

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université SAAD DAHLEB de Blida 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie et Physiologie Cellulaire
Laboratoire de Recherche Biotechnologies, Environnement et Santé



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'Obtention du Diplôme de Master II

Filière : Hydrobiologie Marine et Continentale

Option : Ecosystèmes Aquatiques

Thème

Étude de l'état trophique de quatre lacs du Nord-Ouest algérien (Beni Bahdel, Ouizert, Ghrib et Harreza)

Présenté par :

BOUSSEBAA Hasna

CHERBI Saliha

Devant le jury :

- | | | | |
|-------------------------------|-----|-------------|---------------|
| • Mme HAMAIDI F. | MCA | U.S.D.B | Présidente |
| • Mme BELMESKINE H. | MCB | U.S.D.B | Examinatrice |
| • Mme GUECHAOUI EL-HAOUATI H. | MRB | C.N.R.D.P.A | Promotrice |
| • Mme KHETTAR S. | MAA | U.S.D.B | Co-promotrice |

Promotion 2017- 2018

RESUME

L'eutrophisation est un aspect qui existe dans la nature mais peut devenir un problème lorsque les conditions sont favorables aux facteurs qui déclenchent ce phénomène.

Notre étude consiste à relier les caractéristiques environnementales aux structures des communautés phytoplanctoniques des quatre lacs de barrage (Beni Bahdel, Ouizert, Ghrib et Harreza), qui se trouve dans l'Algérie Occidentale, pour déterminer les états trophiques de ces milieux.

Le suivi de l'évolution des dix paramètres abiotiques effectués (température, potentiel Hydrogène, oxygène dissous, salinité, conductivité, transparence, nitrites, nitrates, phosphates et azote ammoniacal) et les paramètres biotiques (évaluation quantitative et qualitative de la diversité des peuplements phytoplanctoniques et la chlorophylle « a ») sur des échantillons prélevés au rythme saisonnier par le personnel du CNRDPA durant l'année 2017, dans 5 stations représentatives de chaque barrage, permet d'essayer de comprendre les mécanismes fonctionnels et dynamiques des eaux des quatre barrages et d'en apprécier leurs qualités.

Les résultats des paramètres abiotiques montrent que les eaux du barrage de Béni Bahdel sont classées comme des eaux de mauvaise qualité et elles sont localisées dans l'état trophique « Hyper-eutrophe ». L'étude phytoplanctonique montre que les genres les plus abondants sont *Chlorella* et *Oscillatoria*.

Par ailleurs, les eaux du barrage d'Ouizert, sont classées comme des eaux de mauvaise qualité aussi et se trouvent dans l'état trophique « Hyper-eutrophe ». Les genres *Cryptomonas* et *Oscillatoria* sont considérés comme les plus abondants.

Enfin, les eaux des barrages de Ghrib et Harreza, sont classées comme des eaux de bonne qualité et se trouvent dans l'état trophique « eutrophe », le genre *Nitzschia* est considéré comme le plus abondant.

Mot clés : Eutrophisation, phytoplancton, éléments nutritifs, lacs de barrage.

ملخص

التخثت هو جانب موجود في الطبيعة ولكنه يمكن أن يصبح مشكلة عندما تكون الظروف مواتية للعوامل التي تسبب هذه الظاهرة.

ترتكز دراستنا على ربط الخصائص البيئية بهياكل مجتمعات العوالق النباتية لبحيرات السدود الأربعة (بني بهدل، ويزغت غريب وحريزة)، لتحديد الحالات التغذوية لهذه البحيرات من السدود.

مراقبة تطور المعلمات الغير الحيوية العشرة (درجة الحرارة، إمكانات الهيدروجين، الأكسجين المذاب، الملوحة، التوصيلية، الشفافية، النتريت، النترات، الفوسفات والنيتروجين الأموني) والمعلمات الحيوية (التقييم الكمي والنوعي لتنوع الأكشاك النباتية) وتم جمع الكلوروفيل "أ" على عينات بمعدل موسمي خلال عام 2017، في 5 محطات ممثلة لكل سد، مما يجعل من الممكن محاولة فهم الآليات الوظيفية والديناميكية لمياه السدود الأربعة، نقدر صفاتهم.

تظهر نتائج المعلمات غير الحيوية أن مياه سد بني بهدل تصنف على أنها مياه ذات نوعية رديئة وتقع في الحالة التغذوية فرط التغذية تظهر دراسة العوالق النباتية أن الأجناس الأكثر وفرة هم " *Chlorella et Oscillatoria* ".

بالإضافة إلى ذلك، تصنف مياه سد ويزغت على أنها مياه ذات نوعية رديئة وتوجد في الحالة الغذائية "فرط التغذية"، وتعتبر الاجناس *Oscillatoria* و *Cryptomonas* الأكثر وفرة.

في النهاية، تصنف مياه سدي غريب وحريزة على أنها مياه ذات نوعية جيدة وتوجد في الحالة التغذوية "حسن التغذية"، ويعتبر جنس *Nitzschia* الأكثر وفرة.

الكلمات المفتاحية: المغذيات، العوالق النباتية، المغذيات، بحيرات السد

ABSTRACT

Eutrophication is an aspect, which exists in nature. However, it can become a problem when the conditions are favorable for the factors that trigger this phenomenon.

Our study is based on linking the environmental characteristics to the structures of the phytoplankton communities of the four dam lakes (Beni Bahdel, Ouizert, Ghrib and Harreza), to determine the trophic states of these dams lakes.

Monitoring the evolution of the ten abiotic parameters (temperature, hydrogen potential, dissolved oxygen, salinity, conductivity, transparency, nitrites, nitrates, phosphates and ammoniacal nitrogen) and the biotic parameters (quantitative and qualitative evaluation of the diversity of phytoplanktonic stands and chlorophyll "a") performed on samples, which were collected at the seasonal rate during the year 2017 from 5 representative stations of each dam. This makes it possible to try to comprehend the functional and dynamic mechanisms of the waters of these four dams as well as to consider their qualities.

The results of the abiotic parameters show that the waters of the Beni Bahdel dam are classified as poor-quality waters and they are located in the trophic state "Hyper-eutrophic". The phytoplankton study shows that the most abundant genera are *Chlorella* and *Oscillatoria*.

Similarly, the waters of Ouizert dam are considered to be of a poor-quality water and they are in the trophic state "Hyper-eutrophic". The genera *Cryptomonas* and *Oscillatoria* are considered the most abundant.

In the end, regarding Ghrib and Harreza dams, their waters are classified to be of a good quality and they are in the trophic state "eutrophic". The genus *Nitzschia* is considered the most abundant.

Key words: Eutrophication, phytoplankton, nutrients, dam lakes

Remerciements

Au terme ce travail, nous tenons à remercier en premier lieu Dieu de nous avoir donné la force la santé, le courage, la volonté et la patience pour mener à bien ce travail.

Nous adressons mes plus sincères remerciements à Mme El-Haouati H., pour nous avoir encadrée, pour ces conseils précieux et pour toutes les commodités et aisances qu'elle m'a apportée durant notre stage de préparation du mémoire de fin d'étude.

Ainsi que toute l'équipe du Centre Nationale de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (CNRDPA) en particulier Mr. GUECHAOUI M.

Nous remercierons vont également à tous les membres jury, pour avoir accepté d'en Faire partie et pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce mémoire.

A Mme Hamaidi F. chef d'option d'avoir accepté de présider le jury, et donne cette chance étudier cette magnifique spécialité et d'être toujours à nos côtés quand on a besoin.

A Mme Belmeskine h chargé de cours à la faculté des sciences biologiques à U.S.D.B, d'avoir accepté de faire partie du jury, et examiner le travail.

Mes remerciements les plus vifs à Mme Khetar Sihem notre Co-promotrice pour tous ces efforts fournis.

Nous remercierons également, l'ensemble du personnel de l'ANBT et l'ONM, ainsi que toute l'équipe de laboratoire du Dynamique et Biodiversité de la faculté des Sciences Biologique, Université de l'USTHB.

Nous expirons également notre gratitude à Mr. ANNANE R., Directeur du CNRDPA d'avoir accepté d'effecteur notre travail au centre de recherche, ainsi ceux qui ont contribué de près on de loin à la réalisation de ce travail.



Dédicaces

À MES CHERS PARENTS Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.

A ma binôme Cherbi Salîha et à toute sa famille.

Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, à mon frère, mes tantes, mes oncles, mes cousins et sans oublié ma grand-mère et ma grand- père que j'aime, je dédie ce travail dont le grand plaisir leurs revient en premier lieu pour leurs conseils, aides, et encouragements.

Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, mes aimables amis et sœurs de cœur, Hadjer et Khadîja.

Et bien sûr à toute la promo 2018 d'Ecosystèmes Aquatiques

Liste des abréviations

A.N.B.T : Agence Nationale des Barrages et des Transferts.

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

D.R.F. : Diagramme Rang Fréquence.

J.O.R.A : Journal Officiel de la République Algérienne.

M.O : Matière organique

O.N.M : Office National de la Météorologie.

TABLE DES MATIERES

Liste des Figures	
Liste des Tableaux	
Introduction.....	01

Chapitre I : Généralités

Parties 1 : Généralités sur l'eutrophisation

I.1.1 Définition de l'eutrophisation	02
I.1.2 Phases de l'eutrophisation dans un plan d'eau	03
I.1.3 Indicateurs d'état trophique.....	04
I.1.3.1 Indicateurs biotopiques.....	04
I.1.3.1.1 Bilan d'oxygène	04
I.1.3.1.2 Transparence.....	04
I.1.3.1.3 Index morphométriques.....	04
I.1.3.1.4 Nutriments.....	04
I.1.3.2 Indicateur biologique.....	05
I.1.3.2.1 Phytoplancton caractéristique des eaux eutrophes.....	05
I.1.4 Facteurs affectant le degré d'eutrophisation.....	06
I.1.4.1 Facteurs naturels.....	06
I.1.4.1.1 Climat.....	06
I.1.4.1.2 Hydrologie.....	07
I.1.4.1.3 Géologie et topographie du bassin versant.....	07
I.1.4.2 Facteurs humaines.....	07
I.1.4.2.1 Sources ponctuelles.....	07
I.1.4.2.2 Sources diffuses.....	07
I.1.5 Conséquences de l'eutrophisation.....	08
I.1.6 Risques toxicologiques de l'eutrophisation.....	08
I.1.6.1 Risques pour les animaux.....	08
I.1.6.2 Risque de toxicités algales.....	09
I.1.6.3 Risques des algues parasites.....	09

Partie 2 : Présentation des sites d'étude

I.2.1 Présentation des sites d'étude.....	10
I.2.1 Barrage de Beni Bahdel.....	10
I.2.1.1 Situation géographiques	10

I.2.1.2 Géologie du site.....	11
I.2.1.3 Hydrologie du barrage.....	11
I.2.2 Barrage Ouizert.....	12
I.2.2.1 Situation géographiques	12
I.2.2.2 Géologie du site	12
I.2.2.3 Hydrologie du barrage.....	13
I.2.3 Barrage de Ghrib.....	13
I.2.3.1 Situation géographiques	13
I.2.3.2 Géologie du site.....	14
I.2.3.3 Hydrologie du barrage.....	14
I.2.4 Barrage de Harreza.....	15
I.2.4.1 Situation géographiques	15
I.2.4.2 Géologie du site	15
I.2.4.3 Hydrologie du barrage.....	15
I.2.5 Données hydro morphométriques des barrages étudiées.....	16
I.2.6 Climatologie	16
I.2.6.1 Température	16
I.2.6.2 Précipitation	18
I.2.6.3 Humidité	18
I.2.6.4 Vent.....	19
I.2.6.5 Synthèses Climatiques	20
I.2.6.5.1 Diagramme Ombrothermique	20
I.2.6.5.2 Quotient pluviométrique d'EMBERGER	22

Chapitre II : Matériel et Méthodes

II.1 Matériel	24
II.2 Méthodes	24
II.2.1 Choix des stations de prélèvement.....	24
II.2.2 Prélèvement de l'eau.....	26
II.2.3 Conservation et analyse de l'échantillon d'eau.....	27
II.2.4 Paramètres abiotiques.....	27
II.2.4.1 Paramètres in situ	27
II.2.4.2 Paramètres ex-situ.....	28
III.2.4.2.1 les sels nutritifs.....	28
II.2.5 Paramètres biotiques.....	29

II.2.5.1 Chlorophylle a.....	29
II.2.5.2 Etude de phytoplancton.....	29
II.2.5.2.1 Préparation de l'échantillon.....	29
II.2.5.2.2 Identification et comptages des paramètres biologiques.....	29
II.2.5.2.3 Indice écologique.....	30
II.2.5.2.4 Etude statistique.....	31

Chapitre III : Résultats et Discussion

III.1 Paramètres abiotiques..	33
III.1.1 Température.....	33
III.1.2 Potentiel d'hydrogène	34
III.1.3 Conductivité électrique	35
III.1.4 Salinité	37
III.1.5 Transparence de l'eau.....	38
III.1.6 Oxygène dissous.....	39
III.1.7 Taux de saturation.....	40
III.1.8 Sels nutritifs	41
III.1.8.1 Nitrites NO ₂ ⁻	41
III.1.8.2 Nitrates.....	42
III.1.8.3 Azote ammoniacal NH ₄ ⁺	43
III.1.8.4 Phosphates PO ₄ ⁺	45
III.2.1. Synthèse sur les paramètres abiotiques.....	46
III.2.2 Détermination de l'état trophique des milieux	47
III.3 Etude des paramètres biotiques.....	48
III.3.1 Chlorophylle « a »	48
III.3.2 Etude du peuplement phytoplanctonique.....	49
III.3.2.1 Etude qualitative du peuplement.....	49
III.3.2.2 Evolution spatio-temporelle de la diversité spécifique.....	57
III.3.2.3 Analyse du diagramme de Frontier (Diagramme Rang Fréquence).....	61
Conclusion	65

Références bibliographiques

Annexes

Liste des figures

Fig. 01 : Schéma explicatif du phénomène d'eutrophisation (Anonyme, 2018).....	2
Fig.02 : Schéma des principales phases de l'eutrophisation des eaux (Ramade, 2005).....	3
Fig. 03 : Localisation des sites étudiés sur la carte du Nord Algérien (Remini et <i>al.</i> , 2009, Modifiée).....	10
Fig. 04 : Situation géographique du barrage de Beni Bahdel (Google Earth, 2018, modifiée).....	10
Fig. 05 : Principales sources d'alimentation du Barrage de Beni Bahdel (Nekkache Ghenim et <i>al.</i> , 2010).....	11
Fig. 06 : Situation géographique du barrage d'Ouizert (Google Earth, 2018, modifiée).....	12
Fig. 07 : Principales sources d'alimentation du barrage d'Ouizert (El Mahi et <i>al.</i> , 2012, modifiée).....	13
Fig. 08 : Situation géographique du barrage de Ghrib (Google Earth, 2018, modifiée).....	13
Fig. 09 : Principe source d'alimentation du barrage de Ghrib (Kheddami, 2007, modifiée).....	14
Fig. 10 : Situation géographique du barrage de Harreza (Google Earth, 2018, Modifiée).....	15
Fig. 11 : Variation mensuelle de la température de la région de Tlemcen (2006-2015).....	17
Fig. 12 : Variation mensuelle de la température de la région de Mascara (2006-2015).....	17
Fig. 13 : Variation mensuelle de la température de la région de Miliana (2006-2015).....	17
Fig. 14 : Régime de la pluviométrie mensuelle des régions Tlemcen, Mascara et Miliana pour la période (2006-2015).....	18
Fig. 15 : Variation moyenne mensuelle du taux d'humidité des régions Tlemcen, Mascara et Miliana pour la période (2006-2015).....	19
Fig. 16 : Variation mensuelle de la vitesse du vent des régions Tlemcen, Mascara et Miliana pour la période (2006-2015).....	20

Fig. 17 : Diagramme Ombrothermique de la wilaya de Tlemcen.....	21
Fig. 18 : Diagramme Ombrothermique de la wilaya de Mascara.....	21
Fig. 19 : Diagramme Ombrothermique de région de Miliana.....	22
Fig. 20 : Localisation des régions d'étude (Tlemcen, Mascara et Miliana) sur le climagramme d'Emberger.....	23
Fig. 21 : Répartition des stations d'échantillonnage sur les barrages étudiés ; barrage de Beni Bahdel (1), Ouizert (2), Ghrib (3), Harreza (4).....	26
Fig. 22 : Evolution des diagrammes rangs-fréquences au cours d'une succession (Frontier, 1969).....	32
Fig. 23 : Variation saisonnière de la température de l'eau dans les barrages : Beni Bahdel (1), Ouizert (2), Ghrib (3) et Harreza (4).....	33
Fig. 24 : Variation saisonnière de la température de l'air dans les barrages : Beni Bahdel (1), Ouizert (2), Ghrib (3) et Harreza (4).....	34
Fig. 25 : Variation saisonnière du potentiel d'hydrogène dans les barrages : Beni Bahdel (1), Ouizert (2), Ghrib (3) et Harreza (4).....	35
Fig. 26 : Variation saisonnière de la conductivité électrique dans les barrages : Beni Bahdel (1), Ouizert (2), Ghrib (3) et Harreza (4).....	36
Fig. 27 : Variation saisonnière de la salinité dans les barrages : Beni Bahdel (1), Ouizert (2), Ghrib (3) et Harreza (4).....	37
Fig. 28 : Variation saisonnière de la transparence dans les barrages : Beni Bahdel (1), Ouizert (2), Ghrib (3) et Harreza (4).....	38
Fig. 29 : Variation saisonnière de L'oxygène dissous dans les barrages : Beni Bahdel (1), Ouizert (2), Ghrib (3), et Harreza (4).....	39
Fig. 30 : Variation saisonnière de taux de saturation d'oxygène : Beni Bahdel (1), Ouizert (2), Ghrib (3) et Harreza (4).....	40
Fig. 31 : Variation saisonnière du nitrite : Beni Bahdel (1), Ouizert (2), Ghrib (3) et Harreza (4).....	41
Fig. 32 : Variation saisonnière du nitrate : Beni Bahdel (1), Ouizert (2) et Harreza (3).....	43
Fig. 33 : Variation saisonnière de l'azote ammoniacal : Beni Bahdel (1), Ouizert (2), Ghrib (3) et Harreza (4).....	44

Fig. 34 : Variation saisonnière du phosphate : Beni Bahdel (1), Ouizert (2), Ghrib (3) et Harreza (4).....	45
Fig. 35 : Variation saisonnière de la chlorophylle a : Beni Bahdel (1), Ouizert (2), Ghrib (3) et Harreza (4).....	48
Fig. 36 : Variation des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le barrage de Beni Bahdel.....	50
Fig. 37 : Variation des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le barrage d'Ouizert.....	52
Fig. 38 : Variation des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le barrage de Ghrib.....	54
Fig. 39 : Variation des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le barrage de Harreza.....	56
Fig. 40 : Variation de la richesse spécifique (S) et l'indice de Shannon (H') du barrage de Beni Bahdel.....	57
Fig. 41 : Variation de l'indice de Shannon (H') et d'Equitabilité (R) du barrage de Beni Bahdel.....	58
Fig. 42 : Variation de la richesse spécifique (S) et l'indice de Shannon (H') du barrage d'Ouizert.....	58
Fig. 43 : Variation de l'indice de Shannon (H') et d'Equitabilité (R) du barrage d'Ouizert.....	59
Fig. 44 : Variation de la richesse spécifique (S) et l'indice de Shannon (H') du barrage de Ghrib.....	59
Fig. 45 : Variation de l'indice de Shannon (H') et d'Equitabilité (R) du barrage de Ghrib.....	60
Fig. 46 : Variation de la richesse spécifique (S) et l'indice de Shannon (H') du barrage de Harreza.....	60
Fig. 47 : Variation de l'indice de Shannon (H') et d'Equitabilité (R) du barrage de Harreza.....	61
Fig. 48 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du barrage de Beni Bahdel dans les saisons ; (a) hiver, (b) printemps, (c) été et (d) automne.....	62
Fig. 49 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du barrage d'Ouizert dans les saisons ; (a) hiver, (b) été et (c) automne	63

Fig. 50 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du barrage de Harreza dans les saisons ; (a) hiver, (b) été.....	63
Fig. 51 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du barrage de Ghrib dans les saisons ; (a) hiver, (b) printemps, (c) été et (d) automne.....	64

Liste des tableaux

Tableau I : Particularités des plans d'eau oligotrophes et eutrophes.....	06
Tableau II : Données hydromorphométriques des barrages étudiés	16
Tableau III : Valeurs de Q_2 de trois wilayas (Tlemcen, Mascara et Miliana).....	22
Tableau IV : Calendrier des prélèvements.....	24
Tableau V : Situation des stations d'échantillonnage dans les quatre barrages étudiés ..	25
Tableau VI : Normes de qualité des eaux des masses d'eau naturelles (SEQ-Eau) (2014)	46
Tableau VII : Etat trophique des eaux des barrages étudiés selon l'O.C.D.E. (1982).....	47

Introduction générale

INTRODUCTION

L'Algérie est l'un des pays où la disponibilité de l'eau est limitée alors que les besoins sont en forte croissance. Cette croissance est due à l'explosion démographique, aux développements industriels et agricoles ainsi qu'à la sécheresse. Pour faire face à cette pénurie, la construction de barrages semble être la solution la plus adaptée pour répondre aux différents besoins (**Bouzi-Lagh et Djelita, 2012**).

Mais ces dernières années les rejets des eaux usées d'origine urbaine et industrielle ont augmenté dans les oueds. Ceci constitue une menace pour la qualité des ressources en eau dans les barrages. En plus de ces rejets, le dépôt des sédiments dans les retenues de barrages génère l'eutrophisation des eaux de retenues (**Remini, 2005**).

L'eutrophisation c'est le passage artificiel, par pollution d'origine humaine, à l'état eutrophe ou hypertrophe. Elle se caractérise par une production primaire excessive, et un déséquilibre entre les consommateurs et les décomposeurs au détriment des premiers (**Crouzet et Bertru, 1987**).

Elle est généralement considérée comme indésirable, car un milieu eutrophe présente des caractéristiques rarement compatibles avec les utilisations auxquelles il est destiné (eau potable, irrigation, loisirs). La détermination des états trophiques d'un milieu est donc indispensable pour rendre les eaux de ce dernier utiles.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail, dont le principal objectif est de déterminer les états trophiques de quatre lacs de barrage situés dans les bassins hydrographiques de l'Algérie occidentale : le barrage de Beni Bahdel dans la wilaya de Tlemcen, le barrage de Ouizert à Mascara, les deux barrages de Ghrib et Harreza dans la wilaya de Aïn Defla. Ce classement est effectué en recensant les espèces phytoplanctoniques existantes dans ces milieux en relation avec le changement des caractéristiques environnementales.

Certain de ces plans d'eau ont fait l'objet de travaux antérieurs, parmi lesquels nous citons ceux de Kedaid (2001), Hebbache et Khatter (2005), Khedam (2007), Hamaidi (2012), Hamil (2014), Attal (2014), Miliani (2015), El Haouati (2015), Bouamra (2017).

Notre travail comporte trois chapitres : En premier chapitre, une synthèse bibliographique divisée en deux parties, une première partie définissant le phénomène d'eutrophisation ; et la seconde partie est consacrée à la présentation des milieux d'étude : géologie, hydrologie et climatologie. En deuxième chapitre, nous avons détaillé les différentes méthodes suivies et le matériel utilisé dans la réalisation de ce travail. Dans le dernier chapitre, une présentation des résultats recueillis au cours des quatre campagnes de prélèvement (prélèvement saisonnier) et dans les 20 points d'échantillonnage avec des discussions. Enfin une conclusion générale.

● Chapitre I :
Synthèse bibliographique

I.1 Généralités sur l'eutrophisation

I.1.1 Définition de l'eutrophisation

L'eutrophisation des écosystèmes est un phénomène résultant de l'enrichissement des eaux en sels minéraux nutritifs, principalement l'azote et le phosphore. Il en résulte une augmentation de la végétation aquatique, de macroalgues et de microalgues (phytoplanctons) qui constituent le premier maillon de la quasi-totalité des chaînes alimentaires aquacoles (Chahout, 2013).

Les proliférations végétales si elles ne sont pas dispersées par les courants ou consommées par les herbivores ; s'accumuleront puis se décomposent sous l'action bactérienne avec consommation d'oxygène néfaste pour la faune (Fig. 01). La poursuite de la dégradation bactérienne en anaérobiose productrice de molécules indésirables (CO_2 , SH_2 , NH_3 , CH_4), qui sont toxiques pour l'environnement aquatique (Lacaze, 1996).

L'eutrophisation est donc très fréquemment le premier stade d'une évolution vers une destruction de la flore et de la faune, c'est-à-dire vers un état pathologique des milieux aquatiques. Ce dernier stade, qualifié de dystrophique (Aubert et Aubert, 1986).

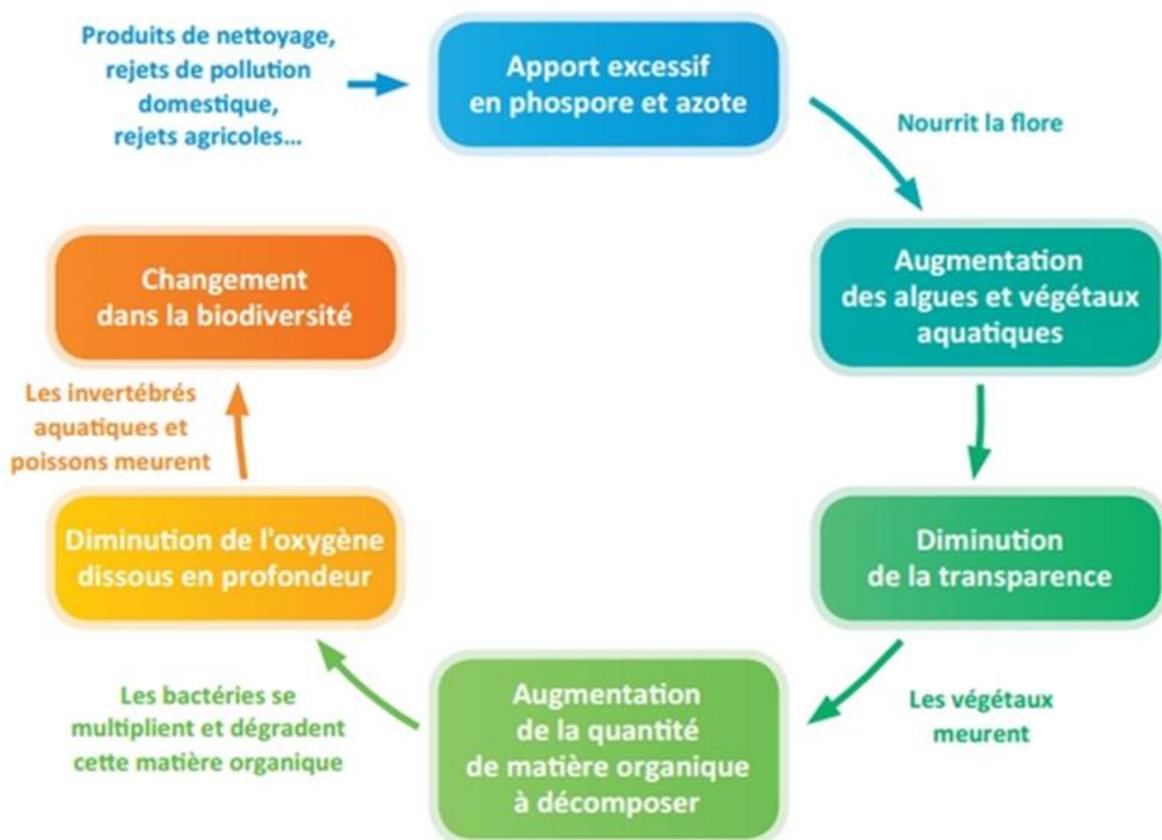


Fig. 01 : Schéma explicatif du phénomène d'eutrophisation (Anonyme, 2018)

I.1.2 Phases de l'eutrophisation dans un plan d'eau

L'eutrophisation se traduit d'abord par une modification de la composition de la flore au niveau des algues et éventuellement des macrophytes. On observe une réduction de la diversité des espèces présentes, et la prolifération de certains groupes d'algues. La prolifération de la matière végétale en suspension diminue la transparence de l'eau, certaines espèces proliférant peuvent libérer des toxines dans le milieu. La décomposition de la matière végétale morte accumulée sur le fond provoque un abaissement spectaculaire du taux d'oxygène disponible dans les eaux profondes et libère de l'ammoniac (**Chahout, 2013**).

Le schéma ci-dessous (Fig. 02) explique les principales phases de l'eutrophisation.

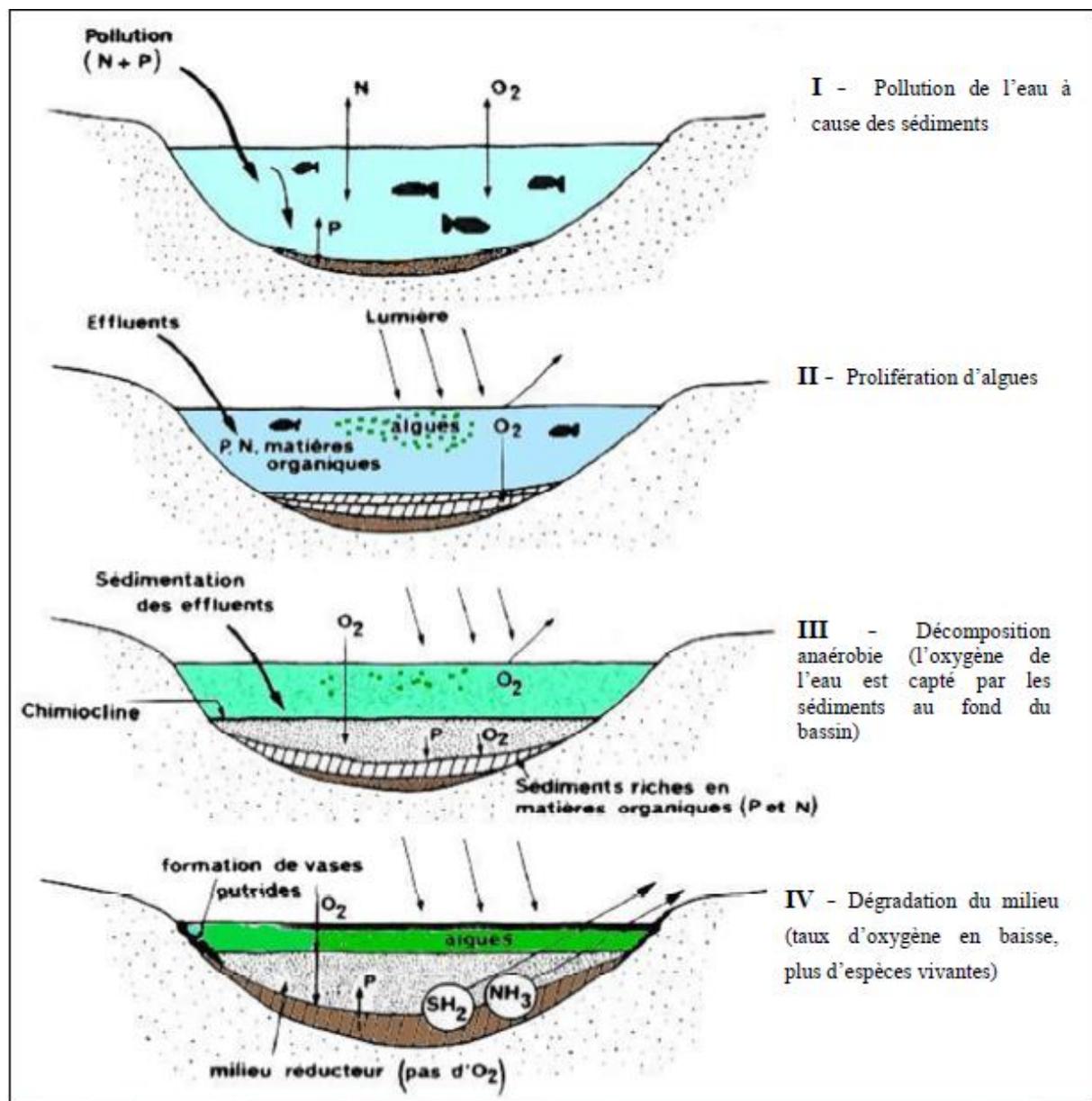


Fig. 02 : Schéma des principales phases de l'eutrophisation des eaux (**Ramade, 2005**)

I.1.3 Indicateurs d'état trophique

I.1.3.1 Indicateurs biotopiques

I.1.3.1.1 Bilan d'oxygène

L'oxygène est un indicateur écologique essentiel qui varie en fonction de la température. Il s'introduit dans l'eau par la photosynthèse et les échanges avec l'atmosphère, pour les besoins de la respiration des organismes vivants et les mécanismes de la dégradation oxydatives des composés azotés, phosphores et des matières organiques carbonées (**Barnabe, 1989**). Le taux d'oxygène dissous dans une eau détermine la nature de l'écosystème aquatique (**Bontoux, 1993**), car la plupart des animaux et des organismes vivants ne peuvent survivre sans la présence de l'oxygène dissous (**Bliefert et Perraud, 2001**).

I.1.3.1.2 Transparence

Bien qu'étroitement liée à l'abondance du phytoplancton, elle n'est qu'un médiocre indicateur dans la mesure où peuvent interférer d'autres éléments (couleur, matières en suspension...) (**Barroin, 1980**).

I.1.3.1.3 Index morphométriques

Ils peuvent être utilisés pour étudier l'évolution physique d'un lac, afin d'expliquer l'état trophique d'un site mais pas pour le définir (**Barroin, 1980**).

I.1.3.1.4 Nutriments

Des concentrations de nitrates et de phosphates trop importantes induisent le phénomène d'eutrophisation. Ces substances sont normalement générées par la minéralisation de la matière organique. Toutefois, présentes en trop grande quantité suite à des rejets intempestifs, elles favorisent la prolifération d'algues et de micro-organismes photosynthétiques qui réduisent la pénétration de la lumière dans les couches d'eaux profondes. Si ces algues et ces microorganismes photosynthétiques produisent de l'oxygène le jour, ils en consomment la nuit et ces variations en concentration d'oxygène peuvent être fatales aux poissons. Par ailleurs, la décomposition des algues mortes induit également une consommation d'oxygène. Lorsque l'eau est trop peu oxygénée, les conditions d'anaérobiose risquent également de se traduire par une accumulation de composés ammoniacés et de nitrites susceptibles d'intoxiquer la faune et la flore (**Anonyme, 2005**).

I.1.3.2 Indicateur biologique

La présence ou l'absence d'espèces indicatrices est très utilisée en biosurveillance des écosystèmes. Que ces espèces appartiennent au phytoplancton, au zooplancton, au benthos ou aux poissons (**Barroin, 1980**).

Le phytoplancton constitue le meilleur indicateur biologique de la pollution dans les eaux douces. Dans les régions tempérées, les eaux les plus pures sont peuplées par des Rhodophycées, mais sont envahies par des Cyanophycées, Chlorophycées puis des Euglénophycées lorsque le milieu devient plus eutrophe. Lorsque la pollution atteint son maximum, les algues disparaissent presque entièrement et sont remplacées par des bactéries (**Iltis, 1980**).

Outre, les lacs eutrophes sont peuplés par des microplanctons à base de Cyanophycées, de diatomées comme *Fragillaria* et de Chlorophycées comme *Scenedesmus* (**Pourriot, 1982**).

I.1.3.2.1 Phytoplancton caractéristique des eaux eutrophes

A) Chlorophycées

Elles sont unicellulaires ou coloniales avec une membrane bien définie, parfois de forme filamenteuse (**Ettl et Gartner, 1988**). Sont des micro-organismes typiquement thermophyles, photophyles et ont une préférence pour les milieux riches en nutriments azotés (**Sane, 2006**).

B) Bacillariophycées (diatomées)

Les diatomées sont autotrophes, sauf quelques espèces hétérotrophes facultatives, caractéristiques des eaux polluées comme *Melosira*.

Elles sont sensibles à la minéralisation, au pH, à la température et à la pollution, d'où la création d'une méthode de mesure de la pollution par l'analyse du peuplement benthique en rivière (indice diatomique) (**Gaujous, 1993**).

C) Cyanophycées

Possédant des vacuoles gazeuses et flottent facilement à la surface des eaux. Privant de lumière, les phototrophes plus denses, de plus leurs indépendances vis-à-vis des sources d'azote telles que les nitrates ou l'ammoniaque les privilégie par rapport aux autres algues. Ces fleurs d'eau s'accompagnent parfois de très forts goûts et odeurs dans l'eau dû à la présence de géosmine et/ou autres (**Haslay et Leclerc, 1993**). Outre les Cyanophycées (les algues bleues) augmentent les neurotoxines et les hépatotoxines cancérigènes (**Rio, 2006**).

E) Euglénophycées

La plupart sont photosynthétiques et parfois hétérotrophes. Ce sont des micro-organismes surtout dulçaquicoles. La multiplication s'effectue par division cellulaire (De Reviere, 2003). L'une de leurs caractéristiques est l'absence de membrane cellulosique, remplacée par une paroi souple, leur permettant de changer de forme et de se mouvoir à la façon des amibes. Elles possèdent aussi un, deux ou trois flagelles, un stigma orange à rouge composé de globules de caroténoïdes et une vacuole contractile (Rosowski, 2003). Cette dernière règle la pression osmotique, ce qui est rarement observé chez les algues, mais plutôt chez les protozoaires.

Le tableau Ci-dessous résume les particularités des plans d'eau oligotrophes et eutrophes :

Tableau I : Particularités des plans d'eau oligotrophes et eutrophes (Matthews et al., 2002)

Plan d'eau oligotrophe	Plan d'eau eutrophe
Eau pauvre en nutriments	Eau riche en nutriments
Azote inorganique < 200 µg/l	Azote inorganique < 700 µg/l
Phosphore total < 10 µg/l	Phosphore total < 30 µg/l
Profonds, pentes abruptes	Peu profonds, zone littorale
Epilimnion mince, hypolimnion épais	Hypolimnion réduit
Eau transparente, bleue ou légèrement verte	Eau trouble, verte à noir
Sédiments faibles en matière organique	Sédiments riches en matière organique
Eau bien oxygénée à tous les niveaux	Oxygène épuisé dans l'hypolimnion
Végétation littorale faible	Végétation littorale envahissante
Phytoplancton peu abondant	Blooms phytoplanctoniques
Faune diversifiée	Faune peu diversifiée
Biomasse benthique faible	Biomasse benthique forte

I.1.4 Facteurs affectant le degré d'eutrophisation

I.1.4.1 Facteurs naturels

I.1.4.1.1 Climat

Le climat influence la productivité des lacs en agissant sur l'apport annuel d'eau et d'énergie, sur l'hydrologie du bassin versant et sur le taux de renouvellement de l'eau, ainsi que sur le transport des nutriments et sédiments vers le plan d'eau (Barnes et Mann, 1980).

I.1.4.1.2 Hydrologie

D'une façon générale, les quantités de nutriments transportés du bassin versant vers le plan d'eau sont proportionnelles à l'abondance des précipitations (**Satterland, 1972**).

I.1.4.1.3 Géologie et topographie du bassin versant

Le lac et son bassin versant forment une unité de base de l'écosystème, puisque les fractions terrestres et aquatiques du bassin hydrographique sont intimement reliées par le déplacement de matériaux des terres vers l'eau (**Likens & Bormann, 1974**).

Pour les bassins hydrographiques qui ne subissent pas ou peu d'influence humaine, la principale source de phosphate provient essentiellement de l'érosion des roches du bassin versant. En général les roches éruptives contiennent de 0.07 à 0.13 % de phosphore (sous forme d'apatite). Ce pourcentage est un peu plus élevé dans les roches volcaniques proprement dites, mais ce sont les roches sédimentaires qui sont les plus riches en phosphore (**Golterman, 1973**).

I.1.4.2 Facteurs humaines

I.1.4.2.1 Sources ponctuelles

Les stations d'épuration des eaux usées et les autres sources ponctuelles du bassin versant sont les sources principales de nutriments (**Edmondson, 1970 ; Moss et al., 2005**). Une partie de déchets domestiques est déversée dans l'environnement aquatique sans traitement. Il en résulte une pollution organique et minérale.

Outre, l'effluent clarifié sortant d'une station d'épuration classique contient à peu près autant d'azote que l'effluent brut entrant dans la station. Un rejet urbain constitue donc pour le milieu une source d'ammonium c'est-à-dire la forme de l'azote minéral préférée des algues (**Anonyme, 1990**).

I.1.4.2.2 Sources diffuses

La structure géologique et géographique du bassin versant déterminent, le plus souvent, le potentiel régional d'enrichissement des eaux. La perturbation et la modification du bassin versant par l'homme peuvent engendrer un transfert de nutriments vers le plan d'eau bien plus important que celui dû aux facteurs naturels. Des changements de techniques de mise en valeur des terres et l'utilisation d'engrais peuvent modifier considérablement la charge nutritive des eaux de ruissellement (**Pluarg, 1978**).

I.1.5 Conséquences de l'eutrophisation

A la fin de la disparition de l'écosystème aquatique avec tout ce que cela comporte comme implications écologiques, sociales et économiques. On passe par des états de nuisances qui se répercutent d'abord directement sur l'aspect de l'eau, il y a certes la prolifération algale qui favorise celle des espèces planctonophages au détriment des espèces considérées comme plus « nobles » (**Capblancp, 1982**), l'un des aspects spectaculaires est le développement de bloom algal : l'eau peut devenir toute verte, toute noire et même toute bleue (**Frontier et Pichot-Vial 1991**). En fait, ce sont les algues qui s'agglomèrent en surface, forment une couverture constituée de cellules enchevêtrées qui limitent les échanges gazeux à l'interface air-eau, on assiste à une modification du peuplement zooplanctonique et des macroinvertébrés et à une baisse de la biodiversité. Seules les espèces résistantes ou indicatrices de pollution peu exigeantes en oxygène peuvent continuer de se développer.

L'eau présente un aspect désagréable qui affecte fortement la valeur du site pour les loisirs et les activités connexes (natation, pêche, nautisme...). La présence de certaines espèces d'algues, telles les Cyanophycées ou Cyanobactéries engendre des implications économiques relatives à l'utilisation de l'eau à des fins industrielles et domestiques (coloration particulière, colmatage des filtres, goût et odeurs désagréables, eaux dures, perturbation et augmentation du coût de traitement) (**Togouet et Hubet, 2011**).

I.1.6 Risques toxicologiques de l'eutrophisation

I.1.6.1 Risques pour les animaux

Les ruminants (mouton, chèvre, bœuf) sont les plus sensibles, mais, chez eux c'est moins l'eau que l'ingestion de végétaux exceptionnellement riches en nitrates qui est responsable des troubles. En revanche, chez le cheval, le porc et les volailles, l'eau peut être en cause.

L'intoxication aiguë se manifeste par des difficultés respiratoires, une faiblesse généralisée et une coloration brune du sang. A ce stade chronique, la maladie engendre des retards de croissance, des avortements et la stérilité...

Pour ce qui concerne les poissons, des niveaux excessifs d'ammoniac peuvent être néfastes à la vie aquatique. Les poissons peuvent souffrir d'une perte d'équilibre, d'hyperexcitabilité, d'une augmentation de l'activité respiratoire et de la consommation d'oxygène, d'une augmentation du rythme cardiaque. Des effets sub-létaux divers peuvent apparaître : réduction

du succès d'éclosion, réduction du taux de croissance et du développement morphologique, lésion des branchies, du foie, des reins, à des niveaux extrêmes en ammoniac (**Garric, 1987**).

I.1.6.2 Risque de toxicités algales

Un mammifère peut mourir s'il passe dans son sang 0.07 mg de toxine de *Microcystis* par kg de son poids. En pratiques, de nombreux cas de morts de bétail ont été recensés. Les toxines qui causent des accidents sont des endotoxines non rejetées par les cellules vivantes, mais libérées au cours de leur lyse. On distingue principalement :

Des microcystines, hépatotoxines produites par diverses Cyanophycées dont *Microcystis* et *Oscillatoria* et des anatoxines, neurotoxines produites par des *Anabaena*. Certaines Cyanophycées produiraient un mélange des deux formes (**Feuillade 1992**).

I.1.6.3 Risque des algues parasites

Il s'agit la plupart du temps de Protococcales et plus particulièrement de *Chlorochytrium pisciolens*, chez les Carpes, les Tanches et les jeunes Perches. Ces infestations par des algues provoquent des inflammations, d'autre part, sont la cause d'un amaigrissement et d'une croissance défectueuse (**Schaperclaus, 1962**).

I.2 Présentation des sites d'étude

L'Algérie a réalisé une avancée considérable en matière d'accès à l'eau afin d'assurer la couverture des besoins en eau domestique, industrielle et agricole. Le nombre de barrages en Algérie atteint 80 barrages en 2018 avec une capacité de stockage de 8.7 milliards/m³ (A.N.B.T, 2018). Notre étude est réalisée dans quatre barrages de l'Ouest d'Algérie. Ils appartiennent aux différents bassins hydrographiques : Le barrage de Harreza appartient au bassin hydrographique Algérois, les barrages de Ghrif et Ouizert au bassin de Chélif et le barrage de Beni Bahdel appartient au bassin hydrologique Oranie (Fig. 03).

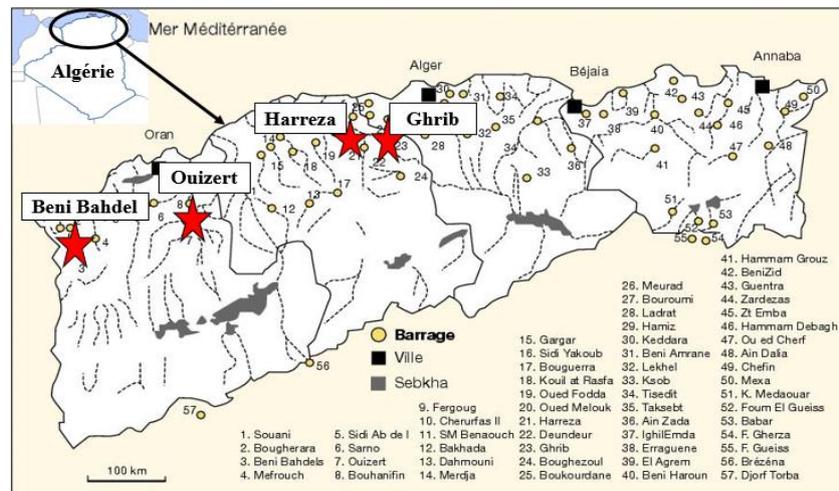


Fig. 03 : Localisation des sites étudiés sur la carte du Nord Algérien (Remini et al., 2009, modifiée)

I.2.1 Barrage de Beni Bahdel

I.2.1.1 Situation géographique

Le barrage de Beni Bahdel est situé à 28 Km au Sud-Ouest de la wilaya Tlemcen, sur le bassin versant de l'Oued Tafna (Fig. 04). (A.N.B.T, 2018)



Fig. 04 : Situation géographique du barrage de Beni Bahdel (Google Earth, 2018, modifiée)

I.2.1.2 Géologie du site

L'Oued coule sur des formations grés-schisteuses. Les rives sont de natures différentes :

Sur la rive droite : la structure gréseuse prédomine en se présentant sous la forme de bancs de grès quartzeux.

Sur la rive gauche : des bancs de grès intercalés entre des bancs de schistes marneux plus tendres. Ces schistes ont une tendance au gonflement et au ramollissement lorsqu'ils sont exposés à l'air. (A.N.B.T, 2018)

I.2.1.3 Hydrologie du barrage

Le barrage de Beni Bahdel est entouré par un bassin versant plus au moins riche, ce dernier est presque entièrement boisé, sauf dans la partie sud de Sebdou, région de forêts et de taillis de pins. Ce bassin principal peut être divisé en trois bassins secondaires (Fig. 05).

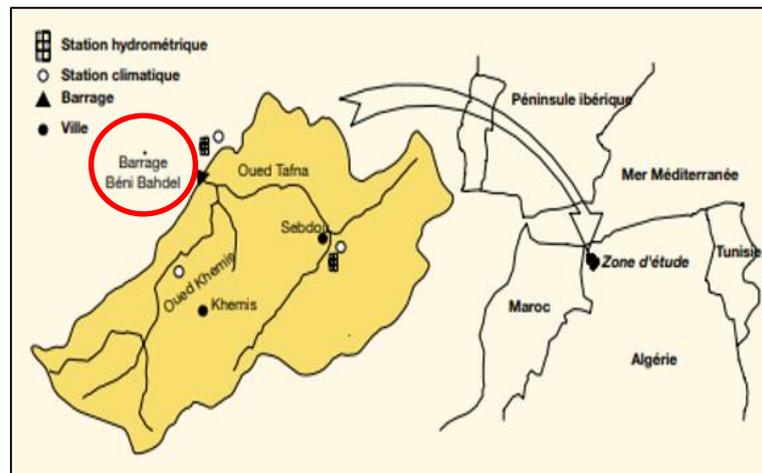


Fig. 05 : Principales sources d'alimentation du Barrage de Beni Bahdel (Nekkache Ghenim et al., 2010)

- Celui du Hafir avec l'Oued Oussif prenant sa source sur le versant Nord-Ouest du djebel Zaanadj, avec une superficie de 171 Km².
- Celui de Khemis qui prenant sa source sur le versant Nord du Djebel Tounzait, grossi de l'Oued Ladel et de l'Oued Tifousser dont la superficie est 315 Km².
- Enfin, celui du Sebdou, bassin de l'Oued Tafna proprement dit, qui prend sa source sur le versant du djebel El Keurh et dont une superficie de 530 Km².

A ce dernier, il convient d'ajouter une surface de 75 Km² qui bien que n'appartenant pas géographiquement au bassin de la Tafna mais fait partie de son système hydraulique d'alimentation. (A.N.B.T, 2018)

I.2.2.3 Hydrologie du barrage

Le site de ce barrage se trouve sur l'Oued de Sahouet, à 4 km au Nord-Ouest du village de Ouizert (commune de Taria). Le barrage d'Ouizert est implanté dans l'Oued de Sahouet qui est la fusion des Oueds de Taira et de Saïda (Fig. 07). (A.N.B.T, 2018)

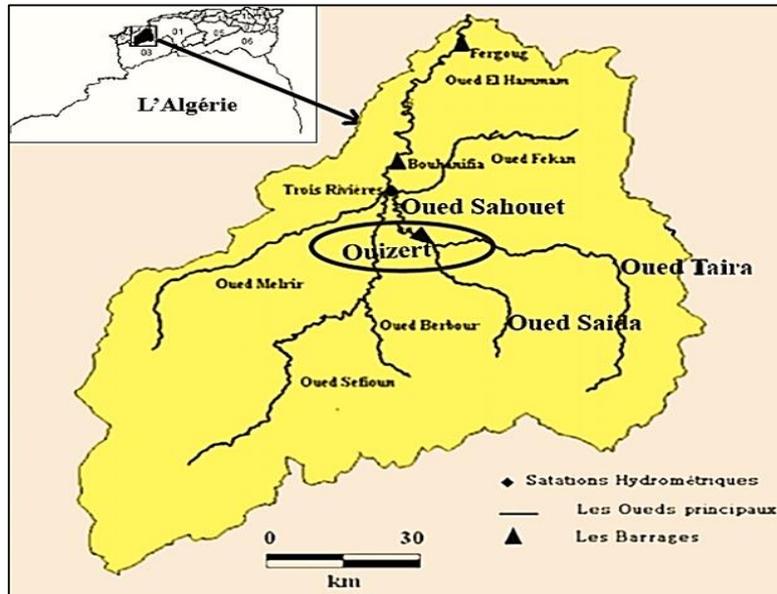


Fig. 07 : Principales sources d'alimentation du barrage d'Ouizert
(El Mahi et al., 2012, modifiée)

I.2.3 Barrage de Ghib

I.2.3.1 Situation géographique

Le barrage de Ghib est situé dans la commune d'Oued Chorfa dans la wilaya d'Ain-Defla. Il est implanté sur l'Oued Chélif à 20 km au Sud-Ouest de la ville d'Ain Defla (Fig. 08). (A.N.B.T, 2018)



Fig. 08 : Situation géographique du barrage de Ghib
(Google Earth, 2018, modifiée)

I.3.2 Géologie du site

Le barrage de Ghrib se situe sur des terrains constitués d'alternances de grès et de marnes. Le pendage général de 12° environ est dirigé du Sud au Nord, c'est à dire d'amont en aval. L'axe du barrage coïncide avec le sommet d'un anticlinal parallèle à la vallée ayant conduit à la réalisation d'une fondation en escaliers de part et d'autre de cet axe. (A.N.B.T, 2018)

I.2.3.3 Hydrologie du barrage

Le barrage de Ghrib, sur l'Oued Chélif, est l'ouvrage de base de l'aménagement de la vallée du Chélif. Ce dernier prend naissance au djebel Amour dans l'atlas saharien. Le lit de l'Oued prend d'abord la direction sud-nord jusqu'au niveau du barrage Ghrib, puis il change de direction Est-Ouest et se jette dans la méditerranée près de Mostaganem (Fig. 09).

Au droit du barrage Ghrib, le bassin versant du Chélif couvre une superficie de 23.300 km². Ce bassin versant comprend :

- Une partie tellienne, entre le barrage de Ghrib et de Boughzoul, d'une superficie de 2.800 km² dont la pluviométrie moyenne annuelle varie entre 350 mm et 600 mm
- Une partie des hauts plateaux couvrant 20.500 km², la pluviométrie moyenne annuelle est voisine de 300 mm. (A.N.B.T, 2018)

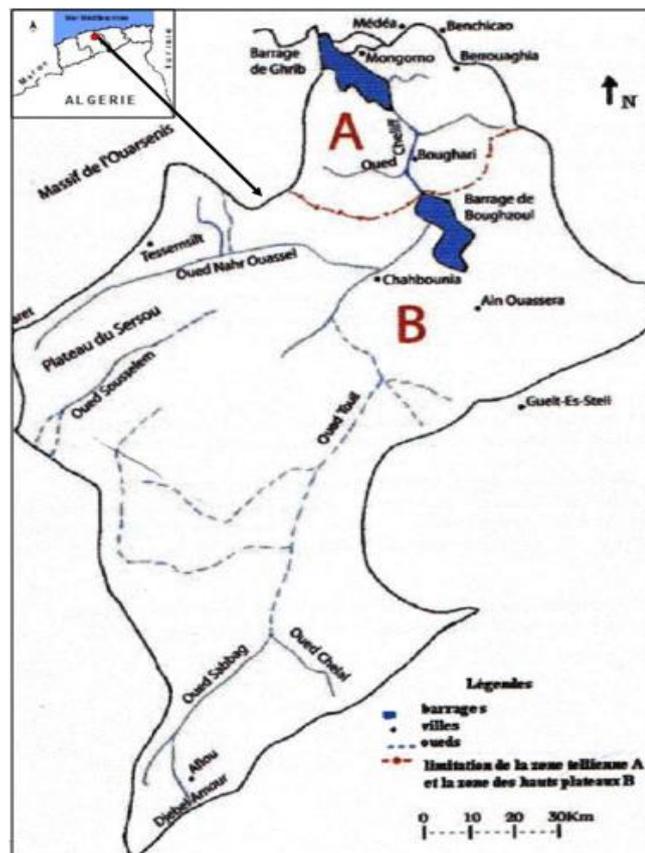


Fig. 09 : Principe source d'alimentation du barrage de Ghrib (Cherbi, 1984, modifiée).

I.2.4 Barrage de Harreza

I.2.4.1 Situation géographique

Le barrage de Harreza se trouve à 15 Km au Sud-Ouest de la villa d'El Khémis à l'Ouest d'Alger, sur l'Oued Harreza, qui est un affluent en rive gauche de l'Oued Chélif (Fig. 10). (A.N.B.T, 2018)



Fig. 10 : Situation géographique du barrage de Harreza (Google Earth, 2018, Modifiée)

I.2.4.2 Géologie du site

D'une façon générale le barrage de Harreza repose :

- En rive droite : sur des matériaux résultants de l'altération des schistes.
- En rive gauche : sur des matériaux argilo-détritiques.
- En partie centrale : sur des limons argileux (basse terrasse). (A.N.B.T, 2018)

I.2.4.3 Hydrologie du barrage

A l'emplacement du site du barrage de Harreza, le bassin versant est d'une superficie 142 Km². Il est drainé par l'Oued Harreza et ses affluents. Du côté Est, l'Oued Dar Emial prend sa source dans le relief de Beni Zoug Zoug et vient se jeter dans l'Oued Harreza. Le bassin versant se trouve dans un forêt domaniale de Beni Zoug Zoug (commun de djemaa Oued Chikh et Djelida). L'Oued Slimane se joint à l'Oued principal en drainant la partie Ouest du bassin versant. (A.N.B.T, 2018)

I.2.5 Données hydromorphométriques des barrages étudiées

Globalement, les données hydro morphométriques des quatre barrages étudiés sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Tableau II : Données hydromorphométriques des barrages étudiés.

Barrage	Beni Bahdel	Ouzert	Ghrib	Harreza
Caractéristiques				
Affluent Principal	Oueds Tafna et El-Khemis	Oued Sahouat	Oued Chélif	Oued Harreza
Année de mise en eau	1946	1986	1939	1985
Capacité initiale (hm ³)	63	100	280	70
Envasement annuel (hm ³ /an)	0.2	0.3	3.2	0.28
Apport moyen annuel (hm ³ /an)	85	84	148.5	30.8
Capacité de dernier levé (hm ³) 2004	54.63	93.91	115.3	76
Surface du bassin versant (km ²)	1016	2100	23300	142
Hauteur (m)	55	60	105	41
Longueur (m)	351	950	270	1787

I.2.6 Climatologie

Parmi les éléments du climat susceptibles d'influer sur la biologie du lac, essentiellement sur le développement des algues, il faut citer la température (qui est un facteur énergétique), la pluviosité (un facteur hydrologique) et le vent (un facteur mécanique) (**Leveque, 2001**).

Nous avons interprété des données climatiques relatives à nos régions durant la période (2006-2015), effectuée par des mesures sur des données atmosphériques locales (précipitations, température, l'humidité et vitesse du vent) par l'office national de la météorologie (O.N.M).

I.2.6.1 Température

La température de l'air est l'un des effets les plus importants de la radiation solaire. La température influence la plupart des phénomènes physiques, comme l'évaporation et la congélation de l'eau, la dilatation ou la concentration des corps. La quasi-totalité des

phénomènes physiologiques des êtres vivants sont liée à la température de l'air (Guiffrida et Sansosti, 2011).

L'analyse des moyennes mensuelles de la température (Fig. 11, 12 et 13) (Annexe I, Tab I) montre que :

- Dans la région de Tlemcen, le maximum de la température est de 37 °C au mois de juillet. Par ailleurs, pour les deux régions Mascara et Miliana les maximums sont de 40 et 38,1°C enregistrées au mois d'août.
- Par contre, le mois de Février est caractérisé par des taux minimums pour les trois régions Tlemcen, Mascara et Miliana avec respectivement 3,5°C, -0,1°C et 2,1°C.

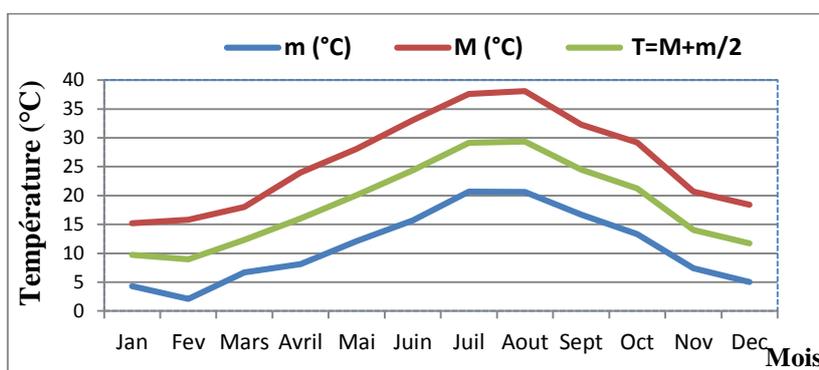


Fig. 11 : Variation mensuelle de la température de la région de Tlemcen (2006-2015)

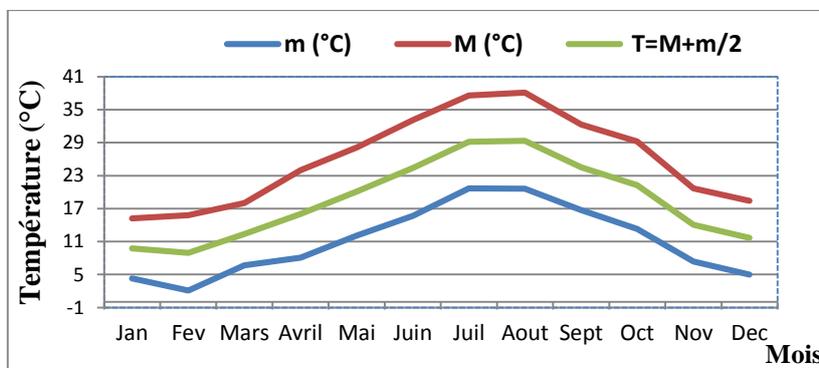


Fig. 12 : Variation mensuelle de la température de la région de Mascara (2006-2015)

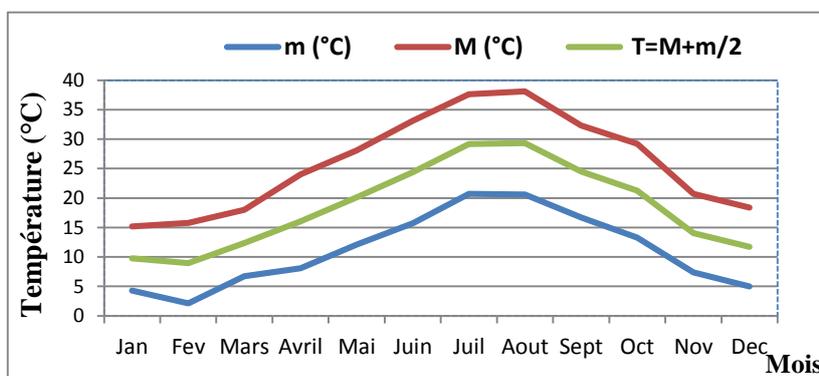


Fig. 13 : Variation mensuelle de la température de la région de Miliana (2006-2015)

I.2.6.2 Précipitation

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 et parfois contribuent à la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosion.

Les précipitations liquides constituent le facteur essentiel où leur quantité moyenne et maximale mensuelle et annuelle est l'un des paramètres qui permettent de caractériser le climat d'une région (El Haouati, 2009).

L'analyse des moyennes mensuelles des précipitations (Fig. 14) (Annexe I, Tab II), pour les wilayas qui appartiennent à notre région d'étude, montre que pour :

- Les maximums des précipitations pour la région de Tlemcen sont de 76.1 mm au mois de janvier, la région de Mascara enregistre 60.1 mm au mois d'avril et la région de Miliana avec de 122.86 mm au mois de février.
- Par contre, le mois de juillet est caractérisé par des taux minimums pour les trois régions Tlemcen, Mascara et Miliana avec respectivement 2 mm, 3.1 mm et 6.5 mm.

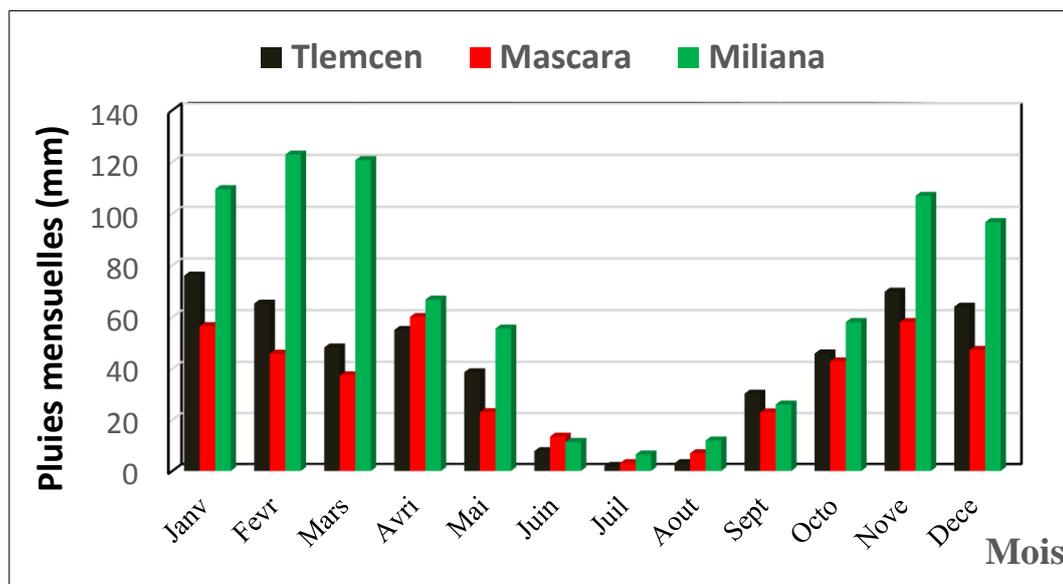


Fig. 14 : Régime de la pluviométrie mensuelle des régions Tlemcen, Mascara et Miliana pour la période (2006-2015)

I.2.6.3 Humidité

L'humidité est la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère, cette vapeur d'eau provient de l'évaporation (des océans, des lacs, des rivières etc), de la sublimation des glaces et de la neige, de l'évaporation des précipitations.

L'analyse des moyennes mensuelles du taux d'humidité (Fig. 15) (Annexe I, Tab II) pour les trois wilayas d'étude montre que :

- Dans la région de Tlemcen, le maximum d'humidité est de 72,2 % au mois de Février. Par ailleurs, dans les deux autres régions (Mascara et Miliana), les maximums sont respectivement de 78,9 et 79,2 % au mois de janvier.
- Par contre, le mois de juillet est caractérisé par des taux minimums pour les trois régions Tlemcen, Mascara et Miliana avec respectivement 51.9 %, 45.9 % et 44.6 %.

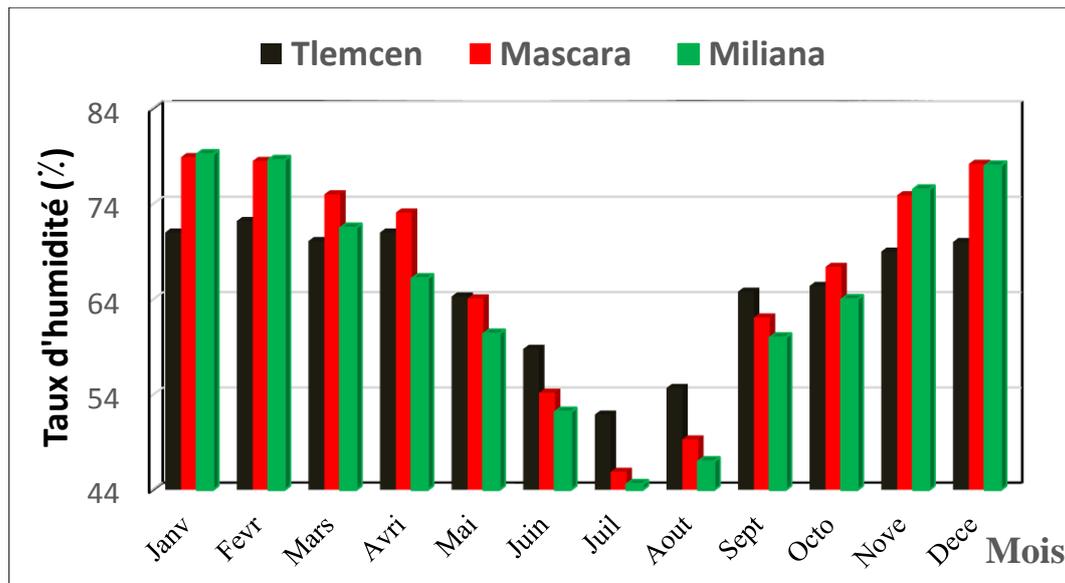


Fig. 15 : Variation moyenne mensuelle du taux d'humidité des régions Tlemcen, Mascara et Miliana pour la période (2006-2015).

I.2.6.4 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 Salanon, 2001**). Il a une action indirecte en modifiant la température (**Dajoz, 2000**). En principe le vent peut occasionner une distribution latérale hétérogène des matières dissoutes. Il chasse fréquemment les algues (**Leveque, 1996**).

L'analyse des moyennes mensuelles des vitesses du vent (Fig. 16) (Annexe I, Tab II) pour les wilayas qui appartiennent à notre région d'étude montre que pour :

- Le maximum des vitesses du vent dans la région de Tlemcen est de 9,9 m/s au mois de février, dans la région Mascara 10,9 m/s en septembre et dans la région de Miliana est de 13,9 m/s au mois de juillet.
- Par contre, le mois de décembre est caractérisé par des taux minimums pour les trois régions Tlemcen, Mascara et Miliana avec respectivement 7.5 m/s, 8.8 m/s et 9,6 m/s.

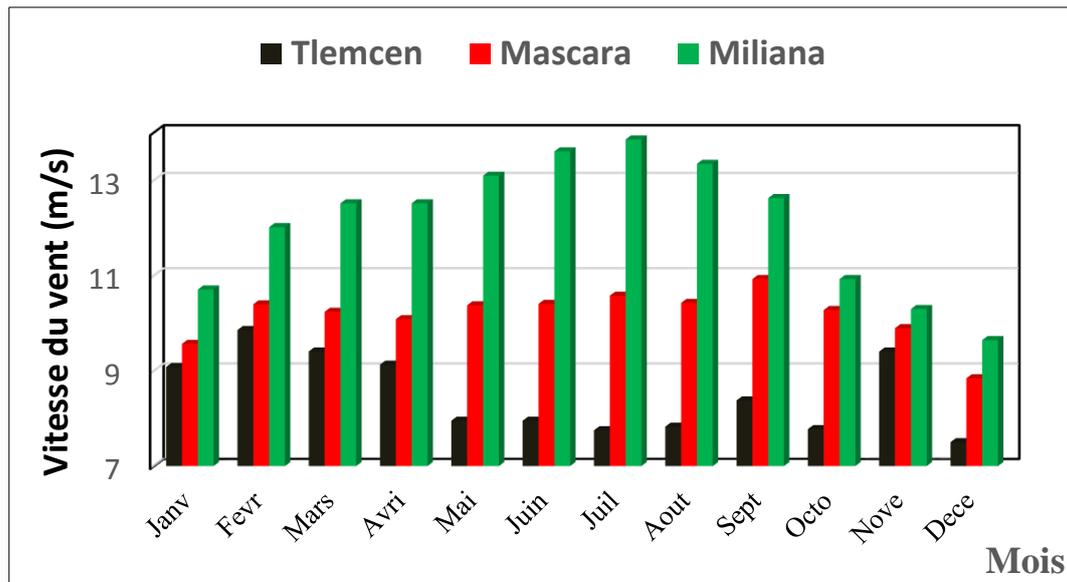


Fig. 16 : Variation mensuelle de la vitesse du vent des régions Tlemcen, Mascara et Miliana pour la période (2006-2015).

I.2.6.5 Synthèse Climatique

La température et la pluviosité, sont les deux éléments principaux du climat. Ils sont employés dans le calcul de la plupart des indices climatiques, car, ils sont les deux facteurs les mieux connus, et pour lesquels on dispose le plus d'information possible (Dajoz, 2000).

I.2.6.5.1 Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson

Le diagramme ombrothermique permet de déterminer les périodes sèches et humides des régions à partir de l'exploitation des données des précipitations mensuelles et des températures moyennes mensuelles. Une période de l'année est considérée comme sèche lorsque la pluviosité exprimée en millimètre, est inférieure au double de la température, exprimée en degré Celsius (Dajoz, 2000).

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

T: Température moyenne mensuelle (°C).

M: Température moyenne des maxima du mois le plus chaud (°C).

m: Température moyenne des minima du mois le plus froid (°C).

P: Moyenne annuelle des précipitations (mm).

Afin, de mettre en évidence les périodes sèches et humides des trois régions : Tlemcen, Mascara et Miliana, nous avons traité les valeurs de précipitations et de températures qui s'étalent sur la période 2006-2015 (Fig. 17, 18 et 19).

La région de Tlemcen est caractérisée par une saison sèche estivale de 05 mois et demi (du mois de mai jusqu'au mi du mois d'Octobre) et une saison humide hivernale qui s'installe sur 06 mois et demi (entre mi d'octobre et de mai). (Fig. 17)

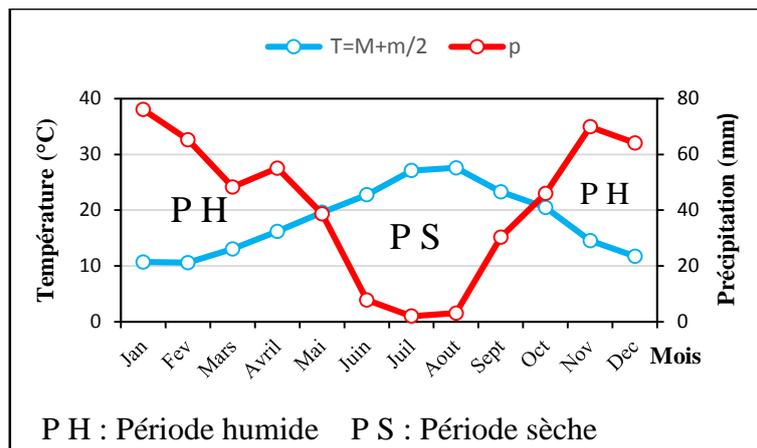


Fig. 17 : Diagramme Ombrothermique de la wilaya de Tlemcen

La deuxième région d'étude est caractérisée par une saison sèche estivale de 05 mois (de la moitié du mois de mai jusqu'au mi du mois d'octobre) et une saison humide hivernale qui s'installe sur 07 mois (entre mi d'octobre et le mi de mai). (Fig. 18)

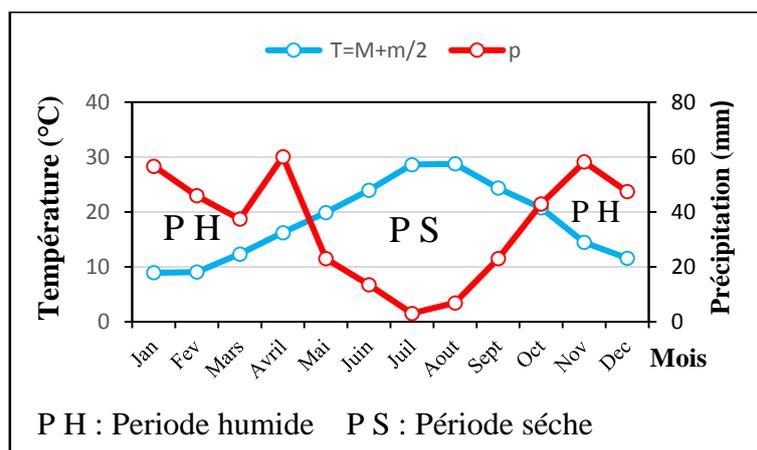


Fig. 18 : Diagramme Ombrothermique de la wilaya de Mascara

Enfin, la région de Miliana est caractérisée par une saison sèche estivale de 06 mois (de la moitié du mois d'avril jusqu'au mi d'octobre) et une saison humide hivernale qui s'installe sur 06 mois (entre mi d'octobre et le mi d'avril). (Fig. 18)

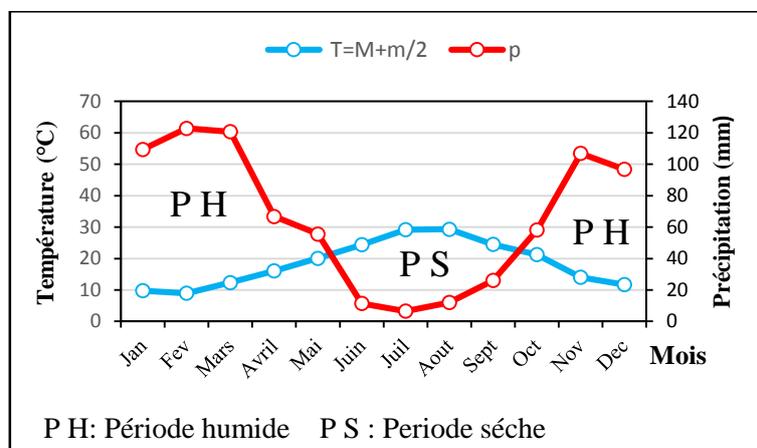


Fig. 19 : Diagramme Ombrothermique de région de Miliana

I.2.5.5.2 Quotient pluviométrique d'EMBERGER

Le quotient pluviométrique d'EMBERGER, est utilisé afin de déterminer les étages bioclimatiques d'une région donnée, selon la formule suivante :

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

Avec :

P : Précipitations moyennes annuelles en mm

M : Température moyenne maximale mensuelle en degré Kelvin.

m : Température moyenne minimale mensuelle en degré Kelvin.

Ce quotient est très utile en écologie, en particulier pour l'étude de la répartition spatiale des espèces et des peuplements d'être vivants (**Ramade, 1993**).

A partir des données d'ONM fluctuant entre 2006 et 2015, les valeurs de Q_2 pour les régions de Tlemcen, Mascara et Miliana sont résumées dans le tableau III :

Tableau III : Les valeurs de Q_2 de trois wilayas (Tlemcen, Mascara et Miliana)

	Tlemcen	Mascara	Miliana
M (°)	37	40	38,1
m (°)	3,5	-0,1	2,1
P (mm)	506,4	408,1	793,1
Q_2	51,55	34,78	75,16

Suivant le climagramme d'Emberger (Fig. 20)

- ❖ La région de Tlemcen est située dans l'étage bioclimatique semi-aride caractérisé par des hivers tempérés.
- ❖ La région de Mascara est située dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver froid.
- ❖ La région de Miliana est située dans l'étage bioclimatique sub-humide à hiver frais.

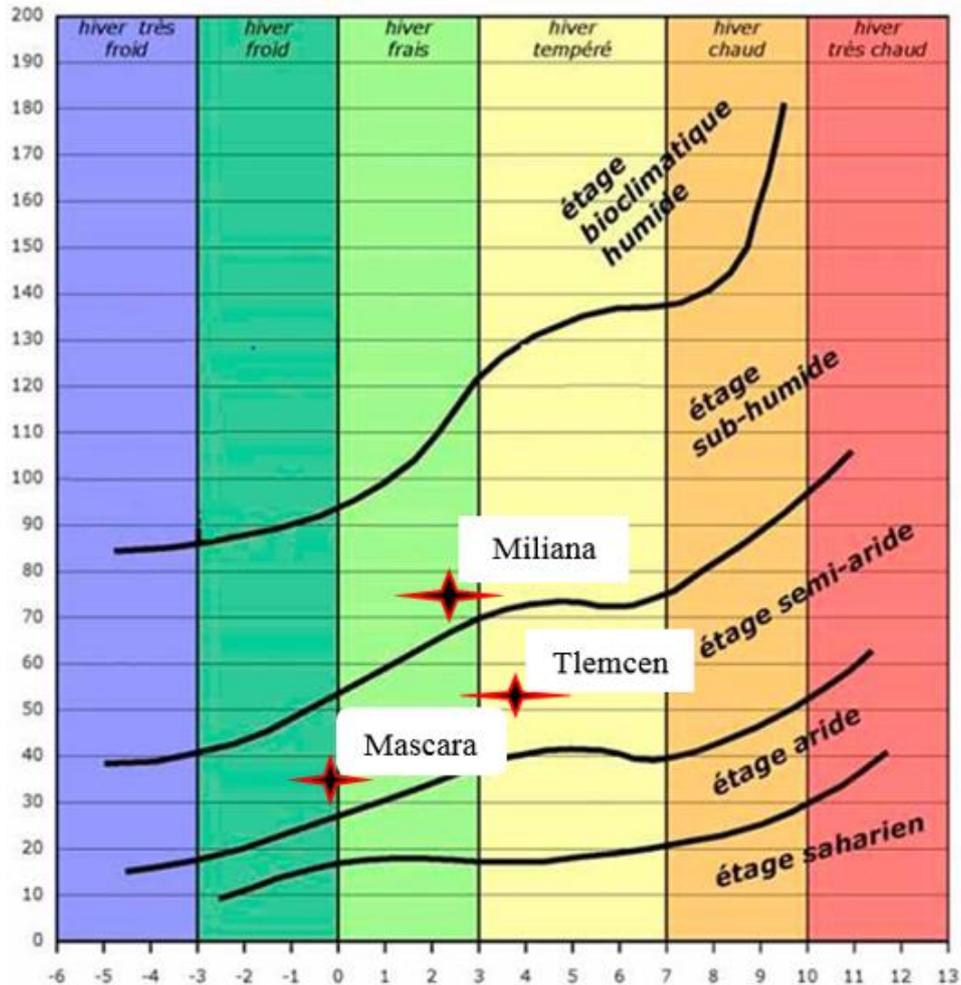


Fig. 20 : Localisation des régions d'étude (Tlemcen, Mascara et Miliana) sur le climagramme d'Emberger.

Chapitre II :

Matériel et méthodes

II. Matériel et méthodes

Dans ce travail, nous nous intéressons à étudier l'état trophique des réservoirs de Beni Bahdel, Ouizert, Harreza et Ghrib. Par l'analyse des paramètres physico-chimiques, ainsi qu'à l'identification des espèces phytoplanctoniques existantes dans ces milieux. Pour ce, nous avons travaillé sur 20 échantillons pour chaque plan d'eau, prélevés au rythme saisonnier par le personnel du CNRDPA (durant la période allant du mois de février jusqu'au mois de novembre de l'an 2017) (Tab IV).

Tab. IV : Calendrier des prélèvements

Saison	Barrage Beni Bahdel	Barrage Ouizert	Barrage Ghrib	Barrage Harreza
Hiver	16/02/2017	22/02/2017	06/03/2017	23/02/2017
Printemps	10/04/2017	16/04/2017	29/05/2017	-
Eté	22/08/2017	26/08/2017	08/09/2017	03/09/2017
Automne	08/11/2017	12/11/2017	30/10/2017	21/12/2017

II.1 Matériel

- **Sur terrain :** Le matériel utilisé essentiellement est le suivant : une barque, un GPS, une carte de barrage, un multi-paramètre, un disque de Secchi, filet planctonique, des flacons de prélèvement, des glacières, une fiche de terrain, du lugol et une micropipette ainsi que de l'eau distillée.
- **Au laboratoire :** Il s'agit de l'eau des barrages, les appareils de mesure, les solutions, les réactifs, la verrerie, l'étuve, la pompe de filtration et les disques de filtration.

II.2 Méthodes

II.2.1 Choix des stations de prélèvement

Pour tenir compte de l'hétérogénéité horizontale dans chaque plan d'eau, un choix de plusieurs points de prélèvement est nécessaire. En effet, le choix des stations a été fait selon : la topographie du milieu, la morphométrie (les principaux cours d'eaux qui déversant au niveau du lac), la nature de couvert végétal, l'ombrage, les activités agricoles et industriels.

En effet, le choix de cinq stations pour chaque plan d'eau a été fait selon : (Tab IV, Fig. 21)

Tableau V : Situation des stations d'échantillonnage dans les quatre barrages étudiés.

Barrage	Station	Caractéristiques
Beni Bahdel	A	Située en aval du barrage, proche de la digue et de la tour de la prise d'eau.
	B	Située sur la rive gauche, dans un bras mort, station ombargée abritée du vent.
	C	Située en amont Ouest du barrage où diverse Oued El-Khemis
	D	Station dénudée, se trouve au milieu du plan d'eau, loin des rives
	E	Située en amont Est du barrage où diverse Oued Tafna
Ouizert	A	Située en aval du barrage, proche de la digue et de la tour de la prise d'eau.
	B	Située sur la rive gauche, dans un bras mort, station ombargée abritée du vent.
	C	Station dénudée, se trouve au centre du plan d'eau, loin des rives
	D	Située en amont du barrage où diverse Oued Sahouat
	E	Située sur la rive droite a proximité d'un bras mort.
Ghrib	A	Située en aval du barrage, proche de la digue et de la tour de la prise d'eau.
	B	Située en aval à proximité de la rive droite, dans un bras mort, station ombargée abritée du vent.
	C	. Située au centre du barrage, station dénudée, se trouve loin des rives
	D	Située en amont Ouest du barrage, à proximité de la rive gauche où se trouvent des terres agricoles.
	E	Située en amont Est du barrage où diverse Oued Chélif.
Harreza	A	Située en aval du barrage, proche de la digue.
	B	Située en aval à proximité de la rive gauche, dans un bras mort.
	C	Située sur la rive droite a proximité d'un bras mort, station ombargée abritée du vent.
	D	Située au centre du barrage, station dénudée, se trouve loin des rives.
	E	Située en amont du barrage où diverse Oued Harreza

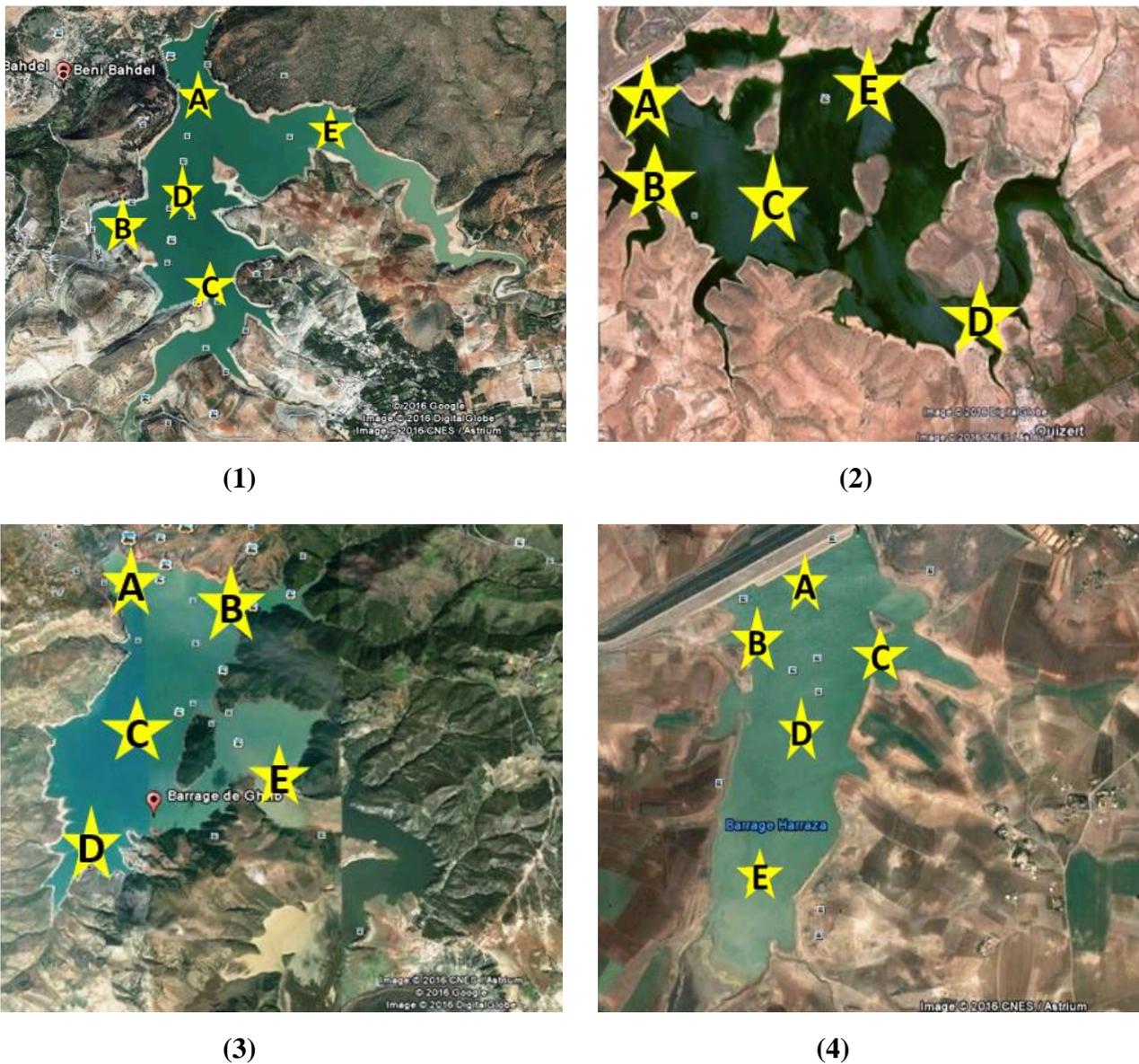


Fig. 21 : Répartition des stations d'échantillonnage sur les barrages étudiés :
 Barrage de Beni Bahdel (1), Ouizert (2), Ghrif (3), Harreza (4)

II.2.2 Prélèvement de l'eau

Les prélèvements de l'eau ont été effectués dans des flacons en plastique, d'une capacité d'un litre et demi au niveau de la surface du barrage de chaque station des barrages, au rythme saisonnier. Pour la récolte de phytoplancton : on a filtré un litre de l'eau analysé par un filet phytoplanktoniques à vide de maille de 20 μm (Annexe I, Fig. 09) et ensuite placée dans des piluliers.

II.2.3 Conservation des échantillons

Les échantillons prélevés, sont placés dans des flacons propres et conservés à une température basse de 4 °C dans des glacières. Les analyses se font au laboratoire du C.N.R.D.P.A.

Pour la détermination des espèces phytoplanctoniques, les échantillons sont conservés dans des piluliers étiquetés avec indication du nom de barrage, la station et la date de prélèvement. On ajoute ensuite quelques gouttes de Lugol à une concentration de 5% pour assurer la conservation du phytoplancton en rendant la sédimentation plus facile.

II.2.4 Paramètres abiotiques

L'eau, en raison de ses propriétés électriques et de sa constitution moléculaire, se comporte comme un solvant puissant. C'est pourquoi la composition chimique d'une eau dépend de la composition des roches et des sols du bassin versant dans lequel elle a ruisselé. C'est également la raison pour laquelle l'eau contient une grande variété d'éléments dissous. Cependant, la composition chimique des eaux naturelles varie considérablement dans le temps et dans l'espace selon la nature et l'abondance des sources en éléments dissous ou en suspension (Leveque, 1996).

II.2.4.1 Paramètres in situ

À l'aide d'analyseur multi paramètre (WTW 340 I) (Annexe I, Fig. 02) nous avons mesuré les paramètres suivants : pH, salinité (P.S.U), conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$), oxygène dissous (mg/l), la température de l'eau (°C) et le potentiel redox (mV).

- **Température** : La température de l'eau est un facteur important dans l'environnement aquatique du fait qu'elle régit la presque totalité des réactions physiques, chimiques et biologiques (Chapman et Kimstach, 1996).
- **Oxygène dissous** : Correspond à l'oxygène en solution dans l'eau et disponible à la respiration animale et végétale exprimé en (mg/l).
- **Potentiel d'hydrogène (pH)** : Ce paramètre mesure la concentration des protons H^+ contenus dans l'eau, et donc son acidité ou son alcalinité sur une échelle logarithmique de 0 à 14 (Chapman et Kimstach, 1996).
- **Conductivité électrique** : La conductivité électrique mesure la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre du multi-paramètre et exprimée en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

- **Salinité** : La mesure de la salinité de l'eau est réalisée à l'aide d'un conductimètre WTW. La sonde placée sur le monde « sal » est immergée directement dans l'eau et nous attendons la stabilisation de la lecture.
- **Transparence** : Le disque Secchi (Annexe I, Fig. 01) porte le nom de son inventeur Pietro Angelo Secchi (1818-1878). Il consiste en un disque d'une vingtaine de centimètres, noir et blanc (chaque quart alternativement). Le disque est fixé au bout d'une corde et lesté, qu'on laisse descendre jusqu'à disparition, puis on note la longueur de la corde. C'est un dispositif permettant de mesurer la transparence d'une étendue d'eau. Cette dernière varie sous l'effet combiné de la couleur, de la turbidité et de l'intensité lumineuse.

II.2.4.2 Paramètres ex-situ

II.2.4.2.1 Sels nutritifs

- **Phosphates (PO_4^{3-})**

Les phosphates contenus dans les eaux de surface peuvent être d'origine naturelle (produit de décomposition de la matière organique, lessivage des minéraux). Cependant, à l'heure actuelle, leur présence dans les eaux est essentiellement due aux rejets anthropiques, domestiques, agricoles, voir industriels. Ils peuvent aussi provenir des traitements des eaux contre la corrosion et l'entartrage (**Graindorge, 2015**) (Annexe I, Tab III).

- **Nitrates (NO_3^-)**

Les nitrates sont abondamment répandus dans le sol, dans la plupart des eaux et dans les plantes où ils sont nécessaires à la synthèse des végétaux. Solubles dans l'eau, ils se retrouvent naturellement en faible concentration dans les eaux superficielles (**Graindorge, 2015**) (Annexe I, Tab III).

- **Nitrites (NO_2^-)**

Les nitrites sont naturellement présents dans les lacs et les cours d'eau. Ils proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante (**Graindorge, 2015**) (Annexe I, Tab III).

- **Azotes ammoniacal (NH_4^+)**

L'azote ammoniacal des eaux superficielles peut avoir pour origine naturelle la décomposition des déchets végétaux et animaux. L'ammoniaque se transformant assez rapidement en milieu aérobie en nitrites puis nitrates par oxydation (**Graindorge, 2015**) (Annexe I, Tab III).

II.2.5 Paramètres biotiques

II.2.5.1 Chlorophylle « a »

C'est un indicateur de la biomasse d'algues microscopiques présente dans un plan d'eau, elle représente donc le facteur essentiel de la photosynthèse et permet l'estimation de la biomasse phytoplanctonique (Annexe I).

II.2.5.2 Etude du phytoplancton

II.2.5.2.1 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 10ml devra sédimenter donc 4 heures.

II.2.5.2.2 Identifications et comptages des paramètres biologiques

Après sédimentation des échantillons du phytoplancton, les examens quantitatifs et qualitatifs sont faits au microscope inversé (Annexe I, Fig. 03), en utilisant l'objectif 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.2.5.2.3 Indice écologique

1) Indice de composition

➤ Richesse spécifique

Le peuplement phytoplanctonique est généralement caractérisé, après description de sa composition taxonomique, par sa richesse et son abondance.

La richesse spécifique d'un peuplement est le nombre d'espèces qui le constituent (**Barbault, 1993**)

➤ 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'**UTERMÖHL**

$$\text{Densité} = \frac{\text{Nombre d'organismes dénombrés} \times \text{Nombre de champs} \times 1000}{\text{Nombre de champs prospectés} \times \text{Volume concentré}}$$

➤ 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 : $D (\%) = (n_i / N) \times 100$. Selon **Desgagne (1999)**, nous avons considéré l'espèce qui représente moins de 1% du peuplement comme espèce rare.

2) Indice de structure

- **Indice de Shannon** : est une expression qualitative qui nous renseigne sur la structure d'un peuplement. L'indice de Shannon-Weaver (**1949 in Dajoz, 2000**) s'exprime par la formule suivante :

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

- ◆ H' : indice de Shannon est exprimé en bits par individus, compris entre 0 et $\log S$ (S : richesse spécifique).
- ◆ P_i : Fréquence relative de l'espèce i .
- ◆ n_i : nombre d'individu de l'espèce i .
- ◆ N : nombre total de tous les individus de toutes les espèces.

- ✓ Une valeur élevée de H' révèle que le peuplement se compose d'un grand nombre d'espèces pour un petit nombre d'individus. On dit qu'il y a équipartition.
- ✓ Une valeur basse de celui-ci permet de conclure à un peuplement dominé par une espèce présentant une abondance élevée.
- ✓ H' est égale à 0 lorsque tous les individus appartiennent à la même espèce.

Donc H' traduit en général, le degré d'évolution structurale, la maturité et la stabilité d'un écosystème (Verlaque, 1977).

- **Indice de Daget (Régularité R ou Equitabilité E) :** La diversité spécifique est généralement complétée par l'indice d'Equitabilité E, proposé par **Daget (1976)**. On appelle régularité d'un échantillon le rapport de sa diversité à la diversité maximale (**Frontier et Pichod-viale, 1993**).

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

N : somme des espèces. **H'** : Indice de Shannon. **R** : Régularité. **E** : Equitabilité.

L'indice de régularité varie de 0 à 1, il tend vers 0 quand la quasi- totalité est concentrée sur une espèce par contre celui-ci tend vers 1 quand la majorité des espèces présentent des abondances équilibrées (communauté est en équilibre).

III.2.5.2.4 Etude statistique

1) Diagramme de Frontier (Diagramme Rang fréquence)

Pour compléter les paramètres étudiés précédemment, les diagrammes rangs fréquences (DRF) sont utilisés pour permettre de visualiser la distribution, le recouvrement des différents taxons.

Les diagrammes rang-fréquence (**Frontier et Etienne, 1990**) consiste à définir un certain nombre de classe d'abondance et à noter le nombre d'espèces entrant dans chaque classe. Partant de là, on construit un histogramme de la distribution de fréquence, en représentant chaque classe d'abondance par un intervalle de l'axe des abscisses et chaque aire est proportionnelle au nombre d'espèces. Plus l'histogramme de distribution des fréquences est « resserré » autour d'une classe d'abondance, plus on est proche de l'équi-répartition et plus la diversité est élevée. Au contraire, plus l'histogramme est étalé, moins la diversité est élevée.

Un peuplement stressé par une pollution ou par un facteur abiotique très contraignant sera au stade 1, rarement au stade 2 alors qu'un peuplement stable sera au stade 3 (Fig. 22).

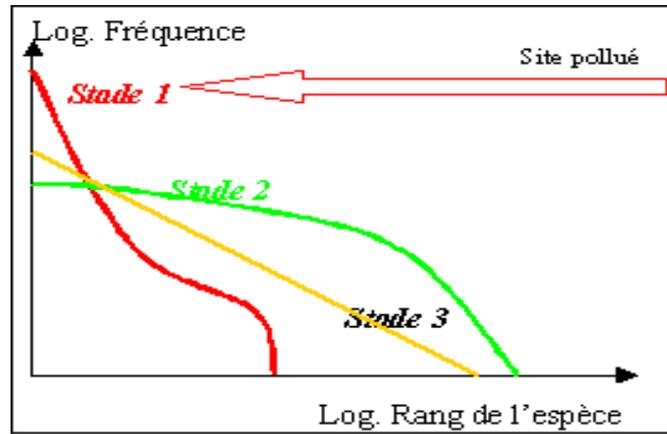


Fig. 22: Evolution des diagrammes rangs-fréquences au cours d'une succession (Frontier, 1969)

Chapitre III : Résultats et Discussion

III. Résultats et Discussion

Suite à l'absence, dans certaines saisons des réactifs de dosage, nous n'avons pas représenté certains paramètres dans les histogrammes des analyses physico-chimiques.

III.1 Paramètres abiotiques

III.1.1 Température

La température de l'eau est un facteur écologique qui a une grande importance. Elle joue un rôle leader dans la solubilité des gaz, la dissociation des sels dissous (sur la conductivité électrique) et dans la détermination du pH (Rodier *et al.*, 2005).

La variation saisonnière de la température de l'eau (Fig. 23) montre que :

- Les valeurs minimales des températures de l'eau sont enregistrées en hiver dans les barrages Beni Behdel et Ouizert avec respectivement 10,9 et 11,1 °C. Par ailleurs, dans les barrages Ghrib et Harreza, les valeurs minimales des températures de l'eau sont enregistrées en automne avec 8,2 et 11,8 °C.
- Par contre, la saison d'été est caractérisée par les valeurs les plus élevées qui atteignent 27,3°C pour Beni Bahdel et Harreza, 28,1 °C pour Ouizert et 25,6 °C pour Ghrib.

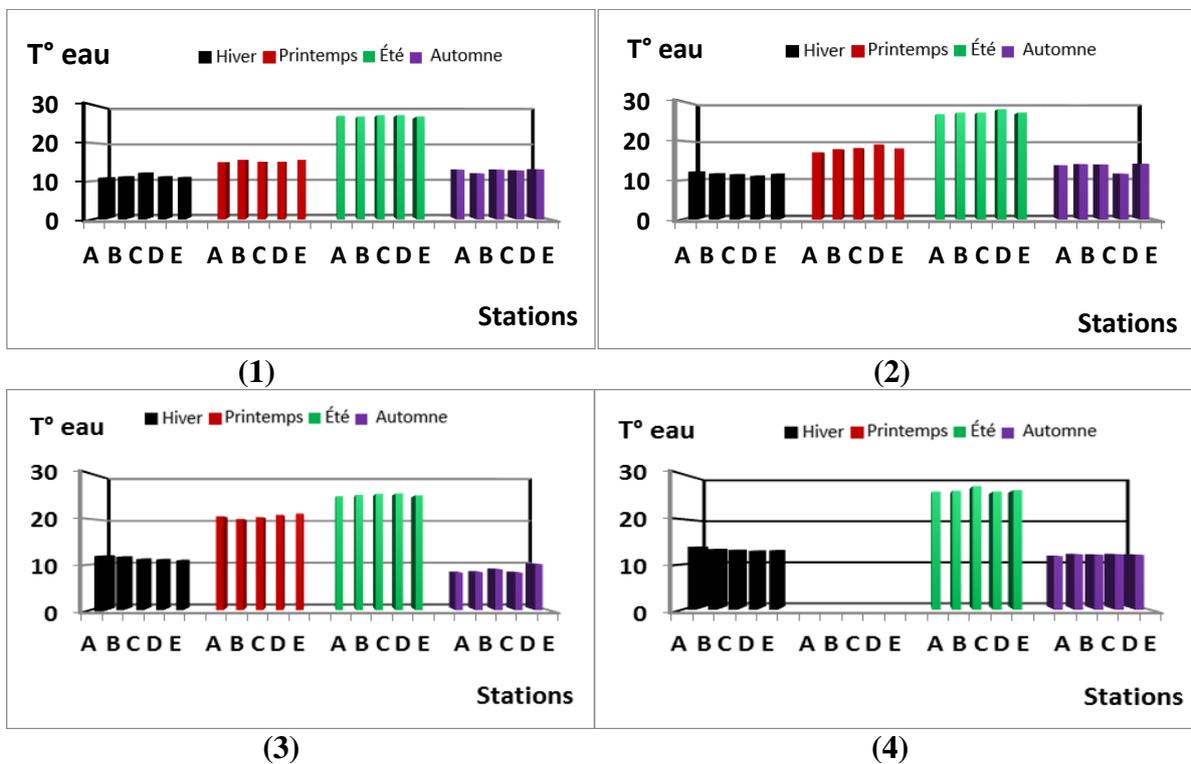


Fig. 23 : Variation saisonnière de la température de l'eau dans les barrages : Beni Bahdel (1), Ouizert (2), Ghrib (3) et Harreza (4).

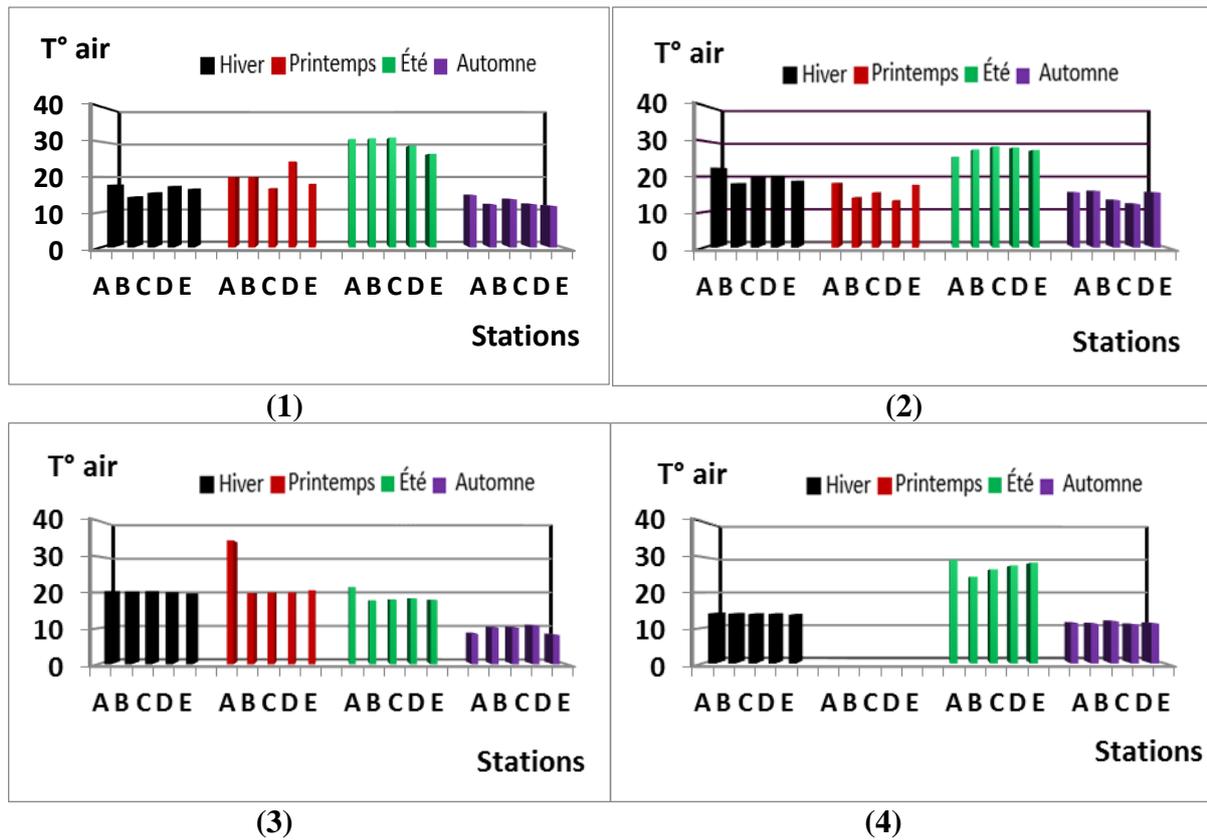


Fig. 24 : Variation saisonnière de la température de l’air dans les barrages : Beni Bahdel (1), Ouizert (2), Ghib (3) et Harreza (4).

Nous remarquons d’après la figure 24, que la température de l’eau évolue dans le même sens avec la température de l’air dans les quatre barrages. Globalement, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l’air. En effet, selon **Grosclaude et al., 1999** la température des eaux est largement conditionnée par la température de l’air et de l’énergie solaire.

III.1.2 Potentiel d’Hydrogène pH

Le pH indique l’alcalinité ou l’acidité d’un milieu. Il joue un rôle très important dans la répartition des organismes aquatiques, et il est directement lié à la température et à l’oxygène dissous (**Gaujous, 1995**).

- La variation saisonnière du pH de l’eau (Fig. 25) montre une variation remarquable entre les milieux. Une valeur minimale de 6,87 notée en printemps dans le barrage Beni Bahdel, ce dernier marque une valeur maximale de 9,28. Par ailleurs, dans le barrage d’Ouizert, le pH varie entre 7,81 en hiver et 8,96 en automne. Outre, des valeurs fluctuantes entre 7,94 et 8,77 sont enregistrées durant les saisons d’été et d’hiver dans

le barrage de Ghrib. Dans le dernier barrage (barrage de Harreza), le pH varie entre 7,95 et 8,77 durant les saisons d'Automne et d'Hiver.

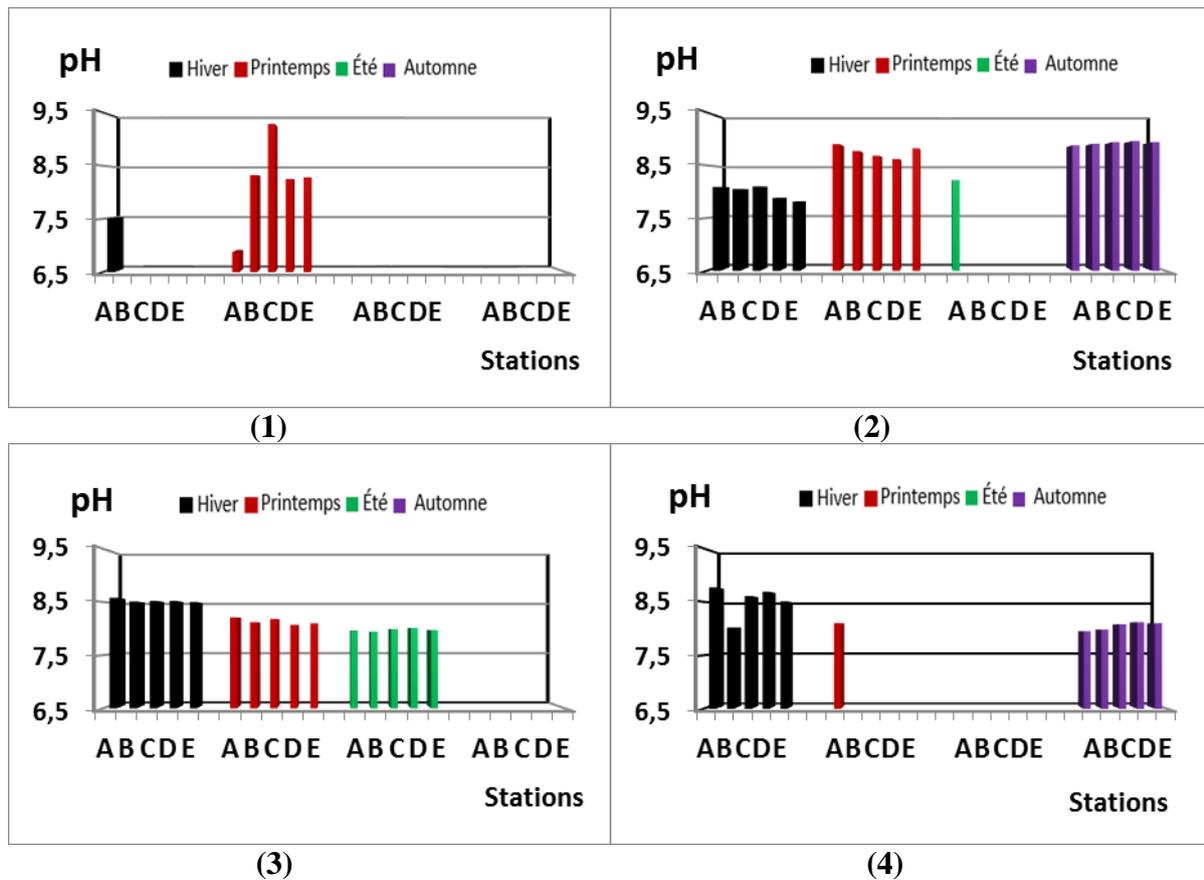


Fig. 25 : Variation saisonnière du potentiel d'hydrogène dans les barrages : Beni Bahdel (1), Ouizert (2), Ghrib (3) et Harreza (4).

Nous remarquons que les valeurs du pH sont maximales dans les barrages de Ghrib et Harreza durant la saison d'hiver. Par contre, pour le barrage d'Ouizert, nous observons des valeurs maximales en automne. Cette augmentation peut être due à la réduction du taux du gaz carbonique alors il y a une transformation des bicarbonates en carbonates donc le pH s'accroît lorsque CO_2 et HCO_3 diminuent.

D'une façon générale, les valeurs du pH des trois barrages Harreza, Ghrib et Ouizert sont conformes aux normes algériennes préconisées par le J.O.R.A (2011), qui tolèrent une valeur minimale de 6,5 et une valeur maximale de 9. Mais le pH du barrage de Beni Bahdel dépassé ces normes avec une valeur de 9,28 en printemps dans la station C.

III.1.3 Conductivité électrique

La conductivité électrique est proportionnelle à la quantité des sels ionisables dissous, elle constitue un bon indicateur du degré de minéralisation de l'eau (Nisbet et Verneaux, 1970).

En effet une augmentation excessive de la conductivité entraîne une perturbation du milieu puis' quelle influe sur la pression osmotique qui entraîne des problèmes chez les organismes aquatiques sensibles (Gaujous, 1995).

- La variation saisonnière de la conductivité (Fig. 26) montre que ce paramètre varie entre une valeur minimale de 139 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et une valeur maximale de 680 $\mu\text{S}/\text{cm}$ notée en automne dans le barrage Beni Bahdel. Par ailleurs, dans le barrage de Ouizert, elle varie entre 1252 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en hiver et 2070 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en été. En parallèle, nous avons marqué des valeurs entre 1685 et 2920 $\mu\text{S}/\text{cm}$ durant les saisons automne et été dans le barrage Ghrib, et des valeurs fluctuantes entre 2070 et 2570 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en été et hiver dans le barrage de Harreza.

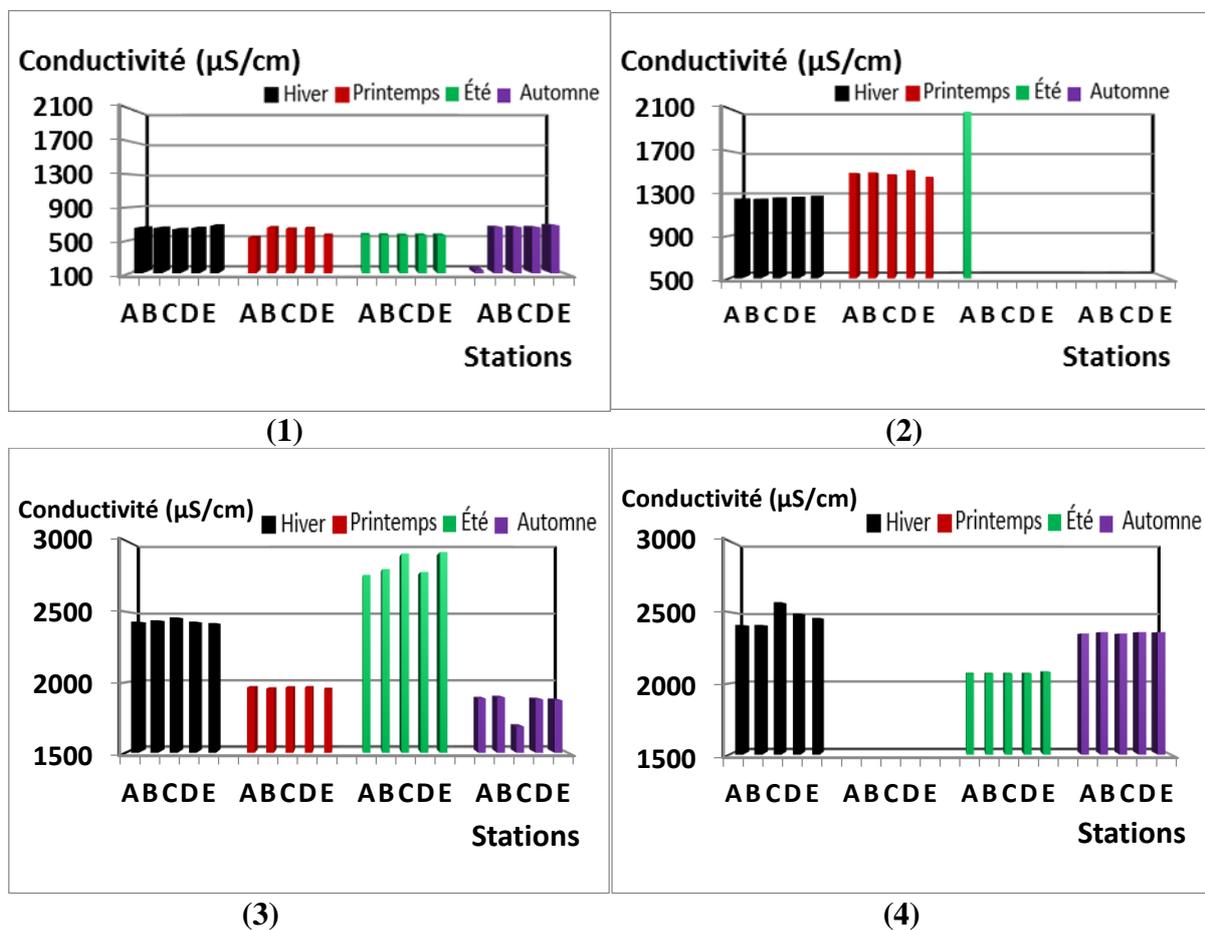


Fig. 26 : Variation saisonnière de la conductivité électrique dans les barrages : Beni Bahdel (1), Ouizert (2), Ghrib (3) et Harreza (4).

Nous remarquons que les valeurs maximales de la conductivité sont enregistrées durant la saison estivale dans les barrages d’Ouizert et Ghrib. Cette variation est due à l’augmentation du taux de salinité suite à l’augmentation de l’évaporation de l’eau. Mais dans le barrage Beni Bahdel, la conductivité est faible durant les quatre saisons, ceci coïncide avec des taux faibles

de la salinité qui ne dépasse pas 0,1 PSU. Ces valeurs faibles par rapport aux autres barrages sont expliquées par la nature géologique du bassin versant du barrage de Beni Bahdel.

D'une façon générale les valeurs de la conductivité des eaux des quatre barrages sont supérieures à 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et selon Nisbet et Verneaux (1970) ces eaux appartiennent à la classe 8 caractérisée par une minéralisation très forte à excessive indiquant une eau séléniteuse, ou polluée. Cette augmentation peut être due aux fortes charges en éléments minéraux des oueds qui alimentent les barrages, et la nature géologique des bassins versant.

III.1.4 Salinité

La salinité indique la teneur d'un milieu en sel, elle permet de connaître la circulation des eaux, d'identifier les masses d'eaux d'origine différents (Aminot, 1983).

- La variation saisonnière de la salinité (Fig. 27) montre que : dans le barrage Beni Bahdel le taux de la salinité est faible durant les quatre saisons ne dépasse pas le 0,1 PSU. Par ailleurs, dans le barrage Ouizert la salinité varie entre 0,4 PSU en hiver et 0,9 PSU en été. Avec des valeurs entre 0,4 et 1,4 PSU durant les saisons d'automne et d'été dans le barrage Ghrib, et dans le barrage Harreza la salinité varie entre 0,9 et 1,4 PSU durant les saisons d'été et d'hiver.

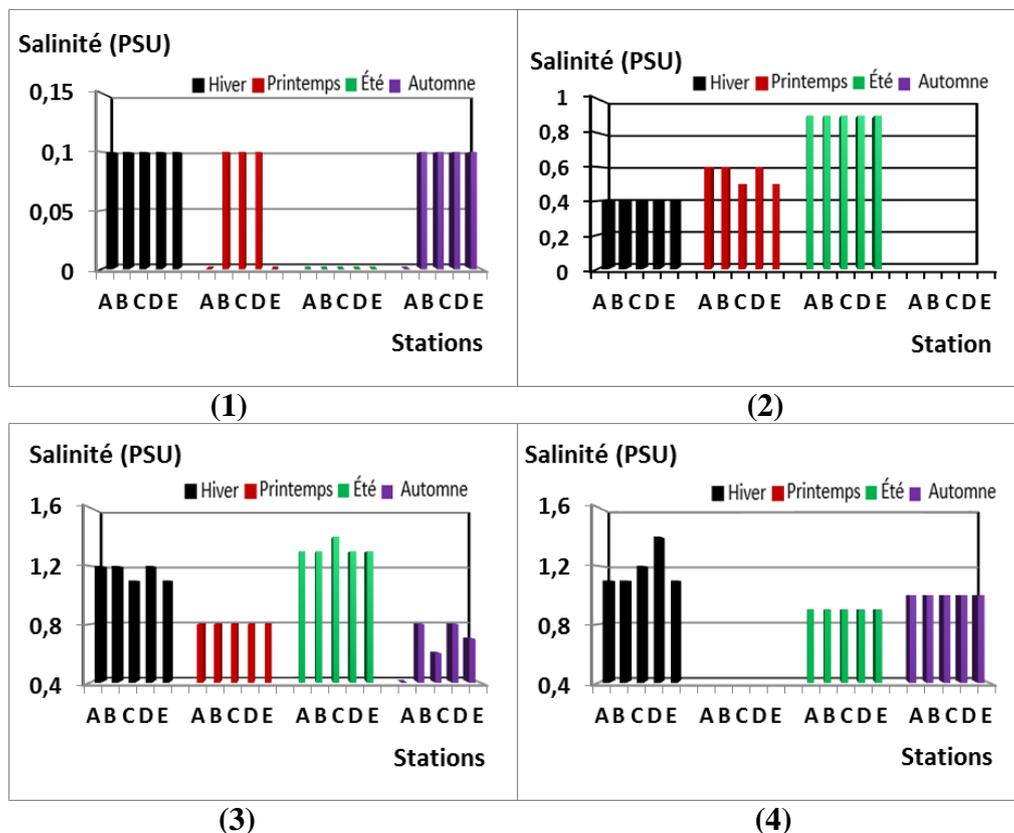


Fig. 27 : Variation saisonnière de la salinité dans les barrages : Beni Bahdel (1), Ouizert (2), Ghrib (3) et Harreza (4).

Nous remarquons que la salinité augmente en été dans les barrages Ghrib et Ouizert, ce qui peut être due à l'augmentation de la température. Par contre elle diminue dans cette saison dans les barrages Harreza et Beni Bahdel avec un taux de salinité nul dans le barrage Beni Bahdel et augmente dans la saison d'hiver dans le barrage Harreza

III.1.5 Transparence de l'eau

La transparence de l'eau varie d'une façon irrégulière, et en fonction des manifestations hydrologiques, et du développement de la biomasse algale (El-Ghachtoul et al., 2005)

La variation saisonnière de la transparence (Fig. 28) montre que pour :

- La valeur minimale de la transparence est enregistrée en hiver dans les barrages Beni Bahdel et Ouizert avec 54 cm (station C) et 68 cm (station D), et en automne dans les barrages Ghrib et Harreza avec 17 cm (station C) et 43 cm (station C et E).
- Par ailleurs, les valeurs maximales de la transparence sont enregistrées en été dans les barrages Beni Bahdel et Harreza avec 270cm (toutes les stations sauf E) et 100 cm (station A), et en printemps dans les barrages Ouizert et Ghrib avec 380 cm (station A) et 250 cm (station A, B et aussi dans la station B, la saison d'hiver).

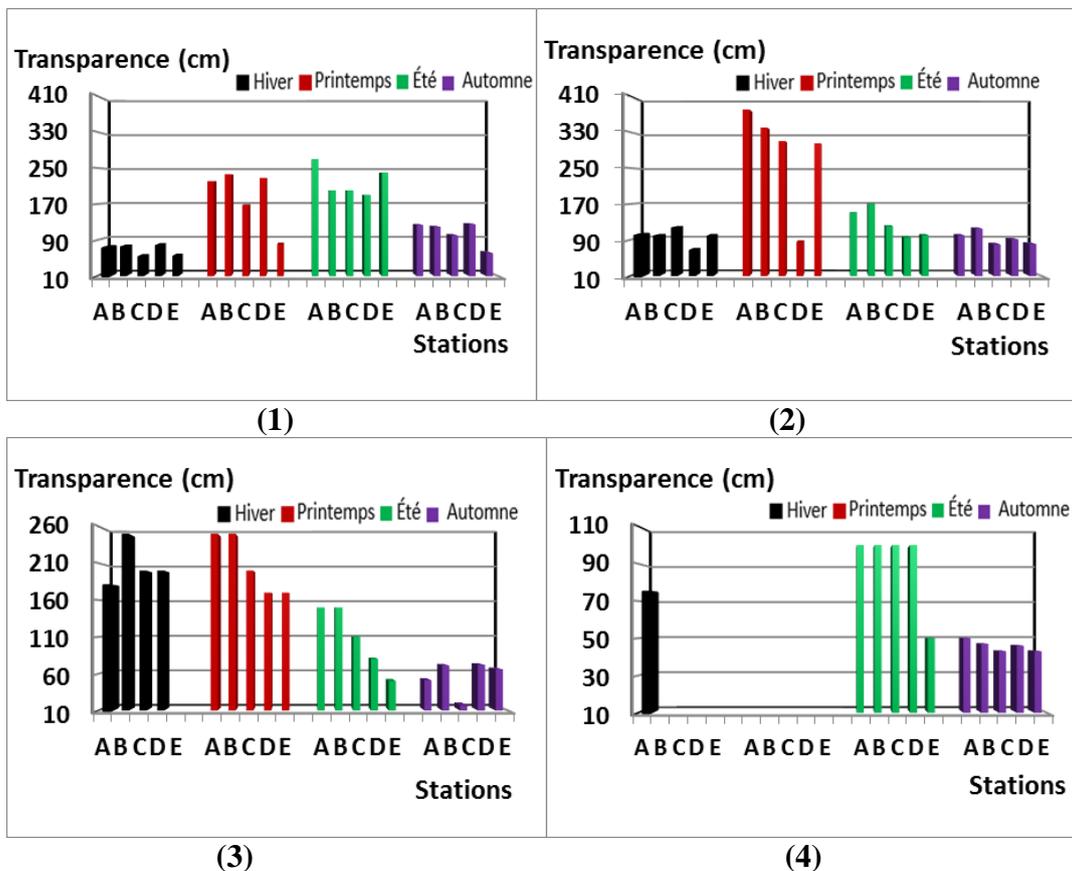


Fig. 28 : Variation saisonnière de la transparence dans les barrages : Beni Bahdel (1), Ouizert (2), Ghrib (3) et Harreza (4).

Nous remarquons que dans les barrages Beni Bahdel, Ouizert et Harreza, les valeurs minimales de transparence sont enregistrées dans les stations là où il y a le diversement des oueds qui alimentent ces barrages. Ceci explique que cette diminution est due à la forte charge des eaux des Oueds par les sédiments. Qui vont affecter la transparence de l'eau et diminuer la pénétration de la lumière et donc la photosynthèse (Blieffert et Perraud, 2001).

III.1.6 Oxygène dissous

C'est un élément important dont les teneurs dépendent des phénomènes qui tendent soit à un enrichissement grâce aux échanges avec l'atmosphère, soit à un appauvrissement corrélatif à la respiration des organismes, aux réactions de chimiosynthèse bactérienne (dégradation et minéralisation de la matière organique) et à l'oxydation chimique des substances minérales et organiques (El Haouati et Djermane, 2006).

- La variation saisonnière (Fig. 29) montre que : les taux minimums de l'oxygène dissous sont enregistrés en automne dans le barrage Beni Bahdel et Ouizert avec 5,9 et 6,01 mg/L, et en hiver dans les barrages Ghrib et Harreza avec 2,7 et 2,19 et mg/L.
- Par ailleurs, les taux maximums de l'oxygène dissous sont enregistrés en printemps avec 11,45 mg/l dans le barrage Beni Bahdel, en été avec 17,23 mg/l dans le barrage Ouizert, et en automne dans les barrages Ghrib et Harreza avec 11,26 et 20,6 mg/l.

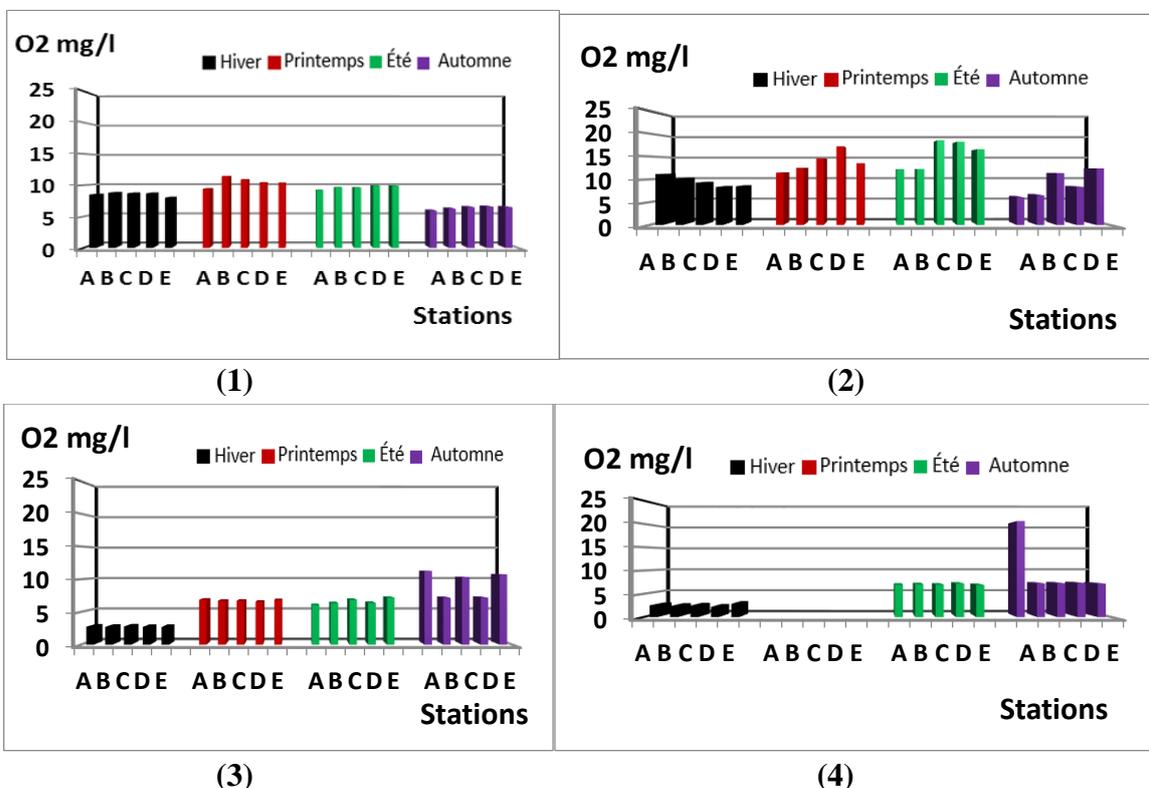


Fig. 29 : Variation saisonnière de l'oxygène dissous dans les barrages : Beni Bahdel (1), Ouizert (2), Ghrib (3) et Harreza (4).

La diminution de taux d’oxygène dans les barrages de Beni Bahdel, Ouizert, Harreza et Ghrib, en automne et hiver est due probablement à l’activité des bactéries aérobies, à la respiration animale et à la minéralisation par oxygénation des substances organiques. Outre, l’augmentation des taux d’oxygénation, durant les autres saisons, est dû probablement à l’activité photosynthétique assurée par le phytoplancton.

III.1.7 Taux de saturation en oxygène

On discute l’oxygène dissous sous forme de pourcentage de saturation. Les pourcentages de saturation en oxygène (Fig. 30) montrent qu’il y a une sursaturation en oxygène dans les barrages de Beni Bahdel et Ouizert en printemps et en été avec un pourcentage maximal de 138,4% dans le barrage de Beni Bahdel. Cette sursaturation en oxygène indique une eutrophisation du milieu se traduisant par une activité photosynthétique intense.

Par ailleurs, les pourcentages sont minimums en hiver dans les barrages Ghrib et Harreza avec 26,1% (station E) et 21,7 (station D). Cette diminution est due probablement à la respiration animale. Sachant que le barrage de Harreza est utilisé en aquaculture comme lac de stockage des géniteurs. Par contre de barrage de Ghrib habite une faune ichtyologique très variée.

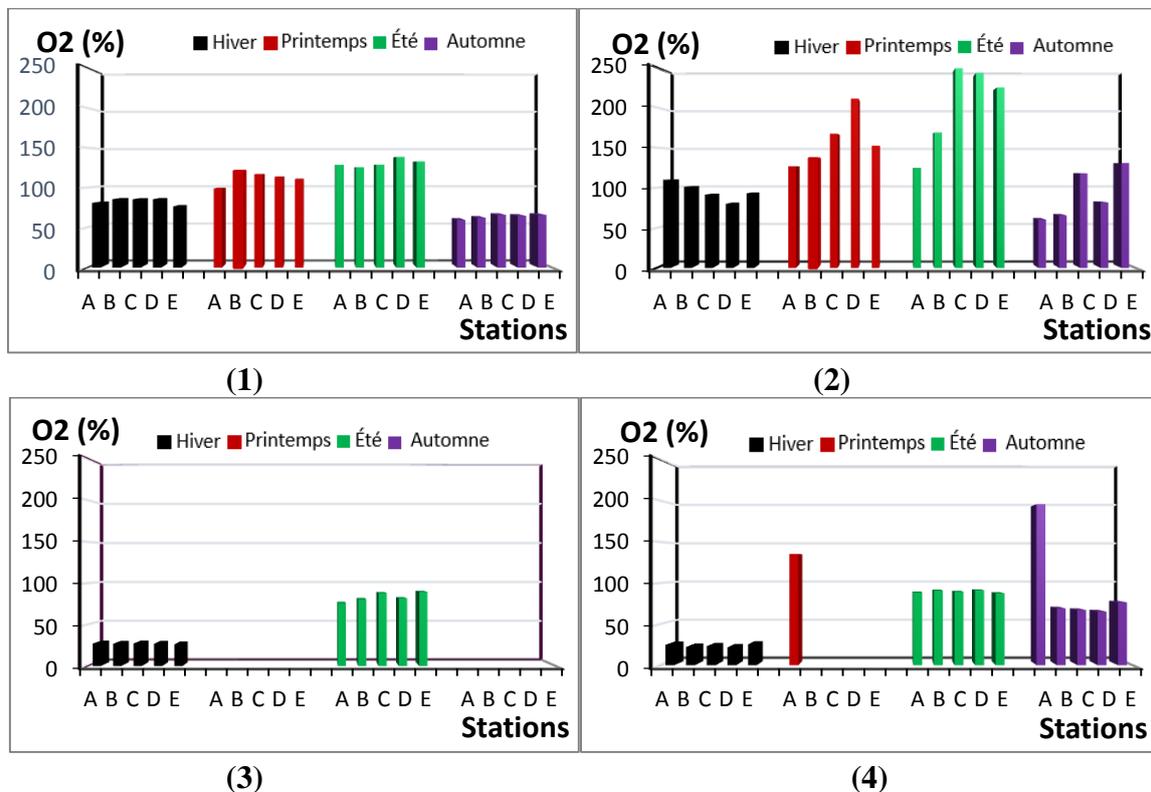


Fig. 30 : Variation saisonnière du taux de saturation en oxygène dans les barrages : Beni Bahdel (1), Ouizert (2), Ghrib (3) et Harreza (4).

Nous remarquons que les pourcentages d'oxygénation sont en bon état dans les barrages Ghrib et Harreza en été, Ouizert (sauf station A) et Beni Bahdel en hiver. Cette différence de pourcentage d'oxygène entre les barrages est due aux différences des taux de nutriments.

III.1.8 Sels nutritifs

III.1.8.1 Nitrites NO₂⁻

Les nitrites sont la forme la moins stable de l'azote, ils disparaissent rapidement dans les milieux naturels. Ils ne se maintiennent, que lorsque le milieu n'est pas suffisamment oxydant et leur présence indique un état critique d'une pollution organique (Kedaid, 2011).

La variation saisonnière des nitrites (Fig. 31) montre que :

- Les valeurs minimales des nitrites sont enregistrées en printemps dans le barrage Beni Bahdel avec 0,034 mg/l (station B), et en été dans les barrages Ghrib et Harreza avec 0,020 mg/l (station D) et 0,030 (Station B) suite à l'accélération de l'oxydation de l'azote ammoniacal en nitrates due à l'augmentation de la température et de l'oxygène. Outre, la valeur minimale des nitrites est enregistrée en automne dans le barrage de Ouizert avec 0,002 mg/l (station B).

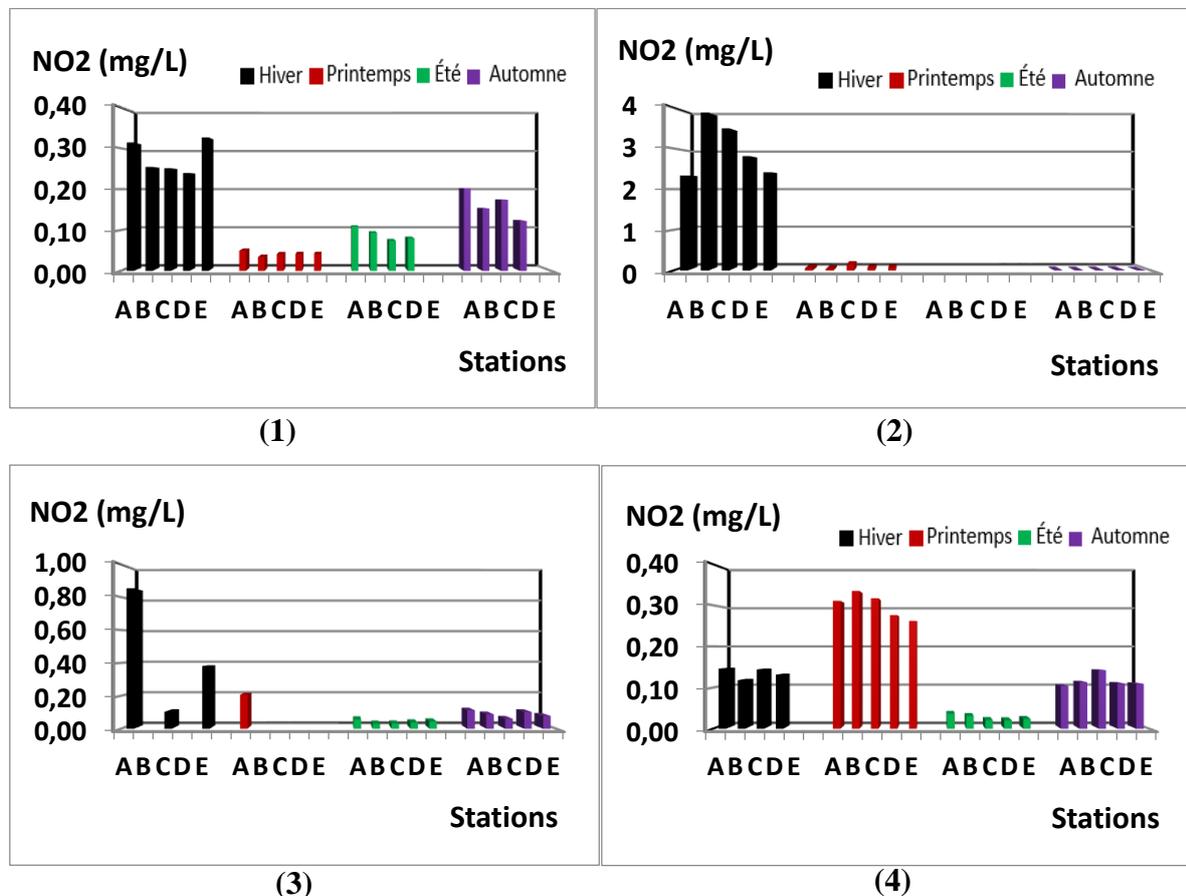


Fig. 31 : Variation saisonnière des nitrites dans les barrages de : Beni Bahdel (1), Ouizert (2), Ghrib (3) et Harreza (4).

- Par ailleurs, les valeurs maximales des nitrites sont enregistrées en hiver dans les barrages de Beni Bahdel, Ouizert et Harreza avec des valeurs respectivement 0,327 mg/l (station E), 3,883 mg/l (station B) et 0,854 mg/l (station A). Ceci est expliqué probablement par le processus de l'oxydation incomplète de l'azote qui est due à la diminution du taux d'oxygénation et à la basse de température.
- Globalement la variation des valeurs de nitrites entre les barrages due à la variation des taux d'oxygénations et de la disponibilité en azote ammoniacal.

III.1.8.2 Nitrates NO_3^-

Les nitrates proviennent des apports exogènes (eau de lessivage), de la dégradation des matières organiques azotées. Ils représentent la forme la plus oxydée de l'azote. Ils constituent les éléments nutritifs majeurs d'un milieu aquatique, car ils stimulent le développement de la flore aquatique et augmentent la productivité du lac. Les nitrates dans l'eau de consommation sont nocifs pour la santé et posent un problème de santé publique, car ils sont transformés par Les bactéries intestinales en nitrites (très toxiques), (Shuval et Gruener, 1972).

La variation saisonnière des nitrates (Fig. 32) montre que :

- Les valeurs minimales des nitrates sont enregistrées en automne dans les deux barrages : le barrage Beni Bahdel avec 0,232 mg/l et le barrage Harreza avec 0,139 mg/l et en hiver dans le barrage Ouizert avec 0,028 mg/l.
- Par contre, les valeurs maximales des nitrates sont enregistrées en printemps dans les barrages Ouizert et Harreza avec respectivement 13,105 et 3,5 mg/l ceci est due à l'augmentation de la température et d'oxygène qui accélère la transformation des nitrites en nitrates ce qui l'explique la diminution de nitrite dans cette saison.
- Par ailleurs, la valeur maximale des nitrates dans le barrage Beni Bahdel est enregistrée en printemps dans la station B avec 4,184 mg/l. Mais nous remarquons qu'il y a une diminution dans les autres stations ceci est due probablement à l'utilisation des nitrates dans la photosynthèse

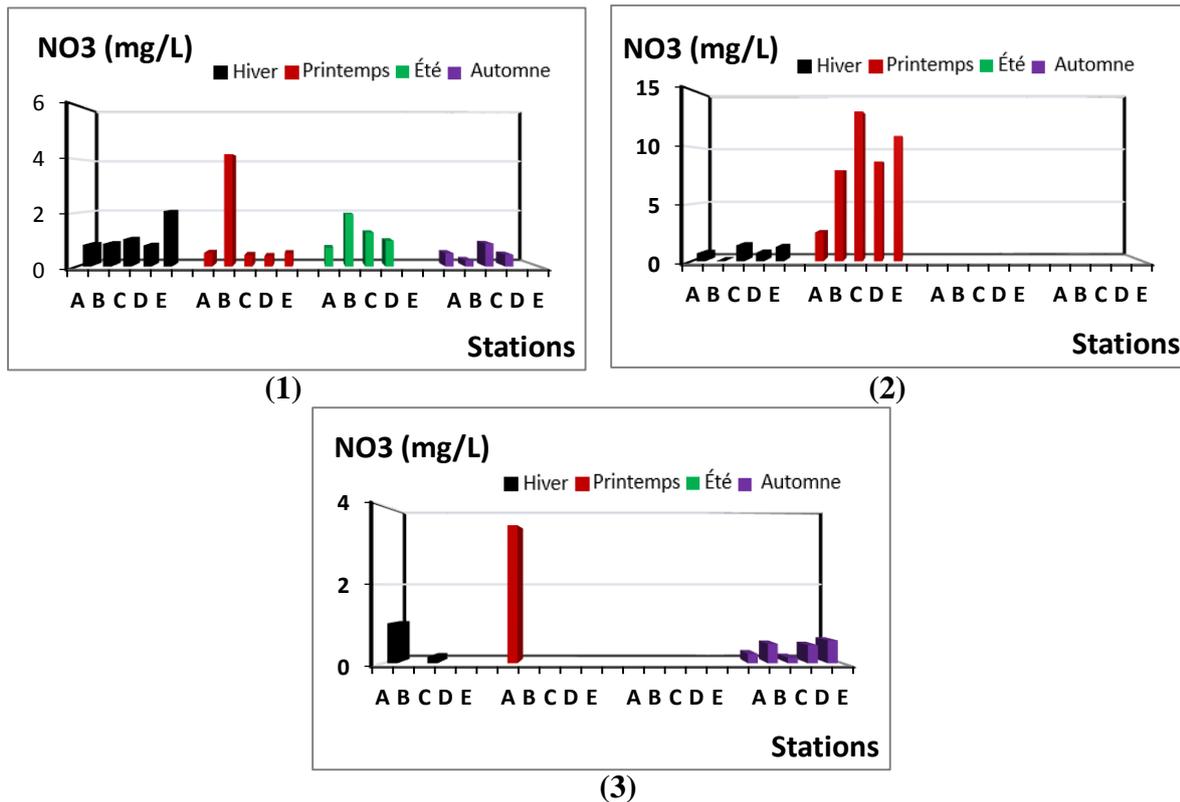


Fig. 32 : Variation saisonnière du nitrate : Beni Bahdel (1), Ouizert (2) et Harreza (3)

III.1.8.3 Azote ammoniacal NH₄⁺

L'azote ammoniacal provient de la réduction des nitrates et aussi de la dégradation de la matière organique, il est assimilé directement par les êtres vivant (Plemont, 1993).

La variation saisonnière de l'azote ammoniacal (Fig. 33) montre que :

- Les valeurs minimales de l'azote ammoniacal sont enregistrées en été dans les barrages de Beni Bahdel et Harreza avec 0,016 et 0,060 mg/l. Cette diminution de l'azote ammoniacal peut être expliquée par leur utilisation par les végétaux et leur assimilation par le phytoplancton et les bactéries eutrophes (Lévêque, 1996). Par contre, les valeurs minimales sont enregistrées en automne dans les barrages Ouizert et Ghrib avec respectivement 0,002 et 0,007 mg/l.
- Par ailleurs, les valeurs maximales de l'azote ammoniacal sont enregistrées en hiver dans la station A des deux barrages de Beni Bahdel et Harreza avec 1,146 et 1,085 mg/l. Cela s'explique d'une part par les conditions défavorables à la nitrification (température basse) et à la faible assimilation par les algues, et d'autre part par la pluviosité qui lessive les sols entraînant en outre un remaniement de vase du fond de rivières provoqué par les augmentations des débits.

➤ Outre, la valeur maximale de l'azote ammoniacal est enregistrée dans le barrage de Ouizert en printemps avec 0,889 mg/l (station D), aussi-il y a une augmentation dans le barrage Ghrib dans cette saison, due probablement à l'augmentation de la température qui entraîne une accélération de l'activité microbienne et la dégradation de la matière organique végétale. Comme elle peut être due aux engrais et les rejets azotés dans les oueds qui déversent dans les barrages.

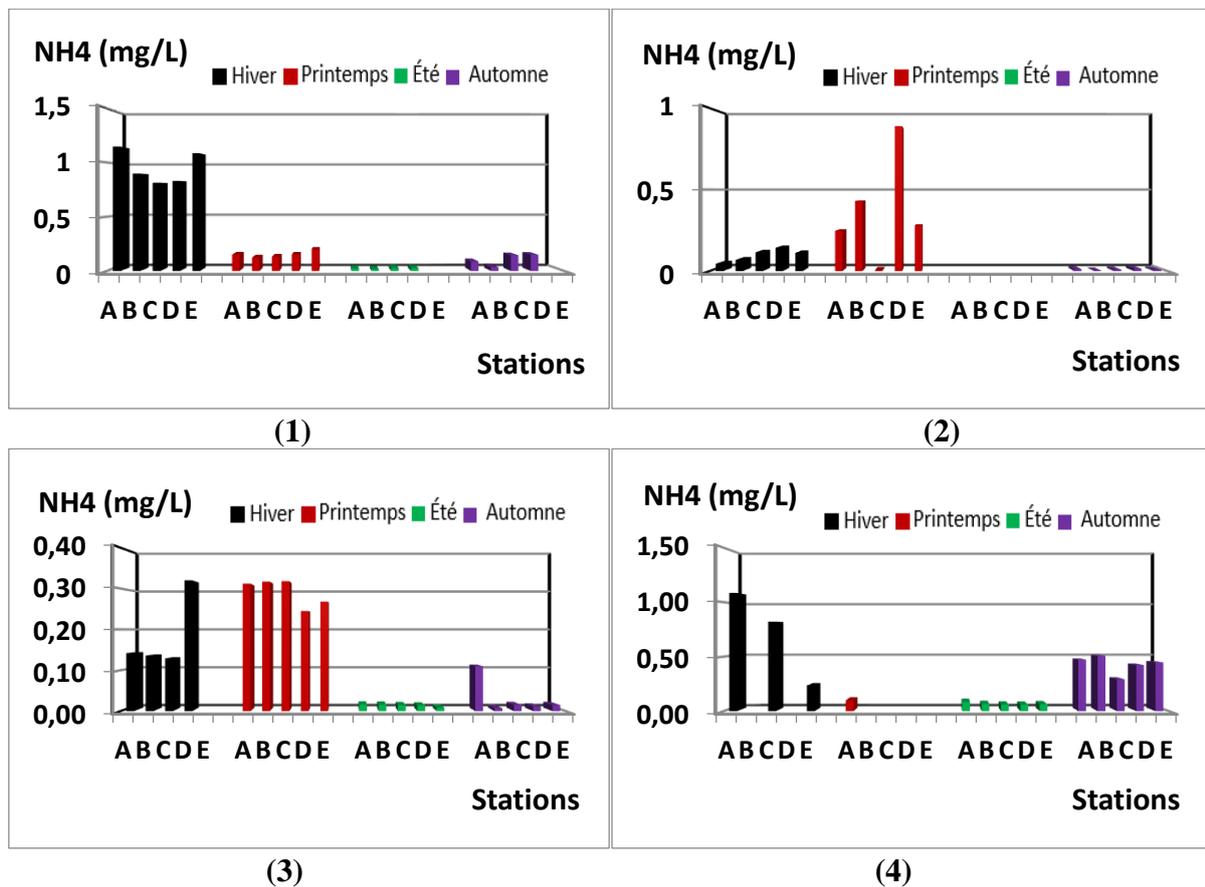


Fig. 33 : Variation saisonnière de l'azote ammoniacal dans les barrages : Beni Bahdel (1), Ouizert (2), Ghrib (3) et Harreza (4).

Nous remarquons que dans le barrage de Ouizert en printemps, il y a une diminution importante de l'azote ammoniacal dans la station C due à l'oxydation d'azote ammoniacal en nitrate ce qui explique l'augmentation importante en printemps dans cette station de nitrate avec 13,105 mg/l, et dans le barrage de Ghrib en hiver il y a une augmentation de valeur de l'azote ammoniacal avec 0,320 mg/l (station D) due probablement à l'activité agricole.

III 1.8.4 Phosphates PO_4^{3-}

Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol ; leurs présences dans les eaux 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). Les variations saisonnières des phosphates (Fig. 34) montre que :

- Les valeurs minimales des phosphates sont enregistrées en automne dans les barrages de Ouizert et Harreza avec respectivement 0,022 et 0,0195 mg/l. Ceci peut être dû à l’augmentation de la pluviosité ce qui entraine la dilution des eaux des barrages.
- Par contre, dans le barrage de Beni Bahdel, une valeur minimale est enregistrée au printemps avec 0,0260 mg/l. Ces diminutions peuvent être dues à l’utilisation de cet élément par le phytoplancton et à l’assimilation par les micro-organismes autotrophes.
- Par ailleurs, Les valeurs maximales des phosphates sont enregistrées dans les barrages de Beni Bahdel, Ouizert et Harreza en hiver avec des valeurs respectivement de 1,42. 0,436 et 0,72 mg/l, et une augmentation des valeurs de phosphates sont enregistrées dans le barrage Ghrib en automne avec 0.023mg/l cela peut être due aux lessivages.

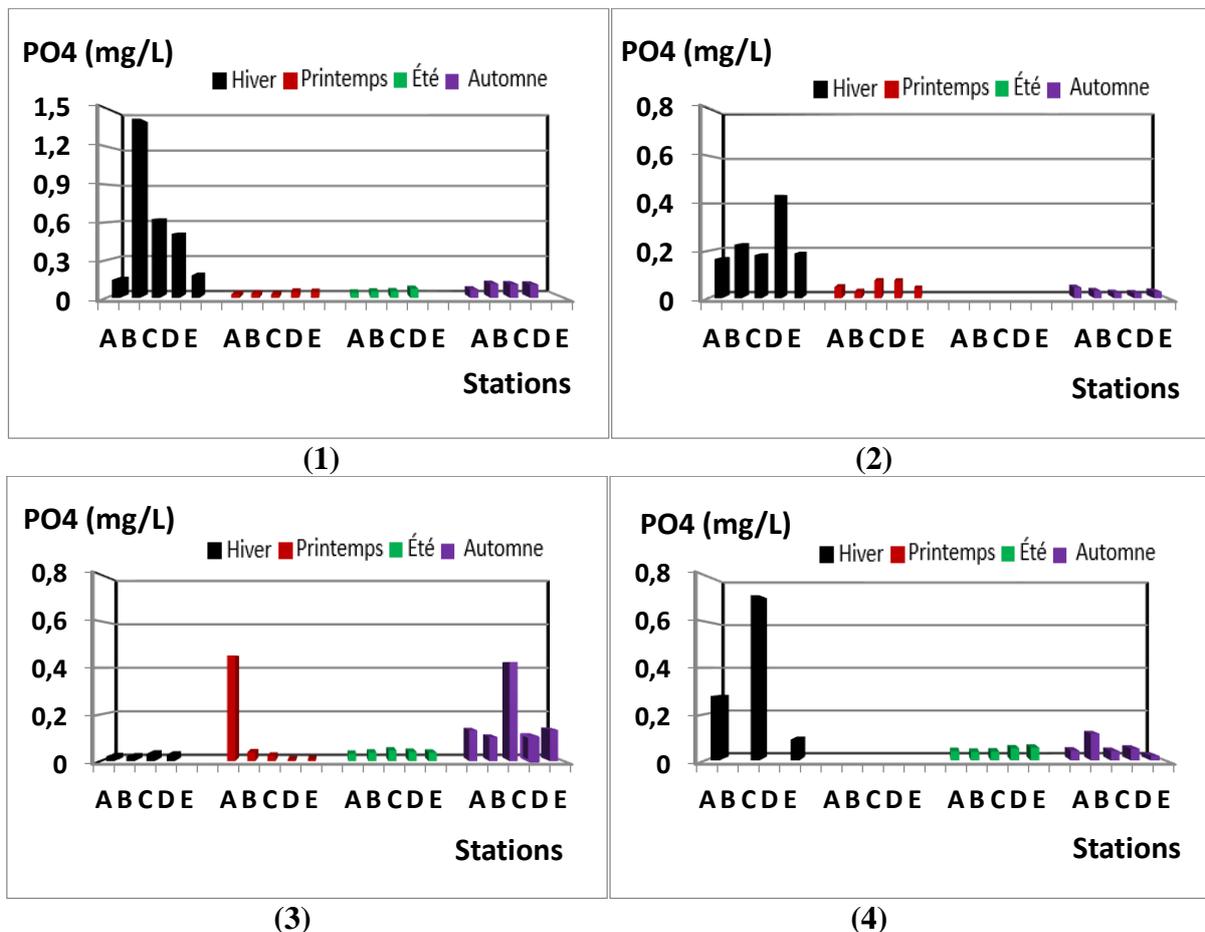


Fig. 34 : Variation saisonnière du phosphate : Beni Bahdel (1), Ouizert (2), Ghrib (3) et Harreza (4).

Nous remarquons que dans le barrage de Ghrib la valeur maximale des phosphates est enregistrée en printemps dans la station A avec 0,453 mg/l est due à l'accumulation de cet élément dans cette station car elle est située proche de la digue. Et nous observons une diminution dans les autres stations avec une valeur minimale de 0,006 mg/l.

III.2.1 Synthèse sur les paramètres abiotiques

La qualité des eaux des lacs 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) ([www.SEQ-Eau douce.htm](http://www.SEQ-Eau%20douce.htm)) qui sont portées sur le tableau VI.

Tableau VI : Normes de qualité des eaux des masses d'eau naturelles (SEQ-Eau) (2014)

Éléments de qualité de l'eau		Limites inférieures					Moyennes annuelles des barrages étudiés			
		Mauvais	Médiocre	Moyen	Bon	Très bon	Beni Bahdel	Ouizert	Ghrib	Harreza
Bilan en oxygène (mgO ₂ /l)	Oxygène dissous	< 3	3	4	6	8	8,76	11,96	6,33	6,46
Matières phosphorées (mgP/l)	Orthophosphates	>0.66	0.66	0.33	0.16	0.033	0,2	0,11	0,09	0,12
Matières azotées (mgN/l)	Nitrates	>16.94	16.94	11.3	5.65	1.13	1,02	4,74		0,82
	Nitrites	>0.3	0.3	0.16	0.09	0.03	0,14	1	0,15	0,16
	Azote ammoniacal	>3.9	3.9	1.56	0.39	0.078	0,36	0,16	0,13	0,34
Température (°C)	Température	>28	28	25	21.5	20	16,62	17,64	16,5	17,28
Acidification	pH minimum	>4.5	4.5	5.5	6	6.5	6.87	7.81	7.94	7.95
	pH maximum	>10	10	9.5	9	8.2	9.28	8.96	8.58	8.69

Les moyennes saisonnières des paramètres abiotiques dans les eaux des quatre sites étudiés (le barrage de Beni Bahdel, Ouizert, Ghrib et Harreza), pour la plupart des paramètres physico-chimiques, montrent que :

- Il y a une sursaturation en oxygène dans les deux barrages de Beni Bahdel et Ouizert, ce qui dû au phénomène d'eutrophisation. La concentration des nitrates dans les barrages de Beni Bahdel et Harreza est inférieure par rapport aux normes ce qui indique qu'il y a une consommation de cet élément par le phytoplancton suite aux problèmes d'eutrophisation.
- Outre, dans le barrage d'Ouizert, la concentration de nitrite est largement supérieure aux normes ceci indique la présence d'une pollution organique.
- Globalement la qualité des eaux des barrages Ghrib et Harreza sont de bonne qualité, contrairement à la qualité des eaux des barrages Beni Bahdel et Ouizert qui sont pollués.

III.2.2 Détermination de l'état trophique des milieux

Selon les critères établis par l'O.C.D.E. (1982), basés sur la profondeur Secchi et les concentrations en chlorophylle (a) (Tab. VII), nous avons déduire l'état trophique des quatre barrages étudiés (Beni Bahdel, Ouizert, Ghrib et Harreza). La moyenne annuelle de l'année 2017 dans les quatre barrages permet de les classés comme eutrophe à Hyper-eutrophe.

Tableau VII : Etat trophique des eaux des barrages étudiés selon l'O.C.D.E. (1982).

Eléments de qualité de l'eau	Degré trophique				Barrages			
	Oligotrophe	Mésotrophe	Eutrophe	Hyper eutrophe	Beni Bahdel	Ouizert	Ghrib	Harreza
Chl Moyenne	<2,5	2,5-8	8-25	>25	28,24	26,49	38,04	54,55
Chl maximum	<8	8-25	25-75	>75	61,04	47,26	220,17	78,60
Secchi moyenne	>6	6-3	3-1.5	1.5-0,7	1.45	1.5	1.41	0.69
Secchi minimum	>3,0	3-1,5	1.5-0,7	<0,7	0.54	0.68	0.17	0.43

Légende :

Chl moyenne = concentration moyenne de la chlorophylle a dans les eaux de surface ($\mu\text{g/l}$).

Chl maximum = concentration maximale de la chlorophylle a dans les eaux de surface ($\mu\text{g/l}$)

Secchi moyenne = profondeur moyenne de la transparence au disque Secchi (m).

Secchi minimum = profondeur minimale de la transparence au disque de Secchi (m)

III.3 Etude des paramètres biotiques

III.3.1 Chlorophylle « a »

Elle représente le facteur essentiel de la photosynthèse conduisant à l'estimation de la biomasse phytoplanctonique (Djerrah et Rahmani, 2003).

La variation saisonnière de chlorophylle a (Fig. 35) montré que :

- Les valeurs minimales de la chlorophylle a sont enregistrées en été dans les barrages Beni Bahdel et Harreza avec 10,227 et 30,8 µg/l, aussi en printemps dans les barrages Ouizert et Ghrib avec 6,998 et 19,638 µg/l Cette diminution est due probablement à l'abondance du zooplancton ainsi que les poissons ce qui est expliquée par l'augmentation de transparence dans ces saisons.
- Par ailleurs, les valeurs maximales de la chlorophylle a sont enregistrées en automne dans les barrages Ghrib et Harreza avec 220,167 et 78,596 µg/l, aussi en hiver dans les barrages Ouizert et Beni Bahdel avec 47,257 et 61,037 µg/l, cette augmentation dans les barrages Ghrib, Ouizert et Beni Bahdel est dû probablement à l'augmentation de la biomasse phytoplanctonique cause par l'augmentation des concentrations des phosphates dans ces saisons.

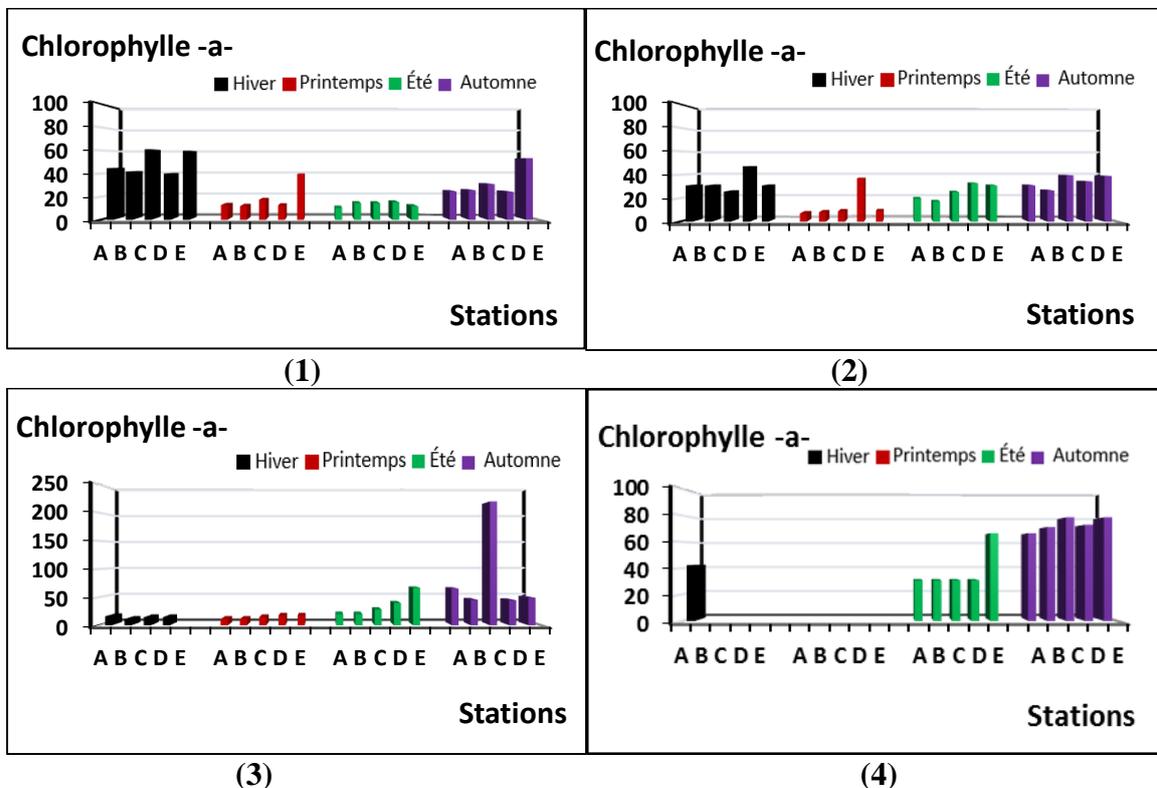


Fig. 35 : Variation saisonnière de la chlorophylle a : Beni Bahdel (1), Ouizert (2), Ghrib (3) et Harreza (4)

III.3.2 Etude du peuplement phytoplanctonique

L'écosystème aquatique ne se définit pas uniquement par les facteurs abiotiques étudiés précédemment, il comprend également l'ensemble des organismes qui flottent au sein de l'eau et qui constituent le plancton. Ce dernier se diversifie en phytoplancton (plancton végétal) et zooplancton (plancton animal).

Les communautés phytoplanctoniques des barrages de Beni Bahdel, Ouizert, Harreza et Ghrib, ont été étudiées par une analyse et un suivi dans le temps en étudiant leurs fluctuations qualitatives (richesse spécifique) et quantitatives (densité, abondance). En complément à cette étude, nous avons effectué une analyse structurale par le calcul des indices de diversité (Shannon et Equitabilité) et le tracé des diagrammes Rangs Fréquences, afin de déterminer le degré d'organisation et sa répartition.

III.3.2.1 Etude qualitative du peuplement

a) Composition taxonomique du phytoplancton (Annexe II)

- Dans les eaux de barrage **Beni Bahdel** nous avons répertoriées **49** espèces réparties en 5 groupes (Chlorophytes, Chromophytes, Cyanophytes, Euglénophytes, Pyrrophytes) avec 7 classes, qui sont, selon leurs abondances :

1. **Les Chlorophycées** : forme le groupe le plus diversifiées, vient en première position avec 21 taxons, soit 48 % de la communauté phytoplanctoniques, ils sont représentés principalement par les genres suivants : *Oocystis* et *Cosmarium*.
2. **Les Cyanophycées** : il est aussi diversifié, vient en deuxième position avec 9 taxons, soit 25,85 % du peuplement total, ils sont représentés essentiellement par les genres suivants *Anabaena* et *Oscillatoria*.
3. **Les Diatomées** : comptent 9 taxons, soit une proportion de 15,86%, dominés surtout par le genre : *Cyclotella*.
4. **Les Pyrrophycées** : regroupe 2 taxons, soit une proportion de 6,51%, représentés par le genre : *Ceratium*.
5. **Les Cryptophycées** : regroupent 3 taxons, soit une proportion de 2,09%, représentés surtout par le genre : *Cryptomonas*
6. **Les Euglénophycées** : regroupe 4 taxons, soit une proportion de 1,65%, représentés surtout par le genre : *Trachelomonas*.
7. **Les Dinophycées** : regroupe un seul taxon, soit une proportion de 0,11%, représentés par le genre : *Peridinium*.

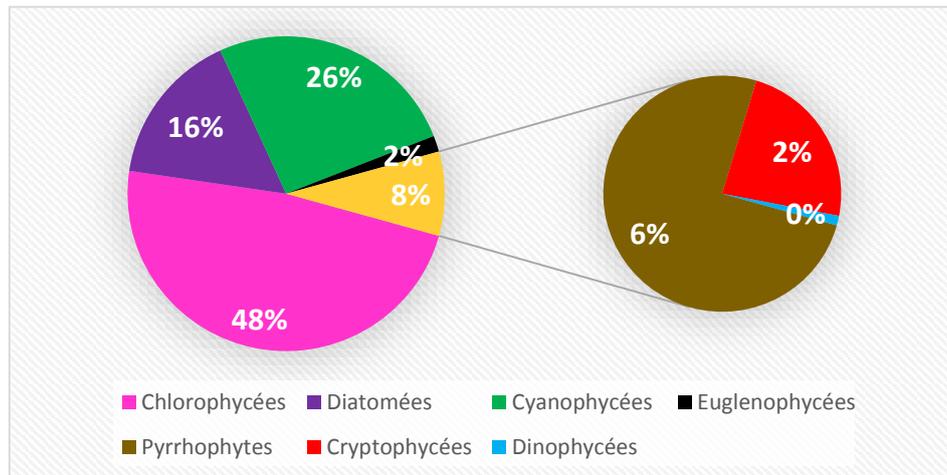


Fig. 36 : Variation des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le barrage de Beni Bahdel

Les espèces déterminées dans le barrage de **Beni Bahdel** sont démontrées dans la liste suivante :

1. Chlorophycées

<i>Ankistrodesmus sp₁</i>	<i>Closterium acerosum</i>	<i>Pediastrum simplex</i>
<i>cf. Ankistrodesmus sp</i>	<i>Closterium acutum</i>	<i>Pediastrum clathratum</i>
<i>Chlorella sp</i>	<i>Oocystis lacustris</i>	<i>Scenedesmus flescuosus ssp₁</i>
<i>cf. Chlorella sp</i>	<i>Oocystis lacustris ssp₁</i>	<i>Staurastrum gracile</i>
<i>Cosmarium botrytis</i>	<i>Oocystis marssonii</i>	<i>Staurastrum sp</i>
<i>Cosmarium cf. pyramidatum</i>	<i>Oocystis sp₂</i>	<i>Tetraedron triangulare</i>
<i>Cosmarium cf. granatum</i>	<i>cf. Oocystis sp</i>	<i>Tetraedron minimum</i>

2. Cyanophycées

<i>Anabaena cf. delicatula</i>	<i>Chloroglea cf. microcystoides</i>	<i>Oscillatoria cf. amphibia</i>
<i>Anabaena cf. circinalis</i>	<i>Merismopedia geminata</i>	<i>Oscillatoria rubescens</i>
<i>Aphanothece sp</i>	<i>Merismopedia sp₁</i>	<i>cf. Oscillatoria amphibia</i>

3. Diatomées

<i>Cyclotella cf. meneghiniana</i>	<i>Frustulia cf. rhomboides</i>
<i>Cyclotella cf. ocellata</i>	<i>Navicula cf. cryptotenella</i>
<i>Cyclotella ocellata</i>	<i>Navicula cf. gregaria</i>
<i>Cyclotella sp₁</i>	<i>Nitzschia cf. palea</i>
<i>Cyclotella sp₂</i>	

4. Pyrrhophycées*Ceratium hirundinella**Ceratium sp***5. Cryptophycées***Cryptomonas sp₁**Cryptomonas sp₂**Chlamydomonas sp***6. Euglénophycées***Phacus pleuronectes**Trachelomonas cf. hispida**Trachelomonas sp**Trachelomonas rugulosa***8. Dinophycées***Peridinium penardii*

• Pour le barrage **Ouizert** : nous avons répertoriées **49** espèces réparties aussi en 5 groupes (Chlorophytes, Chromophytes, Cyanophytes, Euglénophytes, Pyrrhophytes) avec 7 classes, qui sont, selon leurs abondances :

1. **Les Chlorophycées** : forme le groupe le plus diversifiées, vient en première position avec 24 taxons, soit 32,96 % de la communauté phytoplanctoniques, ils sont représentés principalement par les genres suivants : *Oocystis* et *Scenedesmus*.
2. **Les Diatomées** : il est aussi diversifié, vient en deuxième position avec 11 taxons, soit 23,38 % du peuplement total, ils sont représentés essentiellement par le genre *Cyclotella*.
3. **Les Cryptophycées** : regroupe 2 taxons, soit une portion de 20,42% représenté par le genre *Cryptomonas*.
4. **Les Cyanophycées** : regroupent 6 taxons, soit une proportion de 18,45%, représentés principalement par le genre : *Microsystis*.
5. **Les Euglénophycées** : regroupe 4 taxons, soit 3,8% du peuplement total, ils sont représentés essentiellement par les *Trachelomonas*.
6. **Les Pyrrhophycées** : regroupe un seul taxon, soit une proportion de 0,7%, représentés essentiellement par le genre : *Ceratium*.
7. **Les Xanthophycées** : regroupe un seul taxon, soit une proportion de 0,28%, représenté par le genre *Dinobryon*.

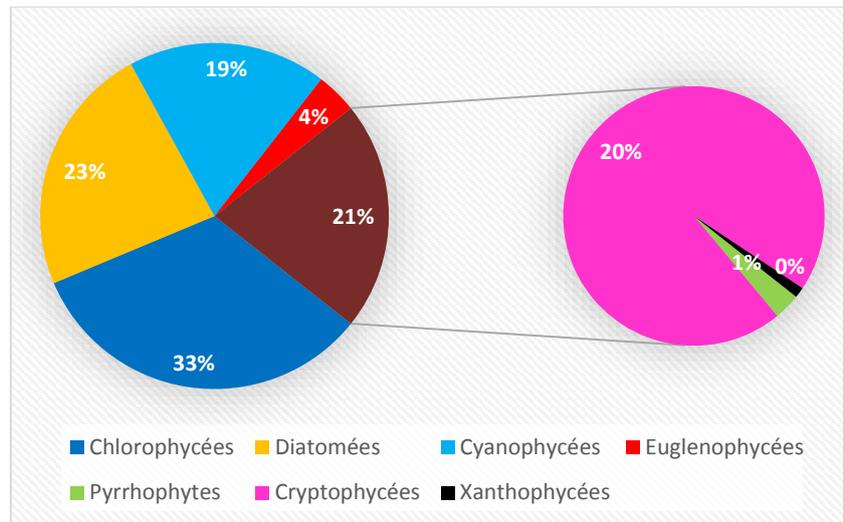


Fig. 37 : Variation des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le barrage d’Ouizert

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

1. Chlorophycées

- | | | |
|---|--|-------------------------------|
| <i>Oocystis lacustris</i> | <i>Scenedesmus flexuosus ssp₁</i> | <i>cf. Chlorella sp</i> |
| <i>Oocystis sp₁</i> | <i>Scenedesmus crassus</i> | <i>Cosmarium cf. granatum</i> |
| <i>Oocystis sp₄</i> | <i>Scenedesmus falcatus</i> | <i>Cosmarium botrytis</i> |
| <i>Oocystis sp₂</i> | <i>Scenedesmus sp</i> | <i>Closterium acutum</i> |
| <i>Oocystis lacustris ssp₂</i> | <i>Scenedesmus cf. arcuatus</i> | <i>Tetraedron traingulare</i> |
| <i>Oocystis marssonii</i> | <i>Ankistrodesmus sp₁</i> | <i>Tetraedron minimum</i> |
| <i>cf. Oocystis sp</i> | <i>cf. Ankistrodesmus sp</i> | <i>Pediastrum angulosum</i> |
| <i>Scenedesmus obliquus</i> | <i>Chlorella sp</i> | <i>Pediastrum duplex</i> |

2. Diatomées

- | | | |
|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| <i>cf. Craticula sp</i> | <i>Cyclotella ocellata</i> | <i>Navicula cf. cryptotenella</i> |
| <i>cf. Stephanodiscus sp</i> | <i>Cyclotella sp₁</i> | <i>Navicula cf. gregaria</i> |
| <i>Fragilaria ulna</i> | <i>Cyclotella sp₂</i> | <i>Nitzschia cf. palea</i> |
| <i>Frustulia cf. rhomboides</i> | <i>Cocconies cf. pediculus</i> | |

3. Cryptophycées

- Cryptomonas sp₂*
- Cryptomonas sp₃*

4. Cyanophycées

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| <i>Anabaena cf. delicatula</i> | <i>Chloroglea cf. microcystoides</i> |
| <i>Aphanothece sp</i> | <i>Microsystis aerugenosa</i> |
| <i>Cf. Microcystis sp</i> | <i>Oscillatoria cf. amphibia</i> |

5. Euglénophycées*Euglena proxima**Trachelomonas cf. planctonica**Trachelomonas lacustris**Trachelomonas rugulosa***6. Pyrrhophycées***Ceratium hirundinella***7. Xanthophycées***cf. Dinobryon sp*

• Pour le barrage de **Ghrib**, nous avons répertoriées aussi **72** espèces réparties aussi en 5 groupes (Chlorophytes, Chromophytes, Cyanophytes, Euglénophytes, Pyrrhophytes) avec 8 classes, qui sont, selon leurs abondances :

1. **Les Diatomées** : forme le groupe le plus diversifiées, vient en première position avec 23 taxons, soit 54,32% de la communauté phytoplanctoniques, ils sont représentés principalement par les genres suivants : *Cyclotella et Nitzschia*.
2. **Les Cyanophycées** : il est aussi diversifié, vient en deuxième position avec 16 taxons, soit 21,37 % du peuplement total, ils sont représentés essentiellement par les genres suivants *Anabaena, Oscillatoria*.
3. **Les Chlorophycées** : comptent 22 taxons, soit une proportion de 14,25%, dominés surtout par le genre : *Oocystis*.
4. **Les Pyrrhophycées** : regroupe un seul taxon, soit une proportion de 8,29%, représentés par le genre : *Ceratium*.
5. **Les Euglénophycées** : regroupent 04 taxons, soit une proportion de 1,13%, représentés surtout par le genre : *Trachelomonas*.
6. **Les Cryptophycées** : regroupe 4 taxons, soit une proportion de 0,43%, représentés surtout par le genre : *Cryptomonas*.
7. **Les Dinophycées** : regroupe un seul taxon, soit une proportion de 0,11%, représentés par le genre : *Peridinium*.
8. **Les Xanthophycées** : regroupe un seul taxon, soit une proportion de 0,11%, représentés par le genre : *Dinobryon*.

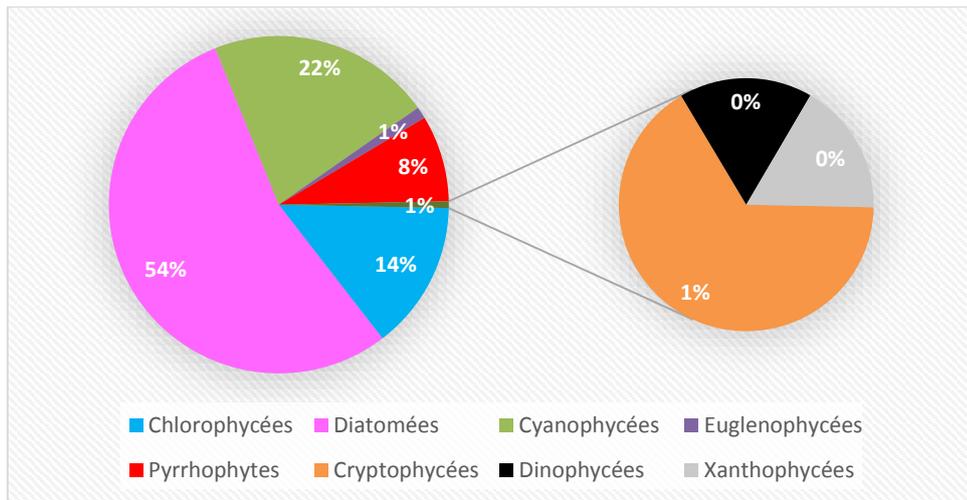


Fig. 38 : Variation des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le barrage de Ghrib

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

1. Diatomées

<i>Amphipleura pellucida</i>	<i>Hantzschia amphioxys</i>	<i>Cyclotella ocellata</i>
<i>Cymbella heteropleura</i>	<i>Melosira varians</i>	<i>Cyclotella cf ocellata</i>
<i>Encyonema sp</i>	<i>Cyclotella sp₃</i>	<i>Cyclotella sp₁</i>
<i>Gmphorema angusatam</i>	<i>Nitzschia capitellata</i>	<i>Stephanodiscus cf neoastraea</i>
<i>Gyrosigma cf acuminatum</i>	<i>Nitzschia sp</i>	<i>Synedra parasitica</i>
<i>Gyrosigma sp</i>	<i>Nizschia cf. palea</i>	<i>Cocconies cf. pediculus</i>
<i>Navicula cf gregaria</i>	<i>cf. Craticula sp</i>	<i>cf. Cocconeis sp</i>
<i>Navicula cf. cryptotenella</i>	<i>Frustulia cf. rhomboides</i>	

2. Cyanophycées

<i>cf. Oscillatoria sp</i>	<i>Anabaena cf. delicatula</i>	<i>cf. Chroococcus sp</i>
<i>Oscillatoria rubescens</i>	<i>Anabaena cf affinis</i>	<i>cf. Microcystis sp</i>
<i>Oscillatoria amphibia</i>	<i>Anabaenopsis circularis</i>	<i>Merismopedra sp</i>
<i>Oscillatoria cf. amphibia</i>	<i>Anabaena spiroides</i>	<i>cf. Chroococcus sp</i>
<i>Oscillatoria sp</i>	<i>Westiella intricata brozi</i>	<i>Synechoccus ndulans</i>
		<i>Synechocytis aquatilis</i>

3. Chlorophycées

<i>Actinastrum hantzchii</i>	<i>Oocystis elliptica</i>	<i>cf. Chlorella sp</i>
<i>Botryosphaera sudetica</i>	<i>Oocystis lacustris</i>	<i>Monocaphidium griffithii</i>
<i>Cladophora sp</i>	<i>Oocystis lacustris ssp₁</i>	<i>Pleurotaenium sp</i>
<i>Closterium acutum</i>	<i>Oocystis sp₁</i>	<i>Pediastrum boryanum</i>
<i>Closterium acerosum</i>	<i>Oocystis sp₂</i>	<i>Scenedesmus arcuatus</i>
<i>Cosmarium botrytis</i>	<i>Oocystis sp₄</i>	<i>Staurostrum gracile</i>
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	<i>cf. Oocystis sp</i>	
<i>Crucigernia cf tetrapedia</i>	<i>Oocystis marssonii</i>	

4. Pyrrophycées

Ceratium hirundinella

5. Euglénophycées

Phacus pleuronectes

Trachelomonas sp

Trachelomonas hispida

Trachelomonas rugulosa

6. Cryptophycées

Cryptomonas sp₁

Cryptomonas sp₂

Cryptomonas sp₃

Mallomonas sp₁

7. Dinophycées

Peridinium sp

8. Xanthophycées

cf. Dinobryon sp

• Dans les eaux du barrage de **Harreza**, nous avons répertoriées plus de **42** espèces réparties aussi en 5 groupes (Chlorophytes, Chromophytes, Cyanophytes, Euglénophytes, Pyrrophytes) avec 7 classes, qui sont, selon leurs abondances :

- 1. Les Diatomées** : comptent 9 taxons, soit une proportion de 46,39%, dominé par les genres : *Cocconies* et *Cyclotella*.
- 2. Les Chlorophycées** : il est aussi abondant mais il est le plus diversifié, vient en deuxième position avec 17 taxons, soit 35% du peuplement total, ils sont représentés essentiellement par les genres : *Oocystis*, *Scenedesmus* et *Cosmarium*.
- 3. Les Cyanophycées** : regroupe 9 taxons, soit une proportion de 16,2%, représenté surtout par le genre *Anabaena*, *Microcystis* et *Oscillatoria*.
- 4. Les Pyrrophycées** : regroupe un seul taxon, soit une proportion de 0,96%, représenté par le genre *Ceratium*.
- 5. Les Euglénophycées** : regroupe 3 taxons, soit une proportion de 0,72%, représenté principalement par le genre *Trachelomonas*.

6. **Les Xanthophycées** : regroupe un seul taxon, soit une proportion de 0,49%, représenté par le genre *Dinobryon*.

7. **Les Cryptophycées** : regroupe un seul taxon, soit une proportion de 0,25%, représenté par le genre *Chlamydomonas*.

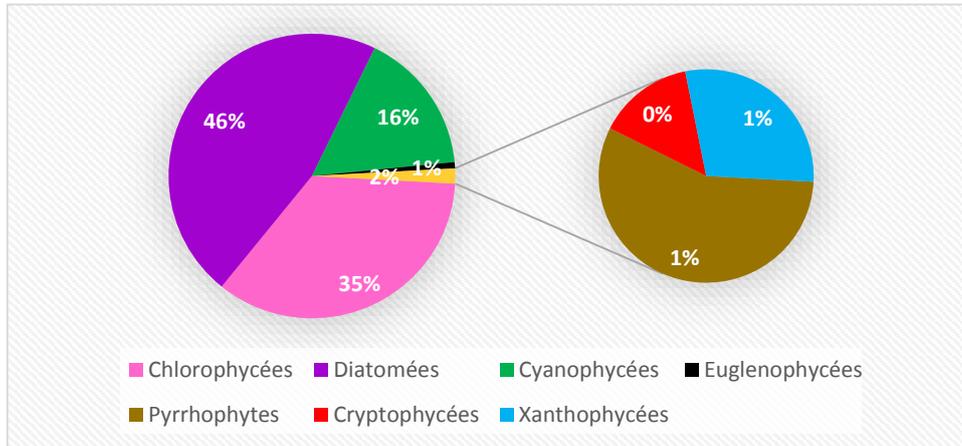


Fig. 39 : Variation des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le barrage de Harreza

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

1. Diatomées

Cocconies cf. pediculus

cf. Cocconeis sp

cf. Craticula sp

Cyclotella ocellata

Cyclotella sp₁

Frustulia cf. rhomboides

Gyrosigna acuminatum

Navicula cf. cryptotenella

Nitzschia cf. palea

2. Chlorophycées

cf. Cosmarium sp

Cosmarium botrytis

Cosmarium cf. granatum

Cosmarium pyramidatum

Closterium acerosum

Closterium acutum

Oocystis lacustris

Oocystis lacustris ssp₁

cf. Chlorella sp

cf. Coelastrums sp

cf. Ankistrodesmus sp

Tetraedron minimum

Oocystis sp₂

cf. Oocystis sp

Scenedesmus crassus

Scenedesmus arcuatus

Scenedesmus quadricauda

3. Cyanophycées

Anabaena cf. affinis

Anabaena cf. delicatula

Chloroglea cf. microcystoides

Merismopedia geminata

Microsystis aerugenosa

Microsystis cf. aerugenosa

Oscillatoria cf. amphibia

cf. Oscillatoria amphibia

Oscillatoria rubescens

4. Pyrrophytes

Ceratium hirundinella

5. Euglénophytes

*Euglena gracilis**Trachelomonas lacustris**Trachelomonas sp*

6. Xanthophytes

cf. Dinobryon sp

5. Cryptophytes

Chlamydomonas sp

III.3.2.2 Evolution spatio-temporelle de la diversité spécifique

a) L'indice de Shannon (H') et l'Équitabilité (E)

Barrage Beni Bahdel : l'indice de Shannon varie entre 2,55 et 3,6 bits / ind (Fig. 40). Les faibles valeurs sont enregistrées aux saisons hiver et été avec (2,85 et 2,55 bits /ind respectivement). Ces valeurs sont expliquées par la dominance remarquable dans ces saisons des espèces *Chloroglea cf. microcystoides* et *Oscillatoria rubescens* respectivement. La richesse spécifique durant cette période varie entre (16 et 23 respectivement). Aux saisons de printemps et automne respectivement on note des valeurs maximales (3,54 et 3,6 bits /ind) qui marquent aussi une grande richesse spécifique (27 et 23 respectivement).

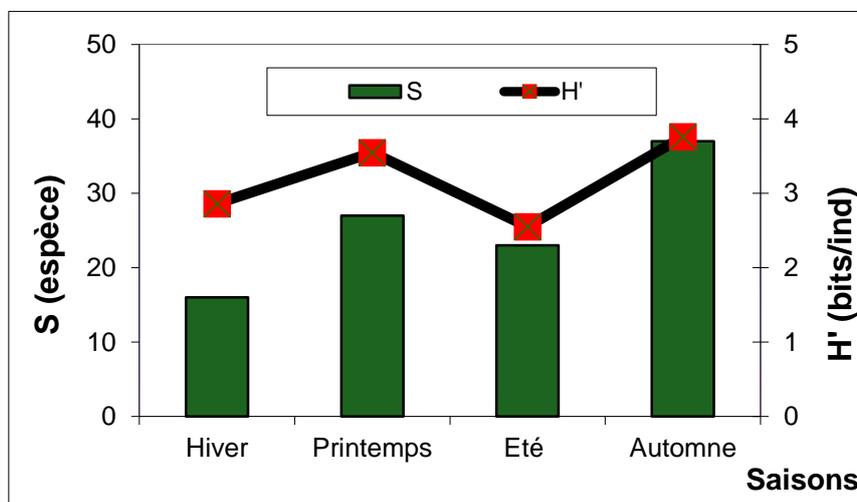


Fig. 40 : Variation de la richesse spécifique (S) et l'indice de Shannon (H') du barrage de Beni Bahdel

Globalement l'indice de la diversité spécifique caractérise l'organisation et l'évolution d'un peuplement. Les résultats obtenus (Fig. 40), montrent qu'en général, la diversité spécifique est très importante durant toutes les saisons.

Quand l'Equitabilité est minimale (se rapproche de 0) Varie entre (0,1 et 0,15) la quasi-totalité des individus est concentrée sur une seule espèce, ce phénomène observé pendant tous les saisons. (Fig. 41)

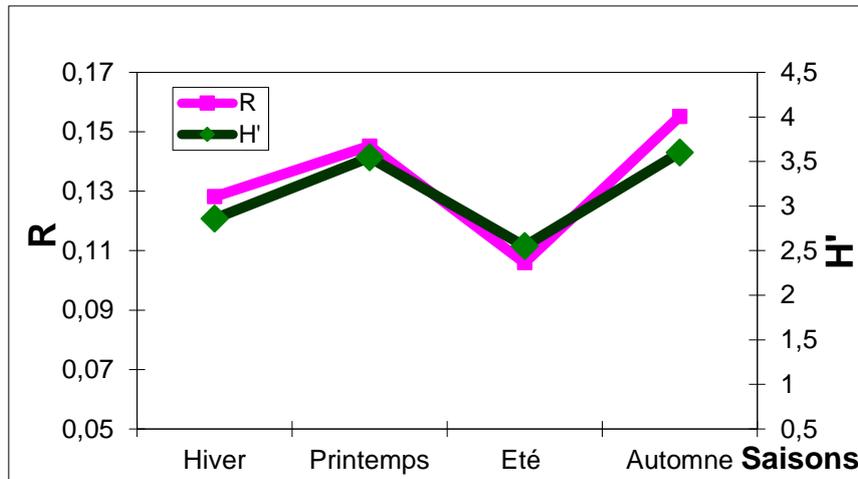


Fig. 41 : Variation de l'indice de Shannon (H') et d'Equitabilité (R) du barrage de Beni Bahdel.

Barrage Ouizert : l'indice de Shannon varie entre 1,62 et 4 bits / ind (Fig. 42). La faible valeur est enregistrée à la saison d'été (1,62 bits /ind). Cette valeur est expliquée par la dominance remarquable de l'espèce *Cocconies cf. pediculus*. La richesse spécifique dans cette saison est (15). Aux saisons d'hiver et automne respectivement on note des valeurs maximales (4 et 3,75 bits /ind) qui marquent aussi une grande richesse spécifique (31 et 37 respectivement)

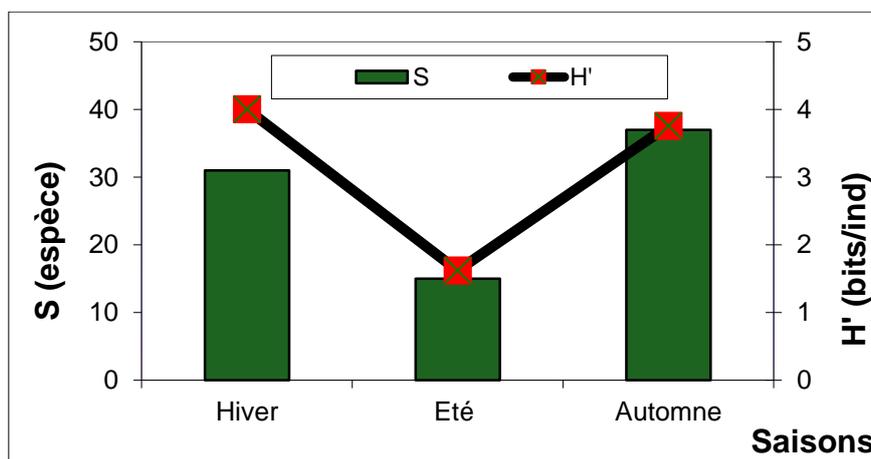


Fig. 42 : Variation de la richesse spécifique (S) et l'indice de Shannon (H') du barrage d'Ouizert

Globalement l'indice de la diversité spécifique caractérisé l'organisation et l'évolution d'un peuplement. Les résultats obtenus (Fig.42), montrent qu'en général, la diversité spécifique est très importante durant les saisons l'hiver et automne, par contre la saison d'été montre une diversité spécifique moins importante.

Quand l'Equitabilité est minimale (se rapproche de 0) la quasi-totalité des individus est concentrée sur une seule espèce, ce phénomène observé pendant les saisons d'hiver, d'été et d'automne ($R=0,17, 0,16$ et $0,15$ respectivement). (Fig. 43)

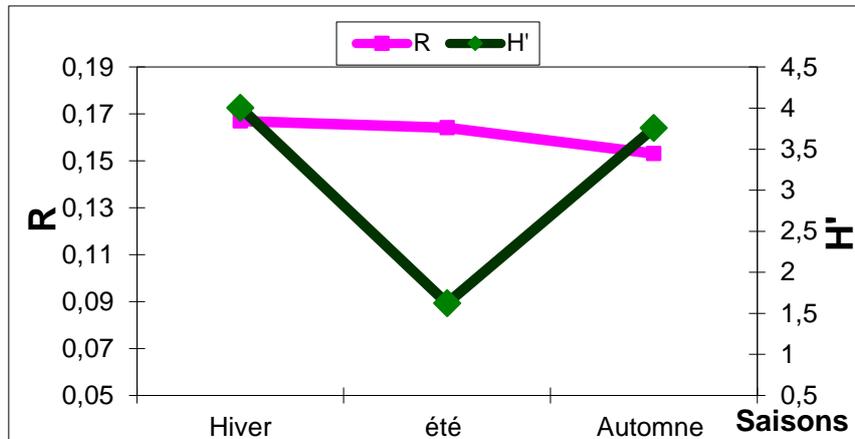


Fig. 43 : Variation de l'indice de Shannon (H') et d'Equitabilité (R) du barrage d'Ouizert.

Barrage Ghrib : l'indice de Shannon varie entre 1,49 et 3,94 bits / ind (Fig. 44). Les faibles valeurs sont enregistrées aux saisons hiver et printemps avec (1,49 et 2,59 bits /ind respectivement). Ces valeurs sont expliquées par la dominance remarquable dans ces saisons des espèces *Nizschia cf. palea* et *Ceratium hirundinella* respectivement. La richesse spécifique durant cette période varie entre (16 et 26 respectivement). Aux saisons d'été et automne respectivement on note des valeurs maximales (3,94 et 2,81 bits /ind) qui marquent aussi une grande richesse spécifique (29 et 20 respectivement).

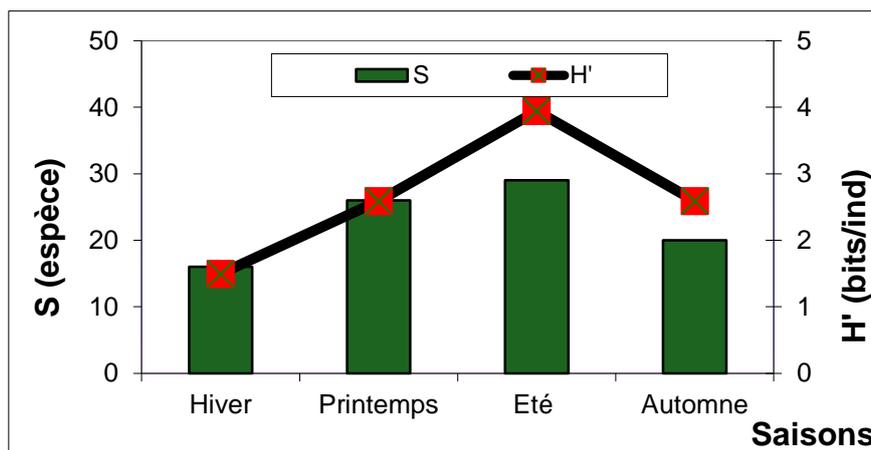


Fig. 44 : Variation de la richesse spécifique (S) et l'indice de Shannon (H') du barrage de Ghrib

Les résultats obtenus (Fig. 44), montrent qu'en général, la diversité spécifique est moins importante durant les saisons hiver, printemps et automne, par contre la saison d'été montre une diversité spécifique très importante.

Quand l'Equitabilité est minimale (se rapproche de 0) varie entre (0,17 et 0,06) la quasi-totalité des individus est concentrée sur une seule espèce, ce phénomène observé aux saisons l'hiver, printemps, été et automne. (Fig. 45)

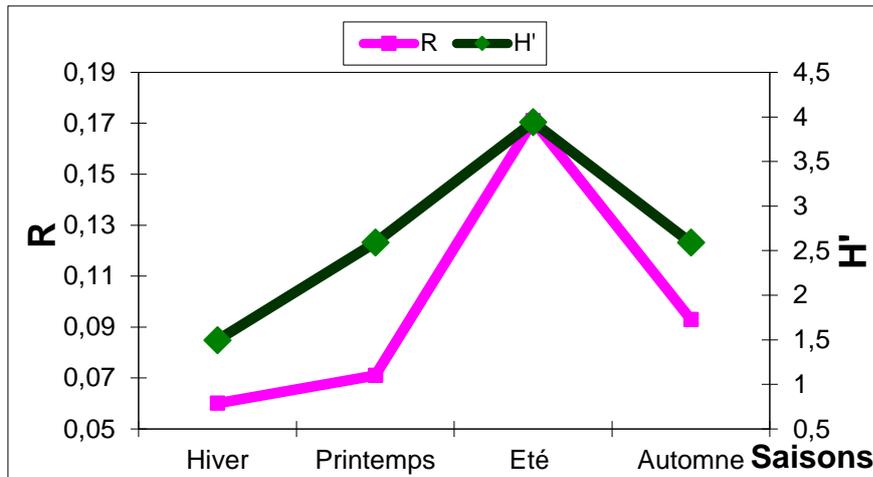


Fig. 45 : Variation de l'indice de Shannon (H') et d'Equitabilité (R) du barrage de Ghrib.

Barrage de Harreza : l'indice de Shannon varie entre 2,55 et 3,61 bits / ind (Fig. 46). La faible valeur est enregistré à la saison d'hiver (2,55 bits /ind). Cette valeur est expliquée par la dominance remarquable de l'espèce *Nitzschia cf. palea*, La richesse spécifique dans cette saison est 25. A la saison d'été, on note une valeur maximale (3,61 bits /ind) qui marquent aussi une grande richesse spécifique est 27.

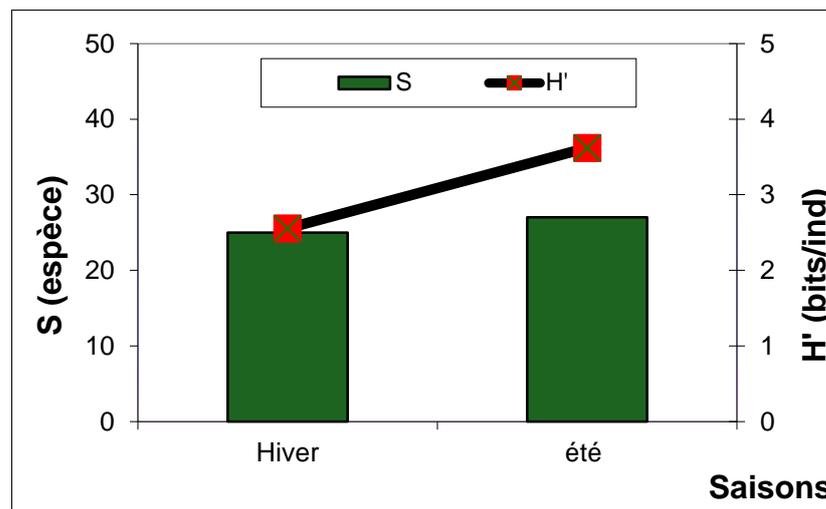


Fig. 46 : Variation de la richesse spécifique (S) et l'indice de Shannon (H') du barrage de Harreza

Globalement l'indice de la diversité spécifique caractérisé l'organisation et l'évolution d'un peuplement. Les résultats obtenus (Fig. 46), montrent qu'en général, la diversité spécifique est très importante durant les saisons l'hiver et été.

Quand l'Equitabilité est minimale (se rapproche de 0) la quasi-totalité des individus est concentrée sur une espèce (*Nitzschia cf. palea.*), ce phénomène observé pendant les deux saisons l'hiver et l'été. (R 0,11 et 0,16 respectivement). (Fig. 47)

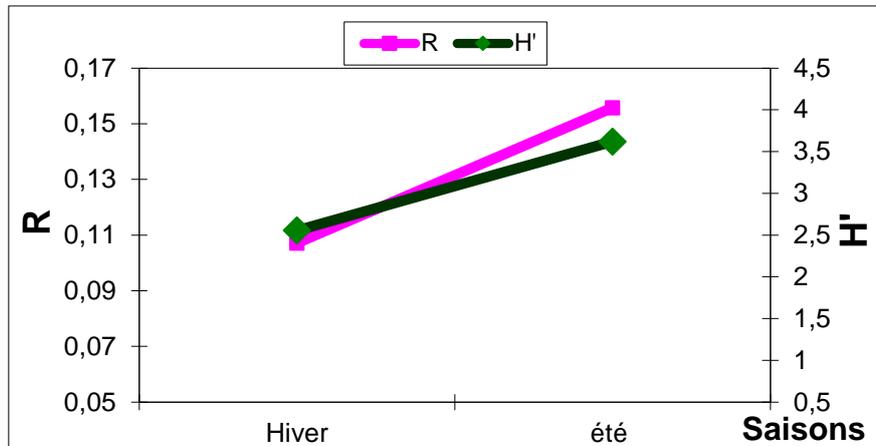


Fig. 47 : Variation de l'indice de Shannon (H') et d'Equitabilité (R) du barrage de Harreza.

III.3.2.3 Analyse du diagramme de Frontier (Diagramme Rang fréquence)

Etant donné que l'indice de diversité et la régularité ne permettent que de caractériser globalement la structure d'une population (Devaux, 1976), nous avons eu recours aux diagrammes rang- fréquence pour visualiser l'évolution de la population phytoplanctonique du lac tout long de la période d'étude. Ces diagrammes ont été réalisés en coordonnées logarithmiques (Frontier, 1969), à partir des biomasses spécifiques.

L'analyse de l'allure des courbes de DRF, pour les barrages de Beni Bahdel, Ouizert, Harreza et Ghrib, permet de décrire l'évolution de la structure de peuplement algal. Les figures (48. 49. 50. 51) montrent que l'allure de DRF est entièrement convexe, ce qui correspond au stade 2 indiquant des écosystèmes matures et équilibrés : ils sont caractérisés par un nombre important d'espèces avec une égalité d'abondance (Frontier, 1976).

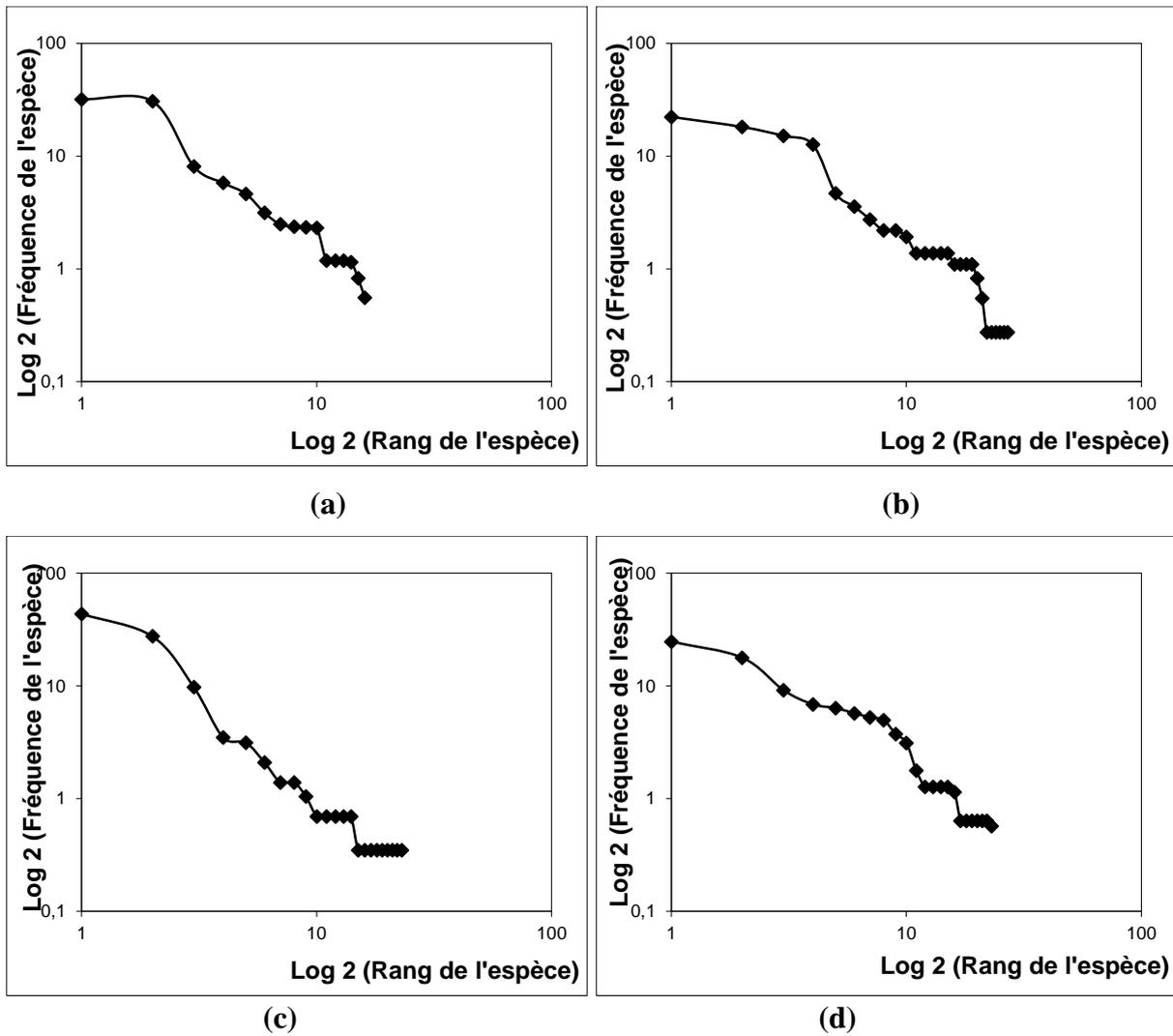


Fig. 48 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du barrage de **Beni Bahdel** durant les saisons : **(a)** hiver, **(b)** printemps, **(c)** été et **(d)** automne

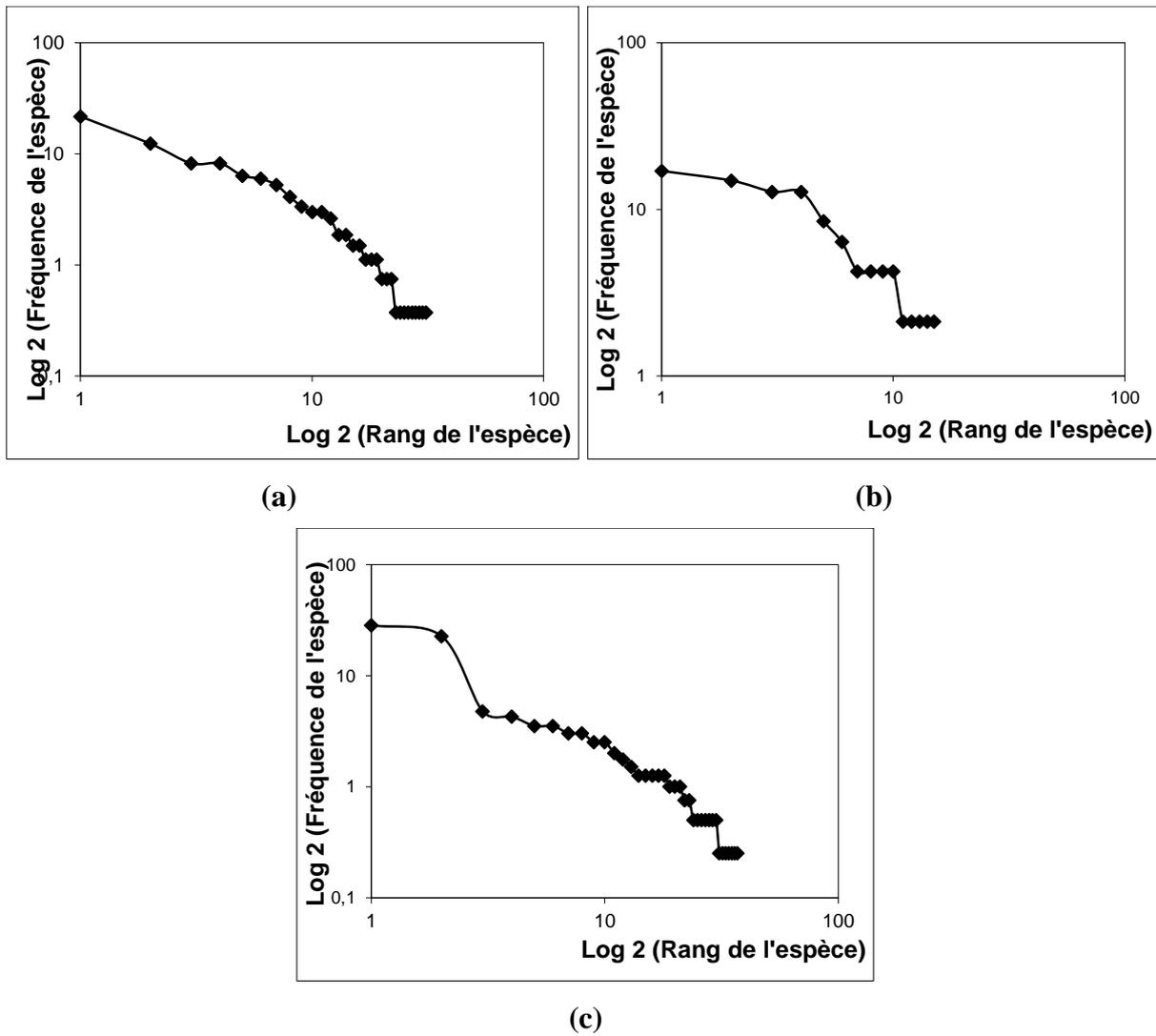


Fig. 49 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du barrage d'**Ouizert** durant les saisons ; (a) hiver, (b) été et (c) automne

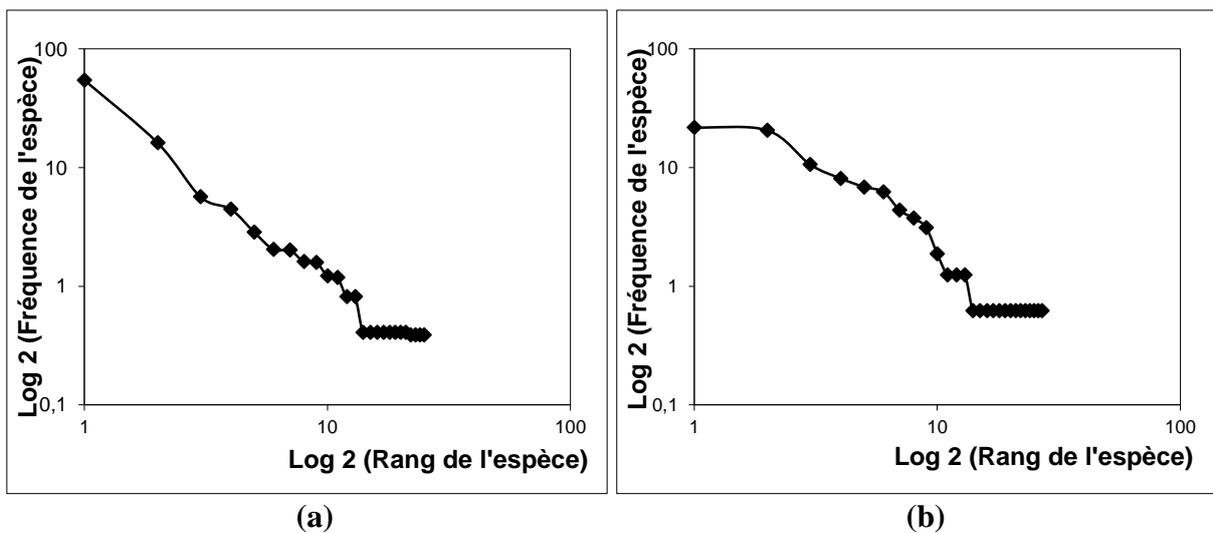


Fig. 50 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du barrage de **Harreza** dans les saisons ; (a) hiver, (b) été

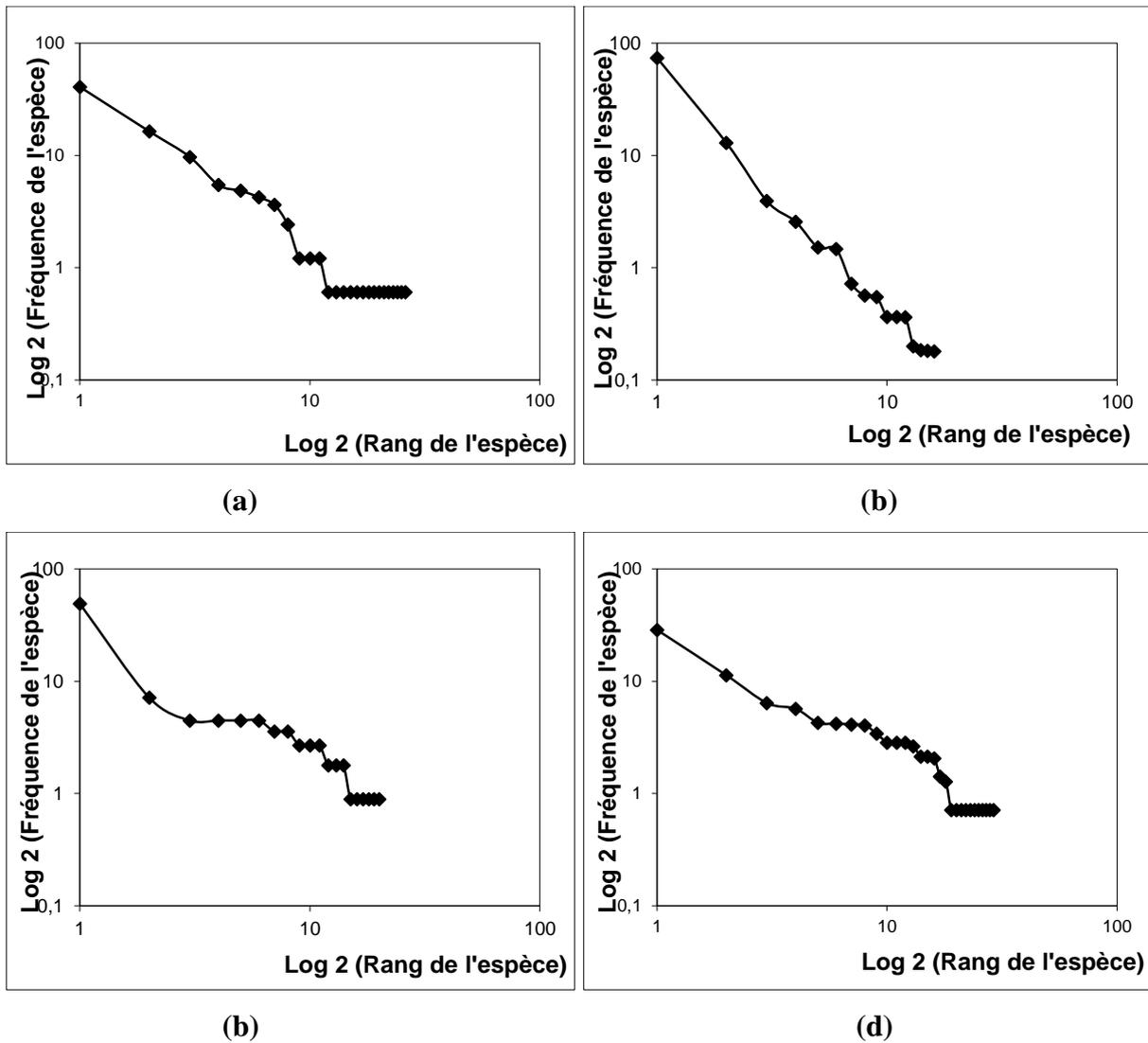


Fig. 51 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du barrage de **Ghib** dans les saisons ; (a) hiver, (b) printemps, (c) été et (d) automne

Conclusion

Conclusion

Dans cette étude, nous avons déterminé les paramètres physico-chimiques et phytoplanctoniques des eaux des barrages de Beni Bahdel, Ouizert, Ghrib et Harreza, afin d'évaluer l'état trophique de ces milieux.

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux des barrages étudiés révèlent :

- Un pH légèrement alcalin, ce qui montre que ces eaux se trouvent dans un intervalle de pH nécessaire au maintien de l'équilibre naturel.
- Les taux d'oxygène dissous présentent généralement une sursaturation dans les barrages de Beni Bahdel et Ouizert, ce qui est dû au phénomène d'eutrophisation. Par ailleurs, une bonne oxygénation est enregistrée dans les barrages de Ghrib et Harreza,
- Généralement les eaux des quatre barrages présentent des teneurs élevées en conductivité électrique dû au lessivage des eaux.
- Et pour les éléments nutritifs, nous avons remarqués que les teneurs en nitrites sont élevés dans le barrage Ouizert ce qui indique d'une pollution organique.
- Par contre, les teneurs des nitrates sont très faibles dans les barrages de Beni Bahdel et Harreza, ce qui est dû à la consommation de cet élément par le phytoplancton suite au phénomène d'eutrophisation.
- Outre, les teneurs en azote ammoniacal et les phosphates dans les quatre barrages étudiés sont dans les normes.

Les résultats des études phytoplanctonique montre que :

- Les eaux des barrages de Beni Bahdel et Ouizert abrite 49 espèces réparties sur 7 classes dont la plus importante sont les Chlorophycées (composés essentiellement par l'espèce *Chlorella sp* dans le barrage de Beni Bahdel et par l'espèce *Oocystis lacustris* dans le barrage de Ouizert), avec la présence des genres indicatrices de la pollution comme : *Oscillatoria* et *Anabaena*.
- Par ailleurs, le barrage de Ghrib abrite 72 espèces réparties sur 8 classes, et les eaux de barrage Harreza abrite 41 espèces réparties sur 7 classes dont la plus importante sont les Diatomées (composés essentiellement par l'espèce *Nitzschia cf. palea*). On note aussi la présence des genres indicatrices de la pollution comme : *Nitzschia*, *Oscillatoria* et *Anabaena* durant la période estivale.

En plus des espèces indicatrices de la pollution, on a procédé à une évaluation de l'état trophique des quatre barrages, en les classant selon les critères de l'O.C.D.E. Ce classement nous a ramené à déduire l'état trophique des barrages cités précédemment comme suit :

- Les deux barrages de Beni Bahdel et Ouizert sont classés, durant toute notre période d'étude, dans l'état eutrophe à Hyper-eutrophe.
- Par contre, les barrages de Ghrib et Harreza sont classés comme barrages eutrophes.

Outre, l'analyse des courbes de DRF montre que les quatre barrages (Beni Bahdel, Ouizert, Ghrib et Harreza) se trouvent dans le Stade 2 indiquant la maturité du système : ils sont caractérisés par un nombre important d'espèce. Les indices de la diversité et de la régularité sont élevés et les courbes sont entièrement convexes, ce qui correspond à des écosystèmes matures.

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 quatre milieux :

- ✓ Empêcher l'arrivée des effluents riches en éléments minéraux dans le milieu.
- ✓ Contrôler l'utilisation des engrais par les agriculteurs en les sensibilisant pour l'utilisation modérée des fertilisants.
- ✓ Introduit dans ces milieux des poissons algivores comme le Barbeau et la Carpe ce qui diminuerait la pression piscicole sur le zooplancton, et augmenterait plutôt la pression trophique, alors exercée par les poissons et les zooplanctons sur les algues croissance exponentielle, 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

- ABDLAH N.**, 1986 - Rapport de stage de l'agence Nationale des Ressources Hydriques. 50p.
- AMINOT A.**, 1983 - Dosage de la chlorophylle et des phéopigments par spectrophotométrie (Lorenzen). *Manuel des analyses chimiques en milieu marin*. 72-143p
- ANONYME.**, 1999- Qualité de l'eau - Dosage de la chlorophylle a et d'un indice phéopigments. *NF T 90-117*. 11p.
- ANONYME.**, 2018 : Pollution des eaux, Rapport du syndicat mixte des milieux aquatiques et des rivières (EPTB AUDE) [www Smmar. Org/article/tout-savoir-sur-L-eau/Pollutions des eaux](http://www.Smmar.Org/article/tout-savoir-sur-L-eau/Pollutions%20des%20eaux)
- ATTAL M.**, 2014 - Dynamique des populations cyprinidés : la carpe (*Cyprinus carpio*) dans le lac de barrage Ghrib (W. Ain Defla) -*Mémoire de Magister.E.N.S.74p*
- AUBERT M., AUBERT J.**, 1986 - Eutrophie et dystrophie en milieu marin .phénomènes planctoniques et bactériens. *Rev. Int.Océanogr.Méd.* 83-84,1-302.
- AVANCINI M., CICERO A., DIGIROLAMO I., INNAMORATI M., MAGALETTI E., et ZUNINI T- S.**, 2006 - Guida al riconoscimento del plancton dei mari Italiani. *Vol.I. Fitoplancton*. Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero. Ministero dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del Mare – DPN. ICRAM - *Istituto Centrale per la Ricerca Scientifica e Tecnologica Applicata al Mare*.
- BAGNOULS F., GAUSSEN H.**, 1953 - Saison sèche et indice xérothermique. *Doc Cart Prod Vég Serv Gén II, I, art VII*. p47.
- BARBAULT R.**, 1993 - Ecologie générale : Structure et fonctionnement de la biosphère. *Ed. Paris*. 326p.
- BARNABE G.**, 1989 - Aquaculture.2eme édition. Tec et Doc. *Edition Lavoisier*. 565p
- BARNES R.K., & MANN K.H.**, 1980 - Fundamentals of Aquatic Ecosystems. *Blackwell Scientific Publication*. Oxford. United Kingdom.
- BARROIN G.**, 1980 - La pollution des eaux continentales. (*Collection dirigée par P. Pesson Institut National Agronomique*)France.75-96
- BELLINGER E-G., et SIGEE C-D.**, 2011 - Freshwater Algae : Identification and Use as Bioindicators. *John Wiley and Sons*. 284 p.

Références bibliographiques

- BJERKNES W.**, 2010 - The problem of Weather Prediction, as seen from the standpoints of Mechanics and Physics University of Stockholm.
- BLIEFERT C., PERRAUD R.**, 2001 - Chimie de l'environnement. Air, eau, sol, déchets, 1ère édition, ©Paris. PP : 290-293
- BOMBACE G.**, 1995 - Les ressources de pêche de l'Adriatique : Situation et perspectives, Bulletin de l'Institut océanographique. Monaco. N°spécial 15:159-186
- BONTOUX J.**, 1993 - Introduction à l'étude des eaux douces, eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson. *Edition technique et documentation lavoisier*.166p
- BOUAMRA A.**, 2017 - Dynamique de la population du Sandre, *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758), dans un système lacustre Algérien. *Mémoire de Magister*. U.S.T.H.B. 153p
- BOURRELLY P.**, 1972 (Tome I) - les algues d'eau douce : initiation à la systématique – les algues vertes. *Édition N. Boubée ET Cie*. 572p.
- BOURRELLY P.**, 1981 (Tome II) - les algues d'eau douce : initiation à la systématique –les algues jaunes et brunes. *Édition N. Boubée ET Cie*. 517p.
- BOURRELLY P.**, 1985 (Tome III) - les algues d'eau douce : initiation à la systématique - Eugléniens, Péridiniens, algues rouges et algues bleues. *Édition N. Boubée ET Cie*. 400p.
- BOUZID-LAGH S., DJELITA B.**, 2012 - Etude du phénomène d'eutrophisation dans le Barrage de Hammam Boughrara (Wilaya de Tlemcen, Algérie). *Hydrological Sciences Journal L'Agérie*.186-201P.
- CAPBLANCP J.**, 1982. 1-Phytoplancton et production primaire. In : **POURRIOT R., CAPDLANCQ J., CHAMP P., & MEYER J-A.**, (éds.). Ecologie du plancton des eaux continentales. *Masson, Coll. Ecologie*, Paris, New-York, Barcelone, Milan. Pp : 1-48
- CEMAGRE F.**, 2007 - Protocole standardisé d'échantillonnage, de conservation et d'observation du phytoplancton en plan d'eau. *Rapport Cemagref – Lyon*. Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse. 19p.
- CHAHOUT K.**, 2013 - Etude de phénomène d'eutrophisation dans le barrage Lakhel wilaya de bouira. *MÉMOIRE de Magister*. U.S.T.H.B. 262p

Références bibliographiques

- CHAPMAN D., KIMSTACH V.,** 1996 - Selection of water quality variables. Water quality assessments : à guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring. *Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon.* pp 59-126.
- CHERBI.,** 1984 – Contribution à l'étude du peuplement zooplanctonique de trois lacs de barrage : Hamiz, Ghrib et Boughzoul. *Thèse 3 ème cycle.* USTHB. Alger. 134p
- CNEXO.,** 1983 - Manuel des analyses chimiques en milieux marin. p395.
- CORBOZ Y.,** 2008 - Météorologie : 100 expériences pour comprendre les phénomènes météo. *Edition-belin.* France. 207 P
- CROUZET P., et BERTRU G.,** 1987 - Phosphore et pressus d'Eutrophisation, In : Point sur l'Épuration et le Traitement des Effluents (Martin G., Coordon). *Tec. &Doc. Lavoisier Ed., Paris.* France. Vol. 3,3, pp. 63-105
- DAGET J.,** 1976 - Les modèles mathématiques en écologie. *Masson édition.* Paris. 170p.
- DAJOZ R.,** 2000 - Précis de l'écologie, 7ème Ed. *Edition DUNOD.* p615.
- DE REVIERS B.,** 2003 - Biologie et phylogénie des algues. Belin, Paris. *Collection Sup Sciences. Tome 2.* 255 p.
- DESGAGNE P.,** 1999 - Aspects de la productivité primaire et secondaire d'un réservoir hydroélectrique québécois, le lac Saint-Jean. *Mémoire de maîtrise,* Université de Québec. 111p.
- DEVAUX J.,** 1976- Dynamique des populations phytoplanctoniques dans deux lacs du massif central Français. *Ann. Stat. Biol. Besse-En-Chandesse, Univ. Clermont-Ferrand,* 10, 185p.
- DJERRAH S., et RAHMANI H.,** 2003 - Etude préliminaire physico-chimique et phytoplanctonique du barrage Djorf Torba (wilaya de Bechar). *Mémoire d'ingéniorat.* USTHB. Alger.45p.
- EL GHACHTOUL Y., ALAOUI M., MHAMDI H et GABI H.,** 2005 - Eutrophisation des eaux des retenues des barrages Smir et Sehla (Maroc) : Causes, conséquences et consignes de gestion. *Revue des Science de l'Eau.*75-89p.
- EI MAHI A., MEDDI M., et BRAVARD J-P.,** 2012 - Analyse du transport solide en suspension dans le bassin versant de l'Oued El Hammam (Algérie du Nord). *Hydrological Sciences Journal.* 57 (8), 1642–1661

Références bibliographiques

- EL-HAOUATI H., et DJEMANE K., 2006** -Evaluation des ressources aquacoles (phytoplancton, zooplancton et poisson) du barrage Gargar (wilaya de Relizane). *Mémoire d'ingéniorat*, USTHB. Alger.45p.
- EL-HAOUATI H., 2009** - Suivi des caractéristiques physico-chimiques et phytoplanctoniques du lac de Réghaia (Wilaya d'Alger). *Mémoire de Magister*. U.S.T.H.B. 160 p.
- EL-HAOUATI H., 2015** - Adaptation d'un indice phytoplanctonique pour l'évaluation de la qualité des eaux des écosystèmes lacustres algériens. *Thèse de doctorat*. U.S.T.H.B. 203 p.
- ETTL H., et GÄRTNER G., 1988** - Chlorophyta II Tetrasporales, Chlorococcales, Gloeodendrales. Ettl H., Gerloff J., Heynig H., et Mollenhauer D., éd. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Gustav Fisher Verlag. Stuttgart.
- FEUILLADE J., 1992** - Les toxines des cyanobactéries : revue de synthèse, *Revue des sciences de l'eau*. 5:489-508
- FRONTIER S., 1969-** Méthodes d'analyse statistique applicables à l'écologie du plancton. *Doc. Sci- Centre O.R.S.T.O.M. Nosy Be,7, Multigr*, 45p.
- FRONTIER S., 1976-** Utilisation des diagrammes rang fréquence dans l'analyse des écosystèmes. *J. Rech. Océanogr., I, vol. 3,35-48p*.
- FRONTIER S., et ETIENNE M., 1990** - Etude de la diversité spécifique par le moyen des diagrammes Rangs Fréquences : modélisation, variabilité d'échantillonnage. Biométrie et Océanographie, *10 Actes de colloques, IFREMER* : 145-177p.
- FRONTIER S., & PICHOD-VIAL D., 1991** - Ecosystèmes, structure -fonctionnement évolution. *Masson*, Paris, Milan, Barcelone Bonn.
- FRONTIER S., et PICHOD-VIALE D., 1993** - Dynamique des populations : Ecosystème, structure, fonctionnement et évolution. *2eme édi. Masson, coll. d'écologie*. 447p.
- GALVEZ R., IZE S., et ARSENAULT S., 2002** - La détérioration des plans d'eau : Manifestations et moyens de lutte contre l'eutrophisation. *VECTEUR environnement*. Vol.35.numéro 6

Références bibliographiques

- GARRIC J.**, 1987 - Toxicité de l'azote ammoniacal pour la faune aquatique dans les eaux continentales. *Rapport CEMAGREF Lyon*. 7 p
- GAUJOUS D.**, 1995 - La pollution des milieux aquatiques aide-mémoire. 2^e Edition, Paris. 220p.
- GOLTERMAN H.L.**, 1973 - Natural phosphate sources in relation to phosphate budget : A contribution to the understanding of eutrophication. *Water Res.* 7:3-17.
- GRAINDORGE J.**, 2015 - Guide des analyses de la qualité de l'eau. *Edition territorial*. 264p
- GROSCLAUDE G., BALVAY G., PELLETIER J. P. et DRUART. J.C.**, 1999 - Un point sur : L'eau, milieu naturel en maîtrise. *Tome I*, © INRA, Paris, PP : 103-111.
- GUIFFRIDA A., SANSOSTI G.**, 2011 - Manuel de météorologie un guide pour comprendre les phénomènes atmosphériques et climatiques, *édition GREMESE*. Rome .140.P
- HAMAIDI F.**, 2012 - Contribution à la connaissance des peuplements planctoniques de six plans d'eau du Nord de L'ALGERIE. *Thèse de doctorat*. U.S.D.B. 571p
- HAMIL S.**, 2014 - Evolution spatiotemporelle des Copépodes, Cladocères et Rotifères et eutrophisation du lac de Barrage Ghrib (W. Ain Defla). *MÉMOIRE de Magister*. E.N.S -Kouba- Alger.71p
- HASLAY C., LECLERC H.**, 1993 - Microbiologie des eaux d'alimentation. *Edition LAVOISIER/TEC ET DOC*. 512p
- HASLER A.D.**, 1947 - Eutrophication of lakes by domestic drainage. *Ecology* 28: 383-95
- HEBBACHE S., KHATTER S.**, 2005 – l'eutrophisation et suivi de lac de barrage Ghrib (W. Ain Defla). *MÉMOIRE de Magister*. USTHB. 41p
- HUBET S., TOGOUET Z.**, 2011 - Zooplancton et eutrophisation d'un Lac en Zone tropicale. *Editions universitaires européennes*. France. 200p.
- ILTIS A.**, 1980 - Les algues. In : Durand Jean-René (ed.), Lévêque Christian (ed.). Flore et faune aquatiques de l'Afrique sahélo-soudanienne : tome 1. *Paris : ORSTOM*, (44), 9-61. (*Initiations-Documentations Techniques* ; 44).

Références bibliographiques

- JORA.,** 2011 - Décret exécutif n° 34. fixant les objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations. *Journal Officielle de la République Algérienne.*
- KEDAID O.,** 2001 - Estimation des ressources phytoplanctoniques dans le barrage de Ghrib et l'aspect d'érosion dans son sous bassin versant. *Mémoire de Magister.* USTHB. 131p
- KHEDAM H,** 2007 – Eutrophisation et suivi du lac de barrage de Ghrib (W. Ain Defla). *Mémoire de Magister.* USTHB. 66p
- LACAZE J-C.,** 1996 - Eutrophisation des eaux marines et continentales : causes, manifestation, conséquences et moyens de lutte. *Edition Ellipse.* 191p.
- LACOSTE A., et SALANON R.,** 2001- Eléments de biogéographie et d'écologie. *2ème Edition NATHAN Université.* 300p.
- LAURENT B.,** 2004 - Polluants et pollution. *ISBN : 2-84875-690-x.* 1-14p.
- LEVEQUE C.,** 1996 - Ecosystème aquatique, les fondamentaux : *éditions hachetee.* Paris. 159p
- LEVEQUE C.,** 2001 - Ecologie de l'écosystème à la biosphère. *Edition IRD.* 502p.
- LIKENS G.E., & BORMANN F.H.,** 1974 - Linkages between terrestrial and aquatic ecosystems. *Bioscience 24:447-56*
- MATTHEWS R., HILLES M., and PELLETIER G.,** 2002 - Determining trophic state in lake Whatcom, Washington (USA), a soft water lake exhibiting seasonal nitrogen limitation. *Hydrobiologia.* 468, 107-121.
- MENESGUEN.,** 1990 - Présentation du Phénomène d'eutrophisation littorale. 35à52 .La Mer est les Rejets Urbain, Bendor ,13-15juin 1990 .*IFREMER.* Actes de colloques 11.
- MILIANI D.,** 2015 - Biodiversité et diagnose piscicole de trois lacs de barrages du haut Cheliff (Ain-Defla, Algérie) Ghrib, Harreza et Sidi M'Hamed Bentaïba. *Thèse de doctorat.* USTHB. 171p
- MULHAUSER B., MONNIERS G.,** 1995 - Guide de la faune et de la flore des lacs et des étangs d'Europe. *Edition DELACHAUX ET NIESTLE.* p335.

Références bibliographiques

- NEKKACHE GHENIM A., MEGNOUNIF A., SEDDINI A., et TERFOUS A.,** 2010 - Fluctuations hydropluviométriques du bassin-versant de l'oued Tafna à Beni Bahdel (Nord-Ouest algérien). *Sécheresse* Vol. 20 (1) : 96-103
- NISBET M., et VERNAUX J.,** 1970 - Composantes chimiques des eaux courantes, discussion et proposition des classes entant que base d'interprétation des analyses chimiques. *Annale de limnologie.* pp.161-190.
- OECD** (Organization for Economic Coopertion and Development), 1982 - Eutrophisation of Waters. Monitoring, Assessment and Control. Final Report. OECD Cooperative Programme on Monitoring of Inland Waters (Eutrophication Control), Environment Directorate. *OECD.* Paris .154P
- PAGNEY P.,** 1976 - Les climats de la terre. *Edition MASSON.* p150.
- PARADIS O.,** 1979 - Ecologie. *Edition Decaries.* 450p
- PLEMONT J.,** 1993 - Bactéries et environnement. 899p
- PLUARG.,** 1978b - Reports of the United States Public Consultation Panels to the Pollution from Land Use Activities Reference Group. PLUARG. *International Joint Commision. Great Lakes Regional Office.* Windsor. Ontario. Canada.148p.
- POURRIOT R., CAPBLANQ J., CHAMP P., MEYER J-A.,** 1982 - Eologie du plancton des eaux continentales. *Edition Masson.* Paris .198p
- RAMADE F.,** 2005 - Eléments d'écologie appliquée : Action de l'homme sur la biosphère, 7ème édition. Paris. *Ed. Dunod.* 302p
- RAMADE F.,** 1993- Dictionnaire encyclopédique de l'écologie. *Edi science International, Paris.*
- REMINE B.,** 2005 - La problématique de l'eau en Algérie. *Edition Office des publications Universitaires.* Algérie 160 P
- REMINE B., LEDUC C., et HALLOUCHE W.,** 2009 - Evolution des grands barrages en régions arides : quelques exemples algériens. *Sécheresse vol.* 20 (1) : 96-103.
- RIO B.,** 2006 - L'eau et la vie, *édition du dauphin.* France .218p
- RODIER J., BAZIN C., BROUTIN JP., CHAMPON P., et CHAMPSAUR H.,** 2005 - L'analyse de l'eau : Eau naturelle, résiduaire, eau de mer. *8ème édition.* pp : 130-151

Références bibliographiques

RODIER J., 1996 - Analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. *Tome II 8^{ème} édition Dunod.* 1382p.

ROSOWSKI J-R., 2003 – Photosynthetic Euglenoids. Dans : Freshwater Algae of North America : Ecology and Classification. Wehr, J.D. et Sheath, R.G. éd. *Academic Press. Paris.*

SANE S., 2006 - Contrôle environnemental de la production primaire du lac de Guiers au Nord du Sénégal. *Thèse de Doctorat de 3^{ème} cycle.* 180 p.

SATTERLAND D-R., 1972 - Wildland Watershed Management. *Ronald Press.* New York. 370p

SCHAPERCLAUS PW., 1962 - Les maladies des poissons «maladies non parasitaires»
BULLETIN FRANÇAIS DE PISCICULTURE TRENTE-CINQUIEME ANNEES.No
205 : pp : 138-165.

SHUVAL H-I., GRUEENER N., 1972 - Epidemiological and toxicological aspects of nitrates and nitrites in the environment. *An.J. Public Health.* 62(8). 1045

Annexe I

Les données climatiques des régions étudiées :

Tableau I : La variation mensuelle de la température dans les régions étudiées

(ONM, 2018)

Régions	Mois	Janv.	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nove	Dèce
	Paramètres												
Tlemcen	Températures maximales (°)	17	17,7	20,2	23,8	28,8	32,5	37,0	36,9	30,7	28,0	22,4	19,2
	Températures minimales (°)	4,4	3,5	5,9	8,6	10,4	13,0	17,2	18,3	15,9	13,0	6,7	4,3
	Températures moyennes (°)	10,7	10,6	13,05	16,2	19,6	22,75	27,1	27,6	23,3	20,5	14,55	11,75
Mascara	Températures maximales (°)	17	18,2	20,5	25,9	30,7	35,3	39,5	40	33,1	30,2	22,9	19,5
	Températures minimales (°)	0,9	-0,1	4,2	6,6	9,1	12,6	17,7	17,5	15,6	11,3	6	3,7
	Températures moyennes (°)	8,95	9,05	12,35	16,25	19,9	23,95	28,6	28,75	24,35	20,75	14,45	11,6
Miliana	Températures maximales (°)	15,2	15,8	18,0	24,0	28,1	33,1	37,6	38,1	32,3	29,2	20,7	18,4
	Températures minimales (°)	4,3	2,1	6,7	8,1	12,1	15,7	20,7	20,6	16,7	13,3	7,4	5,0
	Températures moyennes (°)	9,75	8,95	12,35	16,05	20,1	24,4	29,1 5	29,35	24,5	21,25	14,05	11,7

Tableau II : Variation mensuelle de la précipitation, l'humidité et le vent des régions étudiées

(ONM, 2018).

Régions	Mois	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nove	Dèce
	Paramètres												
Tlemcen	Précipitation (mm)	76,1	65,25	48,3	55,1	38,7	7,8	2,0	3,1	30,3	46,0	69,9	64,1
	Humidité (%)	71,0	72,2	70,1	71,0	64,3	58,8	51,9	54,7	64,8	65,4	69,0	70,0
	Vent (m/s)	9,1	9,9	9,4	9,1	8,0	8,0	7,8	7,8	8,4	7,8	9,4	7,5
Mascara	Précipitation (mm)	56,6	45,88	37,4	60,1	23,0	13,5	3,1	6,9	23,0	42,9	58,2	47,4
	Humidité (%)	78,9	78,5	75,0	73,1	64,1	54,2	45,9	49,3	62,1	67,4	74,9	78,2
	Vent (m/s)	9,6	10,4	10,2	10,1	10,4	10,4	10,6	10,4	10,9	10,3	9,9	8,8
Miliana	Précipitation (mm)	109,5	122,8 6	120,7	66,8	55,6	11,4	6,5	12,0	26,0	58,1	106,9	96,8
	Humidité (%)	79,2	78,6	71,5	66,2	60,4	52,2	44,6	47,0	60,0	64,0	75,5	78,0
	Vent (m/s)	10,7	12,0	12,5	12,5	13,1	13,6	13,9	13,3	12,6	10,9	10,3	9,6

Méthodes de dosage des différents paramètres

1) Paramètres chimiques

Tableau III : Les sels nutritifs

Elément	Réactifs	Mode opératoire
<i>Azote ammoniacal</i>	<p>R₁ : solution de phénol-nitroprussiate du sodium.</p> <p>R₂ : solution d'alcaline d'hypochlorite.</p>	<p>-Prendre 100 ml d'eau analysé.</p> <p>-Ajouter 3ml de réactif 1,</p> <p>-Boucher et agiter pour bien homogénéiser,</p> <p>-Ajouter sans attendre 3ml de réactif 2,</p> <p>-Boucher et agiter,</p> <p>-Placer à l'abri de la lumière pendant 6 à 8 h.</p> <p>-Mesurer l'absorbance à 630 nm.</p>
<i>Nitrite</i>	<p>1) solution de sulfanilamide</p> <p>2) solution de N-Naphtyléthylènediamine</p>	<p>-Introduire 50 ml d'eau à analyser.</p> <p>-Ajouter 1 ml de solution de sulfanilamide.</p> <p>-Agiter et laisser au repos 2 à 8 minute.</p> <p>-Ajouter 1 ml de solution de N-Naphtyl-Ethylène -diamine, et mélanger à nouveau, attendre au moins 10 minutes.</p> <p>-Mesurer l'absorbance au spectromètre à 543nm.</p>
<i>Nitrate</i> (Méthode de Salicylate de Sodium)	<p>1) Solution de salicylate de sodium à 5% (100 ml d'eau distillée dans 0.5 g) A renouveler toutes les 24 heures</p> <p>2) Acide Sulfurique concentré (densité= 1.84)</p> <p>3) Solution d'hydroxyde de sodium et tétra double de sodium et potassium :</p> <p>-250 ml d'H₂O distillée</p> <p>-100 g de la Soude (NaOH)</p> <p>-15 g de tetra double de Na et P</p>	<p>-Introduire 10 ml d'eau à analyser. Ajouter 1 ml de solution de salicylate de Na.</p> <p>-Evaporer à sec sur une plaque chauffante. Laisser refroidir.</p> <p>-Reprendre le résidu par 2ml d'acide sulfurique concentré en ayant soin de l'humecter complètement. Attendre 10 minutes, ajouter 15 ml d'eau bidistillée puis 15ml de solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium qui développe la couleur jaune.</p> <p>-Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 415nm</p>

Elément	Réactifs	Mode opératoire
<i>Phosphates</i>	Le mélange des réactifs : R₁ : 100 ml de Solution de Molybdate d'Ammonium. R₂ : 250 ml de Solution d'acide sulfurique. R₃ : 100 ml de Solution d'acide Ascorbique (en flacon de plastique). R₄ : 50 ml de Solution d'oxytatrate de potassium et d'antimoine.	-Introduire 100 ml d'eau à analyser. -Ajouter 10 ml de mélange réactifs -Mesurer l'absorbance au spectromètre à 885nm/eau distillée.

Pour les sels nutritifs l'expression des résultats : Selon les courbes d'étalonnage.

Dosage de la chlorophylle « a »

En l'absence d'un capteur de chlorophylle in situ, un sous échantillon, issu du prélèvement pour analyse des pigments chlorophylliens au laboratoire est requis. Un litre d'eau stocké dans des flacons propres, à usage unique, est en général employé et suffisant quel que soit le niveau de trophie du plan d'eau (**CEMAGREF, 2007**). Dans la mesure du possible, les échantillons sont filtrés à l'aide d'une pompe à vide après homogénéisation de l'échantillon, sur un filtre en fibre de verre (**type GF/ 45µm de WATHMAN**). Nous avons filtré un volume v d'eau, qui dépend de la nature et de la quantité de matières en suspension présentes dans l'eau, en s'assurant que la durée de filtration n'excède pas 10 minutes et que la dépression nécessaire à la filtration est la plus faible possible (**Anonyme, 1999**).

Le filtre est alors placé dans un tube à centrifugation de 15 ml puis stocké immédiatement à l'obscurité jusqu'à la congélation. Nous inscrivons sur le tube le nom du lac, la date et le volume filtré.

Rappel : il ne faut en aucun cas toucher les filtres avec les doigts mais utiliser des pinces pour les manipuler (risque de détérioration par l'acidité des mains).

On traite ces filtres à l'acétone 90%, déchiquetés puis centrifugés 24 heures après pendant 15 mn. La lecture se fait au spectrophotomètre aux longueurs d'ondes 665 nm et 750 nm. Le calcul des concentrations de la chlorophylle active est fait à partir de l'équation de Lorenzen (**CNEXO, 1983**), c'est la méthode monochromatique.

$$\text{Chl (mg/m}^3\text{)} = \frac{[26,7(\text{A665na} - \text{A665a}) * v]}{V * L}$$

Où :

- **V** : volume d'eau filtrée (litres).
- **v** : volume de solvant d'extraction (acétone) en ml (10 ml).
- **L** : longueur du trajet optique de la cuve de mesure (1 cm).
- **A665na** : densité optique corrigée de la turbidité avant acidification.
- **A665na** = $\text{Ab665na} - \text{Ab750na}$
Ab665na : absorbance à 665nm avant l'acidification.
Ab750na : absorbance à 750nm avant acidification.
- **A665a** : densité optique corrigée de la turbidité après acidification.
A665a = $\text{Ab665a} - \text{Ab750a}$
Ab665a : absorbance à 665 nm après acidification.
Ab750a : absorbance à 750 nm après acidification.



Fig. 01 : Disque de Secchi



Fig. 02 : Analyseur multiparamètre de type W.T.W 340i



Fig. 03 : Microscope inversé



Fig. 04 : Balance



Fig. 05 : Plaque chauffante



Fig. 06 : pH mètre

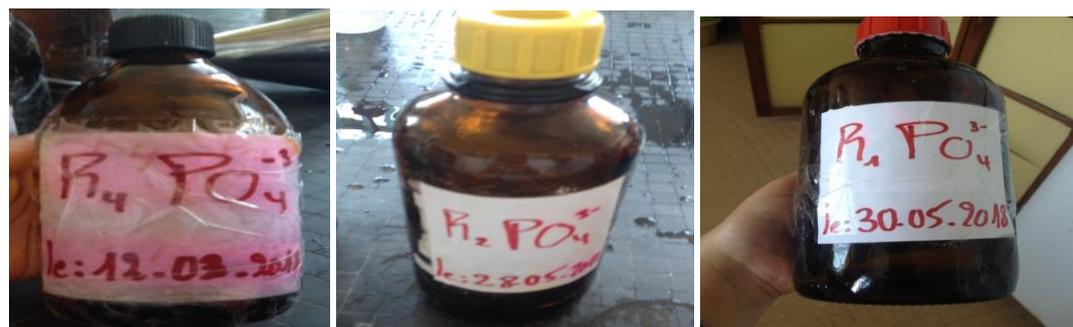


Fig 07 : Réactifs de phosphates



Fig. 08 : GPS



Fig 09 : Filet à plancton



Fig. 10 : Barrage de Beni Bahdel



Fig. 11 : Barrage de Ouizert



Fig. 12 : Barrage de Harreza



Fig. 13 : Barrage de Ghrib