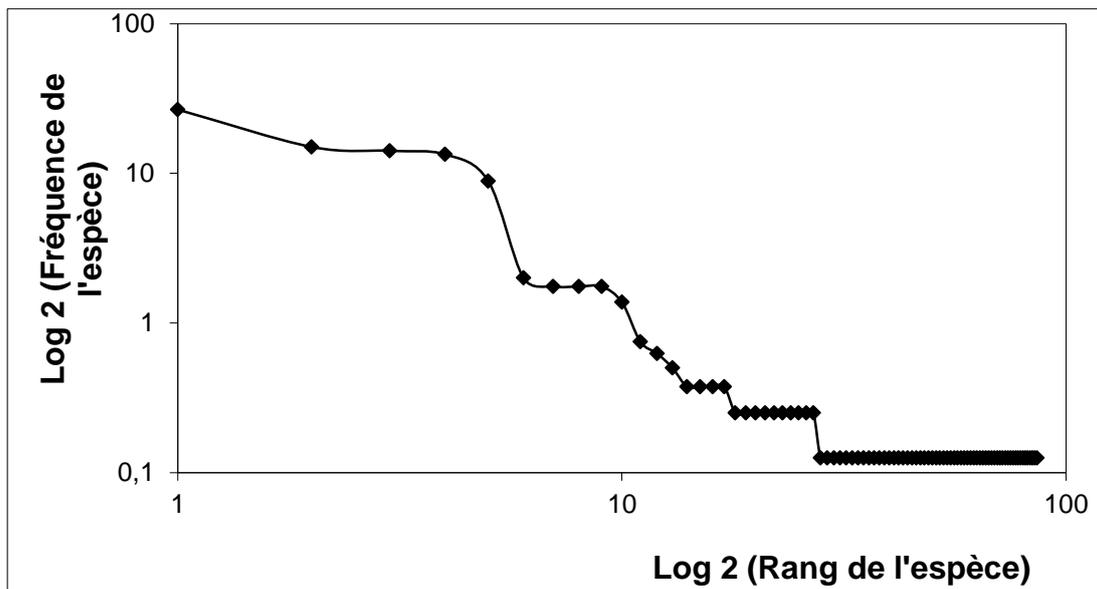


Fig. 40 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du lac de Barrage de Hamiz

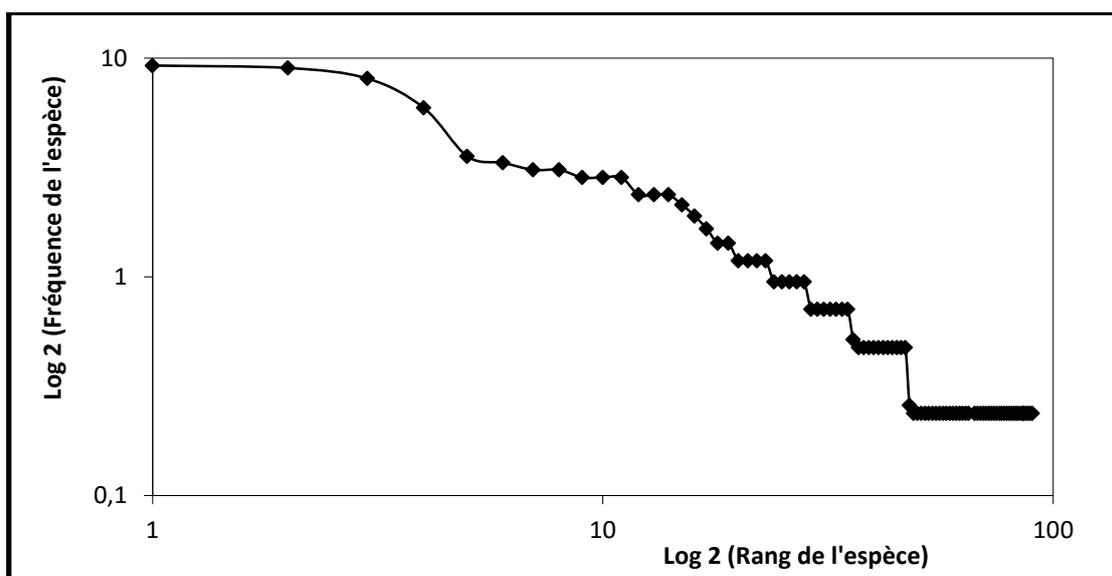


Fig. 41 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence de barrage de Beni Amrane

## II.6. Étude du peuplement ichthyologique :

L'ichtyofaune des eaux continentales d'Algérie est composée de 45 espèces appartenant à 19 familles. Parmi ces espèces, 29 sont autochtones et 16 sont des espèces introduites (IUCN, 2006).

Le peuplement ichthyologique qui a été pêché dans le barrage de Hamiz est d'un effectif de 6 individus représenté par 3 espèces de la même famille Cyprinidae. Par ailleurs, pour le barrage de Beni Amrane le peuplement ichthyologique représenté par une seule espèce de la famille de Cyprinidae d'un effectif global de 23 individus (Tab. 9) (Fig. 42).

Globalement et à l'image de l'ichtyofaune des eaux continentales du bassin méditerranéen, l'ichtyofaune des eaux continentales d'Algérie est caractérisée par la prédominance des Cyprinidae (Azeroual *et al.* 2000). En Algérie, cette famille représente 24% des espèces recensées et elle occupe pratiquement tous les étages bioclimatiques. Notons enfin que 44 % des espèces introduites en Algérie appartiennent à la famille des Cyprinidae.

**Tableau 9** : Les espèces capturées au niveau des différentes stations échantillonnées ans les barrages de Hamiz et de Beni Amrane

	Barrage de Hamiz			Barrage de Beni Amrane		
	Famille	Espèce	Nombre d'individus	Famille	Espèce	Nombre d'individus
Hiver	Cyprinidae	<i>Barbus callensis</i>	1	Cyprinidae	<i>Cyprinus carpio</i>	23
		<i>Cyprinus carpio</i>	1			
Printemps	Cyprinidae	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	1			
		<i>Cyprinus carpio</i>	3			

L'étude réalisée a permis de faire un premier inventaire qualitatif de l'ichtyofaune des deux barrages de Hamiz et de Beni Amrane. Cet inventaire se base sur des échantillonnages réalisés en périodes hivernale et printanière. Il serait nécessaire d'approfondir l'étude par des échantillonnages à d'autres saisons.

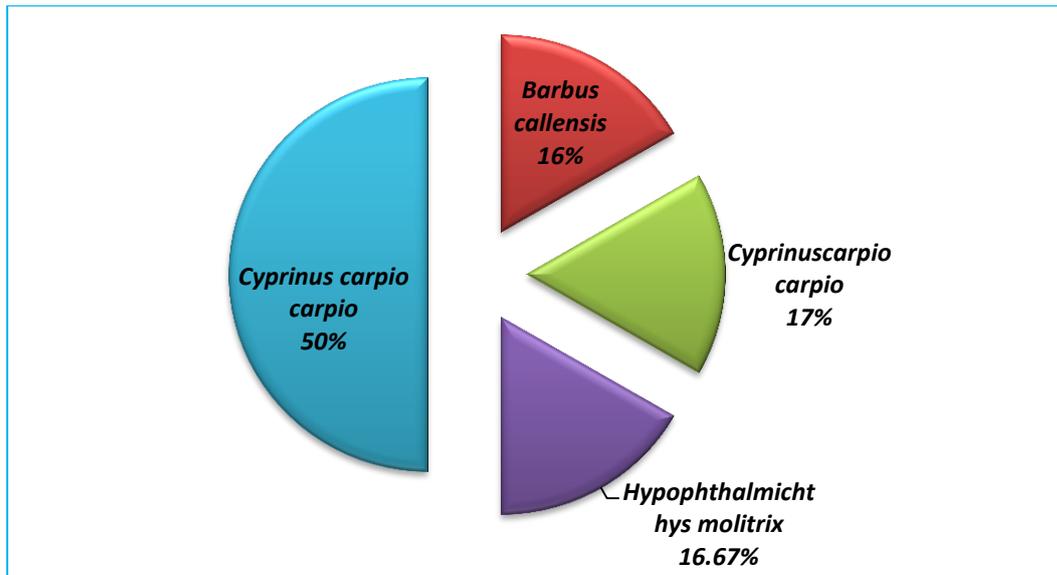


Fig. 42 : L'abondance de la faune ichthyologique dans le barrage de Hamiz

# **Conclusion**

## Conclusion

---

Le but de notre travail est l'étude de la diversité phytoplanctonique et ichthyologique dans les retenues des barrages de Hamiz et Beni Amrane (wilaya de Boumerdes), ainsi la mesure de quelques paramètres physico-chimiques dans le but de comprendre les facteurs influençant sur la biodiversité aquatique.

Au terme de ce travail nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

- ✚ Etude des paramètres physico-chimiques montre une augmentation légère de la température en fonction des saisons.
- ✚ Un pH basique compris entre 8,71 et 8,88 pour le barrage de Hamiz et 7.8 à 8.12 pour barrage de Beni Amrane.
- ✚ Un taux d'oxygène dissous située entre 8,79 et 10,63 mg/l pour le barrage de Hamiz, et de 4.66 à 7.78 mg/l pour le barrage de Beni Amrane.
- ✚ Une valeur varie entre 773 à 883  $\mu\text{s/cm}$  pour la conductivité de l'eau dans le barrage de Hamiz et une minéralisation élevée pour le barrage de Beni Amrane allant de 850 à 1214  $\mu\text{s/cm}$ .
- ✚ Les paramètres indicateurs de la pollution à savoir les nitrites, les nitrates, l'azote ammoniacal et les phosphates indiquent que, durant notre période d'étude, les eaux du barrage de Hamiz sont de très bonne qualité. Par ailleurs, les eaux du barrage de Beni Amrane sont de bonne qualité.
- ✚ L'étude phytoplanctonique montre que le barrage de Hamiz abrite **92** espèces appartenant aux six classes, dominées par les genres *Closterium* et *Oocystis* des Chlorophycées. Cette dernière classe forme la classe la plus diversifiées et la plus abondante dans ce barrage avec 42,77% de la communauté phytoplanctonique totale.
- ✚ Par ailleurs, l'étude phytoplanctonique, dans les eaux du barrage de Beni Amrane, montre que le site abrite **90** espèces dominées par les genres *Cryptomonas* et *Cyclotella*. Les Diatomophycées est la classe la plus diversifiée, soit 36,62% de la communauté phytoplanctonique totale.
- ✚ 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 de DRF montre que les deux barrages de Hamiz et Beni Amrane se trouvent dans le stade 2 indiquant la maturité des systèmes, c'est à dire qu'ils sont caractérisés par un nombre important d'espèce. Les indices de diversité et de régularité sont élevés et les courbes sont entièrement convexes, ce qui correspond à des écosystèmes matures.
- ✚ En plus des espèces indicatrices de la pollution, on a procédé à une évaluation de l'état trophique des deux barrages en les classant selon les critères de l'O.C.D.E (1982), qui se reposent sur la transparence de l'eau et la teneur en Chlorophylle « a », ce classement nous a ramené à déduire l'état trophique du barrage de Hamiz comme état eutrophe et le barrage de Beni Amrane est classé comme site état Hyper-eutrophe.
- ✚ L'étude ichthyologique montre que la famille des Cyprinidea domine dans les deux retenues avec une grande prolifération de *Cyprinus carpio*.

## *Conclusion*

---

A l'issue de cette étude et lors de l'interprétation des résultats, il est apparu utile de faire certaines suggestions en vue de l'amélioration de la qualité des eaux des deux milieux :

- ✓ Empêcher l'arrivée des effluents riches en éléments minéraux dans les barrages.
- ✓ Contrôler l'utilisation des engrais par les agriculteurs en les sensibilisant pour l'utilisation modérée des fertilisants.
- ✓ Introduit dans ces milieux des poissons phytophages comme le Barbeau ce qui diminuerait la pression piscicole sur le zooplancton, et augmenterait plutôt la pression trophique, cette méthode naturelle très efficace et qui ne produit aucun autre élément indésirable.
- ✓ Un suivi physico-chimique et biologique de l'eau est imposé sur une durée plus importante, afin de constituer une base de données sur ces sites, particulièrement le dosage du phosphore et l'azote total.
- ✓ Poursuivre l'étude du phytoplancton et étudier les autres maillons de la chaîne trophique. Ces aspects sont proposés, par le CNRDPA, dans le cadre des projets nationaux de recherche (2015-2020).

 **Références  
bibliographiques**

## *Références bibliographiques*

**Allalgua,A.,Kaouachi,N ., Boualeg , C.,etAyari ,A.(2017)**. Caracterisation Physico-Chimique Des Eaux Du Barrage Fom El-Khanga (Region De Souk-Ahras, Algerie).275p.

**ANBT(2018)**.Agence national des barrages et transfert .barrage de Hamiz et barrage Bani Amrane..

**Angelier, E., (2000)** . Écologie des eaux courantes, édition Tec & Doc. 84 p.

**Aouchiche, Met Salhi,M .(2013)**-les algues et la qualité de l'eau du barrage tchihaf (bejaia). Mémoire de master.63p.

**ArléryR,Grisollet ,et Guilement B,(1973)** .Climatologie(Méthodes et pratiques),Ed Gauther Villars paris France. 03-05p.

**Azizou A.et Madani H.,(2014)**.Contribution à l'étude climatique et bioclimatique du barrage Ghrib dans la wilaya d'Aindefla, UKhemis Miliana.42p.

**Bacha, M et Amara, R, (2007)**.les poissons des eaux continentales d'Algérie étude de l'ichtyo faune de la Soummam, cybium(31)3.353p.

**Barbault, R., (1992)**. Écologie des peuplements, structure, dynamique et évolution. Masson, Paris.

**Barbault ,R .(1995)**-Ecologie des peuplement.structure et dynamique de la biodiversité. 2ème tirage .Masson.paris MilonBarcelone. 15-19 p

**Bourrelly , (1985)**. Les algues d'eau douce: initiation à la systématique: les algues bleues et rouges. Les Eugléniens, Péridiniens et Cryptomonadines. Société nouvelle des éditions Boubée, Paris, 606 p.

**CCME ,(2011)**.Le conseil canadien de ministères de l'environnement, manuel des protocoles d'échantillonnage pour l'analyse de la qualité de l'eau au Canada .4p.

**Cemagref, (2007)**. Protocole standardisé d'échantillonnage, de conservation et d'observation du phytoplancton en plan d'eau. Rapport Cemagref. Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse. Lyon. 19 p.

**Dajoz ,( 1985)**. Précis d'écologie .Ed .DUNOD 5ème edition :505p

**Dajoz, (2000)** .précis d'écologie.7 ème édition Dunod

**Dreux P. (1974)**.Précis d'écologie. Ed. Presses Univ. France, Coll. le biologiste .

**El Haouati, H. (2009)**. Suivi des caractéristiques physico-chimiques et phytoplanctoniques du lac de Réghaia (Wilaya d'Alger). Thèse de Magister. U.S.T.H.B. 160 p.

## *Références bibliographiques*

- 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 Sciences. U.S.T.H.B. 242 p.
- Frontiers S. (1977).** — Réflexion pour une théorie des écosystèmes. Bull. Eco/. 8 (4) : 445-464 p.
- Germain, H., (1981).** Flore des diatomées : eaux douces et saumâtres. Société nouvelle des éditionsBoubée, Paris.
- Gray , R-D et kennedy,M.(1994).** perpetual constraintts on optimal for AGING. are ason for departures from the ideal free distribution Animal Behaviour 47 :469-471p.
- HuftyA,2005**—introduction à la climatologie .Ed .Québec, Canada. 235p.
- ILTIS ,(1996).**Les algues d'eau douce initiation à la systématique.Tome 1 :les algues vertes ,EditionN.Boubée et Cie3.place saint –andré-Des –ART ,part,PARIS-6EPb ,9-10p.
- John D. M., (1994).** Alternation of generations in algae: itscomplexity, maintenance and evolution. BiologyReview. 69: 275-291p.
- Khenter, K. 2017.**vulnérabilité multifactorielle à l'érosion hydrique du bassin versant du barrage de Baní Amrane (W.Boumerdes).Mémoire de master .école national supérieur de l'hydraulique Arbaoui Abdallah .Blida.
- Lacoste A.et Salanonr. ,2001-** éléments de biogéographie et d'écologie .2eme Edition Nathan université.300p.
- Leclercq, L, (2009).**L'erable, le phytoplancton des eaux douces ,2ème trimestre 14-19p.
- Lisec (2004).** “Contrôle van de fysicochemische kwaliteit van de viswaters van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest”, rapport effectué pour le compte de l'IBGE.
- Malmqvist, B et Rundle, S. (2002).** Threats to the running water écosystème of the world.Environmental Conservation 29 (in press).
- Mollo P .et Noury A .,(2013) .**Manuel du plancton C,lmayer ,paris,21 ,23-32p.
- Montpetit, A-N, (1897).**les poissons d'eau douce du canada .256et258, rue saint Park .Montréal .1-2p.
- Pielou, E.C., (1966).** The measurement of diversity in different types of biological collections. J. Theor. Biol. 13, 131–144p.
- Rachiq Saâd, (2003).** **Structure** et fonctionnement du peuplement phytoplanctoniques et capacités phototrophes des microalgues dans le réservoir Allal El Fassi (Maroc ),
- Ramade,F .,(2000).** Dictionnaire encyclopédique des pollutions – les polluants de l'environnement à l'homme. Edi science, Paris. 127-129-144 p.

## *Références bibliographiques*

**Rodier J., Bazin C., Broutin J-P., Chambon P., Champsaur H. et Rodi L. (1996).**  
L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eau de mer. 8e édition. Dunod,  
Paris.1383p

**Rodier, J., Bernard ,L, Nicole, M et Coll ,(2009)** Analyse de l'eau 9 éme  
édition, 790 p.

**Schlumberger O., Cadic N., Argillier C., et PROTEAU J-P, (2001)** . Les peuplements  
piscicoles en lacs : assemblages types et niveaux d'eutrophisation. Ingénierie N° 28.  
Cemagref, montpellier. 23 – 35 p.

**Sweeney B.W., Bott T. L., Jachson J. K., Kaplan L. A., Newbold J. D., Standley L.  
J.,Hession W. C. et Horwitz. R. J,( 2004).**Ripariandeforestation. streamnarrowing. And  
Joss of Stream écosystème service. Proc. Nall. Acadsei. USA 101:14132-14137.

**The River Continuum Concept. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**  
37:130-137 p.

**Vannote, R. L., G. W. Minshall, K. W. Cummings, J. R. Sedell, and C. E. Cushing.  
(1980).**

**Tableau 1 : Nitrites**  
**Méthode de dosage : Spectrophotométrie (Rodier, 2005)**

Elément	Réactifs	Mode opératoire	Expression des résultats
<i>Nitrites</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- réactif de zambelli.</li> <li>- Ammoniaque pure.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Prendre 50 ml de l'eau à analyser.</li> <li>- ajouter 2 ml de réactif de zambelli.</li> <li>-agiter et laisser reposer 10mn.</li> <li>-ajouter 2 ml de Ammoniaque pure.</li> <li>- mesurer l'absorbance à la longueur d'onde de 435 nm.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-La teneur en nitrites exprimée en mg/l.</li> </ul>

**Tableau 2 :Nitrates**

**Méthode de dosage : Spectrophotométrie (Rodier, 2005).**

Elément	Réactifs	Mode opératoire	Expression des résultats
<i>Nitrates</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Solution de salicylate de sodium.</li> <li>- Acide sulfurique concentré.</li> <li>- Solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prendre 10 ml de l'eau à analyser.</li> <li>- Ajouter 1 ml de solution de salicylate de sodium.</li> <li>-Agiter et laisser reposer 10mn.</li> <li>-Evaporer à sec et laisser refroidir.</li> <li>-Reprendre le résidu par 1 ml d'acide sulfurique concentré, attendre 10mn.</li> <li>-Ajouter 15ml d'eau distillé puis 10 ml de solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium.</li> <li>- Mesurer l'absorbance à la longueur d'onde de.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-La teneur en nitrates exprimée en mg/l.</li> </ul>

Tableau 3 : Phosphates

Méthode de dosage : Colorimétrie (Rodier et *al.*, 2005).

Elément	Réactifs	Mode opératoire	Expression des résultats
<b>Phosphates</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Solution de molybdate d'ammonium</li> <li>- Solution d'oxytatrate de potassium et d'antimoine</li> <li>- Acide sulfurique</li> <li>-Acide ascorbique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Préparer le mélange des réactifs</li> <li>- Ajouter le mélange aux échantillons</li> <li>- Attendre 30 mn et mesurer l'absorbance à 885nm.</li> </ul>	La teneur en phosphates exprimée en mg/l

Tableau 4: Azote ammoniacal

Méthode de dosage : Spectrophotométrie (Rodier et *al.*, 2005).

Elément	Réactifs	Mode opératoire	Expression des résultats
Azote ammoniacal	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Solution de phénol</li> <li>-Nitroprussiate de sodium (Réactifs 1).</li> <li>-Solution d'alcaline d'hypochlorite (Réactif 2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Prendre 100 ml d'échantillon</li> <li>-Ajouter 3 ml de réactifs 1, boucher et agiter pour mieux homogénéiser</li> <li>-Ajouter 3 ml du réactifs 2 boucher et agiter puis le placer à l'abri de la lumière pendant 6 à 8h à une température ambiante</li> <li>-Mesurer l'absorbance à la longueur d'onde 630nm</li> </ul>	-La teneur en azote ammoniacal exprimée en mg/l

## ● **Annexe II**

---

**Photos de barrage Hamiz et Beni Amrane**

**Barrage de Hamiz**



**Barrage de Hamiz station (E) photos prise le mois d'Avril**



**Barrage de Hamiz station (B) photos prise le mois d'Avril**



**Barrage de Hamiz Station(A) photos prise le mois d'Avril**



**Barrage de Hamiz station(F)  
photos prise le mois d' Avril**



**Barrage de Hamiz station (B) photos prise  
le mois d' Février**



**Barrage de Hamiz station (C) photos prise le mois  
d' Février**

**Photos de Barrage Beni Amrane**



**Barrage de Beni Amrane**



**Barrage de Beni Amrane station(A) photos prise le mois d' Avril**



**Barrage de Beni Amrane station (C) Photos prise le mois d'Avril**



**Fig.7 : Balance**



**Fig.8: Hote**



Fig.1:Analyseur multiparamètre de type W.T.W340i



Fig.2:Disque de Secchi



Fig.3:plaque chauffante



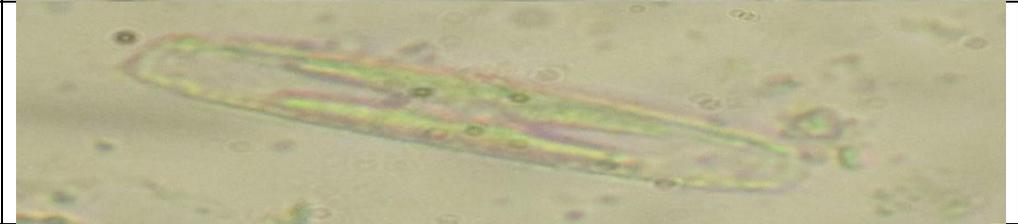
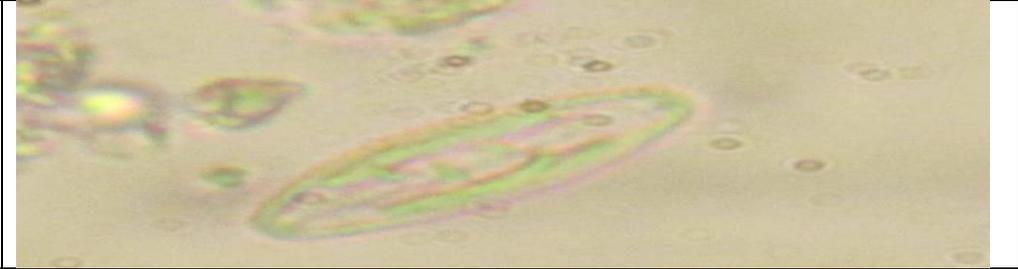
Fig.4:Spectrophotomètre

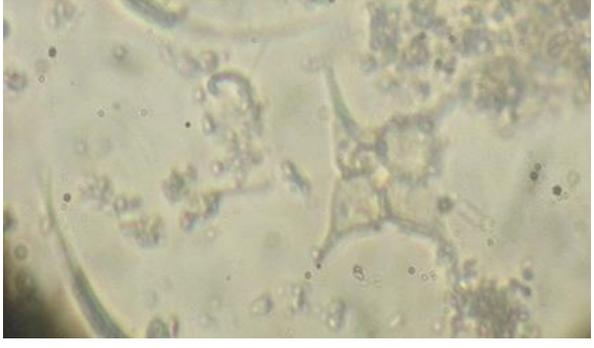
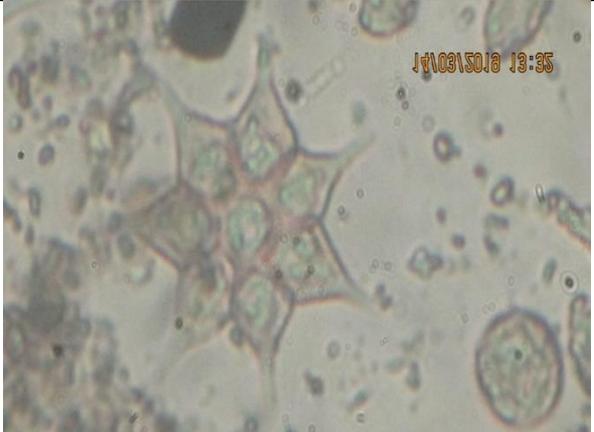


Fig.5:pH mètre



Fig.6: Microscope inversé

<i>Fragilaria.sp</i>	 Micrograph showing a long, slender, spindle-shaped diatom with a central longitudinal line and numerous small, circular pores along its length.
<i>Surirella.sp</i>	 Micrograph showing a long, spindle-shaped diatom with a central longitudinal line and numerous small, circular pores along its length.
<i>Fragilaria minima</i>	 Micrograph showing a long, spindle-shaped diatom with a central longitudinal line and numerous small, circular pores along its length.
<i>Trachelomonas hispida</i>	 Micrograph showing a large, oval-shaped diatom with a central longitudinal line and numerous small, circular pores along its length.
<i>Stephanodiscus cf. neoastraea</i>	 Micrograph showing several circular diatoms with a central longitudinal line and numerous small, circular pores along its length.

<p><i>Pediastrum simplea</i> var <i>echinulatum</i></p>	
<p><i>Oocystis marssonii</i></p>	
<p><i>Pediastrum simplex</i></p>	
<p><i>Starrastrum</i> sp</p>	

## Annexes II

*cf. Diploneis*

