

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR**

**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE MENTOURI DE CONSTANTINE**

**FACULTE DES SCIENCES EXACTES - DEPARTEMENT DE CHIMIE**

N° d'ordre :..... /...../ 2010

Série : ...../...../2010

**MEMOIRE**

Présentée pour l'obtention du titre de

**Magister**

Spécialité : Chimie Analytique

**Thème**

**EVALUATION DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX BRUTES ET  
DISTRIBUEES DU BARRAGE RESERVOIR DE BENI HAROUN**

**Par**

**MERABET SOUAD**

Devant le jury :

Pr. Ammar MENNOUR	Président	Université de Constantine
Dr .Chahrazed BOUKHALFA	Rapporteur	Université de Constantine
Pr.Aissa CHIBANI	Examineur	Université de Constantine
Dr.Mounira DJEBBAR	Examineur	Université de Constantine

## Dédicaces

A la mémoire de ma chère sœur Nesma.

A mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.

A mes chers frères et sœurs

A mon fiancé Kheir Eddine

A mes tantes et à mes oncles.

A chaque cousins et cousines.

A mes amis

Je dédie ce modeste travail

## Remerciements

Grace à Dieu vers lequel vont toutes les louanges, ce travail s'est accompli.

Grace à Dieu, j'ai l'honneur d'inscrire ici un immense remerciement à mes parents.

Je tiens à remercier mon encadreur **Dr. CHAHRAZED BOUKHALFA**, qui m'a toujours accueilli à bras ouverts et à tout moment, de m'avoir assisté le long de la réalisation du travail, qu'elle trouve ici mes sincères gratitude et mes profondes reconnaissances pour tous les efforts qu'elle a déployé dans ce sujet, ainsi que de sa compréhension et de sa patience.

Je remercie les membres du jury :

**\*Pr. AMMAR MENNOUR**, de vouloir bien examiner ce travail et présider le jury.

**\*Pr. CHIBANI AISSA**, d'avoir accepté d'examiner notre travail.

**\*Dr. MOUNIRA DJEBBAR**, qui a accepté de participer au jury.

J'adresse également mes remerciements, à tous mes enseignants, qui m'ont donnée les bases de la science,

Il me faut remercier tout particulièrement le personnel du barrage pour leur accueil et leur aide

Je remercie également toutes les personnes qui ont contribué directement ou indirectement à ce travail. Qu'ils trouvent tous ici l'expression de ma gratitude et ma considération.

# SOMMAIRE

	PAGE
Introduction.....	1
Chapitre I : Synthèse Bibliographique.....	3
I .1. Paramètres de la qualité des eaux superficielles.....	3
I.1.1. Paramètres physicochimiques.....	3
I.1.1.1. Température.....	3
I.1.1.2. pH.....	3
I.1.1.3. Conductivité électrique .....	4
I.1.1.4. Potentiel redox .....	5
I.1.1.5. Matières en suspension.....	5
I.1.1.6. Les chlorures et les sulfates.....	6
I.1.1.7. Dureté de l'eau .....	6
I.1.2. Substances eutrophisantes: différentes formes d'azote et de phosphore.....	7
I.1.3. Paramètres biologiques.....	9
I.1.3.1. Oxygène dissous .....	9
I.1.3.2. Charge en matières organiques.....	10
I.1.4. Les Métaux lourds.....	11
I.2. Evaluation de la qualité des eaux.....	12
I.2.1. La grille de qualité « multi-usages » de 1971.....	12
I.2.2. Le système d'évaluation de la qualité (SEQ-Eau).....	14
I.3. Méthodologie d'étude d'une eau superficielle.....	16
I.3.1. Echantillonnage.....	16
I.3.2. Conservation des échantillons.....	18

I.3.3. Analyses.....	21
I.3.3.1. Mesures in situ.....	21
I.3.3.2. Analyses au laboratoire.....	21
I.4. Les eaux potables et les normes de potabilité.....	23
<b>Chapitre II : Site d'Etude.....</b>	<b>25</b>
II.1. Le barrage de Béni Haroun.....	25
II.1.1. Localisation et description .....	25
II.1.2. Qualité des eaux.....	27
II.2. Le bassin versant Kébir-Rhumel.....	27
II.2.1. Localisation description.....	27
II.2.2. Climatologie.....	28
II.2.3. Les sources de contamination.....	29
<b>Chapitre III : Matériel et Méthodes.....</b>	<b>30</b>
III.1. Echantillonnage.....	30
III.1.1. Eaux du barrage.....	30
III.1.2. Eaux distribuées.....	31
III.2. Analyses.....	32
III.2.1. Détermination de l'alcalinité.....	34
III.2.2. Dosage de l'oxygène dissous.....	35
III.2.3. Détermination de l'oxydabilité au permanganate de potassium.....	36
III.2.4. Dosage des chlorures.....	36
III.2.5. Dosage des sulfates.....	37
III.2.6. Dosage simultané du calcium et du magnésium.....	38
III.2.7. Dosages des nitrates.....	39
III.2.8. Dosage des nitrites.....	40
III.2.9. Dosage de l'azote ammoniacal.....	42

III.2.10. Dosage des orthophosphates.....	43
III.2.11. Dosage du fer .....	45
III.2.12. Dosage du cuivre.....	46
III.2.13. Dosage du zinc.....	47
III.2.14. Dosage du manganèse.....	48
III.2.15. Dosage du chrome.....	50

## Chapitre IV : Résultats et discussion..... 52

### IV.1. Analyse des eaux du barrage..... 52

#### IV.1.1. Evolution des paramètres de la qualité des eaux du barrage prélevées au niveau de la digue..... 52

##### IV.1.1.1. Evolution du pH et de l'alcalinité..... 55

##### IV.1.1.2. Evolution des éléments nutritifs et de la matière organique..... 56

##### IV.1.1.3. Evolution des chlorures, des sulfates et de la dureté..... 58

#### IV.1.2. Evolution Spatiale des paramètres de la qualité des eaux du barrage..... 60

##### IV.1.2.1. Evolution du pH, de l'alcalinité et de la conductivité électrique.....60

##### IV.1.2.2. Evolution de l'oxygène dissous et de l'oxydabilité au permanganate..... 64

##### IV.1.2.3. Evolution des éléments nutritifs..... 65

##### IV.1.2.4. Evolution des chlorures, des sulfates et de la dureté.....68

##### IV.1.2.5. Les métaux lourds..... 70

#### IV.1.3. Evolution des paramètres de la qualité des eaux du barrage prélevées en aval de la digue..... 71

##### IV.1.3.1. Evolution du pH et de l'alcalinité..... 72

##### IV.1.3. 2. Evolution des éléments nutritifs .....

##### IV.1.3. 3.Evolution de la dureté, des chlorures et des sulfates..... 74

##### IV.1.3. 4. Les métaux lourds..... 76

#### IV.1.4. Evaluation de la qualité des eaux du barrage de Béni Haroun..... 76

IV.2. Evolution de la qualité des eaux de distribution du barrage de Béni	
Haroun.....	77
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>88</b>
<b>Références bibliographique .....</b>	<b>89</b>





## INTRODUCTION

La mobilisation des ressources hydrauliques continue à être l'une des principales priorités dans la stratégie de développement de l'Algérie. La limitation des eaux souterraines et le climat méditerranéen semi aride, imposent la construction de barrages réservoirs afin de satisfaire les besoins en eau.

Le barrage de Béni Haroun est une réalisation stratégique majeure dans le programme de développement du secteur des ressources en eau. Il est conçu selon une nouvelle technique de réalisation des barrages. Il est doté d'une station de pompage considérée comme l'une des plus importantes au monde.

Les eaux du barrage de Béni Haroun, sont destinées à l'alimentation en eau potable de quatre millions d'habitants, répartis sur les wilayas de Constantine, Mila, Batna, Oum ElBouaghi et Khenchela; ainsi qu'à l'irrigation de plus de 400.000 hectares de terre agricole.

Ces dernières années, les travaux d'acheminement des eaux du barrage ont bien progressé et désormais l'alimentation en eau ne pose plus de problème pour certaines agglomérations. Cependant, la qualité des eaux reste toujours une préoccupation de l'opinion publique. C'est dans cet objectif que nous avons entamé le présent travail.

Nous avons essayé d'évaluer la qualité physicochimique des eaux prélevées au niveau du barrage, représentant les eaux brutes et celle des eaux distribuées au niveau des wilayas de Constantine et Mila.

Nous nous sommes intéressés à :

- L'évolution temporelle des paramètres physicochimiques de la qualité des eaux du barrage.
- L'évolution spatiale des paramètres physicochimiques de la qualité des eaux dans la retenue du barrage.

- l'évaluation de la qualité des eaux de distribution du barrage au niveau des sites de

Zouaghi, Boumerzoug dans la wilaya de Constantine et Frères Dembri dans la wilaya de Mila.

Le présent manuscrit est divisé en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, un aperçu sur les paramètres de la qualité et la méthodologie d'étude d'une eau de surface est donné.

La localisation et les caractéristiques du site d'étude sont présentées dans le deuxième chapitre.

Les modes opératoires réalisés, et les résultats obtenus sont détaillés dans les troisième et quatrième chapitres.

### **I.1. Paramètres de la qualité des eaux superficielles**

L'appréciation de la qualité des eaux de surface se base sur la mesure de paramètres physico-chimiques et chimiques ainsi que sur la présence ou l'absence d'organismes et de micro-organismes aquatiques (1).

#### **I.1.1. Paramètres physicochimiques**

##### **I.1.1.1. Température**

La température de l'eau joue un rôle important en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz. Par ailleurs, la température accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques d'un facteur 2 à 3 pour une augmentation de température de 10 °C. L'activité métabolique des organismes aquatiques est également accélérée lorsque la température de l'eau s'accroît. La valeur de ce paramètre est influencée par la température ambiante mais également par d'éventuels rejets d'eaux résiduaires chaudes (1).

La température d'une eau potable doit être inférieure en été, supérieure en hiver à la température de l'air (2).

La source principale de nuisance thermique pour les eaux de surface est constituée par les centrales thermiques (70 à 80 %), le reste étant lié à la métallurgie, aux industries chimiques et alimentaires.....etc. (3,4).

L'élévation de la température s'accompagne d'une diminution de la densité, d'une réduction de la viscosité, d'une augmentation de la tension de vapeur saturante à la surface et d'une diminution de la solubilité des gaz, en plus cette augmentation de la température favorise l'auto-épuration, et accroît la vitesse de sédimentation (5).

##### **I.1.1.2. pH**

Le pH conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques. Il intervient avec d'autres paramètres comme la dureté, l'anhydride carbonique, l'alcalinité et la température (2).

## Chapitre I : Synthèse Bibliographique

---

Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. Habituellement il varie entre 7,2 et 7,6 (6). Cependant, dans certains cas, il peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles augmentent le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons (1).

### I.1.1.3. Conductivité électrique

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau (2).

La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . L'estimation de la quantité totale de matières dissoutes peut être obtenue par la multiplication de la valeur de la conductivité par un facteur empirique dépendant de la nature des sels dissous et de la température de l'eau. La connaissance du contenu en sels dissous est importante, dans la mesure où chaque organisme aquatique a des exigences propres (1).

**Tableau I.1:** Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique (2)

Conductivité électrique	Taux de minéralisation
$\text{CE} < 100 \mu\text{s}/\text{cm}$	minéralisation très faible
$100 < \text{C.E} < 200 \mu\text{s}/\text{cm}$	minéralisation faible
$200 < \text{C.E} < 333 \mu\text{s}/\text{cm}$	minéralisation moyenne
$333 < \text{C.E} < 666 \mu\text{s}/\text{cm}$	Minéralisation moyenne accentuée
$666 < \text{C.E} < 1000 \mu\text{s}/\text{cm}$	Minéralisation importante
$\text{C.E} > 1000 \mu\text{s}/\text{cm}$	Minéralisation élevée

Du point de vue qualité de l'eau, on a le classement suivant :

**Tableau I.2:** Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique (7)

Conductivité électrique (exprimée en $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	Qualité de l'eau
50 à 400	excellente
400 à 750	bonne qualité
750 à 1500	médiocre mais eau utilisable
> à 1500	minéralisation excessive

### I.1.1.4. Potentiel redox

Dans les systèmes aqueux, le potentiel redox affecte les états d'oxydation des éléments (H, C, N, O, S, Fe...). Dans une eau bien oxygénée, les conditions d'oxydation dominent. Quand la concentration d'oxygène diminue, le milieu devient plus réducteur; ce qui se traduit par une réduction du potentiel redox (1).

### I.1.1.5. Matières en suspension

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau. La quantité de matières en suspension varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux. Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et, par conséquent, la photosynthèse. Elles peuvent également gêner la respiration des poissons. Par ailleurs, les matières en suspension peuvent accumuler des quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides, huiles minérales, hydrocarbures aromatiques polycycliques...) (1).

## Chapitre I : Synthèse Bibliographique

---

### I.1.1.6. Les chlorures et les sulfates

Les chlorures (Cl) et les sulfates ( $\text{SO}_4^{--}$ ) font généralement l'objet d'un suivi particulier.

Les teneurs en chlorures des eaux de surface sont extrêmement variées. Elles sont principalement liées à la nature des terrains traversés (2). Les chlorures sont fréquents dans les réserves d'eaux douces à un taux de 10 mg/l à 100 mg/l (7). Une forte teneur en chlorures peut indiquer une pollution par des eaux usées.

Les sulfates sont des composés naturels des eaux. Ils sont liés aux cations majeurs tels que le calcium, le potassium et le sodium. Ils proviennent de certains minéraux, en particulier du gypse ou apparaissent à partir de l'oxydation des minéraux sulfureux (6, 2).

Les teneurs en sulfates des eaux naturelles sont variables, de 5 à 200 mg/l (2).

Les eaux usées de nombreuses industries peuvent également contenir des sulfates.

Ce sont surtout les changements brusques et importants des teneurs en chlorures et sulfates qui se révèlent néfastes (1).

### I.1.1.7. Dureté de l'eau

La dureté a un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés (8). Elle correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) et  $\text{H}^+$ . Elle est souvent due aux ions  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$ . La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux (1).

On distingue la dureté carbonatée ou dureté temporaire qui provient des carbonates et bicarbonates et la dureté non carbonatée ou dureté permanente qui provient des sulfates et chlorures.

Une eau très dure présente des inconvénients d'utilisation, tels que la diminution des propriétés détergentes des lessives et savons et les dépôts de tartre sur les parois des canalisations d'eau.

## Chapitre I : Synthèse Bibliographique

---

Une eau trop douce est une eau corrosive. Elle attaque les parois des canalisations d'eau et contribue à la dégradation de la qualité de l'eau à la suite de la dissolution de métaux lourds tels que le plomb (6).

Le tableau I.3 montre la qualification de l'eau en fonction des valeurs de la dureté.

**Tableau I.3:** qualité de l'eau en fonction de la dureté (6)

Dureté (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	Qualification de l'eau
0-30	Très douce
31-60	Douce
61-120	Moyennement douce
121-180	Dure
>180	Très dure

### I.1.2. Substances d'eutrophisation: différentes formes d'azote et de phosphore

Les éléments tels que l'azote (N) et le phosphore (P) constituent des éléments nutritifs indispensables aux végétaux. L'azote « Kjeldahl » représente l'azote organique (acides aminés, urée) et l'azote ammoniacal. Quant à l'azote « total », il correspond à la somme de l'azote organique, de l'azote ammoniacal, des nitrites et des nitrates (1).

#### *Les nitrates*

L'azote des nitrates, comme celui des nitrites et de l'ammoniac, constitue l'un des éléments nutritifs des plantes et à ce titre a donné lieu, avec le phosphore, à des études intensives sur le terrain.

Les nitrates se trouvant naturellement dans les eaux, proviennent en grande partie de l'action de l'écoulement des eaux sur le sol constituant le bassin versant (6).

Les eaux naturelles non polluées contiennent généralement peu de nitrates. Les nitrates présents dans l'eau peuvent provenir de sources indirectes ou directes (1).

## Chapitre I : Synthèse Bibliographique

---

Lors du rejet d'azote organique (protéines, acides aminés, urée...), les molécules sont tout d'abord transformées en ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) qui est ensuite oxydé en nitrites puis en nitrates sous l'action de bactéries nitrifiantes. Ces processus d'oxydation, également appelés « nitrification », sont très sensibles à la présence de matières toxiques (métaux, pesticides) et aux températures basses (1).

### *Les nitrites*

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés ; ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniac et les nitrates. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac, soit à la réduction des nitrates. Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates (par voie chimique et bactérienne) (6).

Des concentrations élevées en nitrites, témoignent souvent de la présence de matières toxiques. Les nitrites sont surtout nuisibles pour les jeunes poissons. On considère que la situation est très critique à partir d'une concentration de plus de 3 mg  $\text{NO}_2^-/\text{l}$ . En absence d'oxygène, des bactéries anaérobies transforment les nitrates et produisent de l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) ou de l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) (1).

### *Azote ammoniacal*

L'azote ammoniacal est assez souvent rencontré dans les eaux superficielles. Il a pour origine la matière organique végétale et animale des cours d'eau. La nitrification des ions ammonium se fait en milieu aérobie faible. En général, l'ammonium se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation bactérienne (6).

L'ammonium en lui-même n'est pas nuisible. Lorsque le pH augmente, on retrouve de l'ammoniac, un gaz soluble dans l'eau et toxique pour la vie aquatique. Des problèmes apparaissent à partir d'une concentration de 0,1 mg  $\text{NH}_3/\text{l}$  (1).

## Chapitre I : Synthèse Bibliographique

---

### *Les phosphates*

Les phosphates peuvent être d'origine naturelle (produit de décomposition de la matière vivante, lessivage de minéraux) mais, à l'heure actuelle, leurs présences dans les eaux sont plutôt d'origine artificielle (engrais, polyphosphates des formulations détergentes, eaux traités aux phosphates, industrie chimique...) (6).

Le contenu en phosphore total comprend non seulement les orthophosphates mais également les polyphosphates et les phosphates organiques. L'eutrophisation peut se manifester à des concentrations relativement basses en phosphates (50 µg P/l) (1).

### **I.1.3. Paramètres biologiques**

#### **I.1.3.1. Oxygène dissous (1)**

Les concentrations en oxygène dissous, constituent avec les valeurs de pH, l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique.

L'oxygène dissous dans les eaux de surface, provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques. La concentration en oxygène dissous varie de manière journalière et saisonnière car elle dépend de nombreux facteurs; tels que la pression partielle en oxygène de l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments. Cette concentration dépend également de la vitesse d'appauvrissement du milieu en oxygène par l'activité des organismes aquatiques et les processus d'oxydation et de décomposition de la matière organique présente dans l'eau.

Une valeur d'oxygène inférieure à 1 mg d'O<sub>2</sub> par litre d'eau, indique un état proche de l'anaérobie. Cet état se produit lorsque les processus d'oxydation des déchets minéraux, de la matière organique et des nutriments consomment plus d'oxygène que celui disponible. Une faible teneur en oxygène dissous provoque une augmentation de la solubilité des éléments toxiques qui se libèrent des sédiments.

## Chapitre I : Synthèse Bibliographique

---

### I.1.3.2. Charge en matières organiques

#### *Demande biochimique en oxygène (DBO)*

La demande biochimique en oxygène (DBO), représente la quantité d'oxygène utilisée par les bactéries, pour décomposer partiellement ou pour oxyder totalement les matières biochimiques oxydables présentes dans l'eau. L'indicateur utilisé est généralement la DBO<sub>5</sub> qui correspond à la quantité d'oxygène (exprimée en mg/ l) nécessaire aux microorganismes décomposeurs pour dégrader et minéraliser en 5 jours la matière organique présente dans un litre d'eau polluée. Plus la DBO<sub>5</sub> est élevée, plus la quantité de matières organiques présentes dans l'échantillon est élevée (1).

L'analyse de la DBO<sub>5</sub> est surtout intéressante pour l'appréciation de la qualité des eaux brutes(6).

Le tableau suivant, classe les eaux du point de vue qualité selon les valeurs de DBO<sub>5</sub>

**Tableau I.4 :** Qualité de l'eau en fonction de la DBO<sub>5</sub> (6).

DBO <sub>5</sub>	Qualification de l'eau
DBO <sub>5</sub> < 1 mg/l d'O <sub>2</sub>	Excellente qualité
DBO <sub>5</sub> = 2 mg/l d'O <sub>2</sub>	Bonne qualité
DBO <sub>5</sub> = 3 mg/l d'O <sub>2</sub>	Qualité moyenne
DBO <sub>5</sub> = 5 mg/l	Eau moyennement polluée
DBO <sub>5</sub> > 10 mg/l	Eau polluée

#### *Demande chimique en oxygène*

Les matières organiques sont des substances consommant indirectement de l'oxygène et leur dosage s'exprime en quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation à partir d'un oxydant commun (KMnO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, Cl<sub>2</sub> ...). En fait, il est très difficile de doser quantitativement les matières organiques, leurs composés s'oxydent plus ou moins complètement. Il est toutefois, possible de se faire une idée de la quantité de matières organiques présente par utilisation de tests simples. Les oxydants les plus couramment utilisés sont le bichromate de potassium et le permanganate de potassium (6).

## Chapitre I : Synthèse Bibliographique

---

La différence entre la DCO et la DBO est due aux substances qui ne peuvent pas être décomposées biologiquement. Le rapport entre la DBO et la DCO constitue une mesure indicative de la « dégradabilité » biochimique des composés présents dans l'eau.

La DBO et la DCO se mesurent en mg d'O<sub>2</sub> par litre (1).

### I.1.4 Les Métaux lourds (1)

Le suivi des concentrations en métaux lourds est particulièrement important, vu leur toxicité et leur capacité de bioaccumulation le long des chaînes alimentaires. Contrairement aux polluants organiques, les métaux ne peuvent pas être dégradés biologiquement ou chimiquement.

Les métaux lourds se dissolvent très bien dans une eau acide. Dans des eaux neutres ou basiques, ils précipitent et s'accumulent principalement dans la phase solide. L'analyse de ces solides permet ainsi d'obtenir une vue de l'ensemble des déversements en métaux lourds qui ont eu lieu. Généralement, ils caractérisent certains types de pollution. La présence de cuivre et de nickel, est un signe des rejets provenant d'industries de traitement de surface des métaux. Le chrome dénonce la présence d'une tannerie. Le plomb est lié à des pollutions diffuses (apports dus aux transports routiers et à l'existence de sites industriels). Le zinc est évacué par des industries qui pratiquent la galvanisation ou la préparation d'alliages, tels que le laiton et le bronze. Il est également libéré lors du contact entre les eaux de ruissellement et les matériaux galvanisés (ex. toitures métalliques). Le cadmium peut notamment être rejeté par des usines de galvanoplastie et des industries chimiques de textiles et de teintures.

## Chapitre I : Synthèse Bibliographique

### I.2. Evaluation de la qualité des eaux (9)

Différents outils d'évaluation de la qualité des cours d'eau sont utilisés. La qualité physico-chimique des eaux est évaluée selon la grille d'évaluation de 1971 ou selon le système d'évaluation de la qualité des eaux (SEQ-eau).

#### I.2.1. La grille de qualité « multi-usages » de 1971

La grille de qualité associe, pour une série de paramètres principalement physico-chimiques, des valeurs seuils à 5 classes de qualité. Cette grille dite « multi-usages » est construite sur la base d'une évaluation sommaire des aptitudes de l'eau aux principaux usages anthropiques et à la vie des poissons (Tableau I.3).

La qualité générale d'une eau est celle du paramètre important le plus défavorable. Cependant, deux paramètres secondaires sont nécessaires pour déclasser une eau.

**Tableau I.5 :** Grille de qualité de 1971 simplifiée (les paramètres importants étant en caractère gras et soulignés) (9)

PARAMETRES	Bonne ou très bonne qualité	Qualité acceptable	Qualité médiocre	Mauvaise ou très mauvaise qualité
<b><u>O<sub>2</sub> dissous mg/l</u></b>	≥5	≥3	≥1	< 1
O <sub>2</sub> dissous %	≥70	≥50	≥10	< 10
DBO <sub>5</sub> mg/l	≤ 5	≤10	≤25	> 25
DCO mg/l	≤ 25	≤ 40	≤80	> 80
<b><u>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> mg/l</u></b>	≤ 25	≤ 50	≤ 80	> 80
<b><u>NH<sub>4</sub><sup>+</sup> mg/l</u></b>	≤ 0,5	≤2	≤8	> 8
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/l	≤0,3	≤1	> 1	-
NTK mg/l	≤2	≤3	≤10	> 10
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/l	≤0,5	≤1	≤2	> 2
MeST mg/l	≤70	-	> 70	-
Phosphore total mg/l	≤0,3	≤0,6	≤1	> 1
<b><u>Conductivité</u></b>	≤2000	-	> 2000	-
<b><u>pH</u></b>	≥6,5 et ≤8,5	-	< 6 ou > 8	-

## Chapitre I : Synthèse Bibliographique

Cinq classes de qualité sont aussi définies selon les lettres A, B, C, D et E (10)

**A** : eau de bonne qualité, permettant généralement tous les usages.

**B** : eau de qualité satisfaisante, permettant généralement la plupart des usages.

**C** : eau de qualité douteuse, certains usages risquent d'être compromis.

**D** : eau de mauvaise qualité, la plupart des usages risquent d'être compromis.

**E** : eau de très mauvaise qualité, tous les usages risquent d'être compromis.

Chaque classe est définie par un ensemble de valeurs seuils que les différents paramètres physico-chimique ou biologiques ne doivent pas dépasser (11).

**Tableau I.6** : Grille simplifiée pour l'évaluation de la qualité des eaux de rivière (11)

O <sub>2</sub> dissous	DBO <sub>5</sub>	DCO	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Phosphore total	Coliformes fécaux
mg/l	mg O <sub>2</sub> /l	mg O <sub>2</sub> /l	mg NH <sub>4</sub> /l	mg P/l	par 100 ml
> 7	< 3	< 20	< 0,1	< 0,1	< 20
7 - 5	3 - 5	20 - 25	0,1 - 0,3	0,1 - 0,3	20 - 2000
5 - 3	5 - 10	25 - 40	0,5 - 2	0,3 - 0,5	2000 - 20
3 - 1	10 - 25	40 - 80	2 - 8	0,5 - 3	> 20000
< 1	> 25	> 80	> 8	> 3	-

**Tableau I.7** : Grille simplifiée pour l'évaluation de la qualité des eaux de lac (11)

O <sub>2</sub> dissous	Phosphore total	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Chlorophylle a
mg/l	mg P/l	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	Mg/l	µg/l
>7	< 0,1	< 0,2	< 10	<2,5
7 - 5	0,1 - 0,3	0,2 - 0,5	10 - 25	2,5 - 10
5 - 3	0,3 - 0,5	0,5 - 1	25 - 50	10 - 30
3 - 1	0,5 - 0,3	1 - 5	> 50	30 - 110
< 1	> 3	> 5	-	> 110

Excellente
Bonne
Moyenne
Mauvaise
Très mauvaise

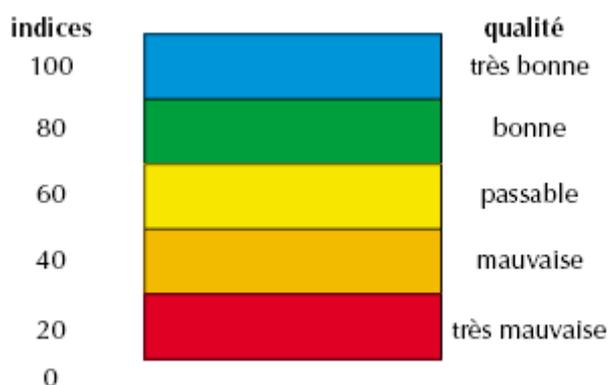
## Chapitre I : Synthèse Bibliographique

---

### I.2.2. Le système d'évaluation de la qualité (SEQ-Eau)

Le Système d'Evaluation de la Qualité de l'Eau, permet d'évaluer la qualité de l'eau et son aptitude à assurer certaines fonctionnalités. Les évaluations sont réalisées au moyen de plusieurs paramètres physico-chimiques et chimiques regroupés en 16 indicateurs, appelés altérations (Tableau I.8). Ces altérations comprennent des paramètres de même nature ou ayant des effets comparables sur le milieu aquatique ou les usages. En identifiant les altérations, le SEQ E, permet un diagnostic précis de la qualité de l'eau et contribue à définir les actions de correction nécessaires pour son amélioration en fonction des utilisations souhaitées (9).

La qualité de l'eau est décrite, pour chacune des altérations, à l'aide de 5 classes de qualité allant du bleu pour la meilleure, au rouge pour la pire et d'un indice variant en continu de 0 (le pire) à 100 (le meilleur) (Figure I.1). L'indice de qualité permet de juger de l'évolution de la qualité de l'eau à l'intérieur d'une même classe, sans même qu'il y ait de changement de classe. Ce qui permet une évaluation précise (9).



**Figure I.1:** Les classes et indices de qualité (9)

## Chapitre I : Synthèse Bibliographique

**Tableau I.8 :** Altérations du SEQ-Eau et paramètres associés (9)

Altérations	Paramètres	Effets
Matières organique et oxydables	O <sub>2</sub> d, DCO, Carbone organique, , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NKJ.	Consomment l'oxygène de l'eau
Matières azotées hors nitrates	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NKJ, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> .	Contribuent à la prolifération d'algues et peuvent être toxiques (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )
Nitrates	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Gènent la production d'eau potable
Matières phosphorées	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , Ptotal	Provoquent la prolifération d'algues
Prolifération végétale	Chlorophylle a + algues, %O <sub>2</sub> et pH	Trouble l'eau et fait varier l'oxygène et l'acidité. Gêne la production d'eau potable.
Particules en suspension	MES, Turbidité, transparence Disque de SECCHI	Troublent l'eau et gênent la pénétration de la lumière
Température	Température	Trop élevée, elle perturbe la vie des poissons.
Acidification	pH, Aluminium (dissous)	Perturbe la vie aquatique.
Minéralisation	Conductivité, Résidu sec à 105°C, Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Na <sup>+</sup> , TAC, Dureté.	Modifie la salinité de l'eau
Couleur	Couleur	Gêne la production d'eau potable et la baignade
Micro-organisme	Coliformes thermotolérant, coliformes totaux, Escherichia Coli, Streptocoques fécaux.	Toxiques; gênent la production d'eau potable.
Micropolluants minéraux	Antimoine, Arsenic, baryum, bore, cadmium, Chrome total, Cuivre, Cyanures libre, Etain, Mercure, Nickel, Plomb, Sélénium, Zinc.	
Pesticides	Atrazine, Simazine, Lindane, Diuron...	
Hydrocarbures aromatiques polycyclique (HAP)	Anthracène, Fluoranthène,.....	
Polychlorobiphényles (PCB)	PCB 28, PCB 52, PCB 77	
Micropolluants organiques	Benzène, chloroforme, pentachlorophénol	

### I.3. Méthodologie d'étude d'une eau superficielle

#### I.3.1. Echantillonnage.

L'étape d'échantillonnage influence directement la qualité des résultats analytiques obtenus. Des précautions élémentaires doivent être prises pour obtenir un échantillon représentatif. Afin de minimiser les risques associés à la contamination de l'échantillon par le préleveur, il faut s'assurer de la qualité du prélèvement, de la conservation et du transport adéquat des échantillons (12, 13).

L'échantillonnage doit être de qualité mais également représentatif de ce que l'on veut analyser. Les échantillons d'eau doivent être prélevés dans des récipients propres, rincés plusieurs fois avec l'eau à analyser, puis fermés hermétiquement sans laisser de bulles d'air dans les flacons. Les prélèvements doivent être effectués de façon à éviter au maximum les effets de bords (oxygénation trop près de la surface, mise en suspension des matières solides trop près du fond, eau stagnante trop près des rives...). Il peut être nécessaire de constituer un échantillon " moyen " en mélangeant plusieurs prélèvements effectués en divers points (14).

Il est très important de définir au préalable les objectifs de prélèvement. En effet, si le prélèvement se fait au niveau des rives du cours d'eau ou en surface, l'échantillonnage manuel suffit. Par contre, si un prélèvement en profondeur est exigé, on a recours à un échantillonnage par pompage (pompe électromécanique) (15).

#### *Matériaux de prélèvement*

La nature du matériau du récipient de prélèvement est importante. Ce dernier ne doit pas entrer en réaction avec l'eau à analyser. Le verre et le Pyrex peuvent être employés sans problème pour le dosage des ions majeurs. Cependant, des oligo-éléments peuvent passer en solution dans l'eau (silice du verre et bore du Pyrex). Le polyéthylène est souvent recommandé pour tout échantillonnage (15).

## Chapitre I : Synthèse Bibliographique

---

### *Fréquences de prélèvement*

Le nombre de prélèvement, doit être ajuster de telle sorte que l'information recherchée soit obtenue avec le minimum de prélèvements (16). Dans un programme de contrôle régulier, le choix de la fréquence des prélèvements est très important. Il se fait sur la base des variations temporelles, supposées ou connues de la qualité de l'eau (15).

### *Choix des points de prélèvement*

Le choix des points de prélèvement ainsi que leur fréquence d'échantillonnage dépendent principalement des variations spatiale et temporelle de la qualité de l'eau. Dans tout les cas, ils conditionnent la représentativité de la population échantillonnée, et donc des conclusions tirées des résultats analytiques (15).

### *Précautions particulières de prélèvement* (12)

- Toujours laisser un espace d'air d'au moins 2,5 cm entre la surface du liquide et le bouchon du flacon. Ce qui facilite l'homogénéisation de l'échantillon au moment de son analyse. Les bouteilles à large ouverture doivent être remplies jusqu'à l'épaule, en laissant un espace d'air d'au moins 2,5 cm et le bouchon doit être remis immédiatement après le prélèvement.
- Eviter de mettre les doigts ou tout autre objet à l'intérieur du bouchon du contenant et limiter au minimum l'exposition à l'air libre lors de l'échantillonnage ;
- Entreposer le matériel d'échantillonnage dans un endroit propre et bien aéré;
- Boucher soigneusement et hermétiquement tous les contenants après les prélèvements.

### I.3.2. Conservation des échantillons

Le prélèvement des échantillons d'eau implique leur transport et leur stockage en attendant leur analyse au laboratoire.

Le fait de prélever un échantillon d'eau et de le séparer de son milieu naturel entraîne des modifications plus ou moins importantes selon les paramètres. Certains peuvent être considérés comme stables à l'échelle du temps de travail. Mais, d'autres varient très rapidement. Pour établir de nouveaux équilibres à la nouvelle température ambiante, diverses réactions chimiques se produisent et peuvent entraîner la précipitation de sels et favoriser la mise en solution de gaz.....etc. Cependant, une température basse (environ 4°C) bloque l'évolution des réactions (14).

Durant la conservation, les caractéristiques de l'eau sont sujettes à des variations plus ou moins fortes. Ces variations dépendent de la nature même de l'eau. Mais, aussi du type de flacon utilisé, de la température et du temps de conservation. Pour des analyses particulières, des additifs de stabilisation sont nécessaires (15).

En général, les flacons en polyéthylène sont les plus utilisés, la température est maintenue en dessous de 4 °C (utilisation des glacières et des agents réfrigérants). Le délai d'analyse peut varier de 24 heures à plusieurs semaines, selon le paramètre considéré (15). Lorsqu'un agent de conservation est utilisé pour rendre basique ou pour acidifier un échantillon, il est inapproprié d'ajouter plus de 0,5 ml d'agent de conservation par 100 ml (17).

#### *Modes de conservation*

Les modes de conservation des différents paramètres analytiques sont intimement liés aux méthodes analytiques utilisées. Les tableaux ci-dessous décrivent des dispositions de conservation spécifiques (13).

## Chapitre I : Synthèse Bibliographique

---

**Tableau I.9. :** Agent et délai de conservation des échantillons d'eaux de surface (17)

<b>Paramètre</b>	<b>Agent de conservation</b>	<b>Délai de conservation</b>
Acidité	Aucun agent de conservation.	14 jours
Alcalinité	Aucun agent de conservation.	14 jours
Azote ammoniacal	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> pH<2	28 jours
Azote ammoniacal dissous	Aucun agent de conservation.	48 heures
Azote total	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> pH<2	28 jours
Azote total dissous	Aucun agent de conservation.	48 heures
Azote total Kjeldahl	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> pH<2	28 jours
Carbone inorganique dissous	Aucun agent de conservation.	48 heures
Carbone inorganique total	Aucun agent de conservation.	48 heures
Carbone organique dissous	Aucun agent de conservation.	48 heures
Carbone organique total	0,1ml HCl /100 ml échantillon	28 jours
Chlorures	Aucun agent de conservation.	28 jours
Chrome hexavalent (VI)	Aucun agent de conservation.	24 heures
Conductivité	Aucun agent de conservation.	28 jours

*Suite Tableau I.9.*

<b>Paramètre</b>	<b>Agent de conservation</b>	<b>Délai de conservation</b>
Cyanates	NaOH 10N pH>12	14 jours
Cyanures	NaOH 10N pH>12	14 jours
DBO	Aucun agent de conservation.	48 h à 4°C/180 jours à -15 °C (1)
DCO	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> pH<2	28 jours
Fluorures	Aucun agent de conservation.	28 jours
Métaux dissous	Filtration + HNO <sub>3</sub> pH<2	6 mois
Nitrates	Aucun agent de conservation.	48 heures
Nitrites	Aucun agent de conservation.	48 heures
Ortho-phosphates	Aucun agent de conservation.	48 heures
pH	Aucun agent de conservation.	24 heures (3)
Phosphore inorganique	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> pH<2	28 jours
Phosphore total	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> pH<2	28 jours
Phosphore total dissous	Aucun agent de conservation.	48 heures
Phosphore total suspension	Aucun agent de conservation.	48 heures
Sulfates	Aucun agent de conservation.	28 jours
Sulfures	0,2 ml Acétate de Zinc 2N par 100 ml d'échantillon et NaOH 10N pH>9	28 jours
Composés organiques semi-volatils	Aucun agent de conservation.	14 jours
Composés organiques volatils	Environ 40 mg de thiosulfate de sodium	7 jours
Huiles et graisses (gravimétrie)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> pH<2	28 jours
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> pH<2	7 jours

### **I.3.3. Analyses**

#### **I.3.3.1. Mesures in situ**

La température, le pH, la conductivité, l'alcalinité et l'oxygène dissous, doivent être mesurés in situ. En effet, ces paramètres sont très sensibles aux conditions du milieu et susceptibles de varier dans des proportions importantes s'ils ne sont pas mesurés sur site. L'idéal, est d'effectuer les mesures en continu (sauf l'alcalinité qui se mesure par titration), en plein courant s'il s'agit d'une rivière. Il faut veiller à ne pas aérer l'eau (risque de précipitation d'éléments en solution, oxygénation...) (14).

Le matériel et les méthodes utilisés sur terrain sont présentés dans le tableau I.8.

Les méthodes évoquées correspondent à l'emploi de matériel léger. Il faut cependant garder en mémoire, le fait que les analyses réalisées par colorimétrie et interprétées visuellement ne sont pas très précises. L'utilisation de bandelette pour la mesure du pH donne des résultats approximatifs(14).

#### **I.3.3.2. Analyses au laboratoire**

En dehors du choix des paramètres à doser qui dépend des objectifs de l'analyse, ce sont les méthodes analytiques et les manipulations de laboratoire qui limitent la précision analytique. L'interprétation des résultats analytiques, doit tenir compte des limites de la mesure effectuée dans les différentes étapes (échantillonnage, conservation, analyse) (15).

## Chapitre I : Synthèse Bibliographique

**Tableau I.10 : Matériels et méthodes d'analyse de l'eau sur terrain (18)**

Paramètre	Mesure par sonde portative électrochimique	Photométrie (spectrométrie)	Titration
pH	X		
Conductivité	X		
Chlorures	X	X	X
Alcalinité			X
Phosphates	X	X	X
Sulfates		X	X
Nitrates / Nitrites	X	X	
Ammoniac	X	X	X
Calcium	X	X	X
Magnésium	X	X	X
Sodium	X		
Potassium	X	X	X
Dureté		X	X
Fer		X	X
Manganèse		X	X
Fluorures	X	X	
Silice		X	X
Aluminium			X
Chlore			X
Hydrogène sulfuré		X	X
Oxygène	X		
Oxydabilité			X

### I.4. Les eaux potables et les normes de potabilité (19)

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Elle doit aussi être une eau agréable à boire; elle doit être claire et elle doit avoir un bon goût. Pour avoir le bon goût, il lui faut contenir un minimum de sels minéraux dissous (de 0,1 à 0,5 gramme par litre), qui sont par ailleurs indispensables à l'organisme. D'autre part, elle ne doit pas corroder les canalisations.

Afin de définir précisément une eau potable, des normes ont été établies. Elles fixent les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives, susceptibles d'être présentes dans l'eau. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne signifie donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes. Mais, que leurs concentrations sont jugées suffisamment faibles pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur.

Selon ces normes, une eau potable doit être exempte de germes pathogènes (bactéries, virus) et d'organismes parasites, car les risques sanitaires liés à ces micro-organismes sont grands. Elle ne doit contenir certaines substances chimiques qu'en quantité limitée. Il s'agit en particulier de substances qualifiées d'indésirables ou de toxiques, comme les nitrates et les phosphates. À l'inverse, la présence de certaines substances peut être jugée nécessaire, comme les oligo-éléments indispensables à l'organisme.

Les normes ne font que définir, à un moment donné, un niveau de risque acceptable pour une population donnée. Elles dépendent par ailleurs des connaissances scientifiques et des techniques disponibles; notamment dans les domaines des risques sanitaires et de l'analyse chimique. Elles peuvent donc être modifiées à tout moment en fonction des progrès réalisés. Tous les pays du monde ne suivent pas les mêmes normes. Certains édictent leurs propres normes. D'autres adoptent celles conseillées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). L'eau est aujourd'hui la denrée alimentaire la plus fortement réglementée.

## Chapitre I : Synthèse Bibliographique

Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006 sont la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable.

**Tableau I.11.** Normes OMS de l'eau potable (20)

Elément/substance	Symbole/formule	Lignes directrices fixée par l'OMS
Aluminium	Al	0,2 mg/l
Antimoine	Sb	0,02 mg/l
Arsenic	As	0,01 mg/l
Baryum	Ba	0,7 mg/l
Bore	B	0,5 mg/l
Cadmium	Cd	0,003 mg/l
Chlore	Cl	Pas de valeur mais on peut noter un gout à partir de 250 mg/l
Chrome total	Cr <sup>+3</sup> , Cr <sup>+6</sup>	0,05 mg/l
Cuivre	Cu	2 mg/l
Cyanure	CN <sup>-</sup>	0,07 mg/l
Fluorure	F <sup>-</sup>	1,5 mg/l
Dureté	TH	200 mg/l CaCO <sub>3</sub>
Sulfure d'hydrogène	H <sub>2</sub> S	0,05 à 1 mg/l
Plomb	Pb	0,01 mg/l
Manganèse	Mn	0,4 mg/l
Mercure Inorganique	Hg	0,006 mg/l
Molybdène	Mb	0,07 mg/l
Nickel	Ni	0,07 mg/l
Nitrate et nitrite	NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>	50mg/l et 3 mg/l (exposition à court terme)
pH		Pas de valeur guide mais un optimum entre 6,5 et 9,5
Sélénium	Se	0,01 mg/l
Sulfate	SO <sub>4</sub>	500 mg/l
Uranium	U	0,015 mg/l
Zinc	Zn	3 mg/l

### II.1. Le barrage de Béni Haroun

#### II.1.1. Localisation et description

Le barrage de Béni Haroun est situé à l'aval de la confluence de Oued Rhumel et Oued Endja; à une quarantaine de Kilomètres au nord de Constantine et une distance équivalente par rapport à l'embouchure de Oued Kebir (Mer Méditerranée). Sa mise en eau a commencé en out 2003 (21).

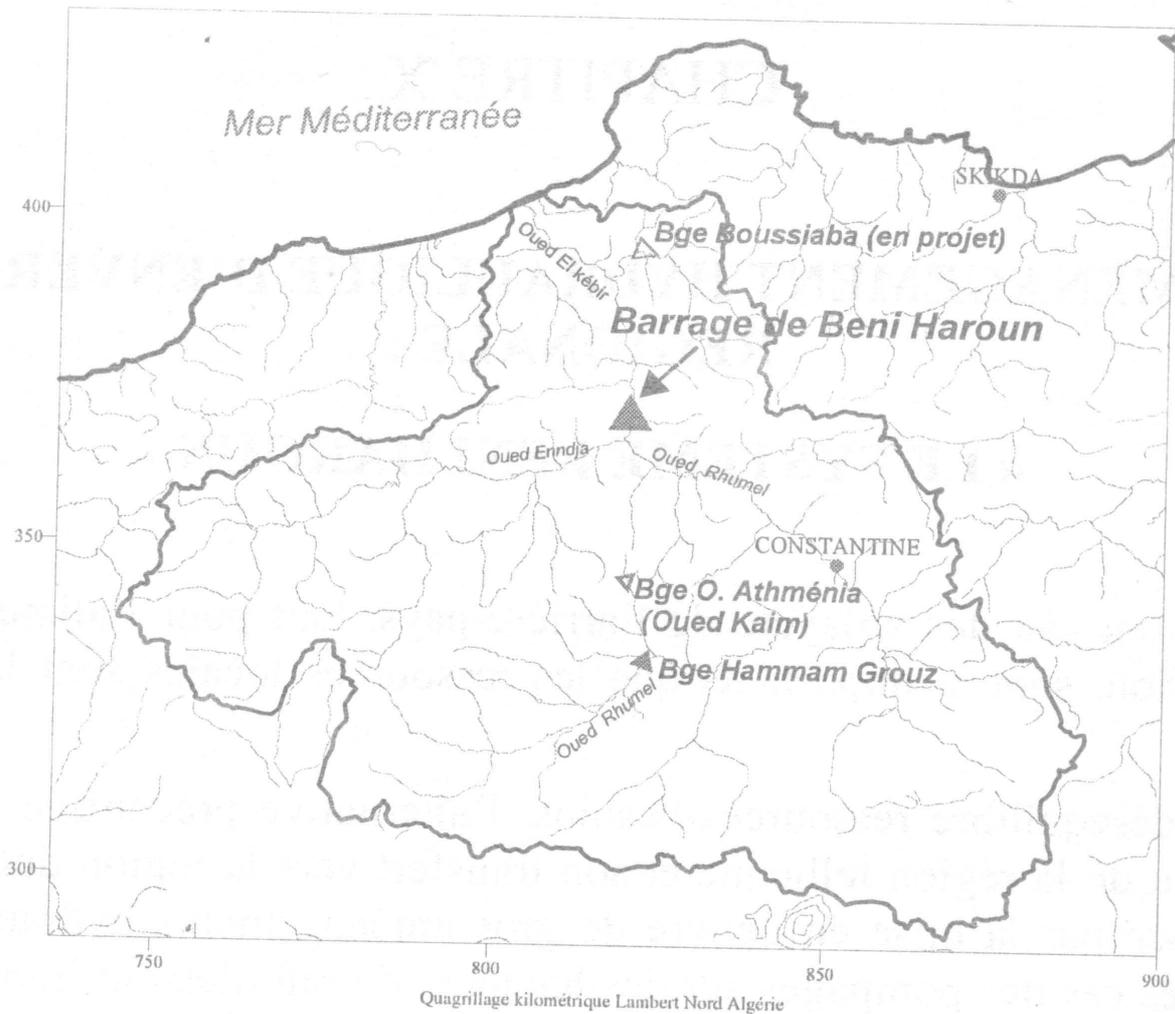


Figure II.1. Localisation du barrage de Béni Haroun (21)

## Chapitre II. Site d'étude

---

La digue du barrage, construite en béton compacté se dresse sur une hauteur de 107m au dessus du lit de l'oued Kébir. La retenue du barrage de Béni Haroun permet d'emmagasiner 963 hm<sup>3</sup> d'eau; avec un volume utile de 732hm<sup>3</sup> entre les cotes 172 et 200m. Le barrage de Béni Haroun permet de régulariser un apport annuel d'eau de 435hm<sup>3</sup>. Le rapport entre la capacité de la retenue et sa surface donne une lame d'eau moyenne de 24m (21).



**Figure II. 2** Vue de la digue du barrage de Béni Haroun (coté de la retenue)



**Figure II.3** Vue de la digue du barrage de Béni Haroun (coté aval)

### II.1.2. Qualité des eaux

Les eaux du barrage de Béni Haroun n'ont pas fait l'objet d'étude de qualité. La majorité des études universitaires entreprises jusqu'à maintenant, concernent surtout son bassin versant. Les résultats de l'étude de Khaldi et Melghit (22) sont résumés dans le tableau II.1. Ils concernent le barrage sans précision du site de prélèvement.

**Tableau II.1: Résultats d'analyse des eaux au niveau du barrage de Béni Haroun (22)**

Paramètre	Concentration moyenne	Paramètre	Concentration moyenne
Ca <sup>++</sup> (mg/l)	102	DCO (mg/l)	33,08
T (°C)	19,00	Mg <sup>++</sup> (mg/l)	50,33
pH	7,87	Na <sup>+</sup> (mg/l)	124
CE (µS/cm)	1080	K <sup>+</sup> (mg/l)	4,17
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	178	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0,30
O <sub>2</sub> dissous (mg/l)	7,58	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	290
MES 105 °C (mg/l)	154	Rs 105 °C (mg/l)	911
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	5,12	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0,04
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	14,67	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg/l)	0,33

## II.2. Le bassin versant Kébir-Rhumel

### II.2.1. Localisation et description

Le bassin versant du Rhumel est un sous – bassin du Kebir Rhumel qui s'étend d'Est en Ouest du bassin versant seybousse, jusqu'au Hauts Plateaux Sétifiens (36° de latitude Nord, 7° de longitude Est). Il prend sa source vers 1160 m dans les marges méridionales du Tell, au Nord-Ouest de Belaa, il traverse les hautes plaines constantinoises, avec une orientation Sud - Ouest / Nord - Est jusqu'à Constantine où il change brusquement de direction et coule en oblique vers le Nord - Ouest pour confluer avec Oued Endja aux environs de Sidi Merouane.

## Chapitre II. Site d'étude

Il est limité au Nord par le bassin du bas Kebir; au Sud par le bassin versant des Hauts Plateaux Sétifiens; à l'Est par le bassin versant Seybousse, drainé par l'oued Seybousse et à l'Ouest par le bassin d'Oued Endja (22).

### II.2.2. Climatologie

Le climat de la région est de type méditerranéen semi-aride au Sud et sub-humide au Nord de Constantine. Il est caractérisé par une forte variabilité inter-mensuelle et inter-annuelle de la pluie avec une nette décroissance de pluviosité du Nord (450 mm<sup>3</sup>/an en moyenne) au Sud (320 mm<sup>3</sup>/an en moyenne (23).

Les données de la station météorologique du barrage de Béni Haroun (Tableau II.2) (24), montrent que la précipitation moyenne varie entre 200 et 1120 mm/an. La saison hivernale est la plus pluvieuse avec une moyenne de 104,86 mm/mois et un pic au mois de décembre (24).

**Tableau II.2 : Précipitations moyennes mensuelles des 4 ans (septembre ,2003-janvier 2008) (24)**

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
Moy	29,3	66,7	75,6	157,8	74,3	82,5	78,2	60,4	32,3	13,9	0,4	1,3

Concernant la température, les données de la même station (Tableau II.3 ) indiquent que la zone d'étude est caractérisée par un climat doux est humide en hiver et sec en été. Les moyennes mensuelles les plus élevées, sont observées essentiellement pendant la période d'été (Juin-Septembre ) avec des températures variant de 25 à 28 °C .

Les températures les plus basses sont observées pendant la période d'hiver (décembre à mars) avec un minimum pendant le mois de janvier 9,7 °C (24) .

**Tableau II.3: Les températures moyennes mensuelles (septembre 2003- janvier 2008) (24)**

mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
T °C	25	22	14,9	14	9,7	10,4	13	17	21	25	28	28

### II.2.3. Les sources de contamination

Les eaux usées industrielles représentent une importante source de contamination de l'Oued Rhumel. Les effluents les plus importants sont localisés dans un rayon de 20Km de la ville de Constantine. Le tableau II.4, regroupe les industries caractéristiques de la région d'étude.

Les eaux usées domestiques des différentes agglomérations qui longent le long des oueds représentent une autre source de contamination. Les eaux usées de la ville de Constantine sont en partie traitées au niveau de la station d'épuration Ibn Ziad.

L'influence de l'agriculture sur les eaux de l'Oued Rhumel se manifeste surtout par l'utilisation des engrais chimiques dont les principaux sont : les nitrates d'ammonium et les super phosphates ainsi que les pesticides organiques et minéraux (22).

**Tableau II.4 : Les principales unités industrielles dans le bassin Rhumel (25).**

Nature/type	Lieu d'implantation
Détergents	Chelghoum Laid
Pelle, grues, compacteur	Ain Smara
Chariots élévateurs	Ain Smara
Céramique	Oued Athmania
Céramique	Hamma Bouziane
Tuyaux d'assainissement	Hamma Bouziane
Minoterie	Hamma Bouziane
Briques	ZI.Didouche Mourad
Boisson gazeuses	ZI.Didouche Mourad
Céramique	ZI.Didouche Mourad
Céramique	Ibn Ziad
Céramique	Mila
Briques	Mila
Céramique	Mila

### III.1. Echantillonnage :

#### III.1.1. Eaux du barrage

##### *Campagnes de prélèvement*

Au niveau du barrage de Béni Haroun, trois campagnes de prélèvement d'eau ont été réalisées. La première en hiver (22/02/2010), la deuxième au printemps (27/04/2010) et la dernière en été (04/07/2010).

Les prélèvements d'eau ont été effectués manuellement. Des bouteilles en polyéthylène de 1 litre propres et nettoyées à l'aide d'une solution d'acide nitrique diluée (1N) ont été utilisés. Avant chaque prélèvement, les flacons ont été rincés avec de l'eau prélevée afin d'éviter toute contamination des échantillons. L'oxygène dissous a été fixé in-situ dans des bouteilles en verre à col rodé de 250 ml selon la méthode de winkler.

##### *Stations de prélèvement*

Dans le barrage, les échantillons d'eau ont été prélevés au niveau des stations B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>4</sub>, B<sub>5</sub> et B<sub>6</sub> :

Les stations B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> et B<sub>3</sub> sont situées au niveau de la digue ;

Les stations B<sub>4</sub>, B<sub>5</sub> et B<sub>6</sub> sont situées au large de la retenue :

La station B<sub>4</sub> est située en face de la digue,

La station B<sub>5</sub> est située dans le sens d'Oued Rhumel,

La station B<sub>6</sub> est située dans le sens d'Oued Endja,

Un échantillonnage a été aussi réalisé en aval de la digue.



**Figure III.1. Prélèvement des échantillons d'eau au niveau de la digue**

### **III.1.2. Eaux distribuées**

#### *Compagne de prélèvement*

Concernant les eaux de consommation, cinq campagnes de prélèvement ont été réalisées durant la période janvier - juin 2010 (11/01, 08/02, 14/03, 16/05 et 27/06).

#### *Sites de prélèvement*

Les prélèvements d'eau ont été réalisées au niveau de trois sites alimentés par les eaux du barrage de Béni Haroun: Zouaghi et Boumerzoug dans la commune de Constantine et les frères Dembri dans la commune de Mila.

#### *Précautions de prélèvement* (13)

Généralement, dans le cas des prélèvements de l'eau distribuée, il faut prendre les précautions suivantes pour éviter les problèmes de contamination:

- utiliser des robinets accessibles aux utilisateurs
- s'assurer que le robinet d'eau froide est utilisé et que le robinet d'eau chaude est bien fermé;

## Chapitre III. Matériels et méthodes

---

- éviter l'utilisation de robinets à une seule manette (débit et température), puisqu'il est plus difficile de s'assurer que le robinet d'eau chaude est bien fermé;
- utiliser des robinets situés à l'intérieur d'un bâtiment ou dans un lieu protégé du vent et des intempéries; éviter l'utilisation de robinets extérieurs qui servent au branchement de tuyaux d'arrosage;
- prélever une eau représentative du système de distribution de l'eau potable en utilisant un robinet qui n'est pas branché à un appareil ou un système de traitement individuel de l'eau;
- nettoyer l'extérieur et l'intérieur du bec du robinet
- laisser couler l'eau pendant 5 minutes avant de prélever un échantillon afin de s'assurer que l'eau prélevée est représentative de celle circulant dans le système de distribution;
- éviter de prélever des échantillons d'eau dans des salles de bain qui peuvent contenir des désodorisants chimiques de composition identique à certains composés organiques mesurés.

### III.2. Analyses

#### Choix des paramètres

##### Eaux du barrage

Le choix des paramètres dépend des objectifs à atteindre. En général, pour déterminer la qualité des eaux d'un barrage réservoir destiné à la production d'eau potable, on distingue 2 groupes de paramètres :

Le premier se rapporte aux paramètres qui présentent des concentrations stables :  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ .

Le deuxième groupe se rapporte aux Paramètres dont les concentrations varient considérablement au cours de l'année et qui déterminent la production et la décomposition de la biomasse :  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , pH,  $\text{HCO}_3^-$ , turbidité,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , P, Si ( $\text{SiO}_2$ ), chlorophylle,... etc. (26)

### Chapitre III. Matériels et méthodes

Concernant notre étude, on s'est limité aux paramètres résumés dans le tableau III.1.

Ces mêmes paramètres ont été retenus pour les eaux de distribution.

**Tableau III.1.** Paramètres mesurés et méthodes d'analyse utilisées

Paramètre	Symbole	Unité	Méthode d'analyse
Température	T	°C	Thermométrie
pH	pH		Potentiométrie
Conductivité électrique	C.E	μS/cm	Conductivimétrie
Dureté	-	°F, mg/l de CaCO <sub>3</sub>	Méthode volumétrique à l'EDTA
Oxydabilité au KMnO <sub>4</sub>	-	mg/l	Méthode à chaud
Alcalinité	-	meq/l, F°	Méthode volumétrique
Oxygène dissous	O <sub>2</sub> .d	mg/l	Méthode volumétrique de WINKLER
Chlorures	Cl	mg/l	Méthode volumétrique de MOHR
Nitrates	NO <sub>3</sub>	mg/l	* Méthode colorimétrique au salicylate de sodium
Nitrites	NO <sub>2</sub>	mg/l	*Méthode colorimétrique au réactif de Zambelli
Azote ammoniacal	NH <sub>4</sub>	mg/l	*Méthode colorimétrique au bleu d'indophénol
Orthophosphates	PO <sub>4</sub>	mg/l	*Méthode colorimétrique au Molybdate d'ammonium
Sulfates	SO <sub>4</sub>	mg/l	*Méthode Néphélométrique au chlorure de barium
Fer	Fe	mg/l	**Absorption atomique à flamme
Cuivre	Cu	mg/l	**Absorption atomique à flamme
Zinc	Zn	mg/l	*Méthode colorimétrique au ferrocyanure
Manganèse	Mn	mg/l	*Méthode colorimétrique au Persulfate d'ammonium
Chrome	Cr	mg/l	*Méthode colorimétrique A la diphénylcarbazine

\*.Nous avons utilisé un spectrophotomètre UV-Visible SHIMADZU UV - 1650 PC

\*\* . Nous avons utilisé un spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme Perkin Elmer 2380

### III.2.1. DETERMINATION DE L'ALCALINITE (27)

#### *Principe*

Ces détermination sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

#### *Dosage des échantillons*

- *Détermination du TA*

Prélever 100 ml d'eau à analyser dans une capsule porcelaine blanche de 12 cm de diamètre environ. Ajouter 1 à 2 gouttes de solution alcoolique de phénolphtaléine ; une coloration rose doit alors se développer. Dans le cas contraire le TA est nul, ce qui se produit en général pour les eaux naturelles dont le pH est inférieur à 8,3. Verser ensuite doucement l'acide dans la capsule à l'aide d'une burette, en agitant constamment, et ceci jusqu'à décoloration complète de la solution (pH = 8,3).

#### *Détermination du TAC*

Utiliser l'échantillon traité précédemment ou le prélèvement primitif s'il n'y a pas eu de coloration. Ajouter 2 gouttes de solution de méthylorange et titrer de nouveau avec le même acide jusqu'au virage du jaune au jaune orange (pH = 4,3), s'assurer qu'une goutte d'acide en excès provoque le passage de la coloration du jaune orangé au rose orangé (pH = 4).

## Chapitre III. Matériels et méthodes

---

### III.2.2. DOSAGE DE L'OXYGENE DISSOUS (27)

#### *Principe*

L'hydroxyde de manganèse précipite dans l'eau et fixe complètement à partir des sels de manganèse (II) l'oxygène présent, pour former de l'hydroxyde manganique. Celui-ci sous l'action de l'acide chlorhydrique, donne du chlorure manganique qui libère de l'iode de l'iodure de potassium.

#### *Dosage des échantillons*

#### *Fixation*

Remplir complètement d'eau un flacon de 250 ml muni d'un bouchon bien rodé. Introduire tout près du fond 1 ml de mélange hydroxyde de sodium-iodure de potassium ou 2ml si l'eau est très chargée en anhydride carbonique. Ajouter de la même façon 1 ml de solution de chlorure de manganèse. Boucher soigneusement le flacon sans faire entrer de bulles d'air en humectant au préalable le bouchon

#### *Dosage*

Retourner vivement le flacon à plusieurs reprises et laisser déposer le précipité floconneux d'hydroxyde de manganèse. Lorsque la partie supérieure du liquide s'est complètement clarifiée, déboucher, à l'aide d'une pipette effilée humectée d'eau, faire couler au fond du flacon 2,5 ml (ou 5 ml) d'acide chlorhydrique. Refermer le flacon et agiter. Transvaser avec soin la solution contenant l'iode dans une fiole conique. Ajouter quelques gouttes de solution d'amidon et titrer avec la solution de thiosulfate de sodium 0,01 N jusqu'à la décoloration complète.

### III.2.3. DETERMINATION DE L'OXYDABILITE AU PERMANGANATE DE POTASSIUM (27)

#### *Principe*

Le test consiste à mesurer en milieu acide la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction du permanganate de potassium par les matières oxydables contenues dans une eau.

#### *Dosage des échantillons*

Prélever une prise d'essai de 25 ml, ajouter 5 ml d'acide sulfurique à 196 g/l, mélanger avec précaution. Placer le récipient au bain marie pendant 10 minutes puis ajouter 5 ml de solution de permanganate de potassium (0,32 g/l). Au bout de 10 min, ajouter 5 ml de solution d'oxalate de sodium (0,67 g/l) et attendre la décoloration de la solution. Titrer la solution encore chaude avec la solution fille de permanganate de potassium jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pale persistant environ 30 s.

### III.2.4. DOSAGE DES CHLORURES (27)

#### *Principe*

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

#### *Dosage des échantillons*

Introduire 100 ml d'eau à analyser, préalablement filtrée, dans une fiole conique de 250 ml. Ajouter 2 à 3 gouttes d'acide nitrique pur puis une pincée de carbonate de chaux et 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10% .

## Chapitre III. Matériels et méthodes

---

Verser alors au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent (N/10) jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 minutes .

### III.2.5. DOSAGE DES SULFATES (27)

#### *Principe*

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. Le précipité ainsi obtenu est stabilisé à l'aide d'une solution de << Tween 20 >> ou de polyvinyl- pyrrolidone. Les suspensions homogènes sont mesurées au spectromètre.

#### *Etablissement de la courbe d'étalonnage*

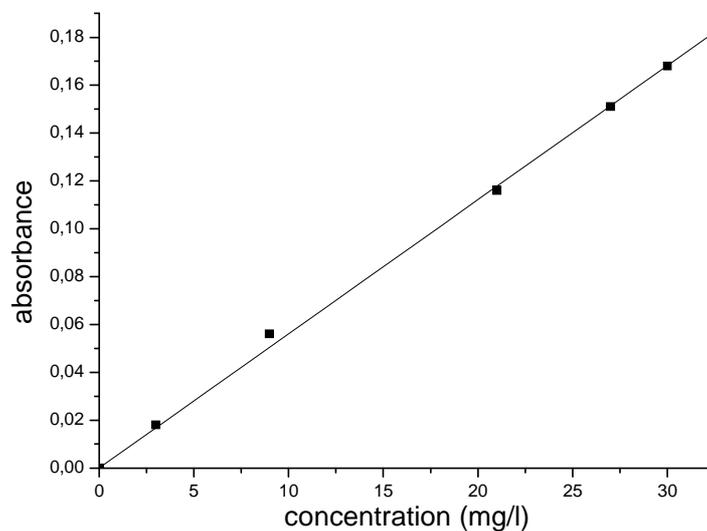
Dans une série de tubes à essai numérotés, introduire successivement :

Tableau III.2 : Etablissement de la courbe d'étalonnage des ions sulfates

Numéro des tubes	T	1	2	4	5	6
Solution étalon de $\text{SO}_4^{--}$ (ml).....	0	1	3	7	9	10
Eau distillée (ml) .....	50	49	47	43	41	40
Acide chlorhydrique au 1/10 (ml) .....	1	1	1	1	1	1
Solution de chlorure de baryum stabilisée (ml) 5.....	5	5	5	5	5	5

Agiter 2 ou 3 fois énergiquement. Après 15 minutes de repos, agiter à nouveau et faire la lecture au spectromètre à la longueur d'onde de 650 nm.

La courbe d'étalonnage obtenue est présentée dans la figure III.2.



**Figure III.2: Courbe d'étalonnage des sulfates**

### *Dosage des échantillons :*

Introduire dans une série de tubes à essai numérotés, 50 ml d'eau à analyser, puis poursuivre comme l'établissement de la courbe d'étalonnage.

### **III.2.6. - DOSAGE SIMULTANE DU CALCIUM ET DU MAGNESIUM (28)**

#### *Principe*

Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'acide éthylène-diaminetétracétique. La disparition des dernières traces d'éléments libre à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique en milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du magnésium. La méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium.

## Chapitre III. Matériels et méthodes

---

### *Dosage des échantillons*

Introduire 50 ml d'eau à analyser dans une fiole conique de 250 ml, ajouter 4 ml de solution tampon (pH 10) et 3 gouttes de solution de noir ériochrome T. La solution se colore en rouge foncé ou en violet. En maintenant une agitation, verser la solution d'EDTA rapidement au début puis goutte à goutte lorsque la solution commence à virer au bleu, vérifier que la coloration ne change plus par l'addition d'une goutte supplémentaire d'EDTA.

### **III.2.7. DOSAGE DES NITRATES (27)**

#### *Principe*

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitro-salicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrophotométrique.

#### *Etablissement de la courbe d'étalonnage*

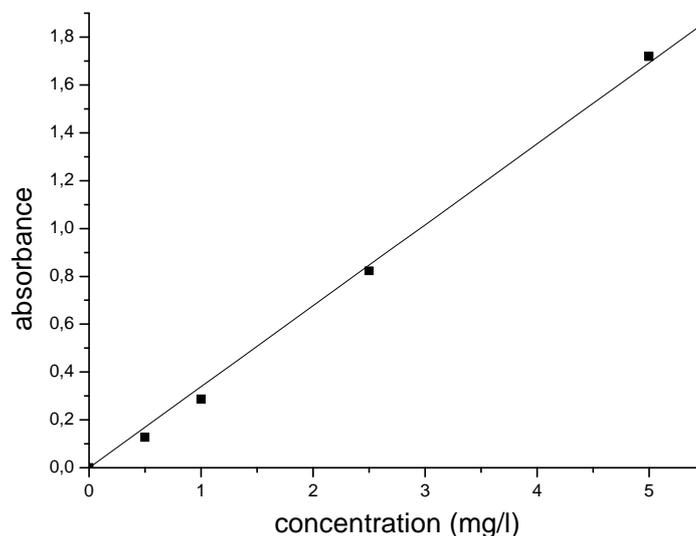
Dans une série de capsules de 60 ml, introduire successivement :

Tableau III.3 : Etablissement de la courbe d'étalonnage des ions nitrates

Numéro des capsules	T	1	2	3	4
Solution étalon d'azote nitrique à 0,005 g/l	0	1	2	5	10
Eau distillée (ml)	10	9	8	5	0
Solution d'azoture de sodium (ml)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Acide acétique (ml)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Attendre 5 minutes puis évaporer à sec au bain marie ou dans une étuve portée à 75-80 C (ne pas surchauffer ni chauffer longtemps). Ajouter 1 ml de la solution de salicylate de sodium, mélanger puis évaporer, laisser refroidir. Reprendre le résidu par 1 ml d'acide sulfurique concentré en ayant soin de l'humecter complètement. Attendre 10 minutes, ajouter 15 ml d'eau permutée puis 10 ml de solution d'hydroxyde de sodium qui développe la couleur jaune. Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 415 nm.

La courbe d'étalonnage obtenue est présentée dans la figure III.3.



**Figure III.3 : Courbe d'étalonnage des Nitrates**

### *Dosage des échantillons :*

Introduire 10 ml d'eau dans une capsule de 60 ml. Alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium, puis poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage.

### **III.2.8. DOSAGE DES NITRITES (28)**

#### *Principe*

L'acide sulfanilique en milieu chlorhydrique, en présence des ions ammonium et du phénol, forme avec les ions  $\text{NO}_2^-$  un complexe coloré jaune, dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrites .

#### *Etablissement de la courbe d'étalonnage*

Dans une séries de fioles jaugées de 50 ml introduire successivement en agitant après chaque addition :

## Chapitre III. Matériels et méthodes

---

Tableau III.4 : Etablissement de la courbe d'étalonnage des ions nitrites

Numéro des fioles	T	1	2	3	4	5
Solution fille étalon à 0,0023 g/l de $\text{NO}_2^-$ (ml).....	0	1	5	10	15	20
Eau distillée (ml).....	50	49	45	40	35	30
Réactif de Zambelli * (ml) .....	2	2	2	2	2	2

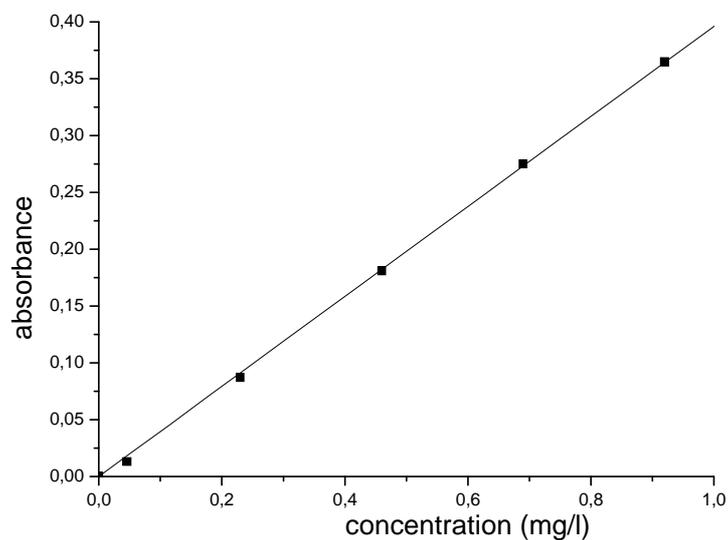
[\*] :

Acide chlorhydrique pur (d = 1,19).....	260 ml
Acide sulfanilique .....	5 g
Phénol cristallisé .....	7,5 g
Chlorure d'ammonium .....	135 g
Eau distillée .....	625 ml

Attendre 10 minutes puis ajouter 2ml d'ammoniaque pure

Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 435 nm .

La courbe d'étalonnage obtenue est présentée dans la figure III.4.



**Figure III.4: Courbe d'étalonnage des Nitrites**

## Chapitre III. Matériels et méthodes

---

### *Dosage des échantillons*

Prélever 50 ml d'eau à analyser, puis poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage.

### III.2.9. DOSAGE DE L'AZOTE AMMONIACAI (28)

#### *Principe*

En milieu alcalin et en présence de nitroprussiate, qui agit comme un catalyseur, les ions ammonium traités par une solution d'hypochlorite de sodium et de phénol donnent du bleu d'indophénol susceptible d'un dosage colorimétrique.

#### *Etablissement de la courbe d'étalonnage*

Dans une série de fioles coniques de 100 ml, introduire successivement et en agitant après chaque addition :

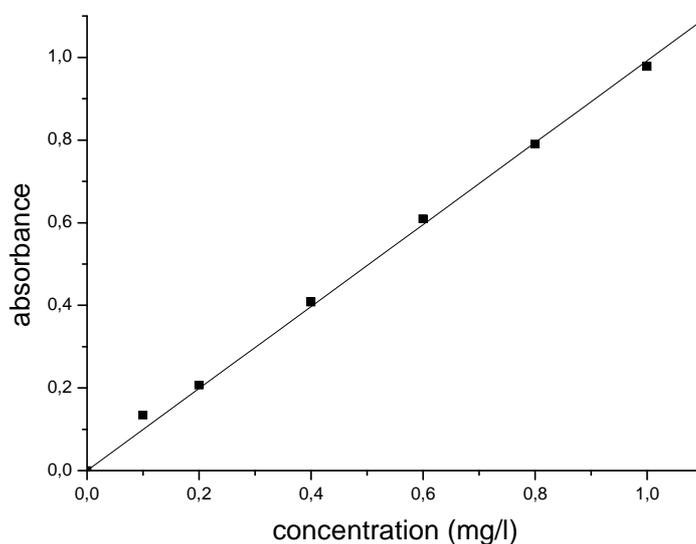
Tableau III.5 : Etablissement de la courbe d'étalonnage des ions ammonium

Numéro des fioles	T	1	2	3	4	5	6
Solution fille étalon à 0,010 g/l (ml).....	0	0,5	1	2	3	4	5
Eau distillée (ml).....	50	49,5	49	48	47	46	45
Solution de phénol (ml).....	2	2	2	2	2	2	2
Solution de nitroprussiate (ml).....	2	2	2	2	2	2	2
Solution oxydante * (ml) .....	5	5	5	5	5	5	5

[\*] : Solution de citrate sodium..... 100 ml  
Solution d'hypochlorite de sodium ..... 25 ml

Laisser au repos pendant 1heure à la température ambiante (comprise entre 20 et 27°C). Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 640 nm.

La courbe d'étalonnage obtenue est présentée dans la figure III.5.



**Figure III.5 : Courbe d'étalonnage de l'azote Ammoniacal**

### *Dosage des échantillons*

Introduire dans une fiole conique de 100ml, 50 ml d'eau à analyser puis poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage .

### **III.2.10. DOSAGE DES ORTHOPHOSPHATES (27)**

#### *Principe*

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique, qui, réduit par l'acide ascorbique développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrophotométrique. Le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur, tartrate double d'antimoine et de potassium.

## Chapitre III. Matériels et méthodes

---

### *Etablissement de la courbe d'étalonnage*

Introduire dans une série de fioles jaugées de 25 ml :

Tableau III.6 : Etablissement de la courbe d'étalonnage des ions phosphates

Numéro des fioles	T	1	2	3	4	5
Solution étalon de phosphore à 1 mg/l (ml).....	0	1	5	10	15	20
Eau distillée (ml).....	20	19	15	10	5	0

Introduire dans chaque fiole 1 ml de solution d'acide ascorbique, agiter puis ajouter 4 ml de réactif\*, mélanger soigneusement, compléter éventuellement le volume à 25 ml. Attendre 30 minutes la stabilisation de la coloration et effectuer les mesures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 700 nm.

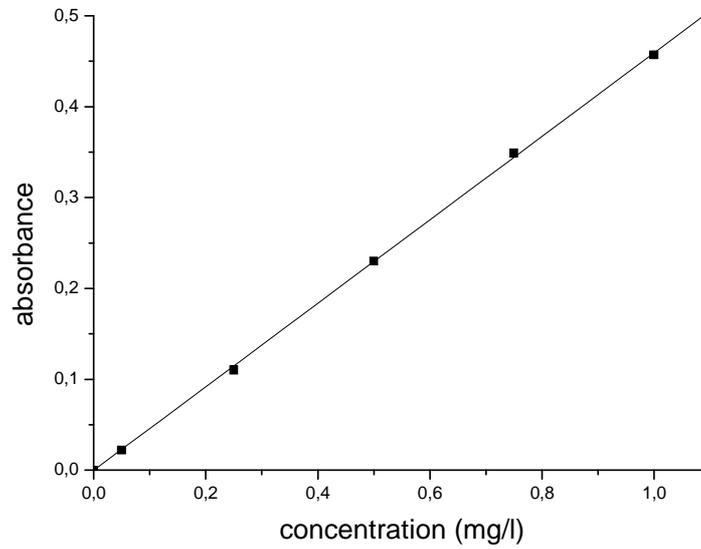
\* :

Solution d'Acide sulfurique ..... 50 ml  
Solution de molybdate d'ammonium .....15 ml  
Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium.....5 ml  
Eau permutée q.s.p..... 100 ml

La courbe d'étalonnage obtenue est présentée dans la figure III.6.

### *Dosage des échantillons*

Vérifier le pH de l'échantillon qui doit être compris entre 2 et 7, l'ajuster si nécessaire. Introduire 20 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée de 25 ml puis poursuivre comme l'établissement de la courbe d'étalonnage.



**Figure III.6 : Courbe d'étalonnage des phosphates**

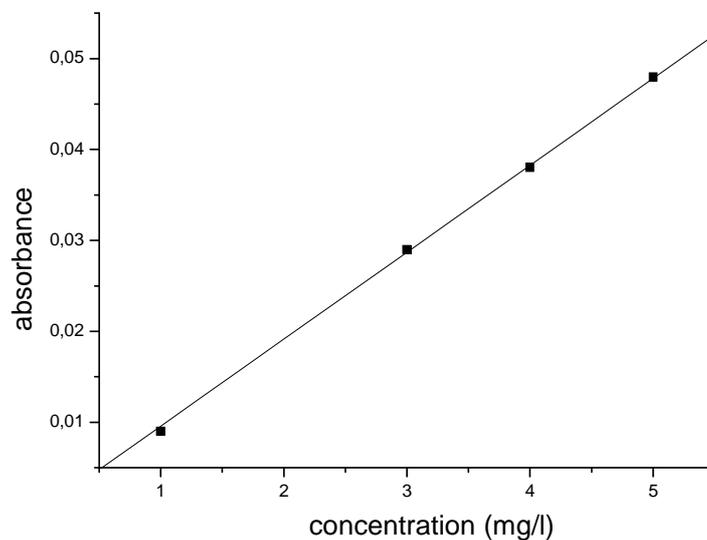
### III.2.11. DOSAGE DU FER

#### *Etablissement de la courbe d'étalonnage*

Tableau III.7 : Etablissement de la courbe d'étalonnage du fer

Numéro des fioles	1	2	3	4
Solution étalon du Fer 0,01g/l (ml).....	5	15	20	25
Eau distillée (ml).....	45	35	30	25

La courbe d'étalonnage obtenue est présentée dans la figure III.7.



**Figure III.7 : Courbe d'étalonnage du Fer**

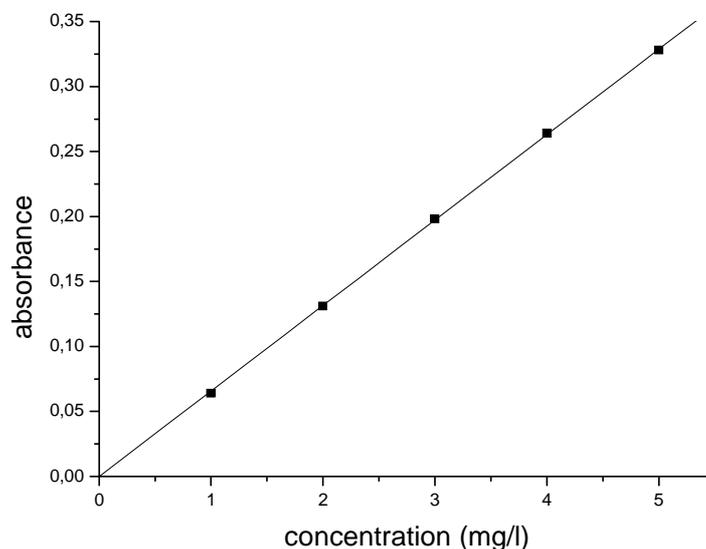
### III.2.12. DOSAGE DU CUIVRE

#### *Etablissement de la courbe d'étalonnage*

Tableau III.8: Etablissement de la courbe d'étalonnage du cuivre

Numéro des fioles	1	2	3	4	5
Solution étalon du cuivre 0,01g/l (ml).....	5	10	15	20	25
Eau distillée (ml).....	45	40	35	30	25

La courbe d'étalonnage obtenue est présentée dans la figure III.08.



**Figure III.8 : Courbe d'étalonnage du Cuivre**

### III.2.13. DOSAGE DU ZINC (28)

#### *Principe*

Le ferrocyanure réagit avec le zinc pour donner un précipité colloïdal de ferrocyanure de zinc susceptible d'un dosage colorimétrique .

#### *Etablissement de la courbe d'étalonnage*

Dans une série de tubes bouchés à l'émeri , introduire les réactifs suivants en agitant après chaque addition :

Tableau III.9 : Etablissement de la courbe d'étalonnage du zinc

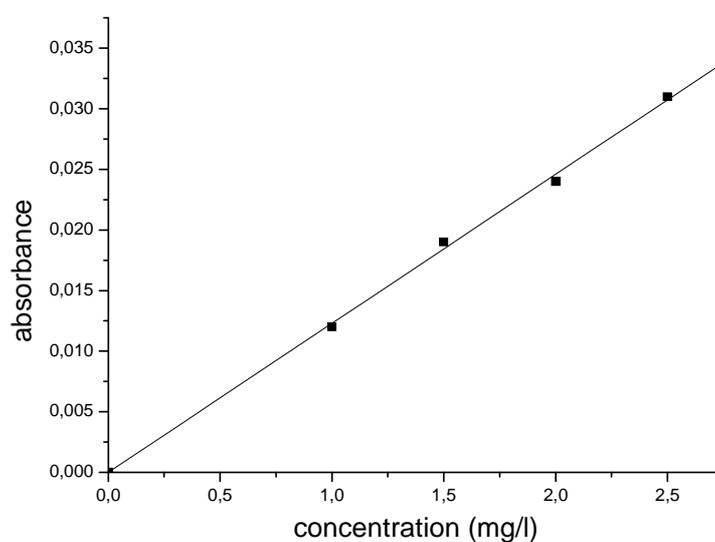
Numéro des tubes	T	2	3	4	5
Solution étalon de zinc à 0,010 g/l (ml).....	0	2,5	3,75	5	6,25
Eau distillée (ml).....	25	22,5	21,25	20	18,75
Acide chlorhydrique concentré (ml).....	1	1	1	1	1
Solution de chlorure d'ammonium à 10% (ml).....	20	20	20	20	20
Solution de sulfite de sodium (goutte)...	1	1	1	1	1

## Chapitre III. Matériels et méthodes

---

Laisser reposer quelques minutes, puis ajouter dans chacun des tubes 1 ml de solution de ferrocyanure de potassium à 0,5%. Agiter, laisser 5 minutes à l'obscurité puis effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 650 nm .

La courbe d'étalonnage obtenue est présentée dans la figure III.9.



**Figure III.9 : Courbe d'étalonnage du zinc**

### *Dosage des échantillons*

Introduire dans une éprouvette bouchée à l'émeri de 50 ml, 25 ml d'eau à analyser, puis poursuivre le dosage comme l'établissement de la courbe d'étalonnage.

### **III.2.14. DOSAGE DU MANGANESE (28)**

#### *Principe*

Le manganèse est oxydé en permanganate à l'aide de persulfate d'ammonium en présence de nitrate d'argent. Le permanganate ainsi formé est dosé colorimétriquement.

## Chapitre III. Matériels et méthodes

---

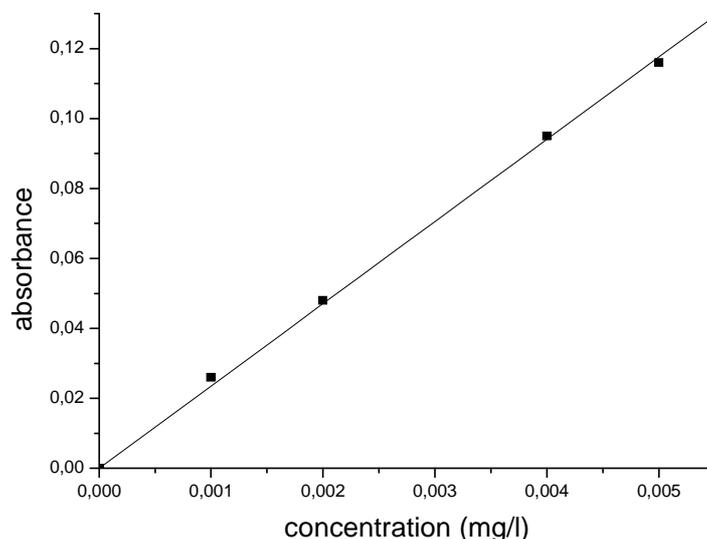
### *Etablissement de la courbe d'étalonnage*

Dans une série de béchers, introduire 0, 10, 20, 40, 50 de solution fille étalon à 0,01 g/l. Ajouter 5 ml de réactif\*. Amener le volume à 90 ml par dilution. Ajouter 1g de persulfate d'ammonium et porter à ébullition pendant 1 minute. Refroidir rapidement. Amener le volume à 100 ml avec de l'eau distillée. Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 525 nm.

\* :

Sulfate mercurique .....	75 g
Acide nitrique N .....	400 ml
Eau distillée .....	200 ml
Acide phosphorique.....	200 ml
Nitrate d'argent .....	0,035 g
Eau distillée .....	1000 ml

La courbe d'étalonnage obtenue est présentée dans la figure III.10.



**Figure III.10 : Courbe d'étalonnage du manganèse**

### *Dosage des échantillons*

Opérer comme l'établissement de la courbe d'étalonnage en prélevant 90 ml de l'eau à analyser.

## Chapitre III. Matériels et méthodes

---

### III.2.15. DOSAGE DU CHROME (29)

#### *Dosage du chrome hexavalent*

##### *Principe*

En solution légèrement acide le chrome hexavalent réagit avec la diphénylcarbazine pour donner une coloration rouge-violette, susceptible d'un dosage colorimétrique.

##### *Etablissement de la courbe d'étalonnage*

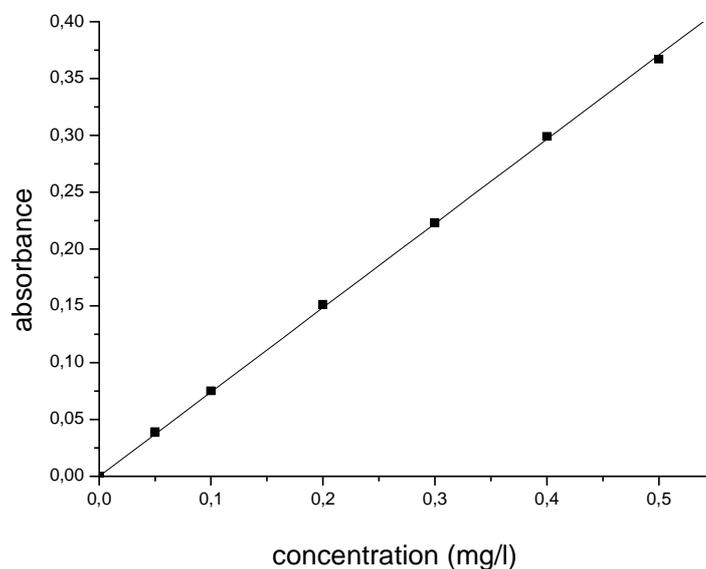
Dans une série de fioles jaugées de 50 ml bouchées à l'émeri, introduire successivement, en agitant après chaque addition :

Tableau III.10 : Etablissement de la courbe d'étalonnage du chrome

Numéro des fioles	T	1	2	3	4	5	6
Solution étalon de chrome à 5 mg/l (ml)	0	0,5	1	2	3	4	5
Eau distillée (ml).....	50	49,50	49	48	47	46	45
Solution acide de diphénylcarbazine (ml)	3	3	3	3	3	3	3

Mélanger puis laisser au repos pendant 10 minute pour permettre un complet développement de la coloration rouge violet. Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 540 nm .

La courbe d'étalonnage obtenue est présentée dans la figure III.11.



**Figure III.11 : Courbe d'étalonnage du chrome**

### *Dosage des échantillons (dosage du chrome total).*

Traiter dans un erlenmeyer, 25 ml d'eau à analyser par 5ml de solution d'acide sulfurique au  $\frac{1}{2}$  et 1 ml de solution de sulfite de sodium. Agiter. Après 10 minutes de repos, porter au bain de sable et laisser les vapeurs se dégager pendant 5 minutes, en obturant l'erlenmeyer avec un entonnoir. Refroidir et diluer à environ 80 ml. Porter à ébullition et ajouter goutte à goutte de la solution de permanganate de potassium jusqu'à coloration rose persistante.

Verser alors quelques gouttes de solution de permanganate de potassium en excès. Porter de nouveau à ébullition 10 minutes, puis ajouter goutte à goutte de la solution d'azoture de sodium jusqu'à décoloration de la solution mais en évitant d'en mettre en excès. Maintenir l'ébullition 2 minutes. Refroidir. Filtrer si nécessaire. Transvaser dans une fiole jaugée de 50 ml. Rincer et ajuster à 50 ml avec de l'eau distillée, puis poursuivre le dosage comme l'établissement de la courbe d'étalonnage.

## IV.1. Analyse des eaux du barrage

### IV.1.1. Evolution des paramètres de la qualité des eaux du barrage prélevées au niveau de la digue

Les résultats des analyses des eaux prélevées au niveau de la digue du barrage sont résumés dans les tableaux IV.1, IV.2 et IV.3.

**Tableau IV.1: Analyse des eaux du barrage au niveau de la digue (Février 2010)**

Site Paramètre	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	Moyenne
T (°C)	16	16	16	16
pH	8,07	8,06	8,10	8,08
CE (µs/cm)	1628	1635	1643	1635
TAC (°F)	14,6	14,7	14,3	14,5
NO <sub>3</sub> (mg/l)	16,13	15,82	16,92	16,30
NO <sub>2</sub> (mg/l)	0,05	0,06	0,06	0,06
NH <sub>4</sub> (mg/l)	0,03	0,04	0,03	0,03
PO <sub>4</sub> (mg/l)	0,074	0,081	0,081	0,078
SO <sub>4</sub> (mg/l)	140,8	138,1	141,7	140,2
Cl (mg/l)	134,9	134,9	138,4	136,1
Ca + Mg (°F)	36,0	36,4	35,2	35,8
Fe (mg/l)	ND	ND	ND	ND
Cu (mg/l)	ND	ND	ND	ND

ND: Non détectable

**Tableau IV.2: Analyse des eaux du barrage au niveau de la digue (Avril 2010)**

<b>Site</b>	<b>B<sub>1</sub></b>	<b>B<sub>2</sub></b>	<b>B<sub>3</sub></b>	<b>Moyenne</b>
<b>Paramètre</b>				
<b>T (°C)</b>	20	20	20	20
<b>pH</b>	8,65	8,72	8,80	8,72
<b>CE (µs/cm)</b>	1538	1523	1541	1534
<b>TA (°F)</b>	0,4	0,4	0,8	0,5
<b>TAC (°F)</b>	13,3	13,0	13,0	13,1
<b>O<sub>2</sub> dissous (mg)</b>	7,2	6,7	7,6	7,2
<b>Oxydabilité (mg/l)</b>	1,76	2,08	2,88	2,24
<b>NO<sub>3</sub> (mg/l)</b>	5,58	4,96	5,01	5,18
<b>NO<sub>2</sub> (mg/l)</b>	0,25	0,24	0,26	0,25
<b>NH<sub>4</sub> (mg/l)</b>	0,03	0,01	0,03	0,03
<b>PO<sub>4</sub> (mg/l)</b>	0,015	0,013	0,035	0,021
<b>SO<sub>4</sub> (mg/l)</b>	165,78	160,42	180,04	168,74
<b>Cl (mg/l)</b>	127,8	131,4	134,9	131,4
<b>Ca + Mg (°F)</b>	33,8	33,8	33,4	33,6
<b>Fe (mg/l)</b>	ND	ND	ND	ND
<b>Mn (µg/l)</b>	0,09	0,09	0,43	0,20
<b>Zn (mg/l)</b>	ND	ND	0,16	0,05
<b>Cu (mg/l)</b>	ND	ND	ND	ND
<b>Cr (µg/l)</b>	ND	4	8	4

ND: Non détectable

**Tableau IV.3: Analyse des eaux du barrage au niveau de la digue (Juillet 2010)**

Site Paramètre	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	Moy
<b>T (°C)</b>	25	25	26	25
<b>pH</b>	9,01	9,02	9,04	9,02
<b>TA (°F)</b>	0,3	0,3	0,3	0,3
<b>TAC (°F)</b>	11,5	11,3	11,2	11,3
<b>Oxydabilité(mg/l)</b>	1,60	1,60	1,92	1,71
<b>NO<sub>3</sub> (mg/l)</b>	4,83	4,96	5,05	4,92
<b>NO<sub>2</sub> (mg/l)</b>	0,51	0,51	0,52	0,52
<b>NH<sub>4</sub> (mg/l)</b>	0,001	0,001	ND	0,001
<b>PO<sub>4</sub> (mg/l)</b>	0,020	0,020	0,024	0,021
<b>SO<sub>4</sub> (mg/l)</b>	142,6	160,4	158,6	153,9
<b>Cl (mg/l)</b>	149,1	149,1	149,1	149,1
<b>Ca + Mg (°F)</b>	33,4	33,2	33,3	33,3
<b>Fe (mg/l)</b>	ND	0,52	0,94	0,49
<b>Mn (µg/l)</b>	0,30	0,09	0,34	0,24
<b>Zn (mg/l)</b>	0,16	ND	0,49	0,22
<b>Cu (mg/l)</b>	0,01	0,01	0,03	0,02
<b>Cr (µg/l)</b>	4	ND	1	1,67

ND: Non détectable

### IV.1.1.1. Evolution du pH et de l'alcalinité

Le pH des eaux augmente en saison chaude. Cette augmentation est accompagnée par une augmentation du titre alcalimétrique et une diminution du titre alcalimétrique complet.

La diminution du titre alcalimétrique (TA) en mois de Juillet témoigne de la possibilité de précipitation des carbonates.

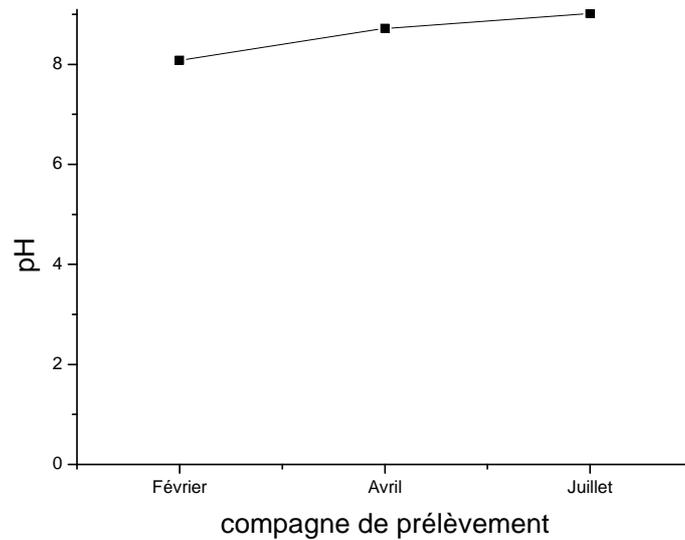


Figure IV.1: Évolution du pH des eaux du barrage prélevées au niveau de la digue

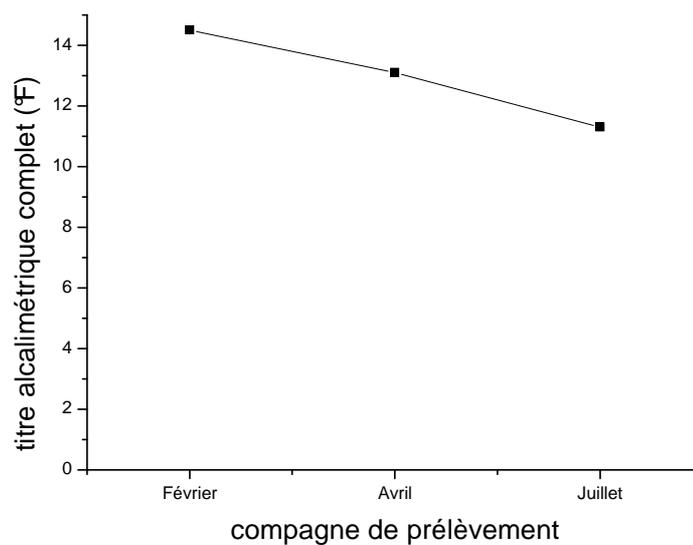
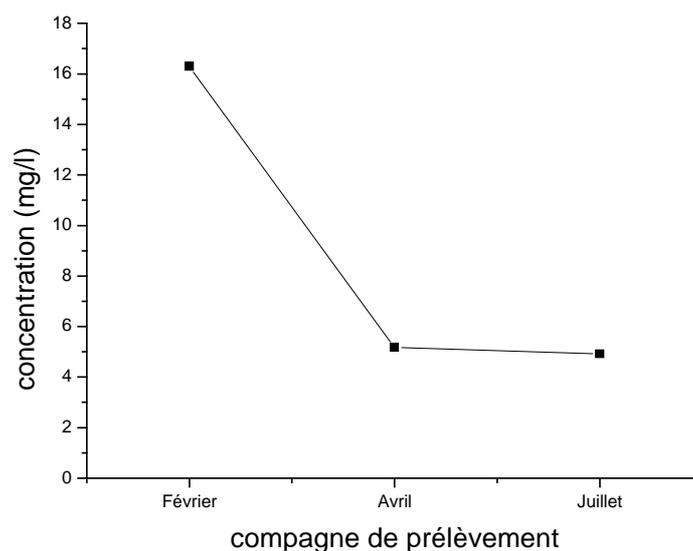


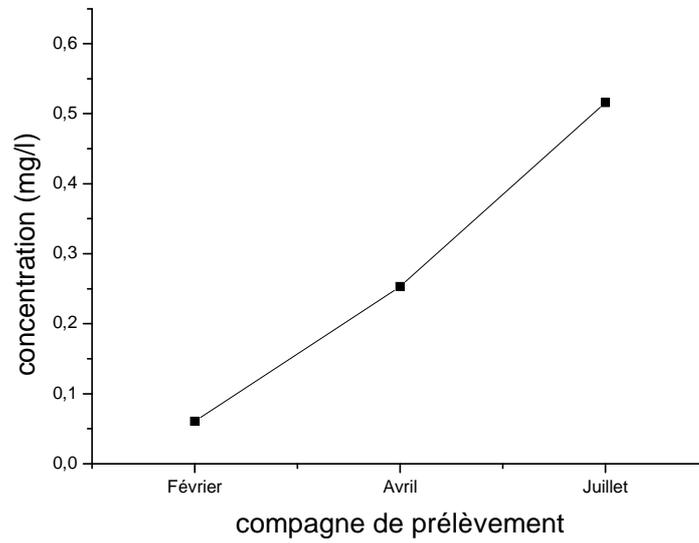
Figure IV.2: Evolution du titre alcalimétrique complet des eaux du barrage prélevées au niveau de la digue

### IV.1.1.2. Evolution des éléments nutritifs et de la matière organique

Les teneurs en nitrates les plus importantes sont enregistrées en mois de Février. Une nette diminution est observée en saison chaude; Ce qui peut être attribué à l'activité biologique. L'augmentation des concentrations des ions nitrites en cette même saison a une relation avec la dénitrification.

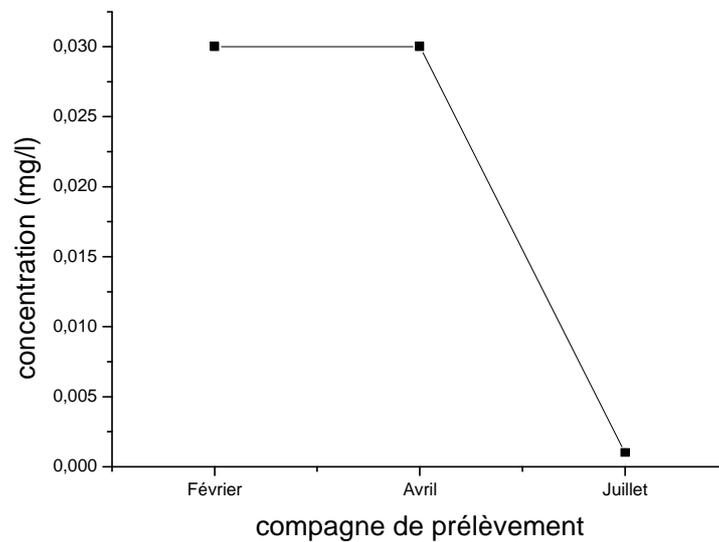


**Figure IV.3 : Évolution des nitrates dans les eaux du barrage prélevées au niveau de la digue**



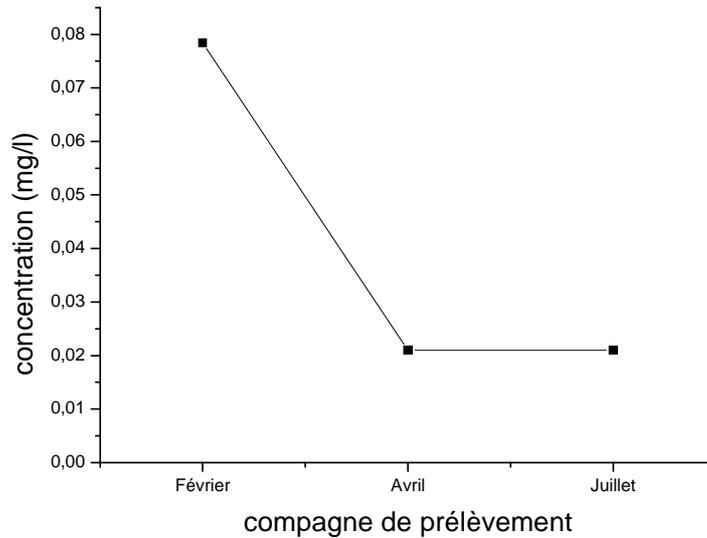
**Figure IV.4 : Évolution des nitrites dans les eaux du barrage prélevées au niveau de la digue**

L'évolution des ions ammonium ne montrent pas une relation avec celles des ions nitrates et nitrites.



**Figure IV.5 : Évolution de l'ammonium dans les eaux du barrage prélevées au niveau de la digue**

Une diminution des ions phosphates est enregistrée en mois d'avril, qui représente la fin de la circulation hivernal. Cette diminution a été enregistrée dans d'autres études (30, 31).



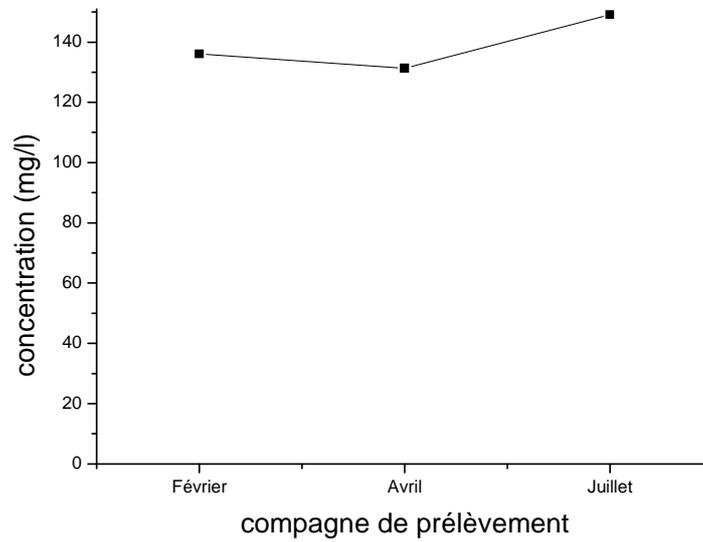
**Figure IV.6 : Évolution des phosphates dans les eaux du barrage prélevées au niveau de la digue**

Les teneurs en matières organique déterminées par le test au permanganate, sont faibles. Ce qui montre que ces eaux ne sont pas chargées en matière organique.

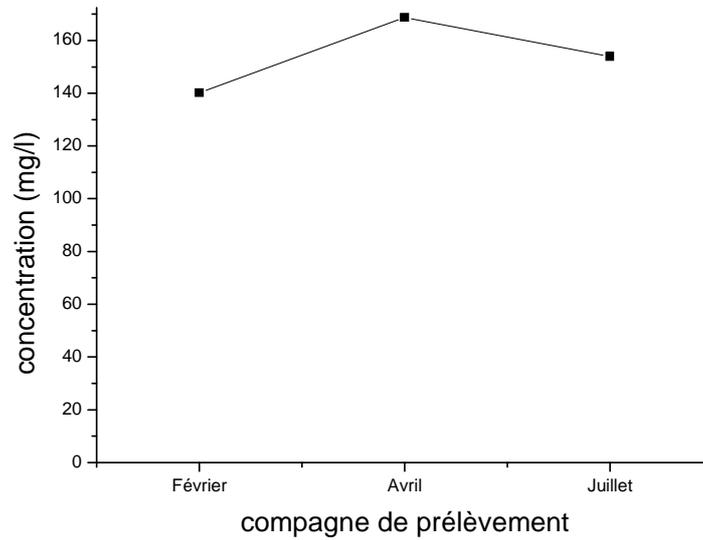
### IV.1.1.3. Evolution des chlorures, de la dureté et des sulfates

Les teneurs en sulfate et chlorures, présentent des fluctuations. La diminution de la concentration des chlorures en mois d'Avril, peut être attribuée à l'incorporation biologique.

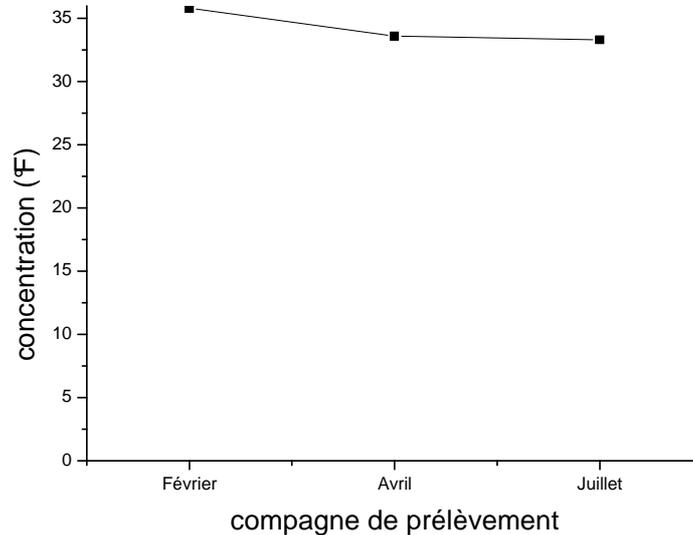
La dureté des eaux prélevées au niveau de la digue est plus stable en saison chaude.



**Figure IV.7 : Évolution des chlorures dans les eaux du barrage prélevées au niveau de la digue**



**Figure IV.8 : Évolution des sulfates dans les eaux du barrage prélevées au niveau de la digue**



**Figure IV.9 : Évolution de la dureté des eaux du barrage prélevées au niveau de la digue**

### IV.1.2. Evolution Spatiale des paramètres de la qualité des eaux du barrage

Les résultats des analyses des eaux prélevées dans différents endroits du bassin du barrage en mois d'avril, sont résumés dans le tableau IV.4.

#### *IV.1.2.1. Evolution du pH, de l'alcalinité et de la conductivité électrique*

Les valeurs de pH sont plus élevées au large de la retenue (aux niveaux des point de prélèvement B<sub>5</sub> et B<sub>6</sub>). La valeur la plus faible est enregistrée au niveau de la digue. Ce qui peut être expliqué par la différence de l'activité photosynthétique.

L'évolution des titres alcalimétrique et alcalimétrique complet, montre la prédominance des bicarbonates au niveau du site B<sub>4</sub> et au niveau de la digue.

A l'exception de la valeur mesurée au niveau de la station B<sub>5</sub>, la conductivité électrique présente une certaine stabilité. Elle est supérieure à 1500 $\mu$ s/cm.

Tableau IV.4: Analyse des eaux dans la retenue du barrage (Avril 2010)

Site Paramètre	B <sub>6</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
T (°C)	20	20	20	20	20	20
pH	9,00	8,90	8,83	8,65	8,72	8,80
CE (µS/cm)	1502	1486	1546	1538	1523	1541
TA (°F)	2,1	1,2	1,1	0,4	0,4	0,8
TAC (°F)	12,3	11	13,1	13,3	13	13
O <sub>2</sub> dissous (mg/l)	7,77	9,36	6,29	7,22	6,73	7,65
Oxydabilité (mg/l)	2,24	3,52	2,24	1,76	2,08	2,88
NO <sub>3</sub> (mg/l)	4,65	4,16	4,83	5,58	4,96	5,01
NO <sub>2</sub> (mg/l)	0,25	0,29	0,24	0,25	0,24	0,26
NH <sub>4</sub> (mg/l)	0,03	0,03	0,01	0,03	0,01	0,03
PO <sub>4</sub> (mg/l)	0,024	0,046	0,020	0,015	0,013	0,035
SO <sub>4</sub> (mg/l)	221,04	210,34	158,64	165,78	160,42	180,04
Cl (mg/l)	134,9	134,9	131,3	127,8	131,3	134,9
Ca + Mg (°F)	32,6	31,2	33,3	33,8	33,8	33,4
Fe (mg/l)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mn (µg/l)	0,13	0,17	0,09	0,09	0,09	0,43
Zn (mg/l)	0,49	1,06	ND	ND	ND	0,16
Cu (mg/l)	ND	0,01	0,01	ND	ND	ND
Cr (µg/l)	4	2	17	ND	4	8

ND: Non détectable

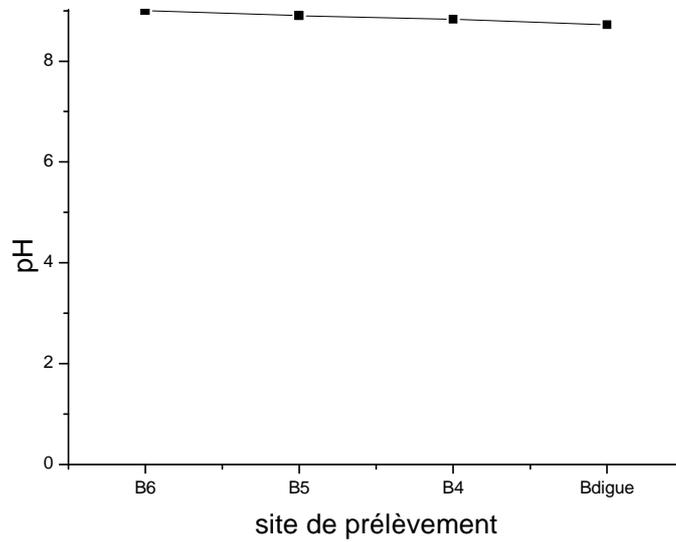


Figure IV.10: Evolution spatiale du pH des eaux de la retenue du barrage (Avril 2010)

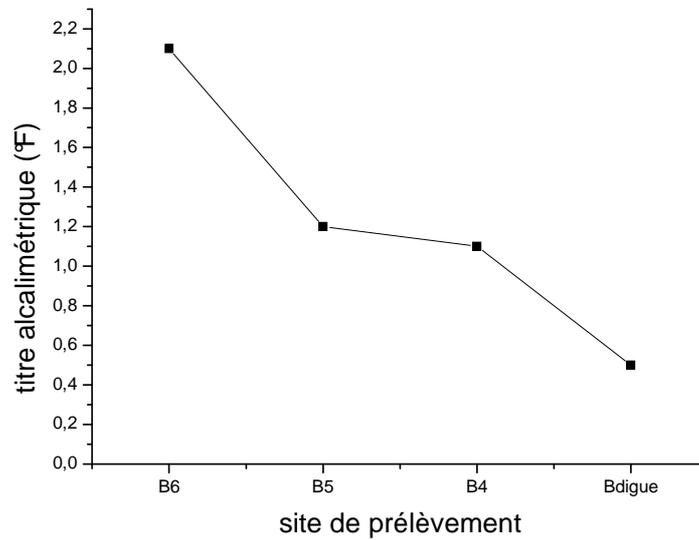


Figure IV.11: Evolution spatiale du TA des eaux de la retenue du barrage (Avril 2010)

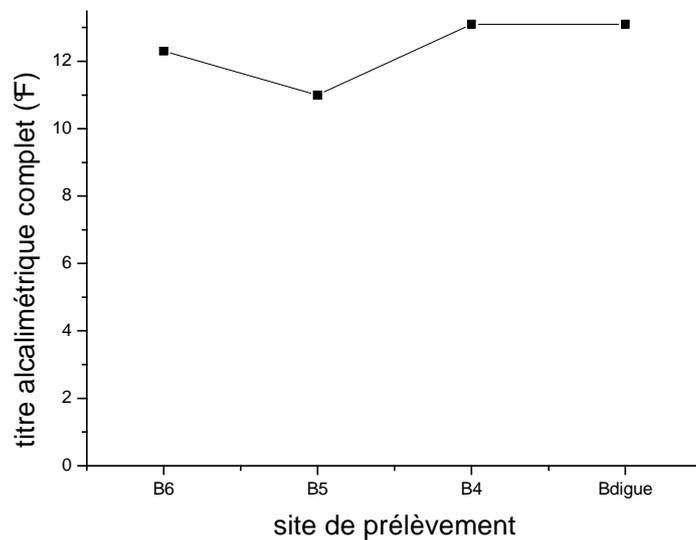


Figure IV.12: Evolution spatiale du TAC des eaux de la retenue du barrage (Avril 2010)

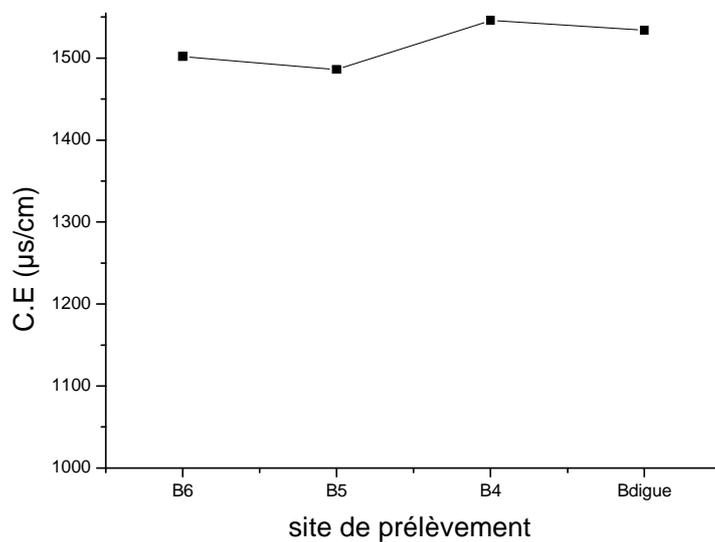
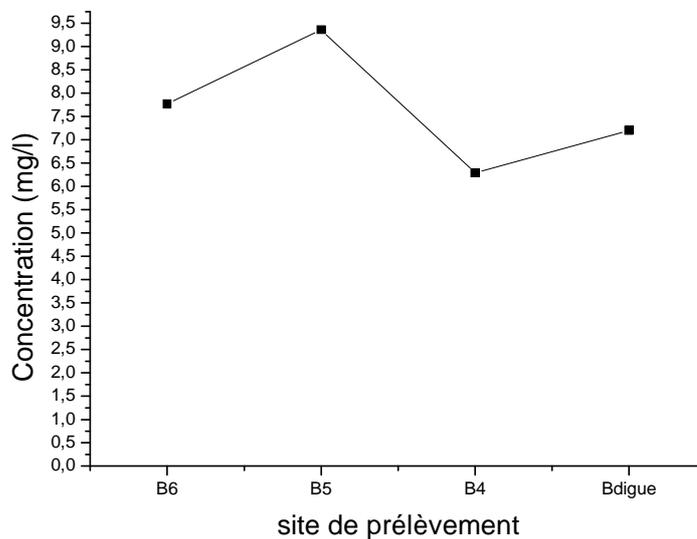


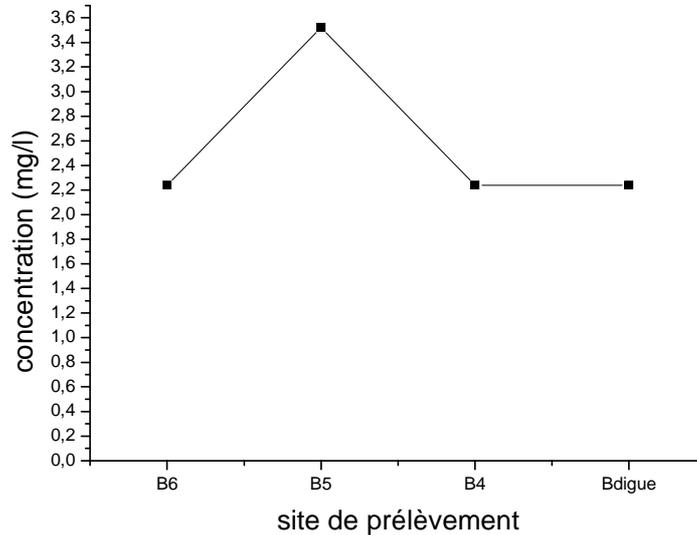
Figure IV.13: Evolution spatiale de la conductivité électrique des eaux de la retenue du barrage (Avril 2010)

### IV.1.2.2. Evolution de l'oxygène dissous et de l'oxydabilité au permanganate

Une sursaturation en oxygène dissous, est enregistrée au niveau du site B<sub>5</sub> où la teneur en matière organique est la plus importante. Ce qui montre un maximum d'activité photosynthétique (30).



**Figure IV.14: Evolution spatiale de l'oxygène dissous dans les eaux de la retenue du barrage (Avril 2010)**

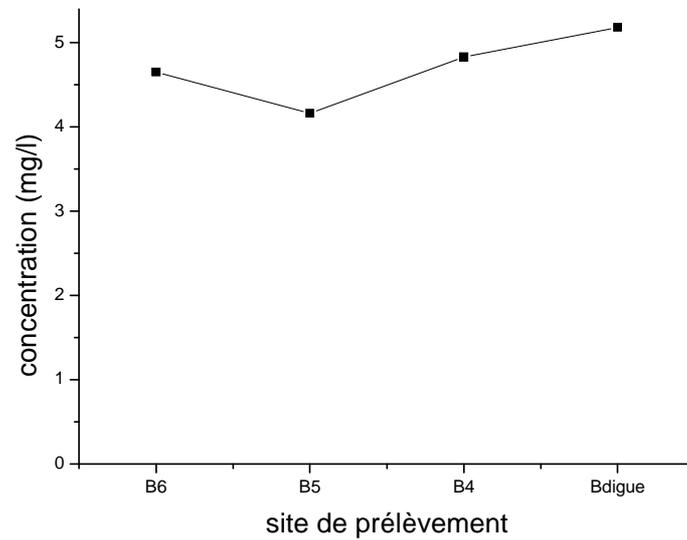


**Figure IV.15: Evolution spatiale de l'oxydabilité dans les eaux de la retenue du barrage (Avril 2010)**

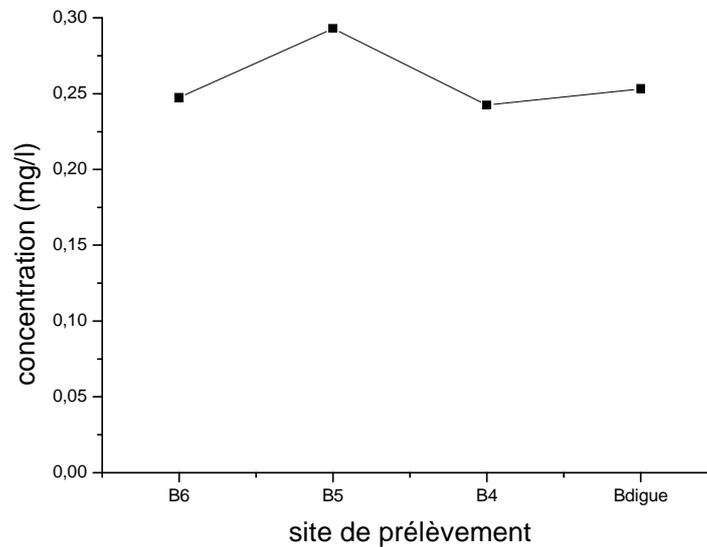
### *IV.1.2.3. Evolution des éléments nutritifs*

Au niveau du site le plus oxygéné (B<sub>5</sub>), on enregistre la teneur la plus faible en nitrate et la plus importante en phosphate. Ce qui confirme l'effet de la photosynthèse.

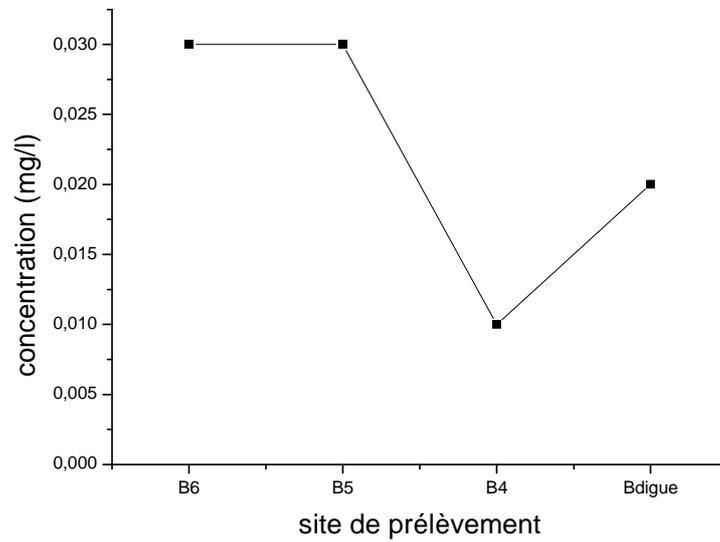
A l'inverse des ions nitrites, qui représente une certaine stabilité, les teneurs en ions ammonium fluctuent d'une station de prélèvement à une autre.



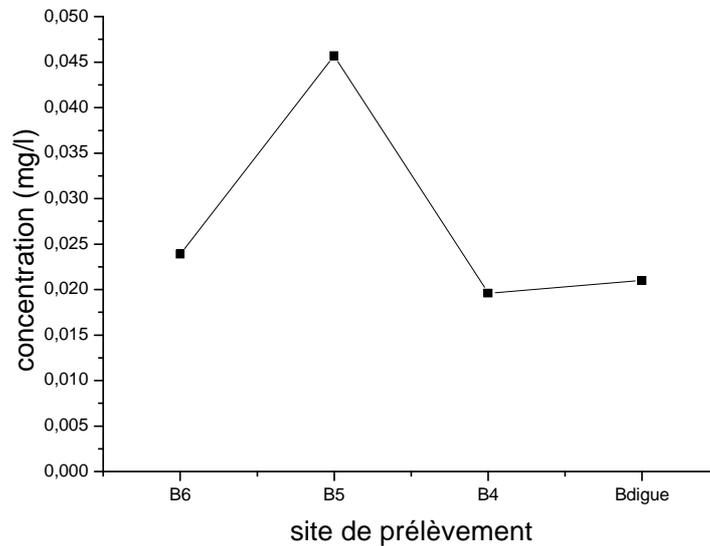
**Figure IV.16: Evolution spatiale des ions nitrates dans les eaux de la retenue du barrage (Avril 2010)**



**Figure IV.17: Evolution spatiale des ions nitrites dans les eaux de la retenue du barrage (Avril 2010)**



**Figure IV.18: Evolution spatiale des ions ammonium dans les eaux de la retenue du barrage (Avril 2010)**

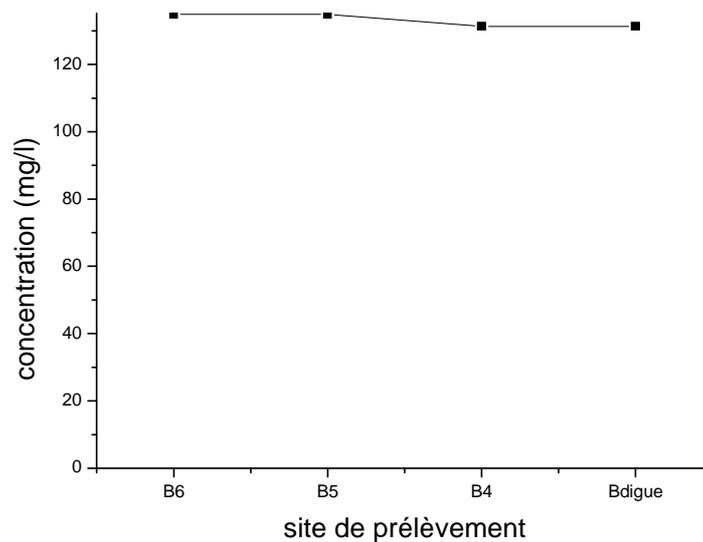


**Figure IV.19: Evolution spatiale des ions phosphates dans les eaux de la retenue du barrage (Avril 2010)**

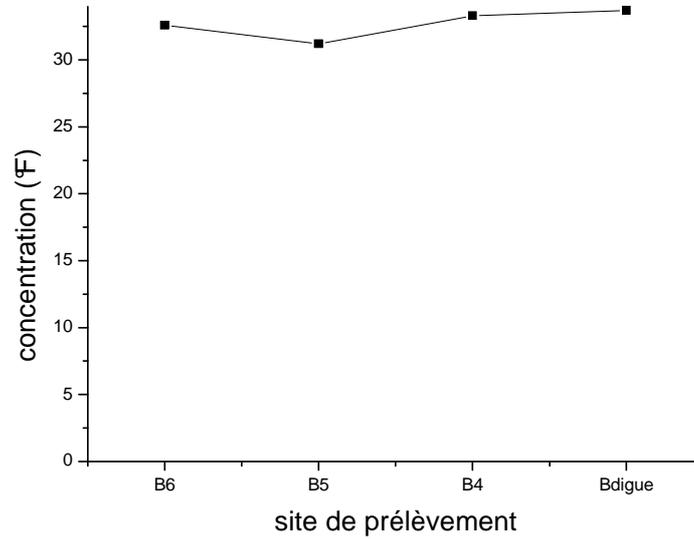
### IV.1.2.4. Evolution des chlorures, de la dureté et des sulfates

Les chlorures et la dureté présentent une stabilité spatiale. Ce qui montre qu'il n'y a aucun effet particulier et que ces concentrations sont caractéristiques des eaux dans cette région.

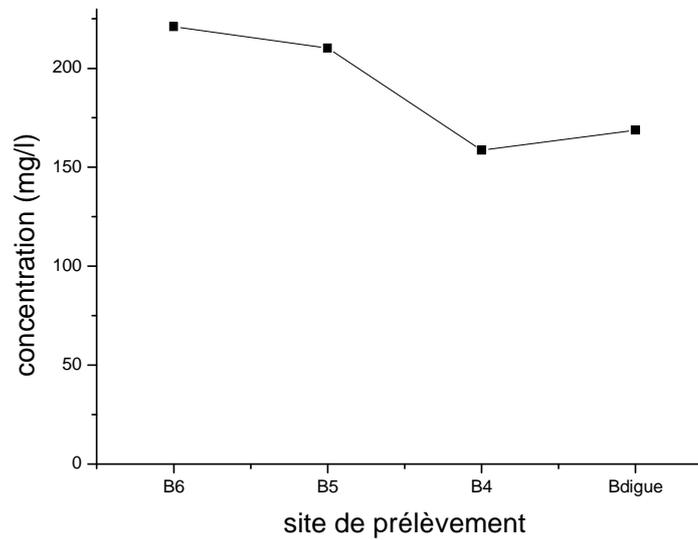
Les teneurs en sulfates sont plus importantes au niveau des sites au large du barrage, surtout au point B6. Ce qui peut être en relation avec les effluents d'oued Endja et oued Rhumel.



**Figure IV.20: Evolution spatiale des ions chlorures dans les eaux de la retenue du barrage (Avril 2010)**



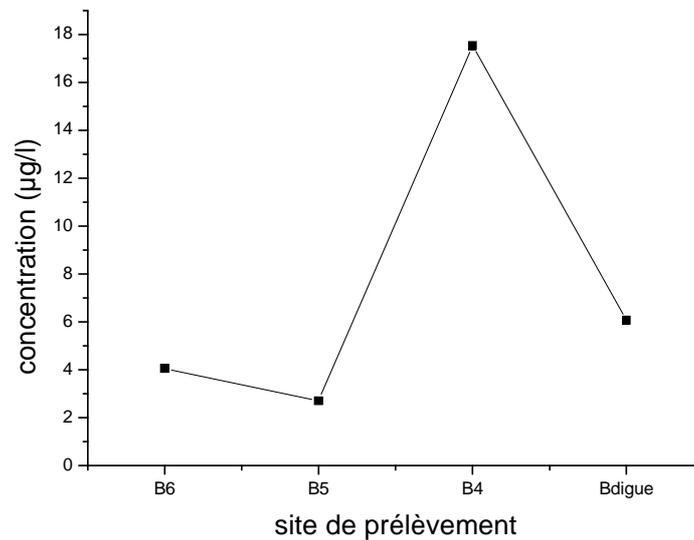
**Figure IV.21: Evolution spatiale de la dureté dans les eaux de la retenue du barrage (Avril 2010)**



**Figure IV. 22: Evolution spatiale des ions sulfates dans les eaux de la retenue du barrage (Avril 2010)**

### IV.1.2.5. Les métaux lourds

Les teneurs en fer sont souvent inférieures à la limite de détection. Cependant le manganèse persiste plus en solution. Les teneurs en chrome présentent des fluctuations, montrant l'impact des affluents.



**Figure IV.23: Evolution du chrome dans les eaux de la retenue du barrage (Avril 2010)**

-----  
**IV.1.3. Evolution des paramètres de la qualité des eaux du barrage prélevées en aval de la digue**

La particularité au niveau de ce site de prélèvement, est que les eaux ne sont pas profondes. Les résultats des analyses des eaux prélevés en aval de la digue du barrage sont résumés dans le tableau IV.5.

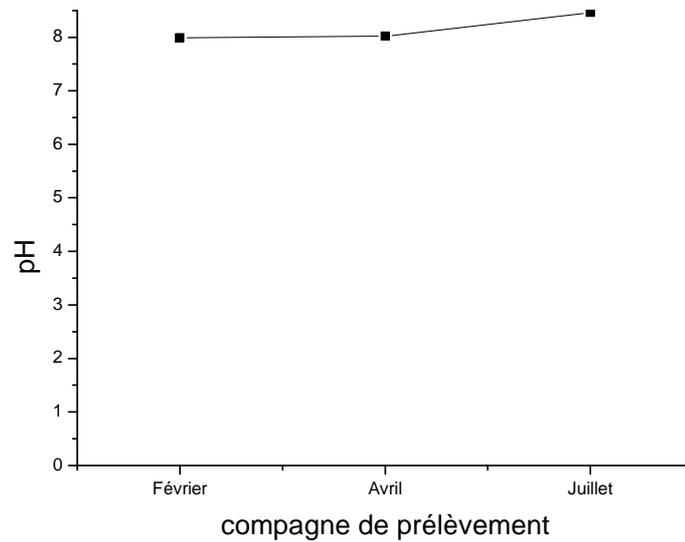
**Tableau IV.5: Analyse des eaux en aval de la digue.**

<b>Compagne</b>	<b>Février</b>	<b>Avril</b>	<b>Juillet</b>
<b>Paramètre</b>			
<b>T (°C)</b>	16	14	21
<b>pH</b>	7,99	8,02	8,46
<b>C.E (µs/cm)</b>	1670	1639	-
<b>TAC (F°)</b>	15,8	15,3	15
<b>O<sub>2</sub> dissous (mg)</b>	-	6,17	-
<b>Oxydabilité (mg/l)</b>	-	1,12	0,96
<b>NO<sub>3</sub> (mg/l)</b>	7,27	9,08	2,17
<b>NO<sub>2</sub> (mg/l)</b>	0,14	0,06	0,14
<b>NH<sub>4</sub> (mg/l)</b>	0,41	0,027	0,005
<b>PO<sub>4</sub> (mg/l)</b>	0,091	0,087	0,057
<b>SO<sub>4</sub> (mg/l)</b>	147,06	169,34	158,64
<b>Cl (mg/l)</b>	142	131,35	142
<b>Ca + Mg (°F)</b>	36,6	36,6	37,2
<b>Fe (mg/l)</b>	ND	ND	ND
<b>Mn (µg/l)</b>	-	0,13	0,34
<b>Zn (mg/l)</b>	-	ND	0,73
<b>Cu (mg/l)</b>	0,01	ND	0,01
<b>Cr (µg/l)</b>	-	2	5

ND: Non détectable

### IV.1.3. 1. Evolution du pH et de l'alcalinité

Le pH est plus alcalin en saison chaude; ce qui est en relation avec la solubilité du CO<sub>2</sub> (30). Cependant, l'évolution de l'alcalinité montre une certaine stabilité. Elle est surtout due aux ions hydrogénocarbonates.



**Figure IV.24: Evolution du pH des eaux prélevées en aval du barrage**

### IV.1.3. 2. Evolution des éléments nutritifs

En mois d'avril, on enregistre la concentration la plus élevée en nitrate et la plus faible en nitrite. Ce qui est lié à l'importante oxygénation du milieu, due à une forte activité photosynthétique.

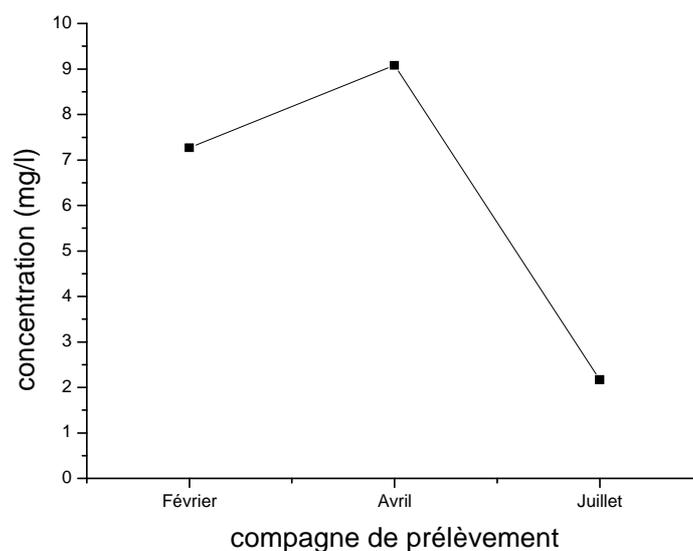


Figure IV.25: Evolution des ions nitrates dans les eaux prélevées en aval du barrage

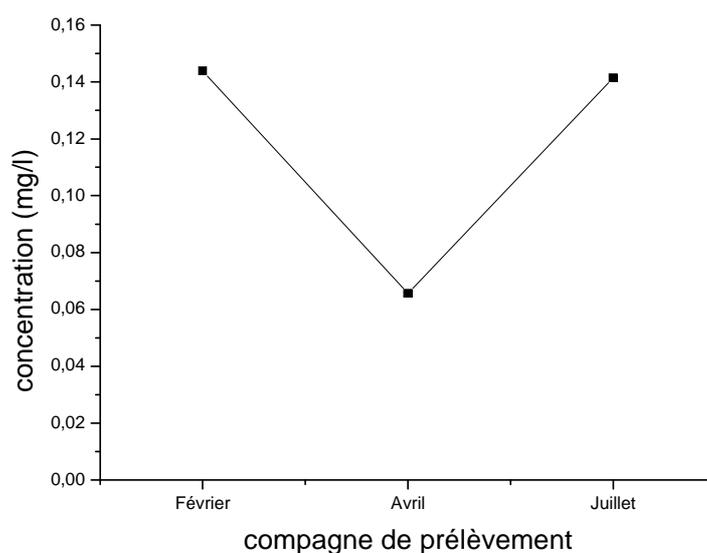
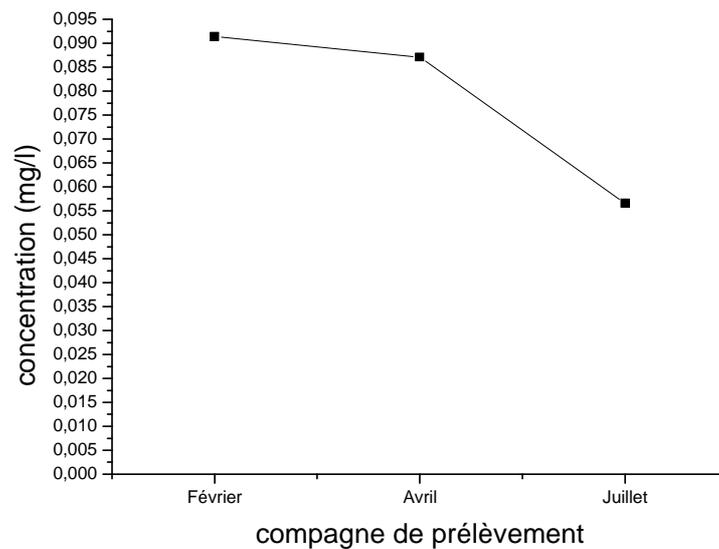


Figure IV.26: Evolution des ions nitrites dans les eaux prélevées en aval du barrage

Les teneurs en phosphate diminuent considérablement en saison chaude ce qui est due à la forte consommation des plantes.



**Figure IV.27: Evolution des ions phosphates dans les eaux prélevées en aval du barrage**

### IV.1.3. 3. Evolution de la dureté, des chlorures et des sulfates

La dureté des eaux prélevées en aval de la digue, est stable durant la période de prélèvement. Ce qui montre l'absence de phénomènes de dissolution.

Les teneurs en chlorures et sulfates présentent la même évolution que précédemment.

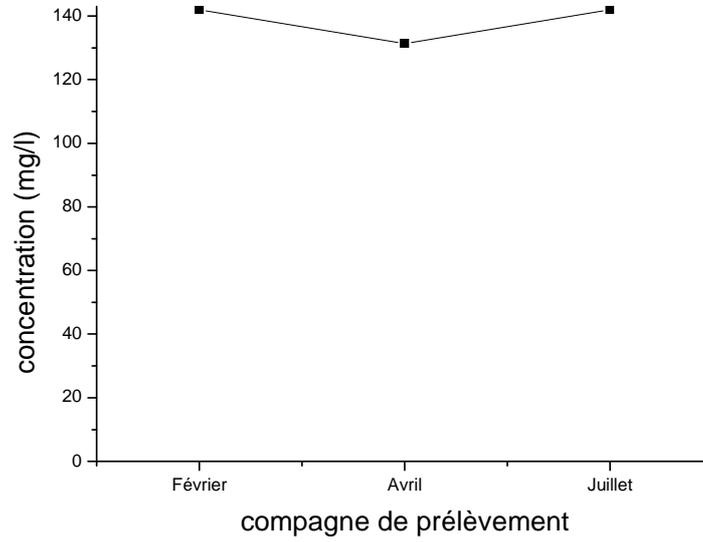


Figure IV. 28. Évolution des chlorures des eaux prélevées en aval du barrage

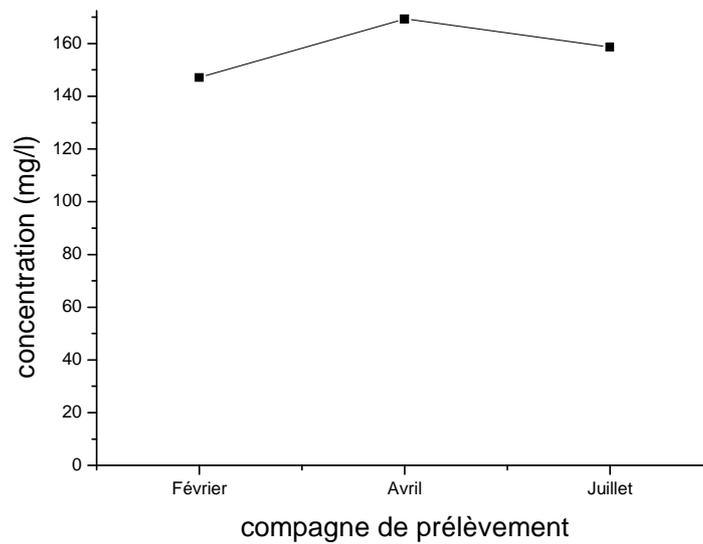


Figure IV.29. Évolution des sulfates des eaux prélevées en aval du barrage

### IV.1.3. 4. Les métaux lourds

Les teneurs en métaux les plus élevés sont enregistrées en saison chaude. Ce qui peut être attribué au phénomène d'évaporation.

Parmi les métaux analysés, le chrome présente des concentrations élevées, qui peuvent être néfastes pour la vie aquatique.

### IV.1.4. Evaluation de la qualité des eaux du barrage de Béni Haroun

L'eau de surface en un endroit donné dans une saison donnée est dite de qualité :

- Si des échantillons de cette eau prélevés à intervalle régulier et à un même lieu de prélèvement, présentent des valeurs des paramètres de qualité comprises à l'intérieur de l'intervalle définissant les limites de la classe i pour au moins 95% des mesures de tous les paramètres confondus et 90% des mesures pour un paramètre donné.
- Si les valeurs des paramètres non comprises à l'intérieur de l'intervalle définissant les limites de la classe i, ne dépassent pas les limites de la classe de 50%, exception faite pour la température, le pH, l'oxygène dissous et les paramètres bactériologiques (11).

### *Evaluation de la qualité des eaux au niveau de la digue*

Afin de pouvoir évaluer la qualité des eaux au niveau de la digue, le tableau suivant a été dressé en utilisant les résultats des trois campagnes de prélèvement réalisées.

En utilisant la grille multiusage de la qualité des eaux, on peut conclure que les eaux prélevées de la surface du barrage de Béni Haroun appartiennent à la classe 1 en hivers. Cependant, les valeurs de pH enregistrés en saison chaude, les déclassent vers la classe 2.

Tableau IV.6: Analyse des eaux du barrage au niveau de la digue (2010)

Paramètre	Concentration moyenne
T (C°)	20,33
<b>pH</b>	<b>8,61</b>
<b>CE (µs/cm)</b>	<b>1584</b>
TA (°F)	0,4
TAC (°F)	12,97
<b>NO<sub>3</sub> (mg/l)</b>	<b>8,82</b>
NO <sub>2</sub> (mg/l)	0,27
<b>NH<sub>4</sub> (mg/l)</b>	<b>0,01</b>
PO <sub>4</sub> (mg/l)	0,040
SO <sub>4</sub> (mg/l)	154,28
Cl (mg/l)	138,8
Ca + Mg (°F)	34,25
Oxydabilité (mg/l)	1,97

## IV.2. Evolution de la qualité des eaux de distribution du barrage de Béni Haroun

Les résultats des analyses des eaux prélevées au niveau des différents sites de distribution des eaux du barrage de Béni Haroun (Tableaux IV.7, IV.8, IV.9, IV.10, IV.11), montrent quelques différences pour certains paramètres : les sulfates, les phosphates, le zinc, le manganèse et le chrome.

Tableau IV.7: Analyse des eaux distribuées (Janvier 2010)

Site Paramètre	Zouaghi	Boumerzoug
NO <sub>3</sub> (mg/l)	6,16	5,58
NO <sub>2</sub> (mg /l)	ND	ND
NH <sub>4</sub> (mg /l)	0,005	0,009
PO <sub>4</sub> (mg/l)	ND	ND
SO <sub>4</sub> (mg/l)	206,8	206,8
Cl (mg/l)	142,0	142,0
Ca + Mg (°F)	39,6	38,0

ND : Non détectable

**Tableau IV.8: Analyse des eaux distribuées (Février 2010)**

<b>Site</b> <b>Paramètre</b>	<b>Zouaghi</b>	<b>Boumerzoug</b>	<b>Frères Dembri</b>
<b>pH</b>	7,58	7,74	7,85
<b>C.E (µS/cm)</b>	1790	1750	1761
<b>TAC (°F)</b>	13,1	11,2	11,2
<b>NO<sub>3</sub> (mg/l)</b>	6,96	7,62	11,25
<b>NO<sub>2</sub></b>	ND	ND	ND
<b>NH<sub>4</sub> (mg/l)</b>	0,019	0,009	0,009
<b>PO<sub>4</sub> (mg/l)</b>	0,004	0,002	ND
<b>SO<sub>4</sub> (mg/l)</b>	201,42	201,42	180,03
<b>Cl (mg/l)</b>	142	138,45	134,9
<b>Ca+Mg (°F)</b>	34,4	37,8	36,6

ND : Non détectable

**Tableau IV.9: Analyse des eaux distribuées (Mars 2010)**

Site Paramètre	Zouaghi	Boumerzoug	Frères Dembri
<b>pH</b>	7,62	7,71	7,75
<b>C.E (µS/cm)</b>	1791	1765	1688
<b>TAC (°F)</b>	12,2	11,6	13,3
<b>NO<sub>3</sub> (mg/l)</b>	5,67	6,07	8,73
<b>NO<sub>2</sub></b>	ND	ND	ND
<b>NH<sub>4</sub> (mg /l)</b>	0,019	0,014	0,013
<b>PO<sub>4</sub> (mg/l)</b>	0,008	0,008	0,002
<b>SO<sub>4</sub> (mg/l)</b>	-	237,97	220,14
<b>Cl (mg/l)</b>	134,9	138,45	127,8
<b>Ca+Mg (°F)</b>	38,2	38,2	36,6
<b>Mn (µg/l)</b>	ND	ND	ND
<b>Zn (mg/l)</b>	0,08	0,08	0,89
<b>Oxydabilité(mg/l)</b>	0,32	0,48	0,32

ND : Non détectable

Tableau IV.10: Analyse des eaux distribuées (Mai 2010)

Site Paramètre	Zouaghi	Boumerzoug	Frères Dembri
<b>pH</b>	8,02	7,90	7,98
<b>TAC (°F)</b>	13	12,1	13,7
<b>NO<sub>3</sub> (mg/l)</b>	6,33	6,82	11,03
<b>NO<sub>2</sub></b>	ND	ND	ND
<b>NH<sub>4</sub> (mg/l)</b>	0,004	ND	ND
<b>PO<sub>4</sub> (mg/l)</b>	0,004	0,006	0,013
<b>SO<sub>4</sub> (mg/l)</b>	227,3	205,9	203,2
<b>Cl (mg/l)</b>	134,9	142	138,5
<b>Ca + Mg (°F)</b>	38,0	37,2	36,0
<b>Mn (µg/l)</b>	ND	ND	ND
<b>Zn (mg/l)</b>	0,08	0,08	0,08
<b>Cr (µg/l)</b>	ND	ND	ND
<b>Oxydabilité (mg/l)</b>	0,32	0,16	0,16

ND : Non détectable

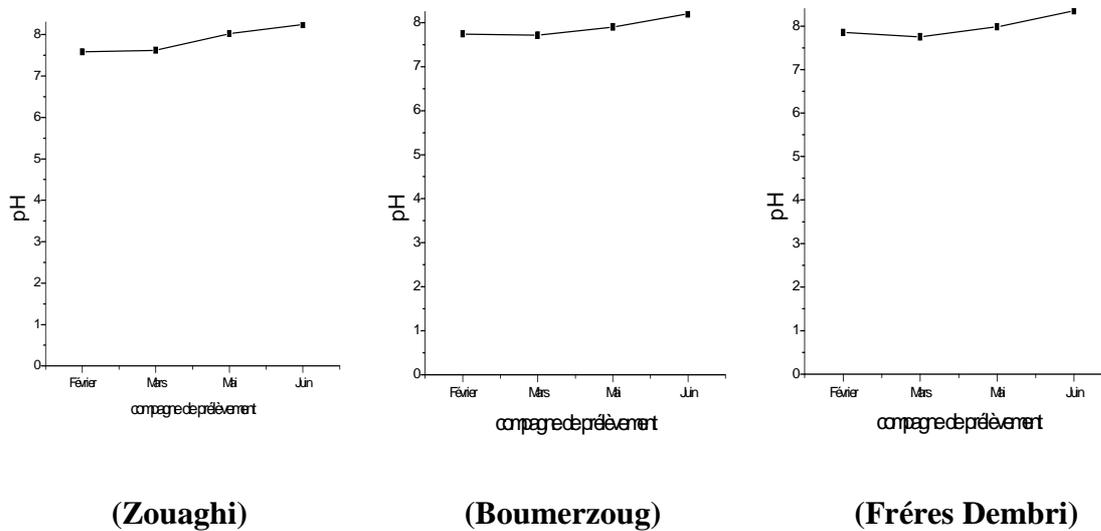
**Tableau IV.11: Analyse des eaux distribuées (Juin 2010)**

Site Paramètre	Zouaghi	Boumerzoug	Frères Dembri
<b>pH</b>	8,24	8,20	8,35
<b>TAC (°F)</b>	12,9	12,7	12,4
<b>NO<sub>3</sub> (mg/l)</b>	6,60	6,73	8,46
<b>NO<sub>2</sub></b>	ND	ND	ND
<b>NH<sub>4</sub> (mg/l)</b>	0,060	0,037	0,050
<b>PO<sub>4</sub> (mg/l)</b>	0,002	0,008	0,008
<b>SO<sub>4</sub> (mg/l)</b>	235,3	221,9	211,2
<b>Cl (mg/l)</b>	142,0	142,0	134,9
<b>Ca+Mg (°F)</b>	37,4	37,4	35,4
<b>Mn (µg/l)</b>	ND	0,21	0,13
<b>Zn (mg/l)</b>	0,49	0,57	0,49
<b>Cr (µg/l)</b>	1	ND	1
<b>Oxydabilité (mg/l)</b>	0,32	0,32	0,32

ND : Non détectable

### *Evolution du pH*

L'évolution du pH pour les trois sites, montre une augmentation en saison chaude. Cette augmentation a été déjà enregistrée dans le cas des eaux brutes.

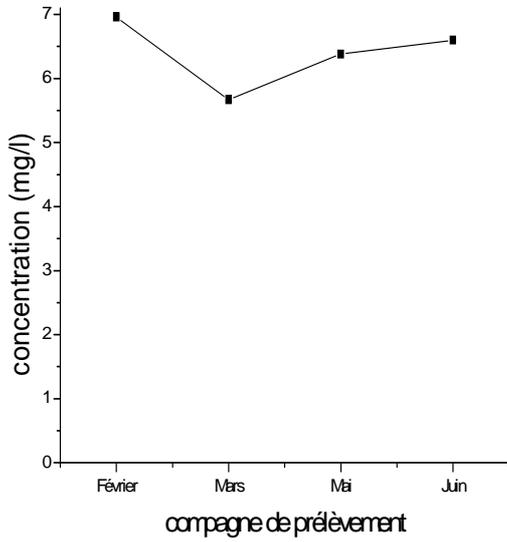


**Figure IV.30: Evolution du pH dans les eaux de distribution**

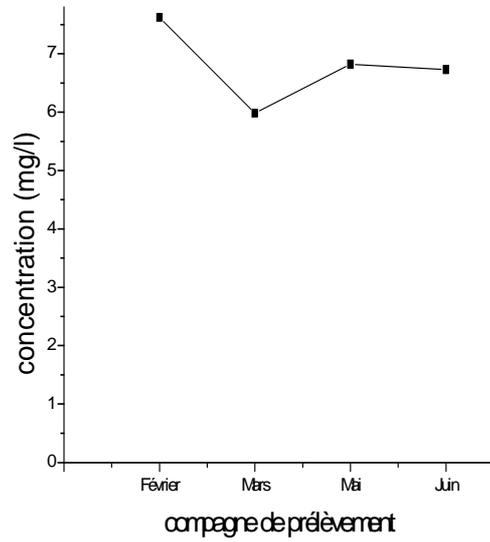
### *Evolution des éléments nutritifs*

Les teneurs en nitrate les plus importantes, sont enregistrées en mois de Février. Le site de prélèvement situé dans la wilaya de, Mila présente toujours des teneurs plus élevées en nitrates. On enregistre la présence des ions ammonium au niveau des trois sites de prélèvement.

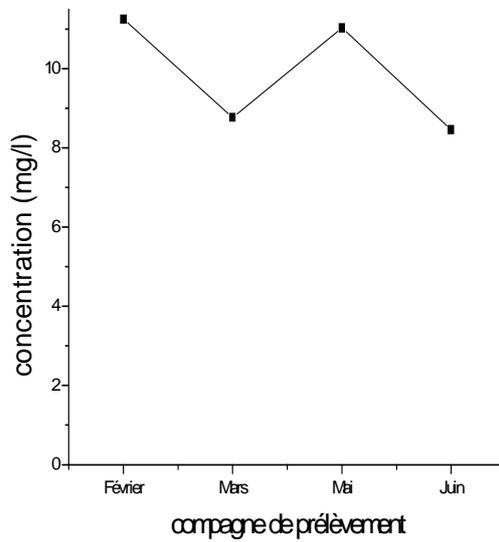
Concernant les ions phosphates, à l'exception de la teneur enregistrée en mois de juin pour le site de Boumerzoug, une même évolution est observée pour les trois sites avec une augmentation au printemps.



(Zouaghi)

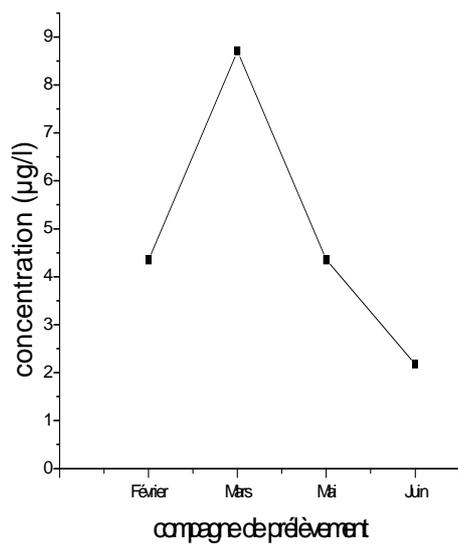


(Boumerzoug)

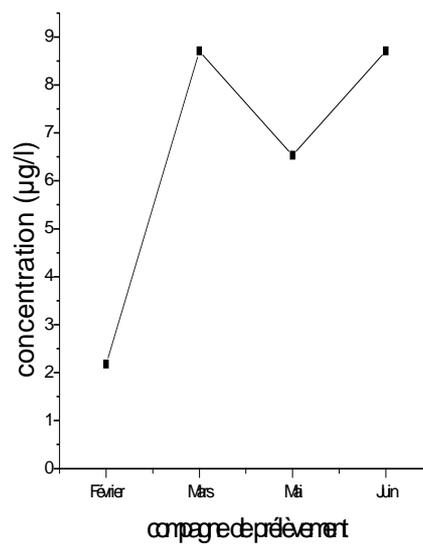


(Frères Dembri)

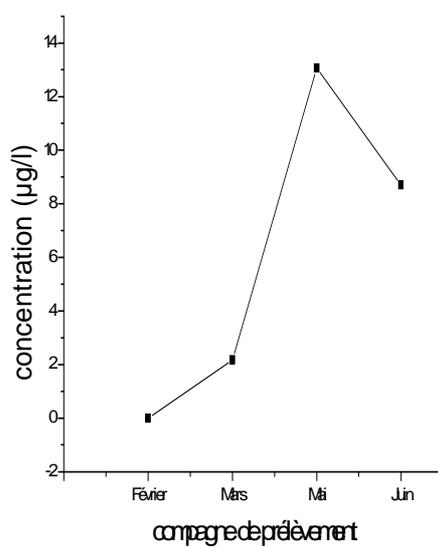
Figure IV.32: Evolution des ions nitrates dans les eaux distribuées



(Zouaghi)



(Boumerzoug)

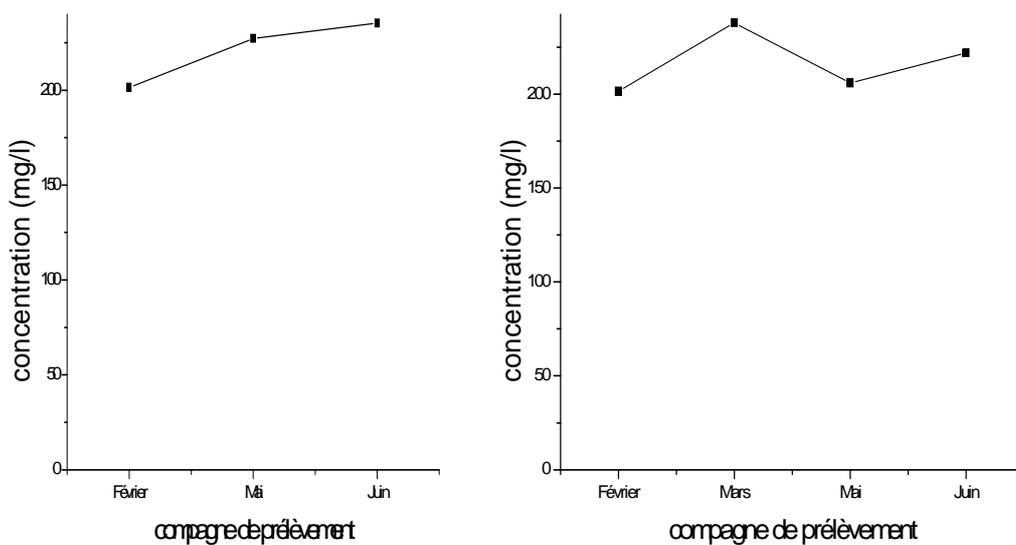


(Frères Dembri)

Figure IV. 33: Evolution des ions phosphates dans les eaux distribuées

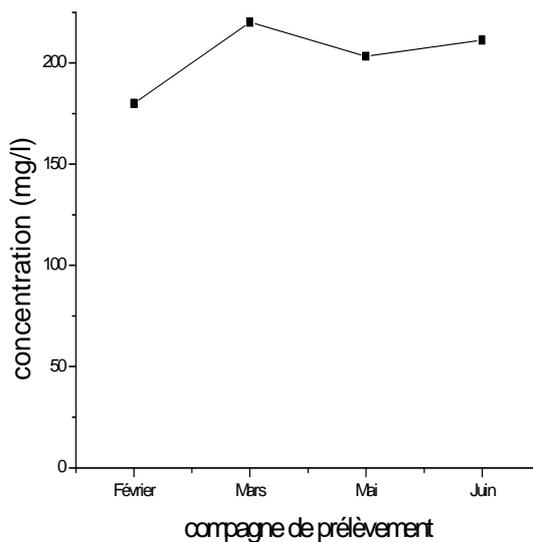
*Evolution des sulfates*

Les teneurs en sulfates présentent des fluctuations, qui proviennent de l'utilisation des réactifs au niveau des stations de traitement. Les eaux prélevées au niveau du site de la wilaya de Mila, se caractérisent par des concentrations moins importantes. Ce qui confirme l'effet du traitement sur la concentration des ions sulfate.



(Zouaghi)

(Boumerzoug)



(Frères Dembri)

Figure IV.31: Evolution des ions sulfates dans les eaux distribuées

## Chapitre IV. Résultats et Discussion

---

### *Evaluation de l'efficacité du traitement des eaux du barrage de Béni Haroun et de la qualité de ses eaux distribuées*

En comparant les teneurs enregistrées pour les différents paramètres analysés dans le cas des eaux distribuées et des eaux brutes (Tableau IV.12), on note:

Une diminution des teneurs en ions nitrites et ions phosphates;

Une diminution de la teneur en matière organique

Une certaine augmentation des teneurs en nitrates concernant le site de Mila ;

Une augmentation de la conductivité électrique et des teneurs en sulfates ;

Une légère augmentation de la dureté;

Parmi les métaux, seul le zinc présente des teneurs détectables, elles sont plus importantes au niveau du site situé dans la wilaya de Mila.

Ces observations, montrent les effets de l'ajout des différents réactifs et de l'acheminement des eaux dans les canalisations.

**Tableau IV. 12: Comparaison de la qualité des eaux distribuées et brutes**

Site Paramètre	Zouaghi	Boumerzoug	Frères Dembri	Barrage
<b>pH</b>	7,86	7,89	7,98	8,61
<b>CE (<math>\mu\text{s}/\text{cm}</math>)</b>	1790	1757	1724	1584
<b>NO<sub>3</sub> (mg/l)</b>	6,33	6,51	9,83	8,82
<b>NO<sub>2</sub> (mg/l)</b>	ND	ND	ND	0,27
<b>NH<sub>4</sub> (mg/l)</b>	0,022	0,018	0,024	0,01
<b>PO<sub>4</sub> (mg/l)</b>	0,005	0,006	0,008	0,040
<b>SO<sub>4</sub> (mg/l)</b>	256,33	214,80	203,65	154,28
<b>Cl (mg/l)</b>	139,16	140,58	134,01	138,84
<b>Ca + Mg (°F)</b>	38,56	37,72	36,15	34,26
<b>Oxydabilité (mg/l)</b>	0,32	0,32	0,27	1,97
<b>Zinc (mg/l)</b>	0,22	0,24	0,49	0,32(Juillet)

ND : Non détectable

Du point de vu de la potabilité, les eaux de consommation distribuées, posent un problème en ce qui concerne la dureté.

## Chapitre IV. Résultats et Discussion

La comparaison de la qualité des eaux distribuées de Béni Haroun avec celle des eaux de Hamma Bouziane (Tableau IV.13), montre que ces dernières ont un pH moins élevé, une conductivité électrique plus élevée et des teneurs plus importantes en sulfate. Concernant la dureté, les eaux du barrage présentent une qualité meilleure.

**Tableau IV.13: Analyse des eaux distribuées de Hamma Bouziane**

Date paramètre	08/02/2010	14/03/2010	16/05/2010	27/06/2010	Moy
<b>pH</b>	7,70	7,07	7,48	8,02	7,57
<b>CE (µs/cm)</b>	1796	1875	-	-	1835
<b>Oxydabilité</b>	-	0,16	0,32	0,32	0,27
<b>TAC (°F)</b>	20,8	31,5	32,3	31,5	29,02
<b>NO<sub>3</sub> (mg/l)</b>	7,40	6,47	6,56	7,13	6,87
<b>NO<sub>2</sub> (mg/l)</b>	ND	ND	ND	ND	ND
<b>NH<sub>4</sub> (mg/l)</b>	-	0,01	ND	0,04	0,03
<b>PO<sub>4</sub> (mg/l)</b>	0,004	0,015	0,019	0,026	0,016
<b>SO<sub>4</sub> (mg/l)</b>	100,7	147,9	85,6	109,6	110,9
<b>Ca + Mg (°F)</b>	48,8	48,4	48,6	48,2	48,5
<b>Cl<sup>-</sup> (mg/l)</b>	134,9	134,9	134,9	134,9	134,9
<b>Cr (mg/l)</b>	-	-	ND	ND	ND
<b>Mn (µg/l)</b>	-	ND	ND	0,13	0,04
<b>Zn (mg/l)</b>	-	0,16	ND	0,16	0,11

ND : Non détectable

## **Conclusion générale**

Dans la présente étude, la qualité des eaux brutes et distribuées du barrage de Béni Haroun est évaluée à travers l'analyse de différents paramètres physicochimique.

Les résultats obtenus, montrent que les eaux du barrage ont une dureté et une minéralisation élevées avec des teneurs faibles en phosphates, nitrate et matière organique.

Les chlorures et la dureté, présentent des teneurs stables dans le temps et dans l'espace.

L'évolution des différents paramètres durant la période d'étude, montre les effets de l'incorporation biologique, de l'évaporation et de la sédimentation.

La qualité des eaux brutes du barrage dépend de la saison. Elles sont de bonne qualité en hivers.

Les eaux distribuées, se caractérisent par une minéralisation supérieure à celle des eaux brutes.

La dureté excessive caractéristique des eaux du barrage, n'est pas éliminée au niveau des stations de traitement.

Selon les normes de potabilité de l'OMS, on peut conclure que les eaux distribuées du barrage de Béni Haroun sont potables. Cependant, un traitement supplémentaire pour éliminer la dureté excessive doit être introduit avec la nécessité du contrôle de l'utilisation des différents réactifs.

**REFERENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES**

**1 - DE VILLERS J., SQUILBIN M., YOURASSOWSKY C. 2005**

Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement.

**2 - RODIER J. 1984**

L'analyse de l'eau, Eaux naturelles, Eaux résiduaires et Eaux de mer, 7<sup>ème</sup> édition, DULOD, Paris.

**3 - PESSON P. 1976**

La pollution des eaux continentales, Bordas, Paris.

**4 - RAMADE F. 1982**

Eléments d'écologie (écologie appliquée), DULOD, Paris.

**5 - LOUP J. 1974**

Les eaux terrestres, Masson et Cie, Paris.

**6 - BREMOND R., VUICHARD R. 1973**

Paramètres de la qualité des eaux, OSPEPE, Paris

**7 - NALCO. 1983**

Manuel de l'eau, TEC- DOC – Lavoisier, Paris.

**8 - BERNARD D. 1966**

Limnologie - Etude des eaux continentales, Gauthier-Villars, Paris

**9 - BOISSONNEAULT Y. 2009**

Etats des eaux WWW.BOISSONNEAULT.CA 1.8IiVi9.296.2682

**10 - Berryman, D. 1990**

Sélection de nouveaux indicateurs de la qualité des cours d'eau du Québec. Ministère de l'environnement du Québec, Direction de la qualité des cours d'eau, rapport : QE-90-05, EN900140 QE/67/1

**11 - [www.eau-tensift.net/.../1\\_Grille\\_de\\_qualité](http://www.eau-tensift.net/.../1_Grille_de_qualite). Avril 2010**

**12 - [www.ceaeq.gouv.qc.ca /... / échantillonnage / piscines-bassins.htm](http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/.../echantillonnage/piscines-bassins.htm). Février 2010**

**13 - ISBN 978-2-55051958-4. Février 2010**

Modes de prélèvement et de conservation des échantillons relatifs à l'application du Règlement sur la qualité de l'eau potable.

**14 - [www.oieau.fr /.../Analyse Eau](http://www.oieau.fr/.../Analyse_Eau). Février 2010**

**15 - OUMEDJBEUR A. 1986**

Evaluation de la qualité physicochimique des eaux du bassin versant du barrage de guénitra. Thèse de doctorat troisième cycle, chimie de la pollution France

**16- KOHONEN T. 1984**

Automatic monitoring of river water quality- Water Science Technology 16 289-294

**17- [www.ceaeq.gouv.qc.ca /](http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/) Février 2010**

**18 - DROUART E., VOUILLAMOZ J-M. 1999**

Alimentation en eau potable des populations menacées, Action contre la faim, Hermann. Paris

**19 - [www.anti-age-bio.com /.../Normes-eau-potable-100.html](http://www.anti-age-bio.com/.../Normes-eau-potable-100.html) Septembre 2010**

**20 - <http://www.lenntech.fr/applications/potable/normes/normes-oms-eau-potable.htm>  
Octobre 2010**

**21 – Mebarki A. 2009**

Ressources en eau et aménagement en Algérie- Les bassins hydrographiques de l'est. OPU  
Alger

**22 - KHALDI F- Z., MELGHIT M. 2007**

Qualité physico-chimique, pollution organique et contamination métallique (Fe, Cu , Mn et Zn) des eaux des barrages Hammam Grouz, Béni Haroun et de L'oued Rhumel  
Mémoire Ingénieur d'Etat en Ecologie : Pathologie des écosystèmes. Université Mentouri- Constantine

**23 - BELAIDI C., MECHERI H- A 2009**

Evaluation du niveau de contamination par les éléments traces métalliques (Cr , Cd , et Pb) du compartiment sédimentaire de l'oued Rhumel (de l'amont de Belaa jusqu'à l'amont du barrage Béni Haroun)  
Mémoire Ingénieur d'Etat en Ecologie et environnement : Pathologie des écosystèmes. Université Mentouri- Constantine

**24 - HABILA S 2008**

Etude de l'impact du barrage Béni Haroun sur l'environnement : Effets Ecotoxicologiques Mémoire de Magister en Biologie : Ecotoxicologie. Université de Jijel

**25- A.B.H. 1999-2004**

Les cahiers de l'Agence, Agence de Bassin Hydrographique Constaninois-Seybouse-Mellegue, Constantine

**26 - BOUTITAOU M. 1994**

Contribution à l'étude de l'évaluation de la variation saisonnière de la qualité physico-chimique des eaux du barrage de GUENITRA (W.Skikda)  
Mémoire Ingénieur d'Etat en Ecologie et environnement : Pathologie des écosystèmes (pollution). Université Mentouri - Constantine.

**27 - RODIER J. 2005**

L'analyse de l'eau, Eaux naturelles, Eaux résiduaires et Eaux de mer, 9<sup>ème</sup> édition, DULOD, Paris.

**28 - RODIER J.1978**

L'analyse de l'eau, Eaux naturelles, Eaux résiduaires et Eaux de mer, 6<sup>ème</sup> édition, DULOD, Paris.

**29 - RODIER J. 1996**

L'analyse de l'eau, Eaux naturelles, Eaux résiduaires et Eaux de mer, 8<sup>ème</sup> édition, DULOD, Paris.

**30- BOUKHALFA C. 1993**

Contribution à l'évaluation du taux de contamination des eaux du barrage de Guénitra par les métaux.

Thèse de Magistère, Analyse des eaux. Université Mentouri de Constantine

**31- ABOUZAIID H., LANDER L. et FALKOWSKI T. 1989**

L'eutrophisation de la retenue naturelle du barrage Sidi-Mohamed ben Abdellah au Maroc. Bulletin de la qualité des eaux, IX, N°1, 35-40.

## **Résumé**

La présente étude est une évaluation de la qualité physicochimique des eaux brutes et distribuées du barrage de béni Haroun, à travers l'analyse de différents paramètres physicochimique.

Plusieurs campagnes de prélèvement des eaux du barrage, ont été effectuées au niveau de différents sites. Les eaux distribuées ont été prélevés au niveau de trois sites urbains situés dans les wilayas de Constantine et Mila.

La qualité générale des eaux a été appréciée par l'analyse des paramètres: pH, Conductivité électrique, alcalinité, sulfates, chlorures, dureté, nitrates, nitrites, ammonium et phosphate. La matière organique a été évaluée à l'aide du test au permanganate.

La présence des métaux: fer, cuivre, zinc, manganèse et chrome a été aussi contrôlée.

Les résultats obtenus, montrent que les eaux du barrage sont caractérisées par une dureté et une minéralisation élevées, avec des teneurs faibles en phosphates, nitrate et matière organique.

L'évolution des différents paramètres durant la période d'étude, montre que les chlorures et la dureté présentent des teneurs stables dans le temps et dans l'espace. Les teneurs en sulfates, nitrates et phosphates varient en fonction du temps.

Les eaux distribuées se caractérisent par : une minéralisation supérieure à celle des eaux brutes, des fluctuations des concentrations en sulfates et une dureté élevée. Les eaux prélevées au niveau des différents sites, se différencient pour certains paramètres.

**Mots clés :** Eau de surface – Eau de barrage – Eau potable – Qualité de l'eau

## ملخص

تمثل هذه الدراسة تقييم للنوعية الفيزيائية – الكيميائية للمياه الخامة و الموزعة لسد بني هارون باستعمال التحاليل الخاصة بعدة عناصر.

عدة عينات من مياه السد أخذت من عدة أماكن. المياه الموزعة أخذت على مستوى أماكن حضرية في ولايتي قسنطينة و ميلة.

النوعية العامة للماء قدرت بتقدير: الناقلية الكهربائية، القاعدية، الكبريتات، الكلوريد، القساوة، النترات، النتريت، الامونيوم و الفوسفات. المواد العضوية قدرت باستعمال تجربة البرمنغنات. تمت كذلك مراقبة وجود المعادن: الحديد، النحاس، الزنك، المنغنيز و الكروم.

النتائج المتحصل عليها توضح أن مياه السد تتميز بقساوة و تمعدن عاليين و بتراكيز ضعيفة من الفوسفات، النترات و المواد العضوية

خلال مدة الدراسة، لاحظنا ان قيم كل من القساوة و ايونات الكلوريد ثابتة لا تتغيرة كثيرا بمرور الوقت او بالتنقل من مكان لآخر في السد، بينما تتغير تراكيز كل من الكبريتات، النترات و الفوسفات مع الوقت.

مياه السد الموزعة المأخوذة من مختلف الأماكن تمثل اختلافات بالنسبة لبعض العناصر. بصفة عامة تتميز هذه المياه بتمعدن أعلى من مياه السد وبقساوة عالية وبتغير في تراكيز الكبريتات.

**الكلمة المفتاح :** ماء السطح – ماء السد – ماء الشرب – نوعية الماء.

## **Abstract**

The present study is an evaluation of the physico-chemical quality of raw and distributed waters of Beni Haroun dam, through the analysis of various physico-chemical parameters.

Several raw water samples were carried out at various sites. Distributed waters were taken at the urban sites located in Constantine and Mila towns.

The general water quality was assessed by the analysis of the parameters: pH, electric conductivity, alkalinity, sulphates, chlorides, hardness, nitrates, nitrites, ammonium and phosphate. The organic matter was evaluated using the permanganate test. The presence of the metals: iron, copper, zinc, manganese and chromium was also controlled.

The obtained results show that the dam raw waters are characterized by high hardness and high mineralization, with low contents of phosphates, nitrate and organic matter. The evolution of the different parameters during the period of the study, shows that chlorides and hardness are stable in time and space. However, sulphates, nitrates and phosphates vary with time.

The distributed waters, taken at the various urban stations, present some difference for certain parameters. They are characterized by a higher mineralization than that of raw waters and by a high hardness and variations in sulphate concentrations.

**Key words:** Surface water – Dam water – Drinking water – Water quality.