

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Blida -1-



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

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

Ecosystèmes aquatiques

THEME :

***EVALUATION DES RESSOURCES AQUACOLES
(PHYTOPLANCTON ET POISSONS) DU BARRAGE
DE KEDDARA W- BOUMERDES***

Réalisé par :

ORABI SALEM Chaïma

CHERIET Racha

Soutenu le 29/06/2019 à 09h 30 devant le jury composé de :

Mr. GRANDI M.

MCB, USDB 1

Président

Mr. BOURIACHE M.

MCB, USDB 1

Examineur

Mme EL HAOUATI H.

MRB, CNRDPA

Promotrice

Mme KHETTAR S.

MAA, USDB 1

Co-promotrice

Promotion 2018-2019

Remerciements

Avant tout, nous remercions ALLAH tout puissant, de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens pour la réalisation de ce travail.

Nous tenons à remercier Mme GUECHAOUI EL-HAOUATI H. avoir accepté de nous encadrer sur ce thème, de nous avoir conseillé judicieusement, orienté, encouragé et de nous apporter son attention tout au long de ce travail.

Nous tenons également à remercier Mr. GRANDI M. d'avoir accepté de présider le jury.

Nous remercions Mr. BOURIACHE M. qui nous a honoré pour examiner notre travail.

Mme KHETTAR S. d'avoir accepté de Co-encadrer ce Travail.

Nous tenons à remercier aussi tous les travailleurs du CNRDPA qui nous ont facilité l'avancement de la partie analyse et aussi le Directeur du barrage de Keddara et nos accompagnateurs dans nos sorties sur terrains en particulier Mr. GUECHAOUI M. et Melle MAHIDDINE F. Z.

Nos remerciements s'adressent à tous les enseignants et le personnel du département de biologie et physiologie cellulaire sans oublier tous les amis et les collègues de la promotion 2019.

Dédicace

Avec l'aide et la protection d'ALLAH s'est réalisé ce travail.

Je dédie ce travail à ma chère mère qui m'a toujours soutenu et aidé à affronter les difficultés, et à mon père qui est mort avant de me voir comme il a voulu.

A mes chers frères Azzedine, Ismail, Salem et Omar, à mes sœurs Hadjira, Zineb, Imene, Houda, Khedidja, Merieme et à leurs enfants sans oublier Mounira, Maïssa, Lamia et Fatima.

A notre professeur Mme Belmeskine, à mon binôme Racha à mes amies Naïma, Nacera et Sabrina et à tous mes proches.

A tous ceux qui croient à la réussite,
Je dédie ce travail....



Chaima Orabi Salem....

Dédicaces

Avec l'aide et la protection d'ALLAH s'est réalisé ce travail.

Je dédie ce travail aux deux personnes les plus chers à mon cœur mes parents, sans que je ne serais jamais ce que je suis aujourd'hui, je ne vous remercierais jamais assez pour votre confiance, présence et surtout pour votre amour et soutien ; que Allah vous garde pour moi.

A mon mari Ali qui m'a toujours soutenu et aidé, merci infiniment surtout pour ta confiance et patience.

A ma sœur Lamis et mes frères Sif Eddine et Ahmed.

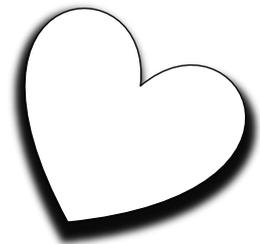
A ma belle-famille Kahli.

A Fatima qui nous a trop aidées à réaliser ce travail

A mon binôme Chaïma et mes amies Naïma, Rabia, Nasima

Et à tous ceux qui croient à la réussite.

Cheriet Racha.



Résumé

Cette étude est basée sur un écosystème aquatique important, c'est le barrage de Keddara dans la wilaya de Boumerdes. Comme première étude, on vise à identifier les associations phytoplanctoniques et la faune ichtyologique en relation avec les facteurs de l'environnement susceptibles de provoquer et/ou de modifier le développement des espèces phytoplanctoniques et par conséquent la diversité ichtyologique.

Le suivi de l'évolution des onze paramètres abiotiques effectués (température, oxygène dissous, conductivité électrique, taux de saturation, transparence, potentiel hydrogène, salinité, azote ammoniacal, nitrites, nitrates et phosphates) et les paramètres biotiques (évaluation quantitative et qualitative de la diversité des peuplements phytoplanctoniques et la chlorophylle « a », et l'évaluation quantitative et qualitative de la diversité des poissons) du mois de décembre 2018 au mois de Mai 2019 dans six stations représentatives du barrage. Elle permet d'essayer de comprendre les mécanismes fonctionnels et dynamiques des eaux de ce barrage et d'en apprécier leur qualité.

Les résultats des paramètres abiotiques montrent que les eaux du barrage de Keddara sont classées comme des eaux de qualité bonne à très bonne et elles sont localisées dans l'état trophique « eutrophe ».

L'étude phytoplanctonique montre que les espèces les plus abondants sont *Closterium acutum* et *Stephanodiscus cf. neoastraea*.

L'étude de la faune ichtyologique montre que les taxons les plus abondants sont *Cyprinus carpio* et *Carassius carassius*.

Mot clés : Qualité, phytoplancton, faune ichtyologique, barrage de Keddara.

Abstract

This study is based on a single aquatic ecosystem, it is the dam Keddara. As a first study, we aim to identify the phytoplankton associations and the fishes in relation with the factors of the environment likely to cause and / or to modify the development of the phytoplankton species in general and the ichthyological diversity.

Monitoring of the evolution of the eleven abiotic parameters (temperature, dissolved oxygen, electrical conductivity, redox potential, transparency, hydrogen potential, salinity, ammoniacal nitrogen, nitrite, nitrate, phosphate) and biotic parameters (quantitative and qualitative evaluation of the diversity of phytoplankton populations and chlorophyll "a", and quantitative and qualitative assessment of fish diversity) from December 2018 to May 2019 in six representative stations, makes it possible to try to understand the functional and dynamic mechanisms of the waters of this dam and appreciate their quality.

The results of the abiotic parameters show that the waters of the Keddara dam have classified as good to very good water and are located in the eutrophic trophic state.

The phytoplankton study shows that the most abundant genera are *Closterium acutum* and *Stephanodiscus cf. neoastraea*.

The fish diversity study shows that the most abundant genera are *Cyprinus carpio* and *Carassius carassius*

Key words: quality, phytoplankton, fish diversity, dam Keddara

ملخص

تعتمد هذه الدراسة على نظام إيكولوجي مائي واحد، وهو سد قدارة. كدراسة أولى، نهدف إلى تحديد مجموعات العوالق النباتية والحيوانات السمكية فيما يتعلق بالعوامل البيئية التي من المحتمل أن تسبب و / أو تعدل تطور أنواع العوالق النباتية والتنوع السمكي بشكل عام.

ان مراقبة تطور العوامل غير الحيوية الإحدى عشرة (درجة الحرارة ، الأكسجين المذاب ، الموصلية الكهربائية ، معدل التشبع ، الشفافية ، إمكانات الهيدروجين ، الملوحة ، نيتروجين الأمونيا ، النترت ، النترات ، الفوسفات) والكائنات الحية (التقييم الكمي والنوعي لمجموعات العوالق النباتية والكلوروفيل "أ" ، والتقييم الكمي والنوعي للتنوع السمكي) وهذا خلال الفترة الممتدة بين ديسمبر 2018 إلى ماي 2019 في ست نقاط مختارة مما يسهل فهم الآليات الوظيفية والديناميكية لمياه هذا السد وتقدير جودتها.

تظهر نتائج تحاليل العوامل غير الحيوية السابقة للذكر أعلاه أن مياه سد قدارة تصنف على أنها مياه جيدة إلى جيدة جدًا وهي في وضع غذائي.

أظهرت دراسة العوالق النباتية أن الأجناس الأكثر وفرة هي *Closterium acutum* و *Stephanodiscus cf. neoastraea*

كما تبين دراسة الحيوانات الإيكولوجية (السمكية) أن الأجناس الأكثر وفرة هي *Cyprinus carpio* و *Carassius carassius*.

الكلمات المفتاحية: الجودة، العوالق النباتية، حيوانات السمك، سد قدارة.

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

<i>Introduction</i>	1
---------------------------	---

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I-1. Généralités sur les ressources aquacoles dans les milieux lacustres	2
I-1-1. Généralités sur le phytoplancton	2
I-1-1-1. La chlorophylle « a »	2
I-1-1-2. Caractéristiques générales du phytoplancton	3
I-1-1-3. Rôles du phytoplancton	3
I-1-1-4. Taux de croissance	3
I-1-1-5. Systématique et Organisation	3
I-1-2. Généralités sur la faune ichtyologique	4
I-1-2-1. Classifications des poissons d'eau douce	5
I-1-2-2. Importance du poisson	7
I-1-3. Cascade trophique	7
I-2. Présentation du site	8
I-2-1. Situation géographique	8
I-2-2. Géologie.....	8
I-2-3. Morphométrie	9
I-2-4. Hydrologie	9
I-3. Climatologie	10
I-3-1. Pluviosité	10
I-3-2. Vent	11
I-3-3. Température	12
I-3-4. Humidité	12
I-4. Synthèse climatique	13
I-4-1. Diagramme pluviométrique de GAUSSEN	13
I-4-2. Climagramme d'EMBERGER	14
I-5. Faune et flore	15
I-6. Le lac et son contexte socio-économique	15
I-6-1. Activité agricole	15
I-6-2. Activité industrielle	15

Chapitre II : Matériel et méthodes

II-1. Stations d'échantillonnage utilisées pour les prélèvements	16
II-2. Méthodes d'échantillonnage.....	17
II-2-1. Mode de prélèvement.....	17
II-2-2. Matériels de prélèvement et d'analyse.....	18
II-3. Facteurs abiotiques.....	18
II-3-1. Paramètres physico-chimiques.....	18
II-3-2. Paramètres mesurés <i>in situ</i>	18
II-3-2-1. Température	18
II-3-2-2. Transparence	18
II-3-2-3. Conductivité électrique.....	19
II-3-2-4. pH.....	19
II-3-2-5. Salinité.....	19
II-3-2-6. Oxygène dissous.....	19
II-3-3. Paramètres mesurés <i>ex-situ</i>	19
II-4. Facteurs biotiques	19
II-4-1-1. Etude de phytoplancton.....	19
II-4-1-1-1. Conservation des échantillons.....	19
II-4-1-1-2. Préparation de l'échantillon.....	19
II-4-1-2. Identification et comptage des paramètres biologiques.....	20
II-4-1-3. Organisation et structure du peuplement.....	20
II-4-1-3-1. Richesse spécifique.....	20
II-4-1-3-2. Densité des espèces.....	20
II-4-1-3-3. Facteur de conversion phytoplanctonique.....	21
II-4-1-3-4. Fréquence relative.....	21
II-4-1-3-5. Etude de l'évolution spatio-temporelle de la diversité spécifique.....	21
1. Indice de Shannon.....	21
2. Indice de Daget (Régularité R ou Equitabilité E).....	22
II-4-1-3-6. Diagramme de Frontier (Diagramme rang fréquence).....	22
II-4-2. Etude de la faune ichthyologique.....	23
II-4-2-1. Protocole de prélèvement des poissons.....	23
II-4-2-2. Echantillonnage et conservation des échantillons.....	23
II-4-2-2-1. Emplacement du filet.....	23

II-4-2-2-2. Récupérer le filet et prélever les poissons.....	24
II-4-3. Méthode d'étude de quelques paramètres du développement.....	24
II-4-3-1. Morphométrie.....	24
II-4-3-2. Détermination du sexe.....	25
II-4-3-3. Sex-ratio.....	26
II-5. Analyses multivariées.....	26

Chapitre III : Résultats et discussion

III-1. Interprétation de la Physico-chimie de l'eau.....	27
III-1-1. Température.....	27
III-1-2. Potentiel d'hydrogène (pH).....	28
III-1-3. Conductivité électrique.....	28
III-1-4. Salinité.....	29
III-1-5. Transparence de l'eau.....	30
III-1-6. Oxygène dissous.....	31
III-1-7. Taux de saturation en oxygène.....	31
III-1-8. Sels nutritifs.....	32
III-1-8-1. Nitrite (NO_2^-).....	32
III-1-8-2. Nitrate (NO_3^-).....	33
III-1-8-3. Azote ammoniacal (NH_4^+).....	34
III-1-8-4. Ortho-Phosphates (PO_4^+).....	35
III-1-9. Synthèse sur la qualité physico-chimique.....	36
III-1-10. Analyse multivariées des données physico-chimiques de l'eau.....	36
III-1-11. Classification hiérarchique.....	37
III-1-12. Chlorophylle « a ».....	38
III-1-13. Evaluation de l'état trophique.....	39
III-2. Etude du peuplement phytoplanctonique.....	40
III-2-1. Etude qualitative du peuplement phytoplanctonique.....	40
III-2-1-1. Composition taxonomique du phytoplancton.....	40
III-2-2. Evolution spatio-temporelle de la diversité spécifique.....	42
III-2-2-1. L'indice de Shannon (H') et l'Equitabilité (E).....	42
III-2-3. Analyse du diagramme de Frontier (Diagramme de Rang Fréquence).....	43
III-3-3. Variation saisonnière de la densité et de la dominance du phytoplancton.....	44
III-4. Etude du peuplement ichtyologique.....	45

III-4-1. Dénombrement des espèces capturées.....	45
III-4-2. Systématique, description du peuplement ichtyologique capturée.....	45
II-4-3. Sex-ratio.....	47
IV-6. Relation taille – poids.....	47
Conclusion	49
Bibliographie	
Annexe	

Liste des figures

Fig. 01 : Relation entre la production primaire, les variables internes du système aquatique (rectangle en pointillés) et les variables externes	2
Fig. 02 : Exemple de réseau trophique, révélant les transferts depuis les éléments minéraux et/ou organiques disponibles dans l'eau jusqu'aux poissons	7
Fig. 03 : Situation géographique du barrage de Keddara	8
Fig. 04 : Réseau hydrographique de barrage de Keddara.....	10
Fig. 05 : Moyennes saisonnières (automne-printemps) des précipitations dans la région de Keddara.....	11
Fig. 06 : Variations moyennes saisonnières (automne-printemps) de la vitesse du vent dans la région de Keddara durant la période 2006-2015.....	11
Fig. 07 : Variations moyennes saisonnières (automne-printemps) de la température dans la région de Keddara durant la période 2006-2015.....	12
Fig. 08 : Variations moyennes saisonnières (automne-printemps) de l'humidité dans la région de Keddara durant la période 2006-2015.....	13
Fig. 09 : Diagramme pluviothermique de la région de Keddara.....	13
Fig. 10 : Position de la région de Keddara sur le Climatogramme d'Emberger.....	14
Fig. 11 : Répartitions des stations échantillonnées dans le barrage Keddara (W. Boumerdes)	16
Fig. 12 : Evolution des diagrammes rangs-fréquences au cours d'une succession.....	23
Fig. 13 : Filet maillant tendu à partir du rivage.....	24
Fig. 14 : Mensurations effectuées sur les poissons capturés (cas du <i>Carassius carassius</i>)....	24
Fig. 15 : individu femelle au stade IV (Ovocyte mûre).....	25
Fig. 16 : individu mâle au stade III (Gonades blanchâtres).....	25
Fig. 17 : Variations saisonnières et spatiales de la température de l'eau dans le barrage de Keddara.....	27
Fig. 18 : Variations saisonnières et spatiales du pH dans le barrage de Keddara	28
Fig. 19 : Variations saisonnières et spatiales de la conductivité électrique dans le barrage de Keddara.....	29
Fig. 20 : Variations mensuelles et spatiales de la salinité de l'eau (PSU) dans le barrage de Keddara.....	30

Fig. 21 : Variations saisonnières et spatiales de la transparence de l'eau (m) dans le barrage de Keddara.....	30
Fig. 22 : Variations saisonnières et spatiales de l'oxygène dissous dans le barrage de Keddara.....	31
Fig. 23 : Variations saisonnières et spatiales de taux de saturation dans le barrage de Keddara.	32
Fig. 24 : Variations saisonnières et spatiales des nitrites dans le barrage de Keddara.....	33
Fig. 25 : Variations saisonnières et spatiales des nitrates dans le barrage de Keddara.....	34
Fig. 26 : Variations saisonnières et spatiales de l'azote ammoniacal dans le barrage de Keddara.....	34
Fig. 27 : Variations saisonnières et spatiales de l'orthophosphates dans le barrage de Keddara.....	35
Fig. 28 : ACP des variables physico-chimiques (facteurs 1 et 2).....	37
Fig. 29 : Classification hiérarchique des stations du barrage de Keddara.....	38
Fig. 30 : Variations saisonnières et spatiales de la chlorophylle « a » dans le barrage de Keddara.....	39
Fig. 31 : Variations des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le barrage de Keddara.....	40
Fig. 32 : Variations de la richesse spécifique (S) et l'indice de Shannon (H') du barrage de Keddara.....	42
Fig. 33 : Variation de l'indice de Shanon (H') et d'équitabilité (R) du barrage de Keddara.....	42
Fig. 34 : Variations de l'allure de la courbe Rang Fréquence du barrage de Keddara (Printemps 2019).....	43
Fig. 35 : Variations de l'allure de la courbe Rang Fréquence du barrage de Keddara (Automne 2019).....	43
Fig. 36 : Variations saisonnières de la densité phytoplanctonique du barrage de Keddara...	44
Fig. 37 : Abondances relatives en nombre des espèces capturées au niveau du barrage de Keddara.....	45
Fig. 38 : Détermination des paramètres a, b et r de la relation d'allométrie taille-poids $W=a L^b$ estimés dans les deux prélèvements pour les deux sexes.....	48

Liste des tableaux

Tab. 1 : Les espèces dominantes de la famille des Cyprinidae.....	5
Tab. 2 : Répartition des espèces inventoriées selon leurs statuts de conservation	6
Tab. 3 : Données morphométriques du barrage de Keddara.....	9
Tab. 4 : Caractéristiques des différentes stations de prélèvements.....	17
Tab. 5 : Temps de sédimentation requis en fonction de la hauteur de la colonne de la chambre de sédimentation.....	20
Tab. 6 : Normes de qualité des eaux des masses d'eau naturelles et les moyennes calculées dans le barrage de Keddara.....	36
Tab. 7 : Etat trophique du barrage de Keddara selon les critères de l'O.C.D.E(1982)...	39
Tab. 8 : Sex-ratio globale (Exemple chez <i>Carassius carssius</i>)	47
Tab. 9 : Relation biométrique du <i>Cyprinus carpio</i>	48

Liste des abréviations

ANBT : Agence Nationale des Barrages et Transferts

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques

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

ONM : Office National Météorologique

OCDE : Office cadre directive européenne

ACP : Analyse des composants principale.

MES : Matière en suspension

O₂ : Oxygène dissous

pH : Potentiel d'hydrogène

Tab : Tableau

Fig : Figure

W : Wilaya

PS : Période sèche

PO₄ : Phosphates

NO₂ : Nitrites

NO₃ : Nitrites

NH₄ : Azote ammoniacal

DRF : Diagramme de Rang-Frequence

Introduction

Introduction

Les lacs de barrage constituent une importante source naturelle pour les humains. Ils fournissent l'eau pour divers usages domestiques, industriels, la pêche et l'irrigation. La connaissance de l'hydrologie des lacs est essentielle pour leur bonne utilisation et pour leur conservation. Les propriétés physico-chimiques et la quantité des nutriments dans l'eau jouent un rôle significatif dans la distribution et la composition du plancton et du poisson.

Un écosystème aquatique est caractérisé par l'existence d'un réseau trophique au sein duquel la production primaire, source d'oxygène essentielle pour les organismes hétérotrophes, est assurée par le phytoplancton (**EL-HAOUATI, 2009**). Le zooplancton forme également une composante essentielle dans la chaîne trophique (**AKLI-BIDI, 2014**). Il constitue un lien important entre le phytoplancton et les poissons (**HAMAIDI-CHERGUI, 2012**).

Les communautés aquatiques végétales et animales (invertébrés et poissons) deviennent des juges de paix (**ROCHE et al., 2005**) et le bon état écologique se comprend alors comme le bon fonctionnement de l'écosystème (**HELIOTT, 2014**).

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail, avec comme objectif la caractérisation de l'état physico-chimique du barrage de Keddara (wilaya de Boumerdes) et l'évaluation de leurs paramètres biologiques par un suivi saisonnier durant la période allant du mois de décembre 2018 au mois de mai 2019.

Pour cela, nous avons fait une analyse et un suivi des peuplements phytoplanctoniques et ichtyologiques en étudiant leurs fluctuations qualitatives et quantitatives, en parallèle avec une étude de la qualité physico-chimique de l'eau. En complément de cette étude, nous avons effectué une analyse structurale par le calcul des indices de diversité et de tracer des diagrammes rangs fréquences, afin de déterminer le degré d'organisation et de la maturité des peuplements.

Notre travail comporte trois chapitres :

Le premier chapitre est une recherche bibliographique avec la description des caractéristiques des différents groupes phytoplanctoniques et ichtyologiques et la présentation de la zone d'étude (barrage de Keddara).

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

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

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

Chapitre I

Synthèse

bibliographique

I-1. Généralités sur les ressources aquacoles dans les milieux lacustres :

I-1-1. Généralités sur le phytoplancton :

Le phytoplancton est un végétal microscopique qui flotte dans l'eau au gré des courants. On ne les trouve qu'où le courant de l'eau est assez faible pour ne pas les emporter.

Le phytoplancton est principalement composé d'algues chlorophylliennes qui utilisent les divers éléments nécessaires à leur croissance grâce à la photosynthèse et produisent de l'oxygène qui enrichit les couches supérieures (DRUART et BALVAY, 2007).

Les composants du phytoplancton et leurs abondances relatives dépendent de la richesse du milieu en éléments nutritifs représentés essentiellement par l'azote et le phosphore (SCHLUMBERGER, 2002) (Fig. 1).

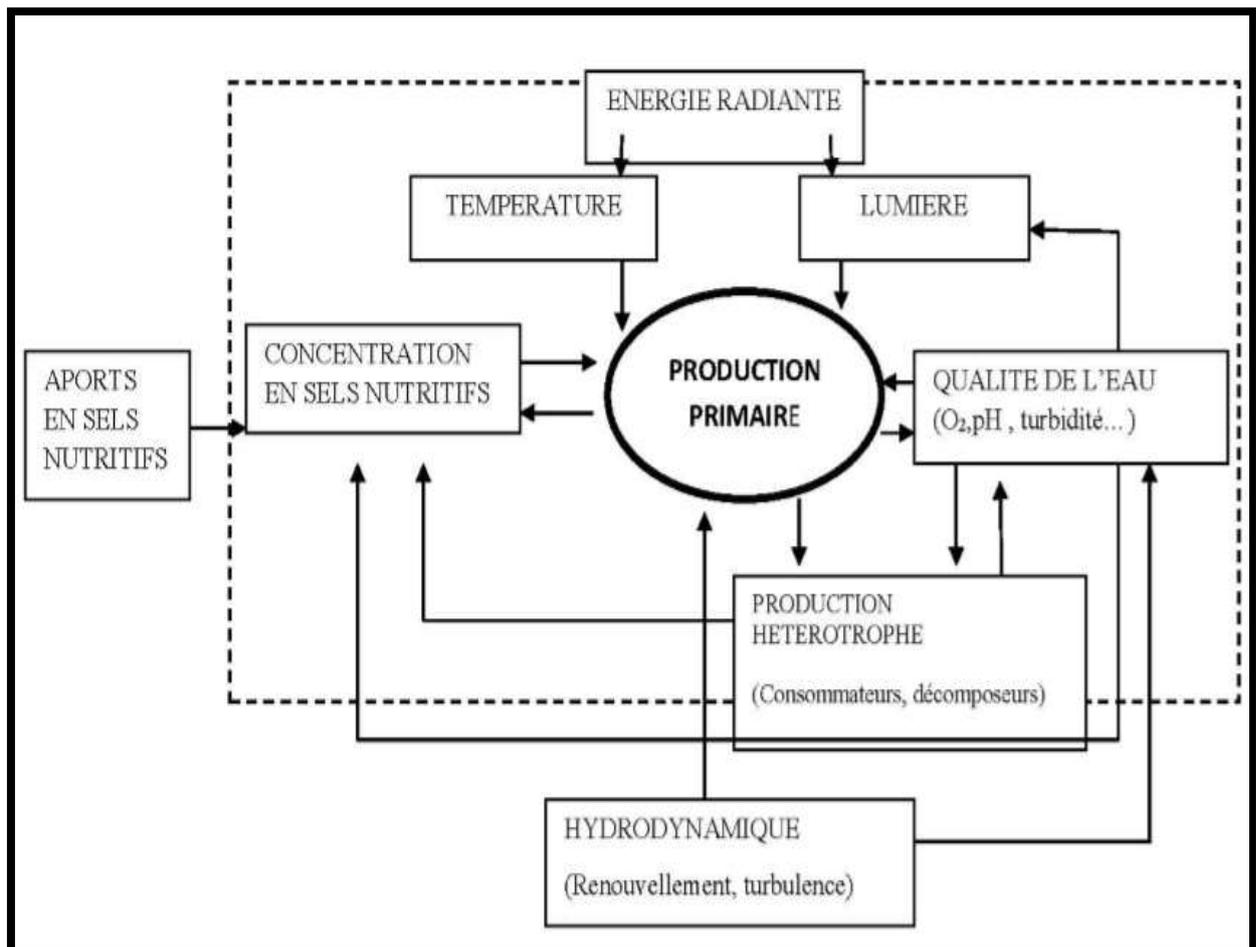


Fig. 1 : Relation entre la production primaire, les variables internes du système aquatique (rectangle en pointillés) et les variables externes (POURRIOT et al., 1982)

I-1-1-1. La chlorophylle « a » :

C'est un pigment présent dans les chloroplastes des cellules des végétaux verts. Elle représente le facteur limitant de la photosynthèse conduisant à l'estimation de la biomasse phytoplanctonique ce qui permet d'estimer le niveau d'eutrophisation. Le phytoplancton ne représente que 1 % de la biomasse d'organismes photosynthétiques sur la planète mais, il assure 45 % de la production végétale (fixation du carbone minéral (CO₂)). Mais le phytoplancton est avant tout la principale

source de nourriture pour le plancton animal lequel est indispensable pour l'alimentation de la macrofaune (LEON WOUE, 2009).

I-1-1-2. Caractéristiques générales du phytoplancton :

Le phytoplancton en général unicellulaire et vit parfois en colonies, il a toutes les formes possibles (rondes, allongées, en forme de boîte) et possède parfois des épines ou des flagelles. Ce végétal a des plastes qui contiennent des pigments capteurs de lumière qui permettent de faire la photosynthèse. Il peut s'agir de chlorophylle (couleur verte), de caroténoïde (couleur rouge), de xanthophylle (couleur brune) ou de phycocyanine (couleur bleu) (ILTIS, 1966).

I-1-1-3. Rôles du phytoplancton :

Le phytoplancton constitue la base de l'alimentation chez les herbivores aquatiques, et c'est pourquoi la biodiversité des populations phytoplanctoniques est un facteur important. Le rythme de développement des populations micro-algales conditionne ainsi le rythme de vie de leurs consommateurs (consommateurs primaires) et ceux-ci régulent à leur tour celui des carnivores qui les consomment (consommateurs secondaires).

Le phytoplancton est donc la base de l'édifice qui constitue l'ensemble des organismes aquatiques. Il représente un compartiment remarquable par le rôle qu'il joue, non seulement dans le milieu aquatique, mais aussi dans tous les domaines de notre vie : qualité d'environnement (oxygène), alimentation (poissons et fruits de mer), bien-être (santé, beauté), ressource industrielle (GENEVIEVE, 2009).

I-1-1-4. Taux de croissance :

La croissance des populations phytoplanctoniques résulte de la division de cellules individuelles. Le cycle biologique de certaines espèces peut présenter une forme de dormance (ANDERSON, 1997). Les taux de croissance sont variables d'une espèce phytoplanctonique à l'autre : des mesures *in situ* ont permis d'évaluer le taux de croissance journalier moyen des Dinoflagellés à 0.3 j⁻¹ soit un temps de génération de trois jours environ (FURNAS, 1990). Les Diatomées ont un taux de croissance journalier supérieur à celui des Dinoflagellés (40% d'entre elles ont un temps de génération inférieur à trois jours) (GAILHARD, 2003).

I-1-1-5. Systématique et Organisation :

Le phytoplancton regroupe deux types d'organismes qui diffèrent au niveau cytologique essentiellement par la présence d'un noyau cellulaire (ADN confiné dans une enveloppe nucléaire) (eucaryotes) ou non (procaryotes) (PRESCOTT *et al.*, 2003).

Le premier niveau de classification est basé sur les pigments photosynthétiques, les produits de réserve et leurs localisations cytoplasmiques, ainsi que leurs niveaux de complexité intracellulaire. Plus communément d'autres critères tels que la reproduction, la nature du squelette, la mobilité permettent de ranger le micro algues en plusieurs classes. Actuellement, la phylogénie est en pleine évolution, grâce notamment aux avancées technologiques en biologie moléculaire (IGLESIAS-RODRIGUEZ *et al.*, 2006 ; NOT *et al.*, 2007 ; SAEZ *et al.*, 2008). Les principales classes différenciées selon des critères morphologiques, cytologiques, biochimiques sont :

1. Les Chlorophytes :

Sont des micro-organismes hermaphiles, photophiles et ont une préférence pour les milieux riches en nutriments azotés (SANE, 2006). Les individus de ce groupe très diversifiés, sont répartis en quatre classes : Les Chlorophycées, les Ulothricophycées, les Zygothricophycées et les Charophycées. Les deux ordres des Volvocales et des Chlorococcales de la classe des Euchlorophycées regroupent la plupart des algues vertes planctoniques lacustres (BOURRELLY, 1972). Les Volvocales sont des espèces flagellées, ils possèdent des chloroplastes en forme U, et les chlorophylles « a » et « b » qui sont les pigments majeurs (ETTL, 1983). Cependant les Chlorococcales sont des espèces unicellulaires ou coloniales, filamenteuses (ETTL et al., 1988). On distingue comme précédemment les mêmes pigments majeurs. (BOURRELLY, 1972).

2. Les Chromophytes : Avec trois classes principales

- Les Bacillariophycées ou Diatomées.
- Les Chrysophycées.
- Les Xanthophycées.

3. Les Euglénophytes :

Sont des algues unicellulaires flagellées rarement coloniales. Elles contiennent de la chlorophylle « a » et « b ». Ce phylum possède une seule classe appelée Euglénophycées, elle se répartie en 13 genres et plus de 2000 espèces.

Ils sont presque tous unicellulaires, sans paroi cellulaire avec un, deux ou trois flagelles qui émanent d'une invagination de la membrane cellulaire, et un stigma orange à rouge composé de globules de caroténoïdes (ROSOWSKI, 2003). La multiplication s'effectue par division cellulaire (DE REVIERS, 2003).

4. Les Cyanophytes :

C'est le phylum des micro-organismes procaryotes. Ce phylum contient une seule classe des Cyanophycées avec plus de 110 genres et environ 1000 espèces dulçaquicoles. Cette classe est caractérisée par l'absence de noyau, de plaste et de reproduction sexuée. Ces micro-organismes sont dépourvus de flagelles et leur appareil végétatif peut être unicellulaire, colonial ou filamenteux. Les cellules renferment de la chlorophylle « a ». La multiplication se fait par division cellulaire et par fragmentation chez les filamenteux (DE REVIERS, 2003).

5. Les Pyrrophytes :

Ce sont des organismes unicellulaires, de couleur brune, leur groupe principal est constitué par les dinoflagellés qui sont des cellules mobiles à deux flagelles. Elles constituent les seconds plus grands producteurs photosynthétiques primaires de la matière organique océanique (BOUSSEBOUA, 2005).

I-1-2. Généralités sur la faune ichthyologique :

Les poissons au sens large du terme, c'est-à-dire l'ensemble des vertébrés aquatiques non tétrapodes ont toujours été un matériel privilégié pour des recherches sur l'écologie, la biologie. L'ichtyofaune des eaux continentales de l'Afrique du Nord en général et de l'Algérie en particulier est peu connue. Il s'agit souvent d'études anciennes telles que celles de **CUVIER** et **VALENCIENNES (1842)**, **PLAYFAIR** et **LETOURNEUX (1871)**, **BOULENGER (1911)**, **CAUVET (1913, 1915)**. Depuis la publication de la monographie de **PELLEGRIN (1921)** sur les poissons des eaux douces de l'Afrique du Nord, peu de travaux ont été publiés sur l'ichtyofaune des eaux continentales algériennes. On peut citer les travaux de **BOUHADAD (1993)**, **DOADRIO (1994)** et **DOADRIO et al. (1998)** sur les barbeaux. D'après le ministère de la Pêche et des Ressources halieutiques algérien (**MATE, 2001**), l'état de conservation des poissons d'eau douce est préoccupant puisque 42% des espèces seraient menacées de disparition. L'ichtyofaune des eaux continentales d'Algérie est caractérisée par la prédominance des Cyprinidae (**ELVIRA, 1990 ; BIANCO, 1995 ; AZEROUAL et al., 2000**).

I-1-2-1. Classifications des poissons d'eau douce :

L'ichtyofaune des eaux continentales d'Algérie est composée de 45 espèces appartenant à 19 familles. Parmi ces espèces, 29 sont autochtones et 16 sont des espèces introduites (**Tab.1**). L'ichtyofaune est caractérisée par la prédominance des Cyprinidae (24%), des Mugilidae (11%) et Cichlidae (11%). A partir d'analyses morphologique et génétique, une nouvelle espèce du genre *Aphanius* (*Aphanius saourensis*) a été décrite (**BLANCO et al., 2006**).

I-1-2-1-1. Cyprinidae :

Ces poissons sont originaires d'Europe. Ils seraient passés en Afrique du Nord par Libérie au Miocène (**ALMAÇA, 1979**). Cette famille domine l'ichtyofaune dulçaquicole totale et occupe une grande partie du pays.

On en distingue deux genres autochtones : *Barbus* et *Pseudophoxinus* et un genre introduit : *Cyprinus* (**Tab.1**).

Tab.1 : Les espèces dominantes de la famille des Cyprinidae

<i>Cyprinus</i>	<i>Barbus</i>
<p>Ce genre est représenté par une seule espèce <i>Cyprinus carpio</i> (Linné, 1766). Cette espèce s'est acclimatée à nos eaux et s'y développe assez bien.</p>	<p>Il est très répandu en Afrique du Nord. C'est le poisson le plus abondant et le plus fréquent. Il est représenté probablement par deux espèces au Nord et au Centre : <i>Barbus callensis</i> et <i>Barbus setivimensis</i>. (Valenciennes, 1842)</p>

I-1-2-1-2. Cichlidae :

Ces poissons sont tous d'origine africaine. Les Cichlidés sont des poissons écailleux. Ils ont une bouche protractile, pas de dents au palais, un opercule bien développé. La dorsale est composée d'une partie épineuse et d'une partie molle, ces derniers pas beaucoup plus développés que l'anale. Les ventrales sont thoraciques et composées d'une épine et de 5 rayons branchus.

Deux espèces sont autochtones et une espèce est tropicale et introduite : *Astatotilapia desfontainesi*, *Hemichromis bimaculatus*, *Sarotherodon nilotica*.

I-1-2-1-3. Cyprinodontidae :

Ce sont des petits poissons cosmopolites des eaux douces et saumâtres. Ils sont souvent brillamment colorés, les nageoires sont molles et la ligne latérale absente ou réduite à de petits points. L'aspect des 2 sexes peut être très différent. Ce sont des poissons bien connus en aquarium : *Aphanius fasciatus*.

Tab.2: Répartition des espèces inventoriées selon leurs statuts de conservation (NE : non évaluée ; LC : risque de disparition est faible ; VU : espèce vulnérable ; DD : données suffisantes ; C (%) fréquence d'occurrence) (CHAIBI, 2014)

FAMILLES <i>Espèces</i>	Nom commun	Statut de conservation UICN	Echelle de constance C(%)
CYPRINIDAE			
<i>Barbus spp.</i>	Barbeau	LC	Constante
<i>Pseudophoxinus sp.</i>	Ablette	DD	Constante
<i>Cyprinus carpio carpio</i>	Carpe commune	VU	Accessoire
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	Carpe argentée	NE	Accessoire
<i>Carassius gibelio</i>	Carassin prusse	NE	Accessoire
<i>Aristichthys nobilis</i>	Carpe grande bouche	NE	Accessoire
<i>Pseudorasbora parva</i>	Pseudorasbora	NE	Accessoire
POECILIIDAE			
<i>Gambusia affinis</i>	Gambusie	NE	Constante
CYPRINODONTIDAE			
<i>Aphanius fasciatus</i>	Aphanius de Corse	LC	Accidentelle
PERCIDAE			
<i>Perca fluviatilis</i>	Perche	LC	Accidentelle
<i>Lucioperca lucioperca</i>	Sandre	LC	Accidentelle
CICHLIDAE			
<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapie du Nil	NE	Constante
<i>Tilapia zillii</i>	Balti Zilli	NE	Constante
<i>Tilapia sp.</i>	Tilapie		Accidentelle

I-1-2-2. Importance du poisson :

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

I-1-3. Cascade trophique :

La notion la plus répandue permettant de définir les relations alimentaires entre l'ensemble des espèces d'un écosystème est celle d'une chaîne alimentaire. Cette chaîne réfère à une suite linéaire décrivant l'ordre dans lequel les êtres vivants se mangent les uns les autres.

La notion de réseau trophique fait alors référence à « l'ensemble des relations prédateurs-proies » entre les espèces au sein d'une communauté et par lesquelles l'énergie et la matière circulent (PIMM *et al.*, 1991) (Fig. 2).

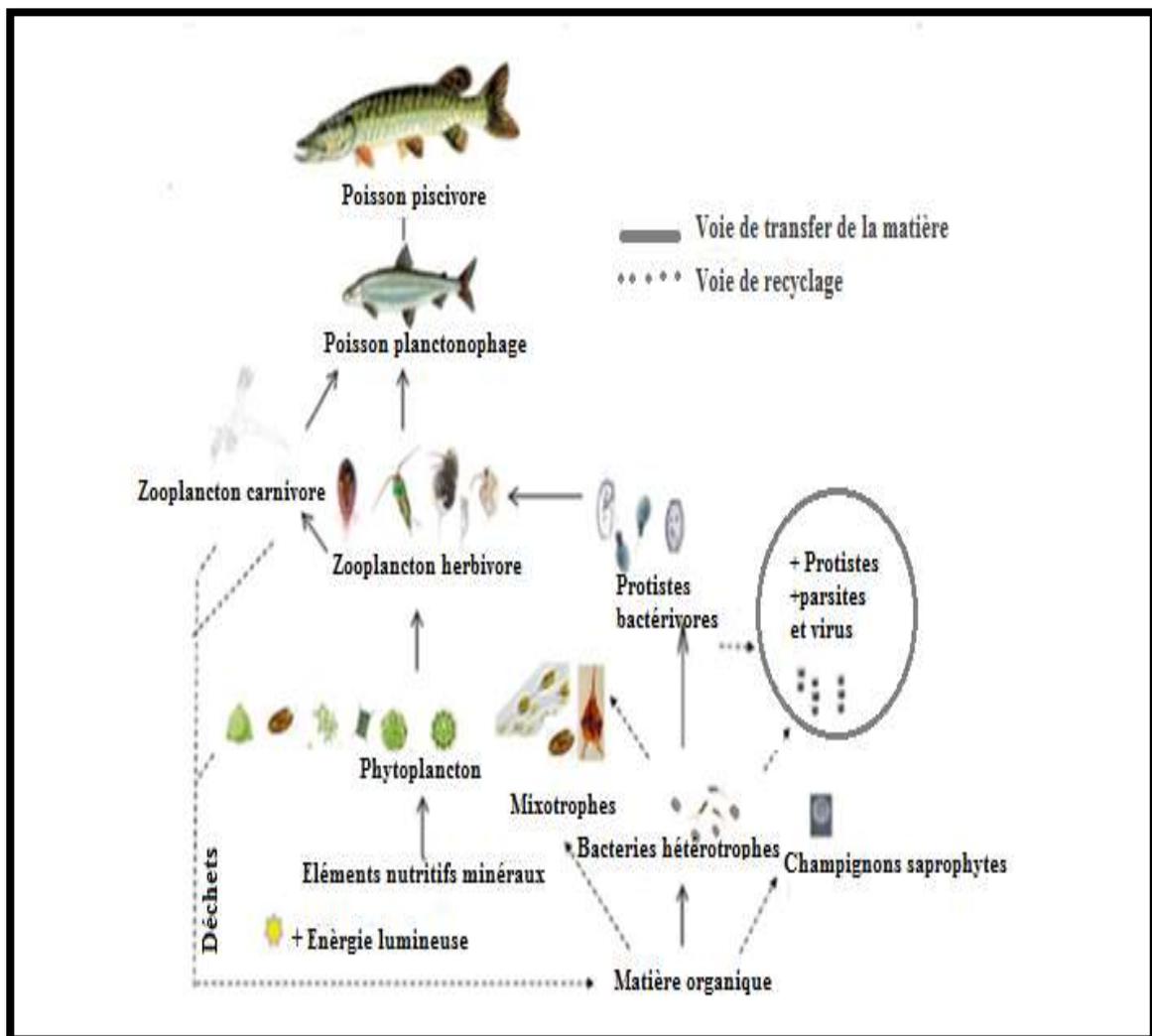


Fig. 2 : Exemple de réseau trophique, révélant les transferts depuis les éléments minéraux et/ou organiques disponibles dans l'eau jusqu'aux poissons (DOMAIZON, 2018)

I-2. Présentation du site d'étude :

I-2-1. Situation géographique :

Le barrage de Keddara se situe sur la chaîne de littorale de l'Atlas tellien et au pied nord de l'extrémité est de l'Atlas metidjien dans la wilaya de Boumerdes, au 8 km de Boudouaou, et à 35 km à l'est d'Alger, à 56 km de Blida au nord-est à 53 km de Bouira au nord-ouest. (ANBT, 2019). Le barrage ferme la vallée de l'oued de Boudouaou à la fin du cours montagneux de l'oued Keddara un peu avant le débouché de celui-ci dans la plaine de Mitidja et immédiatement après le confluent avec l'oued El Haad. C'est ici que la vallée franchit le dernier resserrement dans les terrains cristallophylliens du prolongement occidental du massif métamorphique kabyle, ces terrains sont d'âge antédévien. (ANONYME A, 1987) (Fig. 3).

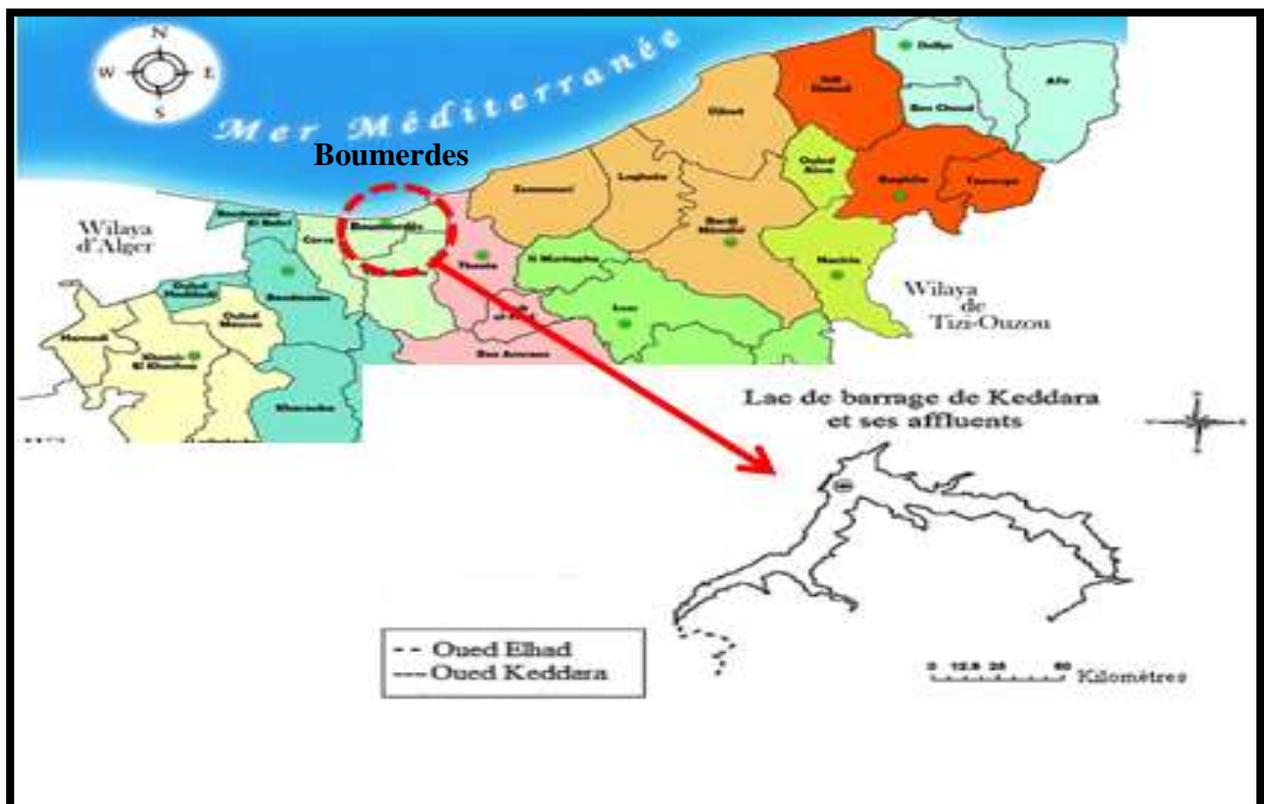


Fig. 3 : Situation géographique du barrage de Keddara (Google earth, 2019)

I-2-2. Géologie :

La région de Keddara se situe dans la partie nord de l'Atlas Tellien.

Au site du barrage, la vallée franchit le dernier resserrement formé par les terrains du prolongement occidental des monts Kabyles.

Les roches métamorphiques (quartzites à chlorite, micaschistes et séricitoschistes) sont en majeure partie d'origine antédévienne et sur l'emprise du barrage sont présentées dans une structure de "horst". Dans la zone de la cuvette, ces roches sont en contact tectonique avec le flysch tertiaire composé par des argiles, marnes, calcaires et grès (ANBT, 2019).

I-2-3. Morphométrie :

La forme du barrage caractérisée par ses dimensions, constitue un élément déterminant du fonctionnement physique, chimique, et biologique des systèmes lacustres (LEVEQUE, 1996).

Les données morphométriques du barrage de Keddara sont résumées dans le tableau ci-dessous (Tab. 3).

Tab. 3 : Données morphométriques du barrage de Keddara (ANBT, 2019)

La mise en eau	1986
Cours d'eau principal	Oued Boudouaou
Surface du bassin	93 km ²
Capacité initiale	145,60 Hm ³
Hauteur	60 m
Altitude moyenne	466 m (Djbel Bouzegza)
Altitude maximale	1047 m
Profondeur moyenne	28 m
Profondeur maximale	106 m
Le fond du lit est à la cote	57.7 m
Côte plus haute eaux	147, 32 m

I-2-4. Hydrologie :

Le bassin **Keddara** est alimenté par 3 sources :

- Le bassin versant est de **93 Km²**, alimenté par les affluents des oueds Keddara, El Haad et Isser. Les versants de la vallée de l'oued El Haad et le versant gauche de l'Oued Keddara appartiennent au massif de Djbel Bouzegza, le versant droit d'oued Keddara appartient au massif Djbel Ben Norah.
- Les transferts des eaux excédentaires par gravité à partir du barrage Hamiz à travers une galerie de dérivation (Hamiz-Keddara de **3.2 Km**) permettant de dériver vers le barrage de Keddara un volume de **15 Hm³/an**.
- Les transferts pompés prévenant du barrage Béni-Amrane, à l'aide d'une station de refoulement d'une capacité de **0.61 Hm³/jr**, qui permettant de transférer vers Keddara un volume d'eau moyen annuel de **110 Hm³** (ANBT, 2019) (Fig. 4).

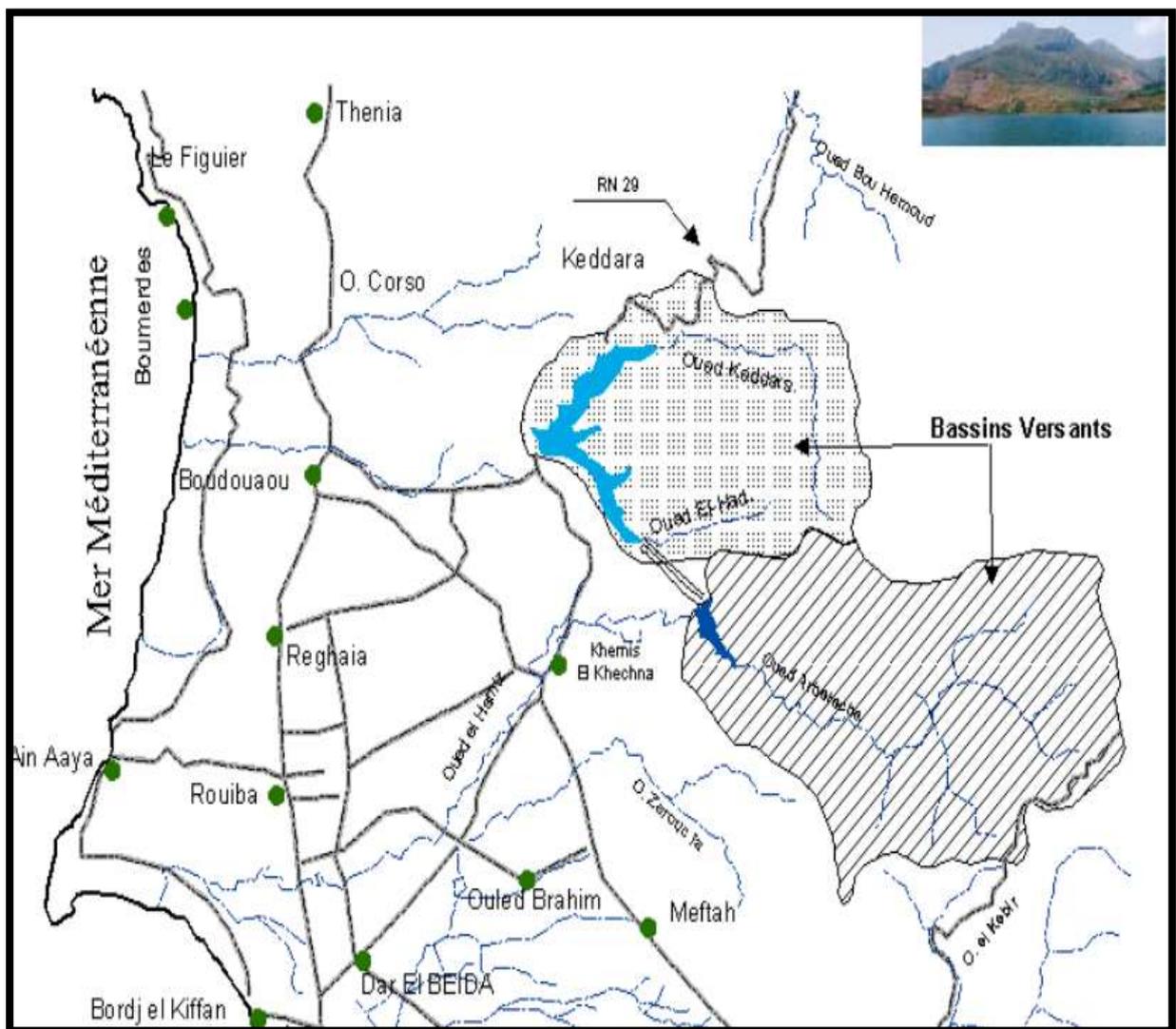


Fig. 4 : Réseau hydrographique de barrage de Keddara (ATTOU, 2014)

I-3. Climatologie :

Le climat est un facteur important dans la vie et l'évolution des écosystèmes lacustres car les longues périodes sèches peuvent entraîner une évaporation importante et par conséquent une diminution dans le niveau d'eau dans les barrages entrainer des effets néfastes sur le peuplement planctonique (phytoplancton, zooplancton) et ichtyologique (DAJOZ, 2000).

Les variations de la température, l'humidité, l'inversion de la circulation du vent et le taux de précipitation sont des facteurs déterminants pour définir la nature du climat.

I-3-1. Pluviosité :

La pluviosité augmente avec l'altitude. Elle est plus élevée si les versants exposés aux vents humides. Elle augmente également d'ouest en est et diminue au fur et à mesure que l'un s'éloigne du littoral vers le sud à cause de l'appauvrissement progressif de l'atmosphère en vapeur d'eau.

Cet appauvrissement est dû aux courants aériens qui abandonnent leurs pluies en franchissant les chaînes montagneuses successives. (ARAB, 1989).

La précipitation est un facteur climatique très important, elle est essentielle dans l'alimentation des lacs, de barrages, des nappes et des cours d'eau, ainsi que dans l'érosion, la répartition et le maintien du tapi végétal. Les données de précipitation de la région de Keddara sont mentionnées dans la figure suivante ci-dessous. (Fig. 5).

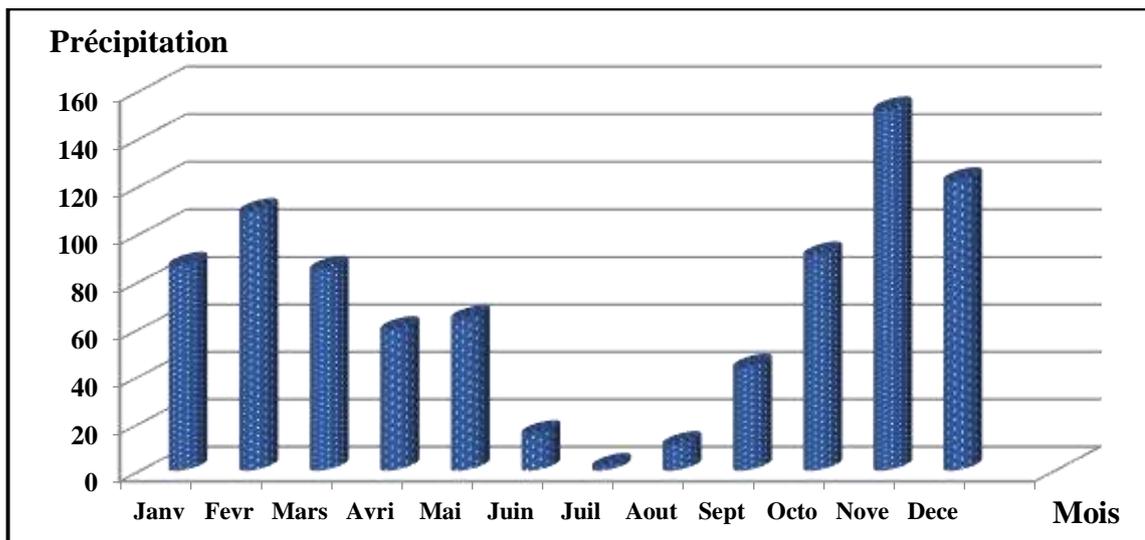


Fig. 5 : Moyennes saisonnières (automne-printemps) des précipitations dans la région de Keddara (ONM, 2019).

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

I-3-2. Vent :

Le vent est un facteur mécanique important à cause de son action sur la distribution de la faune et la flore. Il est tenu compte par sa direction et par sa vitesse (LACOSTE ET SALANON, 2001).

En principe le vent peut occasionner une distribution latérale hétérogène des matières dissoutes et il chasse fréquemment les algues. (LEVEQUE, 1996) (Fig. 6).

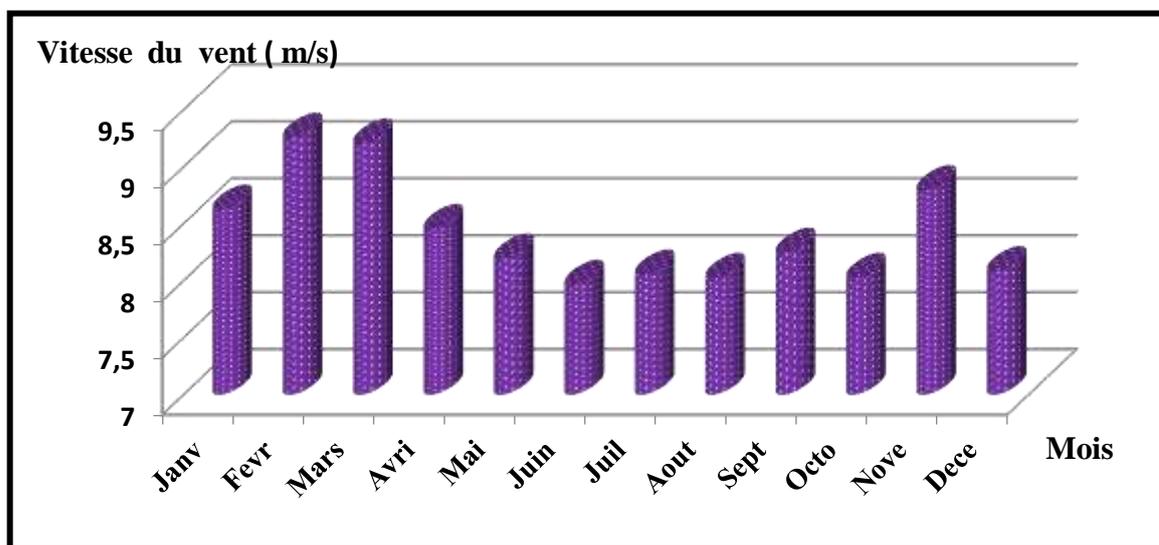


Fig. 6 : Variations moyennes saisonnières (automne-printemps) de la vitesse du vent dans la région de Keddara durant la période 2006-2015 (ONM, 2019).

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

I-3-3. Température :

La température de l'air est l'un des facteurs ayant une grande influence sur le climat et sur le bilan hydrique car elle conditionne l'évaporation et l'évapotranspiration. Elle est fonction de l'altitude, de la distance de la mer, des saisons. (OZENDA 1982, TOUBAL 1986).

La température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profond. (RODIER *et al.*, 1996) (Fig. 7).

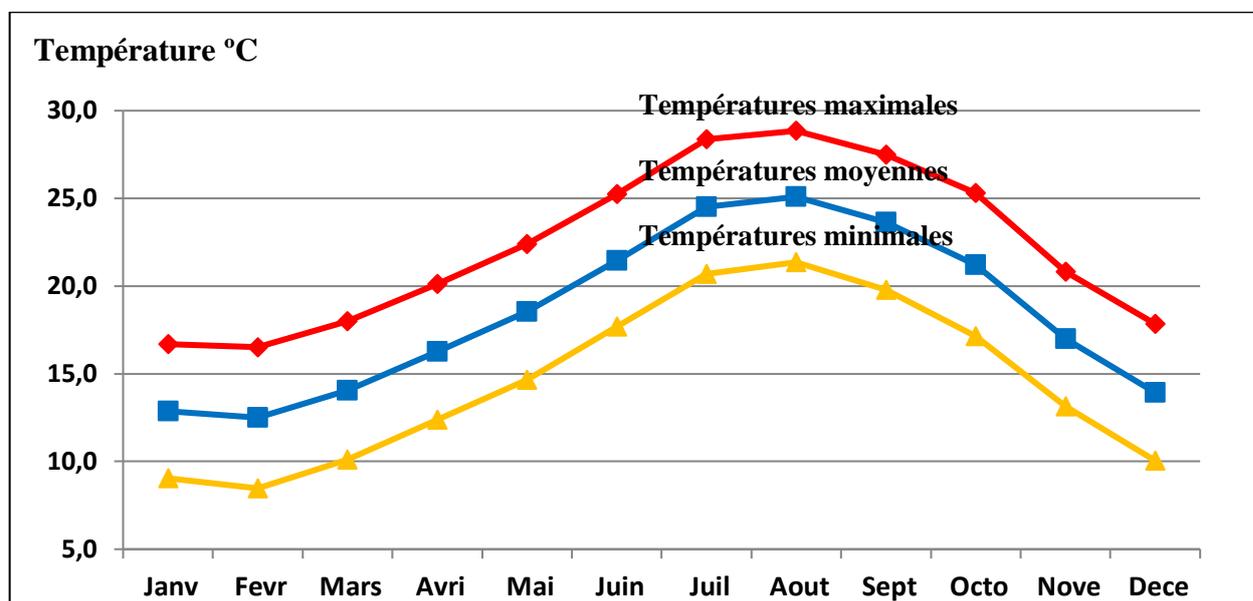


Fig. 7 : Variations moyennes saisonnières (automne-printemps) de la température dans la région de Keddara durant la période 2006-2015 (ONM, 2019).

Nous remarquons à partir des données récoltées de la station météorologique de Boumerdes (Dellys) que le mois d'août est le plus chaud (**28.9 °C**) et que janvier, février et décembre sont les mois les plus froids (**9.08 ; 8.74 et 10.04 °C** respectivement) sur une période de **10 années (2006-2015)**.

I-3-4. Humidité :

L'humidité est la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère, cette vapeur d'eau provient de l'évaporation (des océans, les lacs, rivières...), des sublimations des glaces, des neiges, de l'évaporation des précipitations et de l'évapotranspiration des animaux et végétaux.

L'atmosphère contient toujours une quantité d'eau sous forme de vapeur ; mais, il a une quantité maximale de vapeur d'eau que l'air peut contenir. Dès que l'air atteint cette quantité on dit que l'air est saturé. La concentration maximale de l'air en vapeur d'eau est fonction de la température. (Fig. 8).

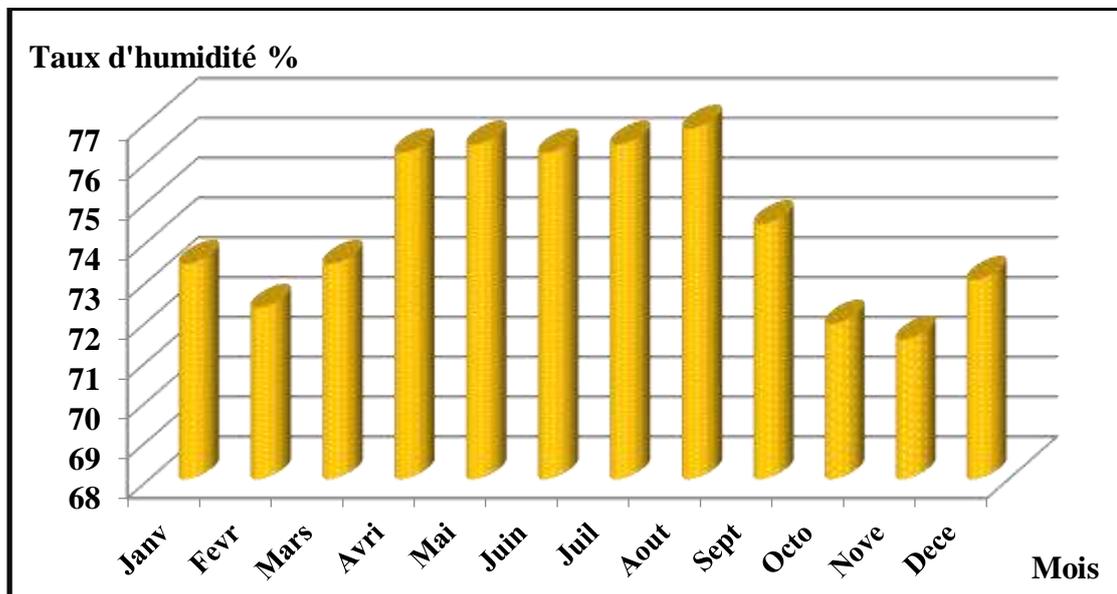


Fig. 8 : Variations moyennes saisonnières (automne-printemps) de l'humidité dans la région de Keddara durant la période 2006-2015 (ONM, 2019)

I-4. Synthèse climatique :

Pour mettre en évidence les saisons sèches et humides, nous avons jugé utile de réaliser des diagrammes ombrothermiques de GAUSSEN et BAGNOULS (1953).

I-4-1. Diagramme pluviothermique de GAUSSEN :

Selon BAGNOULS, un mois est sec lorsque le total des précipitations P (mm) est égal ou inférieur au double de la température T ($^{\circ}C$), une période sèche est une suite de mois secs, elle peut s'exprimer par $(P < 2T)$. Pour visualiser ces données on porte sur un même graphe les températures et les précipitations en ordonnée et les mois en abscisse. (Fig. 9).

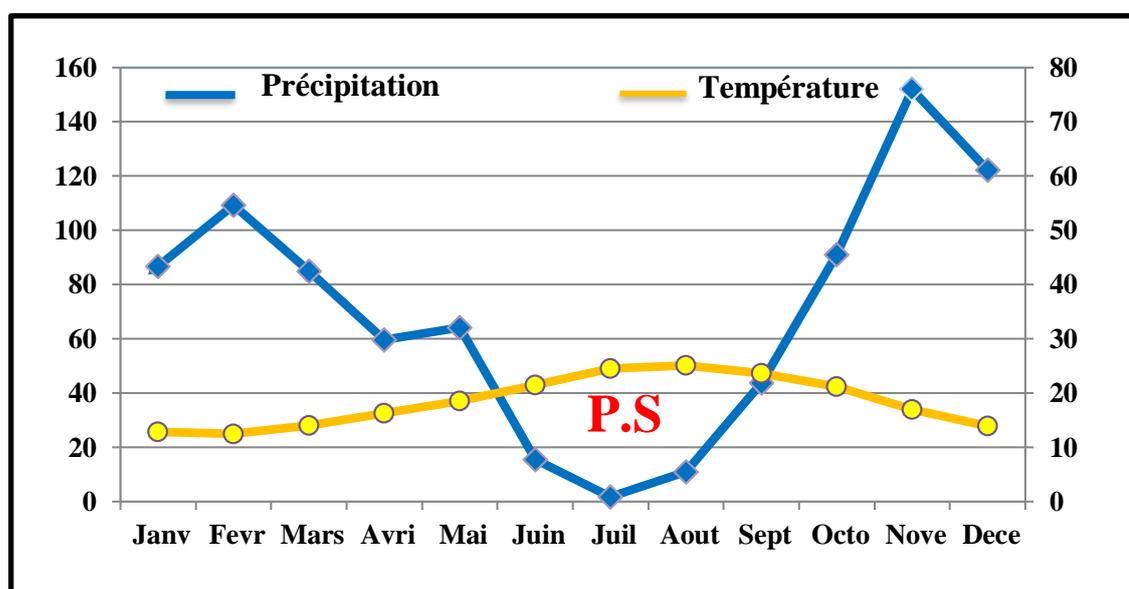


Fig. 9 : Diagramme pluviothermique de la région de Keddara

Le diagramme pluviothermique de GAUSSEN pour la période 2006-2015 montre que l'année est répartie en une saison sèche allant de juin à septembre et une saison humide pour le reste de l'année (Fig. 9).

I-4-2. Climatogramme d'EMBERGER :

Le quotient pluviométrique d'EMBERGER a été calculé pour la période (2006-2015) par la formule

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

M = Température moyenne maximale mensuelle en degré Kelvin.

m = Température moyenne minimale mensuelle en degré Kelvin.

P = Précipitations moyennes annuelles en mm

Le **Q₂** pour la période de (2006-2015) est de : **158.99**.

La zone du barrage de Keddara appartient donc à l'étage humide à hiver chaud (Fig. 10).

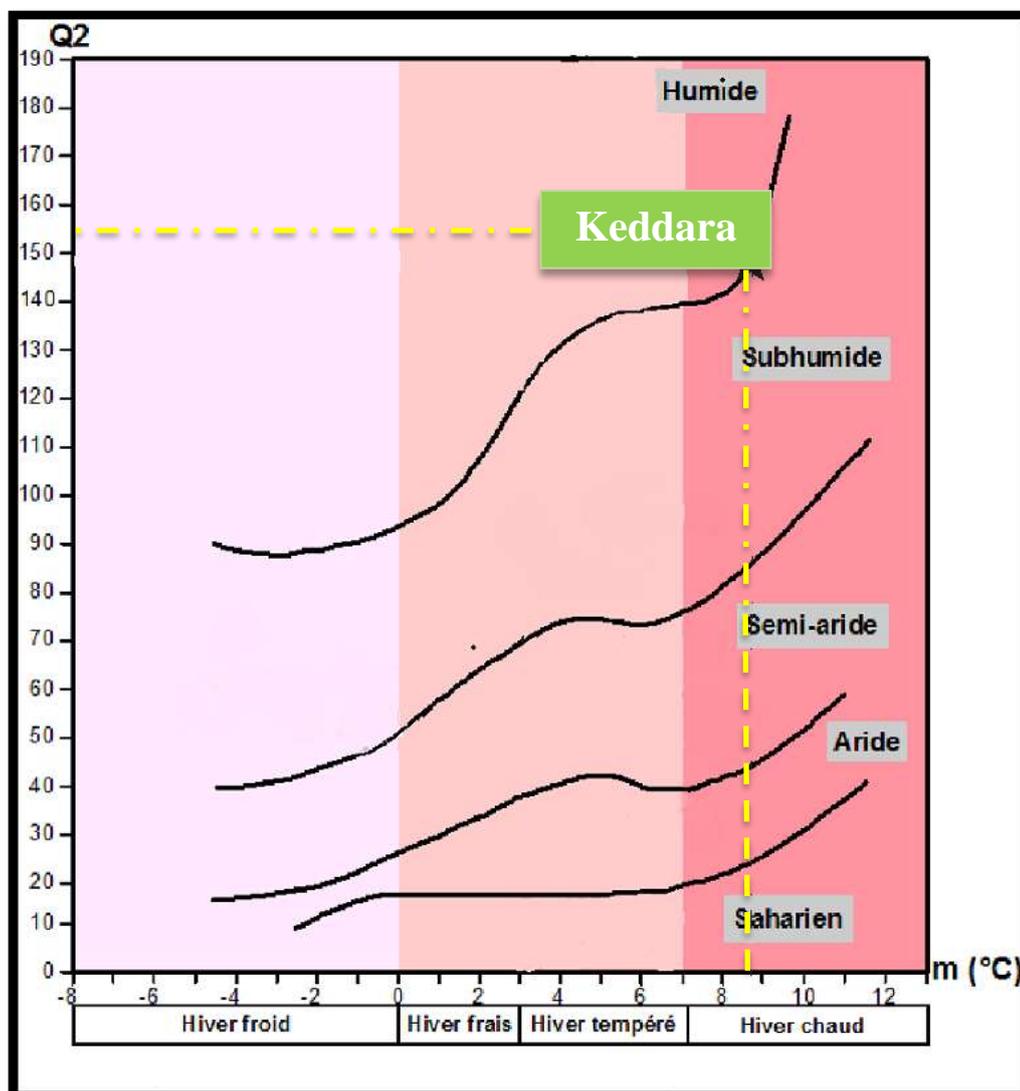


Fig. 10 : Position de la région de Keddara sur le Climatogramme d'Emberger

I-5. Faune et flore :

Le barrage de Keddara est caractérisé par une richesse faunistique importante tels que : (*Chacal commun*), (*Renard roux*), (*Hyène rayé*), (*Chat sauvage*), (*Sanglier commun*), (*Aigle botté*), (*Pigeon ramier*), ainsi que par une importance avifaune, tels que les canards souchets, corbeau noir, héron et la présence des serpents et des tortues.

La végétation du bassin versant de Keddara appartient à la grande chaîne de l'Atlas Tellien, caractérisée par ses arbres de pin d'Alep, d'olivier sauvage, d'eucalyptus et de (*Pistachia lentiscus*).

I-6. Le lac et son contexte socio-économique :

Les impacts écologiques sur le bassin versant et ses affluents sont marqués par le phénomène d'érosion, présentés de matières en suspension et sédimentation, modification du régime hydrique (débit, substrat), perte et transformation d'habitats flore et faune, changement de l'orientation du bassin versant et pollution sonore causé par les explosifs. (ATTOU, 2014).

I-6-1. Activité agricole :

Selon BOUCHARD (2000), les activités agricoles peuvent être la cause de l'apparition des perturbations environnementales, cas de modification des caractéristiques naturelles, ce qui permet engendrer une pollution agricole.

Aujourd'hui, la pollution de l'eau par les activités agricoles présente quatre formes principales : les matières en suspension, les éléments nutritifs, les pesticides et les contaminations bactériennes.

Par ailleurs, l'agriculture entraîne par l'effet de ruissellement des modifications physiques du territoire qui sont susceptibles d'avoir un impact sur la faune et la flore du bassin versant (BOUDJEMA, 2007).

La nature de la culture pratiquée au niveau du barrage est la céréaliculture et le maraîchage qui nécessitent l'utilisation des pesticides, des engrais de types nitrates qui peuvent conduire à la contamination de la chair des poissons et à la bioaccumulation des contaminants dans les organismes et un risque pour la consommation humaine.

Nous avons aussi remarqué que les agricultures et les habitants du barrage pratiquent l'élevage des bovins et ovins. Cette activité influence sur la végétation des rives qui conduit à la destruction physique du barrage par érosion et par conséquence sur les lieux de ponte des poissons et un risque de contamination fécale des eaux de barrage. (ATTOU, 2014).

I-6-2. Activité industrielle :

Il est très essentiel de noter que la commune de Keddara est une ancienne zone industrielle (unités agro-alimentaire, unités de décharge, unités de transformation d'aluminium et autre), ce qui présente une importante source économique mais aussi une source de pollution industrielle.

De plus de grands risques industriels et technologiques liées à l'explosion de l'oléoduc qui passe à travers le bassin versant de Keddara a conduit à des incendies et à la dissémination de produits toxiques et substances dangereuses à long terme dans l'environnement et notamment dans le barrage de Keddara (ATTOU, 2014).

Chapitre II

Matériel et méthodes

II. Matériel et méthodes

Ce chapitre traite les stations choisies pour le présent travail, du matériel utilisé, des différentes méthodes employées.

Afin d'étudier les variations des paramètres physico-chimiques, phytoplanctoniques et ichtyologiques, et dans le but d'évaluer l'état de santé des eaux du barrage de Keddara ; un suivi spatio-temporel a été effectué par des prélèvements saisonniers durant la période allant du mois de décembre 2018 au mois de mai 2019.

II-1. Stations d'échantillonnage utilisées pour les prélèvements :

Les stations d'échantillonnage ont été choisies en fonction de la morphométrie (les principaux cours d'eaux qui déversent au niveau du barrage), la végétation, la profondeur et l'ombrage. Vue la superficie du barrage de Keddara, six stations ont été choisies pour assurer la couverture globale du site (**Fig. 11**).

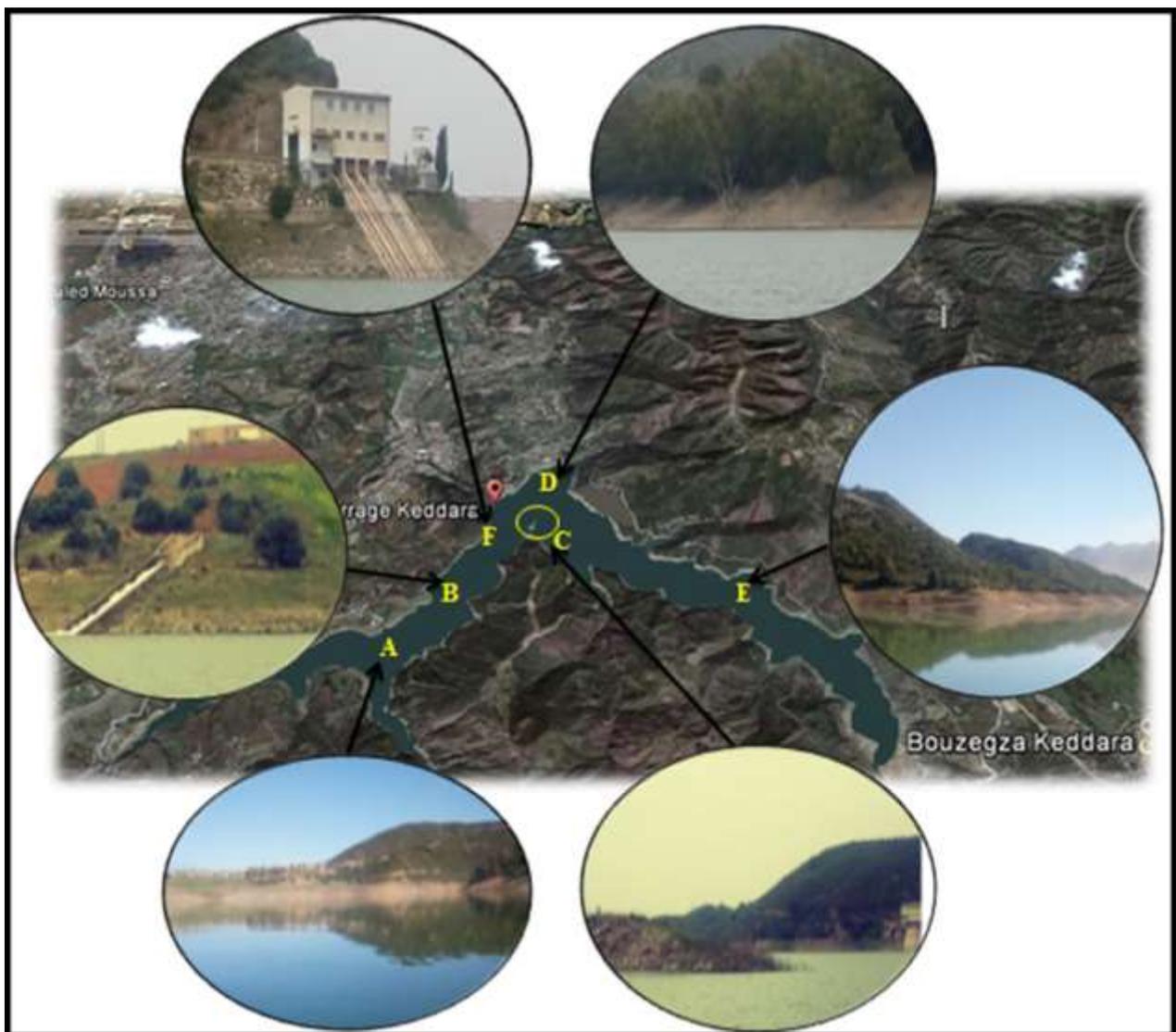


Fig.11 : Répartitions des stations échantillonnées dans le barrage Keddara (W. Boumerdes)

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques des différentes stations sélectionnées dans le barrage de Keddara (**Tab. 4**).

Tab. 4 : Les caractéristiques des différentes stations

Stations	Caractéristiques
A	- Premier amont du barrage dont le déversement de Oued El Hadd et Oued Beni Amrane.
B	- Rive gauche. - A proximité de la prise d'eau.
C	- Centre de barrage. - A proximité d'une île.
D	- Deuxième amont du barrage dont le diversement de Oued Keddara. - Présence d'une végétation abondante.
E	- Rive droite . - Situé dans un bras mort.
F	- Aval du barrage approximité de la digue.

II-2. Méthodes d'échantillonnage :

L'évaluation de la qualité et l'étude biologique des eaux nécessite une connaissance aussi complète que possible des caractéristiques physico-chimiques des eaux. En effet, la nature et la composition du milieu agissent constamment sur les biocénoses aquatiques et sont pour une grande part responsable de la distribution des divers organismes.

Pour cela, nos prélèvements ont été effectués à un rythme saisonnier pendant six mois (**Décembre 2018 – Mai 2019**).

La date exacte d'échantillonnage est liée à la météorologie, la journée pour effectuer le prélèvement doit être calme, avec peu de vent et peu de vagues.

II-2-1. Mode de prélèvement :

Les échantillons de l'eau et du phytoplancton sont prélevés lors de chaque campagne, dans les six stations en surface.

Les échantillons prélevés, sont placés dans des flacons propres et conservés à une température basse de 4 °C dans des glacières.

Pour la récolte de phytoplancton : on a filtré un litre de l'eau, de chaque station, par un filet phytoplanctonique à vide de maille de 20 µm (**Annexe I, Fig. 6**) et ensuite placée dans des piluliers.

II-2-2. Matériel de prélèvement et d'analyse :

A- Filet planctonique : Le filet à phytoplancton est un entonnoir conique, en nylon à maille très serrée (20 μm), filtrant l'eau et guidant les organismes en suspension vers la base du filet.

B- Disque de secchi : Il s'agit d'un disque de « Plexiglas » ou de métal circulaire dont le diamètre est de 20 centimètres. Il est séparé en quatre parties, chaque quart de cercle étant, en alternance, noir ou blanc (**Annexe I, Fig. 5**).

C- Multiparamètre de type WTW 340 I. c'est un appareil permettant la mesure de différents paramètres chimiques comme la mesure de pH, de conductivité, de la salinité, du potentiel redox et de l'oxygène dissous. Compact et portable, cet appareil permet des mesures rapides et fiables, en laboratoire comme à l'extérieur (**Annexe I, Fig. 2**).

D- Microscope inversé : Le microscope inversé permet l'observation du phytoplancton. L'échantillon à analyser est agité pendant un temps pour homogénéiser son contenu; dont une partie est mise à sédimenter dans une cuve de 10 ml durant 4 heures (**Annexe I, Fig. 3**).

II-3. Facteurs abiotiques :

L'évaluation de la qualité des eaux superficielles est régie par un certain nombre de principes :

- ✓ Comme base, il faut déterminer les différentes propriétés naturelles de l'eau, données par des gammes de valeurs paramétriques.
- ✓ Analyser les différents paramètres physico-chimiques de l'eau prélevée.

II-3-1. Paramètres physico-chimiques :

Les eaux naturelles contiennent non seulement le produit de la dissolution, des roches et des gaz de l'atmosphère mais aussi des substances entraînées par le lessivage des sols et les rejets urbains. Ces différentes substances influent sur la qualité de l'eau et par conséquent sur le développement de la faune et de la flore. Ceci nous a amené à réaliser l'étude de quelques paramètres physico-chimiques sur ces eaux.

II-3-2. Paramètres mesurés in situ:

Certaines variables doivent être mesurées sur le terrain, à l'aide des moyens. Cette apparente répétition des mesures tient au fait que l'échantillon peut changer d'état pendant le transport entre le lieu de prélèvement et le laboratoire.

II-3-2-1. Température :

La température de l'échantillon devrait toujours être relevée immédiatement à partir d'un échantillon distinct, qui ne fera l'objet d'aucune autre analyse. En outre, les températures de l'eau sont habituellement déterminées à l'aide d'un thermomètre.

II-3-2-2. Transparence :

Elle est mesurée en mètre au moyen de disque de Secchi immergé (c'est un disque de 25cm de diamètre coloré alternativement de quartiers blancs et noirs). La méthode du disque de Secchi sert à évaluer la profondeur de pénétration verticale de lumière dans l'eau, la profondeur ainsi indiquée par une corde graduée correspondant à la transparence de l'eau (**LEVEQUE, 1996**).

II-3-2-3. Conductivité électrique :

Elle constitue une bonne indication du degré de minéralisation des eaux. Elle est mesurée par un conductimètre.

II-3-2-4. pH :

Le pH d'une solution s'exprime sa concentration en ions hydrogènes [H⁺]. Il est mesuré par un pH mètre de terrain.

II-3-2-5. Salinité :

La salinité indique la teneur d'un milieu en sel (AMINOT, 1983). Elle est mesurée par un conductimètre.

II-3-2-6. Oxygène dissous :

L'oxygène dissous dans l'eau est un paramètre très important dans l'évaluation des écosystèmes aquatiques. Il devrait toujours être relevé immédiatement à partir d'un échantillon distinct. Il est habituellement déterminé à l'aide d'un oxymètre.

Tous les paramètres indiqués ci-dessus sont mesurés par un analyseur multiparamètre de terrain de type **WTW 340 I**.

II-3-3. Paramètres mesurés ex-situ:

Une fois les échantillons au laboratoire, de nombreuses variables peuvent faire l'objet d'un examen. En général, les analyses portant sur les paramètres importants à notre étude sont les éléments nutritifs : Phosphates (PO₄), Nitrites (NO₂), Nitrates (NO₃) et Azote ammoniacal (NH₄). Tous les méthodes de dosage de ces éléments sont indiquées dans le tableau 1 (annexe 1).

II-4. Facteurs biotiques :

Les facteurs abiotiques seuls ne sont pas suffisants pour définir un écosystème aquatique, il faut étudier l'ensemble des organismes (producteurs et consommateurs) qui composent la biocénose (AKSIL et RABEHI, 2010).

II-4-1-1. Étude de phytoplancton :

Le phytoplancton étudié a été récolté en surface prélevé à l'aide d'une bouteille d'un litre, qui sera par la suite filtré en utilisant des piluliers de 50 ml et un filet phytoplanctonique de 20 µm de vide de maille (EL-HAOUATI, 2015).

II-4-1-1-1. Conservation des échantillons :

L'échantillon de phytoplancton récupéré dans le pilulier est fixé à l'aide d'une solution de lugol afin d'obtenir une concentration finale de 1% dans l'échantillon. Cette concentration finale peut s'apprécier à la couleur brune claire que doit avoir l'échantillon. Une décoloration peut se produire avec le temps et/à la lumière ; dans ce dernier cas nous avons rajouté quelques gouttes de lugol pour bien maintenir la fixation de l'échantillon (EL-HAOUATTI, 2015).

II-4-1-1-2. Préparation de l'échantillon :

L'échantillon et le matériel utilisé (chambre ou cuve 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 quelques fois doucement pour homogénéiser son contenu puis versé dans la chambre de sédimentation. Une chambre de **10 ml** est employé.

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/cm** de hauteur de la colonne de sédimentation pour un échantillon d'eau douce fixé au lugol. Un échantillon de **10 ml** devra sédimenter **4 heures** (CEMAGREF, 2007) (Tab.5).

Tab. 5: Temps de sédimentation requis en fonction de la hauteur de la colonne de la chambre de sédimentation (EL-HAOUATI, 2009)

Volume échantillon en ml	Hauteur colonne en cm	Temps requis en heure
10	1	4
25	4	16
50	9	36

II-4-1-2. Identification et comptage des paramètres biologiques :

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

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

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

II-4-1-3. Organisation et structure du peuplement :

Les résultats bruts des échantillons ne permettent pas de comprendre la structure des communautés. Afin de suivre l'évolution de la population dans le temps et d'évaluer son niveau de maturité, il est nécessaire de suivre les différents stades des successions écologiques au cours d'un cycle annuel. Dans cette étude, nous avons utilisé plusieurs paramètres pour évaluer cette structure :

II-4-1-3-1. Richesse spécifique :

Le peuplement phytoplanctonique est également 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).

II-4-1-3-2. Densité des espèces :

C'est un paramètre quantitatif important pour décrire la structure d'un peuplement donné.

La densité des espèces phytoplanctoniques a été calculée selon la méthode de comptage d'UTERMOHL (EL-HAOUATI, 2009).

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

II-4-1-3-3. Facteur de conversion phytoplanctonique :

Avec un objectif X40 et un oculaire de 10, le diamètre d'un champ est égal à 0,332 mm. La surface du champ $S = \pi R^2$ devient égale à **0.086 mm²**

La densité des espèces phytoplanctoniques est la suivante:

$$\text{Densité} = 6.17 \times 10^4 \text{ N/L}$$

Avec N : nombre d'individus dénombrés (EL-HAOUATI, 2009).

II-4-1-3-4. 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 (ni) d'une espèce donnée, sur le nombre total d'individus (N) pour un échantillonnage considéré. Elle est exprimée en pourcentage.

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

II-4-1-3-5. Etude de l'évolution spatio-temporelle de la diversité spécifique :

La diversité spécifique est un paramètre quantitatif, traduit le rapport entre le nombre d'individu faisant partie d'un même écosystème, ou d'une même communauté.

1. Indice de Shannon : est une expression quantitative qui nous renseigne sur la structure d'un peuplement (DAJOZ, 2000). L'indice de Shannon-Weaver est donné par la relation suivante :

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

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 équiartition.

- Une valeur basse de ce dernier révèle que le peuplement est 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).

2. Indice de Daget (Régularité R ou Equitabilité E) :

La diversité spécifique est généralement complétée par l'indice d'équitabilité E, proposé par (DAGET, 1976).

On appelle régularité d'un échantillon le rapport de sa diversité maximale sur $\log S$ (FRONTIER *et al.*, 1993).

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

H' : indice de Shannon.

R : régularité.

E : équitabilité.

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).

II-4-1-3-6. Diagramme de Frontier (Diagramme rang fréquence) :

Le diagramme rang-fréquence (DRF) est utilisé pour compléter les paramètres étudiés précédemment. Il permet de visualiser la distribution, et le recouvrement des différents taxons.

Le diagramme rang-fréquence offre une représentation synthétique d'une communauté (pouvant représenter un échantillon unique, ou bien un cumul d'échantillons récoltés dans des conditions similaires) (FRONTIER *et al.*, 1990).

Cette représentation a été choisie pour décrire la diversité spécifique de l'ensemble des cortèges floristiques obtenus. L'échelle est logarithmique, l'allure des courbes du DRF suffit à caractériser chacun des trois stades de la succession écologique. Ces tracés donnent une image synthétique de la population et caractérisent son degré d'avancement au long d'une succession.

Les différents stades sont la suivante (Fig. 12) :

- **Stade 1** : (début de succession) : il correspond à un faible nombre d'espèces abondantes accompagnées de quelques espèces rares ; le diagramme est concave, indiquant une diversité faible, il s'agit donc d'un écosystème juvénile ou en déséquilibre.
- **Stade 2** : (maturité du système) : caractérisé par un nombre important d'espèce avec une égalité d'abondance. L'indice de diversité et de régularité est élevé et la courbe est entièrement convexe, ce qui correspond à un écosystème mature.
- **Stade 3** : (fin de succession) : l'allure est sensiblement rectiligne expliquée par une diminution de la diversité spécifique, c'est un écosystème sénescant.

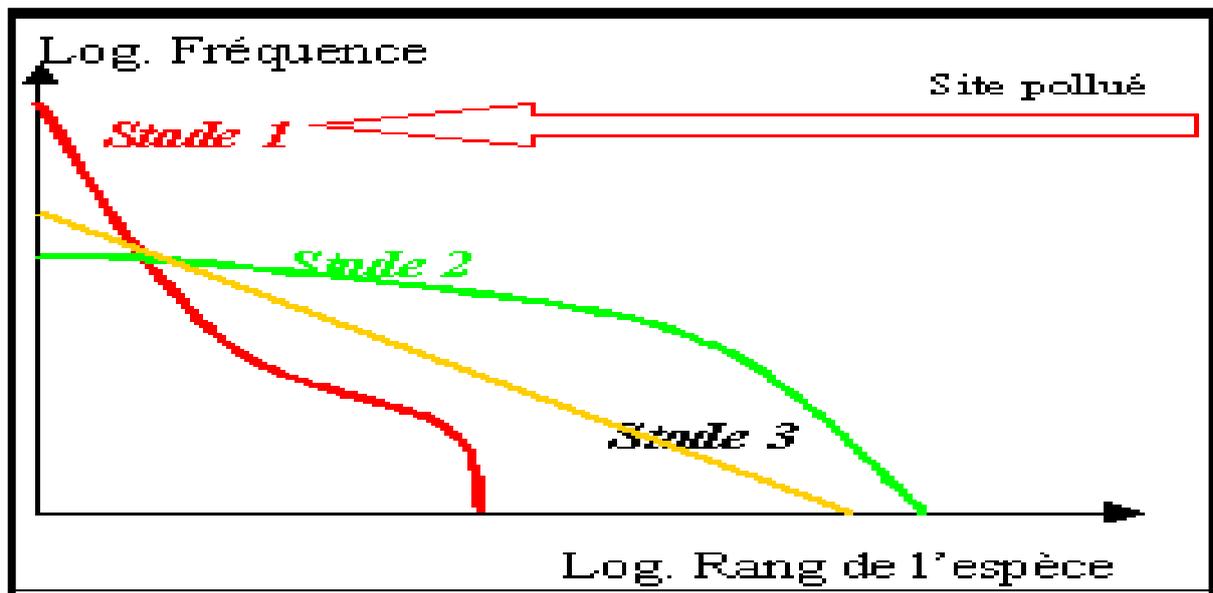


Fig. 12 : Evolution des diagrammes rangs-fréquences au cours d'une succession (FRONTIER, 1969)

II-4-2. Etude de la faune ichtyologique :

II-4-2-1. Protocole de prélèvement des poissons :

Les filets maillants sont faits de lignes mono filaments fines tendues entre une ralingue supérieure flottante et une ralingue inférieure plombée. La dimension des mailles peut être uniforme ou variable si différents panneaux sont joints les uns aux autres. Les panneaux mesurent généralement 15 m de long. La taille des mailles détermine la taille des poissons qui seront capturés. Les extrémités d'un filet sont dotées d'un bras de chalut, de câbles de retenue, d'encres et de bouées. On peut soit tendre les filets maillants à partir d'un point d'ancrage sur le rivage, soit les jeter en eau libre en ancrant leurs deux extrémités. On trouve deux types de filet maillant : le filet flottant (à flottabilité positive), qui permet la capture d'espèces de surface, et le filet calant (à flottabilité négative), qui permet la capture d'espèces de fond (ANONYME A, 2011).

II-4-2-2. Echantillonnage et conservation des échantillons :

II-4-2-2-1. Emplacement du filet :

- Choisir un endroit offrant un point d'ancrage littoral idéal et une profondeur adéquate près du rivage (pour éviter que le filet ne s'amoncelle sur le fond).
- Attacher une extrémité du filet à un point d'ancrage sur le rivage à l'aide d'un câble de retenue. Charger proprement le reste du filet dans une embarcation.
- Une personne peut ensuite ramer pour déplacer l'embarcation dans la direction où le filet doit être tendu pendant une période de deux jours (Fig.13).

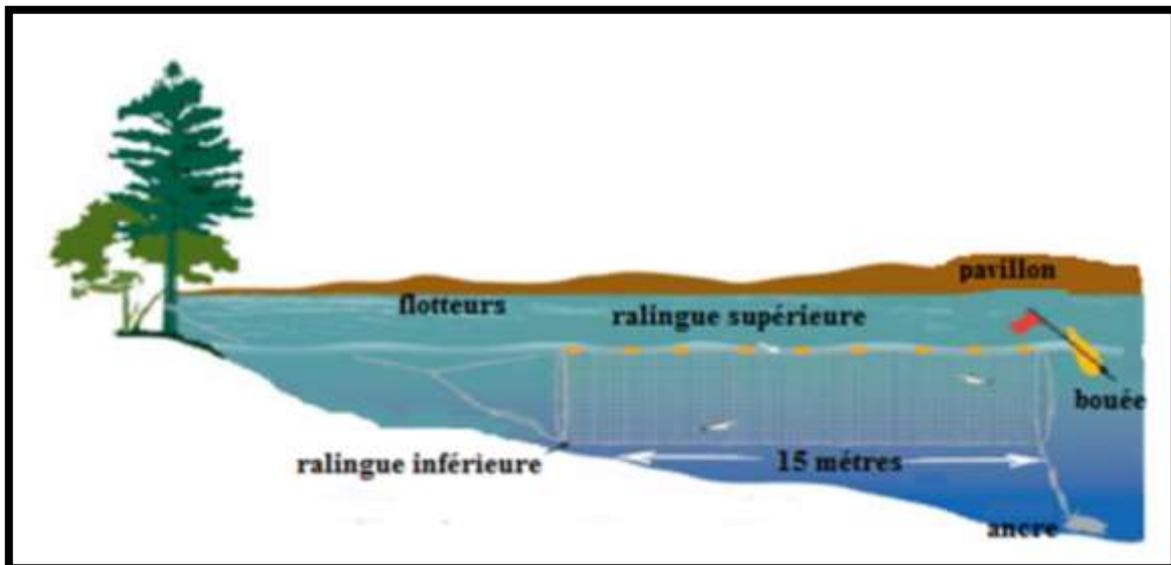


Fig.13 : Filet maillant tendu à partir du rivage (ANONYME A, 2011)

II-4-2-2-2. Récupérer le filet et prélever les poissons :

- S'accroupir pour saisir la ralingue supérieure et longer le filet avec l'embarcation pour vérifier la capture de poissons.
- Après l'avoir laissé sous l'eau pendant la période requise (2 jours).
- Lorsqu'on aura suffisamment de poissons, revenir au rivage en récupérant le filet.
- Recueillir les poissons capturés et placer les dans une glacière.
- Retourner au laboratoire pour mesurer, disséquer et peser les organes des poissons, ainsi que des prélèvements des écailles.

II-4-3. Méthode d'étude de quelques paramètres du développement :

II-4-3-1. Morphométrie :

Pour l'étude de la croissance, diverses parties du poisson sont mesurés au centimètre (cm). Un total de trois caractères morphométriques sont mesurés : la longueur totale (Lt), longueur standard (Ls) et longueur à la fourche (Lf) (Fig.14).

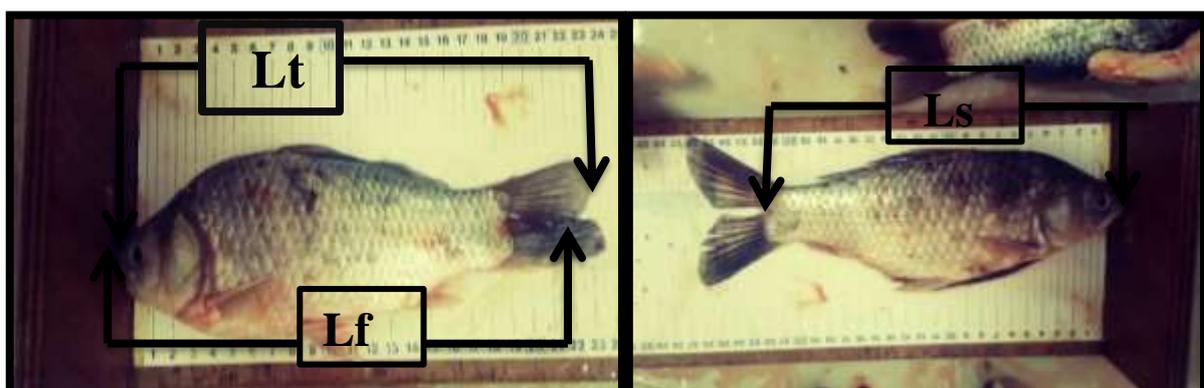


Fig.14 : Mensurations effectuées sur les poissons capturés (cas du *Carassius carassius*).

Lt : longueur totale, mesuré de l'extrémité du museau à l'extrémité de la partie la plus longue de la nageoire caudale posée en extension.

Ls : longueur standard, de l'extrémité du museau jusqu'au début de la nageoire caudale.

Lf : longueur à la fourche, mesurée du début du museau à la fourche de la nageoire caudale jusqu'au creux de la nageoire.

Après la mesure des longueurs, chaque individu est pesé avant la dissection : le poids totale (Wt) et après la dissection : le poids éviscéré (We), ainsi que on a pesé les organes internes de chaque individu les gonades et le foie à l'aide d'une balance de précision, relevés en gramme.

Wt : le poids total du poisson à l'état frais.

We : le poids éviscéré du poisson c'est-à-dire poids du poisson débarrassé de ses organes digestifs et de ses glandes génitales.

II-4-3-2. Détermination du sexe :

La détermination du sexe a donc été réalisée par observation directe des gonades après l'ouverture de la cavité abdominale, une incision effectuée sur les individus, depuis l'orifice ano-urogénital jusqu'à la ceinture scapulaire. Après avoir soulevé la masse viscérale, les glandes génitales apparaissent plaquées contre la partie dorsale de la cavité, le long de la colonne vertébrale.

En effet les gonades sont différenciables à l'œil nu. Pour les femelles, les ovaires sont plus moins granuleux et ont une coloration allant à vert pâle selon de maturité des ovocytes (**Fig.15**).

Pour les mâles, les testicules sont lisses et ont une coloration blanchâtre (**EL HAOUATTI et DJERMANE, 2006**) (**Fig.16**).



Fig.15 : individu femelle au stade IV
(Ovocyte mûre)



Fig.16 : individu mâle au stade III
(Gonades blanchâtres)

II-4-3-3. Sex-ratio :

La proportion des sexes est une caractéristique de l'espèce dont les variations sont parfois en relation avec le milieu. Selon **KARTAS et QUIGNARD (1984)**, le sex-ratio est l'un des paramètres qui contribuent au maintien, dans une certaine limite de la capacité reproductrice de l'espèce (**DERMECHE et al., 2009**). Le sex-ratio ou numérique des sexes, désigne la proportion des individus de chaque sexe d'une population donnée (**LAMRINI, 1983**). Il est défini comme étant : le rapport du nombre des mâles et celui des femelles.

$$\text{Sex-ratio} = \text{nombre de mâle} / \text{nombre de femelle}$$

II-5. Analyses multivariées :

L'étude d'un écosystème à travers la biocénose, le milieu et leurs interactions dans ses dimensions espace-temps, conduit à l'obtention d'un ensemble complexe de données tridimensionnelles (variables x temps x espace) qui s'organisent naturellement sous la forme de plusieurs tableaux. En statistique, des méthodes dites multi-tableaux ont été spécifiquement créées pour analyser simultanément plusieurs tableaux de données (**BLANC, 2000**).

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est une analyse multivariée simple, son objectif général est une étude exploratoire qui se propose de fournir des représentations synthétiques de vastes ensembles de valeurs numériques, sous forme de visualisations graphiques (**LEBART et al., 2006**).

L'ACP s'applique à des tableaux à deux dimensions croisant des individus et des variables quantitatives. Selon un usage bien établi, les lignes du tableau représentent les individus et les colonnes représentent les variables (**ESCOFIER et PAGES, 2006**). Les termes d'individus et de variables recouvrent des notions différentes. Dans notre cas, les individus sont les stations et les variables sont les paramètres physico-chimiques de l'eau.

L'ACP est utilisé pour explorer la structure de nos données, elle s'avère plus adaptée aux données quantitatives dont nous disposons.

Les analyses multivariées ont été réalisées à l'aide du package Ade-4 sous l'environnement R (**EL-HAOUATI, 2015**).

Chapitre III

Résultats et discussion

III-1. Interprétation de la Physico-chimie de l'eau :

L'analyse physico-chimique des eaux du lac est indispensable car elle influe de façon directe sur l'étude quantitative et qualitative de phytoplancton et de poisson.

Afin de caractériser la qualité physico-chimique de l'eau des hydro systèmes de la région d'étude, nous avons rapporté les valeurs correspondantes à plusieurs paramètres clés donnant une image fidèle de cette qualité de l'eau. La variation spatiale du site exploré par leur étage bioclimatique et leur typologie nous a permis de mettre la lumière sur les éventuelles variations de l'écosystème.

III-1-1. Température :

La température est un facteur fondamental dans les milieux lacustres. Jouant un rôle très important dans la solubilité des gaz et de la dissolution des sels, par conséquent, ce paramètre intervient indirectement dans la détermination du pH et de la conductivité électrique (EL-HAOUATI, 2006).

Sur le plan écologique, la température est un facteur qui conditionne la vie et qui est étroitement liée à d'autres facteurs menant le milieu aquatique. Globalement, l'évolution de la température de l'eau **superficielle varie** en fonction de la température atmosphérique. Certes toute variation brusque de ce paramètre entraîne un dérèglement dans l'équilibre de l'écosystème aquatique (BENAABIDETE, 2000).

On remarque à partir de l'analyse thermique de l'eau dans le site étudié (Fig. 17) et durant la période d'étude que :

La température des eaux du barrage de Keddara atteint son maximum en printemps avec une valeur de 18 °C enregistrée dans la station F. La valeur minimale est observée en automne avec 16.9 °C dans la station A.

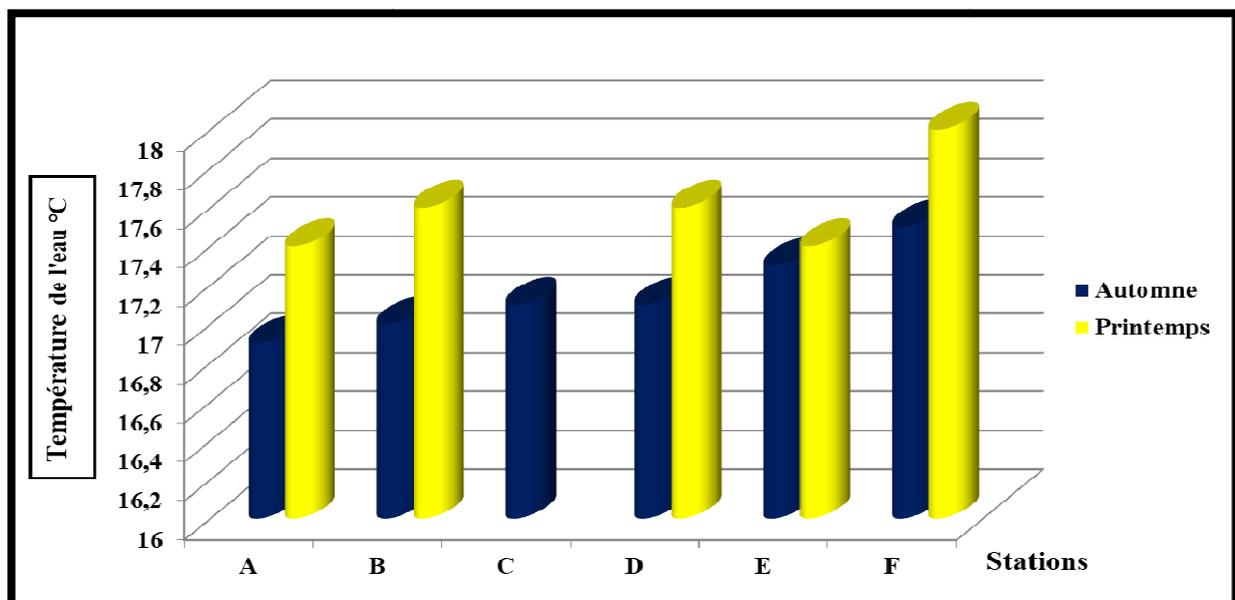


Fig. 17 : Variations saisonnières et spatiales de la température de l'eau dans le barrage de Keddara

Nous avons enregistré durant la période de notre étude, une perturbation progressive de la température de l'eau en relation avec le réchauffement climatique, on a remarqué aussi que la température de l'eau dans le barrage durant la période d'étude (automne et printemps) est plus élevée en printemps qu'en automne avec une valeur maximale de 18°C. Cela est dû à la température de l'air dans cette période (Fig. 17).

III-1-2. Potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH joue un rôle important dans la répartition des organismes aquatiques (DAJOZ, 2000). Il dépend de la nature géologique des terrains traversés par les eaux. Les valeurs de pH déterminent l'état trophique de l'eau : oligotrophe si le pH est acide, mésotrophe si le pH est neutre et eutrophe si le pH est alcalin (MULHAUSER, 1995).

Les valeurs obtenues au niveau du barrage de Keddara varient entre 8.21 et 8.97 (Fig.18).

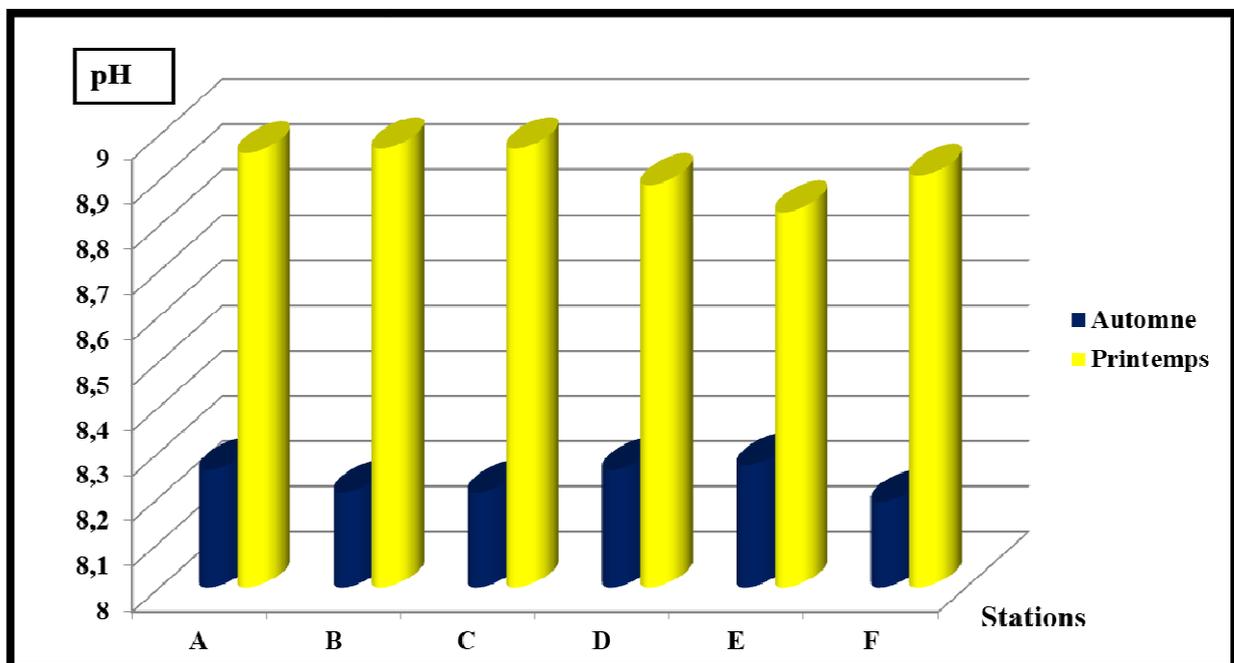


Fig.18 : Variations saisonnières et spatiales du pH dans le barrage de Keddara

On a remarqué, au niveau du barrage de Keddara une stabilisation des valeurs de pH dû à l'absence des fluctuations dans la composition de l'eau, sachant que le pH est en relation directe avec la géologie du bassin versant et la nature des roches.

Le pH est indissociable des valeurs de la température, de l'oxygène dissous et de la conductivité électrique, car pendant la journée, l'absorption intense de CO_2 entraîne une évolution du pH et une précipitation des carbonates. (ARRIGNON, 1976).

III-1-3. Conductivité électrique :

La mesure de la conductivité de l'eau nous permet d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau (chlorures, sulfates, calcium, sodium, magnésium...). Elle est plus importante lorsque la température de l'eau augmente (REGUIG et BENAYACHE, 2018).

Les résultats de la conductivité obtenus au barrage de Keddara varient entre 1168 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et 1183 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en automne et varient entre 1030 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et 1042 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en printemps. (Fig.19).

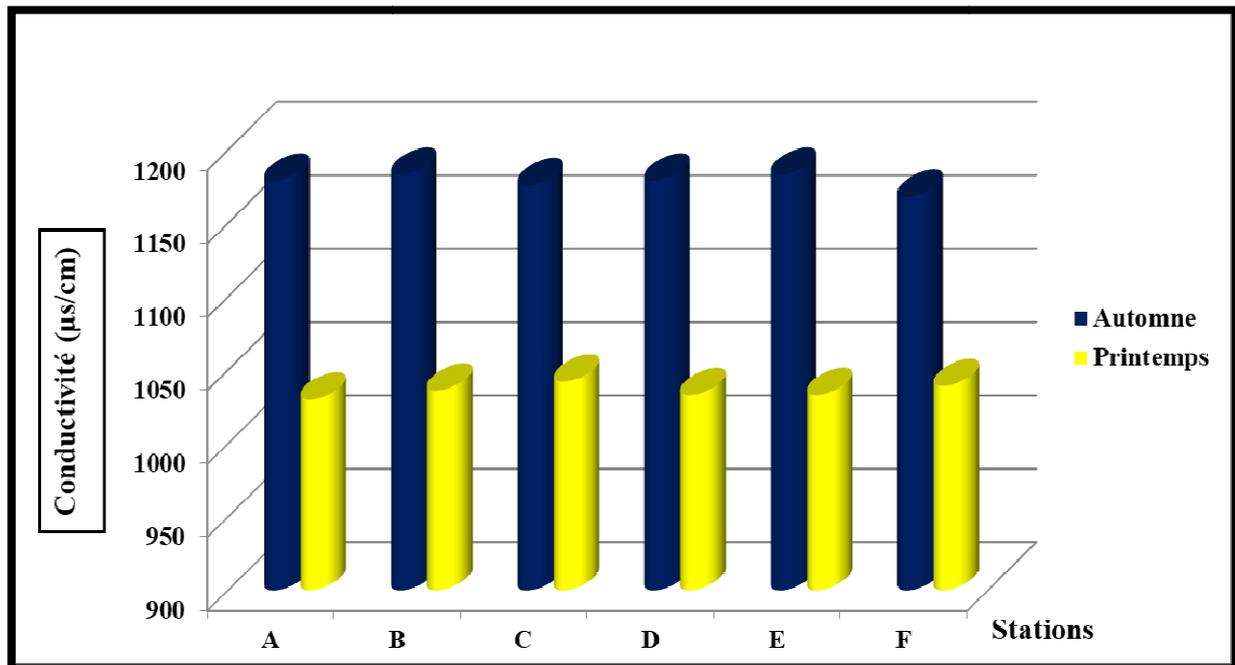


Fig.19 : Variations saisonnières et spatiales de la conductivité électrique dans le barrage de Keddara

Les valeurs importantes de la conductivité dans le barrage montrent que le barrage contient une minéralisation importante.

III-1-4. Salinité :

Les teneurs en sels sont dépendantes de la géologie du site, des renouvellements des eaux et du climat (notamment l'ensoleillement provoquant l'évaporation) (MULHAUSER et al., 1995).

Dans le barrage de Keddara, nous avons remarqué que la valeur maximale de la salinité est de 0.4 PSU en automne et la valeur minimale est de 0.3 PSU en printemps avec une stabilisation pendant les deux saisons (Fig.20). Cela peut être dû à des apports réguliers en automne et en printemps avec le lessivage du sol par les crues antérieures, comme elle peut être dû à la nature géologique du site.

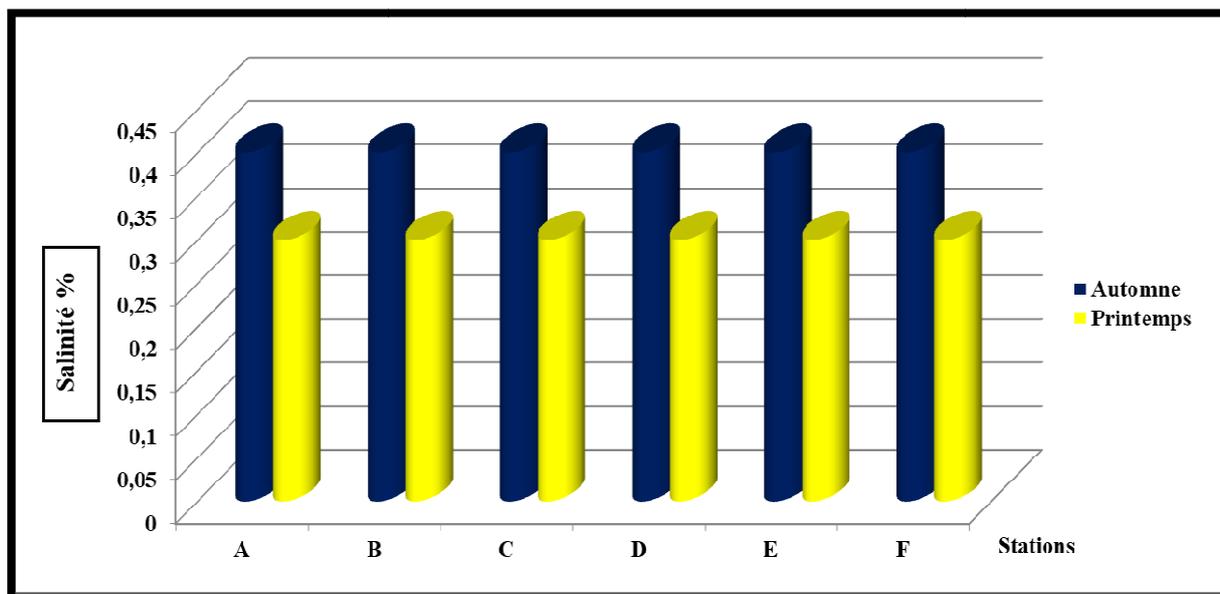


Fig.20 : Variations mensuelles et spatiales de la salinité de l’eau (PSU) dans le barrage de Keddara

III-1-5. Transparence de l’eau :

La transparence est en relation étroite avec le phytoplancton (CAPBLLANCO, 1974). Les matières en suspension ont un effet néfaste et mécanique, par la formation d’une part de sédiments diminuant la transparence des eaux et formant un écran empêchant la bonne pénétration de la lumière (réduction de la photosynthèse), et d’autre part, que par le colmatage des branchies des poissons (REGUIG et BENAYACHE, 2018).

Dans le barrage de Keddara, la valeur maximale a été enregistrée en printemps avec 1.45 m dans la station F et la valeur minimale a été enregistrée en automne dans la station D avec une valeur de 0.87 m (Fig.21).

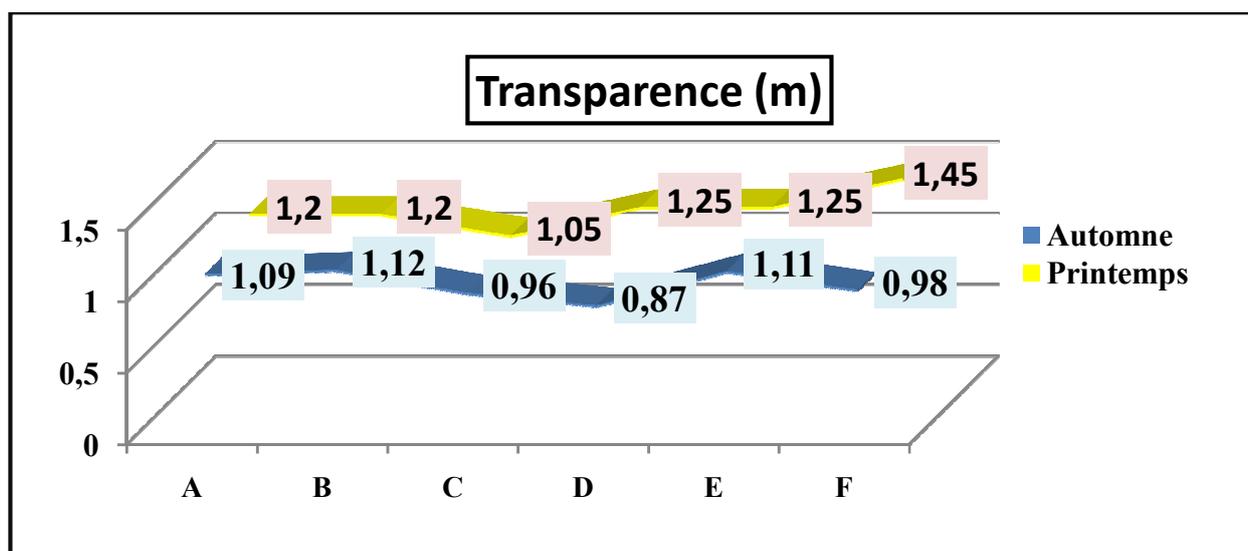


Fig.21 : Variations saisonnières et spatiales de la transparence de l’eau (m) dans le barrage de Keddara

III-1-6. Oxygène dissous :

Etant l'un des plus importants indicateurs sur le degré de la pollution des eaux, l'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau et il est exprimé en mg/L ou en pourcentage de saturation %.

Les variations d'oxygène dissous sont dues à plusieurs facteurs, principalement la température et la salinité qui diminuent en présence de quantité importante d'oxygène. Sa principale source dans les milieux stagnants est la photosynthèse (LACAZE, 1996). Il est apporté également en milieu par les échanges gazeux avec l'atmosphère (BONTOUX, 1993), ceci aura lieu quand l'eau est sursaturée et les eaux superficielles sont agitées par le vent, tandis que les eaux profondes ne seront oxygénées qu'en période de circulation, sous l'effet du courant d'eau. (LAMPERT *et al.*, 2007).

Dans le barrage de Keddara, la valeur minimale d'oxygène dissous a été enregistrée en printemps dans la station E (6.1 mg/L). Ce paramètre augmente progressivement dans les autres stations et atteindre 7.33 mg/L dans la station D en automne (Fig.22). Cela traduit par le développement maximal de l'activité photosynthétique durant cette période

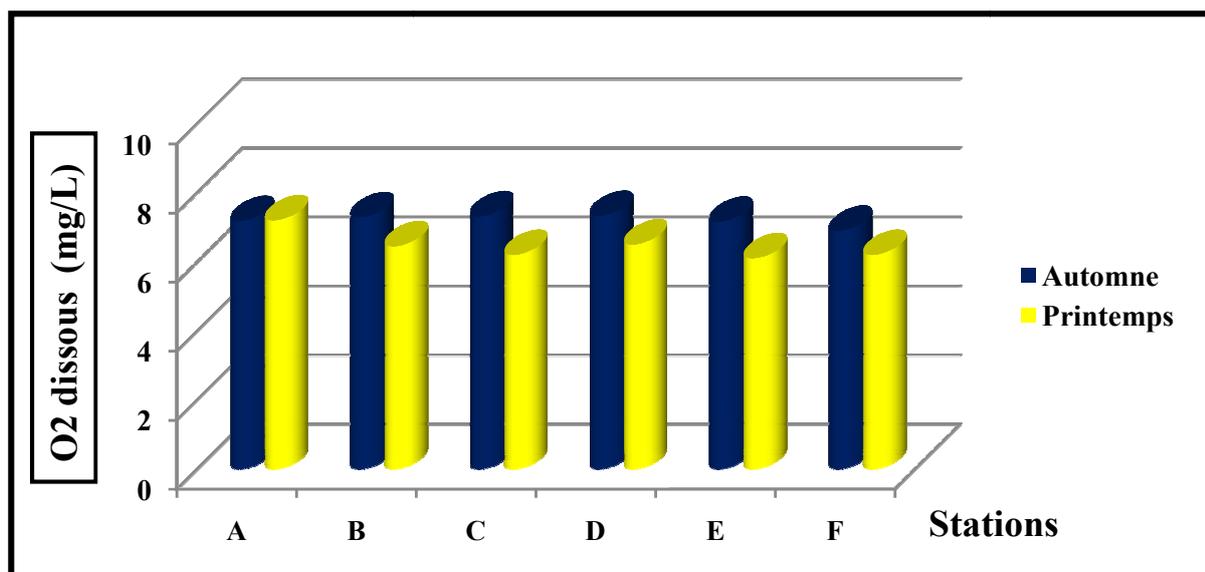


Fig.22 : Variations saisonnières et spatiales de l'oxygène dissous dans le barrage de Keddara

Globalement, l'oxygène dissous dans l'eau varie considérablement dans le temps et dans l'espace en influençant la distribution des organismes dans les milieux (REGUIG et BENAYACHE, 2018).

III-1-7. Taux de saturation en oxygène :

Le pourcentage de saturation est une mesure permettant de comparer plus facilement les données d'oxygène dissous entre différents sites ou à différentes dates, dont il donne une indication sur le degré d'équilibre, pour l'oxygène, entre l'air et l'eau.

La figure 23 indique que la valeur minimale du taux de saturations en oxygène est de 64 % remarquée dans la station E au printemps et la valeur maximale est de 77 % dans la station C durant la saison automnale avec une valeur de 71.41 %.

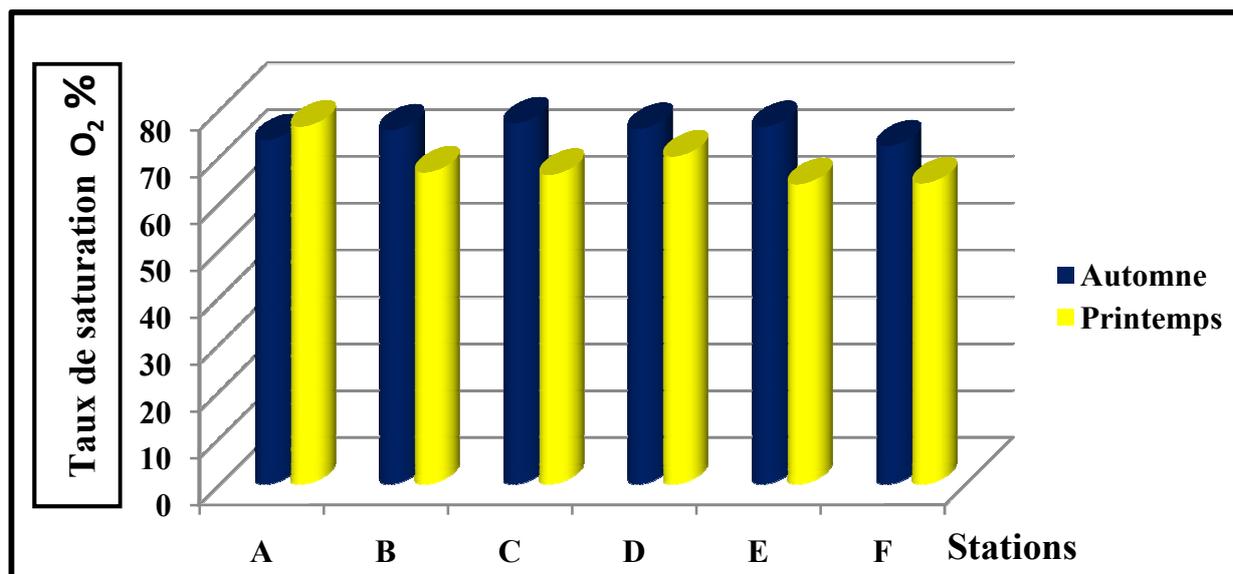


Fig.23: Variations saisonnières et spatiales de taux de saturation dans le barrage de Keddara

- Pour l'interprétation du pourcentage de saturation :

Moins de 60 % : Faible.

60 à 79 % : Acceptable pour la plupart des organismes d'eau courante.

80 à 125 % : Excellent pour la plupart des organismes d'eau courante.

125 % ou plus : Trop élevé ; peut être dangereux pour les poissons.

III-1-8. Sels nutritifs :

III-1-8-1. Nitrites (NO_2^-) :

Les nitrites sont naturellement présents dans les lacs et les cours d'eau, en conséquence de la nitrification de l'ammoniaque et de la dénitrification des nitrates. Ils ne se maintiennent que lorsque le milieu n'est pas suffisamment oxydé et leur présence indique un état critique d'une pollution organique (FAO, 1984).

Selon LACAZE, (1996), l'azote nitreux est très réactif, il intervient dans de nombreux phénomènes de toxicité. Les nitrites proviennent d'une oxydation incomplète des matières organiques. Ils résultent soit de la réduction des nitrates ou de l'oxydation bactérienne de l'ammoniac, ils sont exprimés en mg/L.

- Les teneurs en nitrites sont supérieures à 0,1 mg/L en printemps dont la valeur maximale a été notée dans la station F jusqu'à 1.07 mg/L et la valeur minimale enregistrée est de 0.1 mg/L dans la station A dans la même saison.
- Les teneurs en nitrites sont inférieures à 0,1 mg/L en automne dont la valeur maximale a été notée dans la station F et C (0.01 mg/L) et la valeur minimale enregistrée est de 0.003mg/L dans la station A durant cette saison (Fig. 24).

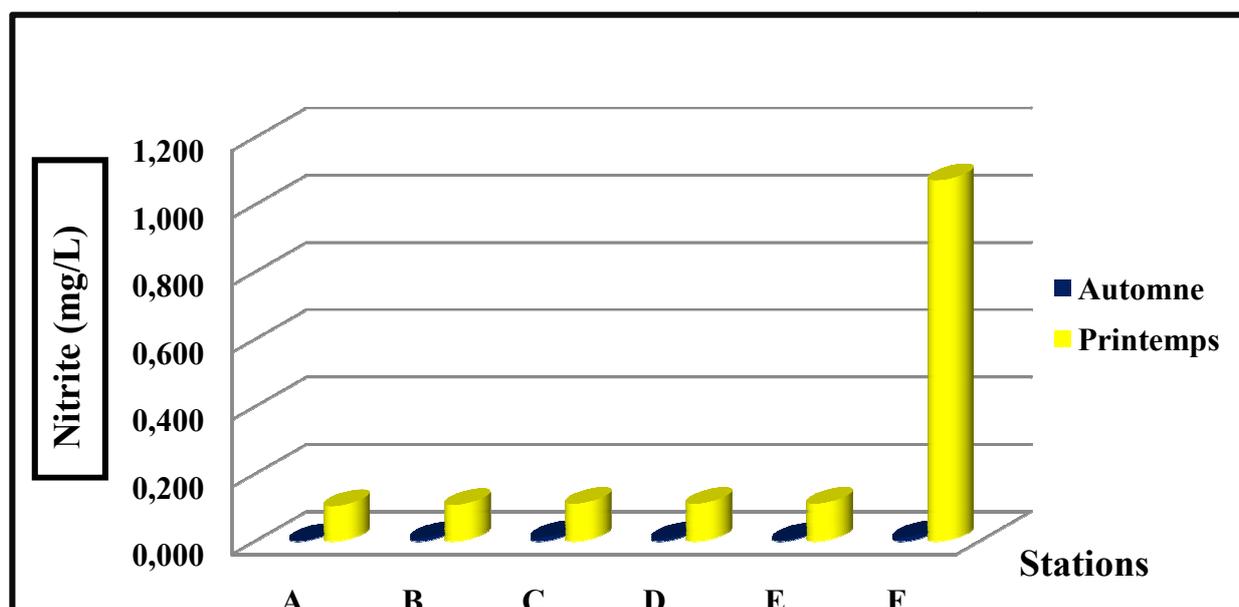


Fig.24 : Variations mensuelles et spatiales des nitrites dans le barrage de Keddara

Globalement, la présence de nitrites est un signe de pollution, donc d'après les résultats obtenus on peut dire que l'eau du barrage de Keddara est plus polluée en printemps qu'en automne.

III-1-8-2. Nitrates (NO_3^-) :

Les nitrates sont l'une des formes d'azote que l'on retrouve dans les eaux de surface. Ils sont généralement la principale forme d'azote présente dans les eaux à teneur normale en oxygène dissous.

Les nitrates peuvent provenir de l'oxydation d'autres formes d'azote par les bactéries du sol et des eaux, ou directement de la libération dans les eaux par des sources industrielles, résidentielles et agricoles.

Ils proviennent en grande partie de l'écoulement d'eau sur le sol constituant le bassin versant et aussi de la décomposition de la matière organique par oxydation bactérienne des nitrites. Ils constituent ainsi l'ultime produit de la nitrification ils sont exprimés en mg/L (REGUIG et BENAYACHE, 2018).

Lorsqu'il pleut, les nitrates non absorbés par les plantes, pénètrent dans le sol et sont captés par les eaux souterraines ou ruissellent jusqu'aux eaux de surface. Si les nitrates aboutissent dans des eaux peu oxygénées, certains types de bactéries peuvent les transformer en nitrites (NO_2^-), et finalement en azote gazeux (N_2), qui peut s'échapper dans l'atmosphère. Dans les eaux bien oxygénées, les nitrates sont rapidement absorbés par les plantes aquatiques et les algues (CELLAMARE, 2009).

Les concentrations obtenues sont toutes inférieures à 2 mg/L. Cela est dû probablement à la dénitrification des nitrates en nitrites (Fig.25).

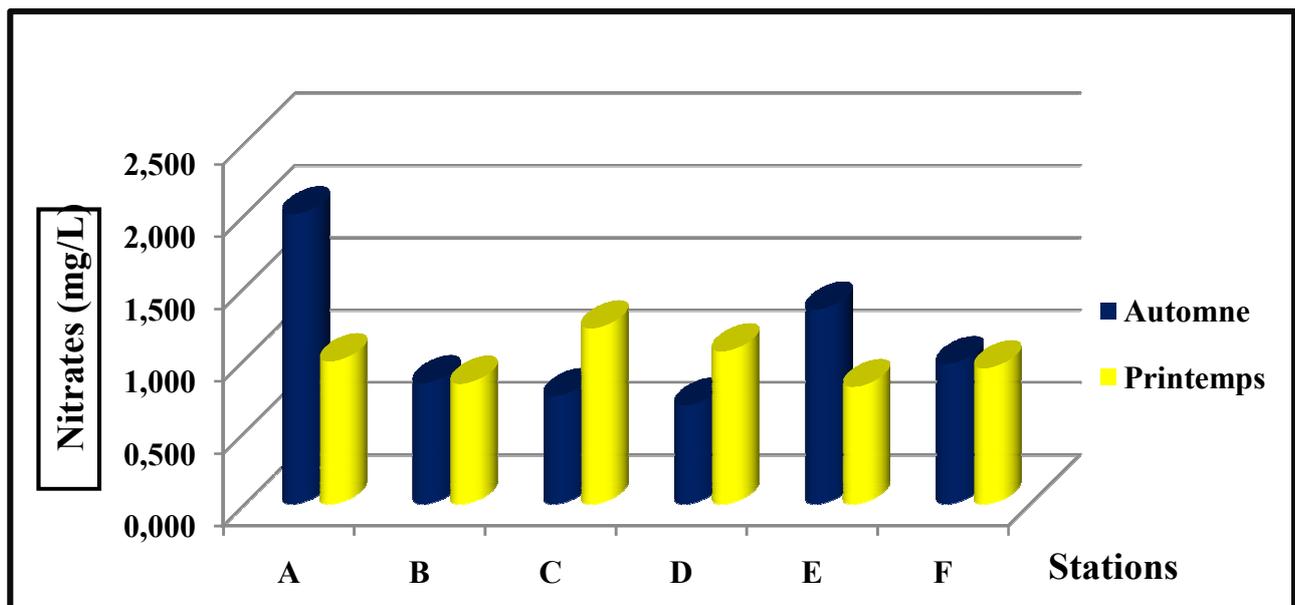


Fig.25: Variations saisonnières et spatiales des nitrates dans le barrage de Keddara

III-1-8-3. Azote ammoniacal (NH_4^+) :

Selon LACHEVANNE, 1980, la présence de l'ion ammonium dans l'eau est un signe de pollution, il est peut-être exogène (apporté par les eaux) ou endogène (décomposition bactérienne des composés organiques azotés).

Dans le barrage de Keddara, on enregistre une valeur maximale de NH_4 dans la station D avec 0.299 mg/L en automne et une valeur minimale enregistrée aussi en automne dans la station F (0.030 mg/L). Des valeurs plus faibles sont marquées en printemps 0.0058 mg/L dans la station F et 0.011 mg/L dans la station A (Fig.26).

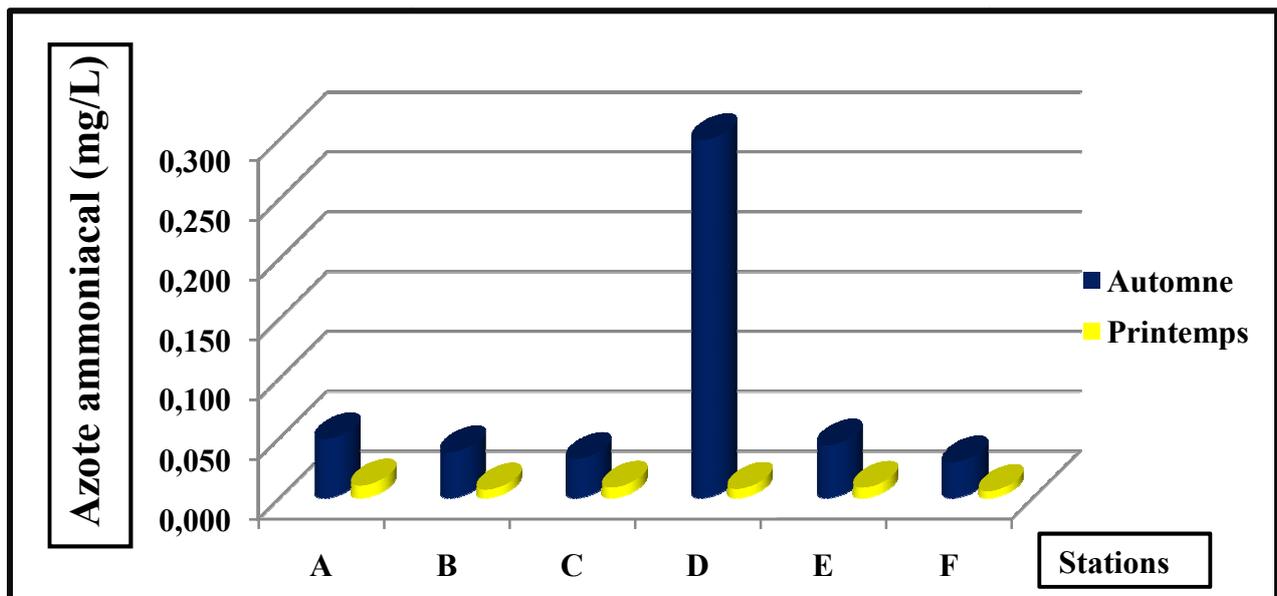


Fig.26: Variations saisonnières et spatiales de l'azote ammoniacal dans le barrage de Keddara

D'après NISBET et VERNEAU, (1970), l'azote ammoniacal n'existe que dans les eaux riches en matières en décomposition lorsque la teneur en oxygène est insuffisante pour assurer sa transformation. Ce qui explique l'augmentation de cet élément durant la période de notre étude.

III-1-8-4. Ortho-Phosphates (PO_4^{+}) :

Le phosphore est peu abondant dans la biosphère et constitue souvent un facteur limitant de la production algale (DAJOZ, 2006 ; LEVEQUE, 2001). Il existe plusieurs formes du phosphore mais la principale forme utilisable par le phytoplancton est l'ion ortho-phosphate (PO_4^{+}) (RACHIQ, 2003).

En milieu aquatique, le phosphore est principalement présenté sous forme soit particulaire liée à différents colloïdes ou cations soit soluble mais en proportion beaucoup plus faible, cette dernière ($\text{P-soluble} < 0.45 \mu\text{m}$) peut être considérée comme totalement bio disponible alors que la fraction particulaire ne l'est que partiellement. La biodisponibilité du phosphore particulaire varie en fonction de la composition chimique des particules. Sous chaque forme, le phosphore est à la fois organique et minéral ce dernier étant plus abondant (TRINTIGNAC, 2004).

Les valeurs obtenues pour le barrage de Keddara en automne sont plus élevées par rapport au printemps qui diminue à des valeurs minimales (Fig.27). Cette diminution des concentrations en phosphates serait le résultat d'une assimilation par les micro-organismes autotrophes (CAPBLANCQ, 1974).

Ces faibles teneurs sont expliquées, d'une part par l'absence des sources exogènes de cet élément et d'autre part, par l'utilisation de cet élément par le phytoplancton, car le phosphate joue un rôle important dans le développement des algues

Une différence a été observée entre les stations durant les deux saisons (Fig.27).

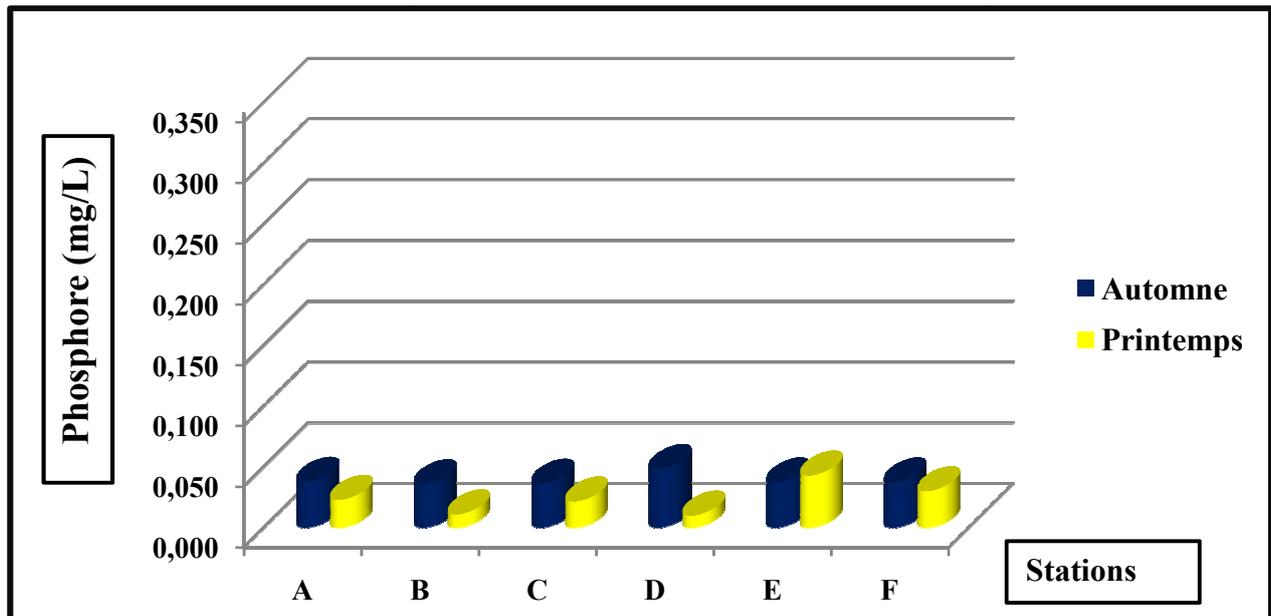


Fig.27 : Variations saisonnières et spatiales de l'orthophosphates dans le barrage de Keddara

Cet élément nutritif dont la teneur limite favorise habituellement la croissance des algues et des plantes aquatiques. Il y a un lien entre la concentration de phosphore, la productivité du lac et son niveau trophique. Les lacs eutrophes ont une forte concentration de phosphore (CELLAMARE,2009).

III-1-9. Synthèse sur la qualité physico-chimique :

La qualité des eaux du barrage est évaluée aussi par des paramètres physicochimiques, elle est déterminée en comparant nos résultats aux bornes de la grille de qualité de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H) qui sont portés sur le tableau. (Tab.5).

Tab.5 : Normes de qualité des eaux des masses d'eau naturelle (A.N.R.H) et les moyennes trouvées dans le site étudié durant l'année 2019.

Eléments de qualité (=Altérations) Paramètres		Limites inférieures					Barrage de Keddara
		Mauvais	Médiocre	Moyen	Bon	Très bon	
Bilan en oxygène	Oxygène dissous (mg/L)	< 3	3	4	6	8	6.8
Matières phosphorées (mgP/L)	Phosphates	>1	1	0.5	0.2	0.05	0.05
Matières azotrées (mgN/L)	Nitrates	>16.94	16.94	11.3	5.65	1.13	1.034
	Nitrites	>0.3	0.3	0.16	0.09	0.03	0.138
	Azote ammoniacal	>3.9	3.9	1.56	0.39	0.078	0.0451
Température	Température (°C)	>28	28	25	21.5	20	17.36
Acidification	pH	>4.5	4.5	5.5	6	6.5	8.5

- Durant la période de notre étude, les eaux de barrage de Keddara sont de qualité bonne à très bonne pour la plupart des paramètres mesurés.

III-1-10. Analyse multivariée des données physico-chimiques de l'eau :

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

Les figures obtenues sont basées sur le coefficient de corrélation r . Dans notre analyse, nous avons retenus 11 paramètres physico-chimiques. L'ACP a été fait sur des données centrées et réduites par rapport à leur moyenne et écart-type. L'utilisation de données normalisées permet de s'affranchir des unités de mesure qui sont hétérogènes dans notre cas.

La matrice de corrélation (**Fig.24**) fait apparaître la distribution des paramètres physico-chimiques sur deux facteurs (F1 et F2). Les coordonnées des variables sur les axes sont les coefficients de corrélations entre les variables et les facteurs. Cette matrice montre que :

- L'axe F1 (pourcentage d'inertie (54.29%) décrit essentiellement les paramètres suivants : les phosphates, la conductivité et salinité, l'oxygène dissouts, nitrates, ammonium, la chlorophylle « a » et le taux de saturation O2 (%), qui sont corrélés négativement avec l', la transparence et température de l'eau, pH et les nitrites.
- L'axe F2 (pourcentage d'inertie 12.09%) décrit les paramètres suivants : chlo « a », l'azote ammoniacale oxygène dissouts et température de l'eau et pH qui sont corrélés négativement avec la transparence, conductivité salinité, le taux de saturation (O2%), nitrite, nitrate et le phosphore

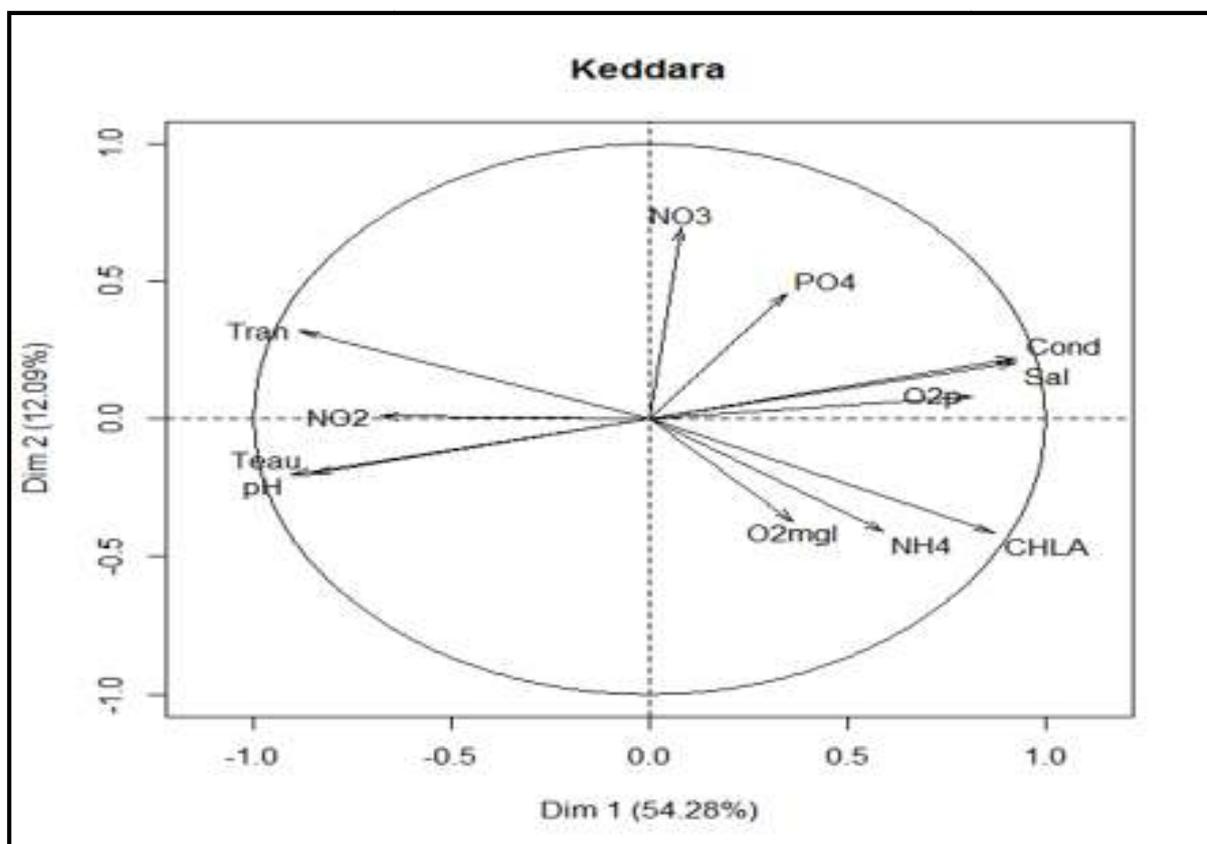


Fig. 28 : ACP des variables physico-chimiques (facteurs 1 et 2)
% Inertie totale : 66.37 %

III-1-11. Classification hiérarchique :

Selon la classification hiérarchique, obtenue en analysant les données des paramètres physico-chimiques du barrage de Keddara(**Fig. 29**) on remarque la présence de :

- Deux grands groupes qui représentent les deux prélèvements (en automne et en printemps)
- En automne on remarque que :
 - La station **F** est séparée des autres stations qui sont regroupées, dont la station **F** représente l'aval du barrage à proximité de la digue.

- Au printemps, on remarque que :
 - La station **D** est séparée des autres stations parce qu'elle représente le deuxième amont du barrage et où il y a le diversement d'Oued El Hadet c'est la station qui présente une végétation très abondante.
 - La station **C** est aussi séparée parce qu'elle est à proximité d'une île qui serve de l'ombre à cette zone .
 - La zone **B** est séparée parce qu'elle est à proximité de la prise d'eau .
 - Les autres stations (**A, E, F**) sont regroupées parce qu'elles présentes des caractéristiques similaires.

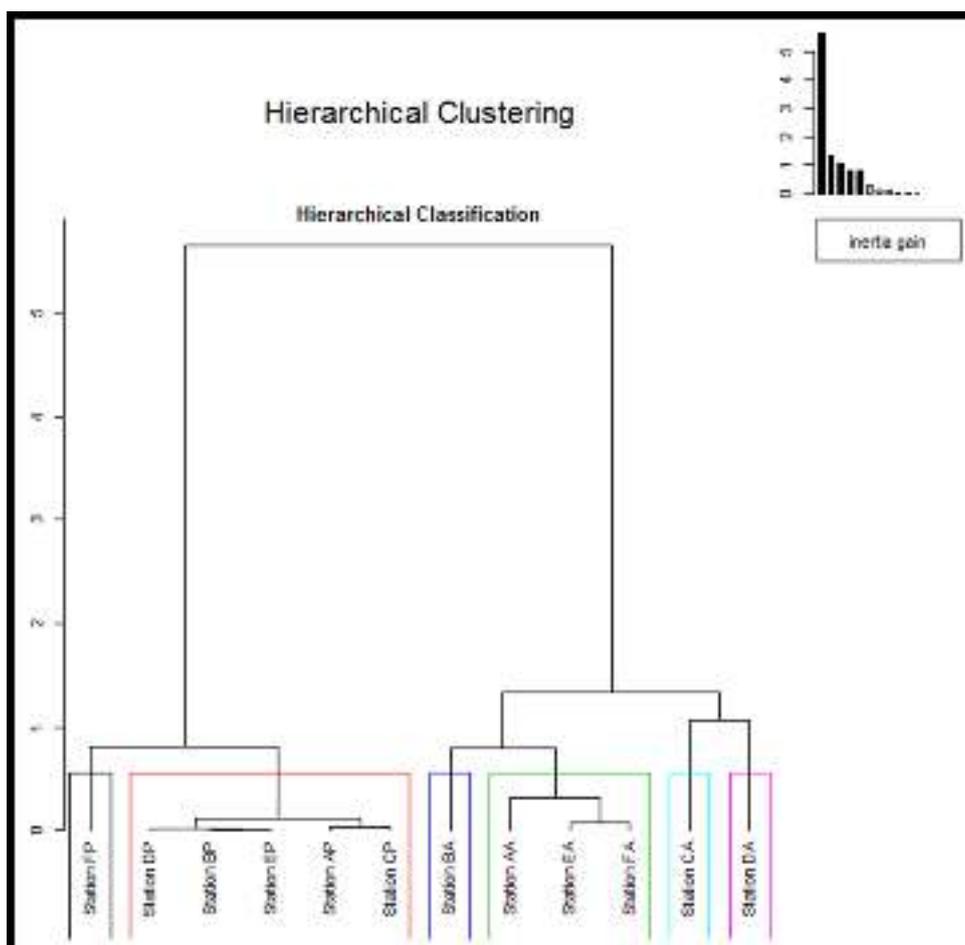


Fig.29 : Classification hiérarchique des stations du barrage de Keddara

III-1-12. Chlorophylle « a » :

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

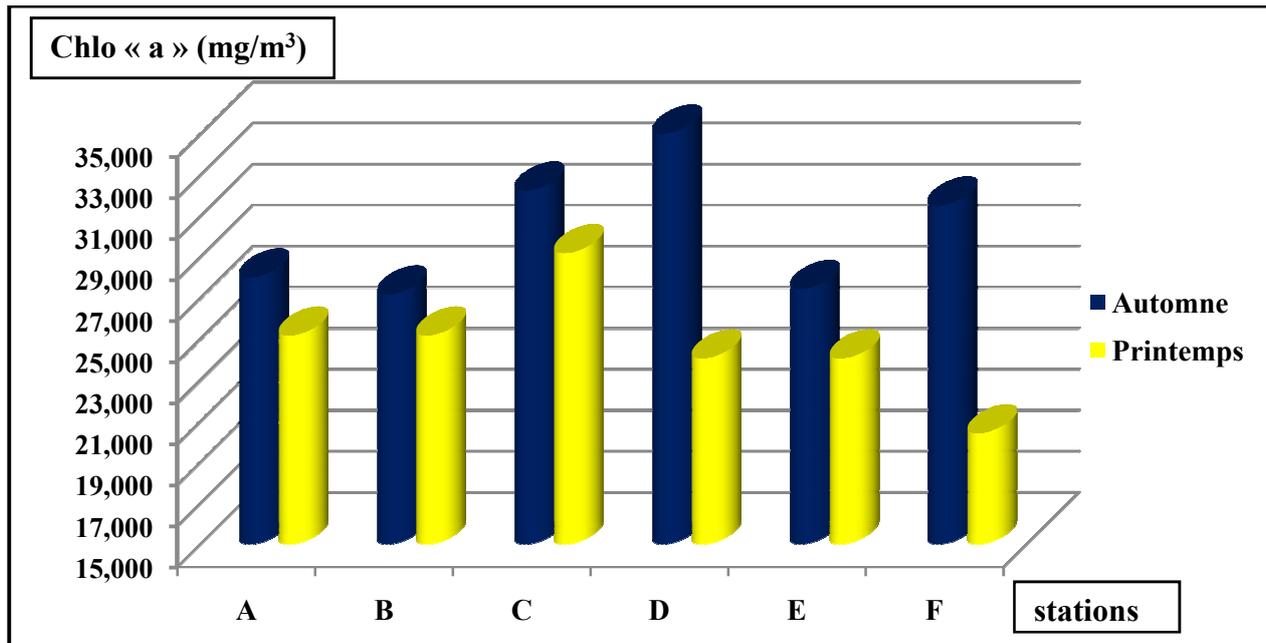


Fig.30: Variations saisonnières et spatiales de la chlorophylle « a » dans le barrage de Keddara

Les teneurs en chlorophylle « a » dans le barrage de Keddara varient de 20.39 à 29.17 mg/m³ en printemps et de 27.16 à 35.95 mg/m³ en automne. Cette différence est due à l'augmentation de l'intensité lumineuse et l'ensoleillement du jour de prélèvements et par conséquent l'augmentation de l'activité photosynthétique et du taux de la chlorophylle « a » (Fig.28).

III-1-13. Evaluation de l'état trophique :

Selon les critères établis par l'O.C.D.E. (1982) basés sur la profondeur de Secchi et les concentrations en chlorophylle « a », on peut déduire l'état trophique du site étudié. D'après le tableau de classification de l'état trophique (Tab. 6), le barrage de Keddara est en état eutrophe.

Tab.6 : Etat trophique de barrage de Keddara selon les critères de l'O.C.D.E. (1982).

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

III-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). La communauté phytoplancton du barrage de Keddara a été étudiée par une analyse et un suivi dans le temps en étudiant sa fluctuation qualitative (richesse spécifique) et quantitative (densité, abondance). En complément à cette étude, nous avons effectué une analyse structurale par le calcul des indices de diversité (Shannon et Equitabilité) et le tracé des diagrammes Rangs Fréquences, afin de déterminer le degré d'organisation et sa répartition.

III-2-1. Etude qualitative du peuplement phytoplanctonique :

III-2-1-1. Composition taxonomique du phytoplancton :

Dans le barrage de Keddara nous avons répertoriées 32 espèces réparties en 5 groupes (les Chlorophytes, les Chromophytes, les Euglénophytes, les Cyanophytes et les Cryptophytes) avec 5 classes, qui sont, selon leurs abondances (**Fig. 31**) :

1. **Les Chlorophycées** : forme le groupe le plus diversifiés, vient en première position avec 12 taxons, soit 38% de la communauté phytoplanctonique, ils sont représentés principalement par les genres suivants : *Closteriumacutum*.
2. **Les Diatomophycées** : il est aussi diversifié, vient en deuxième position avec 14 taxons, soit 30% du peuplement total, ils sont représentés essentiellement par les *Stephanodiscus cf. neoastraea* et les *Cyclotellaocellata*.
- **Les Cryptophycées** : il vient en troisième positions avec 2 taxons, soit 23% du peuplement total, ils sont représentés essentiellement par les *cf. Cryptomonas*.
3. **Les Euglénophycées** : regroupent 2 taxons, soit une proportion de 5%, représentés surtout par l'espèce *Trachelomonasrugulosa*.
4. **Les Cyanophycées** : regroupent 3 taxons, soit une proportion de 4%, représentés surtout par l'espèce *Oscillatoria cf. rubescens*.

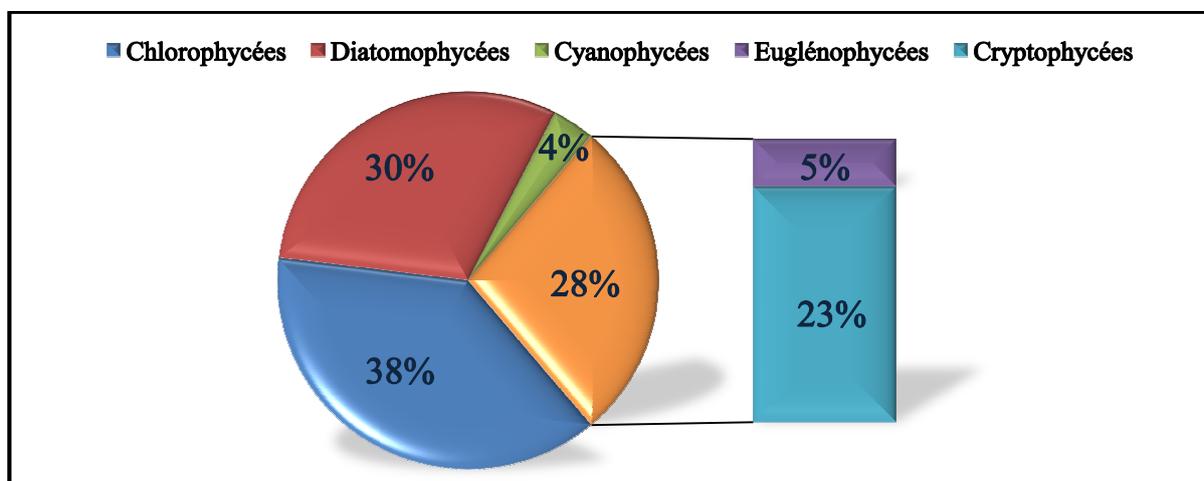


Fig.31 : Variations des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le barrage de Keddara.

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

1. Les Chlorophycées :

- *Closteriumacerosum*
- *Closteriumacutum*
- *Cosmarium botrytis*
- *Cosmarium cf. subarctum*
- *Chlorellasp*
- *Cosmariumdepressum*
- *Monoraphidiumcontortum*
- *Tetraspora cf. gelatinosa*
- *Pediastrum simplex var. echinulatum*
- *Oocystismarssonni*
- *Staurastum cf. gracile*
- *cf. Chlamydomonas*

2. Les Diatomophycées:

- *Cocconeis cf. pediculus*
- *Cyclotellaocellata*
- *Cyclotella cf. ocellata*
- *Cyclotella cf. Choctawhatchee*
- *Cyclotellasp*
- *Cymatopleura cf. elliptica*
- *Navicula cf. cryptotenella*
- *Navicula cf. gregaria*
- *cf. Navicula*
- *Nitzschiapalea*
- *Stephanodiscus cf. neoastraea*
- *Pinnulariasp*
- *cf. Surirella*
- *Fragilariasp*

3. Les Cryptophycées :

- *cf. Cryptomonas*

4. Les Euglénophycées :

- *Euglena viridis*
- *Trachelomonasrugulosa*

5. Les Cyanophycées :

- *Oscillatoriarubescens*
- *Oscillatoria cf. rubescens*
- *Oscillatoriaamphibia*

III-2-2. Evolution spatio-temporelle de la diversité spécifique :

III-2-2-1. L'indice de Shannon (H') et l'Équitabilité (E) :

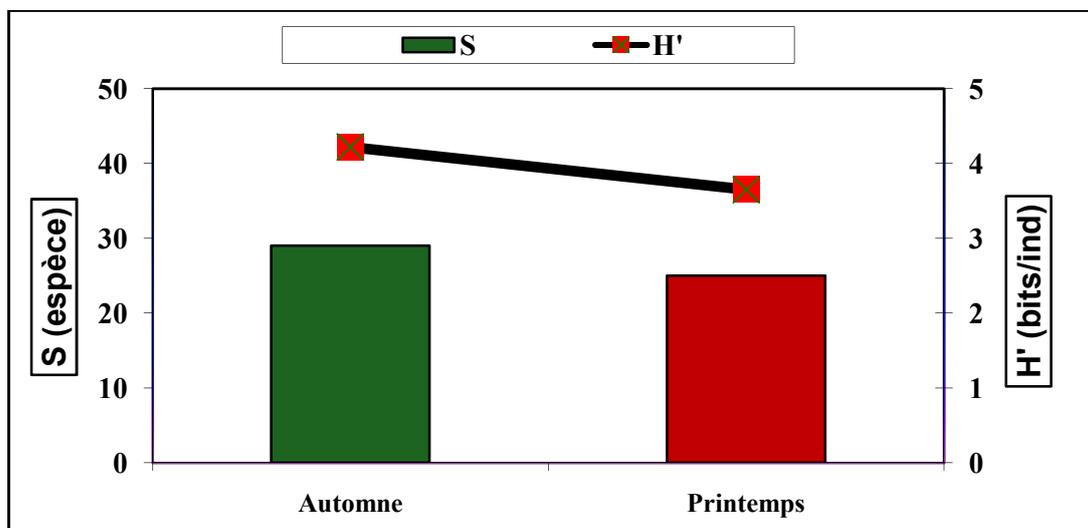


Fig.32 : Variations de la richesse spécifique (S) et l'indice de Shannon (H') dans le barrage de Keddara

L'indice de Shannon varie entre 3.5 et 4.3 bis/ind respectivement en printemps et en automne.

Les faibles valeurs sont enregistrées durant la saison printanière (3.5 à 3.8 bits/ ind). Ces valeurs sont expliquées par la dominance remarquable de *Oocystismarssonni*, *Closteriumacerosum* et *Closteriumacutum*. Alors qu'en automne l'indice de Shannon varie entre 3.8 et 4.3 bis/ind, exprimant par l'abondance de *Staurastum cf. gracile*, *Pediastrum simplex var. echinulatum* et *Oocystismarssonni*. Pour confirmer l'indice de Shannon (H'), nous avons utilisé l'indice d'équitabilité (R), dont nos résultats varient entre 0.15 et 0.18 ce qui indique que ce peuplement phytoplanctonique dans ce barrage est équilibré. (Fig. 32).

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

III-2-3. Analyse du diagramme de Frontier (Diagramme de 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 de Rang-Fréquence pour déterminer l'évolution de la population phytoplanctonique du barrage de Keddara tout long 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 le barrage de Keddara permet de décrire l'évolution de la structure du peuplement phytoplanctonique. Les figures 33 et 34 montrent que l'allure de DRF est entièrement convexe, ce qui correspond au stade 2, qu'il s'agit donc d'un écosystème mature (FRONTIER, 1969).

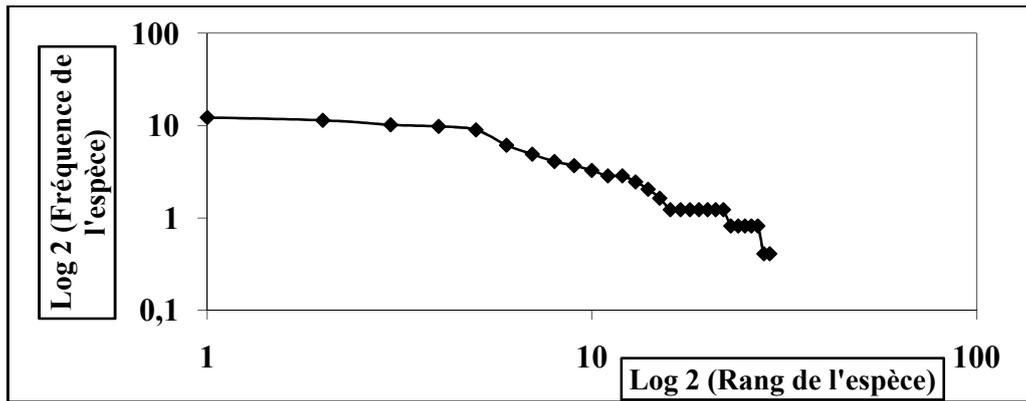


Fig.33 : Variations de l'allure de la courbe Rang Fréquence du barrage de Keddara (Automne 2019)

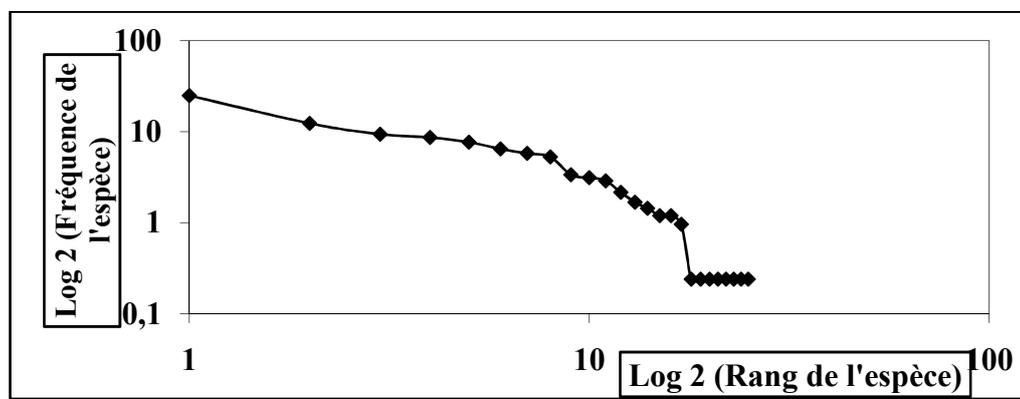


Fig.34 : Variations de l'allure de la courbe Rang Fréquence du barrage de Keddara (Printemps 2019)

Dans cette représentation (Fig. 34), nous n'avons pas marqué la présence de palier, cela laisse croire que le milieu n'est pas stressé.

III-3-3. Variation saisonnière de la densité et de la dominance du phytoplancton :

Après le dénombrement cellulaire du phytoplancton ayant des dimensions supérieures à 20 μm , nous avons remarqué une variété dans la densité des groupes phytoplanctoniques dans le barrage de Keddara, le groupe le plus abondant est les **Chlorophycées** avec une densité de **9106920** et **6478500** alg/L (printemps et automne respectivement) et une abondance de **38%**. Ce sont des organismes qui dominent dans les milieux qui sont riches en nutriments azotés (BERALET et al., 1996; CARLSSON et GRANALI, 1999). L'espèce la plus abondante est *Staurastum cf. gracile* en automne avec une fréquence de 12.24% et *Oocystis marssonii* avec une fréquence de 24.84% au printemps. En deuxième position le groupe des Diatomophycées avec une dominance de 30.59%, l'espèce dominante est *Navicula cf. cryptotenella* (185100 alg/L).

Le troisième groupe est les Cyanophycées avec une densité de **12525100** alg/L durant la période (automne-printemps) dont les espèces les plus abondantes sont *Oscillatoria cf. rubescens* et *Oscillatoria amphibia*. (Fig.35).

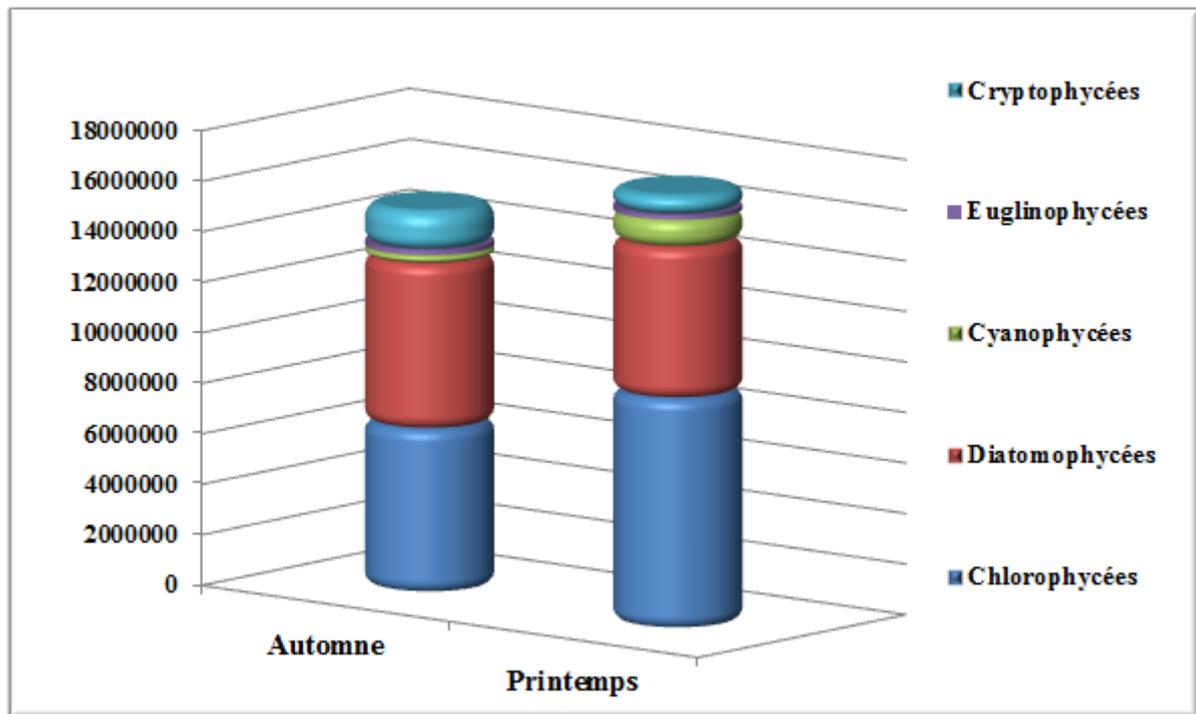


Fig.35 : Variation saisonnière de la densité phytoplanctonique du barrage de Keddara

III-4. Etude du peuplement ichthyologique :

Les poissons jouent aussi un rôle très important dans le maintien de l'équilibre des milieux aquatiques.

Les résultats des pêches, dans le barrage de Keddara, sont composés de 5 espèces appartenant à la même famille : la famille des Cyprinidés. Les espèces sont : la carpe commune (*Cyprinus carpio*), la carpe royale (*Cyprinus carpio*), le barbeau (*Barbus setivimensis*), le carassin (*Carassius carassius*) et le gardon (*Rutilus rutilus*) qui ont été disséqués au niveau de laboratoire de l'aquaculture du CNRDPA. Ainsi, l'ichtyofaune. (Annexe IV).

III-4-1. Dénombrement des espèces capturées :

Nous avons constaté que *Cyprinus carpio* est l'espèce la plus abondante avec 86.74 % par rapport au *Carassius carassius* qui est représenté par 7.22 % et au *Barbus setivimensis* avec 3.61% (Fig.36).

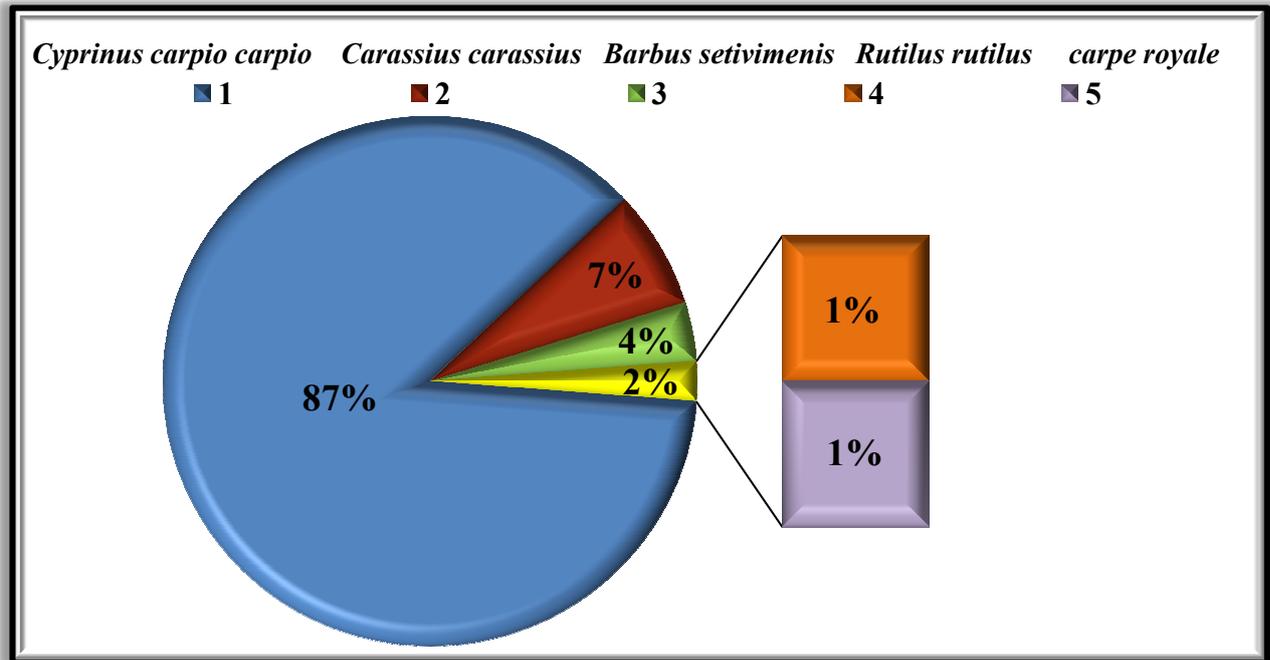


Fig.36 : Abondances relatives des espèces capturées au niveau du barrage de Keddara

III-4-2. Systématique du peuplement ichthyologique capturée :

La systématique des espèces de poissons est basée surtout sur leurs caractères morphologiques.

1. *Barbus setivimensis* : 2. Carpe commune (*Cyprinus carpio carpio*) :

Super classe : Poissons

Règne : Animalia

Classe : Ostéichtyens

Embranchement : Chordata

Sous classe : Actinoptérygiens Classe : Actinopterygii

Super ordre : Téléostéens Ordre : Cypriniformes

Ordre : Cypriniformes Super-famille : Cyprinoidea

Sous ordre : Cyprinoidea Famille : Cyprinidae

Famille : Cyprinidae Genre : *Cyprinus*

Genre : *Barbus*

Espèce : *Barbus setivimensis* (Valenciennes, 1842)

3. Carassin (*Carassius carassius*) :**4. Gardon (*Rutilus rutilus*)**

Super-classe : Osteichthyes Embranchement : Chordata

Classe : Actinopterygii Sous-embr : Vertebrata

Sous-classe : Neopterygii Super-classe : Osteichthyes

Infra-classe : Teleostei

Classe : Actinopterygii

Super-ordre : Ostariophysi Sous-classe : Neopterygii

Ordre : Cypriniformes Infra-classe : Teleostei

Super-famille : Cyprinoidea Super-ordre : Ostariophysi

Famille : Cyprinidae Ordre : Cypriniformes

Genre : *Carassius* Super-famille : Cyprinoidea

Espèce : *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758) Famille : Cyprinidae

Genre : *Rutilus*

Espèce : *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758)

III-4-3. Sex-ratio :

Le calcul de la sex-ratio globale chez *Cyprinus carpio* de la région du barrage de Keddara consigné dans le tableau 7. Il montre une tendance en faveur des mâles.

Le sex-ratio global tend vers 1 (sex-ratio=0,6) donc la population de *Cyprinus carpio* de la région est de 33% chez les femelles et le taux de mâles atteint 67% avec une taille ≥ 37 ce qui signifie que les plus grands individus sont des mâles.

Chez *Barbus setivimensis*, le taux de féminité est maximal avec 67% et 33% sont des mâles ; ce processus de dominance numérique des femelles dans les grandes classes de taille, a été attribué selon **KARTAS et QUIGNARD, (1984)** a :

- Une croissance plus rapide chez les femelles.
- Une maturité plus précoce de ces dernières.
- Une mortalité plus élevée chez les mâles

Tab.7 : Sex-ratio globale (Exemple : chez *Cyprinus carpio*)

Effectif des mâles	48
Effectif des femelles	24
Effectif total	72
Sex-ratio global	0.6

IV-1. Relation taille – poids :

C'est la relation la plus utilisée. Elle est applicable à la majorité des poissons, elle correspond à une relation allométrique entre la masse et la longueur du corps des individus analysés. Elle suit une loi de puissance et se caractérise par l'équation :

$$\text{"Masse"} = a (\text{longueur du corps})^b$$

a : constante

b : un coefficient proche de 3 (coefficient d'allométrie).

Majorante : $b > 3$; indiquant une meilleure croissance en poids qu'en longueur.

Minorante : $b < 3$; indiquant une meilleure croissance en longueur qu'en poids.

La relation taille-poids permet de convertir la taille d'un poisson en poids théorique ou l'inverse.

En application des données des longueurs et des poids des individus, la relation est décrite par la formule obtenue : $W_t = 8.4219L_t^{1.1133}$

Le coefficient de croissance relative $b = 1.1133 (< 3)$, révèle une relation de croissance allométrique minorante, où la croissance en poids chez l'anchois est moins rapide que la croissance en longueur.

L'allométrie est l'étude des échelles de relation entre une partie du corps et le corps dans son ensemble, elle peut s'élargir pour faire référence aux relations biologiques : traits morphologique et traits physiologiques ; ces variations dépendent de l'alimentation spécifique des différentes populations de l'espèce étudiée. (Fig.37).

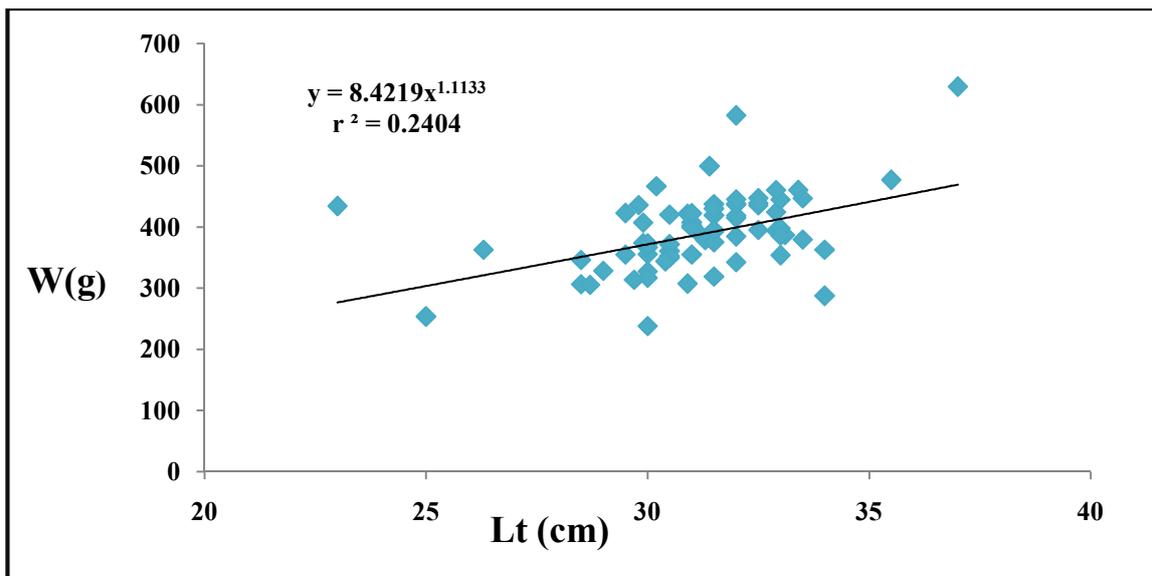


Fig.37 : Détermination des paramètres a, b et r de la relation d'allométrie taille-poids

$W = a L^b$ estimés dans les deux prélèvements pour les deux sexes.

Avec $a = 8.4219$; $b = 1.1133$; $r = 0.4903$

Conclusion
générale

Conclusion

Pour conclure ce travail, les résultats obtenus lors d'un suivi saisonnier durant la période allant du mois de décembre 2018 au mois de mai 2019, dans un système aquatique situé au centre du pays, le barrage de Keddara, ont pour but d'étudier les différentes communautés phytoplanctoniques et ichtyologiques existantes, ceci est en relation étroite avec les différentes caractéristiques physico-chimiques et écologiques du site d'étude.

La température de l'eau de surface subit des variations saisonnières. En automne, la température moyenne est de 17.5°C et en printemps est de 18 °C.

Les variations de pH des eaux du barrage sont en moyenne de l'ordre de 8.27. Cette valeur montre que les eaux de ce dernier se trouvent dans un intervalle de pH nécessaire au maintien de l'équilibre naturel.

L'étude écologique de ce barrage, nous a permis d'évaluer les paramètres biotiques et abiotiques tout au long de la période d'étude et de connaître les concentrations de certains éléments essentiels (nitrates, nitrites, azote ammoniacal et phosphate). Nos résultats montrent que les eaux de barrage de Keddara sont de qualité bonne à très bonne pour la plupart des paramètres mesurés

Les missions effectuées au cours de six mois d'étude ont permis d'étudier aussi la structure de la vie phytoplanctonique et la faune ichtyologique dans ce barrage en conditions saisonnières.

La communauté phytoplanctonique se caractérise par une diversité estimée à plus de 32 espèces réparties en cinq classes essentielles et dominé d'un point de vue spécifique par l'espèce *Closterium acutum* de la classe des Chlorophycées qui sont observées durant toute la période d'étude. Suivie par les espèces *Cyclotella ocellata* et *Stephanodiscus cf. neoastraea* des Diatomées. Par ailleurs, les Cyanophycées sont représentées par les deux espèces *Oscillatoria cf. rubescens* et *Oscillatoria amphibia*. Les classes des Euglénophycées et Cryptophycées sont également présentes mais avec importance moindre.

Par ailleurs, les résultats de pêche nous a permis d'inventorier cinq espèces de poisson appartenant à la famille des Cyprinidés qui sont : la carpe commune (*Cyprinus carpio carpio*) qui est abondante, la carpe royale (*Cyprinus carpio*), le barbeau (*Barbus setivimenis*), le carassin (*Carassius carassius*) et le gardon (*Rutilus rutilus*).

Le sex ratio, déterminé pour nos échantillons montre que les plus grands individus sont des mâles. Ces observations traduiraient une croissance différentielle.

La croissance pondérale a été déterminé à partir de la relation taille-poids, et mis en évidence une allométrie minorante.

A l'issue de cette étude, et lors de l'interprétation des résultats, il nous est apparu utile de suggérer quelques perspectives en vue de l'amélioration de la qualité des eaux de ce milieu :

- Un suivi régulier physico-chimique et biologique de l'eau est imposé sur une durée plus importante, afin de constituer une base des données de ce site, particulièrement le dosage de l'azote total et le phosphore total.
- Poursuivre l'étude du phytoplancton, afin de déterminer les espèces existantes naturellement et celles liées à la pollution ponctuelle provenant des bassins versants, cet aspect est proposé dans le cadre d'un projet national de recherche 2015-2020.
- Contrôler les déversements des déchets urbains, domestiques et agricoles dans les oueds alimentant ce lac tout en plaçant des stations d'épurations des eaux usées à proximité des sources de pollution.
- Assurer la protection et la conservation du barrage et empêcher la pêche aveugle pour préserver les ressources en poisson d'eau douce.

Bibliographie

- **AKSIL ET RABEHI, 2010.** Distribution spatiale u phytoplancton en fonction du degré de pollution dans le lac de Réghaia (wilaya d'Alger),18p.
- **ALMAÇA C., 1969.** Révision critique de quelques types de cyprinidés d'Europe et d'Afrique du Nord des collections du Muséum national d'Histoire naturelle. Bull. Mus. Natl. Hist. Nat., Paris, 40: 1116-1144.
- **ALMAÇA C., 1970.** Sur les barbeaux (genres et sous-genre *B a r - b u s*) de l'Afrique du Nord. Bull. Mus. Natl. Hist. Nat. Paris, 42: 141-158.
- **ALMACA, C. 1979.** Les espèces et la spéciation chez les Pseudophoxinus Nord-africains (Pisces, Cyprinidae). - Bull. Mus. natn., Hist, nat., Paris. 4e sér., 1,1: 279-284.
- **ALMAÇA C., 1990.** Neogene circummediteranean paleogeography and euromediterranean *B a r b u s* b i o g e o g r a p h y. Arg. Do. Mus. Boc. Nova, 1: 585-611.
- **AMINOT. A, 1983.** Dosage de la chlorophylle e des phéopigments par spectrophotométrie (Lornzen). Manuel des analyses chimiques en milieu marin.72-143p.
- **ARAB A., 1989.** Etude des peuplements d'invertébrés et de poissons appliquée à l'évaluation de la qualité des eaux et des ressources piscicoles des oueds Mouzaia et Chiffa. Thèse de magistère en hydrobiologie, 23- 39-139 p. Univ. des Sciences et de la Technologie Houari Boumediène (Alger).
- **ARRIGNON, 1976.** Aménagement écologique et piscicole des eaux douces. 3éme édition Gauthier-Villard ; Paris.340p.
- **AZEROUAL A., CRIVELLI A.J., YA H YA OUI A. & M. DAKK, 2000.** L'ichtyofaune des eaux continentales du Maroc. Cybium, 24: 17-22.
- **BARBAULT, (1993).** Ecologie générale : Structure et fonctionnement de la biosphère. ED. Paris.326p.
- **BENAABIDETE, 2000.** Caractérisation hydrologique du bassin versant de Sebou : hydrogéologie, qualité des eaux et géochimie des eaux thermales. Thèse Doc. Es-sc., F.S.T. Fès. p250.
- **BELKHIR et BENTAYEB.,2011.** Etude des peuplements planctoniques indicateurs de la qualité des eaux de barrage de Keddara .21p.
- **BIANCO P.G., 1995.** Mediterranean endemic freshwater fishes of Italy. Biol. Conserv., 72: 159-170.
- **BLANCO J.L., HRBEK T. & I. DOADRIO, 2006.** A new species of the genus *A p h a n i u s* (Nardo, 1832) (Actinopterygii, Cyprinodontidae) from Algeria. Zootaxa, 1158: 39-53.
- **BOET P. & LE LOUARN H., (1985).** La croissance du poisson. Techniques d'étude. In : Gestion piscicole des lacs et retenues artificielles (Gerdeaux et Billard eds.) : 125-142.
- **BOUDJEMA N., 2007.** Variation spatio-temporelle de la communauté microbienne des eaux du barrage de Boukourdane en relation avec les paramètres environnementaux. These de Magister. FSB/USTH.B. Alger. 87p.
- **BOUHADAD R., 1993.** Distribution des espèces du genre *Barbus* en Algérie. Cah. Ethol., 13: 185-188.
- **BOUHADAD R. & B. ASSELAH, 1998.** Biodiversité comparée de l'ichtyofaune des eaux douces algériennes (Sahara et Nord) et maghrébine. Santé Plus, 61: 19-22.
- **BOULENGER G.A., 1911.** Catalogue of the Freshwater Fishes of Africa in the British Museum. Fascicule 2. 530 p. London: British Museum.
- **BOURRELY, (1972).** Les algues d'eau douce : Initiation à la systématique. Les algues vertes. Tome I éd N Boubée et Cie. 572.

- **BOURRELLY P., 1981.** Les Algues d'eau douce, Tome II : Les Algues jaunes et brunes, éditions N. Boubée & Cie, 517p.
- **BOURRELLY P., 1985.** Les Algues d'eau douce, Tome II I: Les Algues bleues et rouges, éditions N. Boubée & Cie, 606p.
- **BOUTON L., 1957.** Trois semaines à l'embouchure de l'oued Sebaou. Bull. Stn. Aquic. Pêche Castiglione, 1: 37-114.
- **BOUTOU X., 1993.** Introduction à l'étude des eaux douces. Edition Cebedoc.382p
- **CAPBLANCO J. (1974).** Recherche sur la productivité primaire des lacs adultes. Thèse de Doctorat, université Paul Sabatier de Toulouse. 230p.
- **CAUVET G., 1913.** - Les poissons du Sahara algérien. Bull. Soc. Géogr. Alger, 18: 696-717.
- **CAUVET G., 1915.** Les mares à silures de l'Algérie. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, 6: 102-104.
- **CELLAMARE M., 2009.** Evaluation de l'état écologique des plans d'eau aquitains à partir des communautés de producteurs primaires. Thèse de Doctorat, pp 55-119.
- **CEMAGREF – 2007.** Contamination des poissons et des sédiments du Rhône par les polychlorobiphényles. Synthèse des données disponibles. Préfecture du Rhône.
- **CHAIBI RACHID., 2014.** Connaissance de l'ichtyofaune des eaux continentales de la région des Aures et du Sahara septentrional avec sa mise en valeur. Thèse de doctorat.103p.
- **CUVIER G. & A. VALENCIENNES, 1842.** Histoire naturelle des Poissons. Vol. 16, pp. 1828-1850. Paris: P. Bertrand.
- **DAGET J., (1976).** Les modèles mathématiques en écologie. Masson édition, Paris. 170p.
- **DAHLSTROM A., (2003).** Owls and cannibals revisited: traces of windigo features in Meskwaki texts. Papers of the Thirty-fourth Algonquian Conference, ed. H.C. Wolfart. Winnipeg: University of Manitoba, USA.
- **DAJOZ, (2000).** Précis de l'écologie 7eme ED, Edition DUNOD. P615.
- **DAJOZ, (2006).** Précis d'écologie. Cours et questions de réflexion. Edition Dunod. 631p.
- **DERMECHE S., CHAHROUR F. & BOUTIBA Z., 2009:** Contribution à l'étude des variations des indices physiologiques (indice de réplétion-indice gonadique et sex-ratio) chez la population d'oursins comestibles *Paracentrotus lividus* (Lamarck 1816) du littoral occidental algérien. Réseau de Surveillance Environnementale, Département de Biologie. 9p.
- **DIEUZEIDE R., 1927.** L'oued Réghaia. Bull. Stn. Aquic. Pêche Castiglione, 2: 161-171.
- **DIEUZEIDE R., 1932.** L'empoisonnement des eaux de l'oued Mazafran. Bull. Stn. Aquic. Pêche Castiglione, 2: 189-207.
- **DIEUZEIDE R. & R. CHAMPAGNE, 1950.** L'able de la Calle (*Phoxinellus callensis* Guichenot). Bull. Stn. Aquic. Pêche Cas - tiglione, 2: 9-28.
- **DIEUZEIDE R. & J. ROLAND, 1951.** Le laboratoire d'hydrobiologie et de pisciculture d'eau douce du Mazafran. Bull. Stn. Aquic. Pêche Castiglione, 3: 190-207.
- **BABUT M. & MIEGE C. (2007).** Direction de la Citoyenneté et de l'Environnement. 39 pages.
- **DOADRIO I., (1994).** Freshwater fish fauna of North Africa and its biogeography. Ann. Mus. Afr. Centr. Zool. 275: 21 – 34.
- **DOADRIO I., BOUHADAD R. & A. MACHORDOM, 1998.** Genetic differentiation and biogeography in Saharan populations of the genus *Barbus* (Osteichthyes, Cyprinidae). *Folia Zool.*, 47: 7-20.

- **DUMONT H., 1981.** Relict distribution patterns of aquatic animals: Another tool in evaluating late Pleistocene climate changes in the Sahara and Sahel. *Paleoecol. Afr.*, 14: 1-24.
- **EL-HAOUATI H et DJEMANE K. (2006).** Evaluation des ressources aquacoles (phytoplancton, zooplancton et poisson) du barrage Gargar (wilaya de Relizane). Mémoire d'ingénieur, USTHB. Alger. 37-38p.
- **EL-HAOUATI H. (2009).** Suivi de la caractéristique physico-chimique et phytoplanctonique de lac de Réghaia (wilaya d'Alger) thèse magister USTHB. Alger. 22-160p.
- **EL-HAOUATI, H. (2015).** Adaptation d'un indice phytoplanctonique pour l'évaluation de la qualité des eaux des écosystèmes lacustres algérien. Thèse de doctorat en sciences. USTHB. 242p.
- **ELVIRA B., 1990.** Conservation status of endemic freshwater fish in Spain. *Biol. Conserv.*, 72: 129-136.
- **ESCUADERO, J.C., GARCÍA CEBALLOS, E., MARTIN, GALLARDO, J., PÉREZ REGADERA, J.J. (1997).** Model for the study of the selection of environmental parameters in freshwater fish. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 44: 359-375.
- **FAO, (1984).** « Food and agriculture organization » : l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- **FRONTIER S. (1969).** Méthodes d'analyses statistiques applicables à l'écologie du plancton. Doc. Sci-Centre O.R.S.T.O.M. Nosy Be. 7. Multigr. 45p.
- **FRONTIER S et ETIENNE, (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. et PICHOD-VIALE D., (1993).** Dynamique des populations. Ecosystème, structure, fonctionnement et évolution, 2ème éd. Masson, coll. d'écologie. 447p.
- **GARCÍA N., ABDUL MALAK M., KRAÏEM M., SAMRAOUI B., AZEROUAL A., CUTTELOD A., & REDA FISHAR M., (2010).** The status and distribution of freshwater biodiversity in northern Africa. *The IUCN Red List of Threatened Species*, 156 p.
- **GAUJOUS, (1995).** LA pollution des milieux aquatiques, Aide mémoire ; 2 ème édition, Paris, 217p.
- **GAUSSEN H. et IAGNOULS .1.953.** Saison sèche et indice xerother - mique. iii. *Soc. Hyst. N*, Toulouse, T 8, 193-239.
- **ILTIS, (1966).** **Les algues d'eau douce initiation à la systématique.** Tome1 : les algues vertes, Edition N. Boubée et Cie 3. Place Saint-André-Des-ART, part, PARIS-6 e .Pb. 9-10.
- **KARTAS F. & QUIGNARD J.P., 1984.** La fécondité des poissons téléostéens, Paris. Masson. 117p.
- **LACAZE, (1996).** Eutrophisation des eaux marines et continentales : causes manifestation, conséquence et moyens de lutte. Edition Ellipse. 191p.
- **LACHEVANNE J., (1980).** Les manifestations de l'eutrophisation des eaux dans un grand lac profond de Léman, département de biologie végétale. Université de Genève. 151p.
- **LAMPERT et WINFRIED, (2007).** *Limnology: The Ecology of lakes and streams.*
- **LAMRINI A. 1983.** Les Sparidae du plateau continental saharien du sud Marocain e duction croissance et alimentation de *Pagellus acarne* (Risso, 1826) et *Pagellus connai* (Dieuzede, 1960). These doctorat. Maroc. 29p.

- **LEA E., (1910).** On the methods used in the herrings investigations, Publ. Circ. Const. Int. Exp. Mer, Copenhague, (53) 7-175.
- **LEVEQUE.C ,1996.** Ecosystèmes aquatique, les fondamentaux, édition hachette, paris, 270p.
- **LEVEQUE C., (2001).** Ecologie de l'écosystème à la biosphère. Edition IRD. 159p.
- **MANUEL DES PROTOCOLES D'ÉCHANTILLONNAGE POUR L'ANALYSE DE LA QUALITÉ DE L'EAU AU CANADA(2011).** B.C. Ministry of Water, Land and Air Protection (2003), ministère de l'Environnement, gouvernement du Québec (2004); Newfoundland and Labrador Environment and Conservation (1999).p116-118.
- **MATE, 2001.** Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. Rapport national sur la diversité biologique marine et côtière, 50 p.
- **MULHAUSER B. et MONNIERS G. (1995).** Guide de la faune et de la flore des lacs et des étangs d'Europe, Edition Delachaux et Niestle.p335
- **NISBET., VERNEAUX. (1970).** Composants chimiques des eaux courantes, discussion et propositions des classes en tant que base d'interprétation des analyses chimiques. Anale de limnologie 1,6 Fasc., pp 161-190.
- **OCDE, (1982).** Eutrophisation des eaux : méthode de surveillance, d'évaluation et de lutte. Organisation de coopération et de Développement Economiques. Paris.
- **PELLEGRIN, J. (1920).** Les Poissons des eaux douces de l'Afrique du Nord française et leur distribution géographique. - C.R.A.F.A.S., 5 p.
- **PELLEGRIN J., 1921.** Les poissons des eaux douces de l'Afrique du Nord française (Maroc, Algérie, Tunisie, Sahara). Mém. Soc. Sci. Nat. Maroc, 1: 1-217.
- **PLAYFAIR L. & M. LETOURNEUX, 1871.** Memoir on the hydrographical system and the freshwater fish of Algeria. A nn. Mag. Nat. Hist (Ser. 4), 8(48): 373-394.
- **RACHIQ S., (2003).** Structure et fonctionnement du peuplement phytoplanctoniques et capacités phagotrophes des micro-algues dans les réservoirs ALLAL El Fassi (Maroc).
- **REGUIG N. et BENAYACHE I., (2018).** Etude comparative des peuplements phytoplanctoniques indicateurs de la qualité des eaux dans deux systèmes lacustres « le lac du barrage de Keddara (Boumerdes) et le lac de Réghaia (Alger) ; p28-33-37.
- **ROLLAND A. (2009).** Dynamique et diversité du phytoplancton dans le réservoir MARNE (bassin versant de la Seine).
- **TRINTIGNAC P. (2004).** Impacts des étangs à la gestion piscicole sur l'environnement.
- **VERLAQUE, (1977).** Etude du peuplement phytobenthique au voisinage de la centrale thermique de Martique-ponteau sur le Macrophyt benthos Golf de Fos. Fr. Méditer. Thèse de 3ème cycle. Unive. Aix-Marseille. Fr.172p.
- **ZOUAKH D.E., BOUHADAD A., MOULLA M. & M. CHERBI, 2004.** Ichtyofaune, macrofaune benthique et peuplements zooplanctoniques des hydrosystèmes du Hoggar et du Ta s s i l i. Bull. Soc. Zool. Fr., 103: 55-80.

Annexes

Annexe I

Facteurs abiotiques

Facteurs biotiques

01) Méthodes de dosage des différents paramètres

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

Tab.1 : Nitrites

Paramètre	Réactifs	Mode opératoire	Expression des résultats
Nitrites	<ul style="list-style-type: none"> - Solution de Sulfanilamide. - Solution de N-Naphtyléthylénediamine. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prendre 50 ml de l'eau à analyser. - ajouter 1 ml du réactif 1 - agiter et laisser reposer 2 à 8min. - ajouter 1 ml du réactif 2, et attendre 10min. - mesurer l'absorbance à la longueur d'onde de 543 nm. 	-La teneur en Nitrites exprimée en mg/L .

Tab.2 : Nitrates

Paramètre	Réactifs	Mode opératoire	Expression des résultats
Nitrates	<ul style="list-style-type: none"> - Solution de salicylate de sodium Acide sulfurique concentré. - Solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium. 	<ul style="list-style-type: none"> -Prendre 10 ml de l'eau à analyser. -Ajouter 1 ml de solution de salicylate de sodium. -Agiter et laisser reposer 10mn. Evaporer à sec et laisser refroidir. Reprendre le résidu par 2 ml d'acide sulfurique concentré, attendre 10mn. -Ajouter 15ml d'eau distillé puis 10 ml de solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium. -Mesurer l'absorbance à la longueur d'onde de 415nm. 	-La teneur en nitrates exprimée en mg/L .

Tab.3 : Phosphates

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

Tab.4 : Azote ammoniacal

Paramètre	Réactifs	Mode opératoire	Expression des résultats
Azote ammoniacal	<ul style="list-style-type: none"> - Solution de Phénol-Nitroprussiate de Sodium. - Solution d'alcaline d'hypochlorite. 	<ul style="list-style-type: none"> -Prendre 100 ml de l'eau filtrée à analyser. -Ajouter 3ml du réactif 1, homogénéiser. -Ajouter 3 ml du réactif 2 et agiter -Placer immédiatement à l'obscurité pendant 6 à 8h. -Mesurer l'absorbance à 630nm. 	<ul style="list-style-type: none"> -Les teneurs de l'azote ammoniacal exprimées en mg/L.

02) Les données physico-chimiques du barrage de Keddara.

Tab.5 : Sommaire des relations d'interdépendance entre certaines variables clés.

Variable	Varibales secondaires	Lien
Conductivité électrique CE	Matières dissoutes totales MDT	CE et le MDT sont habituellement liées pour chaque plan d'eau. Les MDT représentent la somme des constituantstels que le chlorure, sulfate, etc...
Turbidité	Matières en suspension totales MEST	La turbidité peut etre liée à la quantité de matières solides en suspension.
Température	Oxygène dissous	La quantité d'oxygène dissous dans l'eau s'accroit à mesure que la température baisse.
pH et Température	Ammoniac	La toxicité de l'ammoniac dans l'eau s'accroit à mesure que le pH et la température augmentent.
Température du disque de Secchi	Turbidité, couleur et algues	Mesure de la présentation de la lumière dans un lac, laquelle est réduite pour ces trois acteurs.
Chlorure	Nitrites	La toxicité du nitrite dans l'eau dcroit avec la hausse des concetrations de chlorures.
Dureté	Alcalinité	L'alcalinité et la dureté sont souvent similaires dans l'eau.

Tab.6 : Variations des paramètres physicochimiques de l'eau dans quelques hydrosystèmes de la région prospectée
(Max : Maximum, Min : minimum et Moy : moyenne).

Paramètres mesurés	Barrage de Keddara	
	Automne	Printemps
T°C	Min 16.9 Moy 17.1 Max 17.5	Min 17.4 Moy 17.6 Max 18
pH	Min 8.19 Moy 8.21 Max 8.27	Min 8.83 Moy 8.89 Max 8.97
Transparence	Min 0.87 Moy 1.09 Max 1.12	Min 1.05 Moy 1.2 Max 1.45
Salinité ‰	0.4	0.3
Conductivité (µs/cm)	Min 1168 Moy 1179 Max 1183	Min 1030 Moy 1036 Max 1042
NO ₂ mg/L	Min 0.00 Moy 0.008 Max 0.011	Min 0.104 Moy 0.111 Max 1.0723
NO ₃ mg/L	Min 0.681 Moy 1.344 Max 2.002	Min 0.8087 Moy 0.987 Max 1.214
PO ₄ mg/L	Min 0.036 Moy 0.048 Max 0.357	Min 0.10 Moy 0.23 Max 0.043
NH ₄ (mg/L)	Min 0.030 Moy 0.049 Max 0.299	Min 0.0058 Moy 0.0087 Max 0.011
O ₂ dissous mg/L	Min 6.9 Moy 7.16 Max 7.33	Min 6.1 Moy 6.5 Max 7.2

**Tab.7 : Classes proposées pour le pH
(ARRIGNON 1982)**

Composant	Classe	Situation
pH < 5	1	Acidité forte, cours d'eau à substrat acide
5 < pH < 6	2	Acidité moyenne, cours d'eau à substrat acide
6 < pH < 7	3	Acidité faible, cours d'eau à substrat acide
7 < pH < 7.5	4	Acidité approchée, cours d'eau à substrat acide
7.5 < pH < 8	5	Faible alcalinité
8 < pH < 9	6	Alcalinité moyenne, eau close
pH > 9	7	Alcalinité forte, eau peu piscicoles ou valeurs passagères

**Tab.8 : Classes proposées pour la conductivité électrique
(ARRIGNON, 1982)**

Conductivité électrique	Classe	Minéralisation
C < 100	1	Très faible
100 < C < 200	2	Faible
200 < C < 333	3	Moyenne
333 < C < 666	4	Moyenne accentuée
666 < C < 1000	5	Importante
C > 1000	6	Elevée

Tab.9 : Classes proposées pour le pourcentage de saturation en oxygène (ARRIGNON, 1982)

% de saturation en oxygène	Classe	Appréciation
Sat \geq 90	1	Bonne
$70 \leq$ Sat < 90	2	Satisfaisante
$50 \leq$ Sat < 70	3	Douteuse
$30 \leq$ Sat < 50	4	Critique
$10 \leq$ Sat < 30	5	Très Dangereuse
Sat < 10	6	Létal

Tab.10 : Paramètres physico-chimiques (Automne-Printemps 2019) du barrage de Keddara

Stations	T° eau	pH	O ₂ (%)	O ₂ mg/L	Sal	Cond	Tran	NO ₂ mg/L	NO ₃ mg/L	NH ₄ mg/L	PO ₄ mg/L	Chlorophylle - a- Selon OCDE µg/l	
Automne	K a	16.96	8.26	73.4	7.18	0.4	1179	1.09	0.003	2.002	0.049	0.038	27.990
	K b	17	8.21	75.5	7.29	0.4	1183	1.12	0.008	0.835	0.038	0.357	27.159
	K c	17.1	8.21	77	732	0.4	1176	0.96	0.011	0.747	0.033	0.036	32.228
	K d	17.1	8.26	75.8	7.33	0.4	1179	0.87	0.008	0.681	0.299	0.048	35.949
	K e	17.3	8.27	76.2	7.16	0.4	1183	1.11	0.005	1.344	0.044	0.037	27.431
	K f	17.5	8.19	72.1	6.9	0.4	1168	0.98	0.011	0.968	0.030	0.037	31.498
Printemps	K a	17.4	8.96	76.3	7.2	0.3	1030	1.2	0.104	0.987	0.011	0.023	25.157
	K b	17.6	8.97	66.5	6.45	0.3	1036	1.2	0.107	0.831	0.007	0.011	25.157
	K c	17.5	8.97	66	6.2	0.3	1042	1.05	0.111	1.214	0.009	0.021	29.176
	K d	17.6	8.89	69.9	6.5	0.3	1033	1.25	0.110	1.055	0.008	0.010	24.043
	K e	17.4	8.83	64	6.1	0.3	1033	1.25	0.1108	0.8087	0.0087	0.0429	24.043
	K f	18	8.91	64.2	6.2	0.3	1039	1.45	1.0723	0.9378	0.0058	0.03	20.391

3) Illustration du matériel utilisé :



Fig.1 : Spectromètre



Fig.2 : Multi-paramètres



Fig.3 : Microscope inversé



Fig.4 : Plaque chauffante agitateur



Fig.5 : Balance électrique



Fig.6 : Disque de Secchi



Fig.7 : Filet planctonique



Fig.8 : Bouteille d'échantillonnage + Glacière

DONNEES GENERALES COMPAGNE						
Plan d'eau	Barrage de Keddoua		Date :	04 / 12 / 2018		
Type du plan d'eau	Artificiel		Code lac :			
Organisme / opérateur	CNRDPA / Aquaculture continentale		Réf. dossier :			
	Stat A	Stat B	Stat C	Stat D	Stat E	Stat F
COORDONNEES RELIEVES SUR GPS						
Altitude (m)	446,2	428,3	412,7	430,6	436,5	434,6
Longitude E	3°24'05"	3°25'03"	3°25'32"	3°25'52"	3°25'32"	3°25'05"
Latitude N	36°38'42"	36°38'34"	36°38'43"	36°38'40"	36°38'28"	36°38'09"
PROFONDEUR (en mètre)						
	-	-	-	-	-	-
ACCESSIBILITE : <input type="checkbox"/> bonne <input checked="" type="checkbox"/> moyenne <input checked="" type="checkbox"/> mauvaise						
VENT : <input checked="" type="checkbox"/> nul <input type="checkbox"/> faible <input type="checkbox"/> moyen <input type="checkbox"/> fort						
METEO : <input checked="" type="checkbox"/> soleil <input type="checkbox"/> faiblement nuageux <input type="checkbox"/> très nuageux <input type="checkbox"/> pluie fine <input type="checkbox"/> pluie forte <input type="checkbox"/> crépuscule						
CONDITIONS D'OBSERVATION :						
SURFACE DE L'EAU : <input checked="" type="checkbox"/> lisse <input checked="" type="checkbox"/> faiblement agitée <input type="checkbox"/> agitée <input type="checkbox"/> très agitée						
COULEUR DE L'EAU : <input type="checkbox"/> bleu <input checked="" type="checkbox"/> vert <input type="checkbox"/> brun <input type="checkbox"/> autre						
BLOOM ALGAL : <input type="checkbox"/> oui <input checked="" type="checkbox"/> non						
COUVERTURE VEGETALE : <input checked="" type="checkbox"/> abondante <input type="checkbox"/> en taches <input type="checkbox"/> faible <input type="checkbox"/> nulle						
MARNAGE : <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non						
NATURE DE SEDIMENTS : <input type="checkbox"/> gravier <input type="checkbox"/> sable <input type="checkbox"/> alluvion <input type="checkbox"/> autre						
REMARQUE :						
PRELEVEMENT N° 1 Eau Et 5 (2018-2019)						
HEURE DEBUT DE RELEVÉ			HEURE DE FIN DE RELEVÉ			
PRELEVEMENTS REALISES			MATERIEL EMPLOYE			
<input checked="" type="checkbox"/> phytoplancton <input type="checkbox"/> chlorophylle <input checked="" type="checkbox"/> eau <input type="checkbox"/> sédiments <input type="checkbox"/> macrophytes			<input type="checkbox"/> oligochètes <input type="checkbox"/> autres, précisez		<input type="checkbox"/> bouteille intégratrice <input type="checkbox"/> bouteille à renversement IL <input checked="" type="checkbox"/> autre bouteille	
OCCUPATION HUMAINE : + ce de rivière active						

Fig.9 : Fiche technique



Fig.10 : Filet maillant



Fig.11 : Pilulier



Fig.12 : Cuve (chambre) de sédimentation

Annexe II

Facteurs biotiques

Facteurs biotiques

**I-Photos de quelques espèces de phytoplanctons trouvées
dans le barrage de Keddara :**

01) Chlorophycées



Fig.13: *Staurastum cf. gracile*



Fig.14: *Pediastrum simplex var. echinulatum*



Fig.15: *Oocystis marssonii*

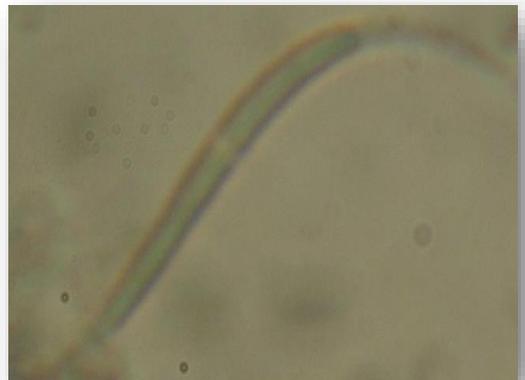


Fig.16: *Closterium acutum*

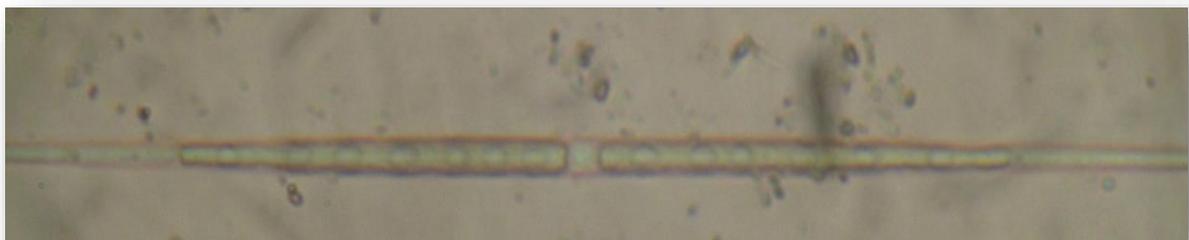


Fig.17: *Closterium acerosum*

02) Diatomophycées



Fig.18: *Stephanodiscus cf. neoastraea*



Fig.19: *Cyclotella sp*

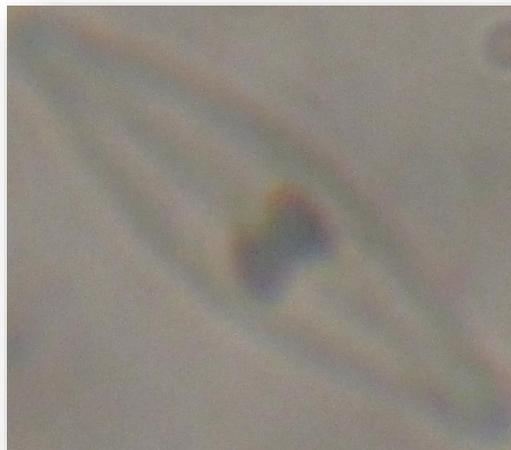


Fig.20: *Navicula cf. gregaria*

03) Cyanophycées

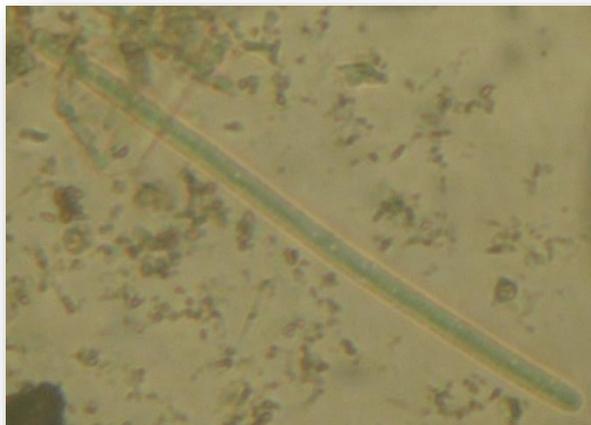


Fig.21: *Oscillatoria amphibia*

04) Cryptophycées



Fig.22 : *cf. Chlamydomonas*

05) Euglénophycées



Fig.23 : *Euglena viridis*

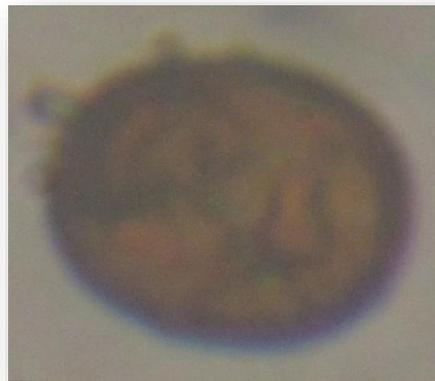


Fig.24 : *Trachelomonas rugulosa*

II- La faune ichtyologique :



Fig.25 : *Cyprinus carpio*



Fig. 26 : *Carassius carassius*



Fig. 27 : *Barbus setivimensis*