

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل  
Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'ETUDES  
UNIVERSITAIRES APPLIQUEES ( D.E.U.A ) EN SCIENCES DE LA MER

**Thème :**

*Caractérisation physico-chimiques de l'eau  
du barrage de Boukourdane (Wilaya de Tipaza)*

**Présenté par :**

**M<sup>elle</sup> BOUDJEMA Nabila**  
**M<sup>elle</sup> HARGAS Fariza**

**Examiné par :**

**Mr Belhasnaet K.**  
**Mr Lourguioui H.**

**Examineur**  
**Promoteur**

**Session : Juillet 2011**

## Sommaire

<b>Introduction</b> .....	1
<b>Chapitre : Généralités</b>	
<b>1-Présentation de barrage de Boukourdane</b> .....	2
1-1- Situation géographique.....	2
1-2- Caractéristiques morphométrique.....	2
1-3- Etude climatique.....	3
1-3-1- Diagramme ombrothermique.....	3
1-3-2- Quotient pluviométrique d'Emberger. ....	4
1-4- Evolution du niveau d'eau du barrage.....	5
<b>2- Description des paramètres physico-chimiques</b> .....	6
2-1- Température.....	6
2-2- Le pH.....	7
2-3- Oxygène dissous.....	7
2-4- Les sels nutritifs.....	7
2-4-1- Ammonium.....	7
2-4-2- Nitrites.....	7
2-4-3- Nitrates.....	8
2-4-4- Ortho phosphate.....	8
2-4-5- Silicates.....	8
2-5- Matière en suspension.....	9
2-6- Chlorophylle <i>a</i> .....	9
<b>Chapitre 2 : Matériels et méthodes.</b>	
2-1- Choix et localisation des stations.....	10
2-2- Conditionnement .....	10
2-3- Prélèvement des échantillons .....	12
2-4- Mesure des paramètres physico-chimiques.....	12
2-5- Dosages des sels nutritifs.....	13

2-5-1- Dosage d' Ammonium.....	14
2-5-2- Dosage de nitrites.....	14
2-5-3- Dosage de nitrates.....	14
2-5-4- Dosage de orthophosphates.....	15
2-5-5- Dosage de silicates.....	15
2-6- Matière en suspension.....	17
2-7- Dosage de la Chlorophylle <i>a</i> .....	18

### **Chapitres 3 : Résultats et discussions.**

1-Température.....	19
3-L'oxygène dissous.....	21
2-Le pH.....	22
4-Ammonium.....	23
5-Nitrites.....	24
6-Nitrates.....	25
7- Orthophosphates.....	27
8- Silicates.....	28
9- Matière en suspension.....	29
10- Chlorophylle <i>a</i> .....	30
11-Variation des paramètres physico-chimiques au niveau du barrage Boukourdane durant les années 2003 2005, 2008,2011.....	32
12-Comparaison des résultats des paramètres physico-chimiques obtenus en 2011 au niveau du barrage Boukourdane avec d'autres barrages.....	37
<b>Conclusion.....</b>	<b>43</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>44</b>
<b>Annexes.</b>	

## La liste des figures

- Figure n°1** : Situation géographique du barrage de Boukourdane
- Figure n°2** : Diagramme ombrothermique du barrage de Boukourdane
- Figure n°3** : Climatogramme pluviométrie d'Emberger (1955) de barrage de Boukourdane
- Figure n°4** : Evolution de la pluviométrie et du niveau d'eau du barrage de Boukourdane durant la période (2000-2010)
- Figure n°5** : Localisation des stations de prélèvement
- Figure n°6** : Valise multi-paramètres de marque WTW multi 340i/Set
- Figure n°7** : Auto-Analyzer SAN PLUS (Skalar 1998) ([www.skalar.fr/pr-san.htm](http://www.skalar.fr/pr-san.htm))
- Figure n°8** : Courbe d'étalonnage d'ammonium
- Figure n°9** : Courbe d'étalonnage des nitrites
- Figure n°10** : Courbe d'étalonnage des nitrates
- Figure n°11** : Courbe d'étalonnage des orthophosphates
- Figure n°12** : Courbe d'étalonnage de silicate
- Figure n°13** : Variation mensuelle l'eau de la température de surface du barrage de Boukourdane
- Figure n°14** : Evolution mensuelle de la température de l'air du barrage Boukourdane
- Figure n°15** : Teneurs mensuelle en oxygène dissous (mg/l) de l'eau de surface de Boukourdane
- Figure n°16** : Variations mensuelles du pH au niveau de barrage Boukourdane
- Figure n°17** : variation mensuelle de l'ammonium de l'eau de surface du barrage Boukourdane
- Figure n°18** : variation mensuelle des nitrites au niveau des eaux de surface de barrage Boukourdane
- Figure n°19** : Variation mensuelle des nitrates au niveau de barrage Boukourdane.
- Figure n°20** : Variation mensuelle (janvier2011-juin2011) de la pluviométrie au niveau du barrage Boukourdane
- Figure n°21** : Variation mensuelle des orthophosphates au niveau de barrage Boukourdane

**Figure n°22:** Variation mensuelle des silicates au niveau des eaux de surface de barrage Boukourdane

**Figure n°23 :** Variation mensuelle de la matière en suspension au niveau des eaux de surface de barrage Boukoudane

**Figure n°24 :** Variation mensuelle de la chlorophylle a au niveau de l'eau de surface de barrage Boukourdane

**Figure n° 25 :** Variation des températures moyennes au niveau du barrage Boukourdane durant les années 2003, 2005, 2008 et 2011.

**Figure n° 26 :** Evolution des teneurs moyennes de l'oxygène dissous au niveau des eaux de surface du barrage Boukourdane durant les années 2003, 2005, 2008 et 2011.

**Figure n° 27 :** Variation moyenne de pH de l'eau de surface de barrage Boukourdane durant les années 2003, 2005, 2008 et 2011.

**Figure n°28:** Variation mensuelle des concentrations moyennes en ammonium de l'eau de surface de barrage Boukourdane durant les années 2003, 2005, 2008 et 2011.

**Figure n°29 :** Variation des teneurs moyenne nitrites au niveau de l'eau de surface du barrage de Boukoudane durant les années 2003, 2005, 2008 et 2011.

**Figure n°30 :** Variation mensuelle moyenne des nitrates des eaux surface du barrage Boukourdane des eaux de surface durant les années (2003, 2005, 2008 et 2011).

**Figure n° 31 :** Variation des concentrations de l'orthophosphate des eaux de surface de barrage Boukourdane durant (2003, 2005, 2008 et 2011).

**Figure n°32 :** Evolution des teneurs moyennes des MES durant (2003, 2005, 2008 et 2011) au niveau des eaux de surface de barrage Boukourdane.

**Figure n° 33 :** Evolution des concentrations moyennes en chlorophylle a au niveau des eaux du barrage Boukourdane durant les années (2003, 2005, 2008, 2011)

**Figure n°34:** Variation mensuelle des températures moyennes de l'eau de surface de différents barrages.

**Figure n°35:** Variation mensuelle des teneurs moyennes en oxygène dissous de l'eau de surface de différents barrages.

**Figure n°36:** variation mensuelle moyenne du pH de l'eau de surface de différents barrages

**Figure n°37:** variation mensuelle des teneurs moyennes en ammonium de l'eau de surface de différents barrages

**Figure n°38** : variation mensuelle des concentrations moyennes en nitrites de l'eau de surface de différents barrages

**Figure n°39** : variation mensuelle des teneurs moyennes en nitrates de l'eau de surface de différents barrages

**Figure n°40** : variation mensuelle des teneurs moyennes en orthophosphates de l'eau de surface de différents barrages.

**Figure n°41** : variation mensuelle des teneurs moyennes en MES de l'eau de surface de différents barrages.

**Figure n°42** : variation mensuelle des teneurs moyennes en chlorophylle a de l'eau de surface de différents barrages.

## Liste des tableaux

**Tableau n°1** : Moyenne mensuelles et annuelles des températures et de précipitations calculées durant la période (2000-2010).

**Tableau n°2** : Moyennes mensuelles du niveau d'eau du barrage et la pluviométrie durant la période (2000-2010).

**Tableau n° 3**: positionnement des stations de prélèvements.

**Tableau n°4** : Dates des opérations du prélèvement.

**Tableau n°5** : Evolution mensuelles de la température (°C) de l'eau de surface au niveau de barrage Boukourdane.

**Tableau n° 6**: Evolution mensuelle de la température de l'aire (°C) au niveau du barrage Boukourdane.

**Tableau n° 7**: Teneurs mensuelle en oxygène dissous (mg/l) de l'eau surface du barrage de Boukourdane.

**Tableau n°8** : Teneurs mensuelles du pH de l'eau de surface de barrage Boukourdane.

**Tableau n°9** : Teneurs en ammonium ( $\mu\text{mol/l}$ ) des eaux de surface de barrage Boukourdane.

**Tableau n°10** : teneurs en nitrites ( $\mu\text{mol/l}$ ) des eaux de surface de barrage Boukourdane.

**Tableau n°11**: Teneur en nitrates des eaux de surface de barrage Bukourdane.

**Tableau n°12** : Teneurs en orthophosphates ( $\mu\text{mol/l}$ ) des eaux de surface du barrage de Boukoudane.

**Tableau n°13** : Teneurs en silices ( $\mu\text{mol/l}$ ) au niveau de barrage Boukourdane.

**Tableau n°14** : Teneur mensuelle des MES (mg/l) au niveau du barrage Boukourdane

**Tableau n°15**: teneurs en ( $\text{mg/m}^3$ ) de la chlorophylle a au niveau des eaux de barrage Boukourdane.

**Tableau n°16** : Valeurs moyenne des paramètres physico-chimique des eaux de surface du barrage boukourdane durant les années 2003, 2005, 2008 et 2011.

# Introduction

## **Introduction**

L'Algérie possède une richesse importante en eau tels que les lacs naturels et artificiels. Parmi ces réserves d'eau on y retrouve les barrages et les retenues collinaires.

Ces réserves répondent d'une part aux besoins d'irrigation et alimentation en eau potable, et d'autre part, ils servent comme milieu d'élevage (pisciculture), de transport de la plus part des éléments (déchets urbains, industriels, particules, ...etc.) et pour diverses autres activités (pêche, navigation, baignade, ...).

Cette étude s'intéresse à la caractérisation physico-chimique de l'eau du barrage de Boukourdane qui se localise au niveau de la wilaya de Tipaza. Pour cela, un échantillonnage mensuel a été réalisé durant la période comprise entre le mois d'avril et juin 2011 afin d'identifier l'évolution de la qualité des paramètres physico-chimiques et biologiques du plan d'eau de barrage de Boukourdane.

Ce travail est structuré en trois parties:

La première est la présentation du site et la description des paramètres physico-chimiques et biologiques.

La deuxième contient le matériel et les méthodes d'analyses utilisées.

Le troisième chapitre présent la partie résultat et discussion, ainsi la comparaison de ces résultats avec les années précédents et avec d'autres barrages.

## Chapitre 1

# Généralités

## 1- Présentation du site

### 1-1- Situation géographique

Le barrage de Boukourdane se situe à environ 1,3 Km au sud du village de Sidi Amar (willaya de Tipaza) aux coordonnées géographiques 36°30' N et 02°20'E (figure n°1).

Il a été construit au 1986 par une entreprise chinoise, sur le lit de l'oued El Hachem dans une zone de colline s'étendant en presque Est-Ouest, Nord, il est situé à 11 Km de la méditerranée et au sud délimité par la montagne Bou Maad. La mise à eau du barrage a été effectuée en 1996.

Le barrage de Boukourdane est conçu pour :

- L'irrigation de la Mitidja Ouest.
- L'alimentation en eau potable (AEP) de willaya de Tipaza (Lourguioui, 2006).

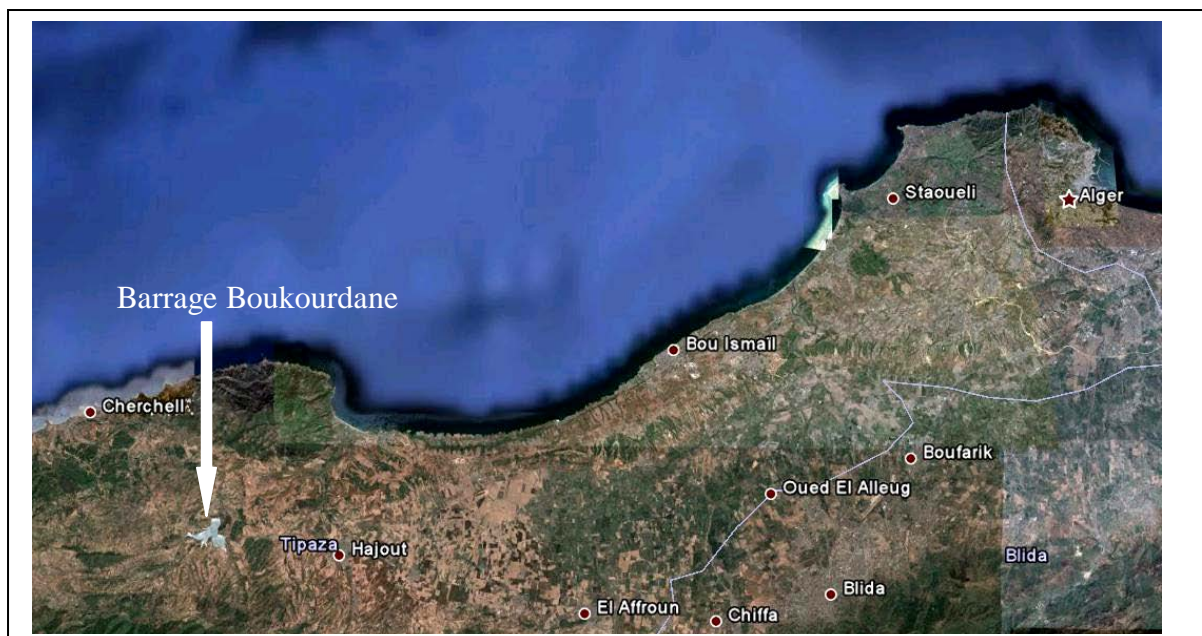


Figure n°1 : Situation géographique du barrage de Boukourdane

### 1-2- Caractéristiques morphométriques

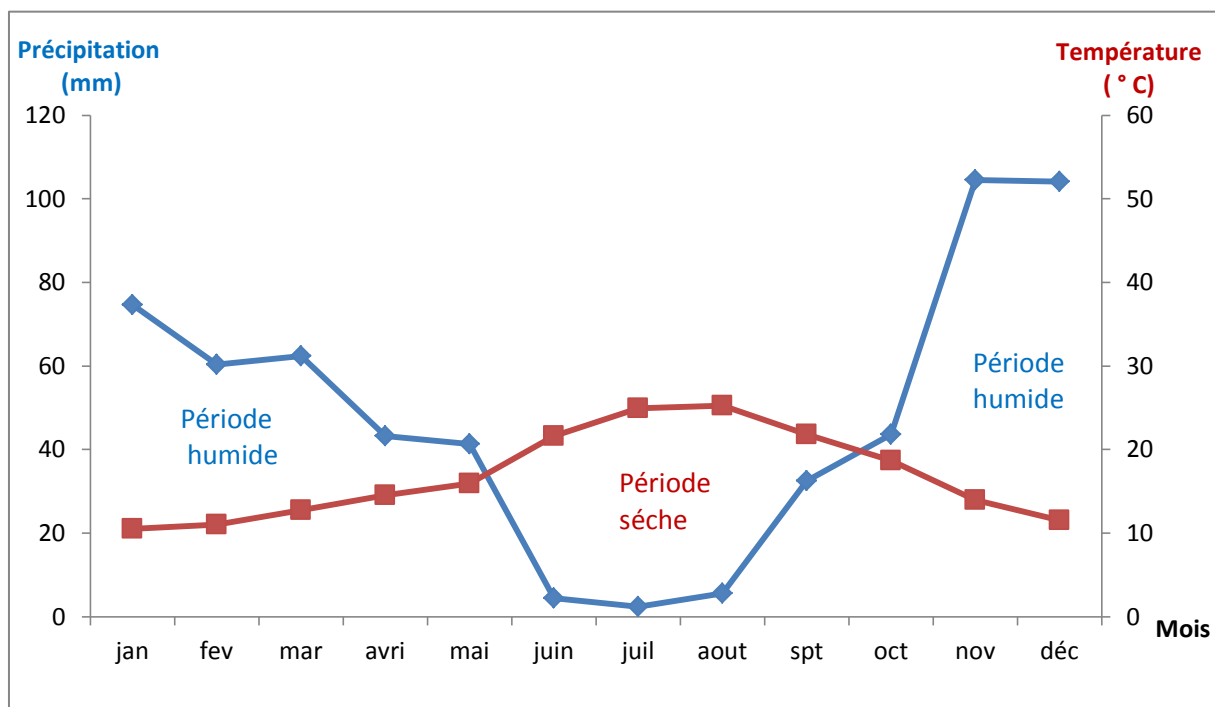
D'après la monographie du barrage de Boukourdane (1994), l'aire de la retenue au niveau normal est de 536 ha avec une altitude de 119,5 m présentant ainsi une capacité total de la retenue de 101,5 millions de m<sup>3</sup>. La surface du bassin versant est de 177 Km<sup>2</sup> avec un périmètre de 58 Km et une altitude moyenne de 420 m (Lourguioui, 2006).

### 1-3- Etude climatique

La détermination du climat est effectuée à l'aide de moyennes établies à partir de mesures statistiques annuelles et mensuelles sur des données climatologiques fournies par le service d'exploitation du barrage (température, précipitations). A partir de ces données, on peut déterminer le diagramme ombrothermique et le quotient pluviométrique d'Emberger (1955).

#### 1-3-1- Diagramme ombrothermique

Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls (1953) est un type particulier de diagramme climatique représentant les variations mensuelles sur une année des températures et des précipitations selon des gradations standardisées : une gradation de l'échelle des précipitations correspond à deux gradations de l'échelle des températures ( $P = 2T$ ), permet de déterminer les périodes sèches et humides de l'année.



**Figure n°2 :** Diagramme ombrothermique du barrage de Boukourdane

A partir des données journalières des températures et des précipitations fournies par le service d'exploitation du barrage durant la période (2000-2010) et la moyenne mensuelles et annuelles des température et précipitations calculées (tableau n°1), le diagramme ombrothermique révèle que la période sèche s'étend du mois de juin jusqu'à septembre et une période humide qui s'étale du mois de octobre au mois de mai.

**Tableau n°1** : Moyennes mensuelles et annuelles des températures  
et de précipitations calculées durant la période (2000-2010)  
(Source : Service d'exploitation du barrage de Boukourdane)

Mois	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
<b>Pluviométrie (mm)</b>	74,65	60,34	62,35	43,2	41,39	4,46	2,34	5,6	32,47	43,59	104,54	104,15
<b>Température (° C)</b>	10,53	11	12,75	14,53	15,94	21,62	24,97	25,24	21,83	18,7	13,97	11,57

### 1-3-2- Quotient pluviométrique d'Emberger :

En 1955 Emberger établit le climatogramme pluviométrique. Ce climatogramme permet de situer une zone dans un étage bioclimatique selon l'équation :

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

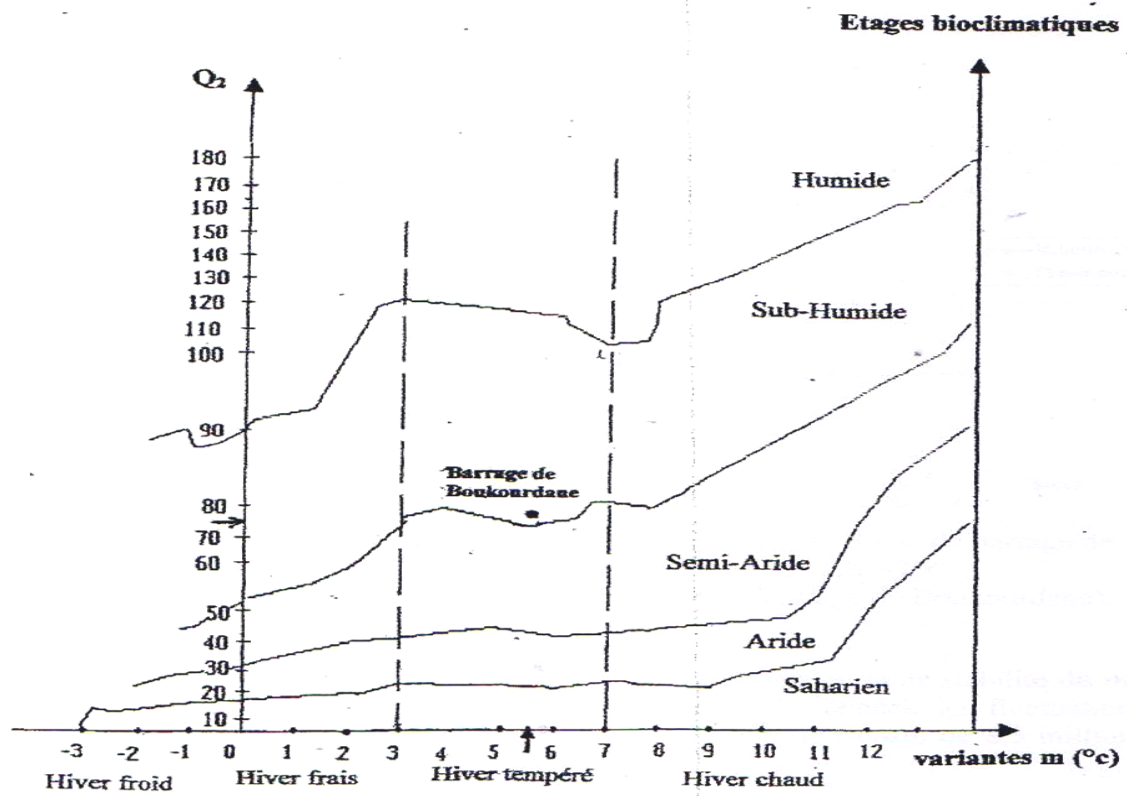
**Q<sub>2</sub>** : Quotient pluviométrique d'Emberger.

**P** : Moyennes annuelles des précipitations (mm).

**M** : Moyennes des températures maximales du mois le plus chaud (° K).

**m** : Moyennes des températures minimales du mois le plus froid (° K).

D'après Lourguioui (2006) le barrage Boukourdane se situe dans un climat sub-humide à hiver tempéré avec la valeur du  $Q_2$  (74,97) et de  $m$  (5,52) (figure n°3).



**Figure n°3 :** Climatogramme pluviométrique d'Emberger (1955) du barrage de Boukourdane (Lourguioui, 2006)

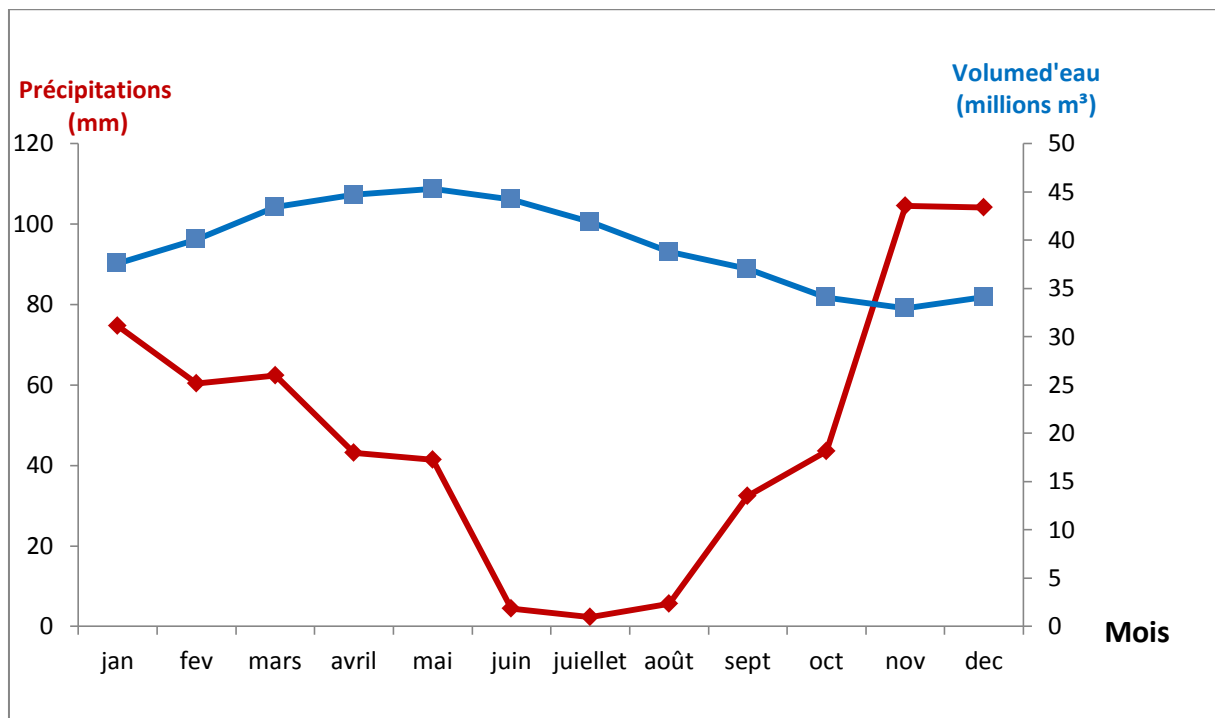
**1-4- Evolution du niveau d'eau du barrage (2000-2010)**

A partir des données journalières du volume d'eau et de la pluviométrie fournies par le service d'exploitation du barrage durant la période (2000-2010), nous avons calculés les moyennes mensuelles du volume d'eau et la pluviométrie. Les résultats sont regroupés dans le tableau n°2.

**Tableau n°2 :** Moyennes mensuelles du niveau d'eau du barrage et de la pluviométrie durant la période (2000-2010).

(Source : service d'exploitation du barrage de Boukourdane).

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Volume d'eau (millions de m <sup>3</sup> )	37,58	40,07	43,44	44,73	45,34	44,2	41,9	38,82	37,05	34,04	32,93	34,14
Pluviométrie (mm)	74,65	60,34	62,35	43,2	41,39	4,46	2,34	5,6	32,47	43,59	104,54	104,15



**Figure n°4** : Evolution de la pluviométrie et du niveau d'eau du barrage de Boukourdane durant la période (2000-2010).

(Source : service d'exploitation du barrage de Boukourdane)

On constate que le niveau d'eau du barrage durant les dix dernières années varie entre 32,93 et 45,34 million de m<sup>3</sup>. Cette variation est due en partie à la variation saisonnière des précipitations. Cependant, on note que pour le mois de novembre, les moyennes mensuelles calculées sur une période de dix ans (de 2000 à 2010) révèlent que plus la faible charge en eau (32,93 million de m<sup>3</sup>) correspond à la valeur la plus élevée des précipitations (104, 54 mm). En effet, il existe d'autres facteurs qui influencent sur l'évolution du niveau de barrage, tel que les apports des oueds, le pompage et l'évaporation.

## 2- Description des paramètres physico-chimiques

### 2-1- Température

La température est un des descripteurs de base pour la connaissance du milieu. Elle influe sur l'activité biologique et sur la répartition des espèces (Aminot et Kérouel, 2004).

La température joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH (Rodier *et al.*, 1997).

## 2-2- Potentiel hydrogène (pH)

C'est le cologarithme de la concentration des ions d'hydrogène dans l'eau :

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

La détermination du pH permet d'estimer le degré d'agressivité d'une eau, il dépend de la température, de l'oxygène, de la photosynthèse et de la respiration. (ARET, 1991 *in* Zourez et Ferhani, 2003).

## 2-3- L'oxygène dissous

L'oxygène moléculaire dissous est un paramètre important du milieu qui gouverne la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques.

Souvent important que la concentration, pourcentage d'oxygène par rapport à la saturation est un élément nécessaire à l'étude d'un système aquatique. La dissolution de l'oxygène dans l'eau est en effet régie par des lois physiques et dépend de la pression atmosphérique, de la pression de la vapeur saturant, de la température de l'eau, de la salinité. (Aminot et Chaussepied, 1983).

## 2-4- Les sels nutritifs

Les sels nutritifs constituent une base alimentaire et un substrat chimique indispensable pour le premier maillon de la chaîne alimentaire.

### 2-4-1- L'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )

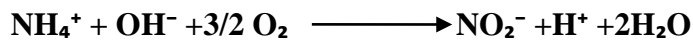
L'azote ammoniacal provient des excréments animales et de la décomposition bactérienne des composés azotés. Il est utilisé par le phytoplancton comme source d'azote et oxydé par les bactéries nitrifiantes.

Il est considéré comme étant un bon indicateur de la pollution urbaine aussi ces teneurs élevées à la proche des émissaires urbains peuvent atteindre parfois plusieurs centaines de  $\mu\text{mol/L}$  (Aminot et Chaussepied, 1983).

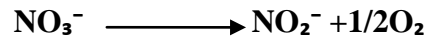
### 2-4-2- Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

Les nitrites constituent une étape important dans la métabolisation des composés azotés. Ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammonium et les nitrates. Les nitrites représentent un stade intermédiaire, ils résultent de :

- L'oxydation de l'ammonium par la réaction de nitrosation qui est exothermique qui est opérée par des bactéries (nitrosomas) :

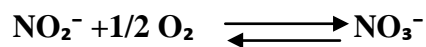


- La réduction des nitrates dans les milieux anoxiques ou pauvres en oxygène dissous, opérée par les bactéries anaérobiques, selon la réaction suivantes :



#### 2-4-3- Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

L'ion nitrate est la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse. L'ion nitrate est issu de l'oxydation des nitrites par les bactéries nitrobacters (Aminot et Chaussepied, 1983) :



#### 2-4-4- L'orthophosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

Dans les écosystèmes aquatiques continentaux, on considère généralement le phosphore comme le principal facteur limitant la production de la biomasse végétale. Il est, essentiel à la vie des organismes, car c'est un élément structurant du matériel génétique (ADN, ARN) et de la membrane cellulaire.

Le phosphore est un élément nutritif dont la forme minérale majoritaire orthophosphate provient des apports des eaux de ruissellement du bassin versant (Lévêque, 1996).

#### 2-4-4- La silice ( $\text{Si}(\text{OH})_4$ )

Le silicium est un élément nutritif, car il rentre dans la composition des squelettes de certaines espèces phytoplanctoniques (diatomées, radiolaires...).

La silice des eaux naturelles, qui est à l'origine des roches siliceuses provient principalement des continent, soit directement soit indirectement par dissolution des organismes ayant fixée cet élément chimique.

D'après Copin-Montégut (1996), la teneur en silice dissoute (sous forme d'acide  $\text{H}_2\text{SiO}_4$ ) dans les eaux naturelles est faible.

**2-5- La matière en suspension (MES)**

La MES représente la fraction minérale et organique vivante ou détritique, elle joue un rôle prépondérant dans la pénétration de la lumière.

La connaissance de quantité de la MES est importante pour l'étude des milieux aquatiques. D'une part, elle représente une surface de contact importante pour des échanges physico-chimiques et biologiques, d'autre part elle peut être une source nutritive non négligeable pour la faune (Aminot et Chaussepied, 1983).

**2-6- La chlorophylle *a***

La chlorophylle *a* est le principal pigment photosynthétique des plantes. En convertissant l'énergie chimique, elle permet la photosynthèse (production primaire). La chlorophylle *a* est mesurée en étant un indicateur de la biomasse des micro-algues, organismes qui sont à la base de la chaîne alimentaire.

La chlorophylle *a* est donc un paramètre clé des études hydrologiques car ils existent de nombreux liens entre le développement du phytoplancton et les variations de la concentration de plusieurs paramètres (oxygène, nutriment, pH, carbone organique particulaire) (Aminot et Kérouel, 2004).

## Chapitre 2

# Matériel et Méthodes

## 2- Matériel et Méthodes

### 2-1- Choix et positionnement des stations

Afin d'avoir un échantillonnage représentatif, six (6) stations ont été sélectionnées. Pour chaque station un échantillonnage de surface a été réalisé.

**Tableau n° 3:** Localisation des stations de prélèvements.

N° de station	Localisation
S1	Située près de digue (côté Est).
S2	Située entre les stations n°1 et station n°3.
S3	Située près de l'embouchure de l'oued Fadjana.
S4	Située près de digue (côté Ouest).
S5	Située entre la station 4 et la station 6.
S6	Située près de l'embouchure de l'oued Menaceur.

### 2-2- Conditionnement

Afin éviter les risques de contamination, les moyennes de conservation et les flacons de prélèvement ont subi un prétraitement.

#### ➤ Le flaconnage

Le choix des flacons dépend de l'élément à analyser et de la durée de conservation. Avant toute utilisation tous les flacons sont rincés à l'eau du robinet et deux fois à l'eau distillé.

#### ➤ Les filtres

Les filtres destinés à recueillir les MES sont macérés pendant 1 heure dans l'eau acidulée (HCl) de 0.1 N puis sont rincés à l'eau distillée et séchés dans une étuve à 70° C pendant deux heures. Ensuite les filtres sont mis dans des boîtes à filtres préalablement numérotées.

#### ➤ La conservation

La composition initiale de l'eau risque de subir des modifications dans les flacons après le prélèvement, c'est pour cela que toute analyse doit être effectuée le plus rapidement possible.

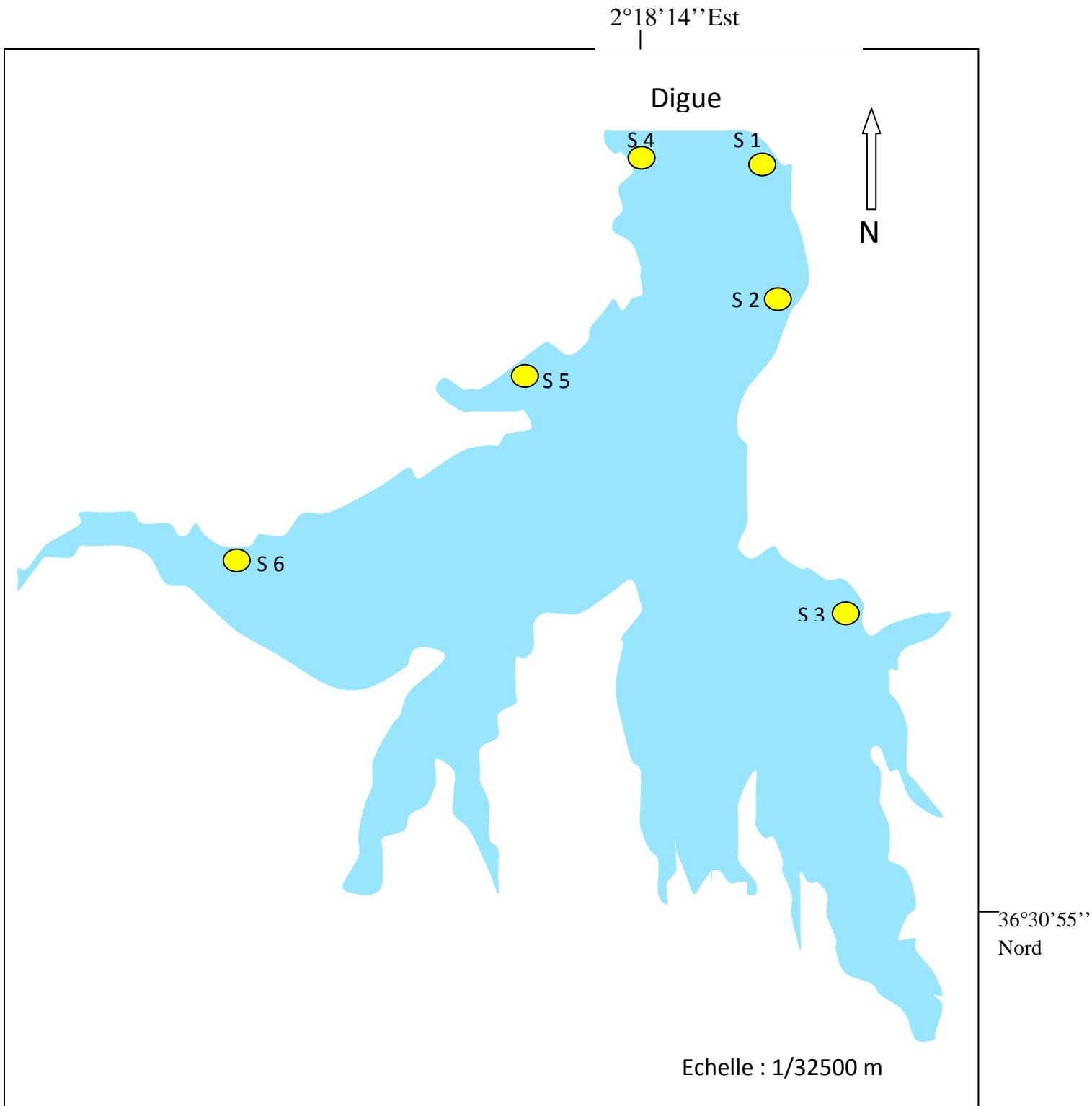


Figure n°5 : Localisation des stations de prélèvement

Les échantillons ont été transportés dans des glacières et immédiatement déposés au réfrigérateur dès le retour au laboratoire pour être analysés le jour suivant (la chlorophylle *a* et les MES) ou au congélateur (les sels nutritifs).

Pour faciliter le travail et éviter l'erreur, chaque prélèvement a été rattaché à une fiche de renseignement contenant les informations suivantes : la date du prélèvement, le lieu du prélèvement et les paramètres à analyser.

### 2-3- Prélèvement des échantillons

Le prélèvement des échantillons est une opération qui consiste à prendre un certain volume représentatif du milieu à étudier (Aminot et Kérouel, 2004).

**Tableau n°4** : Dates des opérations de prélèvement

Les sorties	Date	Heure de prélèvement
1	04/04/2011	10 h
2	09/05/2011	11 h
3	06/06/2011	11 h

### 2-4- Mesure des paramètres physico-chimiques

Les différents paramètres du milieu (température, oxygène dissous, pH et conductivité) ont été mesurés à l'aide d'une valise multi-paramètres de marque WTW multi 340i/Set.



**Figure n°6** : Valise multi-paramètres de marque WTW multi 340i/Set

Ces paramètres ont été mesurés sur terrain directement après le prélèvement des échantillons. L'appareil a été calibré régulièrement.

### 2-5- Dosage des sels nutritifs

L'analyse des sels nutritifs est faite par la méthode de colorimétrie à flux continu sur chaîne automatisée SKALAR (Auto-Analyzer SAN PLUS) selon les protocoles décrit par le fabricant Skalar. Le fonctionnement de l'appareil repose sur un principe dynamique, celui de l'analyse de liquide en flux continu : une veine liquide propulsée en continu par une pompe péristaltique dans un circuit analytique spécifique à chaque paramètre analysé. Les réactions chimiques s'effectuent dans cette veine en progression.

L'analyse des échantillons est réalisée par séquence, ce qui permet une grande cadence de travail. Cette chaîne de mesure automatisée est totalement pilotée par un microordinateur doté d'un logiciel spécifique. A la fin de l'analyse, ce dernier fournit un fichier numérique contenant les résultats accompagnés de toutes les informations relatives à l'analyse.



**Figure n°7** : Auto-Analyzer SAN PLUS (Skalar 1998)  
([www.skalar.fr/pr-san.htm](http://www.skalar.fr/pr-san.htm))

### Principe de la méthode

La méthode utilisée pour le dosage des sels nutritifs (ammonium, nitrate, nitrite, orthophosphate et silicate) est basée sur la réaction de coloration. En effet, ces sels réagissent dans certaines conditions (température, pH, présence de catalyseur,...) avec des réactifs spécifiques pour donner une coloration absorbant la lumière à certaine longueur d'onde ( $\lambda$ ).

L'absorption de l'énergie lumineuse dépend de l'intensité de la coloration. De même cette dernière est d'autant plus importante que la solution est concentrée en sels nutritifs dosés.

La quantité de lumière absorbée par la solution appelée absorbance (A) où densité optique (D.O) obéit à la loi de Beer-Lambert qui exprimée par la réaction suivant :

$$A = D.O = \log (I/I_0) = \epsilon.L.C$$

A : Absorbance de la solution

D.O : Densité optique

I : Intensité lumineuse émergente de milieu absorbance

I<sub>0</sub> : Intensité lumineuse incidente de milieu absorbance

$\epsilon$  : Le coefficient d'extinction molaire variant en fonction de la température et la longueur d'onde

L : La longueur de milieu traversé exprimé en cm

C : Concentration de la solution absorbante exprimé en mole/l

### 2-5-1- Dosage de l'ammonium

La méthode utilisée pour mesure de l'ammonium est la méthode de Koroleff (1969). En milieu légèrement basique, l'ammonium forme une monochloramine avec l'hypochlorite. Cette dernière réagit avec le phénol en présence d'un excès d'hypochlorite pour former le bleu d'indophénol absorbant à 630 nm. La réaction est accélérée par le nitroprussiate de sodium.

### 2-5-2- Dosage des nitrites

Les ions nitrites forment un diazoïque avec la sulfanilamide en milieu acide (pH= 2) puis le diazoïque réagit avec le N-naphtyléthylénediamine pour former la coloration absorbe à la longueur d'onde de 540nm.

### 2-5-3- Dosage des nitrates

La méthode est basée sur la réduction des nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) en nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) par le passage de l'échantillon à travers une colonne réductrice de cadmium traité au cuivre (Wood *et al.*, 1967). Les nitrates (en réalité NO<sub>2</sub><sup>-</sup> + NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) seront ensuite dosés par colorimétrie selon la méthode précédemment décrite. Il suffira alors d'en déduire la concentration de nitrites déterminés directement (sans passage de l'échantillon sur la colonne réductrice) pour trouver les concentrations des nitrites (Rodier *et al.*, 1996).

### 2-5-4 - Dosage des orthophosphates

En présence d'antimoine tartrate de potassium à une température de 40° C (bain marie) les ions orthophosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) réagissent avec le molybdate d'ammonium pour former un complexe antimoine phosphomolybdique qui sera réduit par l'acide ascorbique (Murphy et Riley, 1962). Cette forme réduite de coloration bleue a un maximum d'absorption à 880 nm.

### 2-5-5- Dosage du silicium dissous

Le silicium dissous se trouve dans l'eau de mer sous forme d'acide orthosilicique (représente 95%) (Aminot et Chaussied, 1983).

Cette forme réagit avec le molybdate d'ammonium en milieu acide pour former un complexe silicomolybdique qui sera réduit par l'acide ascorbique en un composé coloré en bleu absorbant à 810 nm (Mully et Riley, 1955). On ajoute l'acide oxalique pour éviter les interférences des phosphates.

#### ❖ Etalonnage

Cette opération consiste en une préparation de solution mère puis de solution fille pour chaque élément à analyser.

Les courbes d'étalonnage sont établies automatiquement par le logiciel en utilisant les concentrations connues des solutions étalons et de leurs hauteurs de pic correspondantes.

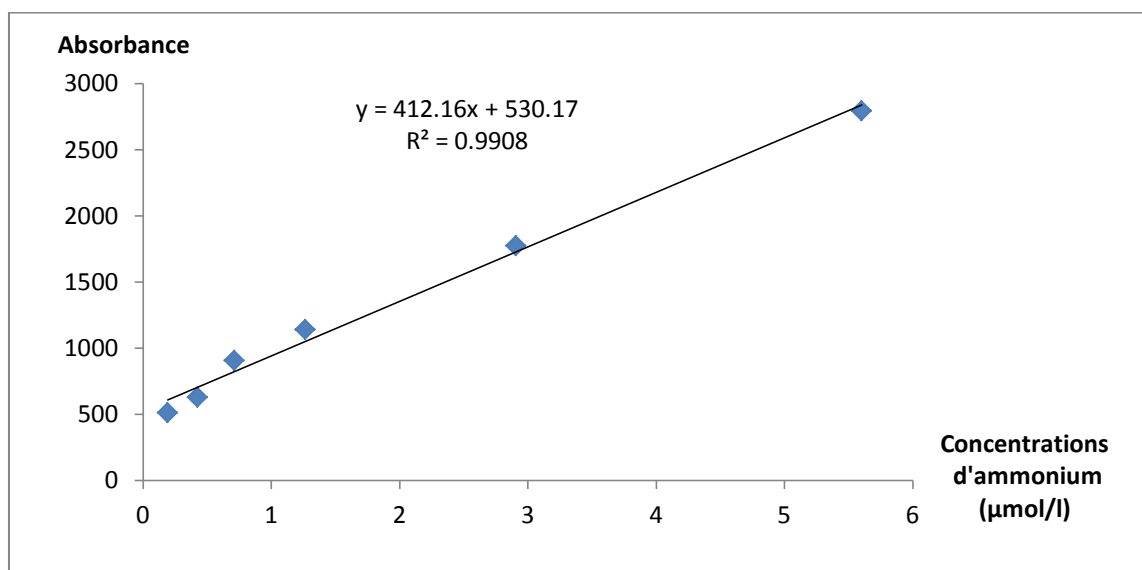
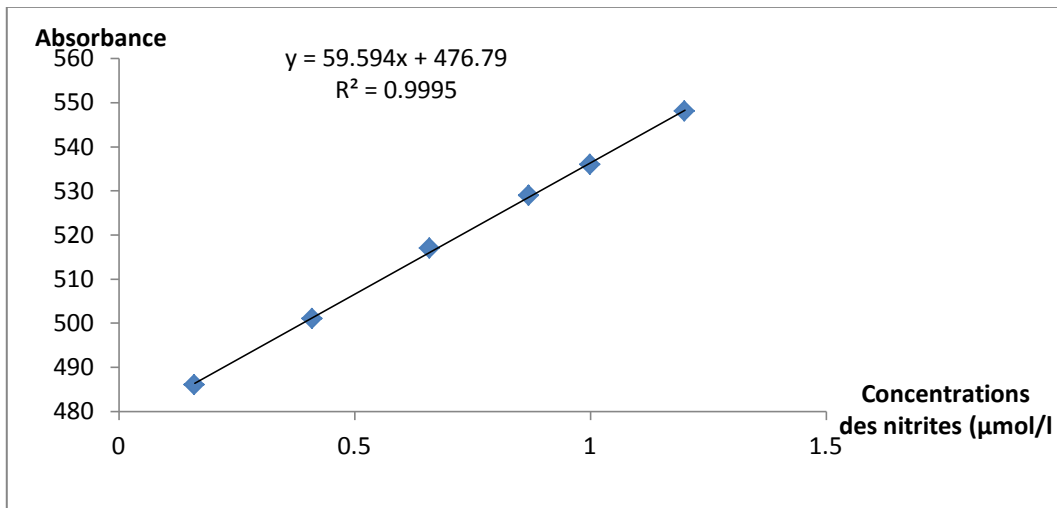
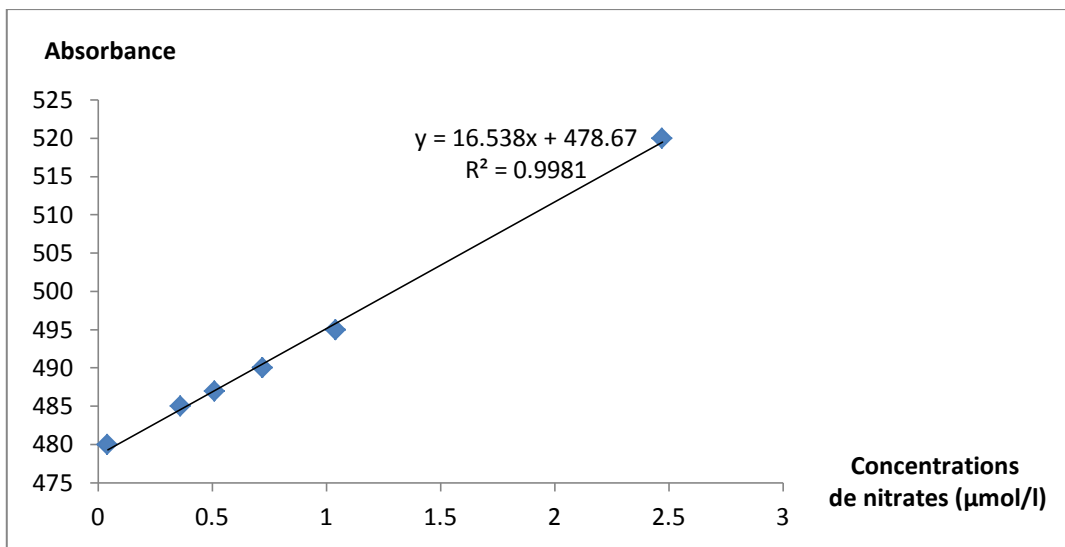


Figure n°8 : Courbe d'étalonnage d'ammonium



**Figure n°9 :** Courbe d'étalonnage des nitrites



**Figure n°10 :** Courbe d'étalonnage des nitrates

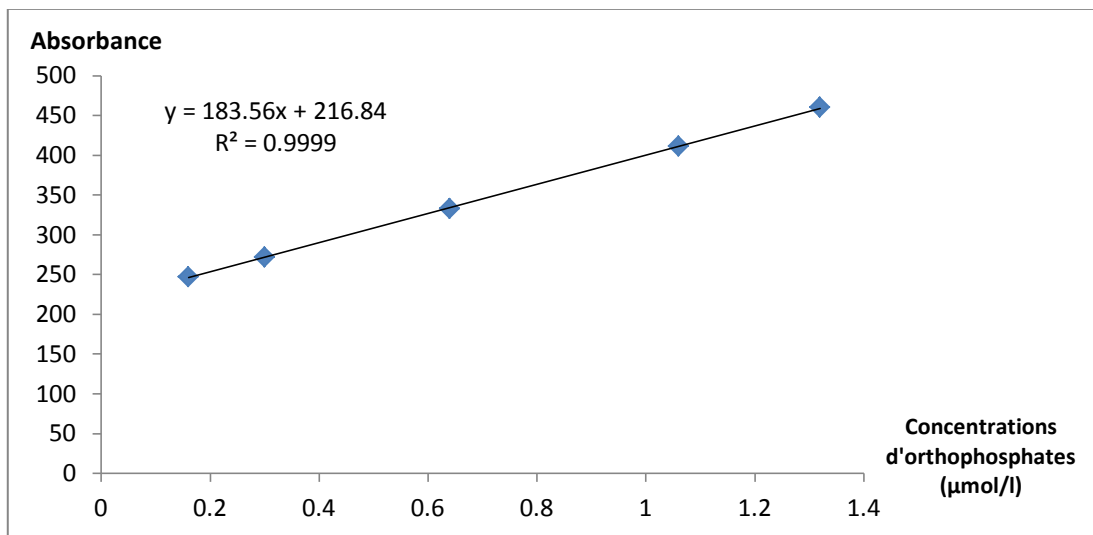


Figure n°11 : Courbe d'étalonnage des orthophosphates

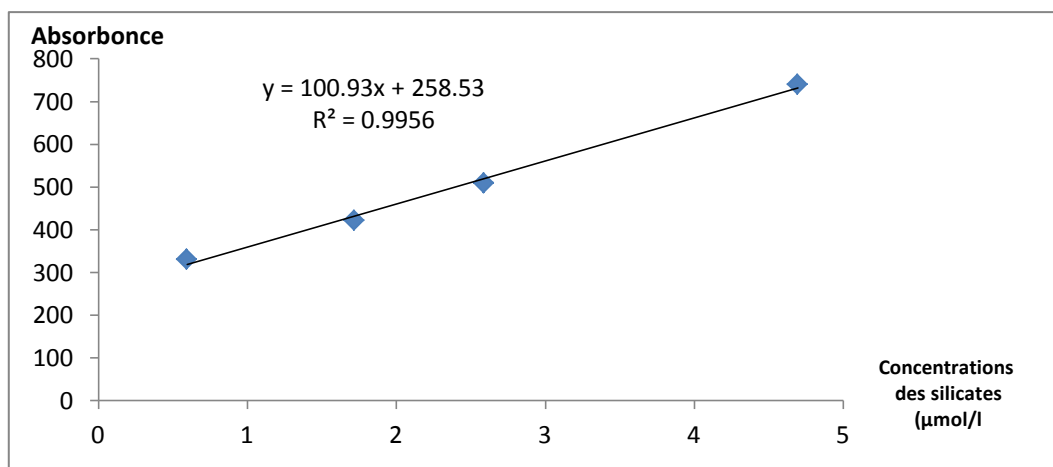


Figure n°12 : Courbe d'étalonnage de silicate

## 2-6- Matière en suspension (M.E.S)

### ▪ Principe de la méthode

La méthode consiste à filtrer un volume d'eau (250ml) sur une membrane filtrante afin de retenir les particules de taille supérieur ou égal à  $0.45\mu\text{m}$  (Aminot et Chaussepied, 1983).

La membrane est séchée et pesée avant et après filtration, la différence de poids permet de connaître la masse séchée total en suspension dans le volume filtré correspondant.

La teneur de l'eau en matière en suspension est donnée par l'expression suivante :

$$[\text{MES}] = \frac{P_2 - P_1}{V}$$

M.E.S : Concentration de la matière en suspension (mg/l).

P1 : Poids du filtre sec avant la filtration (mg).

P2 : Poids du filtre sec après la filtration (mg).

V : Volume d'eau filtré (l).

## 2-7- Dosage de la chlorophylle a

### ▪ Principe la méthode

On procède à une filtration d'un certain volume d'eau (250ml) pour récupérer la matière particulaire. Pour cela, on utilisant les filtres de type Whatman GF/C mis dans des tubes à centrifuger en verre enveloppés dans une feuille d'aluminium. Les filtres seront immergés dans un solvant (acétone à 90%) qui assure l'extraction des pigments et seront par la suite déchiquetés, les tubes sont placés dans un réfrigérateur et à l'abri de la lumière pendant 24 heures.

On mesure l'absorbance de l'extrait à deux longueurs d'onde (665 et 750) avant et après l'acidification. Le calcul de la teneur de l'eau en chlorophylle *a* se fait par l'équation de Lorenzen (1967).

$$[\text{Chlorophylle } a](\text{mg/m}^3) = \frac{26,7 \cdot (A_{665}^{\text{na}} - A_{665}^{\text{a}}) \cdot V}{v \cdot L}$$

$A_{665}^{\text{na}}$  : Absorbance nette corrigée (avant acidification)

$A_{665}^{\text{a}}$  : Absorbance nette corrigée (après acidification)

V : Volume d'eau filtrée (l).

v : Volume de solvant d'extraction (ml).

L : Longueur du trajet optique de la cuve de mesure (cm).

## Chapitre 3

# Résultats et discussions

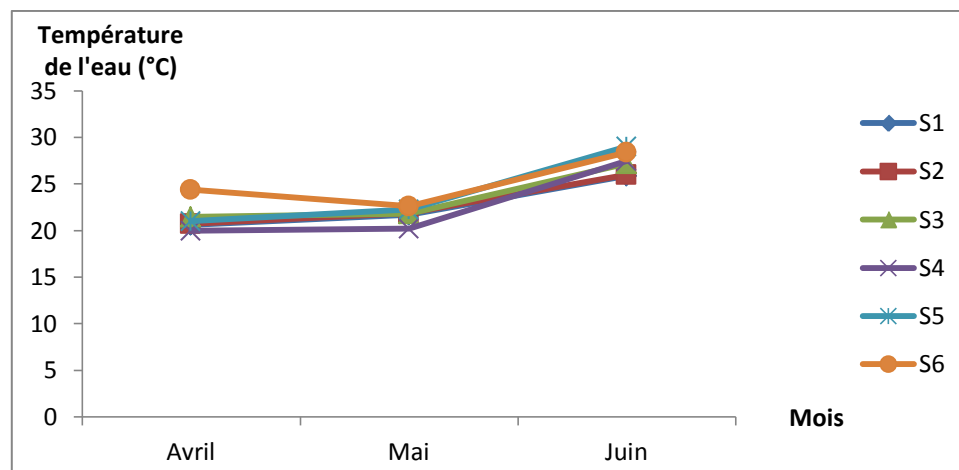
### 3- Résultats et discussion

#### 3-1- Température

Dans notre étude, l'évolution mensuelle de la température de l'eau de surface de lac du barrage Boukourdane varie entre un minimum de 20° C au niveau de la station S4 en avril et maximum 29° C au niveau de la station S5 en juin.

**Tableau n°5** : Evolution mensuelles de la température (° C) de l'eau de surface au niveau du barrage de Boukourdane.

Mois Stations	Avril	Mai	Juin
S1	20,6	21,7	25,9
S2	20,7	21,9	26
S3	21,5	21,8	27,2
S4	20	20,2	27,5
S5	21	22,3	29
S6	24,4	22,6	28,4



**Figure n°13** : Variation mensuelle de la température de surface (eau) du barrage de Boukourdane.

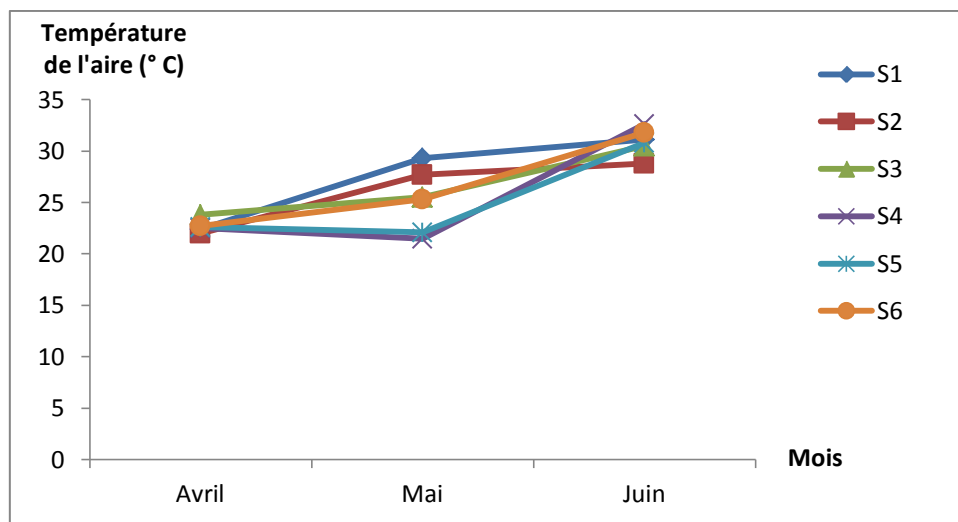
En mois d'avril la température de l'eau de surface a été comprise entre 20° C et 24,4° C au niveau des stations S4 et S6. Une évolution est enregistrée en juin (29° C) au niveau de la station S5.

Les résultats montrent que les valeurs obtenues de la température durant le mois mai sont peu variables que celles de juin et avril. Pour le mois de mai, ceci est peut être due à l'heure de prélèvement (entre 9 h et 30 min et 12 h) et aux conditions météorologiques de cette journée.

La variation de la température de l'eau de surface du barrage de Boukoudrane dépend de la température atmosphérique.

**Tableau n°6** : Evolution mensuelle de la température de l'aire (° C)  
au niveau du barrage de Boukoudane.

Mois Stations	Avril	Mai	Juin
S1	22,4	29,3	31,1
S2	22	27,7	28,8
S3	23,8	25,5	30,5
S4	22,5	21,5	32,6
S5	22,6	22,1	30,8
S6	22,7	25,3	31,8



**Figure n°14** : Evolution mensuelle de la température de l'air du barrage de Boukoudane

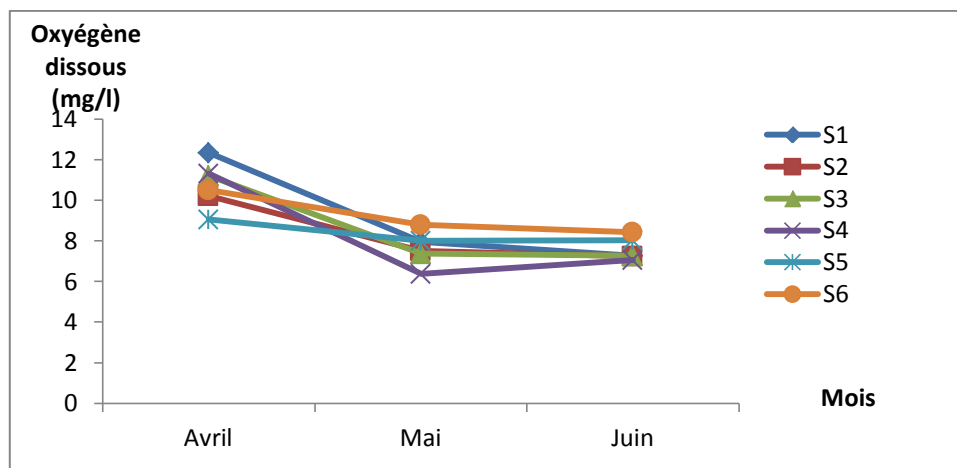
La figure n°14 montre que la température minimale de l'aire est de 22° C en avril au niveau la station 2 alors que le maximum est enregistré en mois de juin avec une température de 32,6° C au niveau de station S5.

### 3-2- Oxygène dissous

Les valeurs d'oxygène au niveau du barrage varient entre 6,38 mg/l au niveau de station S4 en mois de mai et 12,33 mg/l au niveau de station S1 en mois d'avril. (Tableau n°7)

**Tableau n° 7:** Teneurs mensuelle en oxygène dissous (mg/l) de l'eau surface du barrage de Boukourdane.

Mois Stations	Avril	Mai	Juin
S1	12,33	7,95	7,27
S2	10,2	7,5	7,25
S3	11,2	7,36	7,27
S4	11,3	6,38	7,06
S5	9,04	8	8,04
S6	10,5	8,8	8,41



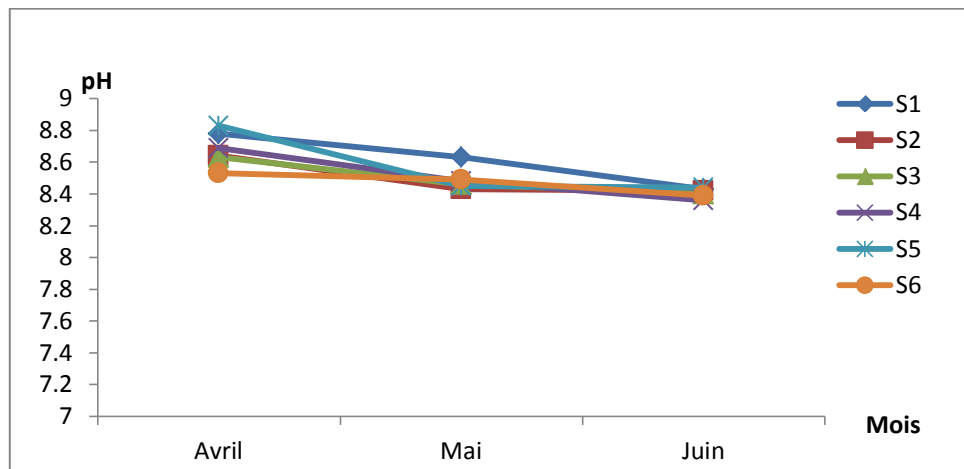
**Figure n°15 :** Teneurs mensuelle en oxygène dissous (mg/l) de l'eau de surface du barrage de Boukoudane.

Les forts teneurs d'oxygène dissous relevé en mois d'avril peuvent être expliqués par l'agitation des masses d'eau et par l'activité photosynthétique.

La teneur en dioxygène provient du bilan des activités biologiques et des échanges atmosphériques (Levéque, 1996).

### 3-3- Potentiel d'hydrogène (pH)

Les valeurs de pH du barrage de Boukourdane varient entre un minimum de 8,36 au niveau de S4 en mois juin et un maximum de 8,83 au niveau de S5 en mois avril (Figure n°15).



**Figure n°16 :** Variations mensuelles du pH au niveau de barrage de Boukourdane

Selon les valeurs enregistrées au niveau du lac du barrage de Boukourdane, on remarquant que le pH a une faible variation. Les valeurs sont d'environ 8 durant les différents mois.

**Tableau n°8 :** Teneurs mensuelles du pH de l'eau de surface du barrage de Boukourdane.

Mois Stations	Avril	Mai	Juin
S1	8,78	8,63	8,43
S2	8,64	8,43	8,42
S3	8,63	8,46	8,4
S4	8,69	8,48	8,36
S5	8,83	8,45	8,44
S6	8,53	8,49	8,39

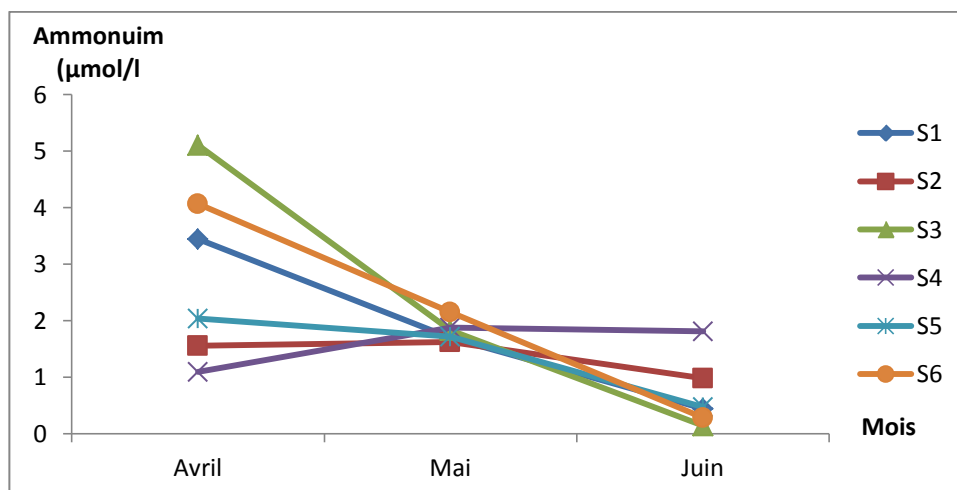
D'après Levêque (1996), les eaux continentales des régions tempérées ont un pH variable compris entre 7 et 9.

**3-4- Ammonium**

L'étude de la variation mensuelle d'ammonium pour les eaux de surface du barrage de Boukourdane montre que les teneurs d'ammonium varient entre 0,14  $\mu\text{mol/l}$  au niveau de la station S3 en mois de juin et un maximum de 5,11  $\mu\text{mol/l}$  au niveau de la station S3 en mois de avril.

**Tableau n°9 :** Teneurs en ammonium ( $\mu\text{mol/l}$ ) des eaux de surface du barrage de Boukourdane.

Mois Stations	Avril	Mai	Juin
S1	3,44	1,7	0,44
S2	1,56	1,62	0,94
S3	5,11	1,83	0,14
S4	1,09	1,88	1,81
S5	2,05	1,72	0,47
S6	4,07	2,15	0,28



**Figure n°17 :** Variation mensuelle de l'ammonium de l'eau de surface du barrage Boukourdane

En mois d'avril, les fortes teneurs en ammonium enregistrés en station S3 et S6 peuvent être dues aux apports des oueds (Menaceur, Fedjana), et pour les autres stations dues

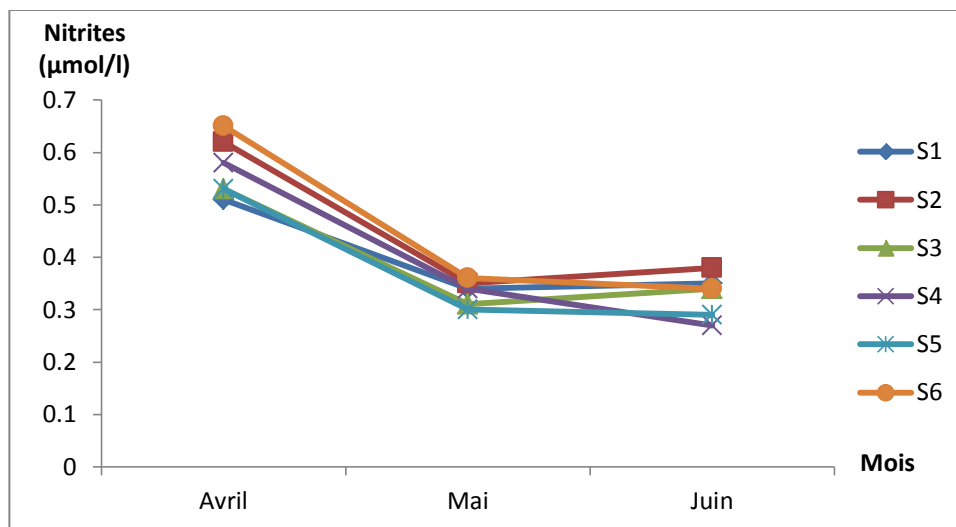
probablement aux fertilisants azotés utilisés dans les pratiques agricoles limitrophes au barrage. Durant le mois de juin, on a enregistré une faible teneur d'azote ammoniacal.

Les faibles quantités d'ammonium observées dans les eaux sont dues au fait que les organismes autotrophes le résorbent rapidement, et qu'une fraction plus ou moins importante est oxydée en milieu aérobie pour donner des nitrites puis des nitrates (nitrification) (Levêque, 1996).

### 3-5- Nitrites

Les nitrites sont naturellement présents dans les lacs en conséquence de la nitrification de l'ammonium et de la dénitrification des nitrates.

Les teneurs en nitrites de l'eau de surface du barrage de Boukourdane sont faibles variant entre un minimum 0,27  $\mu\text{mol/l}$  au niveau de la station S4 en mois de juin et un maximum de 0,68  $\mu\text{mol/l}$  au niveau de la station S6 en mois d'avril.



**Figure n°18 :** Variation mensuelle des nitrites au niveau des eaux de surface du barrage de Boukourdane.

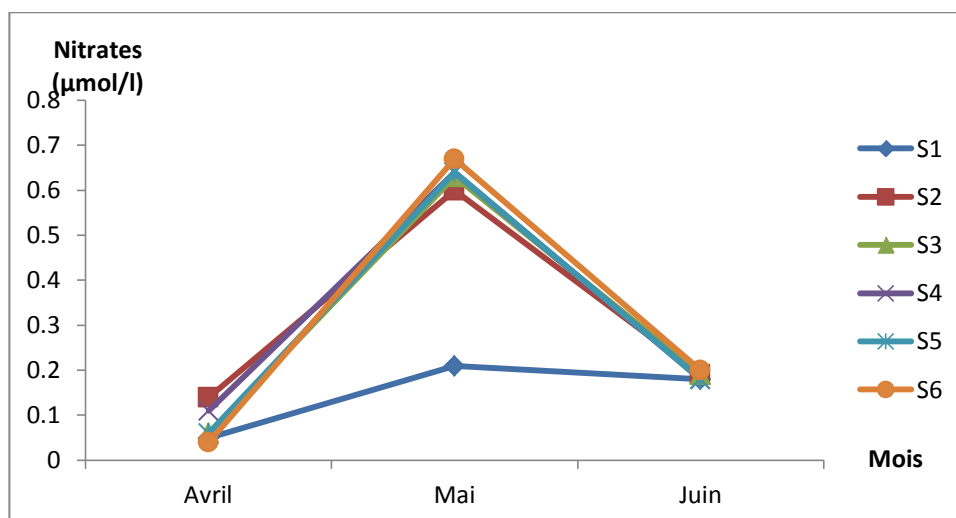
**Tableau n°10** : Teneurs en nitrites ( $\mu\text{mol/l}$ ) des eaux de surface du barrage de Boukoudane

Mois Stations	Avril	Mai	Juin
S1	0,51	0,34	0,35
S2	0,62	0,36	0,38
S3	0,53	0,31	0,35
S4	0,58	0,34	0,27
S5	0,53	0,30	0,29
S6	0,68	0,36	0,34

Les teneurs en nitrites sont faibles avec une concentration maximale de  $0,68 \mu\text{mol/l}$  au niveau de la station S6, cette valeur peut être due aux rejets et les apports l'oued Menaceur.

### 3-6- Nitrates

L'étude de la variation mensuelle des nitrates dans les eaux de surface montre de faibles charges en nitrates avec minimum de  $0,04 \mu\text{mol/l}$  au niveau de la station S6 en mois d'avril et maximum de  $0,67 \mu\text{mol/l}$  à la même station en mois de mai.



**Figure n°19** : Variation mensuelle des nitrates au niveau du barrage de Boukoudane.

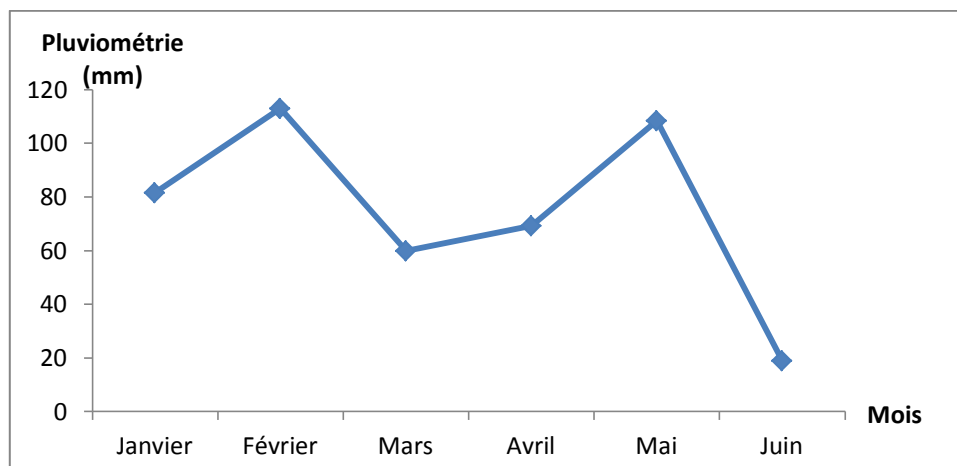
Comme les nitrites, les nitrates ont une teneur maximale au niveau la station S6, qui peut être due aux apports en substances azotée de l'oued Menaceur.

**Tableau n°11:** Teneur en nitrates des eaux de surface de barrage Boukourdane.

Mois Stations	Avril	Mai	Juin
S1	0,05	0,2	0,18
S2	0,14	0,60	0,19
S3	0,06	0,63	0,19
S4	0,11	0,64	0,18
S5	0,06	0,64	0,19
S6	0,04	0,67	0,20

Les nitrates du barrage de Boukourdane sont d'origine continentale. On constate une charge élevée en nitrates durant le mois de mai, car une part importante des nitrates pourraient provenir des eaux de ruissellement ou de lessivage des sols agricoles.

La figure suivante présente le taux de précipitation au niveau de barrage de janvier à juin 2011.



**Figure n°20 :** Variation mensuelle (janvier 2011-juin 2011) de la pluviométrie au niveau du barrage de Boukourdane.

(Source : service d'exploitation du barrage Boukourdane)

La variation mensuelle de la pluviométrie durant la période comprise entre le mois de janvier et le mois de juin 2011 montre que le maximum de précipitation est enregistré au mois février et mois de mai. Les faibles précipitations sont enregistrées au mois de juin.

### 3-6- Orthophosphates

Dans les écosystèmes aquatiques continentaux, on considère généralement le phosphore comme le principal facteur limitant la production de la biomasse végétale (Levêque, 1996).

La variation mensuelle des teneurs en orthophosphates au niveau de barrage Boukoudane indique que les concentrations des orthophosphates se situent entre 0,11  $\mu\text{mol/l}$  en mois d'avril et 1,6  $\mu\text{mol/l}$  au niveau de la station S6 en mois de juin.

**Tableau n°12** : Teneurs en orthophosphates ( $\mu\text{mol/l}$ ) des eaux de surface du barrage de Boukoudane

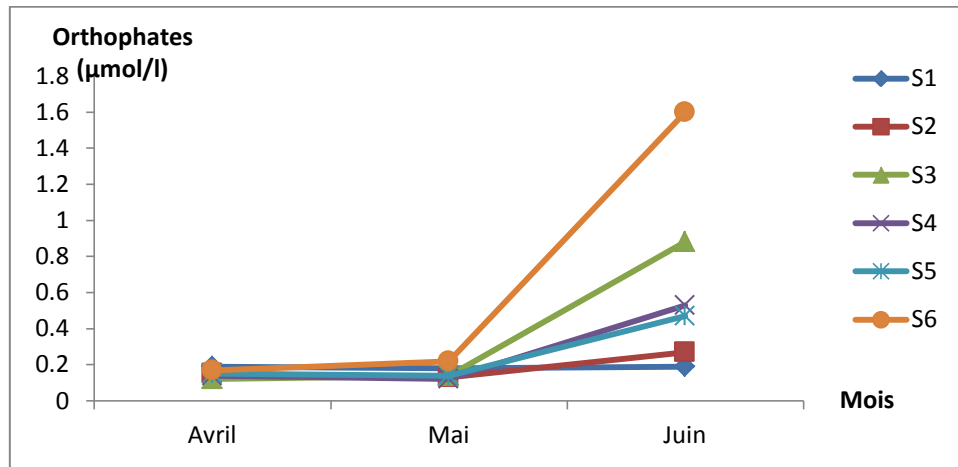
Mois Stations	Avril	Mai	Juin
S1	0,19	0,18	0,19
S2	0,15	0,13	0,27
S3	0,11	0,14	0,88
S4	0,13	0,12	0,53
S5	0,15	0,13	0,47
S6	0,17	0,22	1,6

Les teneurs en orthophosphates sont faibles car ils sont assimilés rapidement par le phytoplancton.

D'après Levêque (1996), les teneurs en orthophosphates dans les eaux naturelles est de l'ordre de 0,01mg/l.

Durant notre étude de variation mensuelle des teneurs en orthophosphates, on a enregistré des valeurs qui atteignent 1,6 $\mu\text{mol/l}$  au niveau la station S6 et 0,88  $\mu\text{mol/l}$  à la station S3. Ces valeurs sont dues probablement aux apports des oueds (oued Menaceur et oued Fedjana),

On remarque à partir de la figure si dessous qu'une augmentation des teneurs est enregistrée en mois juin.



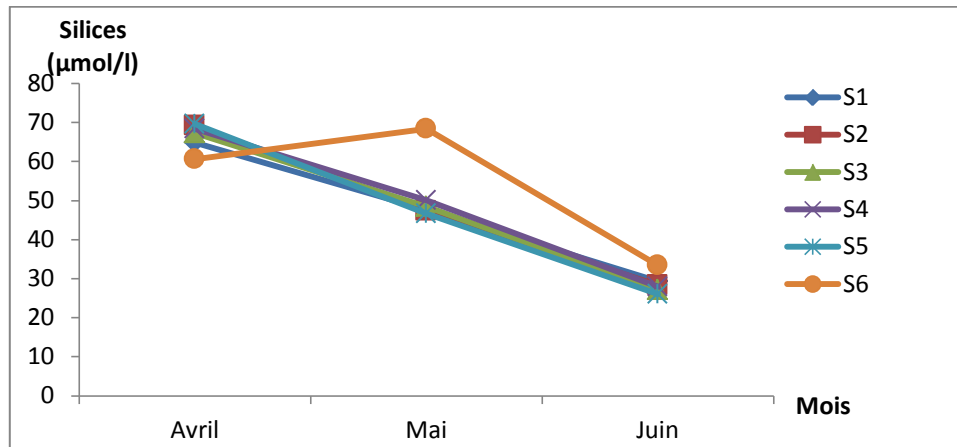
**Figure n°21** : Variation mensuelle des orthophosphates au niveau du barrage de Boukourdane

### 3-7- Silicates

Les teneurs en silicates au niveau du lac du barrage de Boukourdane sont très élevées avec un maximum de 69,6 µmol/l au niveau de la station S5 en mois avril de et minimum 26,01µmol/l de en mois de juin au niveau de la station S5.

**Tableau n°13** : Teneurs en silices (µmol/l) au niveau du barrage de Boukourdane.

Mois Stations	Avril	Mai	Juin
S1	64,91	47,64	29,35
S2	69,25	47,41	28,40
S3	67,25	48,41	27,09
S4	68,46	50,15	27,91
S5	69,6	46,69	26,01
S6	60,63	68,45	33,36



**Figure n°22** : Variation mensuelle des silicates au niveau des eaux de surface du barrage de Boukourdane

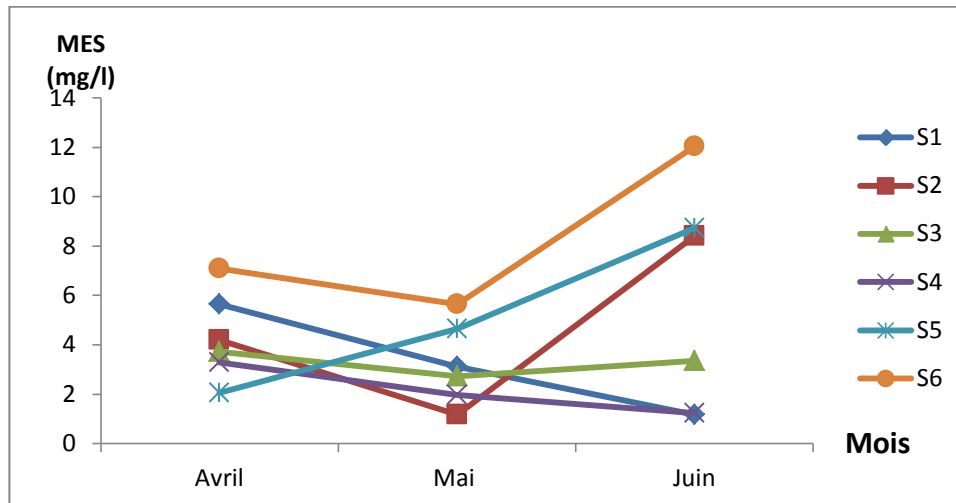
Ces concentrations en silices au niveau du barrage peuvent être en relation avec le lessivage des roches siliceuses au moment des ruissellements (Semroud, 1983).

### 3-8- Matière en suspension

Les résultats des analyses de la MES obtenus au niveau du barrage montrent que les valeurs varient entre un minimum de 1,16 mg/l à la station S4 en mois de mai et maximum de 12,04 mg/l à la station S6 en mois de juin.

**Tableau n°14** : Teneur mensuelle des MES (mg/l) au niveau du barrage de Boukourdane.

Mois Stations	Avril	Mai	Juin
S1	5,64	3,12	1,16
S2	4,2	1,16	8,4
S3	3,72	2,72	3,36
S4	3,28	1,96	1,24
S5	2,06	4,64	8,72
S6	7,08	5,65	12,04



**Figure n°23** : Variation mensuelle de la matière en suspension au niveau des eaux de surface du barrage de Boukourdane

On supposera que les fortes teneurs des MES est due aux lieux des prélèvements et les apports des ruissellements. En effet, à défaut de disponibilité d'embarcation, les prélèvements ont été réalisés manuellement à partir du rivage ce qui favorise la turbidité de l'eau.

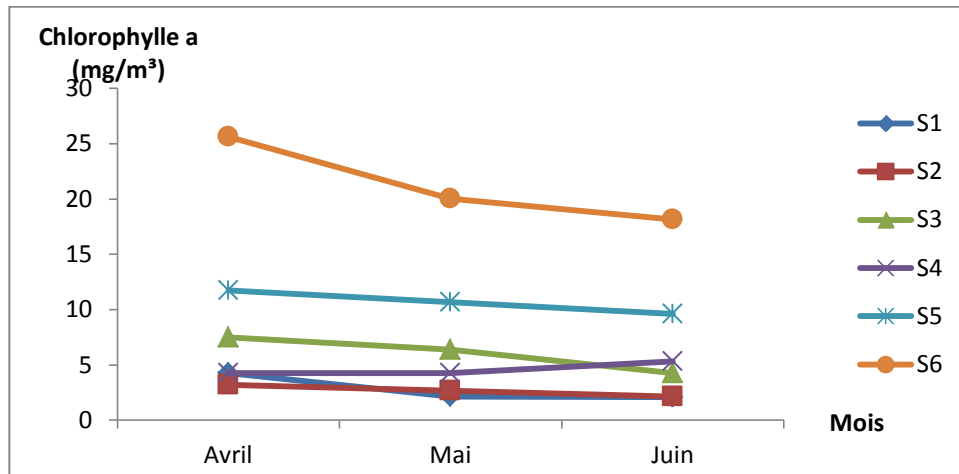
Au niveau de la station S6 au mois de juin, la matière en suspension arrivée à la teneur la plus élevée ce qui est du probablement aux apports d'oued Menaceur.

### 3-9- La chlorophylle *a*

Le développement de plancton végétal au niveau de barrage de Boukourdane durant les trois mois (avril, mai et juin 2011) est indiqué par le dosage de la chlorophylle *a*.

**Tableau n°15**: Teneurs ( $\text{mg/m}^3$ ) de la chlorophylle *a* au niveau du barrage de Boukourdane.

Mois Stations	Avril	Mai	Juin
S1	4,27	2,14	2,08
S2	3,2	2,67	2,14
S3	7,48	6,4	4,27
S4	4,27	4,25	5,34
S5	11,75	10,68	9,61
S6	25,63	20,02	18,16



**Figure n°24** : Variation mensuelle de la chlorophylle *a* au niveau de l'eau de surface du barrage de Boukourdane

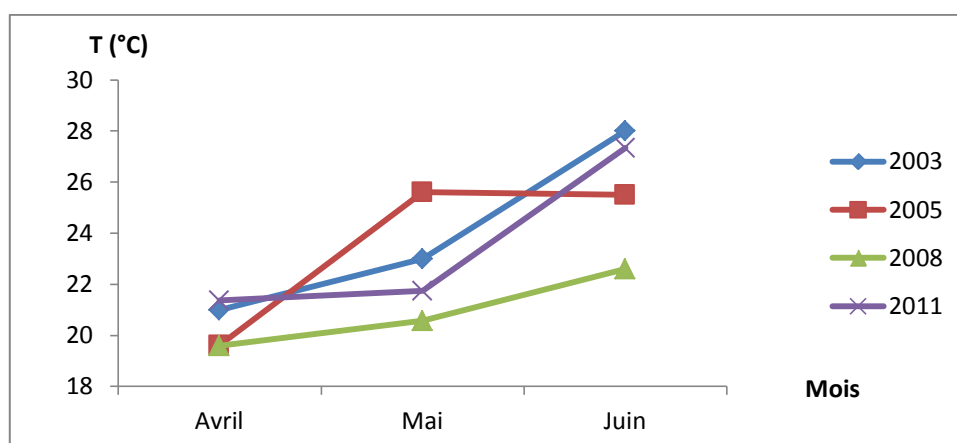
A partir des résultats obtenus, on remarque que les teneurs de la chlorophylle *a* varient entre 2,08 mg/m<sup>3</sup> au niveau de la station S1 en mois de juin et un maximum de 25,6 mg/m<sup>3</sup> au niveau de la station S6 en mois d'avril.

L'abondance de la chlorophylle *a* au niveau de station S6 peut être expliqué par la présence des sels nutritifs. En effet, cette station se trouve très près de l'oued Menaceur. D'après Levêque (1996), la production primaire dépend principalement de la disponibilité des sels nutritifs.

**3-10- Variation des paramètres physico-chimiques du barrage de Boukourdane durant les années 2003, 2005, 2008 et 2011.**

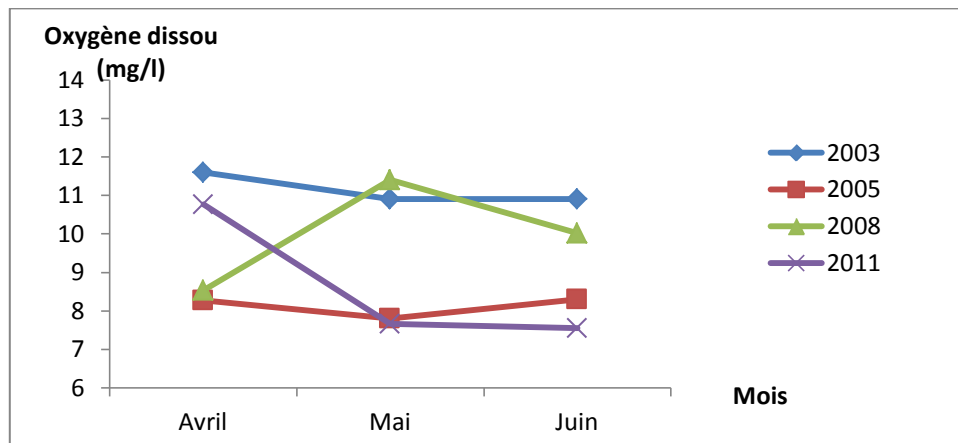
**Tableau n°16 :** Valeurs moyenne des paramètres physico-chimique des eaux de surface du barrage de Boukourdane durant les années 2003, 2005, 2008 et 2011.

Auteurs	Zourez et Farhani (2003)			Lourguioui (2005)			Abikchi et Ramdani (2008)			Présent étude (2011)			
	Mois	Avril 2003	Mai 2003	Juin 2003	Avril 2005	Mai 2005	Juin 2005	Avril 2008	Mai 2008	Juin 2008	Avril 2011	Mai 2011	Juin 2011
T °c		21	23	28	19,9	25,6	25,5	19,6	20,58	22,61	21,37	21,75	27,33
O <sub>2</sub> (mg/l)		11,6	10,9	10,9	8,27	7,8	8,3	8,53	11,4	10,02	10,76	7,67	7,55
pH		8,6	8,4	8,5	8,35	8,33	8,29	8,23	8,34	8,35	8,68	8,49	8,41
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (µmol/l)		-	-	-	0,56	0,28	0,19	0,76	0,38	0,7	2,89	1,82	0,68
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (µmol/l)		1,09	1,74	1,09	0,54	0,61	0,64	1,24	0,81	1,37	0,58	0,34	0,33
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (µmol/l)		41,60	36,13	29,03	2,24	2,17	2,14	13,4	12,21	11,37	0,08	0,56	0,18
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (µmol/l)		6	0,74	3,79	0,34	0,15	0,05	0,18	0,13	0,42	0,15	0,16	0,66
MES (mg/l)		7	7	10,5	5,79	9,32	3,97	5,33	7	10,79	4,33	3,21	5,82
Chlorophylle a (mg/m <sup>3</sup> )		2,28	1,6	1,56	2,85	2,74	1,71	7,68	6,04	2,66	9,43	7,69	6,93



**Figure n° 25 :** Variation des températures moyennes au niveau du barrage de Boukourdane durant les années 2003, 2005, 2008 et 2011.

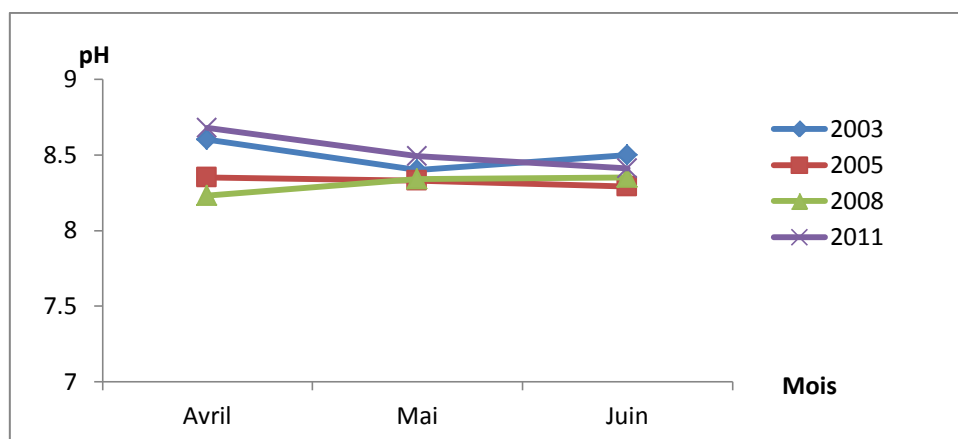
Durant les quartes années, la température des eaux du barrage de Boukourdane a enregistré une faible variation. On est arrivé à désigner que les courbes de variations de la température ont la même allure durant les différent années. On remarque que la température augmente du mois d'avril au mois de juin suite à l'augmentation de température de l'air au niveau de ce site.



**Figure n° 26:** Evolution des teneurs moyennes de l'oxygène dissous au niveau de l'eau de surface du barrage de Boukourdane durant les années 2003, 2005, 2008 et 2011.

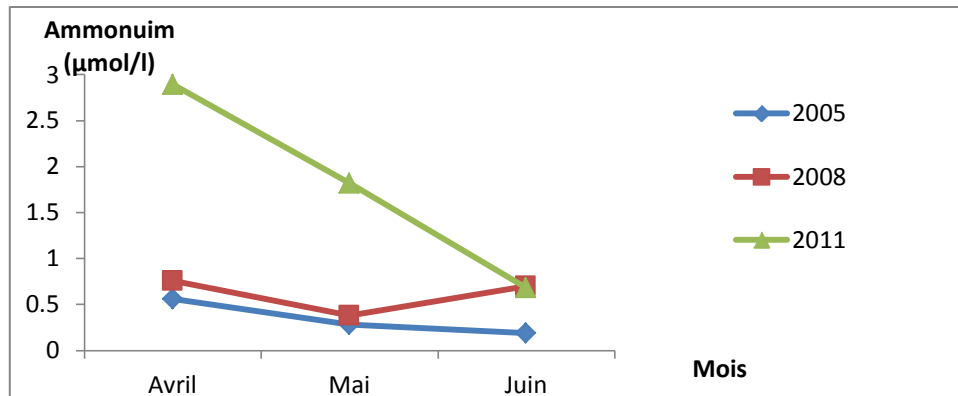
Durant les différentes années (2003, 2005, 2008 et 2011) l'oxygène dissous variait entre 7,55 mg/l durant l'année 2011 au juin et 11,6 mg/l au mai 2003. Cette variation est en relation avec les conditions de milieu (conditions climatiques, activité photosynthétique,...etc.).

D'une façon générale, on peut dire que le barrage de Boukourdane a une eau de surface bien oxygénée.



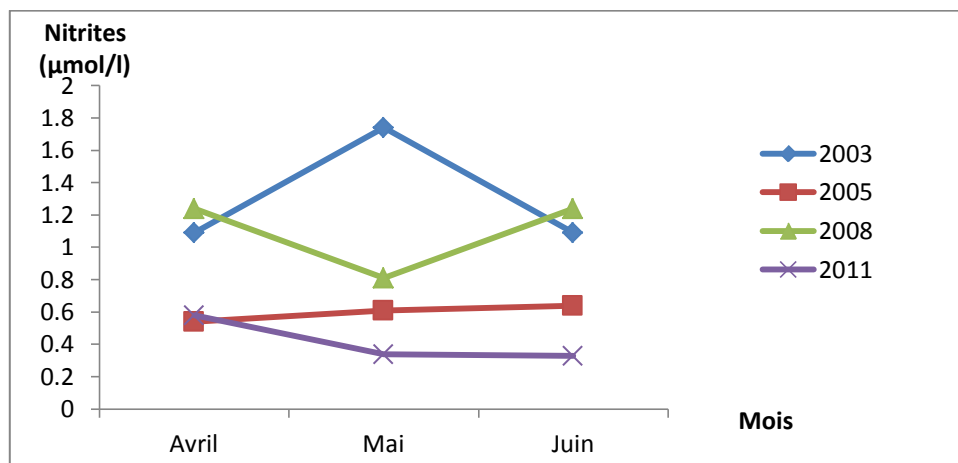
**Figure n° 27 :** Variation moyenne de pH de l'eau de surface du barrage de Boukourdane durant les années 2003, 2005, 2008 et 2011.

Le pH au niveau des eaux de surface du barrage de Boukourdane a une faible variation durant les années 2003, 2005, 2008 et 2011 avec une valeur minimale enregistrée en avril 2008 de 8,23 et un maximum de 8,68 au mois d'avril 2011.



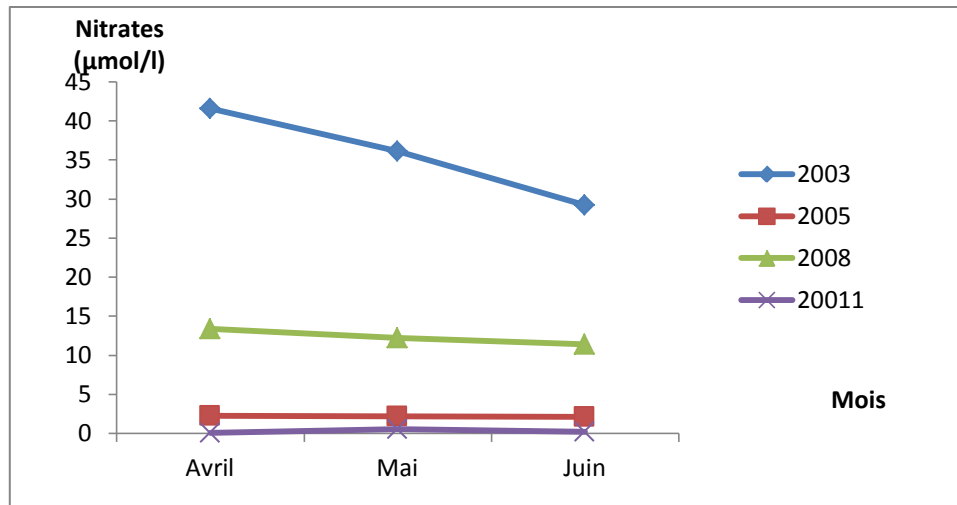
**Figure n°28** : Variation mensuelle des concentrations moyennes en ammonium de l'eau de surface du barrage de Boukourdane durant les années 2005, 2008 et 2011.

Pour l'ammonium, les teneurs en surface durant les deux années 2005 et 2008 sont faibles par rapports à nos valeurs. Ceci peut s'expliquer par la forte pluviosité relevée en mai 2011 qui pourra contribuer à l'enrichissement de l'eau en azote ammoniacal qui proviendra probablement des exploitations agricoles se trouvant sur le bassin versant du barrage.



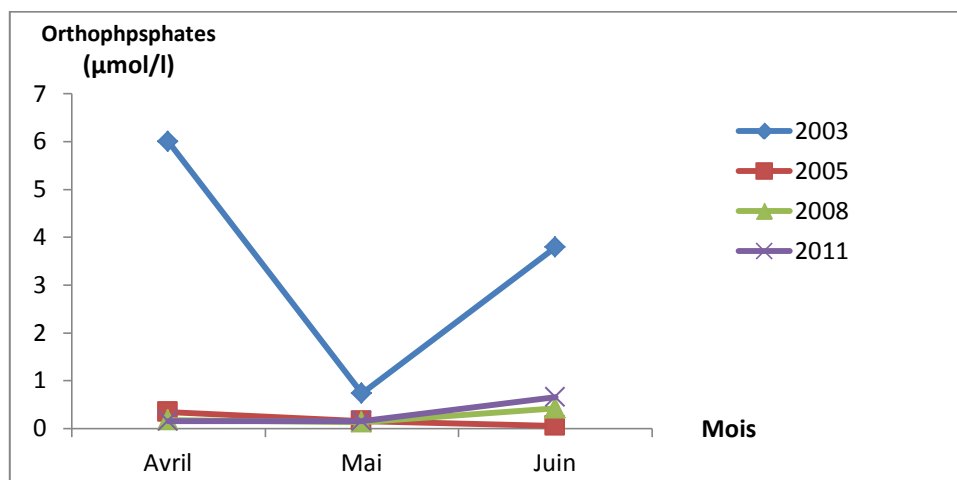
**Figure n°29** : Variation des teneurs moyenne en nitrites au niveau de l'eau de surface du barrage de Boukourdane durant les années 2003, 2005, 2008 et 2011.

Les teneurs en nitrites durant les deux années 2003 et 2008 au niveau de l'eau de surface sont comprises entre 0,81  $\mu\text{mol/l}$  et 1,74  $\mu\text{mol/l}$ . D'autre part, en 2005 et 2011 les concentrations varient entre 0,34  $\mu\text{mol/l}$  et 0,64  $\mu\text{mol/l}$ .



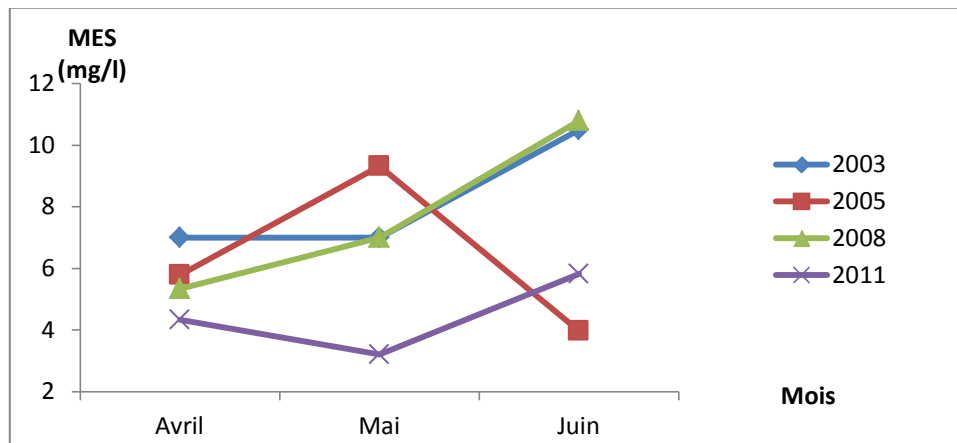
**Figure n°30** : Variation mensuelle moyenne des nitrates des eaux surface du barrage de Boukourdane de l'eau de surface durant les années (2003, 2005, 2008 et 2011).

Les teneurs moyennes en nitrates durant l'année 2003 sont très élevées qui arrivent à des concentrations plus de 40  $\mu\text{mol/l}$  au mois d'avril ce qui expliqué par un rapport exogène excessif. Les résultats obtenus par Abikchi et Ramdani en 2008 sont inférieurs à 15  $\mu\text{mol/l}$ . Par contre, les charges en nitrates obtenus en 2005 et 2011 sont moins importantes.



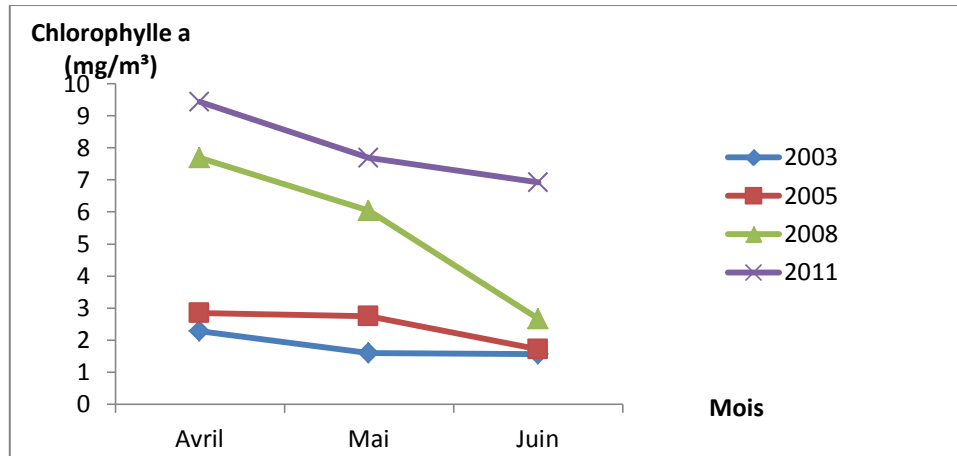
**Figure n°31** : Variation des concentrations de l'orthophosphate au niveau de l'eau de surface du barrage de Boukourdane durant (2003, 2005, 2008 et 2011).

De très fortes charges en ion orthophosphate sont relevées en avril et juin 2003. Pour les autres années les charges sont inférieures à 1  $\mu\text{mol/l}$ .



**Figure n°32** : Evolution des teneurs moyennes en MES durant les années 2003, 2005, 2008 et 2011 au niveau des eaux de surface de barrage de Boukourdane.

Les variations des concentrations des MES au niveau du barrage de Boukourdane varient, pour différentes années, un intervalle de 3,21 mg/l et 10,79 mg/l.



**Figure n° 33** : Evolution des concentrations moyennes en chlorophylle a au niveau des eaux du barrage Boukourdane durant les années (2003, 2005, 2008, 2011)

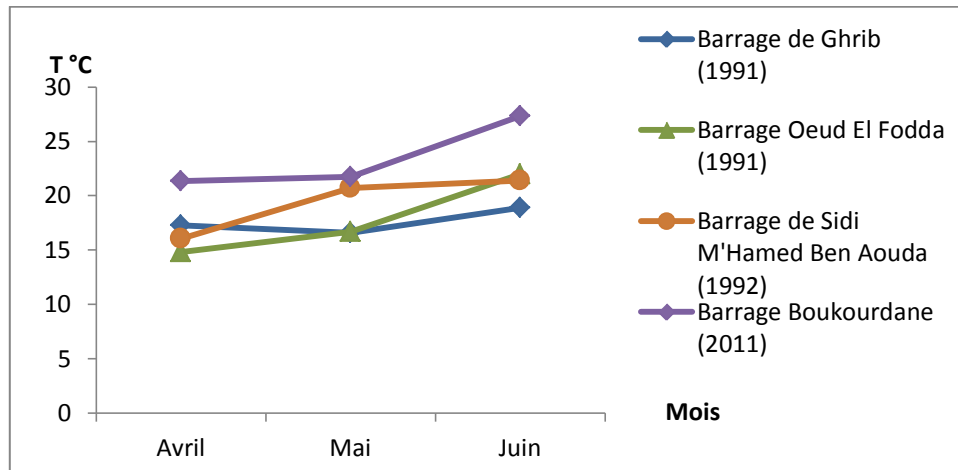
Les teneurs moyennes en chlorophylle *a* sont importantes mais très remarquable aux années 2008 et 2011 où les concentrations enregistrées varient entre 6,04  $\text{mg/m}^3$  et 9,63  $\text{mg/m}^3$  dues probablement au développement phytoplanktonique.

### 3-11- Comparaison des résultats des paramètres physico-chimiques obtenus en 2011 au niveau du barrage de Boukourdane avec d'autres barrages.

**Tableau n° 17** : Comparaison des valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques de l'eau de surface du barrage de Boukourdane avec d'autres barrages.

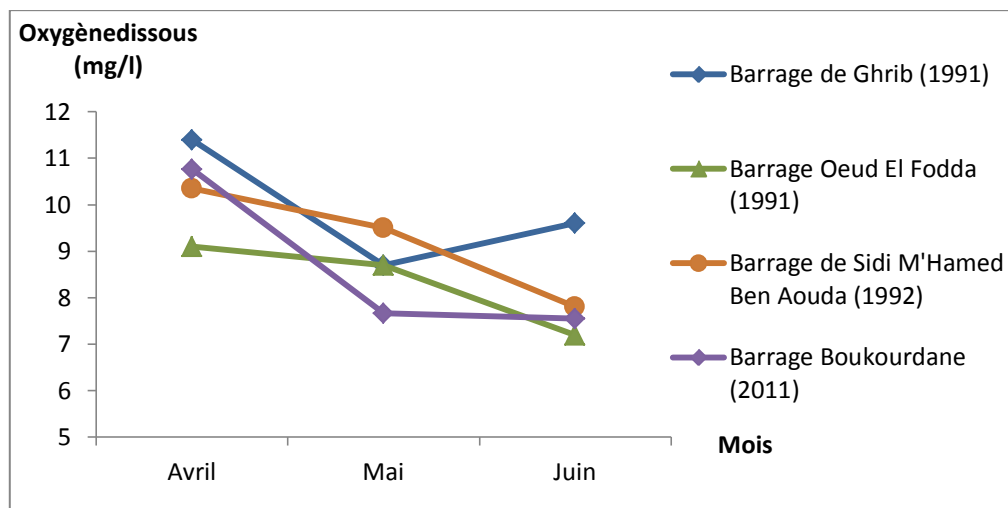
Mois Paramètres	Barrage de Ghrib (Bensediki et Kemel, 1991)			Barrage Oued El Fodda (Delih et Djouhri, 1991)			Barrage Sidi M'hamed Ben Aoud (Oussaid et Zerouki 1993)			Barrage Boukoudane (2011)		
	Avril	Mai	Juin	Avril	Mai	Juin	Avril	Mai	Juin	Avril	Mai	Juin
T (° C)	17,3	16,6	18,9	14,8	16,7	22	16,07	20,7	21,4	21,37	21,75	27,33
O <sub>2</sub> (mg/l)	11,4	8,7	9,6	9,1	8,7	7,2	10,35	9,5	7,8	10,76	7,67	7,55
pH	7,9	8,3	9,8	-	-	-	6,8	6,7	6,6	8,68	8,49	8,41
NH <sub>4</sub> <sup>-</sup> (μmol/l)	211,11	83,05	99,44	46,66	21,11	23,33	180,97	169,7 2	149,8 6	2,89	1,82	0,68
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (μmol/l)	3,26	3,64	1,03	0,7	0,56	0,65	2,06	2,5	2,55	0,58	0,34	0,33
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (μmol/l)	247,86	209,35	86,93	306	290	177	69,56	74,52	40,8	0,08	0,56	0,18
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (μmol/l)	12,5	12,29	2,1	16,84	20,21	11,6	0,79	13,32	1,39	0,15	0,15	0,66
MES (mg/l)	6	25,75	16	-	-	-	125	13	6	66,68	51,46	28,69
Chloro. <i>a</i> (mg/m <sup>3</sup> )	8,49	3,2	3,22	3,5	3	2,8	-	-	-	4,09	6,11	5,82

La variation mensuelle de la température des eaux de surface (figure n°34) montre que les températures obtenues au niveau du barrage de Boukourdane sont légèrement supérieures à celles des autres barrages.



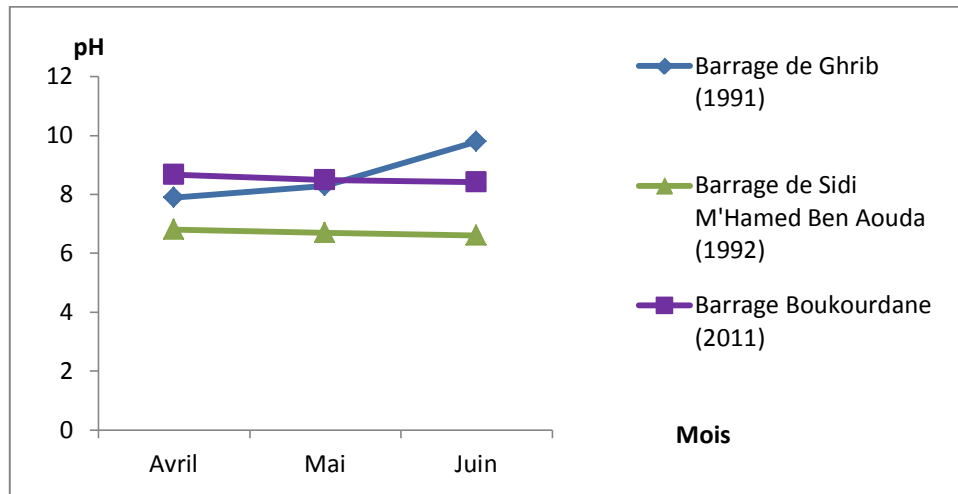
**Figure n°34:** Variation mensuelle des températures moyennes de l'eau de surface de différents barrages.

La figure n°35 montre que l'oxygène dissous au niveau de barrage Boukourdane est moins important que les autres barrages. Les fortes teneurs en oxygène dissous sont enregistrés au niveau de barrage Ghib.



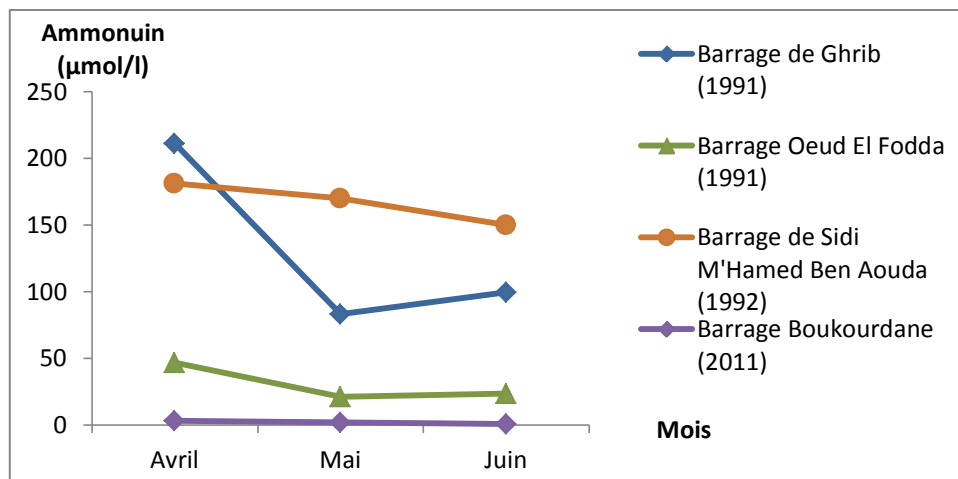
**Figure n°35:** Variation mensuelle des teneurs moyennes en oxygène dissous de l'eau de surface de différents barrages.

Le pH au niveau du barrage Oued Fodda est légèrement acide (entre 6,6 et 6,8), par contre le barrage Boukourdane et le barrage Ghib ont un pH alcalin qui varie entre (8,41 et 8,68).



**Figure n°36:** Variation mensuelle moyenne du pH de l'eau de surface de différents barrages

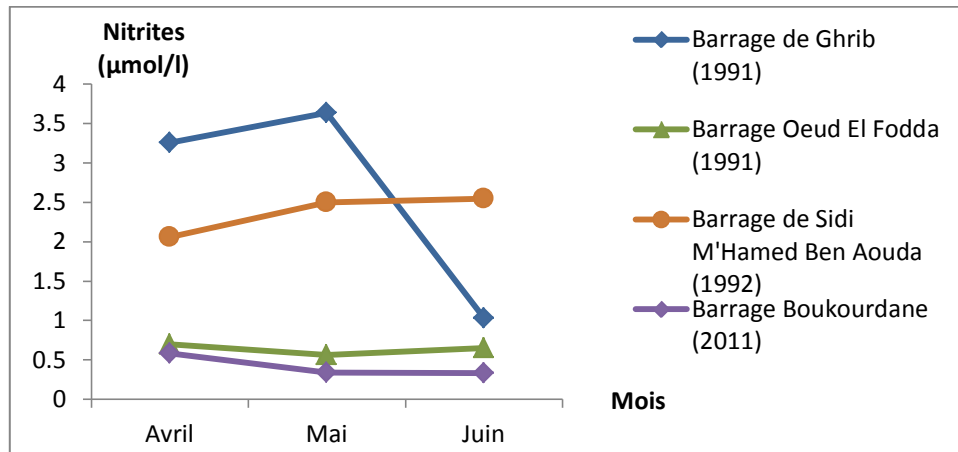
D'après la figure n°37, on constate que barrage Boukourdane a des faibles teneurs en ammonium ceci peut être expliqué par l'activité phytoplanctonique qui est élevée à ce barrage. Les deux barrages Sidi M'hamed Ben Aoudia et Ghib présentent des teneurs les plus élevées.



**Figure n°37:** Variation mensuelle des teneurs moyennes en ammonium de l'eau de surface de différents barrages

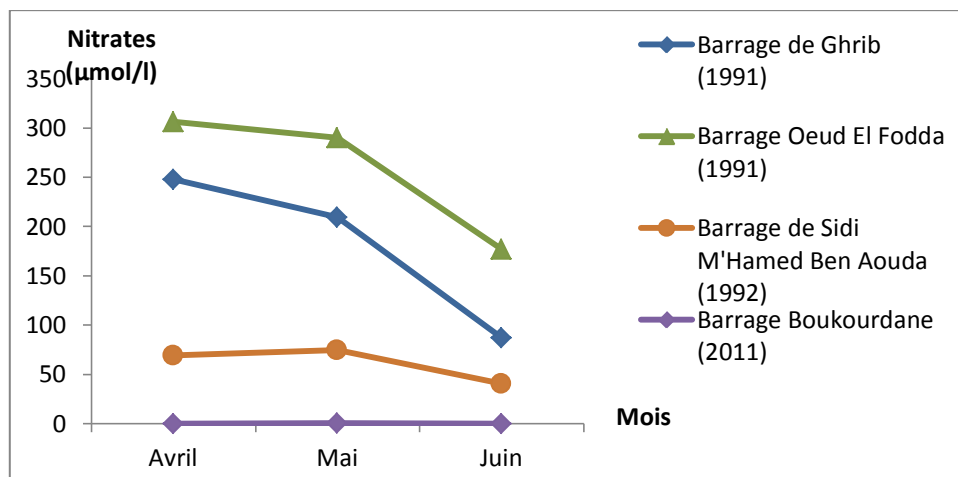
La figure n°38 montre que les faibles teneurs en nitrites sont enregistrées au niveau du barrage Boukourdane et barrage Oued Fodda.

Le barrage Ghib a une forte teneur en nitrites avec une concentration de 3.64 µmol/l.



**Figure n°38 :** Variation mensuelle des concentrations moyennes en nitrites de l'eau de surface des différents barrages

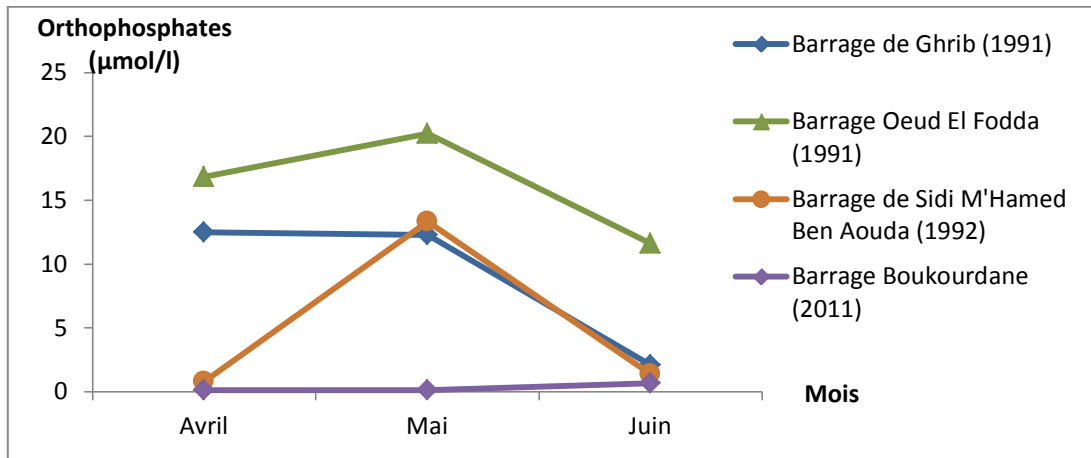
La figure n°39 montre que le barrage Boukourdane a de très faibles concentrations en nitrates qui varient entre (0,08 µmol/l et 0,56 µmol/l), par contre les autres barrages ont des concentrations très élevée qui arrivent jusqu'à 306 µmol/l.



**Figure n°39 :** Variation mensuelle des teneurs moyennes en nitrates de l'eau de surface de différents barrages

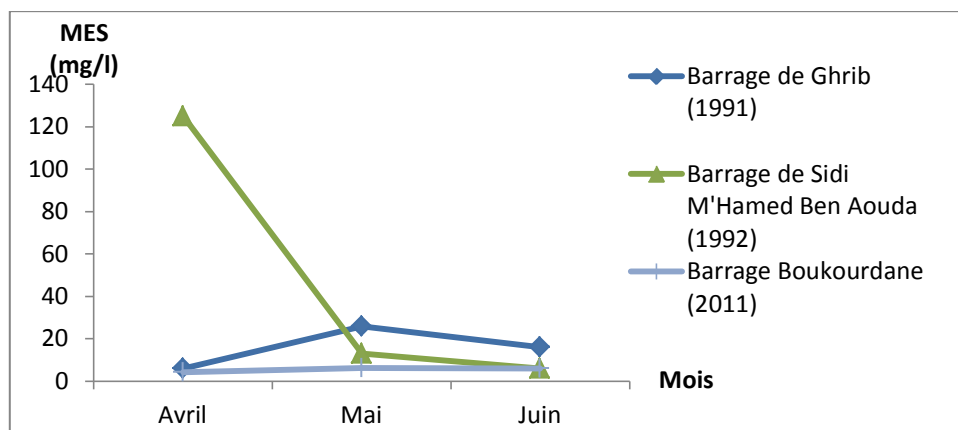
Le barrage Boukourdane présente une charge très faible en orthophosphates (avec une concentration qui varie entre 0,15 et 0,66 µmol/l) en comparant avec des autres barrages (Figure n°40).

Le barrage Oued el Fodda présente une teneur élevée en orthophosphates (11,6 µmol/l et 20,21 µmol/l).



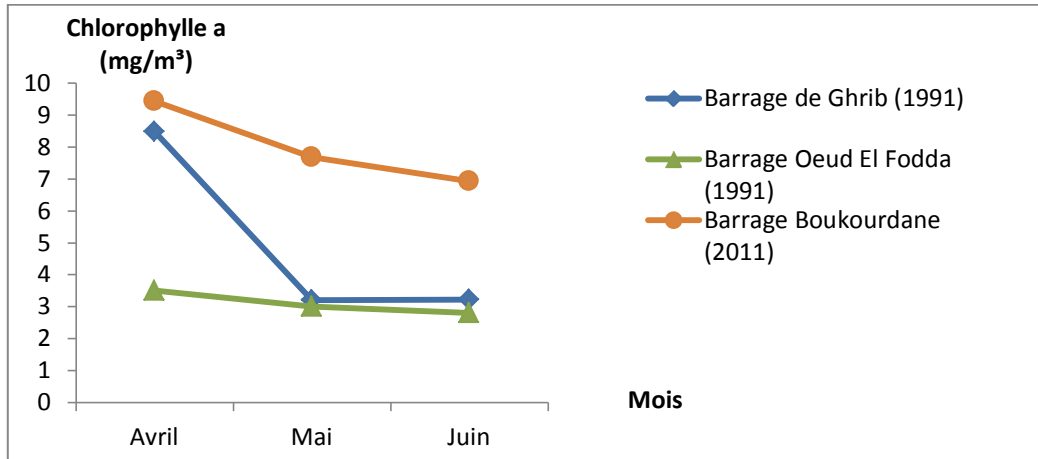
**Figure n°40 :** variation mensuelle des teneurs moyennes en orthophosphates de l'eau de surface de différents barrages.

D'après la figure n°41, on constate que les courbes présentent la même allure et varient d'une façon homogène au niveau des différents barrages, exception du barrage de Sidi M'Hamed Ben Aoud la concentration des MES est de 125 mg/l en mois d'avril.



**Figure n°41 :** Variation mensuelle des teneurs moyennes en MES de l'eau de surface de différents barrages.

Les concentrations de la chlorophylle a au niveau du barrage de Boukourdane sont les plus fortes avec une teneur maximale de  $9,43 \text{ mg/m}^3$ . Par contre les d'autre barrage ont des teneurs en chlorophylle a mois importantes (figure n°42).



**Figure n°42 :** Variation mensuelle des teneurs moyennes en chlorophylle *a* de l'eau de surface de différents barrages.

# Conclusion

## Conclusion

L'étude menée à travers ce mémoire est basée sur l'approche tentée à la description d'évolution mensuelle (avril, mai, juin) des paramètres physico-chimiques et biologique de l'eau de surface au niveau du barrage de Boukourdane durant l'année 2011. Cette courte durée de prélèvement à limiter les larges interprétations et les résultats ne peuvent pas être parfaits.

Le climatogramme d'Emberger a déterminé que le barrage de Boukourdane se situe dans l'étage bioclimatique sub-humide à hiver tempéré. Le diagramme ombrothermique indique l'existence de la période sèche qui s'étend du juin à septembre et période humide qui s'étend de mois d'octobre au mois de mai.

La capacité moyennes mensuelles du niveau d'eau du barrage durant les années (2000-2010) varient entre 32,93 millions de m<sup>3</sup>d'eau et 45,34 millions de m<sup>3</sup> d'eau.

Ce travail de mémoire « caractérisation physico-chimique du barrage de Boukourdane » nous a permis de définir la qualité hydrobiologique de cet écosystème aquatique. Les données recueillies lors de notre étude nous ont permis de mettre en évidence les points suivants :

- La bonne oxygénation de l'eau de surface avec des teneurs de 12,33mg/l au niveau de la S1 au mois d'avril.
- Un pH est stable qui est légèrement alcalin (environ 8).
- Des faibles teneurs en sels nutritifs sont expliqués peu être par l'activité photosynthétique où les concentrations enregistrées pour la chlorophylle *a* arrivent jusqu'à 25,63 mg/m<sup>3</sup> au niveau de S6 en mois d'avril. Une richesse en silices a été notée due à l'effet des apports continentaux.

En fin, les faibles concentrations en sels nutritifs telles que les nitrates, ammonium et orthophosphates indiquent que l'eau du barrage de Boukourdane ne présente pas de danger pour les espèces aquacoles.

# Bibliographie

## Bibliographique

**Abikchi F. Ramdani K., 2008.** Etude physico-chimique du plan d'eau du barrage de Boukourdane (Wilaya de Tipaza), *Mém. de D.E.U.A. en aquaculture*, 49p.

**Aminot A. et Chaussepied M., 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Edt. *CNEXO*, 395 p.

**Aminot A. et Kérouel R., 2004.** Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. Ed. *Ifremer*, 336 p.

**Amrani M.S.A. et Louarit A., 2004.** Etude du barrage Boukourdane (Wilaya de Tipaza), « application de la méthode de la diagnose rapide » et estimation de la production. *Mém. d'Ing d'état. en aquaculture*, I.S.M.L. 62p

**Benseddik A. et Kemel N., 1991.** Approche analytique d'un écosystème liminique : le barrage de Ghrib (Wilaya de Ain Defla) en vue d'une exploitation aquacole. *Mém. d' Ing. d'Etat en aquaculture*, U.S.T.H.B., 99p.

**Boulahdid M., 1987.** Analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer. Etude de mélange des masses d'eau et de l'oxydation de la matière organique dans l'océan. *Thèse de Doctora en géochimie fondamentale, Université de Paris VII*, 266 p.

**Copin-Montégut G., 1996.** Chimie de l'eau de mer. Collection « synthèse », Institut Océanographique, 319 p.

**Delih A. et Djouhri K., 1991.** Approche écologique du barrage Oued Fodda (Wilaya de Chlef) pour un empoissonnement et essai de fécondation artificielle chez un Cyprinidé : *Carrassius auratus*. *Mém. d'Ing. d'Etat en aquaculture*, U.S.T.H.B. 116p.

**Levêque C., 1996.** Ecosystèmes aquatiques. *Les fondamentaux*, Ed. *Hachette*, 159 p.

**Lourguioui H., 2006.** Etude hydrobiologique du barrage de Boukourdane (Wilaya de Tipaza). *Mém. de Magister en Environnement et Ecosystème Littoraux*, I.S.M.L. ,84p.

**Monographie du barrage de Boukourdane , 1994.** Barrage de Boukourdane sur l'Oued El Hachem, Wilaya de Tipaza, Agence Nationale des Barrages, 150 p.

**Oussaid R. et Zerouki D., 1993.** Etude physico-chimique et biologique du barrage Sidi M'Hamed Ben Aouda (wilaya de Rélizane), pour l'estimation d'une éventuelle exploitation aquacole. Essai de fécondation artificielle : *Carassius auratus*. *Mém. d'Ing. d'Etat en aquaculture*, U.S.T.H.B., 151 p.

**Rejsek F., 2002.** Analyse des eaux. 192p.

**Rodier J. Bazin C., Broutin J.-P., Chambon P., Champsaur H. et Rodi L., 1997.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eau de mer. 8<sup>ème</sup> Ed. Dunod, Paris : 1383 p.

**Semroud R., 1983.** Contribution à l'étude écologique de milieu saumâtre méditerranéen : le lac Mellah (El Kala, Algérie). *Thèse 3<sup>ème</sup> cycle Univ. Sci. Techn. Alger*, 120 p.

**Skara analytical, 1998.** Manuel San Plus Analyser : SA 1050 (Random Access Auto sampler). Breda (Netherlands), 23p.

**Zourez-Ouadda H. et Ferhani K., 2003.** Etude physico-chimique et biologique d'un écosystème aquatique : Barrage de Boukourdane (wilaya de Tipaza). *Mém. d'Ing. d'Etat en aquaculture, ISMAL*, 104 p.

**Site internet :**

[www.skalar.fr/pr-san.htm](http://www.skalar.fr/pr-san.htm)

# Annexes

# Annexe 1

**Tableau n°18 : Donnée des températures de l'aire en (° C)**

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2000	11,14	13,03	13,16	14,73	18,9	21,36	26,19	25,75	21,73	16,6	13,61	13,33
2001	12,45	10,91	15,22	14,75	17,58	24,03	24,6	25,85	22,53	20,82	14,5	11,95
2002	11,37	11,35	13,37	14,45	18,83	22,8	22,95	23,27	21,36	17,4	14,8	13,24
2003	11,24	10,3	12,06	14,7	18,24	24,95	27,11	26,74	23,62	20,02	15,12	12,29
2004	11,98	12,48	12,05	14,51	15,72	22,5	24,61	26,6	23,51	22,18	13,83	11,26
2005	8,29	7,73	11,89	14,82	18,61	23,22	26,22	25,45	22,22	19,87	14,22	10,19
2006	8,6	8,89	13,66	16,55	19,63	16,64	25,71	24,31	22,38	19,93	16,46	11,95
2007	10,84	12,64	11,34	14,35	18,73	21,07	24,19	26,06	22,05	18,44	13,9	10,82
2008	10,26	11,02	12,97	14,52	15,4	19,7	23,03	23,39	20,86	15,65	10,88	7,47
2009	7,48	8,99	10,29	10,27	15,95	19,29	23,29	23,25	20,25	19,06	15,9	13,81
2010	12,16	13,66	14,24	15,62	16,22	22,3	26,72	26,96	19,57	15,69	11,13	10,94
Moyenne	10,53	11	12,75	14,53	15,94	21,97	24,97	25,24	21,83	18,7	13,97	11,57

**Tableau n°19 : Donnée de la pluviométrie mensuelle (P) exprimés en (mm).**

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2000	8,3	7,4	24,3	20,2	50	1,4	0	0	1,7	89,1	78,5	31,5
2001	118,6	49	1,5	56,9	20,3	0,3	0	0	18	13	157,8	49,2
2002	29,3	19,5	66,5	30,2	23,9	2	6,5	8	28	20,7	97,4	78,3
2003	146,1	139,7	13,3	46,8	40,9	0	0	1,8	2,9	27,2	110,5	61,6
2004	87	28,9	74,7	78,2	89,9	3,8	0,5	4,5	29,6	27,7	126,2	144,9
2005	80,2	135,1	121,7	24,1	1,3	0,4	0	0,6	14	31	74,4	137,6
2006	101,2	103,5	20,1	8,1	104,9	0,4	0	0	52,2	2,2	19,5	210,5
2007	12,2	47,3	104,8	94,3	2,6	0	1,6	0,2	60,2	106	226,2	120,5
2008	17,8	20,5	88,7	10	41,5	34,3	16	0	32,3	61,5	81	117,1
2009	135	9,3	72,8	68,5	18,5	0	0	18	99,7	4,9	69,3	128
2010	85,5	103,5	97,5	37,9	25,5	6,5	0	28,5	19	96,2	109,6	66,5
Moyenne	74,65	60,34	62,35	43,2	41,39	4,46	2,24	5,6	32,47	43,59	104,58	104,15

**Tableau n°20 : Moyennes mensuelles du niveau d'eau du barrage (millions de m³).**

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2000	54,44	53,38	52,58	52,6	52,05	51,48	49,91	47,99	46,17	45,15	44,94	52,12
2001	45,3	46,63	46,87	46,45	46,45	54,14	42,92	40,81	38,62	36,99	40,99	43,17
2002	43,82	44,11	45,73	46,27	45,76	44,41	42,12	39,67	37,12	35,39	34,75	35,29
2003	36,45	41,01	46,27	47,95	48,39	47,2	45,35	43,3	41,08	39,2	38,28	38,51
2004	38,41	38,27	38,91	39,87	40,36	40,4	38,45	36,22	44,62	32,27	31,34	31,43
2005	31,18	37,29	50,38	54,14	54,36	52,69	49,93	46,32	42,76	39,49	36,94	37,4
2006	38,64	54,79	49,21	49,28	52,83	52,38	49,25	44,75	40,72	36,85	32,19	31,65
2007	32,27	33,4	35,56	39,2	42,87	41,48	37,32	31,94	27,06	24,72	23,28	31,44
2008	38,96	40,38	41,17	41,52	40,56	38,6	37,39	32,01	29,24	27,1	24,92	26,16
2009	29,23	31,36	33,39	33,86	33,79	32,26	30,27	28,19	26,35	25,11	24,01	23,76
2010	24,66	29,13	37,79	40,86	41,86	40,19	38,03	35,79	33,82	32,18	30,57	31,57
Moyenne	37,57	40,07	43,44	44,72	45,34	44,20	41,9	38,81	37,05	34,04	32,92	34,14

# Annexe 2

**Tableau n° 21:** Gamme d'étalonnage de l'ammonium

Standards	Concentration (en $\mu\text{mol/l}$ )	Hauteur de pics (unité digitale).
Standard n°1	0,19	512
Standard n°2	0,42	620
Standard n°3	0,71	906
Standard n°4	1,26	1140
Standard n°5	2,91	1775
Standard n°6	5,6	2793

**Tableau n°22 :** Gamme d'étalonnage de nitrates

Standards	Concentration ( $\mu\text{mol/l}$ )	Hauteur de pics (unité digitale)
Standard n°1	0,04	480
Standard n°2	0,36	485
Standard n°3	0,51	487
Standard n°4	0,72	490
Standard n°5	1,04	495
Standard n°6	2,47	520

**Tableau n°23 :** gamme d'étalonnage de nitrites

Standards	Concentration ( $\mu\text{mol/l}$ )	Hauteur de pics (unité digitale)
Standard n°1	0,16	486
Standard n°2	0,41	501
Standard n°3	0,66	517
Standard n°4	0,87	529
Standard n°5	1	536
Standard n°6	1,2	548

**Tableau n°24 : Gamme d'étalonnage des orthophosphates**

Standards	Concentration ( $\mu\text{mol/l}$ )	Hauteur de pics (unité digitale)
Standard n°1	0,16	247
Standard n°2	0,3	272
Standard n°3	0,64	333
Standard n°4	1,06	411
Standard n°5	1,32	460

**Tableau n°25 : Gamme d'étalonnage des silicates**

Standards	Concentration ( $\mu\text{mol/l}$ )	Hauteur de pics (unité digitale)
Standard n°1	0,6	331
Standard n°2	1,71	422
Standard n°3	2,59	510
Standard n°4	4,7	740

# Annexe 3

## Dosage de l'ammonium

### I-Réactifs

#### 1-1-Solution tampon

##### Produits chimiques exigés

Tartrate de potassium et de sodium	
$C_4H_4O_6KNa.4H_2O$ .....	33g
Citrate de sodium $C_6H_5O_7Na_3.2H_2O$ .....	24g
Acide sulfurique $H_2SO_4(1N)$ .....	xml.
Eau distillée $H_2O$ .....	1000 ml.
Brij 35 (30%).....	2 ml

##### Préparation

Dissoudre le tartrate de potassium et de sodium dans 800 ml d'eau distillée. Ajouter le citrate de sodium et dissoudre. Ajuster le pH à 5 avec la solution d'acide sulfurique. Ajuster 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le Brij 35 et mélanger.

##### Note

La solution est stable pendant 1 semaine. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

#### 1-2-Solution de phénol

##### Produits chimiques exigés :

Phénol $C_6H_5OH$ .....	6g.
Hydroxyde de sodium $NaOH$ .....	40g.
Eau distillée $H_2O$ .....	1000ml.

##### Préparation

Dissoudre le phénol dans 50ml d'eau distillée. Ajouter l'hydroxyde de sodium. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélange.

**Note :** La solution est stable pendant 1 semaine.

#### 1-3-Solution d'hypochlorite de sodium

##### Produits chimiques exigés :

Solution d'hypochlorite de sodium $NaClO$	
(13% de chlore actif).....	200 ml
Eau distillée.....	800 ml

## Préparation

Diluer la solution d'hypochlorite de sodium dans 700 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée et mélanger.

### 1-4-Solution de nitroprussiate de sodium

#### Produits chimiques exigés :

Nitroprussiate de sodium  $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .....0,5g  
Eau distillée  $\text{H}_2\text{O}$ .....1000 ml

## Préparation

Dissoudre le nitroprussiate de sodium dans 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

#### Note

Conserver dans une bouteille à couleur sombre.

La solution est stable pendant 1 semaine.

Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

### 1-5-Liquide de rinçage :

Eau fraîchement distillée  $\text{H}_2\text{O}$ .

## II-Préparation des solutions étalons

### 2-1-Solution mère de 100 ppm N(\*)

#### Produit chimiques exigés :

Chlorure d'ammonium  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .....0,3819g  
Eau distillée  $\text{H}_2\text{O}$ .....1000 ml

## Préparation

Dissoudre le chlorure d'ammonium dans 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

#### Note

La solution est stable pendant 1 mois. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

### 2-2-Solution fille de 10 ppm N

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm N dans 100 ml d'eau distillée.

## Note

Préparer la solution fille à 10 ppm chaque semaine et les standards chaque jour.

(\*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en  $\mu\text{mol/l}$  de  $\text{NH}_4^+$ .

## Dosage des nitrites + nitrates

### I-Réactifs

#### 1-1-Solution tampon

##### Produits chimiques exigés :

Chlorure d'ammonium $\text{NH}_4^+$ .....	50g
Solution d'ammonium $\text{NH}_4\text{OH}$ .....	1 ml
Hydroxyde de sodium $\text{NaOH}$ .....	5g
Eau distillée $\text{H}_2\text{O}$ .....	1000 ml
Brij 35 (30%).....	3 ml

##### Préparation

Dissoudre le chlorure d'ammonium dans 800 ml d'eau distillée. Ajuster le pH à 8,2 avec la solution d'ammonium. Ajouter l'hydroxyde de sodium et dissoudre. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée, ajouter le Brij 35 et mélanger.

##### Note

La solution est stable pendant 1 semaine. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

#### 1-2-Réactif colorant

##### Produits chimiques exigés :

Acide o-phosphorique $\text{H}_3\text{PO}_4$ (85%).....	50 ml
Sulfanilamide $\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{Cl}_2\text{N}_2$ .....	10 g
-Naphyléthylène diaminedihydrochloride $\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{Cl}_2\text{N}_2$ .....	0 5g
Eau distillée $\text{H}_2\text{O}$ .....	850 ml

##### Préparation

Diluer l'acide o-phosphorique dans 750 ml d'eau distillée. Ajouter le sulfanilamide et le -Naphyléthylène diamine dihydrochloride et dissoudre. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée et mélanger.

##### Note

La solution est stable pendant 2 semaine. Conserver dans une bouteille à couleur sombre.

### 1-3 Liquide de rinçage

Eau fraîchement distillée H<sub>2</sub>O (régénérée chaque semaine).

#### -Préparation des solutions étalons

##### 2-1-Solution mère de 100ppm N(\*)

Nitrate de sodium NaNO<sub>3</sub>.....0.6068g  
Eau distillée H<sub>2</sub>O.....1000ml

#### Préparation

Dissoudre le nitrate de sodium dans 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

#### NOTE :

La solution est stable pendant 4 semaines. Conserver à 4C° quand la solution n'est pas utilisée.

##### 2-2-Solution fille de 10 ppm N

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm N dans 100 ml d'eau distillée.

**Note :** Préparer la solution fille à 10 ppm chaque semaine et les standards chaque jour.

(\*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en µmol/l de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ou de N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> puis en µmol/l de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ou NO<sub>2</sub><sup>-</sup>.

#### -Préparation de la colonne réductrice

##### 3-1-Solution d'acide chlorhydrique (4N)

#### Produits chimiques exigés :

Acide chlorhydrique HCl.....400 ml  
Eau distillée.....600 ml

**Préparation :** Diluer l'acide chlorhydrique dans 600 ml d'eau distillée.

##### 3-2-Cadmium

#### Produits chimiques exigés :

Granules de cadmium taille 0,3-1,0 mm (tamisé).....2 ,5g

#### Procédure de remplissage :

1- Les granules de cadmium sont mélangées avec 30 ml de la solution d'acide chlorhydrique (4N).

2- Agiter pendant 1 minute.

3- Ajouter environ 50 ml de solution de sulfate cuivre et agiter pendant 5 minutes.

4- Laver la saleté entre les granules avec l'eau distillée.

5- Sécher les granules de cadmium.

6- Ajouter, à l'aide d'un entonnoir, les granules dans une colonne sèche, en secouant de temps en temps pour empaqueter la colonne des deux cotés.

7- Remplir jusqu'à +\_ 5 mm du sommet.

8- Placer un petit morceau de tube en polyéthylène, dans la colonne pour éviter que les granules ne sortent de la colonne.

9-Remplir la colonne, à l'aide d'une seringue contenant la solution tampon (réactif 1-1 préparé précédemment).

10-Placer la colonne dans le système.

**Note :**

Eviter que l'air rentre dans la colonne.

Les granules de cadmium activés peuvent être stockés sec, dans une bouteille bien fermée.

**Dosage des phosphates**

**1-Réactifs**

**1-1-Solution de molybdate d'ammonium**

**Produits chimique exigés :**

Tartrate de potassium et d'antimoine	
K(SbO) C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> .5H <sub>2</sub> O.....	230mg
Acide sulfurique H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (97%).....	69,4ml
Molybdate d'ammonium (NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> .4H <sub>2</sub> O.....	6g
Eau distillée H <sub>2</sub> O.....	1000ml
FFD6.....	2ml

**Préparation**

Dissoudre le tartrate de potassium et d'antimoine dans=800ml d'eau distillée. Ajouter soigneusement l'acide sulfurique en mélangeant constamment. Ajouter le molybdate d'ammonium et dissoudre. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD 6et mélanger.

**Note :**

Ne pas employer de cuillères en métal pour le molybdate d'ammonium. La sensibilité peut être augmenter de 50% en employant d'acide sulfurique concentré au lieu de 69,4 ml. Avec 35ml l'interférence des silicates est 10% pour 300 ppb P.

Le PH final doit être inférieur à 1. La solution est stable pendant 5jours. Conserver à 4C°.

**1-2-Solution d'acide ascorbique**

**Produits chimiques exigés :**

Acide ascorbique C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>6</sub> .....	6g
Acétone C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O.....	60ml
Eau distillée H <sub>2</sub> O.....	1000ml
FFD <sub>6</sub> .....	2ml

## Préparation

Dissoudre l'acide ascorbique dans  $\pm 800$  ml d'eau distillée. Ajouter à 1 litre avec de l'eau distillée puis ajouter le  $\text{FFD}_6$  et mélanger.

**Note :** La solution est stable pendant 5 jours. Conserver à  $4^\circ\text{C}$  quand la solution n'est pas utilisée.

### 1-3- Liquide de rinçage

Eau fraîchement distillée  $\text{H}_2\text{O}$

## -Préparation des solutions étalons

### 2-1-solution mère de 100ppm P(\*)

#### Produits chimiques exigés :

Dihydrogène o-phosphate de potassium  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ .....0,4394g

Eau distillée  $\text{H}_2\text{O}$ .....1000ml

## Préparation

Dissoudre le dihydrogène o-phosphate de potassium dans  $\pm 800$  ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

**Note :** La solution est stable pendant 4 semaines. Conserver à  $4^\circ\text{C}$  quand la solution n'est pas utilisée.

### 2-2- Solution fille de 10 ppm P

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm P dans 100 ml d'eau distillée.

**Note :** Préparer la solution fille à 10 ppm P chaque semaines et les standards chaque jour.

(\*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en  $\mu\text{mol/l}$  de  $\text{PO}_4^-$ .

## Dosage des silicates

### I-Réactifs

#### 1-1-Solution d'acide sulfurique

##### Produits chimiques exigés :

Acide sulfurique $H_2SO_4$ (97%).....	10 ml
Eau distillée $H_2O$ .....	1000 ml
FFD6.....	2 ml

##### Préparation

Diluer l'acide sulfurique dans 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

##### Note

La solution est stable pendant 1 semaine. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

#### 1-2-Solution de molybdate d'ammonium

##### Produits chimiques exigés :

Molybdate d'ammonium $(NH_4)_6M_{07}O_{24} \cdot 4H_2O$ .....	20 g
Eau distillée $H_2O$ .....	1000 ml
FFD6.....	2 ml

##### Préparation

Dissoudre le molybdate d'ammonium dans 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

##### Note

Conserver dans une bouteille de polyéthylène. La solution est stable pendant 1 jour. Ne pas utiliser de cuillères en métal pour le molybdate d'ammonium.

#### 1-3- Solution d'acide oxalique

##### Produits chimiques exigés

Acide oxalique $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$ .....	44 g
Eau distillée $H_2O$ .....	1000 ml

##### Préparation

Dissoudre l'acide oxalique dans 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée et mélanger.

##### Note

Conserver dans une bouteille de polyéthylène. La solution est stable pendant 1 mois.  
Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

#### **1-4-Liquide de rinçage**

Eau fraîchement distillée H<sub>2</sub>O.

#### **Note**

Changer l'eau quotidiennement. Conserver dans une bouteille en polyéthylène.

### **II-Préparation des solutions étalons**

#### **2-1-Solution mère de 10 ppm Si (\*)**

##### **Produits chimiques exigés :**

Métasilicate de sodium Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>. 9H<sub>2</sub>O.....1,0119 g

Eau distillée H<sub>2</sub>O.....1000 ml

#### **Préparation**

Dissoudre le métasilicate de sodium dans 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

#### **Note**

La solution est stable pendant 1 mois. Conserver dans une bouteille en polyéthylène.

#### **2-2-Solution fille de 10 ppm Si**

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ml d'eau distillée.

#### **Note**

Préparer la solution fille à 10 ppm chaque semaine et les standards chaque jour. Conserver dans une bouteille en polyéthylène.

(\*) : Les concentrations des solutions étalons transformées en µmol/l de SiO<sub>4</sub><sup>-</sup>.

# Annexe 4

## Dosage de la chlorophylle a

La méthode utilisée pour déterminer la concentration de la chlorophylle a est la méthode de LORENZEN (acéton 90%).

- **Principe**

Après filtration de l'échantillon, le filtre est immergé dans un solvant ( acéton 90%) qui assure l'extraction des pigments, puis on mesure l'absorbance de l'extrait avant et après acidification (HCL).

- **Matériels utilisés**

- Une pompe a filtration sous le vide sous pression.
- Disques filtrants en fibres de verre (filtres wathman à 0,45µ de porosité).
- Spectrophotomètre
- Centrifugeuse

- **Mode opératoire**

- Filtrer un volume de l'échantillon sur un filtre.
- Récupérer le filtre.
- Plier le filtre, le mettre dans un tube à centrifugeuse.
- Ajouter 15 ml d'acétole à 90%, déchiqueté les filtres, pour une meilleure extraction.
- Recouvrir le tube avec papier aluminium.
- Mettre le tube au réfrigérateur pendant 20 heures à 4°C.
- Après, le passés à la centrifugeuse pendant 5 à 10 minutes à 3000-4000 tours/minute.
- Récupérer le surnageant, le transféré dans une cuve et placé le dans un spectrophotomètre afin de mesurer les absorbances.

- **Expression des résultats**

Selon la méthode de LORENZEN 1967 les mesures des absorbances doivent se faire aux longueurs d'onde suivante 665 et 750 nm.

La détermination de concentration de la chlorophylle a est fait a partir de l'équation suivante :

$$[\text{Chlorophylle a}] (\text{mg/m}^3) = \frac{26,7 (A_{665}^{\text{na}} - A_{665}^{\text{a}}) \cdot v}{V \cdot l}$$

$A_{665}^{\text{na}}$  : Absorbance nette corrigée (avant acidification)

$A_{665}^{\text{a}}$  : Absorbance nette corrigée (après acidification)

V : volume d'eau filtrée (litres).

v : volume de solvant d'extraction (millilitres).

l : longueur du trajet optique de la cuve de mesure (centimètres)

## Dosage de matière en suspension

- **Principe**

La méthode consiste à filtrer l'échantillon sur membrane filtrante afin de retenir toutes les particules de taille supérieure à 0,45 µm.

La membrane est rincée, séchée et pesée avant et après la filtration. La différence de poids permet de connaître la masse sèche totale de MES dans le volume filtré correspondant.

- **Matériels utilisés**

- Une pompe à filtration sous le vide sous pression.
- Disques filtrants en fibres de verre (filtres Whatman à 0,45 µm de porosité).
- Une balance de précision
- Un dessiccateur
- Etuve

- **Mode opératoire**

- Sécher le filtre à 70°C pendant 2 heures dans l'étuve, après en le passer au dessiccateur pour le refroidissement puis le peser sur la balance.
- Le mettre en place sur l'équipement de filtration
- Mettre en service le dispositif d'aspiration ou de pression
- Verser l'échantillon sur le filtre
- Laisser le passage complet de l'échantillon, laisser essorer le filtre
- Refaire la 1<sup>ère</sup> étape

- **Expression des résultats**

La teneur de l'eau en MES (mg/l) est donnée par l'expression suivante :

$$[\text{MES}] \text{ (mg/l)} = \frac{P_2 - P_1}{V}$$

**P<sub>1</sub>** : poids du filtre avant la filtration (mg)

**P<sub>2</sub>** : poids du filtre après filtration (mg)

**V** : volume filtré (l)