

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITÉ LARBI BEN M'HIDI OUM EL BOUAGHI  
FACULTÉ DES SCIENCES EXACTES, DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE**

En vue de l'obtention du

**Diplôme de Magister en Biologie**

Option : **Ecologie des écosystèmes aquatiques**

**Thème :**

Biodiversité et dynamique spatio-temporelle de la communauté  
phytoplanctonique de la zone humide artificielle du Barrage  
Koudiet M'douar (Timgad, Batna)

Présenté par : **LABED Amina**

**Devant le jury :**

**Président :** Dr. BOULAKHSSAIM M. M(A) Université Larbi Ben M'hidi

**Promoteur :** Dr. SI BACHIR A. Prof Université El Hadj Lakhder

**Examineurs :** Dr. OULDJAQUI A. M(A) Université Larbi Ben M'hidi

Dr. MAAZI M.C. M(A) Université Mohamed Cherif Messaadi,  
Souk Ahras

**Année universitaire : 2013/2014**

## Remerciements

Par la grâce de Dieu, ce travail a été achevé, de nombreuses personnes ont contribué à la réalisation de ce travail et je tiens à remercier :

Monsieur SI BACHIR A, mon promoteur, qui a accepté de diriger ce mémoire et m'a guidé tout au long de ce travail.

Monsieur BOULAKHSSAIM M, qui ma fait l'honneur d'accepter la présidence de jury de soutenance.

Ma gratitude va également aux honorables membres de jury qui ont bien voulu prendre le soin de juger ce travail : Monsieur OULDJAOUI A, Monsieur MAAZI CH.

Tous mes enseignants pour leurs encouragements. A Monsieur CHAFAA S, Monsieur CHAIBI R et Monsieur SAHEB M.

Sincères remerciements. A Monsieur BENCHOURI Y, (directeur du barrage de Koudiet M'douar). A tous le personnel du barrage surtout Mr DERRARDJA S.

Aux techniciens du laboratoire de l'Algérienne des Eaux (ADE- unité de Timgad) pour leurs aides dans la réalisation des analyses physico-chimiques de l'eau.

Merci à mes parents, ma famille, mes amis et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

# Sommaire

## Liste des figures

## Liste des tableaux

## Introduction ..... 1

## Chapitre I : Recueil bibliographique sur les réservoirs de barrage et le phytoplancton

### Partie I : Généralités sur les lacs des barrages et leur importance en Algérie

#### 1. Définition ..... 3

#### 2. Historique..... 3

#### 3. Intérêt et conséquences environnementales ..... 4

#### 4. Les types de barrages ..... 5

#### 5. Les lacs barrages en Algérie ..... 8

##### 5.1. Principaux lacs barrages..... 8

##### 5.2. Intérêt et utilisation des barrages ..... 8

##### 5.3. Méthodes de gestion et de suivi des barrages en Algérie..... 9

##### 5.4. Facteurs de dégradation et de menace ..... 10

### Partie II : Généralités sur le phytoplancton

#### 1. Définition ..... 11

#### 2. Habitat et écologie ..... 11

#### 3. Principaux groupes connus du phytoplancton ..... 12

#### 4. Importance du phytoplancton..... 17

##### 4.1. Intérêt écologique ..... 17

##### 4.2. Culture des microalgues et importances économiques et industrielles ..... 17

#### 5. Sources de nuisance du phytoplancton ..... 29

##### 5.1. Phénomène d'eutrophisation ..... 29

##### 5.2. Impacts du phytoplancton sur les écosystèmes aquatiques ..... 19

###### 5.2.1. Effet sur le zooplancton ..... 20

###### 5.2.2. Effet sur les mollusques et les crustacés ..... 20

###### 5.2.3. Effet sur les poissons ..... 20

###### 5.2.4. Impact sur les vertébrés terrestres ..... 21

###### 5.2. 5. Intoxications humaines ..... 21

## **Chapitre II : Matériels et Méthodes d'étude**

1. Présentation générale du Barrage Koudiet M'douar .....	23
1.1. Géographie et historique .....	23
1.2. Géologie et pédologie .....	23
1.3. Hydrologie.....	23
1.4. Climat.....	26
1.4.1. Températures.....	26
1.4.2. Précipitations.....	28
1.4.3. Vents.....	30
1.4.4. Synthèse climatique.....	30
2. Méthodes et techniques d'étude .....	32
2.1. Description et choix des stations d'échantillonnage .....	32
2.2. Méthodes et techniques de prélèvement des échantillons d'eau .....	34
2.2.1. Méthodes de prélèvement pour analyses physico-chimiques .....	34
2.2.2. Méthodes de prélèvement pour l'étude du phytoplancton .....	34
2.3. Méthodes et techniques d'étude au laboratoire .....	35
2.3.1. Méthodes d'analyse de la qualité physico-chimique de l'eau.....	35
2.3.2. Méthodes d'étude du phytoplancton .....	37
3. Exploitation des résultats .....	37
3.1. Exploitation des résultats par des paramètres et des indices écologiques.....	37
3.1.1. Application des paramètres de structure et d'organisation du peuplement Phytoplanctonique .....	37
3.1.2. Paramètres et indices de diversité des peuplements.....	38
3.1.3. Analyses statistiques des données .....	40

## **Chapitre III: Résultats et discussion**

1. Paramètres physico-chimiques de l'eau et leurs variations spatio-temporelle .....	42
1.1. Résultats .....	42
1.2. Discussion .....	43
1.3. Conclusion.....	55
2. Analyse des corrélations entre les paramètres physico-chimiques de l'eau.....	55
2.1. Résultats .....	55

2.2. Discussion .....	56
2.3. Conclusion.....	57
3. Structure et organisation des peuplements phytoplanctoniques .....	57
3.1. Composition taxonomique de la flore micro algale recensée .....	57
3.1.1. Résultats .....	57
3.1.2. Discussion .....	61
3.1.3. Conclusion.....	62
3.2. Evolution spatio-temporelle de l'abondance relative des peuplements phytoplanctoniques.....	62
3.2.1. Résultats .....	62
3.2.2. Discussion .....	62
3.2.3. Conclusion.....	64
3.3. Evaluation de la fréquence d'occurrence des peuplements phytoplanctoniques .....	64
3.3.1. Résultats .....	64
3.3.2. Discussion .....	67
3.3.3. Conclusion.....	67
3.4. Similitudes entre la structure des peuplements du phytoplancton (Indice de similitude de SORENSON).....	67
3.4.1. Résultats .....	67
3.4.2. Discussion .....	68
3.4.3. Conclusion.....	68
3.5. Variation des paramètres de diversité des communautés phytoplanctoniques.....	68
3.5.1. Résultats .....	68
3.5.2. Discussion .....	69
3.5.3. Conclusion.....	69
4. Analyse des corrélations entre les paramètres physico-chimiques et la dynamique des peuplements phytoplanctoniques .....	70
4.1. Résultats .....	70
4.2. Discussion .....	71
4.3. Conclusion.....	71
5. Analyse des corrélations entres les peuplements phytoplanctoniques.....	71

5.1. Résultats .....	71
5.2. Discussion .....	73
5.3. Conclusion.....	73
<b>Conclusion.....</b>	<b>74</b>
<b>Bibliographie</b>	
<b>Annexes</b>	

## Liste des figures

<b>Figure 1</b>	Répartition régionale des grands barrages à la fin du 20ème siècle	4
<b>Figure 2</b>	Coupe type d'un barrage poids (A), barrage voute (B), photo d'un barrage à contrefort « barrage de Girottes » (C).	6
<b>Figure 3</b>	Coupe d'un barrage en terre homogène (A), à masque amont étanche (B), zoné (C).	7
<b>Figure 4</b>	Les cyanophycées, les chlorophycées et les diatomées.	14
<b>Figure 5</b>	Les chrysophycées, les dinophycées et les cryptophycées.	16
<b>Figure 6</b>	Localisation du Barrage de Koudiet M'douar (Timgad, Batna).	24
<b>Figure 7</b>	Carte pédologique du barrage (Timgad, Batna).	25
<b>Figure 8</b>	Hydrologie du bassin versant de l'Oued Chemora avec le barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna)	25
<b>Figure 9</b>	Diagramme ombrothermique de GAUSSEN de la région d'étude (1982-2012).	31
<b>Figure 10</b>	Localisation et vues générales des stations d'échantillonnage au niveau du barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna).	33
<b>Figure 11</b>	Schéma d'un filet à plancton.	34
<b>Figure 12</b>	Température (°C) de l'eau dans les 4 stations prospectées du Barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) entre septembre 2013 et juin 2014	44
<b>Figure 13</b>	Valeurs du pH de l'eau dans les 4 stations prospectées du Barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) entre septembre 2013 et juin 2014	45
<b>Figure 14</b>	Turbidité de l'eau dans les 4 stations prospectées du Barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) entre septembre 2013 et juin 2014	47
<b>Figure 15</b>	Conductivité de l'eau dans les 4 stations prospectées du Barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) entre septembre 2013 et juin 2014	49
<b>Figure 16</b>	Salinité d'eau dans les 4 stations prospectées du Barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) entre septembre 2013 et juin 2014	50

---

<b>Figure 17</b>	Teneur en nitrates (mg/l) dans les 4 stations prospectées du Barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) entre septembre 2013 et juin 2014	51
<b>Figure 18</b>	Teneurs en nitrites (mg/l) dans les 4 stations prospectées du Barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) entre septembre 2013 et juin 2014	52
<b>Figure 19</b>	Teneurs en azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) dans les 4 stations prospectées du Barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) entre septembre 2013 et juin 2014	53
<b>Figure 20</b>	Teneurs en orthophosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) dans les 4 stations prospectées du Barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) entre septembre 2013 et juin 2014	54
<b>Figure 21</b>	Teneurs de l'oxygène dissous ( $\text{O}_2$ ) dans les 4 stations prospectées du Barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) entre septembre 2013 et juin 2014	55
<b>Figure 22</b>	Pourcentages des différentes classes identifiées.	58
<b>Figure 23</b>	Evolution temporelle des effectifs moyens des différentes classes de phytoplancton recensées : station 1 (A), station 2 (B), station 3 (C), station 4 (D).	63

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b>	Principaux lacs barrage en Algérie.	8
<b>Tableau 2</b>	Données thermométriques mensuelles moyennes en (°C) de la station Ain Skhoua (Batna) (1982-2012).	27
<b>Tableau 3</b>	Données thermométriques mensuelles moyennes en (°C) de la région d'étude (Timgad) calculées par extrapolation (1982-2012).	27
<b>Tableau 4</b>	Données thermométriques mensuelles moyennes en (°C) de la station Ain Skhoua (Batna) (septembre 2013 - juin 2014).	27
<b>Tableau 5</b>	Données thermométriques mensuelles moyennes en (°C) de la région d'étude (Timgad) (septembre 2013 - juin 2014).	28
<b>Tableau 6</b>	Précipitations moyennes mensuelles de la station Ain Skhoua (Batna) durant la période 1982-2012.	29
<b>Tableau 7</b>	Précipitations moyennes mensuelles calculées par extrapolation pour Timgad durant la période allant de 1982-2012.	29
<b>Tableau 8</b>	Précipitations moyennes mensuelles enregistrées à Ain Skhoua (Batna) durant la période allant de septembre 2013 – juin 2014.	29
<b>Tableau 9</b>	Précipitations moyennes mensuelles de Timgad (Batna) calculées par extrapolation (septembre 2013 – juin 2014).	29
<b>Tableau 10</b>	Moyennes mensuelles de la vitesse du vent (m/s) enregistrée à Ain Skhoua (Batna) pour la période allant de (1982-2012).	30
<b>Tableau 11</b>	Evaluation du quotient pluviométrique $Q_2$ pour la région de Timgad pendant la période (1982-2012).	32
<b>Tableau 12</b>	Détails des mesures physico-chimiques de l'eau.	35
<b>Tableau 13</b>	Paramètres physico-chimiques de l'eau évalués dans les 4 stations prospectées au niveau du barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna)	42
<b>Tableau 14</b>	Relation entre la minéralisation de l'eau et la conductivité mesurée.	48
<b>Tableau 15</b>	Corrélations entre les paramètres physico-chimiques de l'eau mesurés au barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) (septembre 2013-juin 2014)	56
<b>Tableau 16</b>	Inventaire taxonomique du phytoplancton recensé dans les 4 stations prospectées au barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) entre septembre 2013 et juin 2014	58
<b>Tableau 17</b>	Pourcentages en nombre de genres des classes de phytoplancton identifiées par station au barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) (septembre 2013-juin 2014).	60

---

<b>Tableau 18</b>	Les genres phytoplanctoniques recensés dans le barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) (septembre 2013-juin 2014), et reconnus potentiellement toxiques	61
<b>Tableau 19</b>	Fréquences d'occurrence et échelle de constance des différents genres de phytoplancton recensés au barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) (Moyennes de la période septembre 2013-juin 2014)	65
<b>Tableau 20</b>	Indice de similitude de SORENSEN (%) calculé entre les 4 stations échantillonnées prises deux à deux dans le barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) (septembre 2013-juin 2014).	68
<b>Tableau 21</b>	Richesse générique totale (S), indice de diversité de Shannon ( $H'$ ) et équirépartition (E) des peuplements phytoplanctoniques du barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) (septembre 2013-juin 2014).	69
<b>Tableau 22</b>	Corrélations entre l'abondance des peuplements du phytoplancton et les paramètres physico-chimiques de l'eau au barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) (septembre 2013-juin 2014)	70
<b>Tableau 23</b>	Corrélations entre l'abondance des peuplements du phytoplancton du barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) (septembre 2013-juin 2014)	72

## Introduction

Les zones humides continentales se définissent comme étant une espèce de transition entre la terre et l'eau et couvrent environ 1% de la surface immergée de la planète (**SAHAGIAN et al., 1998**). Ce sont des écosystèmes de grande valeur, tant pour l'être humain que pour la faune et la flore, qui y trouvent un milieu favorable pour leur développement.

Les lacs de barrages constituent un type de zones humides continentales de plus en plus important. Alors que l'on détourne toujours d'avantage d'eau des rivières et des fleuves pour des projets d'irrigation ou pour approvisionner les industries et les villes. Les réservoirs construits en montagne remplacent dans une certaine mesure les zones humides des plaines en aval. Certains réservoirs jouent un rôle important pour la faune et la flore et remplacent de manière efficace les lacs naturels qui ont disparu (**PEARCE et CRIVELLI, 1994**).

Un barrage est un ouvrage d'art placé en travers d'un cours d'eau, destiné à retenir et stocker de l'eau ou à la dériver (**DELLIOU, 2003**).

En Algérie, Il existe 68barrages avec une capacité de 6767 de Hm<sup>3</sup> (**Site Web, 1**). Malgré leurs importances, l'étude des aspects biologiques et écologiques des barrages reste insuffisante malgré les richesses bio-écologiques qu'ils recèlent. Parmi les groupes vivants les plus abordés dans les études concernant la vie aquatique, nous citons le phytoplancton, qui représente une grande importance tant du point de vue écologie qu'économique, médical ainsi que d'autres industrielles (industrie cosmétique et des compléments alimentaires, industriel des crevettes, des mollusques et d'autres fruits de mer) (**CADORET et BERNARD, 2008**); et elles sont utilisées en agriculture comme engrais biologique pour la fertilisation des sols pauvres (**CHADER et TOUZI, 2001**).

Le phytoplancton ou plancton végétal, regroupe les algues unicellulaires photosynthétiques dont le rôle est essentiel au sein des cycles biogéochimiques et dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques puisqu'il est, entre autres, à la base des chaînes trophiques (**SOURNIA, 1986**).

Le phytoplancton est fortement influencé par les changements environnementaux est considéré comme étant la première communauté biologique à répondre à l'eutrophisation, spécialement dans les lacs. Ainsi, ce compartiment biologique a été proposé puis imposé par la DCE (directive cadre de l'eau ; directive européenne du 23 décembre 2000) comme élément de qualité biologique pour les lacs et est identifié aujourd'hui comme un bio-indicateur potentiel puisque répondant aux changements trophiques des masses d'eau (**GROGA, 2012**).

En Algérie, malgré la présence d'une multitude de plans d'eau caractérisées par des richesses biologiques, le phytoplancton n'a fait l'objet que de très peu d'études on cite Touahria (1992), Retima (1999), Chaibi (2004), Bacha 2010, Chergui et al., (2013) et El haouati et al., (2013).

L'objectif principal de notre étude est de contribuer à la connaissance de la diversité micro-algale, son comportement bio-écologique en relation avec les facteurs du milieu et l'évolution de la structure et de l'organisation des peuplements phytoplanctonique dans le temps (septembre 2013-Juin 2014) et dans l'espace (4 stations). C'est aussi une contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau avec une mise en évidence des relations caractérisant le peuplement phytoplanctonique avec les conditions de leur milieu physique.

Dans le premier chapitre de ce document, nous présentons un recueil bibliographique sur les réservoirs de barrage et le phytoplancton, divisé en deux parties, la première présente des généralités sur les lacs des barrages et leur importance en Algérie et la deuxième porte sur la bio-écologie du phytoplancton.

Le deuxième chapitre se divise en trois parties : la première est consacrée à la présentation générale de la zone d'étude et de ses principales caractéristiques écologiques; la deuxième porte sur les différentes méthodes utilisées sur le terrain et au laboratoire et la dernière renferme les méthodes d'exploitation des résultats par le calcul d'indices écologiques et d'analyses bio-écologiques.

Le troisième chapitre englobe tous les résultats obtenus et analysés avec des discussions et des conclusions partielles.

Enfin, une conclusion générale récapitule l'ensemble de nos résultats avec des perspectives.

# Chapitre I : Recueil bibliographique sur les réservoirs de barrage et le phytoplancton

## Partie I : Généralités sur les lacs des barrages et leur importance en Algérie

### 1. Définition

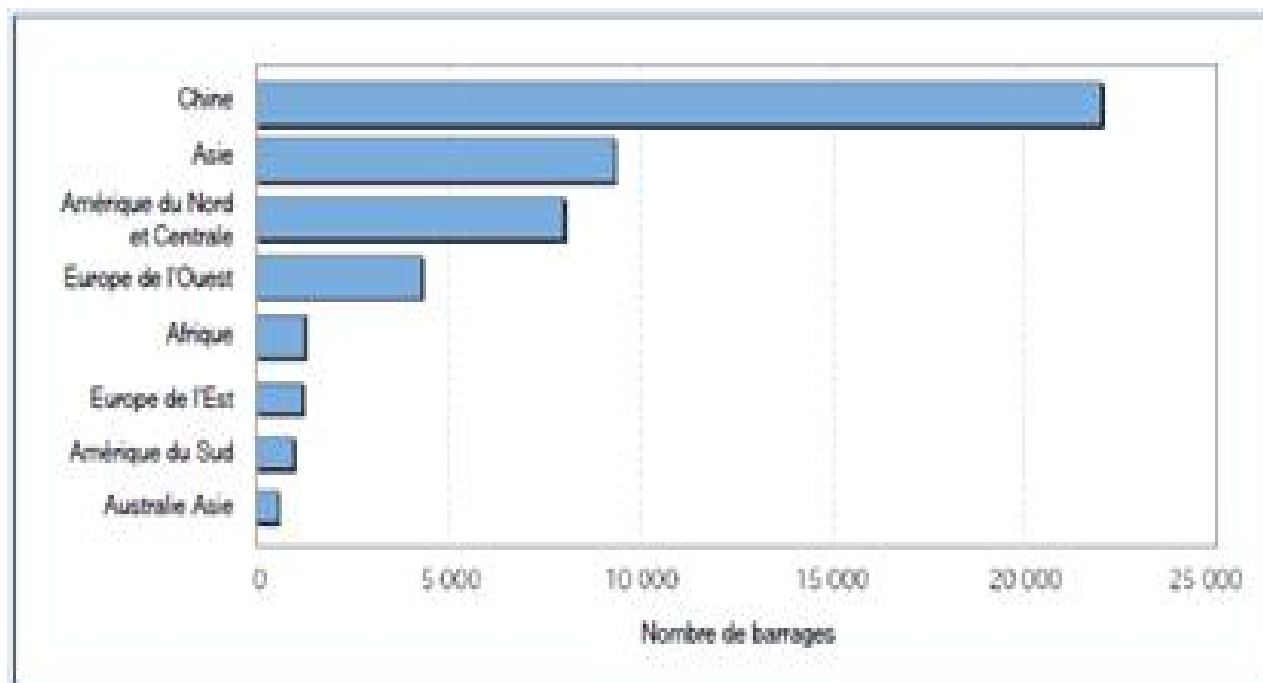
Les barrages et lacs collinaires sont des aménagements de moyenne et petite hydraulique sur les cours d'eau secondaires dans les parties amont de grands bassins versants. Il s'agit de digues en terre compactée avec un déversoir latéral donnant lieu à des retenues d'eau de quelques dizaines de milliers de m<sup>3</sup> à quelques millions de m<sup>3</sup>, inondant des surfaces de taille modérée (ALBERGEL *et al.*, 2006)

### 2. Historique

Les barrages ne sont pas nouveaux : on en construit depuis des milliers d'années pour maîtriser les crues et assurer l'approvisionnement en eau pour la consommation, l'irrigation et plus récemment, l'industrie. A partir de 1950, un nombre croissant de barrages a été construits au fur et à mesure de la croissance démographique et du développement économique. Dans le monde au moins 45 000 grands barrages ont été construits pour satisfaire les besoins en eau et en énergie (ANONYME, 2000a) (Fig.1).

A ce jour, près de la moitié des fleuves dans le monde compte au moins un grand barrage et les centrales hydroélectriques produisent plus de 50 % de l'électricité consommée dans un tiers des pays du monde. Les grands barrages produisent à eux seuls 19 % de l'énergie électrique totale. La moitié des barrages qui existent dans le monde ont été construits spécialement ou surtout pour l'irrigation et quelques 30-40 % des 271 millions d'hectares irrigués dans le monde sont alimentés par ces ouvrages (ANONYME, 2000).

Actuellement, on constate une diminution sensible du nombre de nouveaux barrages. Il reste à les entretenir, et peut-être à vérifier que le meilleur usage de l'eau stockée derrière les retenues est celui que l'on avait défini à l'origine. Les activités de toutes natures associées aux barrages évoluent mais restent considérables (ANONYME, 2013).



**Figure 1** : Répartition régionale des grands barrages à la fin du 20<sup>ème</sup> siècle (ANONYME, 2000).

### 3. Intérêt et conséquences environnementales

Entre les années 1930 et les années 1970, période où la construction de grands barrages étaient à son apogée, ces ouvrages étaient, pour beaucoup de gens, synonymes de développement et de progrès économiques. L'hydroélectricité, l'irrigation, l'alimentation en eau potable et la maîtrise des crues étaient largement considérées comme des raisons suffisantes pour justifier les importants investissements nécessaires. Les autres avantages cités pour justifier la construction de barrage sont : la prospérité économique résultant des cultures irriguées, l'électrification des zones rurales et le développement des infrastructures physiques et sociales telles que les routes et les écoles (ANONYME, 2000).

Toutefois, plus un projet est ambitieux, plus ses conséquences sont lourdes. La construction de barrages permet de réguler le débit d'un fleuve, diminuant ainsi les écarts de flux et donc l'intensité des crues et des sécheresses. Cette régulation par les barrages modifie le mode d'écoulement naturel des rivières. L'augmentation probable du flux moyen en aval en saison sèche peut inonder de manière permanente des écosystèmes importants, tandis qu'une diminution des flux pendant la saison humide peut nuire à la productivité biologique de petites plaines inondables (ARNAUDET *et al.*, 2013).

Ainsi l'un des effets majeurs de la construction de barrages sur les communautés de poissons de rivière est le déclin et la disparition possible des espèces migratrices. On peut noter également que les

barrages divisent les écosystèmes et perturbent la biodiversité à l'échelle locale (**ARNAUDET *et al*, 2013**).

Aussi, la construction d'un barrage peut provoquer à la fois des bouleversements humains en forçant des populations entières à se déplacer et avoir un impact écologique non négligeable en changeant fondamentalement l'écosystème local (**ARNAUDET *et al*, 2013**).

#### 4. Les types de barrages

##### \* Les barrages poids

De forme massive et triangulaire, résistent à la poussée de l'eau grâce à leur poids (**DELLIOU, 2008**) (Fig. 2A).

##### \*Les barrages voûtes

De forme arquée, profitent de leur forme pour reporter la poussée de l'eau vers le rocher des rives (**DELLIOU, 2008**) (Fig. 2B).

##### \*les barrages à contreforts

Sont constitués d'une série de murs (les contreforts) construits dans la vallée parallèlement à l'axe de la rivière, l'espace entre les contreforts étant bouché par une dalle en béton, une voûte (**DELLIOU, 2008**) (Fig. 2C).

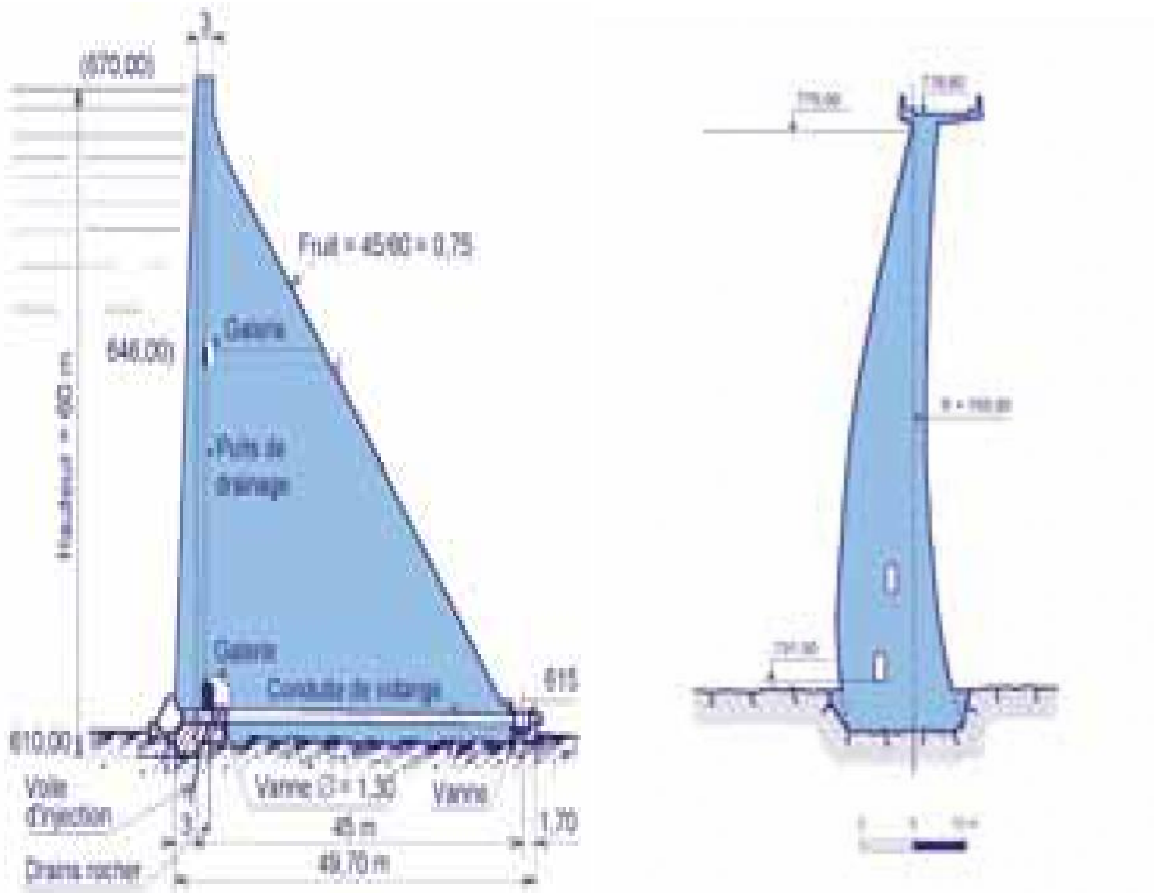
##### \* Les barrages en remblai peuvent être :

- **en terre homogène** : le barrage est réalisé en terre compactée suffisamment imperméable en elle même, parfois complété par des tapis, des cheminées ou de cordons drainants. De nombreux petits barrages retenant un étang sont construits en terre imperméable (**DELLIOU, 2008**) (Fig.3A).

- **à masque amont étanche** : le barrage, souvent en enrochement, est étanché à l'amont par un masque étanche réalisé en béton armé ou en béton bitumineux (**DELLIOU, 2008**) (Fig.3B).

- **zonés**, avec un noyau central étanche réalisé en terre argileuse et encadré par des remblais plus perméables en enrochements (**DELLIOU, 2008**) (Fig.3C).

Les organes d'évacuation des crues qui sont des organes de sécurité essentiels permettent enfin de préciser le type de barrages (**DELLIOU, 2008**).



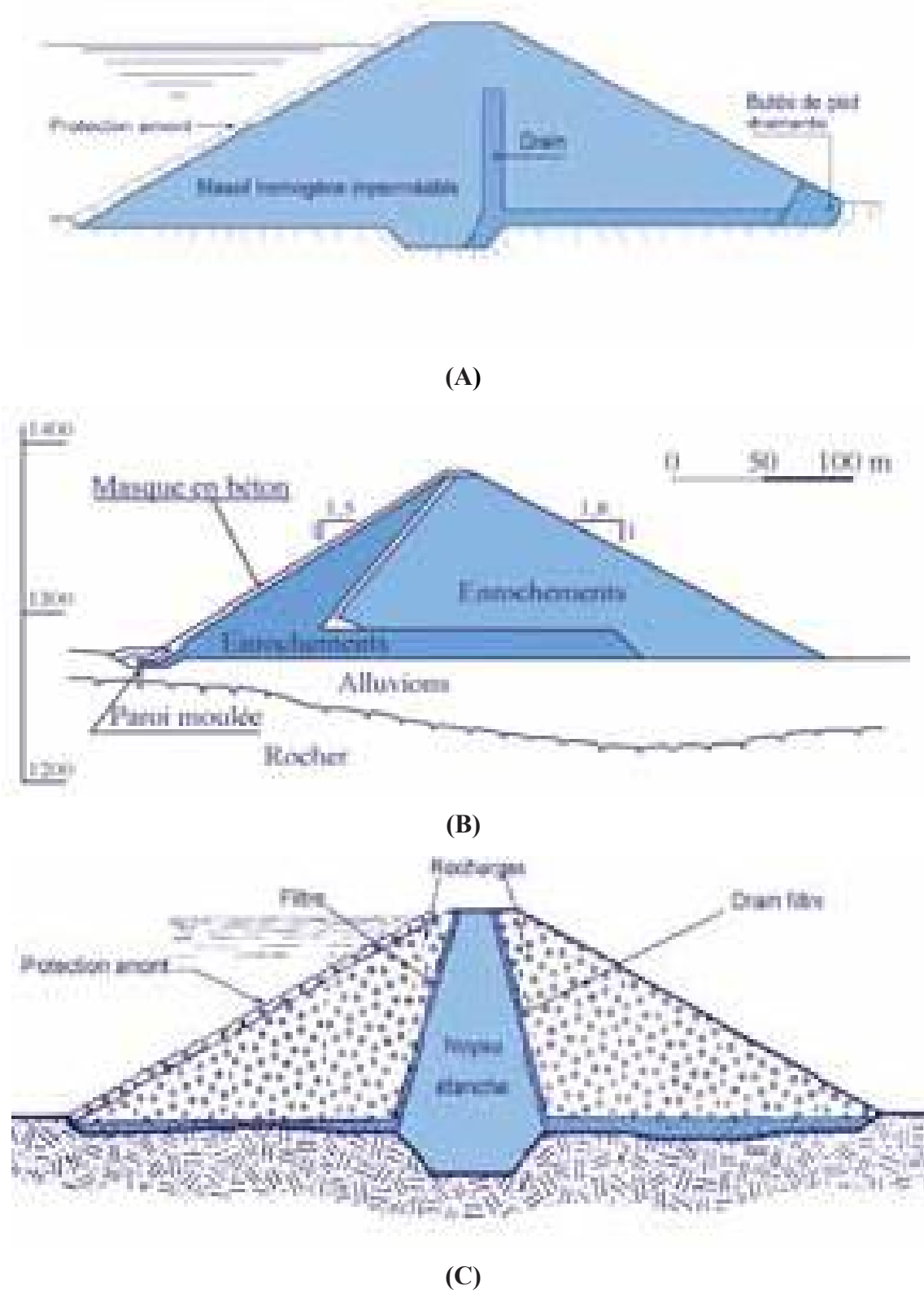
(A)

(B)



(C)

**Figure 2 : Coupe type d'un barrage poids (A), barrage voute (B), photo d'un barrage à contrefort « barrage de Girottes » (C), (DELLIOU, 2008).**



**Figure 3** : Coupe d'un barrage en terre homogène (A), à masque amont étanche (B), zoné (C), (DELLIOU, 2008).

## 5. Les lacs barrages en Algérie

L'Algérie a réalisé une avancée considérable en matière d'accès à l'eau afin d'assurer la couverture des besoins en eau domestique, industrielle et agricole, le nombre de barrages en Algérie a atteint 68 barrage en 2014 avec une capacité de 6767 de Hm<sup>3</sup> ANBT, (sd).

### 5.1. Principaux lacs barrages

Les principaux lacs barrages en Algérie sont rapportés dans le tableau ci-dessous (Tableau 1).

**Tableau 1** : Principaux lacs barrage en Algérie.

Nom	Wilaya	Capacité (Hm <sup>3</sup> )	Hauteur (m)
Beni Haroun	Mila	960	121
Koudiet Acerdoune	Bouira	640	121
Gargar	Relizane	358	90
Sidi Yacoub	Chlef	253	87
H. Debagh	Guelma	184	93
Bouroumi	Blida	181	100
Taksebt	Tizi ousou	181	76
H. Boughrara	Tlemcen	175	85
Tilesdit	Bouira	164	65
Cheffia	El Taraf	159	51

ANBT, (sd)

### 5.2. Intérêt et utilisation des barrages

Selon **DELLIOU (2008)**, les barrages peuvent être construits pour plusieurs objectifs :

- produire de l'électricité à partir d'une énergie renouvelable, celle de l'eau, avec des usines hydroélectriques accolées au barrage ou situées plus bas dans la vallée et alimentées par des conduites forcées ;
- créer des réserves d'eau pour l'alimentation en eau potable des villes. L'eau peut également être nécessaire pour des besoins industriels ;
- irriguer des zones agricoles ayant de gros besoins en eau lors des périodes sèches ;
- alimenter en eau les canaux ;

- maintenir dans les rivières un débit minimum suffisant lors des étiages, pour assurer à la fois une qualité écologique satisfaisante des rivières et permettre les prélèvements par pompage à l'aval (pour des besoins d'alimentation en eau, d'irrigation...);
- réduire l'effet des crues en retardant l'eau grâce au stockage dans la retenue qui se remplit pour la relâcher après le passage de la crue.

Certains de ces objectifs peuvent être complémentaires sur un même ouvrage. D'autres sont, a priori, opposés : il est, par exemple, impossible d'avoir en même temps une retenue pleine pour fournir une réserve d'eau potable mais aussi une retenue vide pour limiter au maximum l'impact des crues. C'est le cas notamment des barrages écrêteurs de crue qui sont des ouvrages conçus spécialement à cette fin avec des dispositions particulières de conception et d'exploitation (**DELLIOU, 2008**).

### **5.3. Méthodes de gestion et de suivi des barrages en Algérie**

La nouvelle politique de restructuration et de réorganisation du secteur de l'eau en Algérie a introduit des changements au niveau du ministère des ressources en eau, où les services sont passés d'un statut d'administration publique à un statut d'établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC). C'est ainsi, que l'Agence Nationale des Barrages (ANB) est devenue l'Agence Nationale des Barrages et des Transferts (ANBT), l'agence de gestion des infrastructures d'irrigation et de drainage (AGID) est devenue l'office national d'irrigation et de drainage (ONID) et devra regrouper l'ensemble des Offices des Périmètres Irrigués (OPI), quant à l'Algérienne Des Eaux (ADE), elle devra créer de petites sociétés par actions (SPA) qui vont gérer les eaux des grandes villes (**TOUATI, 2010**).

A titre d'exemple, le barrage Koudiet Medouar de Timgad (Batna) suit un contrôle technique géré par l'Agence Nationale des Barrages et des Transferts (ANBT) et repartis en deux phases : La première, phase d'exploitation, représentée par une station météo composée d'un bac Colorado d'une surface de 11304 mm, un pluviomètre et un thermomètre. Pour la lecture des cotes du plan d'eau une mire graduée placée verticalement sur la tour de prise.

La deuxième phase, l'auscultation est représentée par :

- Des piézomètres; des techniciens veillent au contrôle des deux digues (digue principale et digue de col) durant toute l'année avec une prospection visuelle et des mesures de pression dans tous les piézomètres incorporés dans le corps du barrage, Ces mesures de niveau piézométrique sont réalisées hebdomadairement.

- Mesures tridimensionnelles (barre vanchon): des mesures prises mensuellement à l'aide d'un pied à coulisses dans les trois dimensions X, Y et Z afin de contrôler les anneaux de la galerie de dérivation.

- Cellules de pression : dispositif d'auscultation consiste à mesurer la pression interstitielle.
- Forages drainants : des puits a faible profondeur varie entre 7 et 10 mètres.
- Tassement et gonflement sur la digue principale : des mesures sont prisent chaque mois pour vérifier le déplacement du corps du barrage.
- Fuites et drains L/S : la mesure des fuites et des drains se fait manuellement avec une éprouvette graduée et un chronomètre, durant les jours normaux et les événements exceptionnels. Le but de cette mesure et de contrôler et de voir l'étanchéité et le comportement du barrage au cours des années d'exploitation vis-à-vis des charges supportées (ANBT, 2014).

#### **5.4. Facteurs de dégradation et de menace**

En plus de la faible quantité d'eau reçue par nos barrages à cause de la sécheresse qui a touchée le pays depuis une vingtaine d'années, cette eau se trouve menacée par trois problèmes hydrauliques majeurs qui sont l'évaporation intense, l'envasement accéléré et les fuites d'eau surtout à travers les appuis (TOUMI et REMINI, 2004).

Le problème des fuites d'eau dans les retenues de barrages préoccupe les services de l'hydraulique. En effet, en plus des pertes en eau précieuse. Il peut même mettre en péril la sécurité des ouvrages et par conséquent présente des menaces sur les biens et les populations se trouvant en aval (TOUMI et REMINI, 2004).

Le phénomène de l'évaporation des lacs de barrages en Algérie est considérable. Une perte de volume très élevée est enregistrée annuellement. Les lacs d'eau (sebkhas et chotts) situés dans des zones arides présentent une forte évaporation puisque l'ensemble des facteurs se trouvent réunis; une température de l'air souvent élevée pendant les saisons sèches, une forte insolation presque continue durant toute l'année et une présence considérable de vents secs (grande vitesse) surtout durant l'automne et le printemps (REMINI, 2005).

Le phénomène de l'envasement se pose avec acuité et constitue un problème majeur en Algérie (dégradation des sols agricoles, alluvionnement des retenues). Plusieurs paramètres entrent en jeu dans ce processus. Il s'agit d'une part, des caractéristiques du milieu : le climat, la topographie, la lithologie et le couvert végétal. Après une longue saison sèche (de 4 à 7 mois), caractérisée par de fortes températures, les pluies provoquent la destruction des agrégats du sol. Le ruissellement déclenché par ces pluies assure le transport des particules détachées. De plus, en saison chaude, les sols sont très souvent nus ou mal protégés bien préparés donc, pour l'érosion éolienne et hydrique qui se manifeste dès les premières pluies d'automne (TOUATI, 2010).

Par ailleurs, à cause de l'intervention de l'homme, par le déboisement, par le surpâturage, par les façons culturales, et par sa politique d'hydraulique minière, le processus d'envasement se trouve accéléré (TOUATI, 2010).

## Partie II : Généralités sur le phytoplancton

### 1. Définition

Le phytoplancton est une composante majeure des écosystèmes aquatiques en général et océaniques en particulier (ARINO, 2001). Il est constitué de l'ensemble des micro-organismes végétaux en suspension dans l'eau, capables d'élaborer par photosynthèse leurs propres substances organiques, à partir de l'énergie solaire, de l'eau, du dioxyde de carbone et des sels nutritifs (GAILHARD, 2003). C'est le maillon indispensable qui transforme les éléments minéraux nutritifs et le gaz carbonique dissous dans l'eau en matière organique vivante « les algues elles mêmes » (BILLARD, 1998).

Le phytoplancton est composé d'espèces très variées pouvant former des chaînes ou des agrégats, la taille des espèces rencontrées peut varier de 1 à 1.000  $\mu\text{m}$ , la moyenne se situant vers les 20 à 50  $\mu\text{m}$ . Ils flottent dans les eaux, sans pouvoir s'opposer à leurs déplacements (AMELINEAU, 2005).

### 2. Habitat et écologie

Comme tous les êtres vivants, les micro-algues se développent dans les milieux où elles trouvent ce dont elles ont besoin pour vivre (MOLLO et NOURY, 2013). Les organismes qui constituent le phytoplancton est d'une extrême plasticité écologique (GROGA, 2012).

Le phytoplancton peut vivre partout où il y a de l'eau. On le trouve aussi bien dans les eaux douces, marines que saumâtres (mélange d'eau douce et d'eau salée comme les estuaires) (MOLLO et NOURY, 2013). Quelques espèces sont recensées dans les eaux thermales tandis que d'autres tolèrent les basses températures (GROGA, 2012). Il se développe mieux dans les eaux plutôt calmes et riches en sels nutritifs : rivières, estuaires, marais... Ainsi, la concentration de phytoplancton est jusqu'à dix fois plus forte dans les eaux continentales qu'en haute mer. (MOLLO et NOURY, 2013).

Le phytoplancton vit là où les éléments de la photosynthèse sont réunis :

\* **La lumière:** Dans l'océan, les rayons solaires ne pénètrent que jusqu'à une certaine profondeur. C'est pourquoi le phytoplancton est abondant surtout dans les eaux de surface où il reçoit suffisamment de lumière pour réaliser la photosynthèse. Cette zone est la couche euphotique, dont l'épaisseur varie de plusieurs mètres dans les estuaires jusqu'à environ 200 mètres en haute mer (MOLLO et NOURY, 2013).

\* **Les sels minéraux:** sont présents partout où l'eau douce vient rejoindre la mer, mais pour qu'ils soient accessibles au phytoplancton, ils doivent, comme lui, rester en suspension dans les eaux de surface où se trouvent tous les éléments de la photosynthèse. Pour cela, ils dépendent des vents et des courants qui brassent de l'eau leur évitant de tomber ou de rester sur les fonds où ils s'ajoutent aux sédiments.

\* **Le gaz carbonique:** Dissous dans l'eau, il entre dans le processus de la photosynthèse. Le CO<sub>2</sub> vient des échanges gazeux (CO<sub>2</sub> – O<sub>2</sub>) avec l'atmosphère et il est présent partout (**MOLLO et NOURY, 2013**).

Le développement du phytoplancton dépend de l'intensité lumineuse, de la température de l'eau et des substances nutritives dissoutes (**MICHA, 1988**).

Les différentes espèces de phytoplancton ne réagissent pas de la même manière aux facteurs du milieu, en particulier la turbulence. Leurs taux de croissance, ainsi que leur dépendance vis-à-vis des nutriments, sont également variables. En outre, afin de faire face aux variations environnementales, les espèces phytoplanctoniques ont développé des stratégies adaptatives, telles que différents mécanismes favorisant leur mobilité et leur migration vers des zones riches en nutriments et en lumière (**GROGA, 2012**).

### 3. Principaux groupes connus du phytoplancton

Le premier niveau de classification du phytoplancton est basé sur les pigments photosynthétiques, les produits de réserve et leur localisation cytoplasmique, ainsi que leur niveau de complexité intracellulaire. Plus communément, d'autres critères tels que la reproduction, la nature du squelette, la mobilité permettent de ranger les algues en plusieurs classes telles que : les Cyanophycées ou cyanobactéries, les Chlorophycées, les Diatomophycées ou Bacillariophycées (Fig.4), les Dinophycées, les Cryptophycées et les Chrysophycées (Fig. 5) (**GROGA, 2012**).

\***Les cyanophycées** sont des procaryotes (cellules dépourvues de noyau et d'organites intracellulaires) photosynthétiques (**LAVOIE et al, 2007**). En effet, ces organismes sont désignées par de nombreux noms suivant la spécialité des chercheurs qui les étudient : Algues bleues, Cyanophytes ou Cyanophycées pour les botanistes ; Cyanobactéries pour les microbiologistes (**FREMY et LASSUS, 2001**) (Fig.4).

Ils se présentent généralement sous forme de cellules isolées, ou de filaments (**CAVALLA, 2000**). Ces phytoplanctons sont les algues primitives, nées il y a 3,5 milliards d'années (**MOLLO et NOURY, 2013**).

Ces organismes, regroupent plus de 110 genres et environ 1000 espèces. La plupart des cyanobactéries sphériques appartiennent à la famille des Chroococcacées et les filamenteuses aux familles des Nostocacées et Oscillatoriacées. Les cellules appartenant à cette classe se caractérisent par l'absence de noyau, de plaste et de reproduction sexuée (**GROGA, 2012**).

\* **Les chlorophycées** sont des micro-algues vertes vivants dans les eaux marines et douces des zones tempérées et chaudes, elles mesurent de 1 à 10 microns (**MOLLO et NOURY, 2013**).

Ces algues vertes présentent une grande diversité de forme, depuis le type unicellulaire jusqu'au type en colonie ou filaments (**CAVALLA, 2000**).

Elle forment un groupe extrêmement vaste et morphologiquement très diversifié. Elles sont réparties en 4 classes : les Euchlorophycées, les Ulothricophycées, les Zygothricophycées et les Charophycées. Celles-ci comportent environ 500 genres, représentant plus de 15000 espèces ; Toutefois, la plupart des algues vertes planctoniques lacustres appartiennent à l'ordre des Volvocales et à celui des Chlorococcales qui font partie de la classe des Euchlorophycées (**GROGA, 2012**) (Fig.4).

On retrouve également 3 types de reproduction sexuée : isogamie (2 gamètes de même taille), anisogamie (gamète mâle plus petite que la gamète femelle) et oogamie (gamète femelle non flagellée et gamète mâle flagellée) (**GROGA, 2012**).

\* **Les diatomées** (Bacillariophycées) sont des organismes microscopiques de nature végétale, vivant dans l'eau. Ce sont des algues jaunes et brunes unicellulaires (**MOLLO et NOURY, 2013**). Leur taille varie de 20 à 200 µm environ, quoique certaines puissent atteindre 2 mm. Elles peuvent se présenter en cellules isolées ou regroupées en colonies (**LANGLOIS, 2006**).

Les diatomées engloberaient plus de 100 000 espèces et on estime que seulement près de 15000 ont été identifiées à ce jour. C'est un des groupes les plus importants du phytoplancton (**GROGA, 2012**). Elles contribuent largement à la fixation du dioxyde du carbone atmosphérique et donc au cycle du carbone, ainsi qu'au cycle du silicium (**LANGLOIS, 2006**).

Leur caractéristique principale est la présence d'une paroi cellulaire siliceuse appelée frustules. La reproduction végétative par division cellulaire est le mode le plus commun de leur multiplication (**GROGA, 2012**) (Fig.4).



### Les Cyanophycées ou cyanobactéries

Pigments : chlorophylle *a*; phycobillines (phycocyanine, allophycocyanine, phycoerythrine)

Substances de réserve : glycogène, cyanophycine

Pari cellulaire : peptidoglycane

Morphologie : unicellulaire, coloniale, filamenteuse

Reproduction : asexuée (fission binaire, fragmentation)



### Les Chlorophycées ou algues vertes

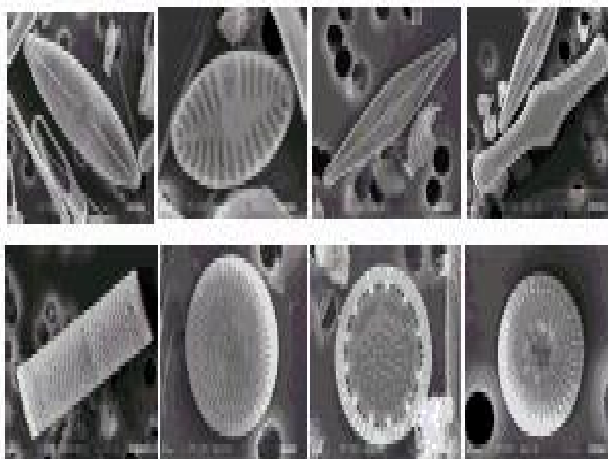
Pigments : chlorophylles : *a* et *b*; xanthophylles : luteïne, violaxanthine

Substances de réserve : amidon intraplasmique

Pari cellulaire : principalement cellulose

Morphologie : unicellulaire, coloniale, filamenteuse, cénobiale, formes avec ou sans flagelles

Reproduction : asexuée (fission binaire) et sexuée (isogamie, anisogamie et oogamie)



### Les Bacillariophycées ou diatomées

Pigments : chlorophylles : *a*, *c1*, *c2* et *c3*; xanthophylles : fucoxanthine, diatoxanthine, diadinoxanthine

Substances de réserve : chrysolaminarine, lipides

Pari cellulaire : siliceuse ornementée (frustule)

Morphologie : pennée (symétrie bilatérale) ou centrique (symétrie radiale)

Reproduction : asexuée (division cellulaire) et sexuée (oogamie chez les centriques, isogamie chez les pennées)

**Figure 4** : Les cyanophycées, les chlorophycées et les diatomées (GROGA, 2012).

\* **Les xanthophycées** regroupent plus de 100 genres et environ 600 espèces . Elles vivent à l'état unicellulaire, colonial ou de filament et sont caractérisées par une plus grande proportion de pigments caroténoïdes ( $\beta$ -carotène) que de chlorophylle, ce qui peut expliquer leur couleur jaune-verte (**GROGA, 2012**) ainsi que la présence de deux flagelles inégaux (**DUSSART, 1992**).

Les xanthophycées se divisent essentiellement par fission binaire. La reproduction sexuée, quand elle a lieu, est le plus souvent isogame (**GROGA, 2012**).

\* **Les chrysophycées** sont des algues unicellulaires jaunes à brunes, de forme allongée et de petite taille (2 à 3 microns). Elles vivent indépendantes ou en colonies (**MOLLO et NOURY, 2013**). Très bien représentées en eaux continentales, plus au moins fixées sur des substrats divers (**DUSSART, 1992**) (Fig.5).

Le nombre de leurs flagelles est variable, la plupart des cellules sont uniflagellées mais d'autres possèdent deux flagelles généralement de même taille ; La multiplication se fait par fission binaire ou par zoosporulation (**GROGA, 2012**).

\* **Les cryptophycées** sont unicellulaires, Les cellules sont aplaties dorso-ventralement, contiennent une variété de pigments dont la phycoérythrine qui leur donne une couleur rougeâtre caractéristique. La reproduction se fait par fission binaire (**GROGA, 2012**) (Fig.5).

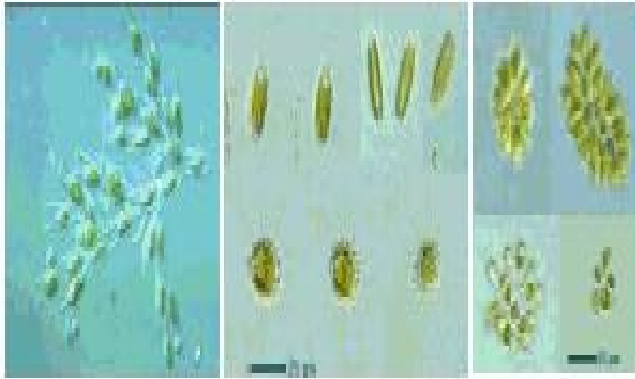
\* **Les dinophycées** sont des microalgues unicellulaires de couleur rouge-orangé et de taille moyenne ou petite, entre 3 et 50 microns. Ils appartiennent à la famille des phytoflagellés et sont apparus il y a plus de 400 millions d'années. Environ 3 000 espèces sont actuellement connues et de nouvelles sont régulièrement découvertes (**MOLLO et NOURY, 2013**) (Fig.5).

On trouve également les appellations Péridiniens et Dinoflagellés, Ils sont constitués par une grosse cellule, entourée le plus souvent par une structure membranaire complexe comprenant une thèque cellulosique formée de deux valves séparées transversalement par un sillon dans lequel est inséré un flagelle dont les battements induisent un mouvement rotatif (**CAVALLA, 2000**).

Parmi les espèces microalgales planctoniques marines recensées à travers le monde, certaines ont été identifiées comme responsables d'efflorescences algales massives. Parmi celles-ci, environ la moitié sont des Dinoflagellés (**GAILHARD, 2003**).

\* Les **euglènophycées** sont réparties en 13 genres et plus de 2000 espèces. Ils sont presque tous unicellulaires (**GROGA, 2012**). Les cellules d'euglènes sont souvent déformables et la plupart d'entre elles possèdent un flagelle (**CAVALLA, 2000**).

En ce qui concerne leur mode de reproduction, la division cellulaire semble être la règle pour cette classe du phytoplancton (**GROGA, 2012**).



### Les Chrysophycées ou algues dorées

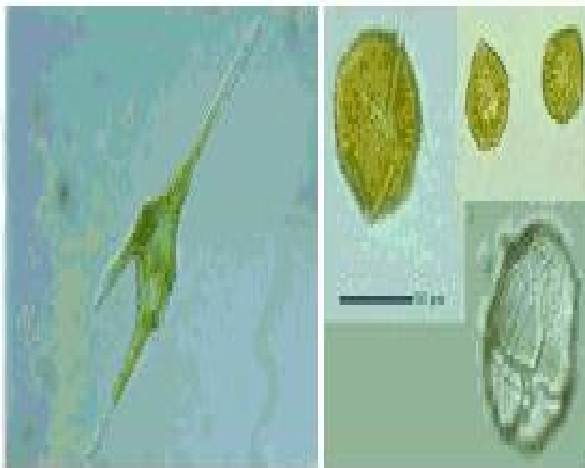
Pigments : chlorophylles : *a*, *c1* et *c2*; xanthophylles : fucoxanthine

Substances de réserve : chrysolaminarane, lipides

Paroi cellulaire : écailles de silice et cellulose

Morphologie : unicellulaire ou coloniale (rarement filamenteuse), cellules nues ou enveloppées par une structure protectrice (lorique), 1 ou 2 flagelles

Reproduction : asexuée (fission binaire, zoospore) et sexuée (isogamie)



### Les Dinophycées ou dinoflagellés

Pigments : chlorophylles : *a* et *c2*; xanthophylles : peridino, diadinoxanthine

Substances de réserve : amidon, lipides

Paroi cellulaire : si présente, constituée de cellulose

Morphologie : principalement unicellulaire, cellules nues ou renforcées par des plaques polygonales, avec 2 flagelles perpendiculaires

Reproduction : asexuée (fission binaire, formation d'aplanospores) et sexuée (isogamie, anisogamie)



### Les Cryptophycées

Pigments : chlorophylles : *a* et *c2*; phycobillines : phycocyanine, phycoerythrine

Substances de réserve : amidon extraplastidial

Paroi cellulaire : généralement absente

Morphologie : cellules nues, ovales et aplaties, avec 2 flagelles inégaux

Reproduction : principalement asexuée (fission binaire)

**Figure 5** : Les chrysophycées, les dinophycées et les cryptophycées (GROGA, 2012).

## **4. Importance du phytoplancton**

### **4.1. Intérêt écologique**

Parmi les êtres vivants sur notre planète, un grand nombre passe totalement inaperçu : c'est le cas des microalgues, encore appelées "phytoplancton". Elles sont intégrées au monde végétal aquatique du fait de leur parenté avec les grandes algues, leur originalité étant due à une constitution unicellulaire. En effet, chaque individu est formé d'une seule cellule dans laquelle sont réunies toutes les fonctions : respiration et photosynthèse, assimilation, reproduction (**MOLLO et NOURY, 2013**).

Environ 6 000 espèces de microalgues sont identifiées dans le milieu marin, et plus de 14 000 en eau douce. Si la taille réduite des microalgues ne permet leur observation qu'au microscope, leur présence en grand nombre est parfois détectable par la couleur de l'eau : verte, brune, rouge... En effet, chaque cellule contient des pigments dont la fonction est d'assurer la photosynthèse, laquelle fournit de 60 à 80 % de l'oxygène atmosphérique. Le phytoplancton est également une source de produits intéressants pour notre santé : protéines, vitamines, minéraux qui s'y trouvent concentrés. À l'instar des végétaux terrestres, les microalgues sont sensibles à leur environnement et évoluent selon un rythme saisonnier, avec un maximum de divisions cellulaires au printemps et en fin d'été. La qualité chimique de l'eau est l'un des facteurs déterminants pour le bon développement des populations phytoplanctoniques (**MOLLO et NOURY, 2013**).

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 microalgales 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 que constitue l'ensemble des organismes aquatiques. Le phytoplancton représente un compartiment remarquable par le rôle qu'il joue, non seulement dans le milieu aquatique, mais aussi dans tous les domaines de notre vie : qualité d'environnement (oxygène), alimentation (poissons et fruits de mer), bien-être (santé, beauté), ressource industrielle (**MOLLO et NOURY, 2013**).

### **4.2. Culture des microalgues et importance économique et industrielle**

La production des microalgues et cyanobactéries est en forte augmentation à travers le monde. Elle est passée de 5.000 tonnes par an à plus de 10.000 en l'espace de 5 ans. Les cultures à grande échelle de biomasse riches en protéines, en vitamines, sels minéraux, pigments, antioxydants, acides gras polyinsaturés à longue chaîne, etc ... sont principalement dédiées à l'industrie cosmétique et des

compléments alimentaires. La spiruline (*Arthrospira platensis*), famille d'Oscillatoriaceae et ordre de Nostocales, les espèces de type *Chlorella*, famille de Chlorellaceae, ordre de Chlorellales, sont les principales espèces cultivées dans ce but. D'autres espèces sont cultivées en aquacultures pour produire du zooplancton, nourrir les larves de poissons, des bivalves, etc (**CADORET et BERNARD, 2008**).

On utilise de plus en plus le phytoplancton marin pour l'industriel des crevettes, des mollusques et d'autres fruits de mer. On peut cultiver des algues dans des fermes aquatiques pour la production de produits utilisés dans l'alimentation et l'industrie. Ces deux formes d'utilisation des algues sont des exemples de mariculture, ou culture d'organismes marins dans leur environnement naturel ; elles sont comparables aux systèmes terrestres d'agriculture (**RAVEN et al, 2003**).

Les algues microscopiques jouent un rôle important dans de nombreux domaines: elles sont utilisées en agriculture comme engrais biologique pour la fertilisation des sols pauvres, en particulier les sols sahariens squelettiques dont la structure est amoindrie par l'abondance des ions sodium dans l'eau d'irrigation, ce qui engendre des conditions asphyxiantes très défavorables. Ainsi, l'apport d'algues microscopiques riches en azote à ce type de sol, peut corriger l'insuffisance en matière organique. Par ailleurs, ces mêmes algues représentent une source potentielle de protéines alimentaires non négligeable (50 à 60 % du poids sec) pour l'homme et l'animal qu'il soit terrestre ou aquatique. Les micro-algues fabriquent aussi une certaine catégorie de produits chimiques qui leurs sont propres : agar-agar, alginates, carraghénanes et bien d'autres polysaccharides (**CHADER et TOUZI, 2001**).

- **Les alginates**

Elles sont utilisées sur une grande échelle comme agent émulsifiant et stabilisateur des colloïdes dans les industries de l'alimentation, du textile, des cosmétiques, des papiers, ainsi que dans la soudure et en pharmacie (**RAVEN et al, 2003**).

- **L'agar**

Il est utilisé pour la fabrication des capsules contenant les vitamines et les médicaments, ainsi que de matériaux utilisés pour les empreintes dentaires, ou encore comme base pour les cosmétiques et milieu de culture pour les bactéries et autres microorganismes. L'agarose purifiée est le gel le plus utilisé pour les électrophorèses en recherche biochimiques. L'agar est également utilisé pour éviter la déshydratation des produits de boulangeries dans la préparation de gelées et desserts prêts à l'emploi et pour la conservation temporaire de la viande et du poisson dans la région tropicale (**RAVEN et al, 2003**).

- **Le carragheen**

C'est un colloïde voisin également dérivé des algues ; on le préfère à l'agar pour la stabilisation des émulsions, comme les peintures, les cosmétiques et les produits laitiers (**RAVEN et al, 2003**).

## **5. Sources de nuisance du phytoplancton**

### **5.1. Phénomène d'eutrophisation**

Les cyanobactéries sont un indicateur de la mauvaise qualité de l'eau. En effet, leur prolifération trahit la présence en quantité d'insecticides, de pesticides, de métaux lourds... qui rendent l'eau invivable pour les autres espèces. S'y multipliant massivement, elles absorbent les excès de nutriments minéraux et métalliques, jouant, comme à leur origine, leur rôle d'épurateur, mais, simultanément, elles peuvent provoquer un déséquilibre du milieu en s'y développant à outrance (**MOLLO et NOURY, 2013**).

Une telle prolifération d'une sorte de microalgue porte le nom d'efflorescence ou de bloom et change souvent visuellement l'aspect de l'eau : eaux colorées ou mousses en surface. À l'échelle visible, ce phénomène est comparable à celui des algues vertes qui envahissent les plages. En cas d'efflorescence, une espèce de phytoplancton se multiplie tellement qu'elle finit par occuper tout l'espace. Sa densité rend l'eau opaque et asphyxie le milieu. C'est ce qu'on appelle l'eutrophisation de l'eau : une espèce domine et prive de nourriture et de lumière les autres phytoplanctons qui ne peuvent plus se développer. Cette perte de la diversité est problématique, en particulier, en ce qui concerne les espèces de plancton végétal « comestibles » comme les diatomées (**MOLLO et NOURY, 2013**).

### **5.2. Impacts du phytoplancton sur les écosystèmes aquatiques**

Les liens entre les nutriments, l'eutrophisation, l'hypoxie et les proliférations d'algues nuisibles ainsi que leurs impacts sur les écosystèmes marins sont multiples et difficiles à quantifier. Les "zones mortes" désignent des régions marines où la concentration en oxygène dissout est déficitaire (hypoxie). La plupart sont dépourvues de toute vie aquatique, elles sont connues dans le monde entier et entraînent un déclin de la diversité biologique. Les algues microscopiques mortes se décomposent au fond des océans sous l'action bactérienne qui consomme une bonne part de l'oxygène dissout des eaux profondes. Les eaux océaniques estivales étant stratifiées, les eaux profondes ainsi isolées demeurent hypoxiques et deviennent inhospitalières. Dans certains cas l'oxygène se raréfie si rapidement que la faune n'a pas le temps de fuir et provoque une mortalité massive de poissons (**PUIZ et al, 2008**).

### 5.2.1. Effet sur le zooplancton

Si le phytoplancton ne concerne pas l'homme directement, son appauvrissement peut conduire, par l'intermédiaire du zooplancton permanent, à la chute de la variété des poissons et des fruits de mer composant son menu. Pour conserver l'abondance alimentaire que lui offre l'océan, l'homme doit protéger le zooplancton permanent et donc veiller à la multiplicité du phytoplancton. Pour ce faire, sa vigilance doit se porter sur la qualité des eaux et la prévention des diverses pollutions qui endommagent les mers et menacent toute la chaîne alimentaire marine (**MOLLO et NOURY, 2013**).

### 5.2.2. Effet sur les mollusques et les crustacés

Chez les crustacés, il a été observé que les toxines cyanobactériennes s'accumulent principalement dans l'hépatopancréas. Ces toxines proviennent de la consommation des cyanobactéries, mais aussi de l'ingestion directe de toxines libres dans l'eau. Comme les écrevisses ne semblent pas sensibles à ces toxines, elles peuvent accumuler ces métabolites et constituer, de même que les mollusques, une source de contamination importante pour les échelons trophiques supérieurs (**FREMY et LASSUS, 2001**).

### 5.2.3. Effet sur les poissons

Outre les effets indirects possibles des cyanobactéries sur le poisson à travers leur impact sur le zooplancton, il convient aussi de ne pas oublier que les périodes de blooms provoquent également des phénomènes d'anoxie dans le milieu qui peuvent avoir des conséquences mortelles pour les peuplements piscicoles (**FREMY et LASSUS, 2001**). Les mortalités de poissons liées aux cyanobactéries sont, en fait, surtout imputables à une désoxygénation résultante de la décomposition d'une fleur d'eau. En plus les cyanobactéries libèrent des substances geosmines donnant ce désagréable goût de vase à la chair du poisson. Ce type de nuisances apparaît aussi en hiver avec le développement d'une espèce *Phormidium*, famille de Phormidiaceae, qui vit à la surface de la vase (**BILLARD, 1998**).

De nombreux articles ont décrit expérimentalement, les effets des toxines cyanobactériennes et plus particulièrement des microcystines sur la Truite et la Carpe. Ces travaux ont montré que les principaux organes touchés étaient le foie, les reins et les branchies. En revanche, peu de publications traitent de l'impact en milieu naturel des toxines cyanobactériennes sur le poisson. Des travaux ont cependant montré que les microcystines causaient des dommages au même de l'épithélium branchial de populations sauvages de truites, ainsi que de brèmes et de gardons (**FREMY et LASSUS, 2001**). Ces

espèces également reconnues comme toxiques ont provoqué des hécatombes de poissons notamment de carpes (**BILLARD, 1998**).

#### **5.2.4. Impact sur les vertébrés terrestres**

Hors laboratoire, les petits mammifères sont susceptibles de se trouver en contact avec des cyanobactéries toxiques lorsqu'ils fréquentent des plans d'eaux pour se désaltérer. Un nombre important de cas d'empoisonnement est maintenant rapporté dans la littérature concernant les ovins et surtout les bovins (**FREMY et LASSUS, 2001**).

Aux USA, de nombreux exemples bien documentés relatent des empoisonnements du bétail dus aux cyanobactéries. Dans de nombreux cas *Microcystis aeruginosa* famille de Microcystaceae était l'espèce associée à ces incidents. A coté de l'USA, il convient de signaler que d'autres pays tel que l'Afrique du Sud, le Canada et la Suisse ont connu de tels évènements. Dans ce dernier cas, la mort de plus de 100 vaches présentant principalement des symptômes de toxicité hépatique et plus rarement de neurotoxicités a été reportée en 20 ans dans différents sites du Sud-ouest des Alpes suisses. De plus des intoxications d'oiseaux ainsi que de singes ont été signalées (**FREMY et LASSUS, 2001**).

#### **5.2. 5. Intoxications humaines**

Les toxines de cyanobactéries sont essentiellement des endotoxines qui s'accumulent à l'intérieur des cellules algales. Elles agissent soit après ingestion de ces microalgues, soit après libération de la lyse algale (**FREMY et LASSUS, 2001**). L'ingestion des fruits de mer ayant concentré des toxines d'algues dans leurs tissus peut provoquer des symptômes neurologiques, digestifs et musculaires pouvant entraîner la mort. En eau douce également, lorsque les conditions sont favorables, des microalgues toxiques prolifèrent, provoquant des morts massives d'animaux et pouvant nuire à la santé des baigneurs, les troubles allant de la simple affection dermatologique à des lésions neurologiques ou hépatiques irréversibles (**FERNANDEZ, 2002**).

Deux espèces principales de dinoflagellés sont redoutées. *Dinophysis*, famille de Dinophysaceae (50 microns) contient des toxines (DSP : Diarrhetic Shellfish Poison) qui s'accumulent dans la chair des coquillages (moules, palourdes, coquilles Saint-Jacques, huîtres...). Même si ces coquillages ne semblent pas perturbés par la présence de cette microalgue toxique, ils sont néanmoins impropres à la consommation, entraînant chez l'homme des troubles gastro-intestinaux. Les symptômes apparaissent douze heures après ingestion et provoquent diarrhées, douleurs abdominales et parfois vomissements (**MOLLO et NOURY, 2013**).

*Alexandrium*, famille des Gonyaulacaceae (de 20 à 25 microns) produit des toxines paralysantes (PSP : Paralytic Shellfish Poison) qui provoquent chez le consommateur de coquillages contaminés une intoxication dont les effets apparaissent en moins de trente minutes : fourmillements et picotements, engourdissement des extrémités, vertiges et, dans les cas les plus graves, paralysie des muscles respiratoires pouvant conduire à la mort (rare). Actuellement, il n'existe aucun traitement à ces troubles. Les toxines s'attaquent au système nerveux de la personne qui les consomme, mais n'ont pratiquement aucun effet sur les coquillages (**MOLLO et NOURY, 2013**).

Une diatomée peut, elle aussi, être toxique : *Pseudo-nitzschia*, famille de Bacillariaceae. Depuis 1999, deux espèces de diatomées, du genre *Pseudo-nitzschia*, productrices de toxines dites amnésiantes, prolifèrent épisodiquement sur nos côtes, infestant poissons et coquillages (toxiques à partir de 100 000 cellules par litre). Pour le consommateur, entre deux et vingt-quatre heures après ingestion, apparaissent vomissements et diarrhées, puis surviennent maux de tête et troubles de l'équilibre et de la vue (**MOLLO et NOURY, 2013**).

En 1993, par suite d'un bloom d'*Anabaena sp.* famille des Nostocaceae et de *Microcystis sp.* famille de Microcystaceae, dans un barrage à Itaparica en Brésil, 2.000 personnes ont été intoxiquées avec des signes de gastro-entérites aiguës. Cette grave intoxication a causé la mort de 88 malades, en majorité des enfants. Une autre intoxication mortelle a eu lieu en 1996 et a coûté la vie à plus de 50 personnes dans un centre de dialyse à Caruaru, au Brésil, en raison d'un développement massif de *Microcystis*, *Anabaena* et *Anabaenopsis* et la présence d'hépatotoxines « microcystines et nodularines » dans un réservoir d'eau utilisé par le centre (**FREMY et LASSUS, 2001**).

## Chapitre II : Matériels et Méthodes d'étude

### 1. Présentation générale du Barrage Koudiet M'douar

#### 1.1. Géographie et historique

Le lac du barrage Koudiet M'douar est situé à 35 km de Batna et à 7 km au Nord-Est du site historique de Timgad (ruines romaines) avec les coordonnées Lambert longitude 06° 24' E et latitude 35°31' N définissent un point sur le barrage où la côte de l'Oued est d'environ 988 m au-dessus du niveau de la mer. Il fait partie du grand transfert du barrage de Beni Haroun (Fig.6).

La retenue a une capacité totale de 69,10 millions m<sup>3</sup> et sert à faire face à une demande estimée pour l'année 2000 à 38 millions m<sup>3</sup>, destinés à l'alimentation en eau potable et industrielle de la willaya de Batna, ainsi qu'à l'irrigation des 15.700 ha de terres agricoles dans les plaines de Batna et de Chemora (ANBT, 2003).

Après la réalisation du transfert de Beni Haroun, le volume annuel régularisé augmentera de 15 millions m<sup>3</sup> à 191 millions m<sup>3</sup>, ce qui permettra l'alimentation en eau potable et industrielle des villes de Tazoult, Arris, Khenchla et Kais (ANBT, 2003).

#### 1.2. Géologie et pédologie

La zone du barrage présente un substratum de la digue principale formé de grés argilites et des argilites gréseuses. La digue du col est constituée de limons argileux, argiles limoneuses et d'argiles. La présence du gypse est très importante et se trouve sous forme de plaquettes allant de 1mm d'épaisseur formant un réseau polygonal, l'analyse granulométrique montre que c'est un sol fin avec les proportions suivantes : Sable : 2 à 27%, Limon : 39 à 57%, Argile : 28 à 51%. C'est donc une argile limoneuse peu sableuse. Le site du barrage et sa cuvette se situent dans des terrains d'origine marine datés du miocène inférieur ; avec formation gypsifère terminale du miocène supérieur (Fig.7) (ANONYME, 2006 in HOUADEF et SALEM, 2007).

#### 1.3. Hydrologie

Le barrage de Koudiet M'douar fait partie du bassin versant de l'Oued de Chemora. Ce dernier jusqu'à la section du barrage, a une surface de 590 km<sup>2</sup>. Cet Oued se bifurque en deux Oueds principaux : l'Oued Soultez et l'Oued Reboa, ce dernier draine toute la partie Sud du bassin. Il est de 1,6 fois plus grand que l'Oued Soultez qui coule de l'Ouest vers l'Est jusqu'à sa confluence avec l'Oued Reboa (Fig.8) (ANONYME, 2006 in HOUADEF et SALEM, 2007).

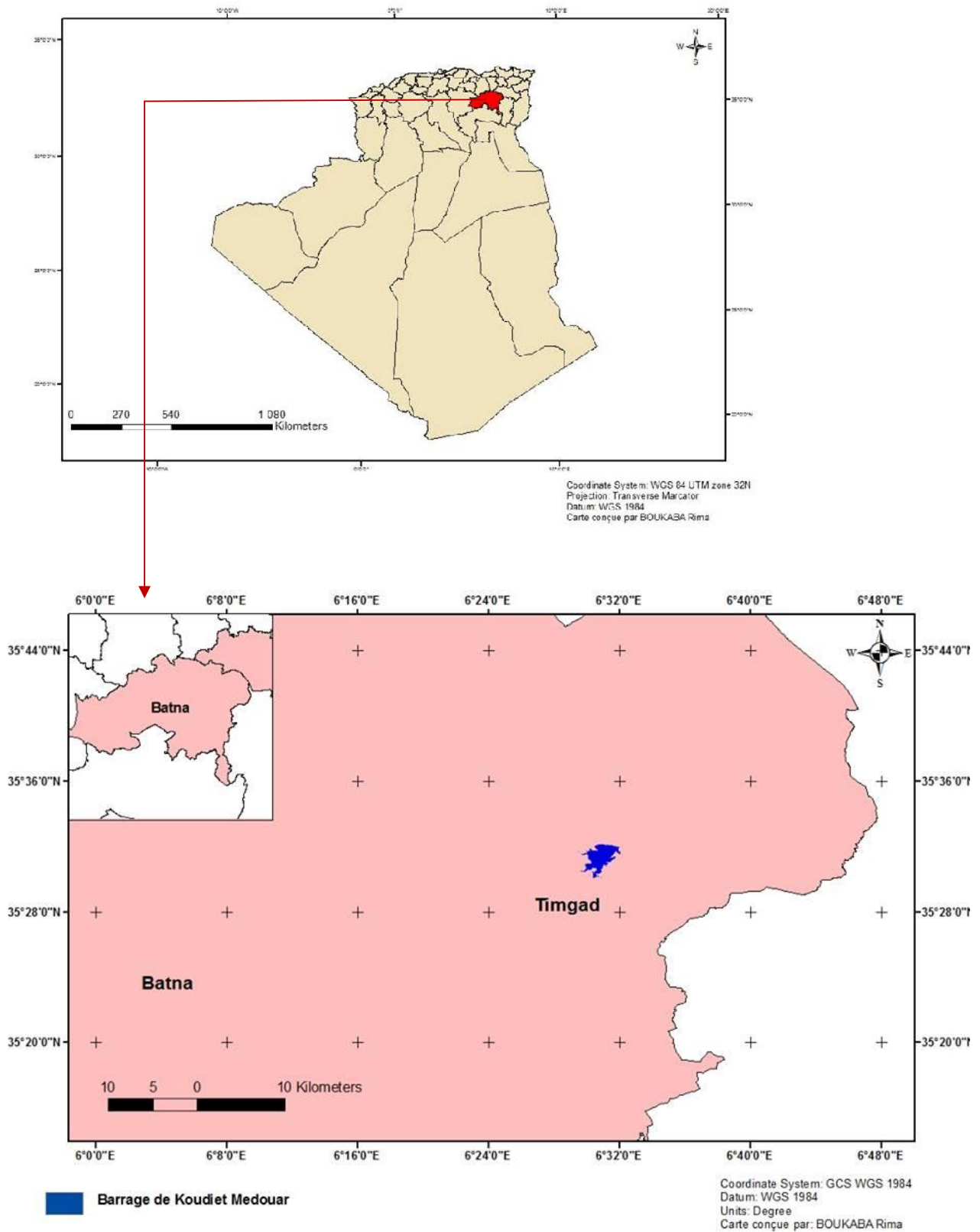


Figure 6 : Localisation du Barrage de Koudiet M'douar (Timgad, Batna).



## 1.4. Climat

Le climat est un facteur très important en raison de son influence prépondérante sur les organismes vivants, c'est la composante directe déterminante de la distribution de ces derniers et le facteur primordial influant l'activité des biocénoses (**DAJOZ, 2003**).

Les données climatiques ayant servies pour décrire le climat de la zone d'étude ont été recueillis auprès de la station météorologique d'Ain Skhouna (Batna), dont les coordonnées géographiques ( $35^{\circ}44'20''$  N,  $06^{\circ}21'95''$  E) pour une altitude de 821,29 m; et comme le barrage de Timgad est d'altitude supérieure à celle de la station météorologique (988), la différence d'altitude entre les deux points est 166,71 m.

Ces données ont donc subi des extrapolations effectuées suivant un gradient altitudinal de 100 m de dénivelé, calculé sur la base de  $(-0,7^{\circ} \text{ C})$  pour le maxima (M) et de  $(-0,45^{\circ} \text{ C})$  pour le minima (m) (**SELTZER, 1946**).

En ce qui concerne, le gradient pluviométrique, il croît de 20 mm tous les 100 mètres d'altitude sur versant Sud et de 40 mm sur versant Nord (**SELTZER, 1946**). Et comme les stations choisies sont toutes situées sur versant Sud, nous avons pris le gradient pluviométrique de 20 mm par an pour 100 m de dénivelée.

### 1.4.1. Températures

D'après **BARBAULT (2000)**, la température a une action majeure sur le fonctionnement et la multiplication des êtres vivants et comme elle varie selon un schéma géographique net, les espèces animales et végétales se distribuent selon des aires de répartition souvent définissables à partir des isothermes.

Les données thermométriques caractérisant la région d'étude durant les périodes 1982- 2012 et Septembre 2013- Juin 2014 représentant la période de notre étude, sont reportés avant et après extrapolation dans les Tableaux 2, 3, 4, 5.

**Tableau 2 :** Données thermométriques mensuelles moyennes en (°C) de la station Ain Skhouna (Batna) (1982-2012) (*M* : moyennes des températures maximales ; *m* : moyennes des températures minimales ;  $(m + M) / 2$  : moyennes mensuelles).

Mois Années		Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
		1982 -2012	<i>m</i>	0,40	0,79	3,12	5,92	9,97	14,66	17,82	17,56	14,15	9,92
<i>M</i>	11,54		12,89	16,33	19,77	25,22	31,35	35,16	34,55	28,76	23,30	16,58	12,29
$\frac{m+M}{2}$	5,67		6,67	9,78	13,05	17,92	23,41	26,98	26,37	21,41	16,50	10,54	6,63

(Station météorologique d'Ain Skhouna, 2013)

**Tableau 3 :** Données thermométriques mensuelles moyennes en (°C) de la région d'étude (Timgad) calculées par extrapolation (1982-2012) (*M* : moyennes des températures maximales ; *m* : moyennes des températures minimales;  $(m + M) / 2$  : moyennes mensuelles).

Mois Années		Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
		1982 -2012	<i>m</i>	-0,35	0,04	2,37	5,17	9,22	13,91	17,07	16,81	13,40	9,17
<i>M</i>	10,38		11,73	15,17	18,61	24,06	30,19	34,00	33,39	27,60	22,14	15,42	11,13
$\frac{m+M}{2}$	5,01		5,88	8,77	11,89	16,64	22,05	25,53	25,10	20,50	15,65	9,75	5,93

**Tableau 4 :** Données thermométriques mensuelles moyennes en (°C) de la station Ain Skhouna (Batna) (septembre 2013 - juin 2014) (*M* : moyennes des températures maximales ; *m* : moyennes des températures minimales ;  $(m + M) / 2$  : moyennes mensuelles).

Mois Années		Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.
		2013 -2014	<i>m</i>	15,76	12,35	4,61	0,14	1,46	1,30	2,77	4,37
<i>M</i>	28,64		27,66	15,92	12,66	13,91	15,90	14,46	22,54	26,50	30,01
$\frac{m+M}{2}$	22,2		20,00	10,26	6,40	7,68	8,60	8,61	13,45	17,39	21,87

(Station météorologique d'Ain Skhouna, 2013)

**Tableau 5 :** Données thermométriques mensuelles moyennes en (°C) de la région d'étude (Timgad) (septembre 2013 - juin 2014) (*M* : moyennes des températures maximales ; *m* : moyennes des températures minimales ;  $(m + M) / 2$ : moyennes mensuelles).

Mois Années		Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.
		2013 -2014	<i>m</i>	15,01	11,60	3,86	-0,61	0,71	0,55	2,02	3,62
<i>M</i>	27,48		26,50	14,76	11,50	12,75	14,74	13,30	21,38	25,34	28,85
$\frac{m+M}{2}$	21,24		19,05	9,31	5,44	6,73	7,64	7,66	12,50	16,43	20,92

Pour la période (1982-2012), dans la région de Timgad janvier est le mois le plus froid avec une moyenne de 5,01°C, alors que juillet est le mois le plus chaud avec une moyenne de 25,53°C (Tableau 3). Pour la période d'étude (septembre 2013-juin 2014) les températures les plus basses sont notées en décembre et janvier. Alors que c'est en juin et en septembre que nous notons les températures les plus hautes (Tableau 5).

L'amplitude thermique qui marque le degré de continentalité est beaucoup plus accentuée au niveau de cette région. Cette continentalité du climat se traduit par de fortes chaleurs en été alternant avec des froids rigoureux en hiver. Dans ce type de climat, les aspects continentaux et montagnards se manifestent par de brusques variations saisonnières des températures.

#### 1.4.2. Précipitations

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

Les données pluviométriques caractérisant la région d'étude durant les périodes 1982-2012 et Septembre 2013- Juin 2014 représentant la période de notre étude sont reportés avant et après extrapolation dans les Tableaux 6, 7, 8, 9, 10.

**Tableau 6** : Précipitations moyennes mensuelles de la station Ain Skhoua (Batna) durant la période 1982-2012 (P : moyennes mensuelles des précipitations).

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
<b>P (mm)</b>	31,15	21,95	28,20	33,97	34,98	18,00	7,49	19,51	32,19	22,08	21,29	28,04	298,85

(Station météorologique d'Ain Skhoua, 2013)

**Tableau 7** : Précipitations moyennes mensuelles calculées par extrapolation pour Timgad durant la période allant de 1982-2012 (P : moyennes mensuelles des précipitations).

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
<b>P (mm)</b>	33,92	24,72	30,97	36,74	<b>37,75</b>	20,77	<b>10,26</b>	22,28	34,96	24,85	24,06	30,81	<b>332,09</b>

La région de Timgad reçoit annuellement en moyenne un total de 332,09 mm de précipitations (moyenne de la période 1982-2012), la majeure partie est enregistrée au mois de mai alors que juillet représente le mois le moins pluvieux de l'année.

**Tableau 8** : Précipitations moyennes mensuelles enregistrées à Ain Skhoua (Batna) durant la période allant de septembre 2013 – juin 2014 (P : moyennes mensuelles des précipitations).

Mois	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Total
<b>P (mm)</b>	86,87	20,57	23,10	33,26	27,95	11,16	70,61	4,06	36,58	47,74	361,90

(Station météorologique d'Ain Skhoua, 2013)

**Tableau 9** : Précipitations moyennes mensuelles de Timgad (Batna) calculées par extrapolation (septembre 2013 – juin 2014) (P : moyennes mensuelles des précipitations).

Mois	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Total
<b>P (mm)</b>	89,64	23,34	25,87	36,03	30,72	13,93	73,38	6,83	39,35	50,51	389,60

La comparaison des données des précipitations montre que celles-ci ne sont pas réparties d'une manière homogène sur les différents mois de l'année.

La remarque la plus importante dans cette comparaison c'est la différence observée dans le total des précipitations de la région de Timgad pendant la période 1982- 2012, (12mois) soit 332,09mm et le total des précipitations de la région de Timgad pendant la période septembre 2013- juin 2014, (10mois) soit 389,6mm. Cette différence permet de dire que la période septembre 2013-juin 2014 est plus arrosée de ces dernières trente années.

### 1.4.3. Vents

Le vent est caractérisé par sa vitesse et sa direction. Les vents les plus dominants dans la région de Batna sont de direction Ouest et Sud-Ouest avec des vitesses moyennes variant entre 2,74 et 3,94 m/s (Tableau 10). Durant la période de 1982-2012. Le maximum de sa fréquence a lieu généralement au mois d'avril avec une vitesse de 3,94 (m/s).

**Tableau 10 :** Moyennes mensuelles de la vitesse du vent (m/s) enregistrée à Ain Skhoua (Batna) pour la période allant de (1982-2012).

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Vitesse du vent (m /s)	2,74	3,21	3,51	3,94	3,65	3,72	3,65	3,56	3,35	3,06	3,22	3,06

(Station météorologique d'Ain Skhoua, 2013)

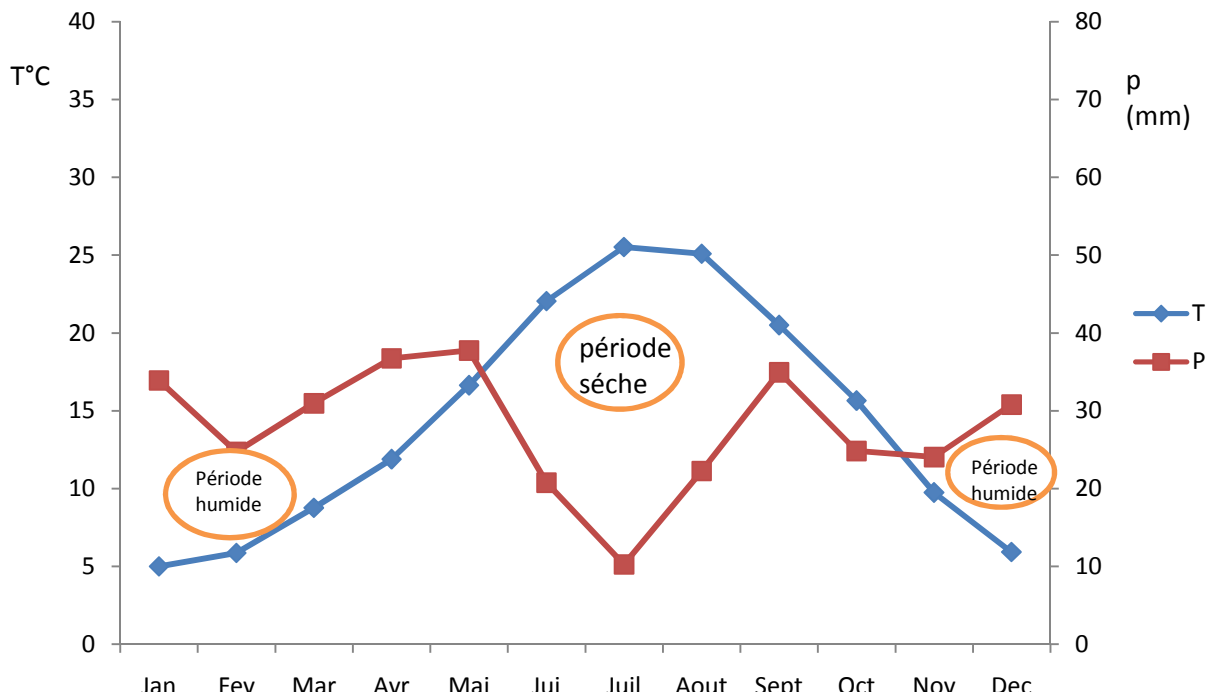
### 1.4.4. Synthèse climatique

#### 1.4.4.1. Diagramme ombrothermique de GAUSSEN

Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN permet de déterminer les périodes sèches et humides de n'importe quelle région à partir de l'exploitation des données des précipitations mensuelles et des températures moyennes mensuelles (DAJOZ, 2003).

D'après FRONTIER *et al.* (2004), les diagrammes ombrothermiques de GAUSSEN sont constitués en portant en abscisses les mois et en ordonnées, à la fois, les températures moyennes mensuelles en (°C) et les précipitations mensuelles en (mm). L'échelle adoptée pour les pluies est double de celle adoptée pour les températures dans les unités choisies. Un mois est réputé «sec» si les précipitations sont inférieures à 2 fois la température moyenne et réputé «humide» dans le cas contraire.

Pour localiser les périodes humides et sèches de la région d'étude, nous avons tracé un diagramme ombrothermique pour la période allant de 1982-2012 (Fig. 9).



**Figure 9** : Diagramme ombrothermique de GAUSSEN de la région d'étude (1982-2012).

Le diagramme Ombrothermique de la région d'étude pour la période allant de 1982 à 2012 fait apparaître deux périodes bien distinctes, l'une sèche et chaude s'étalant sur 6 mois, depuis le mois mai jusqu'à octobre et l'autre humide et froide allant de novembre jusqu'à la fin d'avril.

#### 1.4.4.2. Climagramme d'Emberger

Le système d'Emberger permet la classification des différents climats méditerranéens (DAJOZ, 1985-2003). Cette classification fait intervenir deux facteurs essentiels, d'une part la sécheresse représentée par le quotient pluviothermique  $Q_2$  en ordonnées et d'autre part la moyenne des températures minimales du mois le plus froid en abscisses. Il est défini par la formule simplifiée suivante (STEWART, 1969) :

$$Q_2 = 3,43 \frac{P}{M-m}$$

**P** : pluviométrie annuelle en mm.

**M** : température moyenne maximale du mois le plus chaud en °C.

**m** : température moyenne minimale du mois le plus froid en °C.

Le quotient pluviothermique est d'autant plus élevé que le climat est plus humide (DAJOZ, 1985), FAURIE *et al.* (1998-2003), avancent que cet indice n'est vraiment établi que pour la région méditerranéenne et qu'en fonction de la valeur de ce coefficient on distingue les zones suivantes :

- humides pour  $Q_2 > 100$  ;
- tempérées pour  $100 > Q_2 > 50$  ;
- semi-arides pour  $50 > Q_2 > 25$  ;
- arides pour  $25 > Q_2 > 10$  ;
- désertiques pour  $Q_2 < 10$ .

Afin de déterminer l'étage bioclimatique de la région d'étude et la situer dans le climagramme d'Emberger, nous avons calculé le quotient pluviothermique  $Q_2$  avec des données climatiques calculées sur la période (1982-2012).

**Tableau 11** : Evaluation du quotient pluviométrique  $Q_2$  pour la région de Timgad pendant la période (1982-2012).

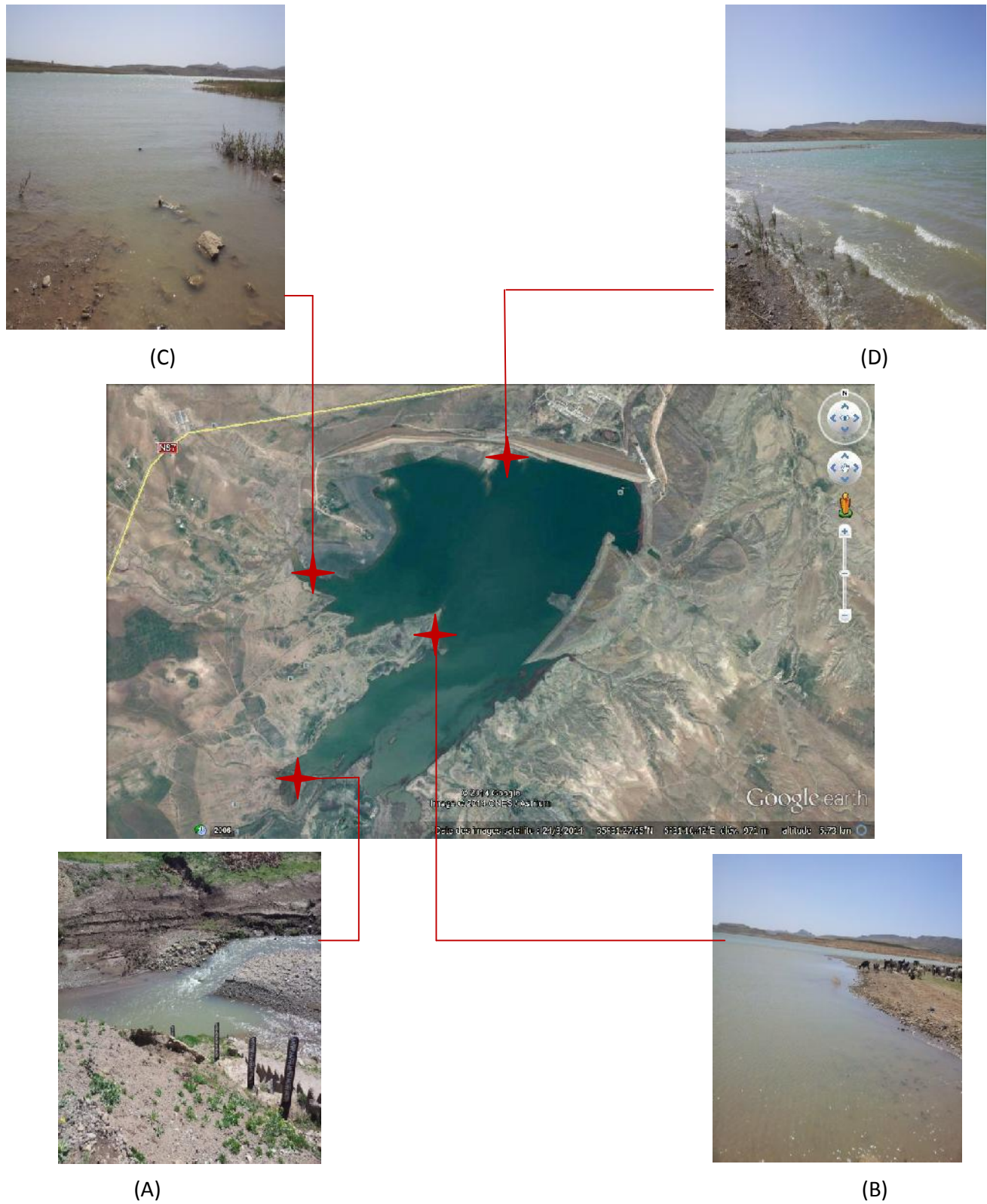
	M (°C)	M (°C)	P (mm)	$Q_2$	Étage
1982-2012	-0,35	34,00	332,09	33,13	Semi-aride à hiver froid

Ces données montrent que la région d'étude est classée dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver froid pendant la période 1982-2012.

## 2. Méthodes et techniques d'étude

### 2.1. Description et choix des stations d'échantillonnage

Afin de choisir des stations les plus représentatives, tant du point de vue naturel que du point de vue pression anthropique, nous avons opté pour la prospection au niveau de 4 stations de prélèvements situées à différents emplacements du site. Ainsi, nous avons choisi une première station la plus éloignée de la digue (Oued Reboa) et la plus proche de terres agricoles, caractérisée par des algues submergées et de végétations ordinaires et aériennes (Fig.10A) ; une deuxième station situé sur la rive gauche du barrage, la plus fréquentée par les humains (pêche, loisir, pâturage...) (Fig.10B); une troisième, zone abritée par la présence des roches sédimentaires et qui connaît la visite d'une multitude d'espèces d'oiseaux d'eau (Fig.10C) et enfin une quatrième station située près de la digue (corps du Barrage), la plus exposée aux vents mais la moins fréquentée par l'homme (Fig.10D).



**Figure 10** : Localisation et vues générales des stations d'échantillonnage au niveau du barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna).

## 2.2. Méthodes et techniques de prélèvement des échantillons d'eau

### 2.2.1. Méthodes de prélèvement pour analyses physico-chimiques

A fin d'obtenir des données sur la qualité physico-chimique de l'eau du barrage, nous avons prélevé un litre d'eau brute de la surface dans des flacons sombres pour éviter leurs réaction avec la lumière.

Il faut noter sur chaque flacon, la station, la date et l'heure de prélèvement. Les analyses sont faites le jour même au niveau du laboratoire de l'Algérienne des eaux (ADE, Batna).

La température de l'eau a été toujours mesurée le matin (entre 8<sup>h</sup> et 10<sup>h</sup>) *in situ* à l'aide d'un thermomètre à mercure.

### 2.2.2. Méthodes de prélèvement pour l'étude du phytoplancton

Afin d'obtenir des données d'ordre qualitatives et quantitatives de la communauté micro-algale du barrage, le prélèvement consiste à réaliser un échantillon représentatif d'une colonne d'eau (**BERNARD, 1992**), un volume constant (20 litres d'eau naturelle de surface) est filtré par un filet à plancton (filet de soie à mailles inférieures à 1mm de diamètre. Il est constitué par un cylindre de 30 cm de diamètre pour une profondeur de 45 cm, ce filet se termine par une bouteille de collecte d'échantillon ou collecteur) (Fig.11). On prend juste 100 ml de cette eau filtrée, qui sera fixée pour une investigation microscopique ultérieure. La méthode de conservation est celle utilisée par **SOURNIA (1978)**, dans laquelle: 20 ml de formol aldéhyde (10 %) sont ajoutés pour chaque flacon d'un litre. Il faut étiqueter chaque flacon d'eau, en indiquant des données comme la station, la date et l'heure.

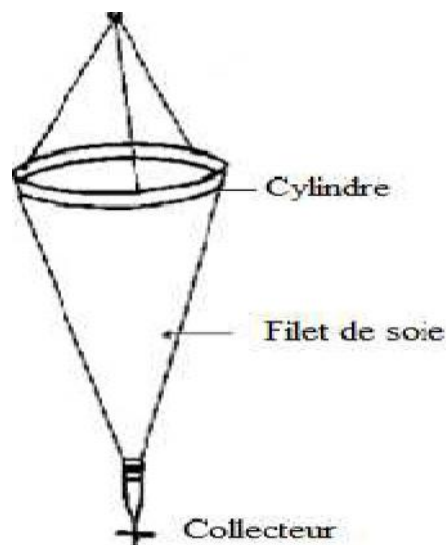


Figure 11 : Schéma d'un filet à plancton.

## 2.3. Méthodes et techniques d'étude au laboratoire

### 2.3.1. Méthodes d'analyse de la qualité physico-chimique de l'eau

En vue de la caractérisation de la qualité physico-chimique de l'eau, nous nous sommes intéressés à quelques paramètres, il s'agit de :

- pH ;
- Turbidité
- Conductivité ;
- Salinité ;
- Taux de nitrates  $\text{NO}_3^-$  ;
- Taux de nitrites  $\text{NO}_2^-$  ;
- L'azote ammoniacal  $\text{NH}_4^+$  ;
- Orthophosphates  $\text{PO}_4^{3-}$
- $\text{O}_2$  (oxygène dissous)

Les détails concernant la procédure de mesure de tous ces paramètres sont notés dans le Tableau 12.

**Tableau 12:** Détails des mesures physico-chimiques de l'eau.

Paramètre mesuré	Unité	Matériel utilisé	Mode opératoire
pH	Unité de pH	pH mètre (modèle HACH session3)	- Prendre environ 100 ml de l'échantillon à mesurer ; - Tremper l'électrode dans le bécher contenant l'eau à analyser ; - Laisser stabiliser un moment et noter le pH indiqué.
Turbidité	NTU	Turbidimètre (modèle CACH2100AN)	- Remplir une cuvette de mesure propre avec l'échantillon à analyser bien homogénéisé ; - Effectuer rapidement la mesure.
Conductivité Electrique (CE)	$\mu\text{S}/\text{cm}$	Conductimètre (modèle CACH session 7)	- Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité ; - Faire la mesure dans un récipient contenant de l'eau à examiner en prenant soin que les électrodes soient bien émergées.
Salinité	‰		- A partir de la conductivité (lecture directe).
$\text{NO}_3^-$ (Taux de nitrates)	mg/l	Spectrophomètre (modèle CACH ODYSSEY)	- Prendre 10 ml d'eau à analyser ; -Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30% ; - Ajouter 1 ml de Salicylate de

			<p>Sodium ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaporer a sec au bain Marie ou à l'étuve à une température de 75-88 °C et laisser refroidir ;</li> <li>- Reprendre le résidu avec 2 ml de <math>H_2SO_4</math> pur ;</li> <li>- laisser reposer 10 mn puis ajouter 15 ml d'eau distillée ;</li> <li>- ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium ;</li> <li>- multiplier par 4,43 pour obtenir la concentration en <math>NO_3</math>.</li> </ul>
$NO_2^-$ (Taux de nitrites)	mg/l		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prendre 50 ml d'eau à analyser ;</li> <li>- Ajouter 1 ml de réactif mixte ;</li> <li>- L'apparition de la coloration rose indique la présence de <math>NO_2^-</math>.</li> </ul>
$NH_4^+$ (Azote ammoniacal total)	mg/l		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prendre 40 ml d'eau à analyser ;</li> <li>- Ajouter 4 ml de la solution de SULFANILAMIDE ;</li> <li>-Ajouter 4 ml de la solution de NNAPHTYL-ETHYLENE DIAMINE ;</li> <li>- Ajuster à 50 ml avec l'eau distillée ;</li> <li>- Attendre 1h (l'apparition de la couleur verdâtre indique la présence de <math>NH_4^+</math>).</li> </ul>
$PO_4^{3-}$ (Orthophosphates)	mg/l	Spectrophomètre (modèle CACH ODYSSEY)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prendre 100 ml de l'échantillon.</li> <li>- Ajouter a cela 10 ml du mélange réactif.</li> <li>- Attendre 5 mn et lire l'absorbance à la longueur d'onde 885nm.</li> <li>- Si l'échantillon est trouble ou colore il convient d'ajouter 3 ml du réactif de compensation de turbidité et de coloration avant de mesurer.</li> </ul>
$O_2$ (oxygène dessous)	mg/l	Oxymètre	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Prendre environ 100 ml de l'échantillon à mesurer</li> <li>- Tremper l'électrode dans le bécher contenant l'eau à analyser</li> <li>- Laisser stabiliser un moment</li> <li>- Noter la valeur indiquée.</li> </ul>

### 2.3.2. Méthodes d'étude du phytoplancton

Au laboratoire, il est nécessaire d'ajouter le lugol au flacon contenant l'échantillon d'eau à traiter, au minimum 8 gouttes (pour 100 ml d'eau) sont ajoutées. L'idéal étant d'obtenir une couleur orangée (mais pas brun foncé). En fonction du type de milieu (acidité de l'eau). Les échantillons de phytoplancton qui sont fixés au lugol doivent être conservés dans des récipients à l'obscurité et au frais (entre 4 et 10 °C), (**DRUART et RIMET, 2008**).

Après homogénéisation de l'échantillon, un volume de 15 ml est versé dans une chambre de comptage ; la superficie de la chambre est de 2 cm<sup>2</sup> (2 cm de longueur sur 1cm de largeur).

- **Identification et dénombrement du phytoplancton**

L'observation des caractères morpho-anatomiques (la forme de la colonie ou du trichome ainsi que la taille et la couleur) représentent les clés d'identification de différents genres (**MICHEL, 1987**). La détermination de toutes les espèces observées s'est arrêtée au niveau des genres en se basant sur l'Atlas du phytoplancton marin (volume 1) et les ouvrages : (**BOURRELLY ,1985**), (**MICHEL ,1987**).

Le dénombrement du phytoplancton se fait suivant les étapes suivantes :

Agiter le flacon pour assurer l'homogénéité de l'échantillon.

Prélever un sous échantillon d'eau (15 ml) et le déposer dans une chambre de comptage.

Observer à l'aide d'un microscope optique, en utilisant l'objectif (Gr x 40).

Compter les algues rencontrées sur les parcours horizontaux effectués sur toute la longueur de la bande. Cette opération est répétée 2 fois et la moyenne des deux comptages est celle qui est prise en considération ; Le comptage ne concerne pas l'ensemble de la surface de la chambre, mais seulement une « sous chambre » de 2 cm<sup>2</sup> de superficie.

## 3. Exploitation des résultats

### 3.1. Exploitation des résultats par des paramètres et des indices écologiques

#### 3.1.1. Application des paramètres de structure et d'organisation du peuplement phytoplanctonique

##### ➤ **Fréquence en nombre (abondance relative)**

La fréquence centésimale (***Fc***), représente l'abondance relative et correspond au pourcentage d'individus d'une espèce (***ni***) par rapport au total des individus recensés (***N***) d'un peuplement. Elle peut être calculée pour un prélèvement ou pour l'ensemble des prélèvements d'une biocénose (**DAJOZ, 2003**).

$$Fc = \frac{(ni)}{N} \times 100$$

➤ **Constance ou indice d'occurrence**

La constance (*C*) est le rapport du nombre de relevés contenant l'espèce étudiée (*Pi*) au nombre total de relevés (*P*) exprimé en pourcentage (DAJOZ, 2003).

$$C = \frac{Pi}{P} \times 100$$

**BIGOT et BODOT (1973)** ; distinguent des groupes d'espèces en fonction de leur fréquence d'occurrence :

- Les espèces constantes sont présentes dans 50 % ou plus des relevés effectués.
- Les espèces accessoires sont présentes dans 25 à 49 % des prélèvements.
- Les espèces accidentelles sont celles dont la fréquence est inférieure à 25 % et supérieure à 10%.
- Les espèces très accidentelles qualifiées de sporadiques, ont une fréquence inférieure à 10%.

➤ **Analyse de similitude**

**Indice de SORENSEN :**

Afin de pouvoir tester la similitude ou la différence existante dans la composition des peuplements d'une part dans l'espace, et d'autre part dans le temps, nous avons comparé la structure des relevés par une analyse discriminatoire en calculant l'indice de SORENSEN ou le coefficient de similitude de SORENSEN (*Qs*) (MAGURRAN, 1988) :

$$Qs = \frac{2c}{a + b} \times 100$$

*a* : nombre d'espèces mentionnées dans le relevé 1,

*b* : nombre d'espèces décrites dans le relevé 2,

*c* : nombre d'espèces recensées simultanément dans les 2 relevés.

Nous avons utilisé ce coefficient pour comparer la composition spécifique du peuplement phytoplanctonique des différents sites et pour différentes dates d'étude prises deux à deux.

### 3.1.2. Paramètres et indices de diversité des peuplements

La diversité des peuplements vivants s'exprime généralement par la richesse spécifique totale qui est le nombre total (*S*) d'espèces dans un biotope et la richesse moyenne (*Sm*) qui représente la

moyenne du nombre d'espèces observées dans une série de prélèvements. Elle peut être également être représentée par des indices différents.

➤ **Richesse générique**

Dans notre cas, nous avons calculé la richesse générique totale ( $S$ ) qui représente le nombre de genres contractés au moins une seule fois au terme de  $N$  relevés effectués. Nous avons également calculé la richesse générique moyenne.

L'adéquation de ce paramètre à la richesse réelle est bien entendu d'autant meilleure que le nombre de relevés est plus grand (BLONDEL, 1975).

➤ **Indice de diversité de SHANNON**

L'indice de diversité de SHANNON dérive d'une fonction établie par SHANNON et WIENER qui est devenue l'indice de diversité de Shannon. Il est parfois, incorrectement appelé indice de SHANNON-WEAVER (KREBS, 1989 ; MAGURRAN, 1988). Cet indice symbolisé par la lettre  $H'$  fait appel à la théorie de l'information. La diversité est fonction de la probabilité de présence de chaque espèce dans un ensemble d'individus. La valeur de  $H'$  représentée en unités binaires d'information ou bits est donnée par la formule suivante (BLONDEL, 1979 ; DAJOZ, 2003 et MAGURRAN, 1988):

$$H' = - \sum P_i \log_2 P_i$$

Où :  $P_i$  représente le nombre d'individus de l'espèce  $ni$  par rapport au nombre total d'individus recensés ( $N$ ):

$$P_i = \frac{ni}{N}$$

Cet indice renseigne sur la diversité des espèces d'un milieu étudié. Lorsque tous les individus appartiennent à la même espèce, l'indice de diversité est égal à 0 bits. Cet indice est indépendant de la taille de l'échantillon et tient compte de la distribution du nombre d'individus par espèce (DAJOZ, 2003). Afin de calculer cet indice, nous avons pris en considération la richesse générique et non spécifique.

➤ **Indice d'équidistribution des populations (équitabilité) :**

C'est le rapport entre la diversité calculée  $H'$  et la diversité théorique maximale ( $H'_{max}$ ) qui est représentée par  $\log_2$  de la richesse totale  $S$  (BLONDEL, 1979).

$$E = \frac{H'}{H'_{max}} ; \quad H'_{max} = \log_2 S$$

Cet indice varie de zéro à un. Lorsqu'il tend vers zéro ( $E < 0,5$ ), cela signifie que la quasi-totalité des effectifs tend à être concentrée sur une seule espèce. Il est égal à 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance (BARBAULT, 1981).

### 3.1.3. Analyse statistique des données (analyse des corrélations)

Pour mettre en évidence une quelconque relation entre les variables mesurées, nous avons utilisé le coefficient de corrélation linéaire de Bravais-Pearson (DAGNELIE, 2000).

Ce coefficient de corrélation  $r$ , mesure l'intensité du lien qui existe entre deux caractéristiques ou variables quantitatives quelconques pour autant que cette liaison soit linéaire ou approximativement linéaire.

Ce coefficient est compris entre -1 et +1, il est en valeur absolue, d'autant plus proche de 1 que la liaison entre les deux séries d'observation est nette, pour autant que cette liaison soit linéaire ou approximativement linéaire.

Au contraire, si le coefficient est nul ou approximativement nul c'est que les deux variables ne sont pas corrélées entre elles.

D'autre part, le signe de coefficient de corrélation indique si la relation entre les deux variables (séries d'observations) est croissante ou décroissante. En effet, lorsque le coefficient de corrélation est positif, les valeurs élevées d'une variable correspondent, dans l'ensemble, aux valeurs élevées de l'autre variable et vice-versa.

- Si  $p > 0,05$  → il n'existe pas de corrélation.
- Si  $p \leq 0,05$  → il existe une corrélation significative →\*
- Si  $p \leq 0,01$  → il existe une corrélation hautement significative →\*\*
- Si  $p \leq 0,001$  → il existe une corrélation très hautement significative →\*\*\*

#### \*Analyse univariée

Pour mieux décrire les différentes variables qui caractérisent les descripteurs abiotiques et biotiques étudiés dans les différents échantillons, nous avons calculé certains paramètres statistiques de base tels que la moyenne arithmétique ( $\bar{x}$ ) ; l'écart-type (s); les valeurs minimales (min) et maximales (max) qui donnent toutes deux une idée sur l'étendue des données et enfin l'effectif qui nous renseigne sur l'importance des données traitées (DAGNELIE, 2000).

**\* Analyse bivariée**

L'analyse statistique bivariée consiste à calculer, d'une part, les corrélations linéaires simples entre les différentes variables deux à deux et, d'autre part, les équations de régression linéaire simples par la méthode des moindres carrés (**DAGNELIE, 2000**).

***P*** : est la probabilité qui met en évidence les différences significatives entre la valeur du coefficient de corrélation « ***r*** » et la valeur zéro.

**Remarque** : si  $P \leq 0,05$  : il y a une corrélation entre les deux caractères.

Tous les calculs univariés et bivariés ont été exécutés avec le logiciel MINITAB d'analyse et de traitement statistique des données, version 13.31 pour Windows (**ANONYME, 2000b**).

## Chapitre III : Résultats et discussions

### 1. Paramètres physico-chimiques de l'eau et leurs variations spatio-temporelle

#### 1.1. Résultats

Les données caractérisant la nature physico-chimique de l'eau mesurées selon les méthodes décrites plus haut, ainsi que leurs variations spatio-temporelles dans les 4 stations et pour les 10 mois d'étude sont rapportés dans le tableau en annexe 2.

Afin de donner une image globale sur la qualité physico-chimique de l'eau du barrage de Timgad, nous avons opté à la présentation des minimums, des maximums ainsi que des moyennes notées dans les 4 stations d'étude (Tableau 13).

**Tableau 13** : Paramètres physico-chimiques de l'eau évalués dans les 4 stations prospectées au niveau du barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna), (M : Maximum, m : minimum, mn: moyenne).

Paramètres mesurés		Station 1	Station 2	Station 3	Station 4
Température (°C)	mn	17	17,07	16,97	17,05
	M	25,2	25,6	25,7	25,8
	m	10,1	10,2	10,1	10,1
pH	mn	7,71	7,37	8,18	8,17
	M	8,32	8,34	8,39	8,35
	m	7,60	7,93	8,01	7,85
Turbidité (NTU)	mn	41,15	19,01	15,30	18,43
	M	89,3	33,3	21,7	36,2
	m	7,80	14,0	10,1	8,31
Conductivité (µS/cm)	mn	909	1082	1084	1073
	M	1272	1174	1181	1148
	m	691	1017	1030	1013
Salinité (‰)	mn	0,2	0,3	0,3	0,3
	M	0,4	0,4	0,3	0,3
	m	0,1	0,3	0,3	0,3
Nitrates NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	mn	0,234	0,178	0,215	0,213
	M	0,444	0,235	0,290	0,336
	m	0,140	0,113	0,172	0,115
Nitrites NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	mn	0,044	0,025	0,018	0,017
	M	0,090	0,047	0,029	0,027
	m	0,021	0,011	0,006	0,007
Azote ammoniacal NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	mn	0,152	0,095	0,056	0,138
	M	0,243	0,159	0,170	0,306
	m	0,098	0,016	0,008	0,032

<b>Orthophosphates</b> <b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (mg/l)</b>	<b>mn</b>	0,002	0,002	0,001	0,001
	<b>M</b>	0,005	0,004	0,003	0,002
	<b>m</b>	0,002	0,001	0,001	0,000
<b>Oxygène dissous</b> <b>O<sub>2</sub> (mg/l)</b>	<b>mn</b>	5,50	5,65	5,59	5,48
	<b>M</b>	5,95	6,06	6,17	6,44
	<b>m</b>	5,07	5,39	5,15	4,85

La température présente des variations similaires dans l'ensemble des stations, la valeur la plus basse est enregistrée en décembre (10,1 °C) et la plus élevée en juin avec 25,8 °C.

Le pH de l'eau du barrage varie entre 7,60 et 8,39, la valeur la plus élevée est enregistrée en Mai. En revanche, c'est en septembre que la valeur la plus basse est relevée.

Nos résultats montrent que la turbidité de l'eau mesurée varie entre 7,80 NTU à 89,3 NTU. La valeur la plus basse est enregistrée durant le mois de décembre et la valeur la plus élevée est notée en février.

La valeur minimale enregistrée de la conductivité est de 691 µs/cm pour le mois de mars et le maximum de 11272 µs/cm est noté en octobre.

Nos résultats montrent que la salinité de l'eau mesurée varie entre 0,1‰ à 0,4‰. La valeur la plus basse est enregistrée durant les mois mars et avril et la valeur la plus élevée est notée en octobre et novembre.

La teneur en nitrates varie de 0,113 mg/l à 0,444 mg/l. La valeur la plus basse est enregistrée durant le mois de mars et la valeur la plus élevée est notée en novembre.

Nos données montrent que la teneur en nitrite varie de 0,006 mg/l à 0,090 mg/l. La valeur la plus basse est enregistrée durant le mois de décembre et la valeur la plus élevée est notée en juin.

La teneur en azote ammoniacal varie de 0,008 mg/l à 0,306 mg/l. La valeur la plus basse est enregistrée durant le mois de mars et la valeur la plus élevée est notée en mai.

Les valeurs d'orthophosphates sont très faibles, la valeur la plus élevée est notée en novembre (0,005 mg/l).

Les teneurs notées d'oxygène dissous varient de 4,85 mg/l à 6,44 mg/l. La valeur la plus basse est enregistrée durant le mois de septembre et la valeur la plus élevée est notée en janvier.

## 1.2. Discussions

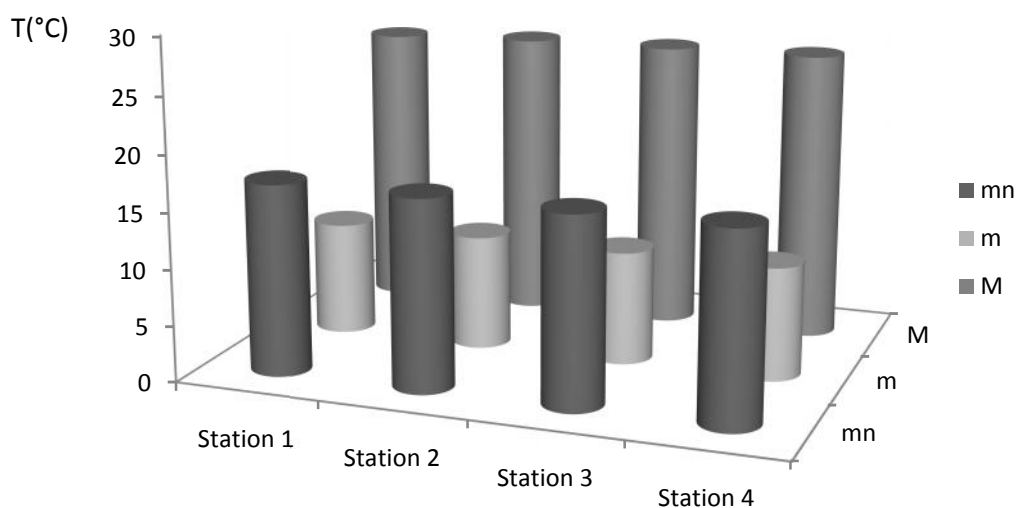
### \* Température de l'eau

La température est un facteur environnemental important pour la vie aquatique contrôlant ainsi l'ensemble des processus biologiques (reproduction, croissance,...) liés à un environnement donné.

D'une façon générale, la température des eaux de surface est influencée directement par les conditions climatiques. Quoique se réchauffant et se refroidissant moins vite que celle du fond (AMINOT, 1983).

La température de l'eau présente des variations bien visibles dans l'ensemble des stations prospectées allant de 10,1°C jusqu'à 25,8°C (Fig.12). Les fluctuations de ce paramètre abiotique sont en relation avec les conditions climatiques locales et régionales et plus particulièrement avec la température de l'air, ainsi que les phénomènes d'évaporation de l'eau et des précipitations qui en résultent quand cette dernière augmentent. Des résultats similaires, concernant d'autres plans d'eau, ont également rapporté la forte influence de la température de l'air sur celle de l'eau.

La différence de température entre le mois le plus chaud (juin) et le mois le plus froid (décembre) est de 15,7 °C, Ceci est le reflet du caractère semi aride de la région des Aurès où les contrastes entre la saison froide et la saison chaude sont très sévères.



**Figure 12:** Température (°C) de l'eau dans les 4 stations prospectées du Barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) entre septembre 2013 et juin 2014 (M : maximale ; mn : moyenne ; m : minimale).

### \*pH

Le pH, ou potentiel d'hydrogène, caractérise l'acidité ou l'alcalinité de l'eau. C'est un indicateur de la quantité et de la nature des ions minéraux en solution dans l'eau (Groga, 2012).

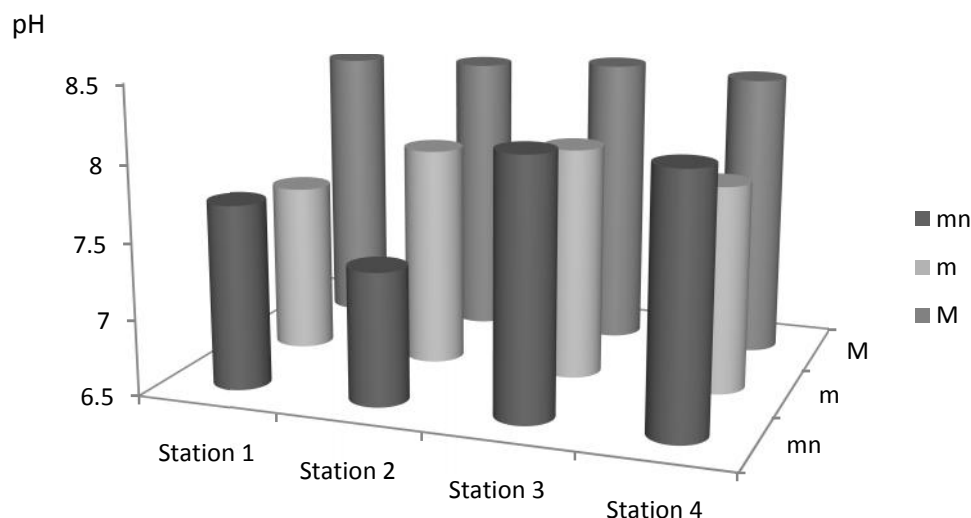
Les valeurs de pH enregistrées dans les quatre stations prospectées varient entre 7,60 et 8,39 (fig.13). Le pH de l'eau permet de classer celle-ci en trois catégories selon l'échelle adoptée par HECKER et al., (1996) :

Eau acide (pH < 5,5), eau neutre (pH = 5,5 à 7,4), eau alcaline (pH > 7,4). Le pH moyen global de l'eau du barrage de Koudiet M'douar est de 7,85 donc l'eau du site est alcaline.

En parlant de pH et à titre d'exemple, plusieurs auteurs, BACHA (2010) « Barrage de Foug El Kherza, Biskra », CHAIBI (2004) « La lagune El-Mellah » ont trouvé que le pH de ces hydrosystèmes est alcalin.

Cette alcalinité serait probablement en relation avec la nature du substrat, la circulation des eaux et l'absence d'une source de pollution réelle comme les eaux usées par exemple.

La valeur la plus élevée du pH est enregistrée en Mai. En revanche, c'est en septembre que la valeur la plus basse est relevée au sein de la première station, elles auraient diverses origines, dans la plus plausible serait les apports d'oueds (de substances acides charriées).



**Figure 13:** Valeurs du pH de l'eau dans les 4 stations prospectées du Barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) entre septembre 2013 et juin 2014 (M : maximale ; mn : moyenne ; m : minimale).

**\*Turbidité (NTU)**

Selon **DUSSART (1992)**, la turbidité est représentative de la transparence d'une eau. Cette transparence peut être affectée par la présence de particules en suspension et de matières colloïdales dans l'eau (limons, argiles, micro-organismes,...). D'autre part, l'augmentation de la transparence a lieu parallèlement à la chute de la densité en microalgues.

Dans l'ensemble des stations, nos résultats montrent que la turbidité de l'eau varie entre 7,80 et 89,3 NTU (Nephrometrie Turbidity Unit). La valeur la plus basse est enregistrée durant le mois de décembre et la valeur la plus élevée est notée en février (Fig.14).

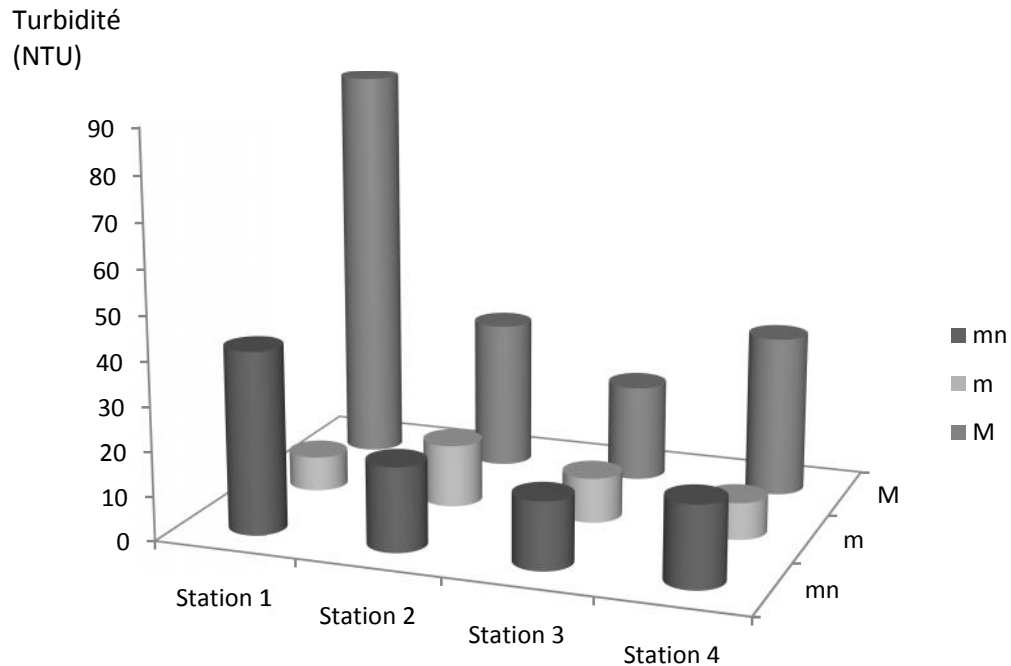
Selon l'U.S. Environnement Protection Agency, l'intensité de la turbidité permet de classer l'eau suivant les normes ci-après (**ANONYME, 1978**) :

NTU < 30 NTU : Eau claire ; 30 < NTU < 50 NTU : Eau moyennement trouble ; NTU > 50 NTU : Eau trouble.

Les résultats de la turbidité moyenne obtenus dans les quatre stations étudiées sont nettement inférieures à la valeur de guide fixée à 30 NTU pour une eau de turbidité claire.

Dans la station 1, la turbidité maximale calculée (89,3 NTU), notée en février est légèrement supérieure à la valeur de guide fixée à 30 NTU. Cette augmentation peut être en relation avec la forte charge en matières en suspension, qui est probablement due à la combinaison de microflores produites et à la présence de végétation aquatique.

Les travaux de **BACHA (2010)** « Barrage de Foum El Kherza, Biskra » ont abouti presque aux mêmes résultats.



**Figure 14:** Turbidité de l'eau dans les 4 stations prospectées du Barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) entre septembre 2013 et juin 2014 (M : maximale ; mn : moyenne ; m : minimale).

#### \* La conductivité électrique

La conductivité est une mesure générale de la qualité de l'eau, qui indique la quantité totale des sels dissous. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau (REJSEK, 2002), qui peut entraîner selon le cas un goût salé variable selon la nature des sels présents (POTELON, 1998).

La mesure de la conductivité permet également d'évaluer la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution (REJSEK, 2002).

Le tableau 14 exprime une relation entre la minéralisation de l'eau et la conductivité.

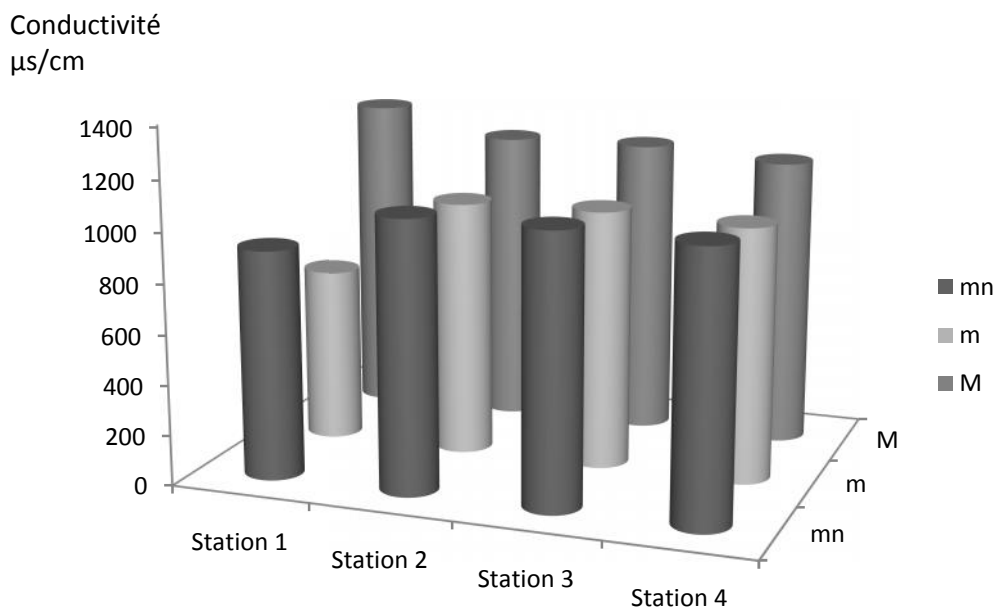
**Tableau 14:** Relation entre la minéralisation de l'eau et la conductivité mesurée.

< 100	Très faible
Entre 100 et 200	Faible
Entre 200 et 333	Moyenne
Entre 333 et 666	Moyenne accentuée
Entre 666 et 1000	Importante
>1000	Elevée

(REJSEK, 2002).

La moyenne de la conductivité de l'eau du barrage s'élève à 1037  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Fig.15). Nous pouvons donc dire que la minéralisation de l'eau de barrage est élevée. Ce qui n'est pas le cas pour le barrage de Foum El Kherza dont la minéralisation est assez importante avec une moyenne de 1157,78  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . (BACHA, 2010).

La valeur minimale enregistrée de la conductivité est de 691  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pour le mois de mars et le maximum de 11272  $\mu\text{S}/\text{cm}$  est noté en octobre à la station 1. La plus part du temps, la conductivité a une origine naturelle due au lessivage des terrains. Ce lessivage entraîne naturellement la dissolution d'un certain nombre de sels minéraux. Elle peut également avoir pour origine l'activité humaine causée par les effluents agricoles, industriels ou domestiques qui contiennent des sels contribuant eux aussi à l'accroissement de la conductivité.



**Figure 15:** Conductivité de l'eau dans les 4 stations prospectées du Barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) entre septembre 2013 et juin 2014 (M : maximale ; mn : moyenne ; m : minimale).

### \*Salinité

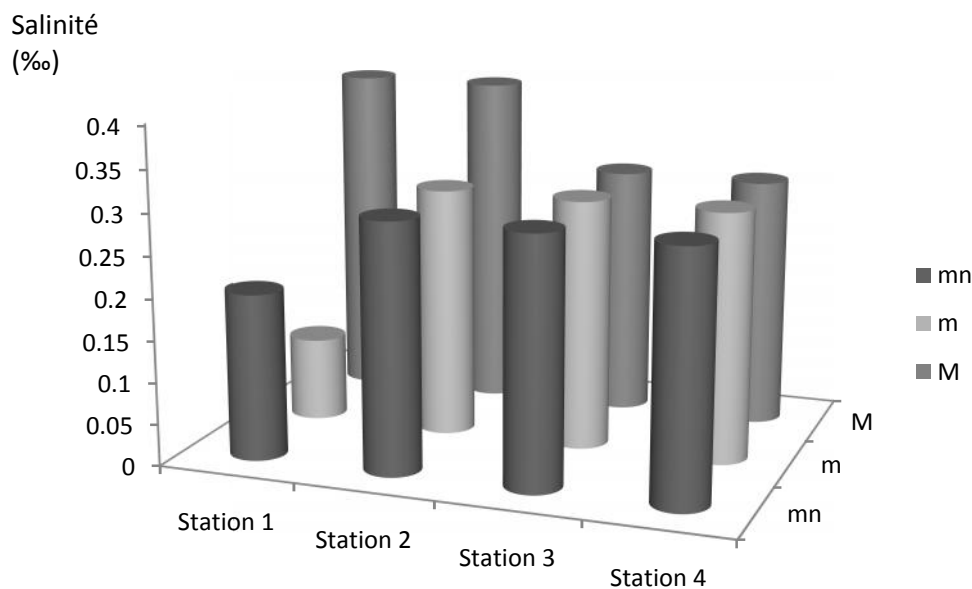
La salinité est définie à l'origine comme étant la quantité de sels dissous présents dans l'eau (BOUCHAR, 2010).

L'eau est dure ou calcaire si elle est riche en sels de Calcium, ou en sels minéraux en général. Au contraire, elle est douce lorsqu'elle est pauvre en ces éléments (REJSEK, 2002). Nous notons en effet, que la salinité enregistrée le long de la période d'étude ne présente pas de grandes différences entre les différents stations étudiées sachant que les teneurs notées varient de 0,1 à 0,4‰ (Fig.16). La valeur la plus basse est enregistrée durant les mois mars et avril et la valeur la plus élevée est notée en octobre et novembre, ceci serait en relation avec la variation des quantités de précipitations et d'évaporation.

Le degré de salinité permet de classer l'eau selon les catégories suivantes :

Eau douce (< 0,5 g/l), eau douce à saumâtre (0,5 à 5 g/l), eau saumâtre à salée (18 à 30 g/l) et eau salée (> 30 g/l) (HECKER *et al.*, 1996) ; donc nous pouvons dire que l'eau du barrage est globalement une eau douce.

D'après **BACHA (2010)** et **CHAIBI (2013)**, l'eau de barrage de Foug El Kherza présente un degré de salinité qui permet de dire qu'elle est douce à saumâtre.



**Figure 16:** Salinité d'eau dans les 4 stations prospectées du Barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) entre septembre 2013 et juin 2014 (M : maximale ; mn: moyenne ; m : minimale).

#### \*Les nitrates $\text{NO}_3^-$

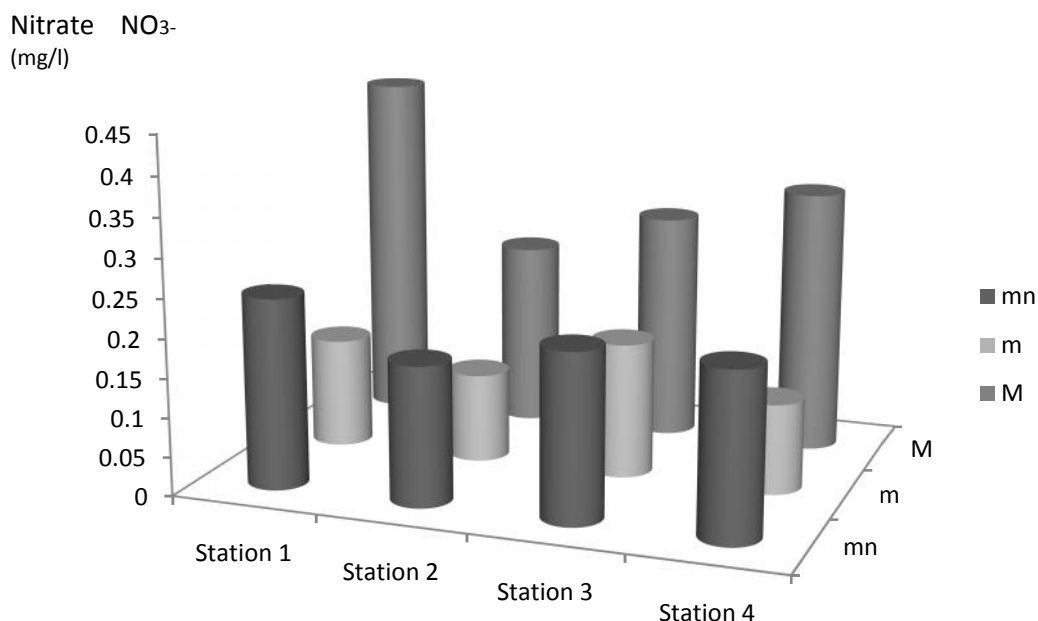
Les résultats obtenus à partir de nos prélèvements indiquent la présence de teneurs moyennes qui varient entre 0,444 mg/l et 0,235 mg/l (Fig.17).

Les nitrates se trouvent naturellement dans les eaux et proviennent en grande partie de l'action de l'écoulement des eaux sur le sol constituant le bassin versant. Ils constituent le stade final d'oxydation de l'azote organique. Dans les eaux naturelles non polluées, le taux de nitrates est très variable suivant la saison et l'origine des eaux (**REJSEK, 2002**). Les effets de nitrates ne sont pas en eux mêmes dangereux mais ont une toxicité par le fait qu'ils se transforment en nitrites et participent à l'important phénomène d'eutrophisation des eaux stagnantes et provoquent ainsi des troubles pour la santé (**REJSEK, 2002**).

La concentration naturelle en nitrates ne dépasse pas 3 mg/l dans les eaux superficielles. La nature des zones de drainage joue un rôle essentiel dans leurs présences et l'activité humaine accélère le processus d'enrichissement des eaux en nitrates. Les variations saisonnières des teneurs en nitrates

sont importantes et liées au développement du phytoplancton (REJSEK, 2002). Les excédents d'azote sont dus à une fertilisation excessive et/ou à des pratiques culturales inadaptées. Dans certaines régions ce sont les rejets azotés d'origine animale excessifs qui sont en cause.

La valeur du nitrate la plus basse est enregistrée durant le mois de mars et la valeur la plus élevée est notée en novembre au sein de la première station. La concentration en nitrates dans les eaux souterraines et les eaux de surface peut atteindre des niveaux élevés à cause du lessivage des terres cultivées ou de la contamination par des déchets d'origine humaine ou animale.



**Figure 17:** Teneur en nitrates (mg/l) dans les 4 stations prospectées du Barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) entre septembre 2013 et juin 2014 (M : maximale ; mn : moyenne ; m : minimale).

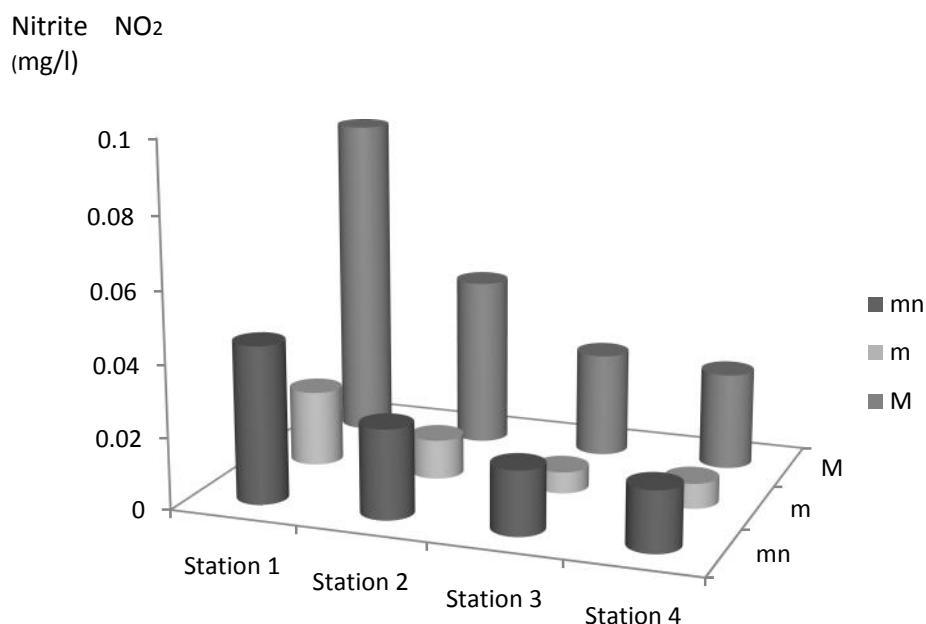
#### \* Les nitrites (NO<sub>2</sub>)

Selon DUSSART (1992), les nitrites représentent la forme intermédiaire et le résultat de l'oxydation des matières organiques azotées.

Nos données montrent que la teneur en azote nitreux est très faible et varie autour d'une moyenne de 0,023 mg/l avec une concentration maximale de 0,090 mg/l notée dans la station 1 en juin (Fig.18). La présence de nitrites dans une eau peut être due à une oxydation incomplète de composés

azotés (azote organique ou ammoniacal). Elle correspond à un stade intermédiaire et sa concentration est en général inférieure à 1,0 mg/l (REJSEK, 2002).

D'après ANRH (2003) in HOUADEF et SALEM (2007), les classes proposées pour les nitrites sont : (0 à 0,01mg/l) pour une eau de bonne qualité, entre 0,01 et 0,1 mg/l pour une qualité moyenne et de mauvaise à très mauvaise qualité lorsque les valeurs de nitrites est de 0,1 à 3 mg/l et  $\text{NO}_2 > 3 \text{ mg/l}$ . Donc, de manière générale, nous pouvons dire que la qualité l'eau des stations étudiées est moyenne.



**Figure 18:** Teneurs en nitrites (mg/l) dans les 4 stations prospectées du Barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) entre septembre 2013 et juin 2014 (M : maximale ; mn : moyenne ; m : minimale).

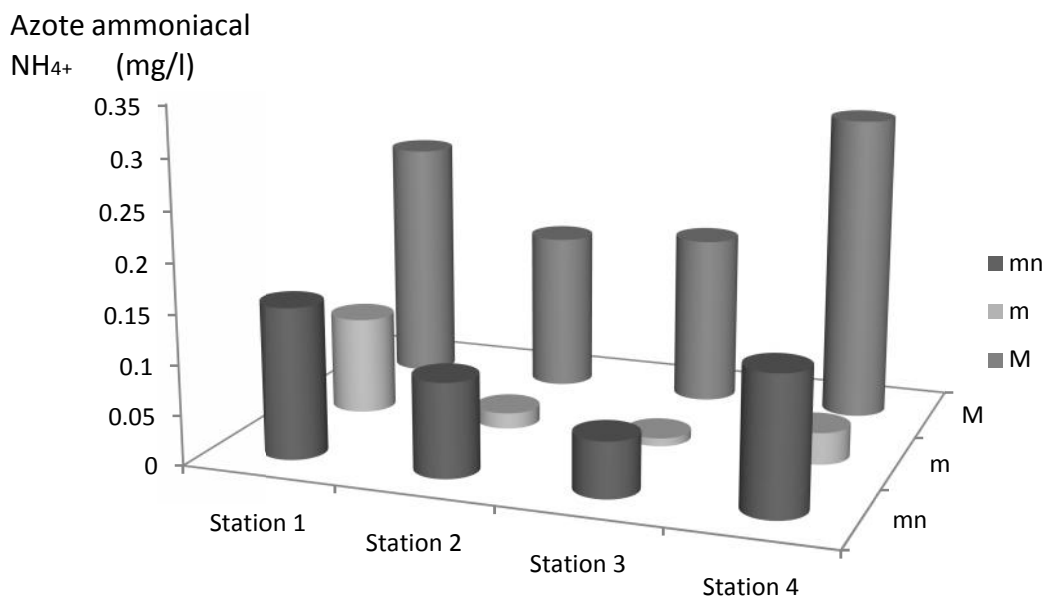
#### \* Azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )

Nous mentionnons une moyenne de teneur en azote ammoniacal de 0,110 mg / l d'eau avec une concentration maximale de 0,306 mg / l enregistrée en mai au sein de la station 4 (Fig.19).

La teneur en azote ammoniacal dans les eaux superficielles est normalement très faible (< 0,2 mg / l) (REJSEK, 2002).

Cette absence de  $\text{NH}_4^+$  pourrait être due à la transformation assez rapide de ce dernier en nitrites et en nitrates par oxydation, tandis que sa présence pourrait avoir une origine humaine, avec les rejets

d'excréments d'animaux, l'utilisation massive d'engrais, le rejet d'eaux usées non ou peu épurées et c'est pourquoi elle est considérée comme un signe de contamination de l'eau (**REJSEK, 2002**).



**Figure 19:** Teneurs en azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) dans les 4 stations prospectées du Barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) entre septembre 2013 et juin 2014 (M : maximale ; mn : moyenne ; m : minimale).

#### \* Orthophosphates PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>

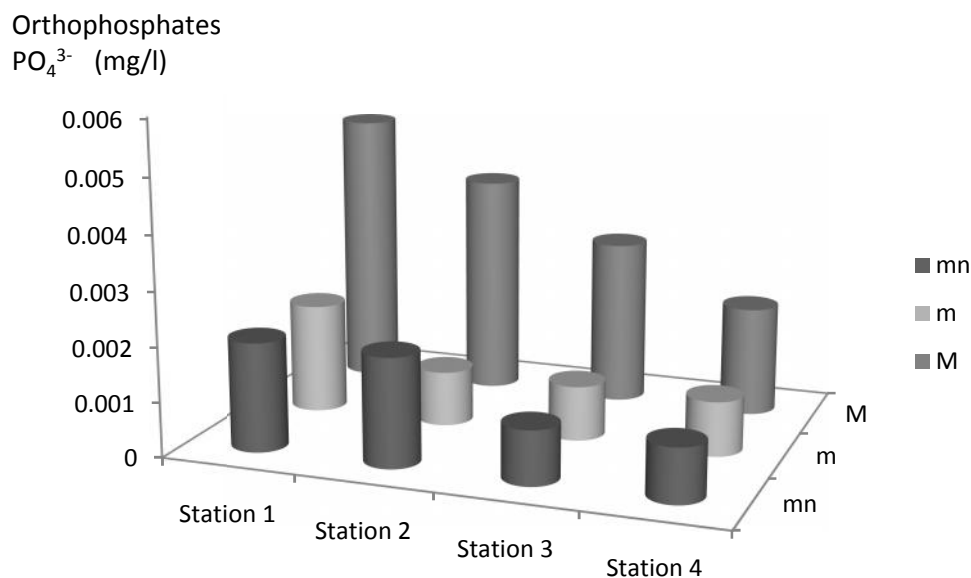
Les valeurs des phosphates varient de 0,001 à 0,005 g/l avec une faible fluctuation entre les 4 stations (Fig.20), la valeur la plus élevée est notée en novembre (0,005 mg/l) au sein de la station 1.

Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol, leur présence naturelle dans les eaux est liée aux caractéristiques des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique. Des teneurs supérieures à 0,5 mg/l doivent constituer un indice de pollution (**RODIER, 2005**).

Les phosphates (teneurs supérieures à 0,2 mg/l) favorisent la prolifération des algues et des phytoplanctons qui conduisent à l'eutrophisation des lacs, des cours d'eau et il en résulte une véritable dégradation de la vie aquatique (**POTELLON, 1998**).

Les eaux de surface peuvent être contaminées par des rejets domestiques ou par le lessivage de terres cultivées renfermant des engrais phosphatés ou traités par certains pesticides. Cette

contamination entraîne un développement important des algues microscopiques mais aussi macroscopiques, qui caractérise le phénomène d'eutrophisation (REJSEK, 2002).



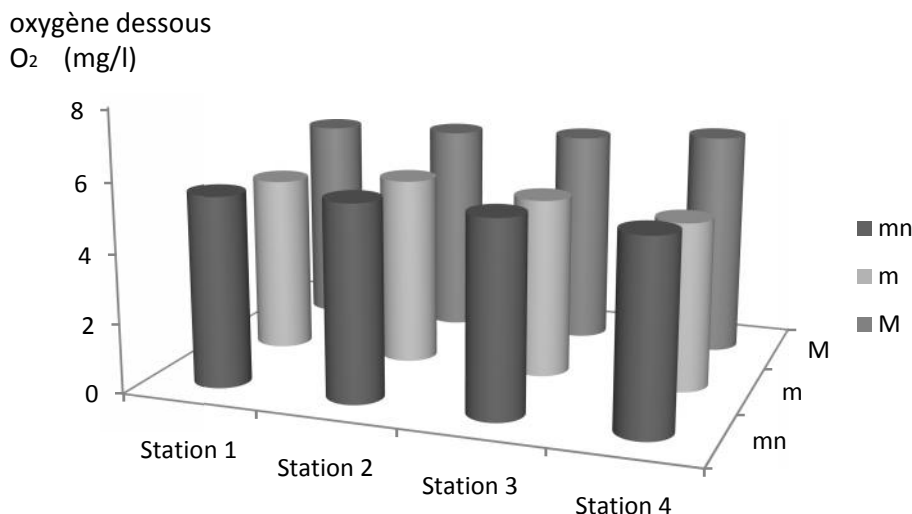
**Figure 20:** Teneurs en orthophosphates (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) dans les 4 stations prospectées du Barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) entre septembre 2013 et juin 2014 (M : maximale ; mn : moyenne ; m : minimale).

#### \* L'oxygène dissous (O<sub>2</sub>)

La lecture de nos résultats nous permet de dire que les teneurs d'eau en oxygène varient de 4,85 à 6,44 g/l avec une faible fluctuation entre les stations (Fig.21). La valeur la plus basse est enregistrée durant le mois de septembre et la valeur la plus élevée est notée en janvier au sein de la station 4.

L'oxygène dissous est un paramètre intermédiaire indispensable entre les composantes minérales et organiques dans les milieux lacustres (DUSSART, 1992). Il est également utilisé pour les phénomènes d'oxydation et par des organismes aquatiques pour la respiration (AMINOT, 1983).

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. Une concentration de 3 à 6mg/l constitue la limite inférieure en dessous de laquelle la vie de la flore et de la faune est mise en péril (REJSEK, 2002).



**Figure 21:** Teneurs de l'oxygène dissous ( $O_2$ ) dans les 4 stations prospectées du Barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) entre septembre 2013 et juin 2014 (M : maximale ; mn : moyenne ; m : minimale).

### 1.3. Conclusion

L'eau du barrage de Koudiet M'douar est moyennement alcaline avec une minéralisation élevée, douce et claire. Les résultats concernant les paramètres de pollution nous permettant de dire que l'eau du barrage est généralement de bonne qualité, concernant les concentrations en nitrates et en nitrites avec des teneurs naturelles en orthophosphates et azote ammoniacal.

Des variations presque similaires ont été enregistrées dans l'ensemble des stations, toutefois la station 1 présente les valeurs les plus élevées de turbidité, conductivité, les teneurs en nitrates, nitrites, azote ammoniacal et orthophosphates, ainsi que la valeur la plus basse du pH.

## 2. Analyse des corrélations entre les paramètres physico-chimiques de l'eau

### 2.1. Résultats

Afin de mettre en évidence les relations qui pourraient exister entre les différents paramètres physico-chimiques de l'eau mesurés, nous avons réalisé une analyse des corrélations dont les résultats sont reportés dans le Tableau 15.

**Tableau 15** : Corrélations entre les paramètres physico-chimiques de l'eau mesurés au barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) (septembre 2013-juin 2014), (NS): différence non significative ; (\*) : Corrélacion significative,  $p \leq 0,05$ ; (\*\*): Corrélacion hautement significative,  $p \leq 0,01$  ;( \*\*\*): Corrélacion très hautement significative,  $p \leq 0,001$ ,  $r$  : coefficient de corrélacion,  $p$  : probabilité.

	T(°C)	pH	Cond	Sal	Turb	O <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>
<b>pH</b>	NS								
<b>Cond</b>	NS	NS							
<b>Sal</b>	NS	NS	NS						
<b>Turb</b>	NS	NS	NS	NS					
<b>O<sub>2</sub></b>	NS	NS	NS	NS	NS				
<b>NH<sub>4</sub></b>	NS	NS	NS	NS	NS	$r=0,896$ $P=0,000$ ***			
<b>NO<sub>3</sub></b>	NS	NS	NS	NS	NS	$r=0,810$ $p=0,005$ *	NS		
<b>NO<sub>2</sub></b>	$r=0,704$ $p=0,023$ *	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b>	$r=0,696$ $p=0,025$ *	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

## 2.2. Discussion

Nous notons l'absence de corrélations des paramètres pH, conductivité, salinité et turbidité.

Des fortes corrélations positives soit 0,704 et 0.696 ont été enregistrées entre la température et les valeurs de NO<sub>2</sub> et PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ; Entre l'O<sub>2</sub> et celle de l'azote NH<sub>4</sub> et NO<sub>3</sub> soit 0,896 et 0,810.

Les nitrates proviennent de la décomposition des déchets organiques (transformation de l'ammonium en nitrites ou en nitrates) ; la nitratisation c'est l'oxydation des ions nitrites en ions nitrates.

Il est parfois difficile de faire des corrélations pour expliquer les taux de nitrates, nitrites et ammonium car les lieux exacts des prélèvements, les profondeurs des prises des échantillons ne sont pas connues, ces facteurs pouvant influencer sur les teneurs.

### 2.3. Conclusion

De manière générale, nous pouvons dire que la qualité physico-chimique de l'eau est en relation avec certains facteurs climatiques (température de l'air et l'insolation), d'une part et d'autre part, avec l'activité biologique des organismes vivants qui peuplent le milieu. Aussi, il faut noter que cette activité biologique est elle-même en relation avec les facteurs abiotiques du milieu.

## 3. Structure et organisation des peuplements phytoplanctoniques

### 3.1. Composition taxonomique de la flore micro algale recensée

#### 3.1.1. Résultats

Après l'examen microscopique des échantillons d'eau prélevés, nous présentons dans le Tableau 16 la liste systématique du phytoplancton suivant la classification établie par **BOURRELLY (1970)** et **SOURNIA (1986)**. Nous avons également utilisé un site Web spécialisé dans la systématique des algues microscopiques ([www.algaebase.org](http://www.algaebase.org)). L'identification a été poussée jusqu'au genre seulement.

Nos données montrent que la flore microalgale recensée est composée de 56 genres, appartenant à 8 classes, qui sont les: *Bacillariophyceae*, *Chlorophyceae*, *Cyanophyceae*, *Dinophyceae*, *Zygnemophyceae*, *Euglenophyceae*, *Trebouxiophyceae*, *Chrysophyceae* ; 26 ordres et 42 familles.

La classe des *Bacillariophyceae* regroupe la proportion la plus importante du peuplement phytoplanctonique avec 25 genres (soit 44,64%), suivie par les *Chlorophyceae* avec 09 genres (soit 16,07%) et 07 genres (soit 12,5%) pour les *Cyanophycées* et 06 genres (soit 10,71) pour les *Dinophyceae* (Fig.22). En revanche, les : *Zygnemophyceae*, *Euglenophyceae*, *Trebouxiophyceae* et *Chrysophyceae*; chacun sont les plus faiblement représentées avec 1 à 5 genres (Tableau 16).

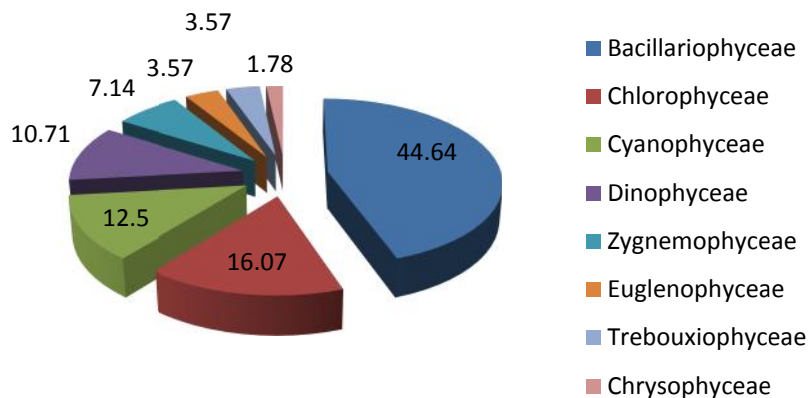


Figure 22 : Pourcentages des différentes classes identifiées.

Tableau 16 : Inventaire taxonomique du phytoplancton recensé dans les 4 stations prospectées au barrage Koudiet M’douar (Timgad, Batna) entre septembre 2013 et juin 2014 (+: espèces présentes, -: espèces absentes, \*: espèces toxiques).

Classe	Ordre	Famille	Genre	Station	Station	Station	Station
				1	2	3	4
Zygnemophyceae	Desmidiiales	Desmidiaceae	<i>Cosmarium</i>	-	+	+	+
			<i>Staurastrum</i>	+	+	+	+
		Closteriaceae	<i>Closterium</i>	+	+	+	+
	Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Spirogyra</i>	-	+	+	-
Chlorophyceae	Chlorococcales	Scenedesmaceae	<i>Coelastrum</i>	+	+	+	-
			<i>Scenedesmus</i>	+	+	+	+
		Chlorococcaceae	<i>Tetracystis</i>	+	+	+	+
			<i>Tetrahedron</i>	-	+	+	+
			Hydrodictyceae	<i>Pediastrum</i>	+	+	+
	Tetrasporales	Sphaerocystidaceae	<i>Sphaerocystis</i>	-	+	+	+
	Chlamydomonadales	Volvocaceae	<i>Eudorina</i>	-	+	+	+
			<i>Chlamydomonas</i>	+	+	+	+
Chlamydomonadaceae		<i>Carteria</i>	-	+	+	-	
Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i>	+	-	-	-	
		<i>Amphipleura</i>	-	-	+	-	
	Amphipleuraceae	<i>Frustulia</i>	+	+	+	+	
		Cymbellaceae	<i>Cymbella</i>	+	+	+	+

Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i>	+	+	+	+
			<i>Caloneis</i>	+	+	+	+
		Diploneidaceae	<i>Diploneis</i>	+	+	+	+
		Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i>	+	+	+	+
		Stauroneidaceae	<i>Stauroneis</i>	+	+	+	+
		Pleurosigmataceae	<i>Gyrosigma</i>	+	+	+	+
	<i>Pleurosigma</i>		-	+	+	-	
	Thalassiosiphysales	Catenulaceae	<i>Amphora</i>	-	+	+	+
	Surirellales	Surirellaceae	<i>Cymatopleura</i>	-	+	+	+
			<i>Surirella</i>	-	+	+	-
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>	+	+	+	+
	Melosirales	Melosiraceae	<i>Melosira</i>	+	+	+	+
	Thalassiosirales	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella</i>	-	-	+	-
			<i>Stephanodiscus</i>	+	-	-	-
	Tabellariales	Tabellariaceae	<i>Tabellaria</i>	+	+	-	-
	Achnanthes	Achnanthesiaceae	<i>Achnanthes</i>	-	+	+	-
		Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i>	+	+	+	+
	Chaetocerotaceae	Chaetoceros	<i>Chaetoceros</i>	-	-	+	-
	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i>	-	+	+	-
			<i>Synedra</i>	+	+	+	+
<i>Diatoma</i>			+	+	+	+	
Chrysophyceae	Chromulinales	Dinobryaceae	<i>Dinobryon</i>	+	+	+	+
Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Lyngbya</i> *	+	-	-	-
			<i>Oscillatoria</i> *	+	+	+	+
	Synechococcales	Merismopediaceae	<i>Synechocystis</i>	-	+	+	-
			<i>Merismopedia</i>	-	+	+	-
	Chroococcales	Microcystaceae	<i>Microcystis</i> *	+	+	+	-
		Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i>	-	-	+	-
Nostocales	Nostocaceae	<i>Anabaena</i> *	+	+	+	+	
Dinophyceae	Gymnodiniales	Gymnodiniaceae	<i>Gymnodinium</i> *	+	+	+	+
	Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Ceratium</i>	-	+	+	-
			<i>Gonyaulax</i> *	-	-	+	-
		Gonyaulacaceae	<i>Alexandrium</i> *	+	+	+	+
		Pyrophacaceae	<i>Pyrophacus</i>	+	+	+	+
Peridinales	Peridiniaceae	<i>Peridinium</i> *	+	+	+	+	
		Euglenaceae	<i>Euglena</i>	+	+	+	+

Euglenophyceae	Euglenales	Phacaceae	<i>Phacus</i>	+	+	+	-
Trebouxiophyceae	Chlorellales	Oocystaceae	<i>Oocystis</i>	+	+	+	+
		Chlorellaceae	<i>Chlorella</i>	+	+	+	-

### 3.1.2. Discussion

Dans l'ensemble des stations, on observe la dominance de la classe des diatomées suivie par les *Chlorophyceae*, les *Cyanophyceae*, les *Dinophyceae*, les *Zygnemophyceae*, les *Euglenophyceae*, les *Trebouxiophyceae* et les *Chrysophyceae* (Tableau 17). On peut dire que cet inventaire est diversifié.

Concernant le barrage de Foug El Kherza (Biskra), **BACHA (2010)**, a constaté que la flore de ce barrage est composée de 45 genres. Ces genres sont répartis comme suit : les *Diatomophycées* (44,4%), les *Chlorophycées* (20%), les *Cyanophycées* (13,3%), les *Dinophycées* et les *Euglénophycées* (4,4%) et les *Zygnemophycées* (2,2%) avec la présence des classes des *Chrysophycées* et des *Xanthophycées* (4,4%) pour chaque classe puis et les *Synurophycées* (2,2%).

**Tableau 17 :** Pourcentages en nombre de genres des classes de phytoplancton identifiées par station au barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) (septembre 2013-juin 2014).

	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Total
<i>Bacillariophyceae</i>	16	20	22	15	25
<i>Chlorophyceae</i>	5	9	9	7	9
<i>Cyanophyceae</i>	4	5	6	2	7
<i>Dinophyceae</i>	4	5	6	4	6
<i>Zygnemophyceae</i>	2	4	4	3	4
<i>Euglenophyceae</i>	2	2	2	1	2
<i>Trebouxiophyceae</i>	2	2	2	1	2
<i>Chrysophyceae</i>	1	1	1	1	1
Total	36	48	52	34	56

Sur les 56 genres recensés, 8 genres sont reconnus potentiellement toxiques, ce qui représente 14,28 % du peuplement phytoplanctonique et sont répartis comme suit : 4 genres de *Cyanophycées* et 4 genre de *Dinophycées*. Les *Dinophycées* sont des espèces considérées en majorité neurotoxiques. Les *Cyanophycées* présentent différentes formes d'intoxication : hépatotoxiques tel le cas des genres

*Microcystis* et *Oscillatoria* et dermatotoxiques avec le genre de *Lyngbya* (BENOUFELLA et al; 1995).

Selon SOURNIA et al (1990), le phytoplancton aquatique se compose de plus de 6.000 espèces d'algues unicellulaires. Parmi elles, près de 600 espèces sont connues pour provoquer occasionnellement, par leur pullulation, une modification de la couleur de l'eau; d'autre part, une quarantaine d'espèces provoquent des nuisances diverses telles que des intoxications pour l'homme ou des mortalités vis-à-vis de la faune aquatique.

La majorité des algues répertoriées dans le barrage de Koudiet M'douar sont des espèces cosmopolites à large spectre écologique.

**Tableau 18:** Les genres phytoplanctoniques recensés dans le barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) (septembre 2013-juin 2014), et reconnus potentiellement toxiques (selon BENOUFELLA et al., (1995) et BOURRELLY, (1985).

	Hépatotoxique	Dermatotoxique	Neurotoxique
<i>Oscillatoria sp.</i>	*		
<i>Microcystis sp.</i>	*		
<i>Anabaena sp.</i>	*		*
<i>Lyngbya sp.</i>		*	
<i>Alexandrium sp.</i>			*
<i>Gymnodinium sp.</i>			*
<i>Peridinium sp.</i>			*
<i>Gonyaulax sp.</i>			*

### 3.1.3. Conclusion

La composition taxonomique des populations phytoplanctoniques recensées dans cette étude présente une prédominance de la classe des diatomées dans toutes les stations étudiées.

Parmi ces populations, il est utile de noter la présence de genres toxiques. Ceci fait que les stations ne sont pas totalement à l'abri du phénomène d'eutrophisation ainsi que le barrage héberge une biodiversité très intéressante.

### 3.2. Evolution spatio-temporelle de l'abondance relative des peuplements phytoplanctoniques

#### 3.2.1. Résultats

Pour suivre la dynamique globale du phytoplancton recensé, nous avons opté pour l'analyse de la variation des effectifs moyens de différentes classes dans le temps pour chaque station (Fig. 23).

Les résultats de notre analyse font apparaitre que dans l'ensemble des stations, le phytoplancton présent des fluctuations mensuelles où les plus forts effectifs moyens sont relevés en avril. En revanche, c'est en septembre, octobre, novembre, décembre, janvier que les effectifs moyens les plus faibles sont enregistrés.

#### 3.2.2. Discussion

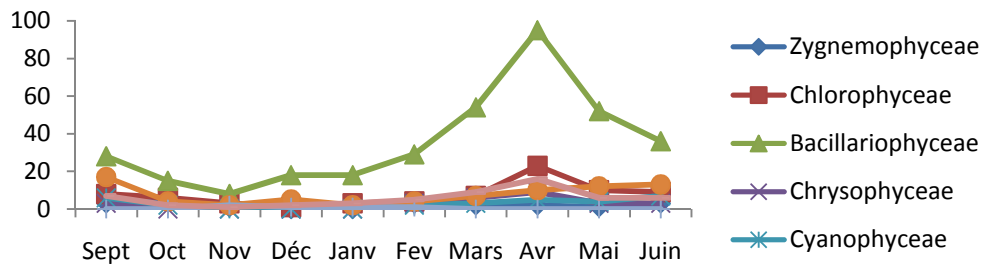
Pour la variation temporelle des effectifs moyens de classes phytoplanctoniques recensées, il apparait que le printemps est la saison pendant laquelle se concentrent les effectifs les plus élevés du peuplement au niveau des stations étudiés. On note également une nette prédominance de la classe des diatomées dans les différentes stations étudiées.

L'abondance des Diatomophycées au cours des différents mois serait en relation avec le maintien des conditions favorables à leur développement surtout pendant la période printanière les diatomées sont des indicateurs de la qualité du milieu. **CHAIBI (2004)**, rapporte la même constatation de dominance des diatomées dans la lagune Mellah (Laghouat), ainsi que **LABED et DJEBARA (2012)**, dans la mare temporaire de Djerma (Batna).

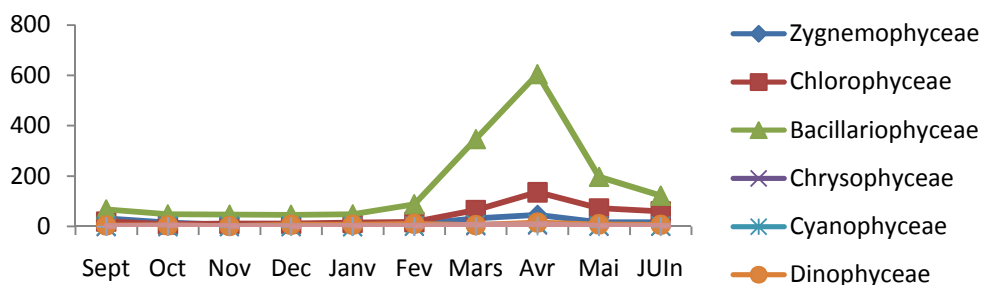
L'augmentation des effectifs des zygnephycées, des chlorophycées et des dinophycées notée lors de la période printanière serait causée par un ou des facteurs stimulants leur croissance, en particulier la température.

Les effectifs les plus élevées sont enregistrées durant le mois d'avril et cette augmentation importante est due principalement à l'augmentation de la température, de l'éclairement et des éléments nutritifs.

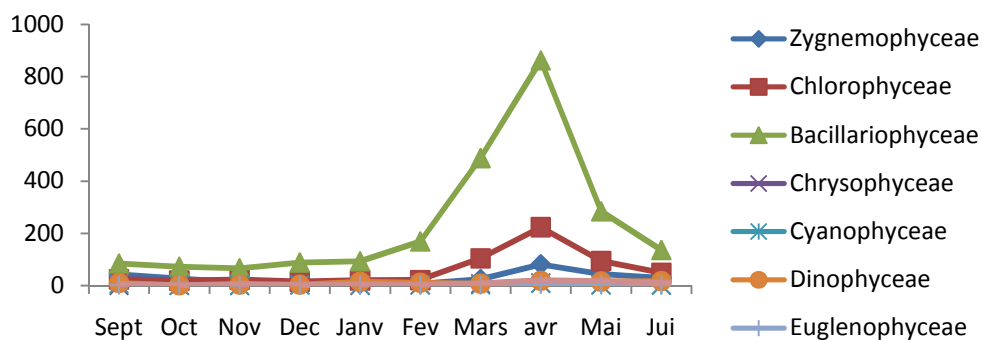
À l'instar des végétaux terrestres, les microalgues sont sensibles à leur environnement et évoluent selon un rythme saisonnier, avec un maximum de divisions cellulaires au printemps et en fin d'été (**MOLLO et NOURY, 2013**).



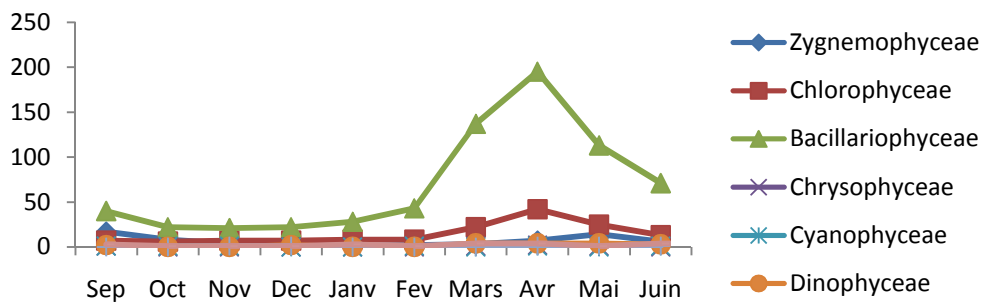
(A)



(B)



(C)



(D)

**Figure 23** : Evolution temporelle des effectifs moyens des différentes classes de phytoplancton recensées : station 1 (A), station 2 (B), station 3 (C), station 4 (D).

### 3.2.3. Conclusion

La qualité biologique de l'eau caractérisant le milieu pourrait être indiquée par la dominance des diatomées par rapport aux autres classes, au cours des différents mois.

Toutefois, c'est la période printanière qui est la plus favorable au développement d'une plus grande variété phytoplanctonique.

## 3.3. Evaluation de la fréquence d'occurrence des peuplements phytoplanctoniques

### 3.3.1. Résultat

Afin d'avoir une idée sur la structure et l'organisation des différents peuplements de phytoplancton inventoriés, nous avons calculé les fréquences d'occurrence des différentes genres d'algues recensés (Tableau 19).

L'analyse des fréquences d'occurrence obtenues montre que la plus part des genres sont constants avec des fréquences allant de 50 % à 100 % pour toutes les stations. En revanche, certains genres sont absents dans l'une des stations telles *Cosmarium*, *spirogyra*, *Tetrahedron*, *Sphaerocystis*, *Eudorina*, *Carteria*, *Amphiplaura*, *Gyrosigma*, *Plaurosigma*, *Amphora*, *Cymatopleura*, *Surirella*, *Cyclotella*, *Achanthes*, *Chaetoceros*, *Fragilaria*, *Synechocystis*, *Merismopedia*, *Chroococcus*, *Ceratium* et *Gonyaulax* dans la station 1. Ainsi que certains genres qui sont présents dans l'une des stations et pas dans les autres tels *Gomphonema*, *Stephanodiscus* et *Lyngbya* dans la station 1, *Chaetoceros*, *Amphipleura*, *Cyclotella*, *Chroococcus* et *Gonyaulax* dans la station 3 (Tableau 19).

D'autre part, nous constatons la présence de genres accessoires (présentes dans 25 % à 49 % des relevés) tels *Coelastrum* pour toutes les stations. Ainsi que la présence de genres toxiques tels que *Lyngbya* dans la station 1, *Microcystis* dans les stations 1,2 et 3 ; *Gonyaulax* dans la station 3, *Oscillatoria*, *Anabaena*, *Gymnodinium*, *Alexandrium* et *Peridinium* dans les 4 stations, (Tableau 19).

**Tableau 19** : Fréquences d'occurrence et échelle de constance des différents genres de phytoplancton recensés au barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) (Moyennes de la période septembre 2013-juin 2014), (\* Genre toxique ; C : constante ; A : accessoire ; Ac : accidentelle ; - absente).

Genre	Station 1		Station 2		Station 3		Station 4	
	(%)	Echelle de constance	(%)	Echelle de constance	(%)	Echelle de constance	(%)	Echelle de Constance
<i>Cosmarium</i>	0	-	50	C	70	C	30	A
<i>Staurastrum</i>	50	C	100	C	100	C	90	C
<i>Closterium</i>	70	C	100	C	100	C	90	C
<i>Spirogyra</i>	0	-	10	Ac	20	Ac	0	-
<i>Coelastrum</i>	30	A	30	A	30	A	0	-
<i>Scenedesmus</i>	100	C	90	C	100	C	100	C
<i>Tetracystis</i>	10	Ac	80	C	100	C	40	A
<i>Tetrahedron</i>	0	-	60	C	90	C	50	C
<i>Pediastrum</i>	30	A	100	C	100	C	90	C
<i>Sphaerocystis</i>	0	-	60	C	100	C	40	A
<i>Eudorina</i>	0	-	90	C	100	C	30	A
<i>Chlamydomonas</i>	60	C	100	C	100	C	100	C
<i>Carteria</i>	0	-	20	Ac	30	A	0	-
<i>Gomphonema</i>	10	Ac	0	-	0	-	0	-
<i>Amphipleura</i>	0	-	0	-	100	C	0	-
<i>Frustulia</i>	70	C	100	C	100	C	100	C
<i>Cymbella</i>	20	Ac	30	A	50	C	30	A
<i>Navicula</i>	100	C	100	C	100	C	100	C
<i>Caloneis</i>	40	A	30	A	80	C	10	Ac
<i>Diploneis</i>	10	Ac	20	Ac	10	Ac	40	A
<i>Pinnularia</i>	10	Ac	60	C	90	C	50	C
<i>Stauroneis</i>	90	C	50	C	80	C	60	C
<i>Gyrosigma</i>	0	-	60	C	60	C	40	A

<i>Pleurosigma</i>	0	-	30	A	20	Ac	0	-
<i>Amphora</i>	0	-	40	A	90	C	10	Ac
<i>Cymatopleura</i>	0	-	40	A	80	C	30	A
<i>Surirella</i>	0	-	50	C	30	A	0	-
<i>Nitzschia</i>	100	C	100	C	100	C	100	C
<i>Melosira</i>	30	A	10	Ac	30	A	10	Ac
<i>Cyclotella</i>	0	-	0	-	10	Ac	0	-
<i>Stephanodiscus</i>	10	Ac	0	-	0	-	0	-
<i>Tabellaria</i>	10	Ac	10	Ac	0	-	0	-
<i>Achnanthes</i>	0	-	30	A	30	A	0	-
<i>Cocconeis</i>	70	C	100	C	100	C	100	C
<i>Chaetoceros</i>	0	-	0	-	10	Ac	0	-
<i>Fragilaria</i>	0	-	20	Ac	30	A	0	-
<i>Synedra</i>	80	C	100	C	100	C	90	C
<i>Diatoma</i>	80	C	100	C	100	C	100	C
<i>Dinobryon</i>	60	C	50	C	60	C	40	A
<i>Lyngbya</i> *	20	Ac	0	-	0	-	0	-
<i>Oscillatoria</i> *	70	C	70	C	60	C	30	A
<i>Synechocystis</i>	0	-	10	Ac	20	Ac	0	-
<i>Merismopedia</i>	0	-	20	Ac	20	Ac	0	-
<i>Microcystis</i> *	70	C	20	Ac	40	A	0	-
<i>Chroococcus</i>	0	-	0	-	10	Ac	0	-
<i>Anabaena</i> *	20	Ac	70	C	40	A	30	A
<i>Gymnodinium</i> *	80	C	70	C	70	C	40	A
<i>Ceratium</i>	0	-	10	Ac	20	Ac	0	-
<i>Gonyaulax</i> *	0	-	0	-	10	Ac	0	-
<i>Alexandrium</i> *	60	C	50	C	50	C	20	Ac
<i>Pyrophacus</i>	100	C	100	C	100	C	60	C
<i>Peridinium</i> *	70	C	60	C	50	C	10	Ac
<i>Euglena</i>	40	A	30	A	80	C	50	C

<i>Phacus</i>	10	Ac	20	Ac	40	A	0	-
<i>Oocystis</i>	100	C	90	C	100	C	100	C
<i>Chlorella</i>	60	C	20	Ac	50	C	0	-

### 3.3.2. Discussion

Les fréquences d'occurrence calculées varient de 0 à 100 %. La station 3 est la plus riche en genres constants, avec 33 genres soit 58,92%, puis la station 2 avec 28 genres (50,00%), la station 1 avec 20 genres (35,71%) et la station 4 avec 17 genres (30,35%). La majorité des genres signalés constants tolèrent les divers paramètres abiotiques caractérisant leur habitat.

Sur l'ensemble des genres toxiques, 4 genres sont constants dans les trois stations (1, 2, 3). Il s'agit d'*Oscillatoria*, *Gymnodinium*, *Alexandrium* et *Peridinium*.

### 3.3.3. Conclusion

De manière générale, nous pouvons dire que la majorité des genres phytoplanctoniques recensés sont constants dans les quatre stations de prélèvements. Ceci indique que ces espèces ont une grande valence écologique et peuvent supporter une plus ou moins grande variation des conditions de leurs habitats.

Toutefois, des variations stationnelles sont décelables. C'est la station 3 qui serait la plus favorable à l'installation du plus grand nombre de genres de phytoplancton.

La qualité chimique de l'eau est l'un des facteurs déterminants pour le bon développement des populations phytoplanctoniques (MOLLO et NOURY, 2013).

## 3.4. Similitudes entre la structure des peuplements du phytoplancton (Indice de similitude de SORENSON)

### 3.4.1. Résultats

En se basant sur la présence ou l'absence des genres dans les stations étudiées, nous avons comparé à l'aide du calcul de l'indice de similitude de SORENSON, la composition des peuplements phytoplanctoniques pris deux à deux. Cet indice est obtenu à partir des genres communs entre les relevés pris deux à deux (Tableau. 20).

L'indice de similitude calculé est supérieur à 72% dans la plupart des cas de comparaisons entre les stations prises deux à deux (Tableau. 20).

**Tableau 20** : Indice de similitude de SORENSEN (%) calculé entre les 4 stations échantillonnées prises deux à deux dans le barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) (septembre 2013-juin 2014).

	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4
Station 4	80	85,36	81,39	100
Station 3	72,72	96	100	
Station 2	78,57	100		
Station 1	100			

### 3.4.2. Discussion

Le taux de ressemblance le plus élevé est noté entre les stations 2 et 3 où le coefficient de similitude est de 96%. La similitude entre les stations prises deux à deux s'expliquerait par le fait qu'elles offrent généralement des conditions écologiques sensiblement similaires pour le développement du peuplement phytoplanctonique.

### 3.4.3. Conclusion

Les stations 2 et 3 se rapprochent le plus par leur composition (96%), elles représentent la plus grande ressemblance des facteurs du milieu notamment la physico-chimie de l'eau. En revanche le taux de ressemblance est moins élevé entre les stations 1 et 3, ceci est due à la distinction des facteurs du milieu. Mais il est à noter qu'il n'existe pas de différence importante dans la composition du phytoplancton entre les quatre stations prises deux à deux.

## 3.5. Variation des paramètres de diversité des communautés phytoplanctoniques

### 3.5.1. Résultat

Afin d'évaluer la diversité des peuplements du phytoplancton étudié, nous avons calculé la richesse générique totale ( $S$ ), l'indice de diversité de Shannon ( $H'$ ) et celui de l'équitabilité ( $E$ ) (Tableau. 21).

**Tableau 21** : Richesse générique totale (S), indice de diversité de Shannon (H') et équirépartition (E) des peuplements phytoplanctoniques du barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) (septembre 2013-juin 2014).

<b>Stations</b>	<b>Station 1</b>	<b>Station 2</b>	<b>Station 3</b>	<b>Station 4</b>
<b>Indices</b>				
<b>S</b>	36	48	52	34
<b>H'</b>	3,6	3,9	4,1	3,5
<b>H' max</b>	5,16	5,58	5,70	5,09
<b>E%</b>	0,70	0,70	0,71	0,69

La richesse en espèces phytoplanctoniques varie d'une station à une autre, on note que la richesse la plus importante est celle enregistrée dans la station 3 (52 genres soit 92,85% de la richesse globale), suivie par la station 2 où la richesse est de 48 genres (85,71%). Les valeurs les plus faibles sont de 36 genres (soit 64,28%) et 34 (soit 60,71%) notées respectivement dans les stations 1 et 4.

Les valeurs de l'indice de diversité de SHANNON varient entre 3,5 et 4,1 bits pour l'ensemble des stations d'étude. La station 3 enregistre la plus grande valeur avec 4,1 bits.

L'indice d'équitabilité varie entre 69 et 71%. La différence des valeurs de l'équitabilité calculées dans les différentes stations correspond grossièrement à celles de l'indice de diversité de SHANNON.

### 3.5.2. Discussion

Les valeurs de la richesse générique totale sont un peu proches avec une plus grande valeur notée dans la station 3 (52 genres; 92,85 %) et elle est presque égale dans les stations 1 et 4 avec respectivement 36 genres; (64,28) % et 34 genres; (60,71 %). De même pour l'indice de SHANNON qui varie entre 3,5 et 4,1 ; Cet intervalle indique une flore microalgale de haute diversité générique.

Ainsi pour les valeurs de l'équitabilité qui tendent vers 100% et indiquent un certain équilibre entre les effectifs des différents genres phytoplanctoniques échantillonnées ( $E > 50$  %).

### 3.5.3. Conclusion

Ce sont les stations 3 (52 genres) et 2 (48 genres) qui permettent l'installation d'un peuplement de phytoplancton plus diversifié et plus abondant. Les valeurs les plus élevées de H' sont notées dans la station 3 avec 4,1 bits et dans la station 2 avec 3,9 bits.

Le phytoplancton se développe mieux dans les eaux plutôt calme (MOLLO et NOURY, 2013) c'est le cas de la station 3, une zone totalement à l'abri du vent due à la présence des roches sédimentaire, contrairement à la station 4 la plus exposée aux vents ce qui réduit la diversification et l'abondance du phytoplancton.

La station 3, qui connaît la visite des oiseaux d'eau ainsi que la station 2 fréquentée par les humains, favoriseraient l'installation d'un peuplement diversifié et foisonnant.

Alors qu'au niveau de la station 1, la plus éloignée de la digue et la plus proche des terres agricoles qui subit des nuisances et pollutions provenant des rejets d'agriculture, ainsi que les matières organiques émises par les animaux d'élevage, ceci seraient à l'origine de la non prolifération du phytoplancton.

#### 4. Analyse des corrélations entre les paramètres physico-chimiques et la dynamique des peuplements phytoplanctoniques

##### 4.1. Résultats

Afin de montrer la possible corrélation existant entre la densité phytoplanctonique et les paramètres physico-chimiques étudiés, nous avons réalisé une analyse des corrélations. Les résultats obtenus sont rapportés dans le tableau 22.

Les résultats montrent des corrélations significatives et positives entre l'abondance des peuplements des Chlorophycées avec la température ( $r=0,710$ ) ; ainsi qu'entre les Bacillariophycées et les valeurs de  $\text{NO}_2$  et  $\text{PO}_4^3$  avec des coefficients de corrélation de  $r=0,657$  et  $r=0,735$  (tableau 22).

**Tableau 22:** Corrélations entre l'abondance des peuplements du phytoplancton et les paramètres physico-chimiques de l'eau au barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) (septembre 2013-juin 2014), (NS): différence non significative ; \* : différence significative,  $p \leq 0,05$  ;  $r$  : coefficient de corrélation,  $p$  : probabilité.

	T (°C)	pH	Cond (µS/cm)	Sal ‰	Turb (NTU)	O <sub>2</sub> mg/l	NH <sub>4</sub> mg/l	NO <sub>3</sub> mg/l	NO <sub>2</sub> mg/l	PO <sub>4</sub> <sup>3</sup> mg/l
Zygnemophycées	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Chlorophycées	$r=0,710$ $p=0,048$ *	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Bacillariophycées	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	$r=0,657$ $p=0,039$ *	$r=0,735$ $p=0,012$ *
Chrysophycées	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Cyanophycées	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Dinophycées	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Euglenophycées	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Trebouxiophycées	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

#### 4.2. Discussion

Nous constatons qu'il existe une corrélation positive entre la température et les *Chlorophycées* qui seraient due à l'importance de la température dans les phénomènes de métabolisme. Selon **DUSSART (1992)**, pour les jours très nuageux, la température de surface n'atteint plus les mêmes valeurs et le métabolisme, ainsi que le taux de reproduction des organismes, en sont modifiés.

Les résultats de notre analyse montrent des corrélations significatives enregistrées avec entre la classe des *diatomophycées* et les taux de nitrites et des orthophosphates respectivement. Les nitrites proviennent du lessivage des engrais et des rejets urbains et industriels.

Leurs présences associées aux autres éléments nutritifs, stimule le développement de la flore aquatique. Le développement excessif des végétaux aquatiques s'observe au-delà de 2 à 5 mg/l. De même les orthophosphates constituent un nutriment majeur de la flore et peuvent entraîner sa prolifération à partir de 0,2 mg/l (**ANONYME, 2012**). On considère généralement que les phosphates constituent l'élément limitant des phénomènes d'eutrophisation, l'importance de ces deux éléments explique leur corrélation avec les diatomées.

#### 4.3. Conclusion

Les groupes de phytoplancton identifiées sont cosmopolites, à large spectre écologique, à l'exception de certains groupes qui exigent certains facteurs clés.

L'existence du phytoplancton est étroitement liée aux conditions régnant dans son milieu (**CAVALLA, 2000**).

### 5. Analyse des corrélations entre les peuplements phytoplanctoniques

#### 5.1. Résultats

Nous avons réalisé une analyse statistique des corrélations entre l'abondance des différentes classes de phytoplancton en vue d'étudier les probables corrélations entre la variation de leurs abondances. Les résultats obtenus sont reportés dans le tableau 23.

Nous notons que la majorité des groupes présentent des corrélations positives statistiquement significatives (tableau 23).

**Tableau 23** : Corrélations entre l'abondance des peuplements du phytoplancton du barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna) (septembre 2013-juin 2014), \* : différence significative,  $p \leq 0,05$  ; \*\* : différence hautement significative,  $p \leq 0,01$  ; \*\*\* : différence très hautement significative,  $p \leq 0,001$ ,  $r$  : coefficient de corrélations,  $p$  : probabilité).

	Zygnemophycées	Chlorophycées	Bacillariophycées	Chrysophycées	Cyanophycées	Dinophycées	Euglenophycées
Chlorophycées	$r=0,802$ $p=0,005$ **						
Bacillariophycées	$r=0,751$ $p=0,012$ *	$r=0,975$ $p=0,000$ ***					
Chrysophycées	$r=0,725$ $p=0,018$ *	$r=0,931$ $p=0,000$ ***	$r=0,981$ $p=0,000$ ***				
Cyanophycées	$r=0,917$ $p=0,000$ ***	$r=0,866$ $p=0,001$ ***	$r=0,855$ $p=0,002$ **	$r=0,876$ $p=0,001$ ***			
Dinophycées	$r=0,702$ $p=0,024$ *	$r=0,736$ $p=0,015$ **	$r=0,646$ $p=0,044$ *	$r=0,639$ $p=0,047$ *	$r=0,800$ $p=0,005$ **		
Euglenophycées	NS	$r=0,828$ $p=0,003$ **	$r=0,806$ $p=0,005$ **	$r=0,700$ $p=0,024$ *	NS	NS	
Trebouxiophycées	$r=0,841$ $p=0,002$ **	$r=0,979$ $p=0,000$ ***	$r=0,950$ $p=0,000$ ***	$r=0,915$ $p=0,000$ ***	$r=0,913$ $p=0,000$ ***	$r=0,803$ $p=0,005$ **	$r=0,722$ $p=0,018$ *

## 5.2. Discussion

Ces corrélations seraient dues soit, à la dépendance physiologique, soit à une similitude des exigences écologique. Selon **DUSSART (1992)**, certaines algues produisent dans certaines conditions des produits métaboliques qui peuvent provoquer soit un autoantagonisme, soit un hétéroantagonisme, soit encore une stimulation. Pour **MICHA (1988)**, les Diatomophycées, les Chlorophycées, les Zygnemophycées et les Euglenophycée sont caractéristiques d'eau riche en éléments nutritifs.

Ces corrélations seraient encore en relation avec l'absence de compétition entre les différents groupes. Un déficit en azote avantage les Cyanophycées qui les oppose aux autres algues surtout les algues vertes (**BILLARD, 1998**).

## 5.3. Conclusion

La dynamique des populations du peuplement du phytoplancton est pratiquement similaire.

En effet, la dynamique des populations phytoplanctoniques est influencée par de nombreux facteurs environnementaux (hydroclimatiques, physicochimiques et biologiques) qui agissent sur les populations elles-mêmes, et par conséquent sur la dynamique des associations d'espèces (**GAILHARD, 2003**).

---

## Conclusion

A l'issue de notre étude, nous avons pu mettre en évidence quelques caractéristiques physico-chimiques de l'eau du barrage de Koudiet M'douar (Timgad) ainsi que la diversité du peuplement phytoplanctonique qui le colonise.

L'eau du barrage de Koudiet M'douar est moyennement alcaline avec une minéralisation élevée, douce et claire. Les résultats concernant les paramètres de pollution nous permettant de dire que l'eau du barrage est généralement de bonne qualité concernant, les concentrations en nitrates et en nitrites avec des teneurs naturelles en phosphates et ammoniacales.

En effet, la qualité d'une eau est la résultante de nombreux paramètres dont les fluctuations sont déterminantes pour la répartition des organismes vivants, ainsi il est utile de signaler que les variations des paramètres physico-chimiques de l'eau est en fonction des saisons et des quantités des précipitations reçues.

La communauté phytoplanctonique recensée dans le barrage est caractérisée par une richesse importante, avec 56 genres recensés réparties sur 26 ordres, 42 familles et 08 classes différentes qui sont les: *Bacillariophyceae*, *Chlorophyceae*, *Cyanophyceae*, *Dinophyceae*, *Zygnemophyceae*, *Euglenophyceae*, *Trebouxiophyceae* et *Chrysophyceae*.

La classe des *Bacillariophyceae* regroupe la proportion la plus importante du peuplement phytoplanctonique avec 25 genres (soit 44,64%), suivie par les *Chlorophyceae* avec 09 genres (soit 16,07%) et 07 genres (soit 12,5%) pour les *Cyanophycées* et 06 genres (soit 10,71) pour les *Dinophyceae*.

En revanche, la présence de 14,28 % de genres toxiques fait que le barrage n'est pas totalement à l'abri d'éventuelles eutrophisations qui pourraient être à l'origine des fortes mortalités de l'ichtyofaune et d'autres perturbations écologiques, notamment au niveau des chaînes trophiques.

La qualité biologique de l'eau caractérisant le milieu pourrait être indiqué par la dominance notée des diatomées par rapport aux autres classes, au cours des différents mois. Toutefois, c'est la période printanière qui est la plus favorable au développement d'une plus grande variété phytoplanctonique.

La majorité des genres phytoplanctoniques recensés sont constants dans les quatre stations de prélèvement. Ceci indique que ces espèces ont une grande valence écologique et peuvent supporter différentes conditions de différents habitats.

Toutefois, des variations stationnelles sont décelables. C'est la station 3 qui serait la plus favorable à l'installation du plus grand nombre de genres de phytoplancton.

Les stations 2 et 3 se rapprochent le plus par leur composition (96%), elles représentent la plus grande ressemblance des facteurs du milieu notamment la physico-chimie de l'eau. Mais il est à noter qu'il n'existe pas de différence importante dans la composition du phytoplancton entre les quatre stations prises deux à deux.

Les populations de phytoplancton identifiées sont cosmopolites, à large spectre écologique, à l'exception de certains groupes qui exigent certains facteurs clés. Dans les plans d'eau continentaux l'accumulation des éléments particuliers et dissous d'origine terrestre, et les échanges de matières favorisent le développement du plancton.

Les indices de Shannon (H) et d'équitabilité (E) sont basés sur les proportions d'espèces observées. Dans l'ensemble des stations prospectés le peuplement phytoplanctonique observé est diversifié et dominé par une la classe des Bacillariophycées.

Ce sont les stations 3 (52 genres) et 2 (48 genres) qui permettent l'installation d'un peuplement de phytoplancton plus diversifié et plus abondant. Les valeurs les plus élevées de H' sont notées dans la station 3 avec 4,1 bits et dans la station 2 avec 3,9 bits. La station 3, une zone totalement à l'abri du vent due à la présence des roches sédimentaire, contrairement à la station 4 la plus exposée aux vents ce qui réduit la diversification et l'abondance du phytoplancton.

La station 3, qui connaît la visite des oiseaux d'eau ainsi que la station 2 fréquentée par les humains, favoriseraient l'installation d'un peuplement diversifié et foisonnant.

Alors qu'au niveau de la station 1, la plus éloignée de la digue et la plus proche des terres agricoles qui subit des nuisances et pollutions provenant des rejets d'agriculture, ainsi que les matières organiques émises par les animaux d'élevage, ceci seraient à l'origine de la non prolifération du phytoplancton.

Il serait intéressant de compléter ces résultats dans l'avenir par des études spécifiques concernant le phytoplancton, ainsi que d'autres éléments de la biocénose qui présentent de grands intérêts surtout du point de vue écologique.

Ces recherches devraient être menées sur des périodes plus longues et plus régulières afin d'assurer un suivi rigoureux et de pallier à d'éventuelles perturbation bioécologiques des eaux du barrage.

---

---

## Bibliographie

1. **ALBERGEL J., NASRI S. et LAMACHERE J.M., (2006)** - Les lacs et barrages collinaires : infrastructures hydrauliques d'aménagement et de conservation des terres agricoles en zone semi aride méditerranéenne. *Sciences Planétaires /Sécheresse, John Libbey Eurotext ed. , Volume 15, Numéro 1*, pp.78-86.
2. **AMELINEAU B., (2005)** – Détermination de la flore phytoplanctonique du canal de Mozambique d'après l'analyse des pigments par HPLC. Projet de fin d'études, Option QSE : Qualité. Sécurité. Environnement, 71p.
3. **AMINOT A., (1983)**. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Caractéristiques physicochimiques. Centre National de l'exploitation des océans. pp. 39-75.
4. **ANBT., (2003)** - Monographie, barrage Koudiet-M'douar (Batna), Cosider-Tp, document interne, 271p.
5. **ANBT., (2014)** – Données sur le contrôle technique du barrage de Koudiet Medouar (Batna). Document interne ANBT Timgad, 7p.
6. **ANBT., (sd)** - [www.anbt.dz](http://www.anbt.dz)
7. **ANONYME, (1978)** – Urban Stormwater. Management Workshop Proceeding. N 3, EPA - 600 / 9 - 78 - 017. 110p.
8. **ANONYME, (2000a)** – Barrages et développement « un nouveau cadre pour la prise de décisions », Rapport de la commission mondiale des barrages, 38p.
9. **ANONYME, (2000b)** - Logiciel X MINITAB, 2000 .Version 13.31 pour Windows.
10. **ANONYME, (2012)** - Les nitrates dans les milieux aquatiques et leurs conséquences, Qualité des eaux : Pollution diffuse, 4p.
11. **ANONYME, (2013)** – L'histoire des barrages, Document technique, Comité Français des barrages et réservoirs, 29p.
12. **A.N.R.H. (2003)** – Schéma Directeur des ressources en Eau. Rapport de synthèse, phase II. Agence Nationale de l'Amenagement du Territoire, Biskra, 56p.
13. **ARINO J., (2001)** - Modélisation structurée de la croissance du phytoplancton en chemostat. Thèse de Doctorat, Université Joseph Fourier- Grenoble1, Sciences et Géographie, 153p.
14. **ARNAUDET L., ARNOUX M., DERRIEN A. et SCHNEIDER-MAUNOURY L., (2013)** – Conséquences environnementales, sociales et politiques des barrages, étude du cas

du Mékong. Atelier « l'eau qualité vs quantité », Centre d'Enseignement et de Recherches sur l'Environnement et la Société, France, 15p.

**15. BARBAULT R., (1981)** – Écologie des populations et des peuplements. Éd. Masson. Paris, 200 p.

**16. BARBAULT R., (2000)** - Ecologie générale, structure et fonctionnement de la biosphère. 5ème édition. Ed. Dunod, 326 p.

**17. BACHA B., (2010)** - Diagnostic Ecologique d'une zone humide artificielle : Le barrage de Foug El Kherza (Biskra, Algerie), Mémoire de Magister en Biologie. Univ Mouhamed Kheider, Biskra.160p.

**18. BENOUFELLA F., VEZIE C., LAPLANCHE A. et BERTRU G., (1995)** - Detection of the toxicity of cyanobacterial strains by *Artemia Salina* and Microtox assays. 1st international Congress on Toxic Cyanobacteria - Roskilde, Danemark: pp 20-24.

**19. BERNARD D., (1992)** - Limnologie l'étude des eaux continentale, 362p.

**20. BIGOT L. et BODOT P., (1973)** - Contribution à l'étude biocénotique de la garrigue à *Quercus coccifera*, Composition biotique du peuplement des invertébrés. Vie et Milieu, Vol. 23, Fasc. 2 (Sér. C):p 229-249.

**21. BILLARD R., (1998)** – Les carpes, biologie et élevage, Ed Quae, Paris, 388p.

**22. BLONDEL J., (1975)** - L'analyse des peuplements d'oiseaux. Élément d'un diagnostic écologique. La méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs (E.F.P). Rev. Ecol. (Terre et Vie) - Vol 29, (4) : p 533-589.

**23. BLONDEL J., (1979)** – Biologie et écologie. Éd. Masson, Paris, 173p.

**24. BOUCHAR F., (2010)** - Mesure de Salinité- réalisation d'un conductimetre. TENUM Toulouse.

**25. BOURELLY P., (1970)** – Ordre des Euglénales. In: Les Algues d'eau douce. Ed. Boubée et Cie., Paris: pp123-159.

**26. BOURELLY P., (1985)** : Les Algues d'eau douce, Tome III: Les Algues bleues et rouges. Boubée Ed., 1-606p.

**27. CADORET J. P. et BERNARD O., (2008)** – La production de biocarburants lipidiques avec des microalgues : promesses et défis. *Journal de la société de biologie*. 202(3). pp 201-210.

**28. CAVALLA M., (2000)** - Les algues - Les microalgues.

[http://mcavalla.free.fr/rsr/Algues\\_operon.pdf](http://mcavalla.free.fr/rsr/Algues_operon.pdf)

**29. CHADER S et TOUZI A., (2001)** – Biomasse algale : Source énergétique et alimentaire. *Rev. Energ. Ren* : production et valorisation – biomasse : pp 47-50.

- 
- 30. CHAIBI R., (2004)** – Caractéristique physico-chimique et évaluation du niveau trophique d'un écosystème lagunaire (la lagune El-Mellah), Mémoire de Magister en Ecologie Animale. Univ Badji Mokhtar. Annaba. 99p.
- 31. CHAIBI R., (2013)** – Connaissance de l'ichtyofaune des eaux continentales de la région des Aures et du Sahara septentrional avec sa mise en valeur, thèse Doctorat en biologie, Univ Mohamed Khider, Biskra. 212p.
- 32. CHERGUI F.H., ERRAHMANI M.B., BENOUAKLIL F., HAMAIDI M. S., (2013)** - Preliminary Study on Physico-Chemical Parameters and Phytoplankton of Chiffa River (Blida, Algeria), *Journal of Ecosystems*, volume 2013, Article ID 148793,9p.
- 33. DAGNELIE., (2000)** - Statistiques théoriques et appliquées. Bruxelles Univ De Boeck et LARCIER : 659p.
- 34. DAJOZ R., (2003)** - Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 615 p.
- 35. DAJOZ R., (1985)** - Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris. 505p.
- 36. DELLIYOU P., (2003)** - Les barrages conception et maintenance. ENTPE, Presses universitaires de Lyon. 270p.
- 37. DELLIYOU P., (2008)** - Grands barrages, petits barrages, *Risques Infos* N°20, 6p.
- 38. DUSSART B., (1992)** – Limnologie : l'étude des eaux continentales. Collection « Faune et flore actuelles », Edition N.Boubée et Cie, Paris, 680p.
- 39. DRUART J.C. et RIMET F., (2008)** - Protocoles d'analyse du phytoplancton de l'INRA: Prélèvement, dénombrement et biovolumes. INRA-Thonon, Rapport SHL 283, 96 p.
- 40. EL HAOUATI H., GUECHAOUI M., CHAABAT DIS C., CHELIF H., et ARAB A., (2013)** - Distribution spatio-temporelle de la flore planctonique en fonction du degré de pollution dans le barrage de Boukourdane (Tipaza-Algérie), International Congress of the Populations & Animal Communities "Dynamics & Biodiversity of the terrestrial & aquatic Ecosystems" CIPCA4" TAGHIT (Bechar), ALGERIA, pp 106-113.
- 41. FAURIE C., FERRA Ch., MEDORI P. et DEVAUX J., (1998)** - Ecologie, Approche scientifique et pratique. 4<sup>e</sup> édition, Ed. Tec et Doc (Lavoisier), 339 p.
- 42. FAURIE C., FERRA Ch., MEDORI P., DEVAUX J. et HEMPTIENNE J-L., (2003)** - Ecologie, Approche scientifique et pratique. 5<sup>e</sup> édition, Ed. Tec et Doc (Lavoisier), 407p.
- 43. FERNANDEZ F., (2002)** – Le monde des algues, *La Garance Voyageuse* N°57.
- 44. FREMY J.M. et LASSUS P., (2001)** – Toxine d'algues dans l'alimentation. Ed. Quae, France, 553p.

- 
- 45. FRONTIER S., PICHOD-VIALE D., LEPRÈTRE A., DAVOULT D. et LUCZAK Ch., (2004)** - Ecosystèmes, Structure, Fonctionnement, Evolution. 3<sup>e</sup> édition, Ed. Dunod, Paris, 549 p.
- 46. GAILHARD I., (2003)** – Analyse de la variabilité spatiotemporelle des populations microalgales côtières observées par le réseau de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines « REPHY », Thèse de Doctorat, Science de l'environnement marin. Université de la méditerranée, Aix-Marseille II. 187p.
- 47. GROGA N., (2012)** - Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire), Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse Université de Toulouse, 180p.
- 48. HECKER N., COSTA L.T., FARINHA J.C. et TOMÀS VIVES P., (1996)** – Inventaire des zones humides Méditerranéennes : Collecte des données. Publication MedWet/Wetlands International/Instituto da Conservação da Natureza. Volume II, Lisbonne. 99p.
- 49. HOUADEF R. et SALEM D., (2007)** - Monographie écologique de la zone humide du Barrage Koudiet M'daouar (Timgad, Batna) Mémoire d'Ingénieur en écologie végétal et environnement. Université El Hadj Lakhder. Batna. 103p.
- 50. KREBS C. J., (1989)** - Ecological methodology. Harper and Row, New York, 386p.
- 51. LABED A. et DJEBARA I., (2012).** Biodiversité floristique et micro-algale de la mare temporaire de Djerma. (Parc National Belezma, Batna) Mémoire d'Ingénieur en écologie végétal et environnement. Université El Hadj Lakhder. Batna. 52p.
- 52. LANGLOIS C., (2006)** – Diatomées, 4p.  
[http://step.ipgp.fr/images/a/a0/Langlois\\_biogeopal\\_TD5\\_FicheDiatomees.pdf](http://step.ipgp.fr/images/a/a0/Langlois_biogeopal_TD5_FicheDiatomees.pdf)
- 53. LAVOIE I., LAURION I., et VINCENT W., (2007)** - Les fleurs d'eau de cyanobactéries. Document d'information vulgarisée, INRS rapport N° 917, France, 25p.
- 54. MAGURRAN A.E., (1988)** - Ecological diversity and its measurement. Princeton University. Press Princeton, New Jersey, 179p.
- 55. MICHEL R., (1987)** -Atlas du phytoplancton marin «Diatomophycees» volume II Muséum National d'Histoire Naturelle.
- 56. MICHA J.CL., (1988)** – L'impact de l'homme sur l'écosystème Meuse. Ed. Presse Universitaire de Namur, Belgique, 140p.
- 57. MOLLO P. et NOURY A., (2013)** – Le manuel du plancton, Éditions Charles Léopold Mayer, Essai N° 195, France, 198p.

- 
- 58. PEARCE F. et CRIVELLI A.J., (1994)** - Caractéristiques générales des zones humides méditerranéennes. Bouklet Med Wet / Tour de Valat, N°1. France, 88p.
- 59. POTELLON J.L (1998)** – Le guide des analyses de l'eau potable. Paris, 156p.
- 60. PUIZ A., KLUSER S. et PEDUZZI P., (2008)** – Les activités humaines causant la prolifération d'algues nuisibles. *Bulletin d'Alerte Environnementale* 12.
- 61. RAVIN PH., EVERT R F., ECHLOM S.E. et BOUHARMONT J., (2003)** – Biologie végétale. Ed. De Boeck, Belgique, 968 p.
- 62. REJSEK F., (2002)** – Analyse des eaux, Aspects réglementaire et techniques. Série : Sciences et techniques de l'environnement. Paris, 360p.
- 63. REMINI B., (2005)** - L'évaporation des lacs de barrages dans les régions arides et semi arides : exemples Algériens. *Larhyss Journal*, N°05, pp81-89.
- 64. RETIMA A., (1999)** - Incidence des échanges hydrologiques, chimique et phytoplanctonique sur la fertilité de la lagune et du littoral voisin du lac Mallah, selon le régime de la marée dix ans après l'aménagement du chenal de communication. *Thèse de magister en écologie et environnement*, université de Annaba : 87p.
- 65. RODIER G. (2005)** – L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8<sup>ème</sup> Ed. Dunod, Paris, 1383p.
- 66. SAHAGIAN D., MELACK J., BIRKETT C., CHANTON J., DUNNE T., ESTES J., FINLAYSON M., FRESCO L., GOPAL B., HESS L., HOLLIS T., JUNK W., KLEMAS V., MATTHEWS E., MERTES L., MORRISSEY L., ROGERS K., RASOOL I., ROULET N., SASS R., SIPPEL S., SVENSSON B., TAMURA M., VICTORIA R. et YASUOKA Y., (1998)** – Global wetland distribution and function characterization. Trace gases and hydrologic cycle. Ed. International Geosphere, Biosphere Programme (IGBP), Report 46, Stockholm, 92p.
- 67. SELTZER P., (1946)** - Le climat de l'Algérie, Recueil de données météo. Institut de Technologie Agricole, Mostaganem (Algérie), 142 p.
- 68. SOURNIA A., (1978)** - Phytoplancton Manuel. Manographes en océanographie méthodologie - N°6.UNESCO, Paris, 337p.
- 69. SOURNIA A., (1986)**- Atlas du phytoplancton marin : Volume 1 - Cyanophycées, Dictyochophycées, Dinophycées, Raphidophycées. Ed. CNRS. Paris, 219 pp.
- 70. SOURNIA A., ERARD-LE DENN E., GRZEBYK D., LASSUS P et PARTENSKY F., (1990)** – Plancton nuisible sur les côtes de France. *Pour la Science*, 153p.
- 71. STEWART P., (1969)** - Quotient pluviothermique et dégradation biosphérique. Quelques réflexions. Bull. Int. Nati. Agro. El Harrach, pp: 24-25.

- 72. TOUAHRIA T., (1992)** - Etude des populations phytoplanctoniques d'une lagune saumâtre : Lac El-Mellah, mémoire de DES, Univ Annaba ; p 118.
- 73. TOUATI B., (2010)** - Les barrages et la politique hydraulique en Algérie : état, diagnostic et perspectives d'un aménagement durable. Thèse Doctorat en Aménagement du Territoire, Université Mentouri- Constantine, 385p.
- 74. TOUMI A. et REMINI B., (2004)** – Barrage de Foug El Gherza face au problème de fuites d'eau. *Larhyss Journal*, N°03, pp25-38.

## Annexes

### Annexe 1 : Caractéristiques générales des principaux barrages d'Algérie (Site web 1).

N°	Nom	Wilaya	Capacité (Hm <sup>3</sup> )	Hauteur (m)
1	Meurad	Tipaza	2	23
2	Saf Saf	Tebessa	19	23
3	Ourkiss	Jijel	64	35
4	Oued-Fodda	chlef	102	101
5	Boughzoul	medea	20	14
6	Hamiz	boumerdes	15	45
7	Bakhadda	tiaret	39	45
8	Ghrib	ain defla	115	105
9	F.E.Gueiss	khenchla	1	29
10	K'Sob	m'sila	12	46
11	Zardezas	Skikda	19	64
12	beni bahdel	Tlemcen	55	61
13	Bou-Hanifia	mascara	38	54
14	F.E.Gherza	Biskra	15	67
15	Sarno	s.b.abbes	21	33
16	Meffrouch	Tlemcen	15	35
17	Cheffia	El Taraf	159	51
18	Djorf-Torba	bechar	38	2200
19	Fergoug	mascara	3	44
20	S.M.B.Aouda	relizane	154	64
21	Merdja.S.Abed	relizane	48	16
22	Deurdeur	ain defla	105	56
23	Harreza	ain defla	76	41
24	Guenitra	Skikda	118	60
25	Sidi -Yacoub	Chlef	253	87
26	Bouroumi	BLIDA	181	100
27	Keddara	BOUMERDAS	142	108
28	Lekhal	BOUIRA	27	43
29	Ouizert	mascara	94	60

30	Ain-Zada	Bordj B.A	121	50
31	Dahmouni	tiaret	39	42
32	H.Grouz	mila	40	50
33	Ain-Dalia	Souk ahras	76	64
34	H.Debagh	Guelma	184	93
35	Sidi-Abdelli	tlemcen	107	60
36	Gargar	relizane	358	90
37	Beni-Amrane	blida	11	30
38	C.Bougara	tissemsilt	11	17
39	Ladrat	medea	8	44
40	Boukourdane	tipaza	105	119
41	Cherfa II	Mascara	70	83
42	Beni-Zid	Skikda	39	40
43	Oued Cherf	Souk ahras	152	60
44	Babar	Khenchla	38	40
45	Mexa	El Taraf	30	27
46	H.Boughrara	Tlemcen	175	85
47	Brizina	el-bayadh	108	910
48	F.D.Gazelles	Biskra	55	43
49	Taksebt	tizi.ouzou	181	76
50	Zit El Emba	Skikda	116	47
51	EL Agrem	Jijel	33	60
52	Ouled Mellouk	ain defla	127	47
53	Koudiet M'douar	Batna	74	47
54	Beni Haroun	M'ila	960	121
55	Sikkak	tlemcen	27	45
56	Kramis	mostaghanem	45	48
57	Koudiat Rosfa	tissimsilt	75	57
58	Tilesdit	bouira	164	64
59	S.M.B.Taiba	ain defla	75	52
60	Oued athmania	M'ila	33	40
61	Tichy Haf	Bejaia	82	86
62	Koudiet Acerdoune	Bouira	640	121

63	Douera	Alger	75	85
64	Kissir	Jijel	68	48
65	Boussiaba	Jijel	120	51
66	Chellif	Mostaghanem	50	26
67	Kerrada	Mostaghanem	70	85
68	Bougous	El Taraf	75	71

**Annexe 2** : Paramètres physico-chimiques de l'eau évalués dans les 4 stations prospectées au niveau du barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna), (septembre 2013-juin 2014).

Paramètres mesurés	Mois	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4
<b>Température (°C)</b>	septembre	23,5	23	23,3	22,9
	octobre	21	20,8	20,7	21,9
	novembre	15	15,6	14,4	14,5
	décembre	10,2	10,2	10,1	10,1
	janvier	12	12,1	12,2	12,2
	février	11	10,2	10,3	10,1
	mars	10,1	11,1	11	10,8
	avril	19,7	19,9	19,6	19,9
	mai	22,3	22,2	22,4	22,3
	juin	25,2	25,6	25,7	25,8
<b>pH</b>	septembre	7,60	7,93	8,04	7,85
	octobre	7,71	8,17	8,20	8,19
	novembre	7,86	8,18	8,18	8,13
	décembre	8,00	8,33	8,28	8,32
	janvier	7,79	8,19	8,24	8,27
	février	7,99	8,12	8,13	8,06
	mars	8,14	8,02	8,01	8,10
	avril	8,32	8,23	8,21	8,35
	mai	7,94	8,34	8,39	8,33
	juin	7,84	8,15	8,12	8,19
<b>Turbidité (NTU)</b>	septembre	35,5	19,1	16,6	14,4
	octobre	25,4	15,7	12,4	8,31
	novembre	67,1	19,4	10,1	18,3
	décembre	7,80	14	13,6	15,1
	janvier	18,1	26,3	17,2	29,1
	février	89,3	33,3	21,7	36,2
	mars	86,2	15,6	11,8	26,5
	avril	23,0	15,1	19,2	12,1
	mai	37,0	17	16,3	11,1
	juin	22,1	14,6	14,1	13,2

<b>Conductivité (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>)</b>	septembre	867	1017	1030	1013
	octobre	1272	1035	1033	1038
	novembre	1207	1115	1043	1046
	décembre	1114	1142	1135	1133
	janvier	1038	1155	1143	1146
	février	795	1174	1181	1148
	mars	691	1063	1056	1047
	avril	696	1034	1040	1033
	mai	713	1076	1098	1054
	juin	706	1018	1092	1074
<b>Salinité (‰)</b>	septembre	0,2	0,3	0,3	0,3
	octobre	0,4	0,3	0,3	0,3
	novembre	0,4	0,3	0,3	0,3
	décembre	0,3	0,3	0,3	0,3
	janvier	0,3	0,3	0,3	0,3
	février	0,2	0,4	0,3	0,3
	mars	0,1	0,3	0,3	0,3
	avril	0,1	0,3	0,3	0,3
	mai	0,2	0,3	0,3	0,3
	juin	0,2	0,3	0,3	0,3
<b>Nitrates <math>\text{NO}_3^-</math> (mg/l)</b>	septembre	0,233	0,198	0,290	0,331
	octobre	0,140	0,162	0,277	0,221
	novembre	0,444	0,223	0,210	0,255
	décembre	0,152	0,173	0,201	0,178
	janvier	0,331	0,151	0,225	0,163
	février	0,161	0,148	0,197	0,336
	mars	0,270	0,113	0,184	0,239
	avril	0,164	0,177	0,172	0,144
	mai	0,173	0,235	0,192	0,115
	juin	0,371	0,207	0,201	0,156
<b>Nitrites <math>\text{NO}_2^-</math> (mg/l)</b>	septembre	0,049	0,030	0,026	0,023
	octobre	0,032	0,023	0,011	0,007
	novembre	0,049	0,018	0,019	0,018
	décembre	0,033	0,033	0,006	0,027
	janvier	0,046	0,016	0,017	0,022
	février	0,021	0,011	0,012	0,011
	mars	0,031	0,037	0,019	0,015
	avril	0,044	0,024	0,023	0,012
	mai	0,049	0,016	0,021	0,012
	juin	0,090	0,047	0,029	0,027
<b>Azote ammoniacal <math>\text{NH}_4^+</math> (mg/l)</b>	septembre	0,234	0,130	0,170	0,110
	octobre	0,102	0,073	0,065	0,090
	novembre	0,098	0,159	0,130	0,122
	décembre	0,111	0,106	0,096	0,090
	janvier	0,133	0,052	0,008	0,079
	février	0,157	0,016	0,016	0,032
	mars	0,190	0,090	0,008	0,189
	avril	0,166	0,112	0,031	0,190

	mai	0,221	0,106	0,024	0,306
	juin	0,116	0,114	0,019	0,177
<b>Orthophosphates PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (mg/l)</b>	septembre	0,003	0,001	0,003	0,001
	octobre	0,003	0,001	0,001	0,001
	novembre	0,005	0,004	0,001	0,001
	décembre	0,002	0,002	0,001	0,001
	janvier	0,003	0,002	0,002	0,001
	février	0,002	0,003	0,001	0,001
	mars	0,002	0,001	0,002	0,002
	avril	0,003	0,001	0,002	0,001
	mai	0,003	0,003	0,003	0,001
	juin	0,002	0,003	0,003	0,002
	<b>Oxygène dissous O<sub>2</sub> (mg/l)</b>	septembre	5,54	5,70	6,17
octobre		5,95	6,06	6,05	5,33
novembre		5,68	5,80	5,93	5,56
décembre		5,71	5,50	5,77	5,18
janvier		5,45	5,80	5,37	6,44
février		5,07	5,48	5,16	5,83
mars		5,52	5,74	5,15	5,25
avril		5,13	5,63	5,29	5,21
mai		5,61	5,45	5,31	5,66
juin		5,14	5,39	5,29	5,50

## Résumé :

Cette étude concerne la caractérisation bioécologique du barrage de Koudiet Medouar (Timgad). Elle nous a permis d'avoir un aperçu sur la situation bioécologique du milieu aquatique en mesurant plusieurs paramètres physicochimiques de l'eau et étudiant la richesse floristique en phytoplancton et la dynamique de ses populations.

Cette étude menée au cours de la période qui s'étale entre Septembre 2013 et en Juin 2014, a permis principalement l'identification de 56 genres de phytoplancton, dont 8 genres sont considérés comme toxiques. Une analyse de l'évolution spatio-temporelle du peuplement de phytoplancton en relation avec les caractéristiques physico-chimiques de l'eau a été réalisée dans 4 stations différentes, montrant que la composition taxonomique de cette population présente une prédominance de la classe **des** Diatomophyées.

C'est la période printanière qui favorise une abondante prolifération du phytoplancton.

Ce sont les stations 3 (52 genres) et 2 (48 genres) qui permettent l'installation d'un peuplement de phytoplancton plus diversifié et plus abondant. Les valeurs les plus élevées de H' sont notées dans la station 3 avec 4,1 bits et dans la station 2 avec 3,9 bits. La station 3, qui connaît la visite des oiseaux d'eau ainsi que la station 2 fréquentée par les humains favoriseraient la diversification et l'abondance du phytoplancton alors qu'au niveau de la station 4 où les eaux sont brassées par les vents ainsi que les matières organiques émises par les animaux d'élevage au niveau de la station 1, seraient à l'origine de la non prolifération du phytoplancton.

Cette approche nous a permis de mettre en valeur les ressources biologiques du site, de déterminer son importance et d'aboutir à des mesures de gestion et de conservation.

**Mots clé :** Barrage, Koudiat Medouar, Analyses physico-chimique de l'eau, Micro-algues. Les diatomophyées.

### Abstract:

This study concerns the bio-ecological characterization of dam Koudiet Medouar (Timgad). It allowed us to have an overview of the bio-ecological status of the aquatic environment by measuring several physicochemical parameters of the water and studying phytoplankton species richness and population dynamics. This study during the period that lies between September 2013 and June 2014, mainly led to the identification of 56 genres of phytoplankton, 8 genres are considered toxic. An analysis of the spatio-temporal evolution of the population of phytoplankton in relation to the physico-chemical characteristics of the water was carried out in four different stations, shows that the taxonomic composition of the population has a predominance of class Diatomophyceae.

It is the springtime that promotes abundant phytoplankton bloom.

These are the stations 3 (52 genera) and 2 (48 genera) that allow the installation of a phytoplankton population more diverse and abundant. The highest values of H' are recorded in Station 3 with 4.1 bits and station 2 with 3.9 bits. Station 3, who knows the visit of waterbirds and the station 2 popular resort by humans would promote diversification and phytoplankton abundance whereas at station 4 where the waters are stirred by the wind and organic matter emitted by livestock at station 1, are the cause of non-proliferation of phytoplankton.

This approach has allowed us to highlight the biological resources of the site, determine its importance and lead to management measures and conservation.

**Keywords:** Dam Koudiat Medouar, physico-chemical analysis of water, micro-algae, The Diatomophyceae.

### ملخص

اهتمت هذه الدراسة بتحديد التنوع البيولوجي لسد كدية مدور ( تيمقاد ). سمحت هذه الدراسة بالتعرف على التنوع البيولوجي للوسط المائي ، وذلك بقياس عدة خصائص فيزيائية وكيميائية للماء ودراسة التنوع النباتي للعوالق المجهرية وديناميكية مجتمعاتها .

تمكنا خلال هذه الدراسة التي امتدت من سبتمبر 2013 الى جوان 2014 من إحصاء 56 نوع من العوالق النباتية المجهرية، منها 8 أنواع سامة كما قمنا بتحليل حركية مجتمعاتها المحصاة باعتبار الزمان والمكان ومقارنتها مع تغيرات الخصائص الفيزيائية والكيميائية للماء وهذا في 4 مواقع مختلفة.

هو فصل الربيع الذي يعزز وفرة العوالق النباتية.

المحطات الثلاث (52 نوع) و 2 (48 نوع) التي تسمح للتركيب السكان العوالق النباتية أكثر تنوعا وفيرة. وتسجل أعلى قيم H' في محطة 3 مع 4.1 بت ومحطة 2 مع 3.9 بت. ستيش 3، من يدرى زيارة الطيور المائية ومنتجع شعبية 2 من قبل البشر من شأنه أن يعزز التنوع وفرة العوالق النباتية بينما في محطة 4 حيث أثار المياه بواسطة الرياح و المواد العضوية المنبعثة من الماشية في محطة 1، هي السبب في عدم انتشار العوالق النباتية.

كل هذا سمح لنا بتقييم الموارد البيولوجية الأساسية للسد وإظهار أهميتها والخروج بتوصيات تسمح بتحسين التسيير والمحافظة على هذا النوع من المنظومات البيئية.

**الكلمات الدالة :** سد ، كدية مدور ، تحاليل فيزيائية وكيميائية للماء ، عوالق مجهرية نباتية