

République Algérienne Démocratique Et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université de Blida 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie et Physiologie Cellulaire

Mémoire en vue de l'obtention de diplôme de Master en Biodiversité et Fonctionnement des Ecosystèmes

Option : Restauration des Milieux Aquatiques Continentaux

Thème

Etude de la qualité des eaux de surface destinées à l'irrigation : cas de barrage de Dahmouni, wilaya de Tiaret

Présenté par : M^{lle} ADNANE Farida

Soutenu le : 17 juin 2015, devant le jury composé de :

M ^{me} . Med MAHMOUD. F	Maître Assistant A Univ. Blida 1	Président
Mr. LARBI DOUKARA. K	Maître de Conférences B Univ. Blida 1	Examineur
M ^{me} . HAMAIDI. F	Maître de Conférences A Univ. Blida 1	Promotrice
Mr. HAMAIDI. M.S	Maître de Conférences A Univ. Blida 1	Co-promoteur

Année universitaire 2014-2015



Remerciement

A Madame Med MAHMOUD.F

De l'université de Blida 1

Qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de mon jury de mémoire.

Sincère remerciement.

A Monsieur LARBI DOUKARA. K

De l'université de Blida 1

Qu'a bien voulu accepter de faire partie de mon jury.

Hommage respectueux.

A Madame HAMAIDI. F

De l'université de Blida 1

Qu'a encadré mon étude et m'a fait le très grand honneur de juger mon travail.

Pour la confiance et la patience dont vous m'avez fait preuve, ainsi pour votre grande disponibilité, veuillez trouver ici l'expression de ma sincère gratitude pour votre enseignement et de ma profonde reconnaissance.

A Monsieur HAMAIDI. Med. S

De l'université de Blida 1

Pour son implication dans ce travail.

Pour sa bonne humeur et son aide motivée.

ADNANE Farida.

A mes chères amies



Résumé

A Tiaret, l'utilisation des eaux brutes du barrage de Dahmouni en agriculture irriguée date de 1987, depuis la construction de ce barrage, et est toujours d'actualité.

Le barrage est alimenté dans sa totalité par les eaux usées de la ville de Tiaret, les localités qui l'entourent (Dahmouni, Sougueur, Bouchekif, Ain Meriem, l'usine de SONACOM et l'usine de FATIA) ainsi que les eaux des pluies pendant la saison hivernale.

Les prélèvements ont été effectués au niveau du barrage de Dahmouni (Tiaret). Au cours des 6 mois de notre étude, nous avons analysé 6 prélèvements, pour les analyses physico-chimiques et 4 prélèvements pour la recherche de l'existence des métaux lourds, par moyenne d'échantillon pour chaque station. L'échantillonnage de l'eau a été fait à partir de trois stations de Décembre à Mai.

Les résultats des différentes analyses physico-chimiques montrent que cette eau présente un pH de 8,5 ; une conductivité plus ou moins importante de $1242,33\mu\text{S}/\text{cm} \pm 84,33\mu\text{S}/\text{cm}$, un pourcentage plus ou moins élevé de salinité de 50,69 % et un S.A.R de $6,03\text{meq}/\text{l} \pm 0,57\text{meq}/\text{l}$ confirmé par le diagramme de Riverside. Les données des échantillonnages durant tous les mois de prélèvement classent les eaux de l'ensemble des stations dans la catégorie admissible.

Globalement, les valeurs du dosage des métaux lourds sont toujours inférieures au seuil détectable : $13,75\mu\text{g}/\text{l} \pm 6,25\mu\text{g}/\text{l}$ pour le plomb, $5,01\mu\text{g}/\text{l} \pm 4,74\mu\text{g}/\text{l}$ pour le cuivre, $12,25\mu\text{g}/\text{l} \pm 7,37\mu\text{g}/\text{l}$ pour le zinc et $1,18\mu\text{g}/\text{l} \pm 1,26\mu\text{g}/\text{l}$ pour le fer.

Les résultats trouvés, comparés aux directives de la FAO (2003), l'OMS(1989) et avec celles de RODIER (2005), ont mis à jour certaines « anomalies » pouvant être à l'origine de problèmes agronomiques, pédologiques (perméabilité) et de toxicité, dus à des teneurs excessives en sodium, potassium, résidus secs, azote et phosphates.

Le constat établi est que la pratique de l'irrigation se fait de façon anarchique sans aucune étude préalable d'évaluation de la qualité des eaux, les agriculteurs irriguent plusieurs types de cultures sans le moindre contrôle.

Mots clés : analyses physico-chimiques ; barrage de Dahmouni ; eaux brutes ; irrigation ; métaux lourds ; Tiaret.

ملخص

في تيارت, تستخدم مياه سد دحموني, لري الاراضي الزراعية و ذلك منذ بناء هذا السد في عام 1987 لغاية وقتنا هذا. و تتم تغذية هذا السد في مجملها من مياه الصرف الصحي الاتية من مدينة تيارت, و التجمعات المحيطة بها (دحموني, السوق, بوشقيف, عين مريم, مصنع صوناكوم, و مصنع فاتيا) و لكن ايضا من مياه الامطار خلال موسم الشتاء. تم اخذ العينات من سد دحموني (تيارت), خلال 6 اشهر من الدراسة, لقد قمنا بتحليل 6 عينات بالنسبة للتحاليل الفيزيو- كيميائية و 4 عينات للبحث عن وجود المعادن الثقيلة, وذلك بمعدل عينة في كل محطة. وقد تم أخذ عينات المياه من ثلاث محطات مند ديسمبر حتى مايو.

نتائج القياسات و التحاليل المتحصل عليها تشير الى ان درجة حموضة المياه هي 8,5؛ كما ان الناقلية الكهربائية تشير الى قيم نوعا ما مرتفعة 1242,33 ميكروسيمنس / سم؛ مع نسبة نوعا ما عالية من الملوحة و التي تقدر ب 50,69 % و نسبة امتصاص الصوديوم تقدر ب 6,03 ميلي مكافئ / اللتر مؤكدة بمخطط بياني لريفرسيد. المعلومات المأخوذة من العينات خلال اشهر اخذ العينات تصنف المياه المدروسة في المحطات الثلاث الى فئة المقبول.

عموما نتائج عناصر التتبع المعدني دائما اصغر من عتبة التتبع؛ قيم هاته العناصر هي؛ 13 ميكروغرام /لتر بالنسبة للرصاص, بالنسبة للنحاس 5,01 ميكروغرام /لتر, بالنسبة للزنك 12,25 ميكروغرام /لتر, بالنسبة للحديد 1,18 ميكروغرام /لتر.

النتائج المتوصل اليها, تمت مقارنتها مع المبادئ التوجيهية التي تعتمد عليها منظمة الامم المتحدة للتغذية و الزراعة (2003), المنظمة العالمية للصحة (1989), روديني (2005), حيث قمنا بتحديث بعض الحالات " الشاذة " التي قد تكون سببا في المشاكل الزراعية, و مشاكل التربة (النفاذية) و ايضا في السمية, و ذلك نظرا للكميات الزائدة من الصوديوم, البوتاسيوم, المخلفات الجافة, الازوت و الفوسفات.

و يوجه استنتاج مفاده ان ممارسة الري بدون اي دراسة تقييمية مسبقة حول نوعية المياه و ذلك باستخدام المزارعين له في سقي المحاصيل دون رقابة.

الكلمات المفتاحية: التحاليل الفيزيو -كيميائية؛ المياه الخامة؛ السقي؛ المعادن الثقيلة؛ سد دحموني؛ تيارت.

Summary

At Tiaret, the use of raw water from the Dahmouni dam in irrigated agriculture in 1987, since the construction of this dam, still relevant.

The dam is fed in its entirety by the sewage from the Tiaret city, the regions surrounding (Dahmouni, Sougueur, Bouchekif, AinMeriem, plant and factory SONACOM FATIA) and water rainfall during the winter season.

Six samples collected at the dam were submitted to the physical and chemical analyzes for a quality control, and four samples were used for research of heavy metals existence, for sample mean for each station. Water sampling was done from three stations from December to May.

The results of our measurements and analyzes indicate that the water has a pH of 8.5; a greater or lesser conductivity $1242,33\mu\text{S} / \text{cm} \pm 84,33\mu\text{S} / \text{cm}$, with a percentage more or less raise salinity 50.69% and a SAR $6,03\text{meq} / \text{l} \pm 0,57\text{meq} / \text{l}$ almost all the water of the stations have a moderate restriction confirmed by Riverside diagram. When plotted on the Wilcox diagram, the data for all the months of the study, plot within the “admissible” category, suggesting that water from the area is acceptable quality for irrigation activities.

The values of trace metals are still below the detectable threshold; the values of these ETM are $13,75\mu\text{g} / \text{l} \pm 6,25\mu\text{g} / \text{l}$ for lead, for copper $5,01\mu\text{g} / \text{l} \pm 4,74\mu\text{g} / \text{l}$, for zinc $12,25\mu\text{g} / \text{l} \pm 7,37\mu\text{g} / \text{l}$, for iron $1,18\mu\text{g} / \text{l} \pm 1,26\mu\text{g} / \text{l}$.

The results found, compared to FAO (2003) guidelines, WHO (1989), with that of RODIER (2005) have updated some overruns that can cause agronomic problems, soil (permeability) and toxicity due to the excessive amounts of sodium, potassium, dry residues, nitrogen and phosphates.

The fact is that the established practice of irrigation is done haphazardly without any prior study evaluating water quality; farmers irrigate many crops without any control.

Now, a rule is necessary to know: all supplies with wastewater for irrigation is subject not only of a preliminary qualitative evaluation but should encourage operators to more rigorous management and steering irrigation.

Keywords: Dahmouni lake dam; heavy metals; irrigation; physical and chemical analyzes; Tiaret; water quality.

SOMMAIRE:

Liste des abréviations.

Liste des figures.

Liste des tableaux.

Liste des annexes.

INTRODUCTION.....1

PARTIE 1: SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I:

GENERALITES SUR L'EAU

I.1. Qualité de l'eau d'irrigation.....	3
I.2. Définition de la pollution de l'eau	2
I.3. Type de la pollution.....	3
I.3.1. Pollution ponctuelle.....	3
I.3.2. Pollution diffuse.....	3
I.4. Origines de la pollution	3
➤ Pollution domestique.....	4
➤ Pollution industrielle.....	4
➤ Pollution naturelle.....	4
➤ Pollution agricole.....	4
I.5. Paramètres de qualité des eaux.....	5
I.5.1. Paramètre physico-chimiques.....	5
I.5.2. Paramètre indicateurs de pollution.....	8
I.5.3. Paramètre des substances indésirables.....	8
I.6. Critère d'évaluation de la qualité de l'eau d'irrigation.....	9
I.7. Normes de la qualité des eaux d'irrigation.....	9

CHAPITRE II:

METAUX LOURDS DANS L'EAU

II.1. Généralités sur les métaux lourds	10
II.2. Origines des métaux lourds	10
II.3. Classes des métaux lourds	11
II.3.1. Métaux essentiels.....	11
II.3.2. Métaux non essentiels.....	11
II.4. Rejets des métaux lourds dans l'eau.....	11
II.5. Quelques métaux lourds dans l'eau.....	11

➤ Plomb.....	11
➤ Fer.....	12
➤ Cuivre.....	12

PARTIE 2 : ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE I :

MATERIEL ET METHODES

I.1. Description de la zone d'étude.....	13
I.1.1. Limites géographiques de la commune Dahmouni.....	13
I.1.2. Caractéristiques de la zone d'étude.....	13
I.1.3. Localisation du site d'étude.....	14
I.2. Matériel.....	16
I.3. Méthodes.....	17
I.3.1. Prélèvement des échantillons.....	18
I.3.2. Paramètres analysés.....	19
❖ Détermination des paramètres physiques.....	19
❖ Détermination des paramètres chimiques.....	20
❖ Caractérisation des métaux lourds.....	27
I.4. Indices de qualité des eaux pour l'irrigation.....	29
➤ S.A.R.....	29
➤ %Na.....	30
I.5. Analyse statistique.....	30

CHAPITRE II :

RESULTATS ET DISCUSSIONS

II.1. Paramètre physico-chimiques.....	31
II.2. Caractérisation des métaux lourds dans l'eau.....	54
II.3. Etat de la qualité des eaux du barrage de Dahmouni en vue d'un usage agricole.....	57
II.3.1. S.A.R.....	57
II.3.2. Classification des eaux par la méthode de WILCOX.....	59
CONCLUSION.....	60
Références bibliographique.....	62
Annexe.....	68

LISTE DES ABREVIATIONS

- ✚ **ADE** : Algérienne Des Eaux.
- ✚ **FAO**: Food and Agriculture Organization « Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture ».
- ✚ **OMS**: Organisation Mondiale de la Santé.
- ✚ **ONA** : Office Nationale d'Assainissement.
- ✚ **S.A.R**: Sodium Adsorption Ratio.
- ✚ **EDTA**: Ethyle Diamine Tétra Acétique.
- ✚ **BaCl₂**:Chlorure de baryum.
- ✚ **K₂Cro₄**:Chromate de potassium.
- ✚ **KMnO₄** :Permanganate de potassium.
- ✚ **NaOH** : Hydroxyde de sodium.
- ✚ **NH₂Cl**: Monochloramines.
- ✚ **RN**:Route Nationale.
- ✚ **SNVI**: Société Nationale des Véhicules Industriels.
- ✚ **S 1** : Station 1.
- ✚ **S 2** : Station 2.
- ✚ **S 3** : Station 3.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Classement des eaux en fonction de leur conductivité électrique.	5
Tableau II: Normes de la qualité des eaux d'irrigation.	9
Tableau III: Normes extrême limités aux eaux d'irrigation.	9
Tableau IV: Normes requises pour les paramètres physico-chimiques des eaux superficielles.	9
Tableau V: Normes requises pour les paramètres chimiques et indicateurs de pollution des eaux superficielles.	9
Tableau VI: Effets de quelques éléments métalliques sur les végétaux.	11
Tableau VII: Effets de quelques éléments métalliques sur la santé humaine.	11
Tableau VIII: Pluviométrie de la région de Dahmouni sur 10 ans (2004-2013).	13
Tableau IX : Températures moyennes mensuelles pour les années de 2005 – 2014.	13
Tableau X: Valeurs moyennes mensuelles de T° et des pluies de l'année 2014.	14
Tableau XI: Classification du climat.	14
Tableau XII: Eléments à doser de la longueur d'onde et la nature de la flamme.	28
Tableau XIII: Eléments à doser en fonction des masses caractéristiques approximatives, limites de détection de l'appareil et domaine de travail optimaux pour des échantillons d'eaux d'un volume de 20µg/l.	28
Tableau XIV: Indice croisé SAR/conductivité.	29
Tableau XVa: Données météorologiques enregistrées les jours des prélèvements.	31
Tableau XVb: Résultats obtenus pour les paramètres physico-chimiques.	31
Tableau XVI: Résultats obtenus pour la température.	31
Tableau XVII: Résultats obtenus pour le pH.	32
Tableau XVIII: Résultats obtenus pour la CE.	33

Tableau XIX: Estimation de la minéralisation à partir de la conductivité.	33
Tableau XX: Résultats obtenus pour la salinité.	33
Tableau XXI: Résultats obtenus pour le taux salinité.	34
Tableau XXII: Classification des eaux d'irrigation par USDA.	35
Tableau XXIII: Estimation de la minéralisation à partir des M.E.S.	36
Tableau XXIV: Résultats obtenus pour la DCO.	37
Tableau XXV : Résultats obtenus pour la DBO.	37
Tableau XXVI : Résultats obtenus pour le rapport DCO/DBO ₅ .	38
Tableau XXVII: Résultats obtenus pour l'OD.	39
Tableau XXVIII : Résultats obtenus pour le NH ₄ ⁺ .	40
Tableau XXIX : Résultats obtenus pour NO ₂ ⁻ .	41
Tableau XXX: Résultats obtenus pour PO ₄ ³⁻ .	42
Tableau XXXI: Résultats obtenus pour SO ₄ ²⁻ .	43
Tableau XXXII : Résultats obtenus pour HCO ₃ ⁻ .	45
Tableau XXXIII : Résultats obtenus pour CO ₃ ²⁻ .	45
Tableau XXXIV: Résultats obtenus pour Ca ²⁺ .	46
Tableau XXXV: Résultats obtenus pour Mg ²⁺ .	47
Tableau XXXVI: Résultats obtenus pour k ⁺ .	48
Tableau XXXVII: Résultats obtenus pour Na ⁺ .	49
Tableau XXXVIII: Résultats obtenus pour Cl ⁻ .	50
Tableau XXXIX: Résultats obtenus pour R.S.	52
Tableau XXXX: Résultats obtenus pour T.D.S.	52

Tableau XXXXI: Résultats obtenus pour TH.	53
Tableau XXXXII: Résultats obtenus pour TAC.	53
Tableau XXXXIII : Résultats obtenus pour le plomb.	54
Tableau XXXXIV: Résultats obtenus pour le cuivre.	55
Tableau XXXXV: Résultats obtenus pour le zinc.	55
Tableau XXXXVI: Résultats obtenus pour le fer.	58
Tableau XXXXVII: Résultats obtenus pour S.A.R.	57
Tableau XXXXVIII : Estimation de % Na ⁺ .	59

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Cycle géochimique simplifié des métaux.	10
Figure 2: Diagramme Ombrothermique de Gausse de Dahmouni de (2005-2014).	13
Figure 3: Diagramme bioclimatique.	13
Figure 4: Barrage et sous bassin de Dahmouni.	15
Figure5: Photo montrant la localisation du barrage de Dahmouni.	16
Figure6: schéma des étapes de travail.	17
Figure 7: Photos du barrage de Dahmouni indiquant la 1 ^{ere} et 2 ^{eme} stations.	18
Figure 8: Photo du barrage de Dahmouni indiquant la 3 ^{eme} station.	18
Figure 9 : Image de la localisation des stations de prélèvements.	19
Figure10: Variation de salinité et de taux de salinité en fonction des échantillons de chaque station.	34
Figure11: Variation des M.E.S en fonction des échantillons de chaque station.	36
Figure 12: Variation de la DCO et de la DBO de l'eau en fonction des échantillons de chaque station.	37
Figure13: Variation de l'OD en fonction des échantillons de chaque station.	39
Figure14: Variation de NH_4^+ en fonction des échantillons de chaque station.	40
Figure15: Variation de NO_2^- et de NO_3^- en fonction des échantillons de chaque station.	41
Figure16: Variation de PO_4^{3-} en fonction des échantillons de chaque station.	43
Figure17: Variation de SO_4^{2-} en fonction des échantillons de chaque station.	44
Figure 18: Variation de HCO_3^- en fonction des échantillons de chaque station.	45
Figure19: Variation de CO_3^{2-} en fonction des échantillons de chaque station.	46
Figure20: Variation de Ca^{2+} en fonction des échantillons de chaque station.	47
Figure21: Variation de Mg^{2+} en fonction des échantillons de chaque station.	47
Figure22: Variation de K^+ en fonction des échantillons de chaque station.	49

Figure23: Variation de Cl ⁻ en fonction des échantillons de chaque station.	51
Figure24: Diagramme de RIVERSIDE des eaux du barrage Dahmouni.	58
Figure 25: Diagramme de WILCOX.	59

Introduction

L'agriculture, de façon générale, est une grande consommatrice d'eau, qui, dans les conditions arides et semi arides, vient souvent à manquer. Mais, il arrive que la qualité de l'eau exigée ne soit pas toujours disponible. Dans le but de sauver voire d'améliorer leurs rendements, les exploitants agricoles se trouvent contraints à recourir à différentes sources d'eaux pour l'arrosage de leurs cultures. Il se trouve que sur certains sites, ils sont contraints d'utiliser des eaux usées non traitées, pouvant provenir via les barrages aussi bien des ménages que des industries (BOUAROUJ, 2012).

Le déversement direct des eaux usées dans le milieu récepteur a des conséquences graves sur la qualité de l'eau et les impacts se font ressentir au-delà de la zone de contamination (TREMEL-SCHAUB et FEIX, 2005). En effet, la contamination de l'eau finit dans le sol et multiplie ainsi les risques potentiels d'intoxication au niveau de tous les maillons de la chaîne alimentaire notamment les cultures (BOUCHOUATA *et al.*, 2011). Elle impacte la santé des êtres humains et des animaux (WANG *et al.*, 2003) et réduit la croissance des plantes (SHAH *et al.*, 2007). La concentration élevée en N et P dans l'eau usée est d'un intérêt particulier lorsque l'eau usée est mélangée dans un barrage, avant irrigation, car ces éléments peuvent créer des conditions favorables à l'eutrophisation. Dans de telles conditions, l'apparition d'algues vertes est très fréquente et il est difficile de remédier aux problèmes y associés, en particulier à l'obstruction des systèmes d'irrigation pressurisés. Ce problème est un des soucis majeurs des agriculteurs (FAO, 2003).

L'utilisation d'eaux usées contenant des rejets industriels fortement chargés en métaux lourds conduit à une accumulation de métaux dans les sols et les cultures et a été mise en relation avec des problèmes de santé chez les consommateurs de ces cultures (OMS, 1991).

L'irrigation avec des eaux riches en sels peut entraîner la fixation de sodium par le complexe adsorbant du sol, donc un processus de salinisation, avec ses conséquences éventuelles pour les propriétés du sol : tendance à la dispersion des argiles, à la dégradation de la structure, à la perte de perméabilité et à l'asphyxie des plantes. L'intensité du processus de salinisation dépend des caractéristiques du sol, de la qualité des eaux utilisées, des conditions de leur emploi et en particulier de l'efficacité du système de drainage. Cependant ces pratiques d'irrigation accroissent le risque de salinisation, au point que plus de 20 % des sols irrigués sont affectés par un problème de salinité en Algérie (DOUAOUI et HARTANI, 2007 ; BOUHLASSA *et al.*, 2008 ; ROUABHIA et DJABRI, 2010).

Introduction

D'après les estimations de l'Institut des Ressources Mondiales (1987), plus de la moitié des terres irriguées du monde sont devenues salées, sodiques ou sujettes à l'engorgement en raison de l'utilisation de méthodes d'irrigation inadaptées, de mauvais systèmes de drainage et de l'utilisation des eaux salées. Dans les régions méditerranéennes, le problème de salinité, bien qu'étant moins contraignant qu'en milieu aride, est néanmoins notable. Certains sels peuvent être toxiques pour les plantes ou peuvent en affecter la balance nutritionnelle s'ils sont présents en concentration excessive ou en proportion anormale. La tolérance des plantes cultivées vis à vis de la salinité varie largement en fonction de l'espèce, de la variété, du stade végétatif et des facteurs liés au milieu (température, humidité, intensité de la lumière et fertilité (DAOUD et HALITIM, 1994). Lorsque le niveau de salinité est important, une absorption déséquilibrée des cations peut conduire à l'intoxication voire la mort de la plante (KATERJI, 1985).

Ce constat doit inciter à plus de rigueur dans la gestion et le pilotage de l'irrigation. Il impose une règle à savoir : tout approvisionnement en eau destiné à l'irrigation doit faire l'objet non seulement du point de quantitatif mais surtout d'une évaluation qualitative préalable (BOUAROUJ, 2012).

La présente étude a pour objectif l'analyse de la qualité des eaux brutes du barrage Dahmouni destiné à irriguer le périmètre en aval du barrage.

Les résultats des paramètres physico-chimiques et du dosage des métaux lourds seront comparés aux normes des eaux d'irrigation dressées par la FAO (2003), par l'OMS (1989) et complétées par celles des eaux superficielles fixées par RODIER (2005).



SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE





CHAPITRE I

GENERALITES SUR

L'EAU



I.1. Qualité de l'eau d'irrigation

La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est un paramètre essentiel pour le rendement des cultures, le maintien de la productivité du sol et la protection de l'environnement. Ainsi, les propriétés physiques et chimiques du sol, telles que sa structure (stabilité des agrégats) et sa perméabilité, sont très sensibles au type d'ions potentiellement échangeables présents dans les eaux d'irrigation (BOUMEDIQU et FEKIH, 2014).

I.2. Définition de la pollution de l'eau

Selon GAID (1984), la pollution de l'eau est une altération physique, chimique, biologique ou bactériologique de ses qualités naturelles provoquée par l'homme et de ses activités.

Elle perturbe les conditions de vie de la flore et de la faune aquatique et compromet les utilisations de l'eau et l'équilibre du milieu aquatique (MEKKAKIA, 2001).

I.3. Types de la pollution

Selon MESSAOUDI (2006), on distingue deux types de pollutions

I.3.1. Pollution ponctuelle

Elle est formée de rejets localisés, plus ou moins abondants relativement faciles à identifier. Chronique ou accidentelle, cette pollution est provoquée par des déversements domestiques, urbains, agricoles ou industriels peu ou non traités.

I.3.2. Pollution diffuse

Elle est due au lessivage et à l'érosion plus ou moins rapide et accusée des sols, où différentes substances sont entraînées vers les nappes et les rivières tel que les hydrocarbures, les métaux lourds, les pesticides. Cette pollution peut s'étendre sur de grandes surfaces, elle est difficile à identifier et donc difficile à maîtriser.

I.4. Origines de la pollution

Selon les origines des substances polluantes, quatre catégories de pollutions sont à distinguer.

I.4.1. Pollution domestique

Selon BELAID (2010), les eaux usées d'origine domestique sont issues de l'utilisation de l'eau par les particuliers pour satisfaire tous les usages ménagers. On distingue généralement deux types d'eaux usées domestiques qui arrivent dans le réseau d'assainissement :

- Eaux vannes, qui correspondent aux eaux de toilettes ;
- Eaux grises qui correspondent à tous les autres usages : lave-linge, lave-vaisselle, Douche...etc.

I.4.2. Pollution industrielle

D'après GROSCLAUDE (1999), tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels. Cette définition concerne les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales.

Elle est caractérisée par la présence d'une grande diversité des polluants selon l'utilisation de l'eau telle que (CALVET et *al.*, 2005) :

- Les hydrocarbures (raffinerie) ;
- Les métaux (traitement de la surface) ;
- Les acides, les produits chimiques divers (industries chimiques) ;
- L'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques) ;
- Les matières radioactives (centre nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

I.4.3. pollution naturelle

Certains auteurs considèrent que divers phénomènes naturels sont aussi à l'origine de la pollution comme l'éruption volcanique...(GROSCLAUDE, 1999).

I.4.4. pollution agricole

Elle provient des fermes ou des cultures et elle se caractérise par les fortes teneurs en sels minéraux (No₂, P, K...) et la présence de produits chimiques du traitement tels que les pesticides, engrais.... (GROSCLAUDE, 1999).

I.5. Paramètres de la qualité des eaux

I.5.1. Paramètres physico-chimiques

La connaissance de certains paramètres nous permet de connaître le degré de pollution d'une eau :

➤ Température

D'après RODIER et *al.*,(2005), la température de l'eau doit être inférieure à la température de l'air en été et supérieure en hiver.

La température est un facteur aggravant sur le plan physico-chimique en accélérant les cinétiques de réaction (POPOFF, 1991).

➤ pH

C'est la concentration en ion H^+ exprime le degré d'activité d'un milieu. Cette caractéristique est importante car les microorganismes qui sont utilisés dans un système de dépollution ne fonctionnent correctement que dans une gamme réduite de pH compris entre 6 et 8 (MOSTFAI, 2005).

➤ Conductivité électrique CE

C'est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre 2 électrodes métalliques de 1 cm^2 de surface et séparée l'une de l'autre de 1cm (RODIER et *al.*, 2009).

La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (ONA, 2008).

Tableau I: Classement des eaux en fonction de leur conductivité électrique.

Classe d'eau	Conductivité électriques $\mu\text{S/cm}$
Eau excellente	50-400
Eau bonne	400-750
Eau moyenne	750-1500
Eau à minéralisation élevée	>1500

(OMS, 1984).

➤ Dureté ou titre hydrométrique

La dureté indique la teneur globale de l'eau en sels de calcium et de magnésium qui rendent l'eau dure (DEGREMONT, 2005).

Selon BERNE et COPRDONNIER, (1991), La dureté totale ou TH représente la somme des concentrations en cations calcium et magnésium (Ca^{2+} et Mg^{2+}).

➤ **Salinité**

D'après BOUMEDIQUO et FEKIH (2014), L'excès de la teneur en sel est l'un des soucis principaux avec l'eau utilisée pour l'irrigation. Une concentration élevée en sel dans l'eau ou dans les sols affectera négativement le rendement des récoltes, provoquera une dégradation des sols et une pollution des eaux souterraines.

L'utilisation d'une eau salée pour l'irrigation dépendra de plusieurs facteurs :

- La tolérance en sel de la récolte ;
- Les caractéristiques du sol sous l'irrigation ;
- Les conditions climatiques. La qualité de l'eau d'irrigation joue un rôle essentiel dans les secteurs arides affectés par des taux d'évaporation élevés entraînant une accumulation importante de sel dans les sols.

➤ **S.A.R**

Les hautes teneurs en sodium deviennent un problème lorsque la vitesse d'infiltration est réduite à un tel taux que la récolte n'a pas assez d'eau disponible ou lorsque la conductivité hydraulique du profil de sol est trop basse pour fournir un drainage adéquat, d'autres problèmes, pour les récoltes, provoqués par un excès de Na, sont la formation de lit de croûte de graines, une saturation temporaire à la surface du sol, un pH élevé et une possibilité accrue de présence de maladies, des herbes, d'érosion des sols, de manque d'oxygène et de disponibilité nutritive insatisfaisante (BOUMEDIQUO et FEKIH, 2014).

➤ **Résidu secs R.S**

La détermination du résidu sec sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, non volatiles (RODIER et *al.*, 2009).

➤ **Alcalinité**

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence d'hydrogénocarbonates (HCO_3^-), de carbonates (CO_3^-), ions d'hydroxyde (OH) et d'une façon limitée d'ions de silicate (HSiO_3^-) (RODIER et *al.*, 2009).

➤ **Ion calcium Ca^{2+}**

C'est la composante majeure de la dureté de l'eau, c'est un métal alcalino-terreux, très répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de bicarbonates (LECTERE *et al.*, 1994). La teneur en calcium varie selon la nature de terrains traversés (RODIER *et al.*, 2009).

L'eau d'irrigation de bonne qualité renferment de 20 à 400 mg/L de calcium (RODIER *et al.*, 2009).

➤ **Ion magnésium Mg^{2+}**

Le magnésium en excès donne une saveur amère à l'eau (FRANK et KEMMER, 1984). Il agit sur la stabilité de la membrane cellulaire, sur la régulation du transport ionique interne, favorise la synthèse des protéines, des sucres et des lipides le Mg^{2+} est mobile dans la plante et peut être transféré à partir des tissu âgés vers les jeunes tissus en cas d'une déficience (BOUMEDIYOU et FEKIH, 2014).

➤ **Ion ammonium NH_4^+**

C'est un cation qui provient de la dissolution de l'ammoniac (NH_3^+) dans l'eau (WHO, 1994).

Selon JEAN (2002), Il doit être éliminé dans les eaux car c'est un élément qui peut permettre à certaines bactéries de proliférer dans les réseaux de distribution.

➤ **Chlorures Cl^-**

D'après RODIER *et al.*, (2009), elles participent à la conductibilité électrique de l'eau ; la concentration maximale admissible de chlorures. Pour l'eau destinée à l'irrigation les chlorures sont de 1065 mg/l (FAO, 2003).

Les feuilles des plantes sensibles (céréales et plantes ligneuses) sont brûlées lorsqu'on utilise des buses d'aspersion pour l'irrigation (OMS, 2013).

➤ **Nitrates NO_3^- et nitrites NO_2^-**

Les nitrates et les nitrites sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement. Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH_4^+) (BOUKHOBZA, 2009).

Les nitrites sont formés par dégradation de la matière azotée mais ils sont rapidement transformés en nitrates dans les sources d'eau potable (LEPELTIER, 2005).

➤ **Sulfates SO_4^{2-}**

Les sulfates qui se dissolvent dans l'eau proviennent de certains minéraux et particulièrement du gypse ou apparaissent à partir de l'oxydation de minéraux sulfureux (BRIERE, 2000).

La limite supérieure admise dans l'eau d'irrigation selon la FAO (1988) est 960mg/l.

I.5.2. Paramètres indicateurs de la pollution

➤ **Matières en suspension**

C'est l'ensemble des particules minérales et/ou organiques présentes dans une eau naturelle ou polluée. Les MES comportent souvent des particules de nature argilo-humique provenant de l'érosion des sols et d'autres constituants d'origine biologique. Elles représentent une cause essentielle de la turbidité de l'eau (CASTANAY, 1982).

➤ **Demande biologique en oxygène DBO**

C'est la quantité d'oxygène exigée par les microorganismes pour dégrader la matière organique présente dans l'eau (RODIER et *al.*, 1996).

ONA (2008) déclare que la détermination de la DBO₅ se fait après cinq jours d'incubation à 20 °C dans un DBO mètre.

➤ **Demande chimique en oxygène DCO**

C'est la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation de la majeure partie des composés et des sels minéraux oxydables (RODIER et *al.*, 1996).

I.5.3. Paramètres des substances indésirables

Parmi ces paramètres :

➤ **Azote et phosphore**

Les sources ponctuelles de pollutions provenant des affluents industriels, agricoles et domestiques affectent de nombreuses eaux de surface et libèrent souvent à la fois des nitrates et du phosphore (BOUMEDOL, 2000).

➤ Sodium

Le sodium est l'un des éléments les plus indésirables dans l'eau d'irrigation. Cet élément origine de l'altération de la roche et du sol, des intrusions d'eau de mer, des eaux traitées et des systèmes d'irrigation (BOUMEDOL, 2000).

Le sodium contribue aussi directement à la salinité totale de l'eau et peut être toxique pour des cultures sensibles comme les carottes, les haricots, les fraises, les framboises, les oignons, pour en nommer quelques-unes (COUTURE, 2006).

I.6. Critères d'évaluation de la qualité de l'eau d'irrigation

Selon COUTURE (2006), les principaux critères d'évaluation de la qualité d'une eau destinée à l'irrigation sont :

- **Salinité** : contenu total en sels solubles ;
- **Sodium** : proportion relative des cations sodium (Na^+) par rapport aux autres ;
- **Alcalinité et dureté** : concentration d'anions carbonate (CO_3^{2-}) et bicarbonate (HCO_3^-) en relation avec la concentration en calcium (Ca^{2+}) et en magnésium (Mg^{2+}) ;
- **Concentration en éléments qui peuvent être toxiques** ;
- **pH** : de l'eau d'irrigation.

I.7. Normes de la qualité des eaux d'irrigation

Les normes de la qualité des eaux varient selon les usages auxquels elle est destinée (alimentation, besoin agricole, besoins industriels). (Voir Tableaux II, III, IV, V).

Les normes ont pour objectif de :

- Protéger le public et les ouvriers agricoles ;
- Protéger les consommateurs des produits agricoles ;
- Protéger les ressources en eau superficielle et souterraine et les sols ;
- Protéger le matériel d'irrigation ;
- Maintenir des rendements acceptables.



CHAPITRE IIMETA UX LOURDS DANS L'EAU



II.1.Généralités sur les métaux lourds

Selon BENADJMA (2007), les définitions des métaux lourds sont multiples et dépendent du contexte et de l'objectif de l'étude. Ils peuvent être définis par leur densité supérieure à 5g/cm^3 , ainsi que par leur toxicité pour les systèmes biologiques.

Les métaux lourds associés aux notions de pollution et de toxicité sont généralement: l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le cuivre (Cu), le mercure (Hg), le manganèse (Mn), le nickel (Ni), le plomb (Pb), l'étain (Sn), le zinc (Zn).

II.2.Origines des métaux lourds

Une quantité importante de métaux lourds est introduite dans l'environnement par l'intermédiaire de sources naturelles et humaines. Cette contamination a plusieurs origines telles que la combustion de fossiles, les gaz d'échappement des véhicules, l'incinération, l'activité minière, l'agriculture et les déchets liquides et solides. Mais elle peut également être d'origine naturelle via les volcans, l'activité des sources thermales, l'érosion, l'infiltration, etc. (PICOT et *al.*, 1991 ; CERTU, 2004). Une fois en circulation, les métaux se distribuent dans tous les compartiments de la biosphère ; terre, air, et océan (MIQUEL, 2001) (Voir Figure 1).

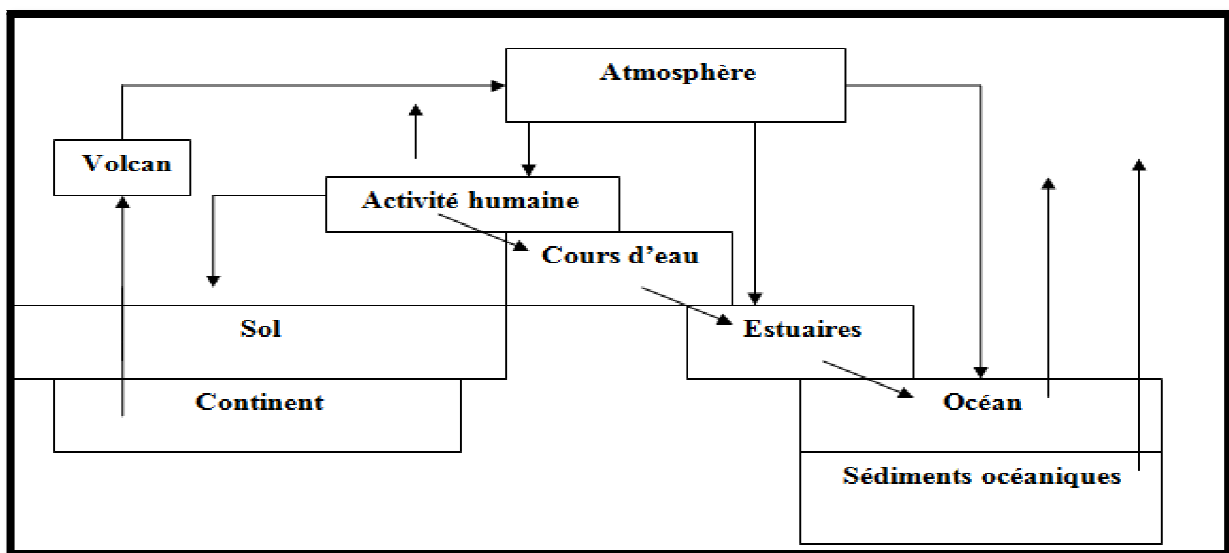


Figure 1: Cycle géochimique simplifié des métaux (MIQUEL, 2003).

Selon MARCHEND et KANTIN, (1997), L'agriculture peut en constituer une source importante :

- Les impuretés dans les engrais : Cr, Mo, Pb, U, V, Zn et Cu;

- Les pesticides : Cu, As, Hg, Pb, Mn, Zn, Cu, Zn, Mn et Hg;
- La conservation du bois : As, Cu, Cr et l'élevage intensif de porcs et de volaille : Cu, As, Zn;
- Boues d'épuration : spécialement Cd, Ni, Cu, Pb et Zn;

II.3. Classes des métaux lourds

Les métaux sont classés en deux groupes :

II.3.1. Métaux essentiels

Ils sont indispensables pour les organismes aquatiques et sont : Fer, cuivre, zinc, cobalt, manganèse, chrome, molybdène, sélénium, nickel, étain (MARCHEND et KANTIN, 1997).

II.3.2. Métaux non essentiels

Ils n'ont aucun rôle biologique connu ; Ces derniers, peuvent être dangereux, après ingestion et sont nommés métaux toxiques tels que : le mercure, le plomb, et le cadmium (MARCHEND et KANTIN, 1997).

II.4. Rejets des métaux lourds dans l'eau

Les éléments métalliques présents dans les eaux usées peuvent provenir d'impuretés dans les réactifs utilisés pour leur traitement (NOSTROM et LETCHER, 1996).

Selon PYATT et *al* (2003), les milieux aquatiques sont très sensibles aux éléments en traces par la coexistence de deux phénomènes de bioaccumulation et de bio-magnification : les éléments en traces se concentrent au fur et à mesure des absorptions dans la chaîne alimentaire.

II.5. Quelques métaux lourds dans l'eau

Les effets de quelques éléments métalliques sur les végétaux et sur la santé humaine, sont résumés dans les tableaux VI, VII en annexe 1.

➤ Plomb

Le plomb n'est présent qu'en quantité très négligeable dans les ressources superficielles et souterraines en eau. Sa concentration peut néanmoins augmenter suite à des

rejets industriels ou des transferts entre les différents compartiments de l'environnement (sols pollués retombées atmosphériques, etc...) (DGS, 2003).

➤ **Fer**

Le fer se rencontre dans l'eau sous différentes formes. On trouve de fer dans les roches éruptives et dans les minéraux argileux (KEMMER, 1984). Le fer se présente parfois dans l'eau sous forme d'hydrates ferrique rouges (CASTANAY, 1982).

➤ **Cuivre**

Le cuivre est présent dans la nature dans un large éventail de gisements de minerai. Il est utilisé dans la fabrication des tissus, des peintures marines, des conducteurs et fils électriques, des appareils et tuyaux de plomberie, des pièces de monnaie et des ustensiles de cuisine (ONTARIO,2004). Il peut être présent dans l'eau à partir du contact avec des minéraux porteurs de cuivre ou des déchets minéraux provenant de la production de cuivre (KEMMER, 1984).



ETUDE EXPERIMENTALE





CHAPITRE I

MATERIEL ET METHODES



I-MATERIEL ET METHODES

Cette étude consiste en une évaluation de la qualité physico-chimique et le dosage des métaux lourds des échantillons d'eau prélevés dans trois stations du barrage Dahmouni situé dans la wilaya de Tiaret.

Elle a été réalisée durant une période s'étalant du mois de Décembre 2014 jusqu'au mois de Mai 2015 au niveau du laboratoire central de l'ONA de la wilaya de Tiaret et celui de la wilaya d'Alger.

I. 1-Description de la zone d'étude

I.1.1-Limites géographiques de la commune Dahmouni

La commune de Dahmouni appartient à la wilaya de Tiaret. Elle est limitée au nord par la commune de Sidi Hosni, au sud par Nahr Ouassel et la commune de Bouchakif, à l'est par la commune de Sabaïne, à l'ouest par la commune d'Oued Lili et de Tiaret. Ainsi la commune couvre une superficie d'environ 164,25 Km².

C'est une commune à vocation agricole où les terres occupent un total de 13670 ha. Elles sont occupées essentiellement par la pratique de la céréaliculture en association avec la jachère (LADJAL, 2013).

I.1.2. Caractéristiques de la zone d'étude

Cette région est possède un réseau hydrographique très important. Ce réseau est formé de deux grands bassins versants, à savoir : le Cheliff et les hauts plateaux oranais. Ils sont subdivisés en quatre sous bassins versants, drainés par 889 Km d'oueds pérennes et 1049 Km de cours d'eau intermittents qui sont comme suit : Oued Touil, Oued Mina, Oued Tiguiguest, Oued Rhiou, Oued Souslem, Oued Mechti, Oued Abed, Oued Taht Et Tounkira.

Trois barrages ont été réalisés qui sont : le barrage Dahmouni, le barrage Boughara et le barrage Bakhadda. (MEKKAKIA, 2001).

Selon l'ADE (2004), ces trois barrages représentent l'essentiel des ressources superficielles en eau de la région de Tiaret.

Le climat de la zone d'étude est de type méditerranéen semi-aride avec une saison pluvieuse (la pluviométrie moyenne de la région d'étude est d'environ 350 mm/an) allant de septembre à mai, et un été sec et chaud (fortes amplitudes thermiques) (Voir Tableaux VIII, IX en annexe). La région est également assez ventée (DHT, 2005).

En se référant à la classification de Martonne; le climat de cette région est sec. Le calcul de l'indice d'Emberger et de l'indice de Stewart a permis de situer cette région dans l'étage semi-aride (Voir Tableaux X, XI, en annexe 2).

I.1.3. Localisation du site d'étude

Le périmètre hydroagricole de Dahmouni se situe dans la région Nord-Ouest de l'Algérie, dans les hauts plateaux de Serous, au sein de la wilaya de Tiaret.

Le barrage de Dahmouni, construit en 1987, se situe sur l'Oued Ouassel, affluent d'Oued Chélif, à environ 8Km au Nord-Est de la ville de Dahmouni et à 20Km à l'Est de Tiaret (Voir Figures 4 et 5).

Les eaux de cet ouvrage sont destinées à l'irrigation de 4000 hectares en aval et en amont du barrage des cultures suivantes :

- Maraichère
- Arboriculture
- Céréaliculture

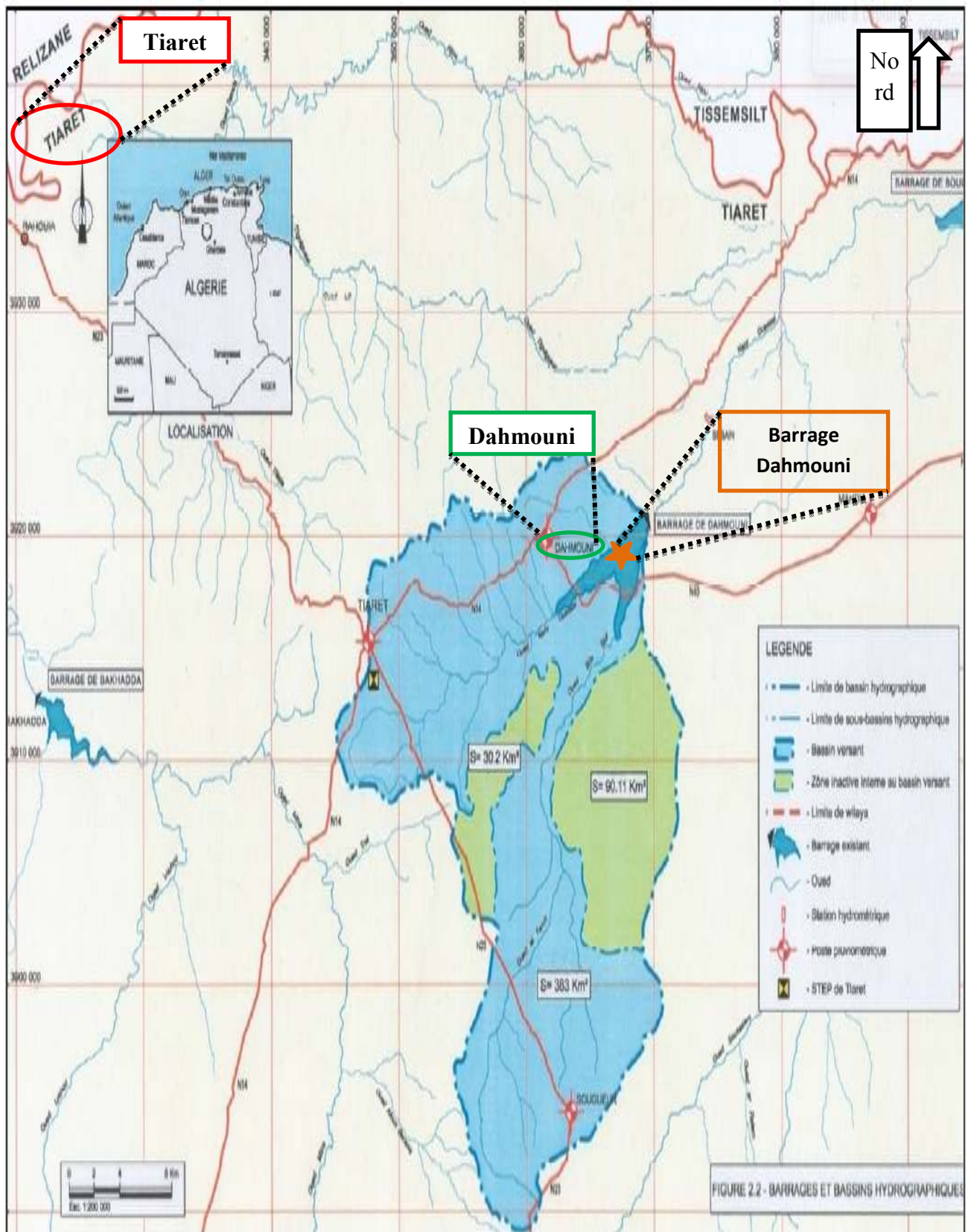
Le périmètre est scindé en trois parties qui sont :

Partie 1 : irrigation de 1214 ha en amont du barrage, rive gauche ;

Partie 2 : irrigation de 1326 ha en amont du barrage, rive droite ;

Partie 3 : irrigation de 1684 ha de la partie avale de l'Oued ;

Ces eaux sont également destinées à l'alimentation en eau industrielle (AEI) du complexe de Fatia.



Source : ANRT

Figure 4: Barrage et sous bassin de Dahmouni (ANBT Tiaret) (LADJAL, 2013).

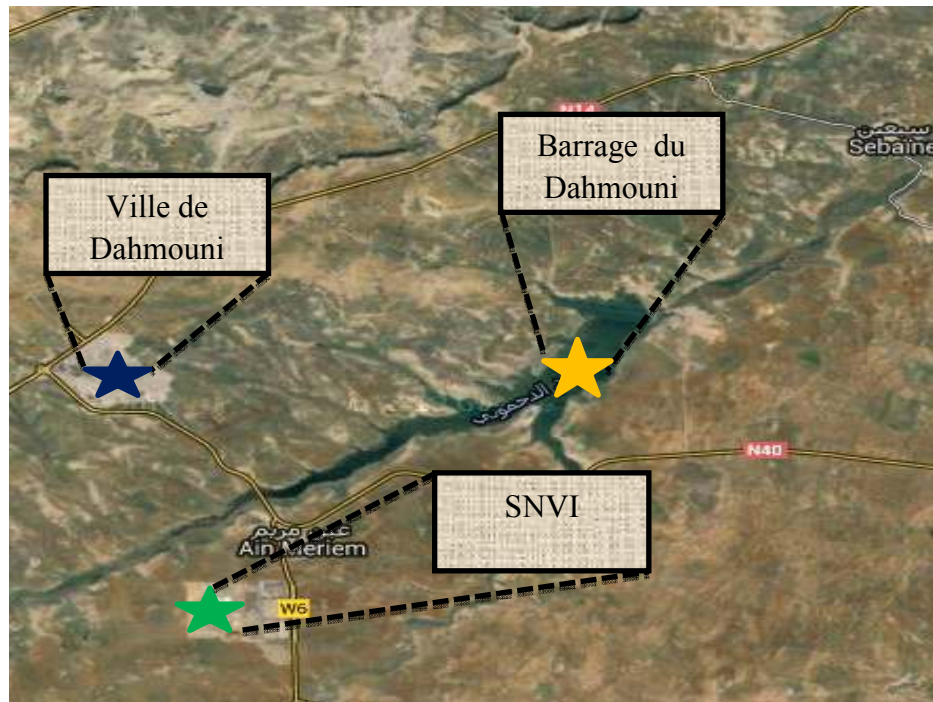


Figure5 :Photo montrant la localisation du barrage de Dahmouni (GOOGLE IMAGERIE, 2015).

Les caractéristiques du barrage sont les suivantes :

- Capacité théorique : 42 millions m³
- Superficie du bassin versant : 425 km²
- Superficie du lac : 15 km²
- Volume régularisé : s11 millions m³
- Niveau minimale d'exploitation (Nme) : 912,40m
- Volume totale de la retenue : 40,58 hm³
- Volume utile de la retenue : 36,44 hm³
- Digue en terre
- Hauteur 35m
- Longueur de la crête 885m

La partie en aval du barrage est elle-même facilement accessible à partir de la route nationale N° 14 d'une multitude de routes et de pistes (DHW Tiaret, 2005).

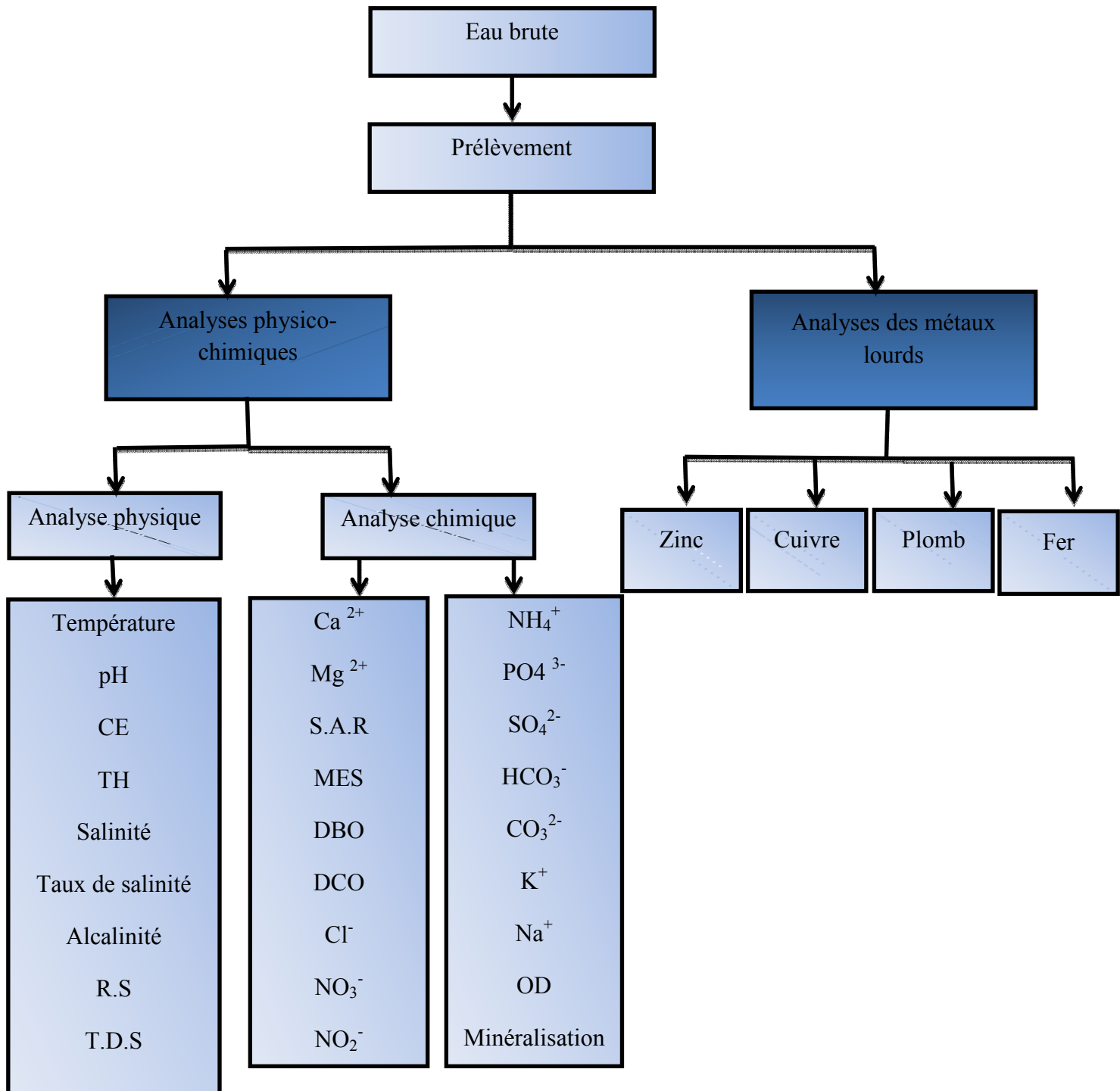
I-2. Matériel

Pour effectuer les analyses physico-chimiques et le dosage des métaux lourds, nous avons utilisé un matériel non biologique représenté par : les réactifs, solutions, appareillages et verreries (Voir annexe 3).

I-3.Méthodes

Notre travail a été effectué au niveau du laboratoire central de l'ONA de la wilaya de Tiaret et l'ONA de la wilaya d'Alger.

Les étapes de travail de cette étude est résumé dans l'organigramme suivant :



II.3. 1.Prélèvement des échantillons

Selon RODIER (2009), le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier ses caractéristiques.

Pour effectuer le prélèvement, nous avons choisi 3 stations dans le barrage du Dahmouni(Voir Figures 7, 8 et 9) et nous avons prélevé un échantillon par station. Pour cela, nous avons adopté les étapes suivantes :

- S'éloigner de la rive du barrage à environ 2 mètres, tout en évitant de mettre en suspension les dépôts ;
- Rincer la bouteille trois fois avec l'eau du barrage ;
- Plonger la bouteille dans l'eau à une distance de 50cm de la surface ;
- La remplir jusqu'au bord (éviter les bulles d'air) ;
- Fournir pour chaque prélèvement les renseignements qui lui sont propre ;
- Transporter le plus rapidement possible au laboratoire ;
- Conserver à 4° C (pour éviter toute activité des microorganismes).



Figure 7: Photos du barrage de Dahmouni indiquant la 1^{re} et 2^{eme} stations.



Figure 8: Photo du barrage de Dahmouni indiquant la 3^{eme} station.



Figure 9 : Image de la localisation des stations de prélèvements (GOOGLE EARTH, 2015).

II.3.2 Paramètres analysés

❖ Détermination des paramètres physiques

➤ Mesure de la température de l'eau

La température est déterminée *in situ* à l'aide d'un thermomètre simple :

- Faire plonger le thermomètre dans l'eau du barrage, à l'endroit du prélèvement.
- Effectuer la lecture de sorte que l'extrémité inférieure du thermomètre reste immergée dans l'eau.
- Le résultat est donné directement en °C.

➤ Mesure de pH

Le pH a été mesuré *in situ* avec un pH mètre.

➤ Conductivité électrique et salinité et le taux des sels dissous

Rincer plusieurs fois la cellule, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient avec de l'eau à examiner, appuyer sur le bouton de la CE puis appuyer sur le bouton de salinité et le bouton de TDS en prenant soin que l'électrode de platine soient complètement émergées. Lire directement les valeurs notées sur l'appareil, la conductivité électrique en $\mu\text{S}/\text{cm}$, et la salinité en pourcentage et le TDS en mg/l (ADE, 2005).

➤ **Dureté ou titre hydrométrique (TH)**

Dans un erlenmeyer mettre 100ml d'eau à analyser ajouter quelques gouttes de tampon complexométrique pH=10, ajouter le noir ériochrome (indicateur coloré). Titrer avec l'EDTA 50N jusqu'à l'apparition de la couleur bleu puis lire le volume de l'EDTA (Voir annexe 3).

Expression des résultats

Le volume EDTA introduit s'exprime en °F.

• **Titre hydrométrique calcique TH(Ca)**

Dans un erlenmeyer, mettre 100ml d'eau à analyser, ajouter pH=12 et ajouter le MUREXIDE (indicateur coloré). Titrer avec l'EDTA, N50 jusqu'à l'apparition de la couleur violet, puis lire le volume de l'EDTA (Voir annexe 3).

Expression des résultats

$Ca^{2+} = V \times 0,4008 \times 10$ en mg/l.

V : volume de l'EDTA

• **Titre hydrométrique magnésique TH (Mg)**

La différence des volumes de TH et TH (Ca) nous donne le titre magnésique :

$TH (Mg) = TH - TH (Ca)$

Expression des résultats

$Mg^{2+} = V \times 0,243 \times 10$ en mg/l

V : Volume résulte de la différence entre TH et TH (Ca).

❖ **Détermination des paramètres chimiques**

➤ **Matières en suspension (M.E.S)**

On filtre 100ml d'eau à analyser. Le résidu obtenu sera calciné puis mis dans le dessiccateur et peser le poids (P) correspond à une prise d'essai de 100ml.

Expression des résultats

$M.E.S = P \times 10^4$ mg/l.

P : résultat de la différence entre le poids du creusé (vide) et après calcination.

Le poids du creuset après calcination :

Mettre le papier filtre chargé en M.E.S dans le creuset et calciner puis peser le poids de creuset.

➤ **Demande chimique en oxygène (DCO)**

Mettre en suspension les sédiments puis ajouter prudemment 2ml d'échantillon (DCO réactif préparé) et agiter vigoureusement mettre au thermoréacteur 2h à 148°C puis laisser refroidir après 10mn agiter puis laisser refroidir à la température ambiante. Faire la lecture directement au spectrophotomètre en mg/l (Plage de gamme 50-500mg/l).

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

Mettre 164ml d'échantillon à analyser dans un flacon puis ajouter deux pastilles de NaOH (pour absorber l'humidité) et agiter dans un agitateur magnétique pendant 5 jours.

La valeur observer $\times 10 =$ le résultat final de DBO₅.

➤ **Détermination des ions HCO₃⁻ et CO₃²⁻**

La détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser, au niveau de pH=8,3 et pH=4,3, le volume d'eau à analyser.

La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique simple (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC) (RODIER, 1996).

Mode opératoire (Voir annexe 3)

- Prendre 100ml de l'eau à analyser ;
- Noter le pH de l'échantillon ;
- Titrer avec HCl 0,1N jusqu'à l'obtention d'un pH=8,3 ;
- Noter le volume de HCl (V₁) ;
- Continuer à titrer avec HCl 0,1N jusqu'à l'obtention d'un pH=4,3 ;
- Noter le deuxième volume d'HCl 0,1N (V₂).

Expression des deux résultats

$$\text{HCO}_3^- \text{ (mg/l)} = V_2 \times 61$$

$$\text{CO}_3^{2-} \text{ (mg/l)} = V_1 \times 60$$

Où:

V1: Volume d'HCl nécessaire pour obtenir un pH = 8,3 (en ml);

V2 : Volume d'HCl nécessaire pour obtenir un pH = 4,3 (en ml).

➤ **Détermination du calcium (Ca^{2+}) et du magnésium (Mg^{2+})**

Le calcium est dosé avec une solution aqueuse d'EDTA à pH compris entre 12 et 13 (Voir annexe 3).

Ce dosage se fait en présence de MUREXIDE. L'EDTA réagit tout d'abord avec les ions de calcium combiné avec l'indicateur qui vire de la couleur rouge à la couleur violet (ADE, 2003).

Pour Ca^{2+} : (V_1)

- Prendre 50ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 2 ml de NaOH à 2N ;
- Ajouter du MUREXIDE ;
- Titrer avec l'EDTA jusqu'au virage violet ;
- Obtention d'un volume (V_1) d'EDTA.

Pour Mg^{2+} : (V_2)

- Prendre 50ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 2ml de NH_4OH à pH= 10,1 ;
- Ajouter le noir erichrome ;
- Obtention d'un volume (V_2) d'EDTA.

Expression des deux résultats

$$\text{Ca}^{2+} \text{ (mg/l)} = V_1 \times F \times 8$$

$$\text{Mg}^{2+} \text{ (mg/l)} = (V_2 - V_1) \times F \times 12$$

Pour le facteur de correction:

- Prendre 50ml de la solution mère de Ca^{2+} à 100mg/l ;
- Ajouter 2ml de NaOH ;
- Ajouter l'indicateur coloré (MUREXIDE) ;
- Titrer avec l'EDTA jusqu'au virage violet ;
- Obtention d'un volume (V_p) d'EDTA.

$$F = 5/V_p$$

➤ **Dosage du sodium (Na^+) et du potassium (K^+) par photométrie de flamme (HACHEODESSEY)**

La photométrie de flamme est un des procédés les plus rapides et sensibles connus aujourd'hui pour le dosage des éléments alcalins et alcalino-terreux.

Les éléments à analyser sont généralement sous forme de sels et l'analyse se fait en partant de leurs solutions (ADE, 2003).

Les étapes suivies sont :

- Allumer l'appareil ;
- Allumer la pompe ;
- Ouvrir le robinet de la bouteille du gaz propane ;
- Allumer la flamme ;
- Pipeter de l'eau distillée remplie dans une cuvette ;
- Appuyer sur la touche «KONTROLL » ;
- Appuyer sur la touche « NULL-ZERO » attendre 5 à 10 minutes ;
- Appuyer une deuxième fois sur la même touche « NULL-ZERO » pour qu'elle s'allume.
- Retirer la cuvette d'eau distillée ;
- Remplacer la par une autre cuvette remplir d'une solution étalon de Na^+ ou de K^+ à 10mg/l ;
- Appuyer sur la touche « STANDARD » ;
- Attendre qu'elle s'allume ;
- Appuyer une deuxième fois sur même touche et attendre qu'elle s'allume ;
- En suit appuyer sur la touche « ANALYSE » (il faut que la lecture donne 10) ;
- Enfin passer aux échantillons à analyser et appuyer seulement sur la touche « ANALYSE » ;
- A la fin du dosage et par précaution de sécurité, il faut toujours fermer la bouteille de gaz propane en premier lieu ensuite l'appareil et la pompe.

Préparation des étalons

- Solution fille de sodium (Na^+) à 10mg/l : de la solution mère de NaCl à 1000 mg/l dans 100ml d'eau distillée.

- Solution fille de potassium (K^+) à 10mg/l : 1ml de la solution mère de KCl à 1g/l dans 100ml d'eau distillée.

Expression des résultats

Les résultats sont donnés directement en mg/l.

➤ Détermination des chlorures (Cl^-)

Dans un erlenmeyer, mettre 100ml d'eau à analyser puis ajouter deux gouttes de K_2CrO_4 (Voir annexe 3). Titrer avec $AgNO_3$, le changement de la couleur de jaune vers la coloration brunâtre indique la présence des chlorures puis lire le volume de $AgNO_3$ (ADE, 2000).

Expression des résultats

$$Cl^- = V \times 35,5$$

V : Volume de $AgNO_3$ jusqu'à l'apparition de la couleur brunâtre.

➤ Détermination de l'azote ammoniacal (NH_4^+)

On porte sur la mesure spectrométrique à 655 nm du composé bleu formé par la réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium (Voir annexe 3).

Les étapes sont les suivantes :

- Prendre 40ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 4ml de réactif 1 et 4ml du réactif 2 ;
- Ajuster la solution à 50ml avec l'eau distillée ;
- Attendre 1h 30 (l'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de NH_4^+) ;
- Faire la lecture au spectromètre à la longueur d'onde est $\lambda = 655nm$;
- Les résultats sont donnés directement en mg/l.

➤ Détermination des nitrites (NO_2^-)

Nous avons suivi les étapes suivantes :

- Prendre 50ml d'eau a analysé
- Ajouter 1ml du réactif mixte ;

- L'apparition de la coloration pourpre indique la présence des nitrites (NO_2^-) ;
- Faire la lecture au spectromètre à la longueur d'onde $\lambda = 543$;
- Le résultat sera donné directement en mg/l.

La diazotation de la sulfanilamide en milieu acide et sa copulation avec une solution de dichlorhydrate (N-1-naphtyl-éthylène diamine) donne un complexe coloré pourpre susceptible d'un dosage colorimétrique (RODIER, 1978) (Voir annexe 3).

➤ **Détermination des nitrates (NO_3^-)**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitro-salicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'être dosé par colorimétrie (RODIER, 1978) (Voir annexe 3).

Les étapes sont :

- Prendre 10ml d'eau à analyser dans une capsule de 60ml ;
- Alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium ;
- Ajouter 1ml de la solution de salicylate de sodium ;
- Evaporer à sec à $75-80^\circ\text{C}$ (ne pas surchauffer ni chauffer trop longtemps) ;
- Laisser refroidir ;
- Reprendre le résidu par 2ml de H_2SO_4 concentré en ayant soin de l'humecter complètement ;
- Attendre 10 minutes puis ajouter 15ml d'eau bidistillée ;
- Ajouter 15ml de la solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium qui développe la couleur jaune ;
- Effectuer la lecture au spectromètre à la longueur d'onde de 420nm.

Expression du résultat

Le résultat est donné directement en mg/l.

➤ **Détermination des sulfates (SO_4^{2-})**

Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfates de baryum (Voir annexe 3).

Les étapes sont :

- Prendre 20ml de l'eau à analyser ;
- Compléter à 100ml d'eau distillée ;

- Ajouter 5ml de la solution stabilisante ;
- Ajouter 2ml de chlorure de baryum ;
- Agiter énergiquement pendant une minute ;
- Lire au spectromètre à la longueur d'onde $\lambda = 420\text{nm}$.

Expression du résultat

SO_4^{2-} (mg/l) = la valeur lue sur le spectromètre.

➤ Détermination des orthophosphates (PO_4^{3-})

Formation, en milieu acide, d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le nitrate double d'antimoine et de potassium. Réduction, par l'acide ascorbique, en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption, l'une vers 100nm, l'autre plus importante à 880nm (Voir annexe 3).

Les étapes que nous avons suivies sont :

- Prendre 40ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 1ml d'acide ascorbique et 2ml du réactif mixte ;
- Attendre 10mn (jusqu'au développement de la couleur) ;
- Lire directement au spectromètre à la longueur d'onde $\lambda = 880\text{nm}$.

Expression du résultat

Le résultat est donné directement en mg/l.

➤ Résidu sec (R.S)

On prélève 100ml d'eau à analyser puis filtrer pour éliminer les matières en suspension. Verser dans un bécher puis sécher à une température de 110°C .

Expression des résultats

$\text{R.S} = P \times 10^4$ en mg/l.

P : résultat de la différence entre le poids de bécher vide et après la filtration et le séchage de l'eau.

❖ Caractérisation des métaux lourds

L'analyse toxicologique consiste dans notre étude à analyser la charge des échantillons d'eau brute du barrage Dahmouni en éléments traces toxiques tels que le plomb, et en éléments traces non toxiques tel que le cuivre, le zinc et le fer.

➤ Préparation des échantillons d'eau

Les échantillons d'eau destinés au dosage des métaux lourds, après acidification par l' HNO_3 concentré jusqu'à un pH inférieur à 2, sont filtrés sur une membrane filtrante avec une porosité de $0.45\mu\text{m}$ (membrane SARTORIUS) en utilisant une pompe à vide.

➤ Dosage des métaux lourds dans l'eau

Les teneurs des métaux lourds (Cu, Zn, Pb et Fe) sont déterminées dans l'eau par spectrophotométrie d'absorption atomique au four de type PERKIN-ELMER. AAnalyst 800.

Lorsque les atomes d'un élément ont été excités, leur retour à l'état fondamental s'accompagne de l'émission de photons, de fréquence bien définie et propre à cet élément. Le même élément dispersé à l'état atomique dans une flamme possède également la propriété d'absorber tout rayonnement de même fréquence. Il en résulte une absorption du rayonnement incident liée à la concentration de l'élément considéré (RODIER *et al.*, 2005).

Principe

Une goutte de solution de quelques dizaines de microlitres est déposée dans une cuvette contenue dans le four en graphite. L'échantillon est désolvaté/séché à environ $100\text{ }^\circ\text{C}$, pyrolysé/calciné de manière à éliminer la matrice puis atomisé. On détecte l'absorption de la teneur en atomes maintenue dans la cellule durant environ 1s. Cette absorbance est mesurée à l'aide d'une lampe à cathode creuse d'une longueur d'onde donnée. Nous avons utilisé un appareil AAnalyst 800 de marque PERKIN ELMER.

Mode opératoire

Après le réglage du spectromètre d'absorption atomique, nous avons passé successivement les solutions préparées de l'eau du barrage avec un blanc (eau acidifiée) et une solution témoin.

Nous mettons 4 solutions standards de différente concentration à partir de la solution mère dans l'appareil pour chaque échantillon (Voir annexe 3).

Le dosage des éléments doit se faire en utilisant les longueurs d'onde appropriée à chacun.

Tableau XII : Eléments à doser en fonction de la longueur d'onde et la nature de la flamme.

Élément à doser	Longueur d'onde (nm)	Flamme
Pb	283,31	Air (Argon)/Acétylène
Cu	324,7	Air (Argon)/Acétylène
Zn	213,9	Air (Argon)/Acétylène
Fe	389,9	Air (Argon)/Acétylène

Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en microgramme par litre.

Tableau XIII : Eléments à doser en fonction des masses caractéristiques approximatives, limites de détection de l'appareil et domaine de travail optimaux pour des échantillons d'eau d'un volume de 20µg/l.

Éléments dosés	Masse caractéristique*	Limite de détection (µg/l) **	Domaine de travail optimal (µg/l) ***
Plomb	15	1	10 à 100
Cuivre	5	0,5	1,5 à 15
Zinc	0,5	0,5	0,5 à 5
Fer	5	1	3 à 30

(Norme ISO 15586, 2003).

* : la masse caractéristique d'un élément est la masse en programme, correspondant à un signal de 0,004 à 4s, en utilisant l'absorbance intégrée.

** : les limites de détection sont les signales détectables produit pendant le dosage des éléments chimiques avec une fiabilité définie, différent de celui produit par un blanc dans les mêmes conditions.

*** : le domaine de travail optimal est défini comme étant les concentrations correspondant aux lectures de l'absorbance intégrée comprises entre 0,05 et 0,6.

Etablissement de la courbe d'étalonnage

L'établissement de la courbe d'étalonnage ce fait à partir des concentrations choisies des solutions étalons.

I.4. Indices de qualité des eaux pour l'irrigation

En vue d'apprécier la qualité des eaux pour l'irrigation dans les différentes stations échantillonnées, nous avons utilisé plusieurs indices :

➤ **S.A.R**

Pour maintenir les conditions d'infiltration adéquates dans les sols irrigués, il faut empêcher les complexes d'échange du sol de se charger en Na⁺. On exprime le danger de sodicité d'une eau d'irrigation par le SAR (Sodium Absorption Ratio),

$$SAR = \sqrt{\frac{Na^+}{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

Où Na⁺, Ca²⁺ et Mg²⁺ sont exprimés en mg/l.

Le S.A.R est représenté par graphiquement par le diagramme de RIVERSIDE. La détermination du S.A.R ce fait par croisement avec la conductivité électrique (Voir Tableau XII).

Tableau XIV: Indice croisé SAR/conductivité.

Indice croisé SAR/conductivité	Indication
C1-S1	- eau utilisable pour la plupart des espèces cultivées et des sols
C1-S2	- eau utilisable pour la plupart des espèces cultivées - le sol doit être bien drainé et lessivé
C1S3	- le sol doit être bien préparé, bien drainé et lessivé, ajout de matières organiques - la teneur relative en Na peut être améliorée par l'ajonction de Gypse
C1-S4	- eau difficilement utilisable dans les sols peu perméables - le sol doit être bien préparé, très bien drainé et lessivé, ajout de matières organiques - la teneur relative en Na peut être améliorée par l'ajonction de Gypse
C2-S1	- eau convenant aux plantes qui présentent une légère tolérance au sel
C2-S2	- eau convenant aux plantes qui présentent une légère tolérance au sel - sol grossier ou organique à bonne perméabilité
C2-S3	- eau convenant aux plantes qui présentent une certaine tolérance au sel - sol grossier et bien préparé (bon drainage, bon lessivage,

	addition de matières organiques) - l'ajonction périodique de Gypse peut être bénéfique
C2-S4	- eau ne convient généralement pas pour l'irrigation
C3-S1	- eau convenant aux plantes qui présentent une bonne tolérance au sel - sol bien aménagé (bon drainage) - contrôle périodique de l'évolution de la salinité
C3-S2	- eau convenant aux plantes qui présentent une bonne tolérance au sel - sol grossier ou organique à bonne perméabilité, bon drainage - contrôle périodique de l'évolution de la salinité - l'ajonction périodique de Gypse peu être bénéfique
C3-S3	- espèces tolérantes au sel - sol très perméable et bien drainé
C3-S4	- eau ne convient pas à l'irrigation
C4-S1	- eau ne convient pas à l'irrigation dans des conditions normales - peut être utilisée si les espèces ont une bonne tolérance à la salinité et le sol est particulièrement bien drainé
C4-S2	- eau ne convient pas à l'irrigation dans des conditions normales - peut être utilisée si les espèces ont une très bonne tolérance à la salinité et le sol est particulièrement bien drainé
C4-S3	- eau ne convient pas à l'irrigation
C4-S4	- eau ne convient pas à l'irrigation

(BOUMEDIYOU et FEKIH, 2014).

➤ %Na⁺

L'usage agricole d'une eau exige un pourcentage en sodium inférieure à 60%, seuil maximal admissible. Ce pourcentage en Na⁺ est donné par la relation suivante :

$$\%Na^+ = \frac{(Na^+ + K^+)}{(Ca^{+2} + Mg^{+2} + Na^+ + K^+)} \times 100$$

Tous les ions sont exprimés en méq/l.

Ce pourcentage est représenté graphiquement par le diagramme de WILCOX.

I.5. Analyse statistique

Dans cette étude nous avons utilisé le programme EXCEL (2010), pour calculer la moyenne et l'écart-type de chaque station.



CHAPITRE

II RESULTATS ET

DISCUSSION



Conclusion

Pour conclure cette étude, il convient de rappeler que le lac de barrage de Dahmouni est l'une des ressources en eau les plus importantes dans la wilaya de Tiaret. Ce lac est soumis à des pressions agricoles et industrielles très importantes et constitue un réceptacle de tout type de rejets et de diverses natures.

L'étude de la qualité des eaux a surtout mis en évidence le danger des rejets diffus d'origine domestique et industrielle sur la qualité physico-chimique.

Les paramètres analysés, ont révélé des cas de perturbations et d'altérations qui ont été traduites par une nette élévation des paramètres physico-chimiques :

- ❖ Une température de l'eau qui est saisonnière ;
- ❖ Un pH à tendance alcaline dépassant parfois 8,4 ;
- ❖ Une conductivité électrique généralement élevée $1242,33\mu\text{S}/\text{cm} \pm 84,33\mu\text{S}/\text{cm}$, traduisant une minéralisation excessive ;
- ❖ Des taux importants en résidus sec $1508,83\text{mg}/\text{l} \pm 228,78\text{mg}/\text{l}$, en T.D.S $926,67\text{mg}/\text{l} \pm 112,89\text{mg}/\text{l}$ et en matières en suspension révélant une pollution organique marquée par de fortes charges organiques et minérales ;
- ❖ Des éléments minéraux majeurs ; dont les teneurs en cation (K^+ , Na^+ , NH_4^+) et en anions (PO_4^{3-} , NO_3^- , NO_2^-) traduisent une salinité et un taux de salinité importante ;
- ❖ Des paramètres de pollution reflétant un degré important marqué par une augmentation des teneurs en DCO $316,27\text{mg d'O}_2/\text{l} \pm 118,51\text{mg d'O}_2/\text{l}$ et en DBO₅ $170,40\text{mg d'O}_2/\text{l} \pm 120,40\text{mg d'O}_2/\text{l}$ par rapport aux normes des eaux d'irrigation ;
- ❖ Une élévation des teneurs en orthophosphates $2,77\text{ mg}/\text{l} \pm 0,28\text{mg}/\text{l}$ suite au lessivage des sols fertilisés par des engrais phosphatés et des composés azotés (ammonium, nitrites et nitrates) ;
- ❖ Les valeurs de S.A.R sont comprises entre 3 et 9 meq/l signifiant ainsi que les eaux sont à restriction légère à modérée. La classification de Riverside et de Wilcox a permis de classer les eaux échantillonnées dans la catégorie bonne qui conviennent aux plantes présentant une bonne tolérance au sel.

Le dosage des ETM dissous dans l'eau n'a pas rendu compte de la pollution métallique, du fait que les métaux se lient aux particules en suspension et finissent par se déposer dans les

Conclusion

sédiments. En fait, l'eau seule ne peut nous renseigner sur le niveau de la contamination métallique à cause de faible solubilité de ces éléments et de la sédimentation des matières en suspension sur lesquelles et adsorbée la grande partie des ETM introduits dans un écosystème aquatique. Les teneurs en plomb, en cuivre, en zinc et en fer dans l'eau, dans l'ensemble des stations sont donc inférieures aux normes des eaux d'irrigation.

D'après les résultats obtenus dans cette étude et en se référant aux normes des eaux superficielles et de celles des eaux d'irrigation, nous déduisons que l'eau brute du barrage de Dahmouni manifeste des critères de pollution en sachant que cette dernière est en relation avec les rejets urbains, la nature du terrain et le climat. Cette pollution nécessiterait une étude plus approfondie accompagnée d'une analyse microbiologique confirmant ou infirmant ses risques sur la qualité des eaux.

A l'avenir, il serait nécessaire que l'eau brute du lac de barrage de Dahmouni subisse un traitement avant son utilisation. Ce processus de dépollution doit se faire beaucoup plus durant la saison chaude.

La mise en service du barrage a permis de constituer une réserve d'eau inestimable pour la ville de Tiaret qu'il faut absolument préserver pour l'avenir.

Références bibliographiques :

A

ADE. 2000. Manuel d'analyses physicochimiques et bactériologiques. Bilan annuel des eaux. Tiaret, 20p.

ADE. 2003. Manuel d'analyses physicochimiques et bactériologiques. Agence régionale d'Alger, département de contrôle de qualité de l'eau, laboratoire central, 44p.

ADE. 2004. Manuel d'analyses physicochimiques et bactériologiques. Bilan annuel des eaux. Tiaret, 55p.

ADE. 2005. Manuel d'analyses physicochimiques. Bilan annuel des eaux. Tiaret, 48p.

AYERS, RS., WESTCOT, DW 1985. Water quality for agriculture. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO Irrigation and Drainage Paper 29, Revision 1; <http://www.fao.org/docrep/003/T0234E/T0234E00.htm>).

B

BELAID. 2010. Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques, 5-26p.

BENDJAMA, A. 2007. Niveau de contamination par les métaux lourds du complexe lacustre « Tonga, Oubeira, El-Mellah » au parc national d'El-Kala. Mémoire en vue d'obtention du diplôme de magister en science de la mer. Option biologie et physiologie des organismes marines. Université Badji Mokhtar, Annaba, 191P.

BERNE, F., et CORDONNIER, J. 1991. Traitement des eaux. Edition : tec, 6-14p.

BERIERE, G. 2000. Distribution et collecte des eaux. Edition 2. Ecole polytechnique de Montréal, 3-19p.

BOUAROUJ, S. 2012. Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation. Mémoire de magistère en écologie. Faculté de science de la nature et de la vie. Université Mentouri, Constantine, 75p.

BOUHLASSA, S., ALEHCHEIKH, C., et KABIRI, L. (2008). Origine de la minéralisation et de la détérioration de la qualité des eaux souterraines de la nappe phréatique du Quaternaire du bassin-versant de Rheris (Errachidia, Maroc). Sécheresse, **19** (1): 67-75.

BOUKHOBZA, K. 2009. Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de source (Foundrou) d'Ainkihal (Ain Témouchent). Mémoire d'ingénieur d'état en biologie. Département de biologie. Université de Tlemcen.

BOUMEDIU, F, Z., et FEKIH.M. 2014. Etude de la qualité de l'eau « Exquise » destinée à l'irrigation des terres d'ELFehoul. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Agronomie. Faculté des sciences de nature et de la vie et des sciences de la terre et du l'univers. Université Abou BekrBelkaid, Telemcen, 86p.

BOUMEDOL, A. 2000. Etude caractéristiques physico-chimiques de certaines sources d'eau potable de la ville de Tiaret. Mémoire ING ISA, Tiaret.

BREMOND, R., et VUICHARD, R. 1973. Les paramètres de la qualité de l'eau. Ed. La documentation française, Paris, 173p.

C

CABRIDENC, R. 1980. La pollution des eaux par les détergents, 43 – 59. In : Pesson p.; La pollution des eaux continentales : incidence sur les biocénoses aquatiques. Ed. Gauthier-Villars, Paris, 345p.

CALVET, R., BARRIUSO, E., BEDOS, C., BENOIT, P., CHARNAY, M., COQUET, Y. 2005. Les pesticides dans le sol, conséquences agronomiques et environnementales, Edition FRANCE AGRICOLE, 637p.

CASTANAY. 1982. Hydrologie principe et méthodes. Ed Dunod, 227p.

CERTU. 2004. Les métaux lourds dans les eaux. 98p.

COUTURE, I. 2006. Analyse d'eau pour fin d'irrigation MAPAQ. Montérégie-Est AGRIVISION 2003-2004, 8p.

D

DAOUD, Y., HALITIM, A. 1994. Irrigation et salinisation au Sahara algérien. Sécheresse, **3 (5)** : 151-60p.

DEGREMONT, S. 2005. Mémento technique de l'eau. Edition : DEGEMENT.

DERWICH, E., BEZIANE, Z., BENAABIATE, L., BEBGHYTI, D. 2008. Evaluation de la qualité des eaux des oueds Fes et Sebou utilisées en agriculture maraichère au Maroc. Larhyss Journal ISSN 1112-360, n° 7, 59-77p.

DGS. 2003. Direction générale de la santé. Réduire le plomb dans l'eau du robinet. Dossier de presse, 19 déc. 2003, 11p. Disponible sur:
<http://www.sante.gouv.fr/htm/actu/plomb/sommaire.htm>.

DHT. 2005. Direction de l'hydraulique de la wilaya de Tiaret. Etude de l'aménagement hydro-agricole de la plaine de Dahmouni ; risque et contrôle de la salinité des sols. Mars, 2005. Ed. COBRA et SCET-TUNISIE.

D.H.W. 2005. Direction de l'Hydraulique de la Wilaya. Documents techniques. Tiaret.

DOUAOUI, A., et HARTANI, T. (2007). Impact de l'irrigation par les eaux souterraines sur la dégradation des sols de la plaine du Bas-Chélif. Actes du troisième atelier régional SIRMA (Nabeul, Tunis), CD-Rom. Edit. CIRAD, Montpellier. 5 p.

E

ECKENFELDER, W. 1982. Gestion des eaux usées urbaines et industrielles. Techniques de documentation. Ed. Lavoisier, Paris, 503p.

El MORHIT, M. 2009. Hydrochimie, éléments traces métalliques et incidences écotoxicologiques sur les différentes composantes d'un écosystème estuarien (Bas Lakkos). Thèse de Doctorat en Toxicologie. Université Mohammed V. Agdal, Rabat, Maroc, 260 p.

F

FAO. 2003. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Bureau régional pour le Proche-Orient et bureau sous régional pour l'Afrique du nord. Irrigation avec des eaux usées traitées. Manuel d'utilisation, 73p.

FRANK, J., et KEMMER, N. 1984. Manuel de l'eau. Editeur Ed : Lavoisier, 3-102-105p.

G

GAID, A. 1984. Epuration biologiques des eaux usées urbaines, Tome I. Office des publications universitaires, Alger, Ben Aknoun, 261p.

GAUJOUS, D. 1995. La pollution des milieux aquatiques. Aide mémoire. Ed. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris, 220p.

GROSCLAUDE, G. 1999. L'eau usages et polluants, Tome I. Ed : INRA, Paris, 204p.

J

JAMES, B. 1982. Beard, Turf Management for golf Courses. Macmillan Publishing, 642 p.

JEAN JUC CELLERIC. 2002. La dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau, Paris.

K

KATERJI, N. 1995. Réponse des cultures à la contrainte hydrique d'origine saline : approches empiriques et mécanistes. C. R Acad. Agric. Fr, **81**(2):73-86p.

KEMMER, F. 1984. Le manuel de l'eau. Edition : TEC et DOC, Lavoisier, Paris, 55p.

L

LADJAL, R. 2013. Problématique de la mobilisation et de la préservation des ressources hydriques dans le Sersou « bassin Cheliff amont Boughazoul. Mémoire de magister en hydraulique. Faculté de Technologie. Université Abou BakrBelkaid, Tlemcen, 125p.

LECLERE, H., GAILLARD, J., SIMONET, M. 1994. Microbiologie générale, la bactérie et le monde bactérien. Edition: Doina éditeur, Paris, 435p.

LEPELTIER, S. 2005. Un bon état écologie des eaux.

LEYAUD, G., et Verrel, J.L. 1980. Modification du milieu aquatique sous l'influence des pollutions. Gautier-Villards. (Ed.), Paris, 345p.

LOUP, J.P. 1974. Les eaux terrestres. Collection dirigée par Jean Pelletier. Masson et Cie, Paris 1974, 8 – 14 p.

M

MARCHAND, M., Kantin, R. 1997. Les métaux traces en milieu aquatiques. Océanis, **235** (4): 595-629p.

MASSAOUDI, I., BICHRECH, S. 2006. La consommation des eaux par les métaux cas de chott ainbaida de la région d'Ouargla. Mémoire Ing. Université d'Ouargla.

MEINK, J. 1977. Les eaux résiduaires industrielles Masson, Paris.

MEKKAKIA, M. 2001. Pollution des eaux du sous bassin versant de l'Oued Mina. Thèse magister en écologie et environnement, 134p.

MOSTAFAI, K. 2005. Le rendement de la station de traitement de barrage Ben Khadda. Thèse d'ingénieur d'Etat en écologie végétale et environnement. Faculté des sciences Agrovétérinaires. Université de Tiaret, 97p.

MIQUEL, M. 2001. Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport Office Parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (Dir). Rapport Sénat n°261, France, 360p.

MIQUEL, M.2003. Site Internet du ministère de la Santé du Canada : (www.hc-sc.gc.ca).

N

NORSTROM, R., LETCHER, R. 1996. Role of biotransformation in bioconcentration and bioaccumulation. Annex I. In: Sijm, De Bruijin, De Voogt & De Wolf (eds). Biotransformation in environment risk assessment ; a SETAC workshop Noordwijkerhout, The Netherlands.

NISBET, M., et VERNEAUX, J. 1970. Composantes chimiques des eaux courantes : discussion et proposition de classes en tant que base d'interprétation des analyses. Ann. De limnologie. **6** (2) : 161-190p.

O

ONA. 2008. Office national d'assainissement, Tiaret.

OMS. 1984. Guide pratique pour l'eau potable et l'assainissement rural et suburbain.

OMS (Organisation Mondiale de la Santé). 1989. Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants. 3ème rapport du comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires, rapport technique n°776 de l'OMS, Genève (Suisse), 156p

ONM. 2015. Office National Météorologique. Donnée météorologique.

ONTARIO. 2004. Revue scientifique (en ligne). Coup d'oeil sur l'environnement et la santé. In Environnement Canada. <http://www.ontario-canada.ca/Envir/fr/santé/Env.htm>.

P

PICOT, B., EI HALOUANI, H., CASELLES, C., MOERSIDIK, S et BONTOUX, J. 1991. Nutrient removal by high rate pond system in a mediterranean climate (France). Wat. Sci. Tech. **23**: 1535-1541p.

POPOFF, G. 1991. Journal français d'hydrologie. **22** : 6p.

PYATT, F., METCALF.M., PYATT, A. 2003. Copper bioaccumulation by freshwater snail *Lymnaea stagnalis* : A toxicological marker of environment and human health ?. Environ. Toxicol. Chem, **22**, 561-564p.

R

RODIER, J. 1978. Analyse de l'eau.

RODIER, J. (1984). L'analyse de l'eau, 7ème Edition, Ed. Dunod, Paris.

RODIER, J., LEGUBE, B., MERLET, N., et Coll. 1996. L'analyse de l'eau, eaux naturelles eaux résiduaires, eau de mer. Ed : DUONOP, Paris,1394p.

RODIER, J., LEGUBE, B., MERLET, N., et Coll. 2005. L'analyse de l'eau, eaux naturelles eaux résiduaires, eau de mer. 8ème édition, Ed : DUONOP, Paris, 1383p.

RODIER, J., LEGUBE, B., MERLET, N., et Coll. 2009. L'analyse de l'eau, eaux naturelles eaux résiduaires, eau de mer. 9ème édition, Ed : DUONOP, Paris, 33-35-40-50p.

ROUABHIA, A.E.K., et DJABRI, L. (2010). L'irrigation et le risque de pollution saline. Exemple des eaux souterraines de l'aquifère miocène de la plaine d'El Ma Labiod. LarhyssJournal,n° 8, 55-67p.

S

SHAH, K., et NONG KYNRIH, J, M. 2007. Metal hyperaccumulation and bioremediation. *Biologia Plantarum* 51, 618-63p.

T

TREMEL-SCHAUB, A.,et FEIX, I. 2005. Contamination des sols, transfert des sols vers les plantes. Livre, Edition 2, 413p.

W

WANG, Q, R., CUI, Y,S., LIU, X, M., DONG,Y, T.,et CHRISTIE, P. 2003. Soil contamination and plant uptake of heavy metals at polluted sites in China. *J. Environ. Sci. Health Part A Toxic/ Hazard. Subst. Environ. Eng*, 38, 823-838p.

WHO. 1994. Directive de qualité de l'eau de boisson. Edition 2. **2**: Critères d'hygiènes. Genève.



ANNEXES



Annexe 1:

Tableau II : Normes de la qualité des eaux d'irrigation.

	Expression	Normes
Conductivité électrique à 25c°	µS/cm	3000
Chlorure (cl)	mg/l	1065
T.D.S	mg/l	2000
Sulfate (So ₄ ²⁻)	mg/l	960
Phosphate	mg/l	2
Bicarbonate	mg/l	610
Carbonate	mg/l	3
M.E.S	mg/l	25
Sodium	mg/l	960
Magnésium	µg/l	60,75
Calcium	mg/l	400
Potassium	mg/l	2
Nitrate (No ₃ -)	mg/l	10

(FAO, 1998).

Tableau III : Normes extrêmes limités aux eaux d'irrigation.

paramètre	Unité	Normes
pH		6,5 – 8,5
CE	mS/cm	3 ⁽¹⁾
M.E.S	mg/l	<70 ⁽²⁾
NO₃⁻	mg/l	10 ⁽¹⁾
HCO₃	mg/l	500 ⁽¹⁾
SO₄²⁺	mg/l	400 ⁽¹⁾
Cl	mg/l	1065 ⁽¹⁾
Ca²⁺	mg/l	400 ⁽¹⁾
Na²⁺	mg/l	2920 ⁽¹⁾
Mg²⁺	mg/l	60,75 ⁽¹⁾
DCO	mg/l	<40 ⁽²⁾
DBO₅	mg/l	<30 ⁽²⁾
NO₂⁻	mg/l	<1 ⁽²⁾
PO₄³⁻	mg/l	<0,94 ⁽²⁾
Cd²⁺	mg/l	0,01 ⁽²⁾
Pb²⁺	mg/l	0,05 ⁽²⁾
Zn²⁺	mg/l	2 ⁽²⁾
Cr²⁺	mg/l	0,1 ⁽²⁾
NH₄⁺	mg/l	<2 ⁽²⁾

⁽¹⁾(FAO, 2003), ⁽²⁾(OMS, 1989).

Tableau IV: Normes requises pour les paramètres physico-chimiques des eaux superficielles.

Paramètre	Unités	Normes
PH	Unité PH	5,5 à 9
Température	C°	22
Coloration (après filtration simple)	mg/l Pt-Co	20
Conductivité électrique	μS/cm à 20c°	1000
Matière totale en suspension	mg/l de MTES	25

(RODIER et al., 2005).

Tableau V: Normes requises pour les paramètres chimiques et les indicateurs de pollution des eaux superficielles.

Paramètre	Unités	Normes
Nitrate	mg/l NO ₃ ⁻	30
Ammonium	mg/l NH ₄ ⁺	4
Sulfates	mg/l	250
Phosphates	mg/l	0,7
Chlorures	mg/l	200
Demande chimique en oxygène(DCO)	mg/l	30
Demande biochimique en oxygène(DBO5)	mg/l	>7
Taux de saturation en oxygène dissous	% O ₂	>30

(RODIER *et al.*, 2005).

Tableau VI : Effets de quelques éléments métalliques sur les végétaux.

Eléments	Effets de métaux lourds
Zinc	<ul style="list-style-type: none"> - Provoque une détérioration de l'appareil chlorophyllien et par la suite compromettent l'activité d'assimilation. - Mort des extrémités des feuilles et la chlorose. - Induit une carence du fer.
Plomb	<ul style="list-style-type: none"> - Inhibe la décomposition des matières organiques.
Chrome	<ul style="list-style-type: none"> - Action toxique se manifeste par un dépérissement général de toutes parties du végétal et destruction graduelle de l'appareil chlorophyllien.
Nickel	<ul style="list-style-type: none"> - Empêche le développement des végétaux, ou même provoque la mort des plantes à des doses élevées.

(MEINCK, 1977).

Tableau VII : Effets de quelques éléments métalliques sur la santé humaine.

Eléments	Organe cible	Effets toxiques
Plomb	Système nerveux	- Atteintes neurologiques. - Encéphalopathie. - Troubles neurocomportementaux.
	Moelle osseuse et sang	- Bloque les enzymes de synthèse d'hémoglobine. - Anémie.
	Rein	- Cancer du rein.
Cadmium	Système respiratoire	- Irritation des cellules du système respiratoire.
	Poumon	- Cancers du poumon.
	Voie digestive	- Troubles gastro-intestinaux.
Mercure		- Diarrhée. - Vomissements. - Toux. - Inflammation salivation. - Défaillance rénale. - Troubles sensoriels.
Zinc		- Réduction des fonctions immunitaire et de taux de HDL. - Cas de sévères nausées et vomissements. - Perte du poids moyen des testicules. - Baisse de l'activité des spermatozoïdes.

(MIQUEL, 2001).

Annexe 2 :

Tableau VIII: Pluviométrie de la région de Dahmouni sur 10 ans (2004-2013)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
2005	120,20	28,11	48,77	3,56	3,05	26,17	2,04	0	26,17	48,77	2,04	24,13
2006	39,63	74,40	16,77	41,14	76,96	3,05	4,07	7,62	213,10	11,94	6,61	39,12
2007	19,06	43,18	28,19	101,60	16	0,51	5,33	8,12	23,63	122,17	37,33	5,84
2008	18,55	20,82	24,40	16,75	60,47	15,49	1,02	1,78	31,74	60,81	56,38	68,08
2009	99,05	76,80	78,73	80,26	22,10	6,86	1,02	5,08	81,28	22,60	26,16	89,67
2010	53,70	135,60	67,20	13,50	41,20	5,70	0	0	6,90	34,20	46,20	27,90
2011	40,40	47,40	28,10	41	41,70	17	1,70	0	0	36,80	75,70	6,50
2012	12,10	35,80	38,90	106,5	15,10	1	0,50	5	11,90	49,10	98,20	19,20
2013	89,30	60,90	91,10	96,60	19	0	7,70	7,20	29	0	202,80	46,20
2014	62,30	54,80	98	4,20	9,80	5,70	0	2,70	110	33	56,30	54,20
Moyenne	55,42	57,78	52,01	50,51	30,53	8,14	2,33	3,75	53,37	41,93	60,77	38,08

(Station météorologique Ain Bouchakif, 2015).

Tableau IX : Températures moyennes mensuelles pour les années de 2005 – 2014

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
2005	3,80	3,30	10,40	12,70	20,30	23	27,50	25,10	19,90	17,50	9,80	6,10
2006	4	5,30	9,90	15	19,40	24	27,40	25	20,40	18,70	12,30	6,90
2007	6,60	8,80	7,90	11,20	16,10	22	27,40	26,20	22,10	15,30	8,90	5,80
2008	6,50	8,50	9,20	13,40	16,10	22,20	27,60	27,10	21,50	15,30	7,80	5
2009	5,50	6	9,90	9,40	17,90	23,90	28,70	26,20	19,20	16,30	11,70	8,90
2010	2,87	3,57	4,38	5,90	7,38	29,16	38,83	34,16	28,10	22,25	15,33	15,16
2011	11,54	11,57	10,41	18,70	24,35	28,46	31,12	37,38	31,20	23,19	22,80	12,12
2012	12,48	8,96	16,77	23	29,22	34	36,54	37,22	27,80	24,16	17,13	13,45
2013	11,41	12,78	15	18,60	20,12	34,27	34,70	34,25	28,96	27,90	14,20	11,78
2014	18	17,78	19,03	22,53	26,03	26,26	28,93	29,87	31,23	26,87	21,46	17,93
Moyenne	8,27	8,65	11,28	15,04	17,67	26,72	30,87	26,51	25,03	20,77	14,14	10,31

(Station météorologique Ain Bouchakif, 2015).

➤ **Classification du climat**

🚩 **Indice de Gaussen**

Pour connaître la période sèche et humide de l'année on va tracer le climogramme de Gaussen à l'aide des données climatiques.

$$P < 2 \times T$$

P : Précipitation annuelle en millimètre.

T : Température annuelle moyenne en °C.

Tableau X: Valeurs moyennes mensuelles de T° et des pluies de l'année 2014.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
T_{moy}	8,27	8,65	11,28	15,04	17,67	26,72	30,87	26,51	25,03	20,77	14,14	10,31
(mm)												
P_{moy}(mm)	55,42	57,78	52,01	50,51	30,53	8,14	2,33	3,75	53,37	41,93	60,77	38,08

Le climogramme de Gaussen est une représentation graphique de variation de précipitation et de température en fonction du temps (mois).

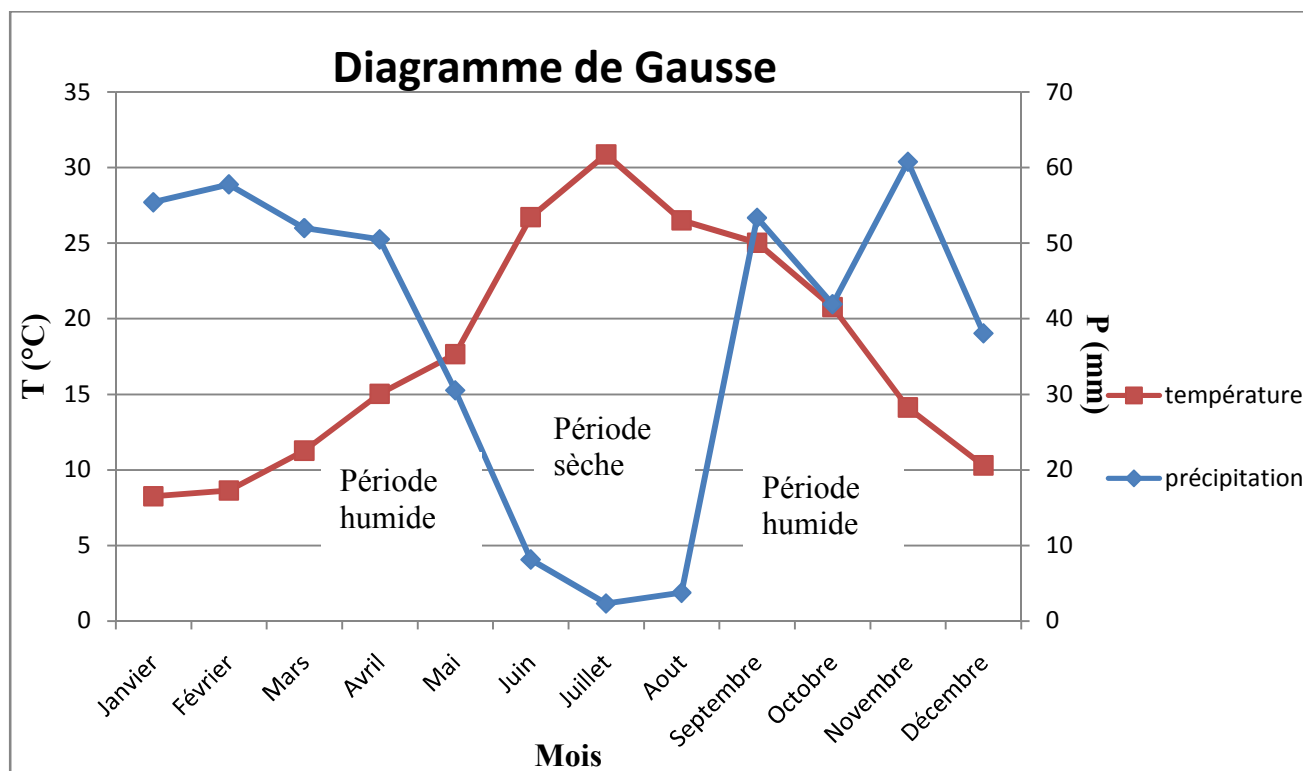


Figure 2: Diagramme Ombrothermique de Gausse de Dahmouni de (2005-2014).

Indice d'Aridité de Martonne IA :

$$IA = \frac{P}{T + 10}$$

Avec P : Précipitation moyenne annuelle en mm ➡ P= 454,62 mm

T : Température moyenne en °C ➡ T= 17,93 °C

$$IA = \frac{P}{T+10} = \frac{454,62}{17,93+10} = 16,27$$

Tableau XI : Classification du climat.

Valeur	Type de climat
IA<5	Désertique
5≤IA≤10	Très désertique
10≤IA≤20	Sec
20≤IA≤30	Relativement humide
30≤IA	Humide

Selon la classification de Martonne ; notre climat est sec.

Indice d'Emberger

Cet indice a pour but de déterminer l'étage bioclimatique, il est déterminé par la formule d'Emberger :

$$Q = \frac{1000 \times p}{(M-m) \times \frac{M+m}{2}} = 2 \times 1000 \times p / M^2 - m^2$$

Q : Quotient pluviométrique d'Emberger

P : Précipitation moyenne annuel en mm

M : Température moyenne maximale du mois la plus chaud en K° (degré kelevin)

M : Température moyenne minimale du mois la plus froid en K°

Avec : P : 454,62 mm

M : 30,87 °C

m : 8,27 °C

On aura : $Q = 2 \times 1000 \times 454,62 / (30,87 + 273)^2 - (8,27 + 273)^2 = 68,75$

Et on se référant au diagramme bioclimatique la valeur de Q pour classier notre zone d'étude.

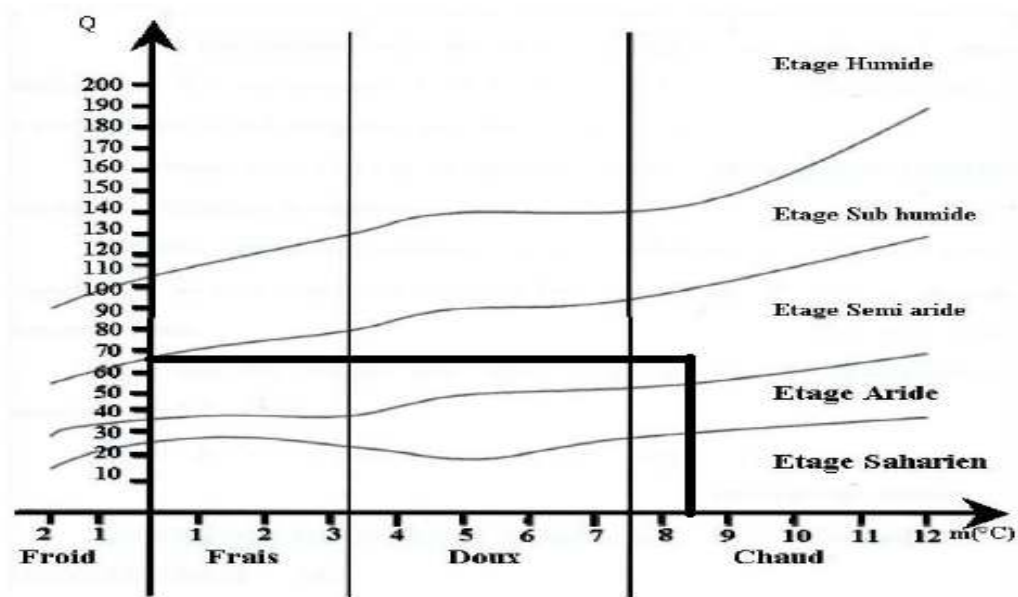


Figure 3: Diagramme bioclimatique.

L'étage bioclimatique : semi-aride

🚩 Indice de Stewart

$$Q_2 = 3,43 \times P/M + m$$

Q_2 : Quotient pluviométrique

P : Précipitation moyenne annuel en mm

M : Température moyenne maximale du mois la plus chaud en °C

m : Température moyenne minimale du mois la plus froid en °C

$$Q_2 = 3,43 \times 454,62 / 30,87 + 8,27 = 39,48$$

La valeur est comprise entre 10 et 50. Donc selon Stewart, nous sommes dans un régime semi-aride.

Annexe 3 :

Matériel utilisé

- ❖ Conductimètre ;
- ❖ pH mètre multi paramètre LF 3001-2 LC;
- ❖ Réfrigérant ;
- ❖ Spectrophotomètre HACHEODESSEY.
- ❖ Spectromètre d'absorption atomique avec four PERKIN MELER ;
- ❖ Spectromètre de flamme ;
- ❖ Dessiccateur ;
- ❖ Thermomètre ;
- ❖ Fours à moufles (de marque Heraeus);
- ❖ Thermoriacteur ;
- ❖ Verrerie propre et spécifique à chaque usage ;

Produits et réactifs :

1) Réactif I (coloré) :

- ❖ Salicylate de sodium.....130g.
- ❖ Nitropruciate de sodium.....0,97g.
- ❖ H₂O distillée.....1000ml.

2) Réactif II :

- ❖ Tri citrate de sodium.....130g.
- ❖ Acide dichloroiosocyanurique.....2g.
- ❖ Hydroxyde de sodium (NaOH).....32g.
- ❖ H₂O distillée.....1000ml.

3) Réactif mixte : (NO₂⁻)

- ❖ Sulfamilide.....40g.
- ❖ Acide phosphorique.....100ml.
- ❖ N-1-Naphtyl éthylène diamine.....2g.
- ❖ H₂O distillée.....1000ml.

4) Réactifs NO_3^-

- ❖ Solution de salicylate de sodium à 0,5% ;
- ❖ Acide sulfurique concentré ;
- ❖ Solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium :
 - ✓ Hydroxyde de sodium.....400g.
 - ✓ Tartrate double de sodium et de potassium.....60g.
 - ✓ Eau distillée.....1000ml.

- ❖ Solution mère étalon d'azote nitrique à 0,1g/l :
 - ✓ Nitrate de potassium.....0,722g.
 - ✓ Eau distillée.....1000ml.
 - ✓ Chloroforme (pour conserver).....1ml.

- ❖ Solution fille étalon d'azote nitrique à 0,005g/l :
 - ✓ Solution mère d'azote nitrique.....50ml.
 - ✓ Eau distillée.....1000ml.

5) Réactifs HCO_3^- et CO_3^- :

- ❖ Solution de HCl à 0,1N :
 - ✓ Solution de HCl à 1N.....100ml.
 - ✓ Eau distillée.....1000ml.

- ❖ Electrode de pH (référence 60209000).

6) Réactif Mg^{2+} :

- ❖ Solution d'EDTA N/50 :
 - ✓ EDTA.....3,722g.
 - ✓ H₂O distillée.....1000ml.

- ❖ Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) 2N :
 - ✓ NaOH (pastilles).....80g.
 - ✓ H₂O distillée.....1000ml.

- ❖ Préparation des indicateurs colorés :
 - ✓ MUREXIDE.
 - ✓ Noir erichrome.
- ❖ Solution mère de Ca^{2+} à 100mg/L.

7) Réactifs Cl^-

- ❖ Solution de nitrate d'argent à 0,01 N;
- ❖ Solution de chlorure de sodium à 71 mg/l ;
- ❖ Indicateur coloré K_2CrO_4 à 10%.

8) Préparation des réactifs de NH_4^+

- ❖ Réactif 1 :
 - ✓ Acide sichloroisocyanurique.....2g.
 - ✓ Hydroxyde de sodium (NaOH).....32g.
 - ✓ Eau distillée.....1000ml.
- ❖ Réactif 2 :
 - ✓ Tricitrate de sodium.....130g.
 - ✓ Salicylate de sodium.....130g.
 - ✓ Nitropruciate de sodium.....0,97g.
 - ✓ Eau distillée.....1000ml.

9) Préparation des réactifs de SO_4^{2-} :

- ❖ Solution mère de sulfates à 0,1g/L à partir de Na_2SO_4 :
 - ✓ Sulfate de sodium (Na_2SO_4).....4,43g.
 - ✓ Eau distillée.....100ml.
- ❖ Solution stabilisante :
 - ✓ Acide chlorhydrique concentré.....60ml.
 - ✓ Ethano.....1200ml.

- ✓ Chlorure de sodium.....150ml.
- ✓ Glycéro.....1100ml.
- ✓ Eau distillée.
- ❖ Solution de chlorure de baryum :
 - ✓ Chlorure de baryum.....150g.
 - ✓ Acide de chlorhydrique.....5ml.
 - ✓ Eau distillée.....1000ml.

10) Préparation des solutions et des réactifs de PO_4^{3-}

- ❖ Solution :
 - ✓ Solution mère de PO_4^{3-} à 50mg/L ;
 - ✓ Solution fille de PO_4^{3-} à 2mg/L.

- ❖ Réactif mixte :

(A)

- ✓ Acide ascorbique 10% ;
- ✓ Heptamolybdate d'ammonium.....13g.
- ✓ Eau distillée.....100ml.

(B)

- ✓ Tartrate double d'antimoine et de potassium.....0,35g.
- ✓ Eau distillée.....100ml.

(C)

- ✓ Acide sulfurique pur.....150ml.
- ✓ Eau distillée.....150ml.

(A+B)+C → 500ml d'eau distillée.

11) Solution d'HCl à 0,1 N :

- ❖ HCl à 1N.....100ml.
- ❖ H_2O distillée.....1000ml.

12) pH : 10

- ❖ NH_4Cl0,34g.
- ❖ NH_4OH2,85ml.
- ❖ d'eau distillée.....10ml.

13) Carbonate mono sodique (NaHCO_3) :

- ❖ 0,13g de NaHCO_3 (poudre) et ajouter 100ml de l'eau distillée.

14) Permanganate de potassium :

- ❖ 0,40g de KMnO_4 poudre et ajouter 11ml de l'eau distillée.

15) Réactif préparé de DCO.

16) Acide sulfurique concentré.

17) Noir érichrome (indicateur coloré).

18) E.D.T.A.

19) MUREXIDE (indicateur coloré).

20) Réactifs du dosage du plomb

- ❖ Solution commerciale du plomb de l'ordre de 1mg/l.
- ❖ Solution mère du plomb de 50 $\mu\text{g/l}$.
- ❖ Solution fille du plomb de 10 $\mu\text{g/l}$.
- ❖ Solution fille du plomb de 20 $\mu\text{g/l}$.
- ❖ Solution fille du plomb de 40 $\mu\text{g/l}$.

- ❖ Solution fille du plomb de 60µg/l.
- ❖ Solution fille du plomb de 80µg/l.
- ❖ Blanc (acide nitrique + l'eau distillée).
- ❖ Solution témoin de 50µg/l.

21) Réactifs du dosage du cuivre

- ❖ Solution commerciale du cuivre de l'ordre de 1mg/l.
- ❖ Solution mère du cuivre de 50µg/l.
- ❖ Solution fille du cuivre de 10µg/l.
- ❖ Solution fille du cuivre de 20µg/l.
- ❖ Solution fille du cuivre de 40µg/l.
- ❖ Solution fille du cuivre de 50µg/l.
- ❖ Blanc (acide nitrique + l'eau distillée).
- ❖ Solution témoin de 30µg/l.

22) Réactifs du dosage du zinc

- ❖ Solution commerciale du zinc de l'ordre de 1mg/l.
- ❖ Solution du zinc de 50µg/l.
- ❖ Solution du zinc de 30µg/l.
- ❖ Blanc (acide nitrique + l'eau distillée).
- ❖ Solution témoin de 30µg/l.

23) Réactifs du dosage du fer

- ❖ Solution commerciale du fer de l'ordre de 1mg/l.
- ❖ Solution du fer de 50µg/l.
- ❖ Solution du fer de 30µg/l.
- ❖ Blanc (acide nitrique + l'eau distillée).
- ❖ Solution témoin de 30µg/l.

Tableau XV_a: Données météorologiques enregistrées les jours des prélèvements.

Dates des prélèvements	Températures (°C)	Précipitations (mm)	Humidité (%)	Observation particulières
20/12/2014	20	00	47	/
20/01/2015	06,35	73	84	/
20/02/2015	01	34	87,03	/
20/03/2015	08	40	80,08	/
20/04/2015	16	00	73,83	/
10/05/2015	19	00,6	81,23	/

Tableau XV_b: Résultats obtenus pour les paramètres physico-chimiques.

Paramètre	Date de prélèvement	S1	S 2	S3	Norme
T° de l'eau (°C)	20/12/2014	12	12,2	12,8	22 ⁽³⁾
	20/01/2015	16	16,1	16	
	20/02/2015	17,5	17,5	17,6	
	20/03/2015	18	18,5	18,6	
	20/04/2015	19,2	19	19,8	
	10/05/2015	21,5	21,2	21	
pH	20/12/2014	7,75	8,09	8,14	6,5-8,4 ⁽¹⁾
	20/01/2015	8,15	8,14	8,17	
	20/02/2015	8,35	8,35	8,33	
	20/03/2015	8,38	8,40	8,41	
	20/04/2015	9,06	8,97	8,63	
	10/05/2015	9,10	9,08	8,55	
CE (µs/cm)	20/12/2014	1137	1130	1135	3000 ⁽¹⁾
	20/01/2015	1160	1150	1157	
	20/02/2015	1177	1170	1172	
	20/03/2015	1270	1262	1267	
	20/04/2015	1330	1323	1328	
	10/05/2015	1380	1360	1365	
M.E.S (mg/l)	20/12/2014	26	07	09	25 ⁽¹⁾
	20/01/2015	30	20	23	
	20/02/2015	27	32	35	
	20/03/2015	34	38	40	
	20/04/2015	30	35	39	
	10/05/2015	26	19	22	

DCO (mg d'O₂/l)	20/12/2014	37	31,22	37	<40 ⁽²⁾
	20/01/2015	240	225	236	
	20/02/2015	330,6	287,8	269,4	
	20/03/2015	360	300	345	
	20/04/2015	440	389	399,7	
	10/05/2015	490	473,9	485,4	
DBO (mg d'O₂/l)	20/12/2014	20,4	19,8	19,1	<30 ⁽²⁾
	20/01/2015	22,5	20	20,3	
	20/02/2015	107,1	150	110,3	
	20/03/2015	230,8	200	220	
	20/04/2015	280,9	270	280,4	
	10/05/2015	360,7	340,9	355,8	
Salinité (%)	20/12/2014	0,50	0,50	0,50	Non disponible
	20/01/2015	0,70	0,70	0,70	
	20/02/2015	1	1,20	1,20	
	20/03/2015	1,30	1,50	1,70	
	20/04/2015	1	1	1	
	10/05/2015	0,90	0,90	0,90	
Taux de salinité (mg/l)	20/12/2014	600	610	612	Non disponible
	20/01/2015	800	810	820	
	20/02/2015	1100	1310	1300	
	20/03/2015	1200	1250	1280	
	20/04/2015	1100	1200	1260	
	10/05/2015	1000	1000	1000	
Oxygène dissout (mg/l)	20/12/2014	2,64	4,58	5,50	>5 ⁽¹⁾
	20/01/2015	6	6,50	6,80	
	20/02/2015	7,35	7,63	7,92	
	20/03/2015	7,60	7,87	7,96	
	20/04/2015	8,18	8,49	8,49	
	10/05/2015	8,50	8,69	8,70	
N-NH₄⁺ (mg/l)	20/12/2014	17	22,4	11	<2 ⁽²⁾
	20/01/2015	10	9,50	9,80	
	20/02/2015	4,80	4,90	4,20	
	20/03/2015	2,80	3,20	2,66	
	20/04/2015	27	11	20	
	10/05/2015	30	20,05	28,9	
Nitrites (NO₂⁻) (mg/l)	20/12/2014	0,42	0,41	0,42	<1 ⁽²⁾
	20/01/2015	0,49	0,47	0,50	
	20/02/2015	0,61	0,61	0,64	
	20/03/2015	0,70	0,70	0,71	
	20/04/2015	2,50	02	2,60	
	10/05/2015	2,56	2,50	2,70	

Nitrates (NO₃⁻) (mg/l)	20/12/2014	18,50	18,45	18,50	10 ⁽¹⁾
	20/01/2015	21,10	21,15	21,17	
	20/02/2015	27,50	27,45	27,55	
	20/03/2015	27,30	27	27	
	20/04/2015	30,50	30	30,50	
	10/05/2015	56,30	56,25	56,45	
Sulfates (SO₄²⁻) (mg/l)	20/12/2014	231	228	230	400 ⁽¹⁾
	20/01/2015	217	220	225	
	20/02/2015	289,50	285	289	
	20/03/2015	293	290	293	
	20/04/2015	307,50	307,60	307,66	
	10/05/2015	399	395	397	
Ortho- phosphates (PO₄³⁻) (mg/l)	20/12/2014	1,69	1,69	1,69	<0,94 ⁽²⁾
	20/01/2015	02	02	02	
	20/02/2015	2,48	2,48	2,48	
	20/03/2015	2,48	2,48	2,48	
	20/04/2015	2,48	2,48	2,48	
	10/05/2015	2,48	2,48	2,48	
HCO₃⁻ (mg/l)	20/12/2014	310	310	310	500 ⁽¹⁾
	20/01/2015	313	315	315	
	20/02/2015	305	301	305	
	20/03/2015	358	350	356,50	
	20/04/2015	359,70	359,50	359,55	
	10/05/2015	362	360	360	
CO₃²⁻ (mg/l)	20/12/2014	12	12	12	<30 ⁽³⁾
	20/01/2015	12,12	12,10	12,10	
	20/02/2015	12,60	12,50	12,56	
	20/03/2015	24,60	24,55	24,59	
	20/04/2015	3,80	3,60	3,80	
	10/05/2015	00	00	00	
Ca²⁺ (mg/l)	20/12/2014	74,72	74,70	74,71	400 ⁽¹⁾
	20/01/2015	88,85	88,82	88,82	
	20/02/2015	95,39	95,36	95,37	
	20/03/2015	107,85	107,80	107,83	
	20/04/2015	117,01	117	117	
	10/05/2015	118	117,98	117,98	
Mg²⁺ (mg/l)	20/12/2014	31,20	31	31,10	60,75 ⁽¹⁾
	20/01/2015	35,10	35,06	35,09	
	20/02/2015	36	36	36	
	20/03/2015	42,38	42,33	42,36	
	20/04/2015	47,80	47,77	47,77	
	10/05/2015	40,30	40,26	40,28	

K⁺ (mg/l)	20/12/2014	25	23	24,50	2 ⁽¹⁾
	20/01/2015	24,30	24,29	24,29	
	20/02/2015	25,70	25,70	25,70	
	20/03/2015	25,30	25,26	25,29	
	20/04/2015	25	24,80	24,85	
	10/05/2015	26,01	26	26	
Na⁺ (mg/l)	20/12/2014	138	138	138	≤70 ⁽¹⁾
	20/01/2015	139	138,75	138,70	
	20/02/2015	194	192,50	192,50	
	20/03/2015	195	194,99	194,98	
	20/04/2015	206	205,88	205,80	
	10/05/2015	203	202,97	202,95	
Chlorures (Cl⁻) (mg/l)	20/12/2014	187,10	187	187,07	<500 ⁽³⁾
	20/01/2015	186,50	186,45	186,50	
	20/02/2015	262,70	262,64	262,67	
	20/03/2015	276,90	276,70	276,77	
	20/04/2015	266,26	266,11	266,15	
	10/05/2015	252,25	252,13	252,16	
R.S (mg/l)	20/12/2014	1784	1780	1782	Non disponible
	20/01/2015	1500	1500	1500	
	20/02/2015	1920	1919	1919	
	20/03/2015	1419	1409	1411	
	20/04/2015	1263	1260	1260	
	10/05/2015	1167	1162	1164	
T.D.S (mg/l)	20/12/2014	647	643	645	450 ⁽¹⁾
	20/01/2015	962	960	960	
	20/02/2015	900	895	899	
	20/03/2015	1230	1222	1226	
	20/04/2015	913	912	912	
	10/05/2015	908	900	902	
TH (°F)	20/12/2014	96	96	96	500 ⁽¹⁾
	20/01/2015	630	627	628	
	20/02/2015	620	615	618	
	20/03/2015	45	42	44	
	20/04/2015	47,80	47,69	47,75	
	10/05/2015	79	72	74	
TAC (mg CaCO₃)	20/12/2014	268,48	268,48	268,48	Non disponible
	20/01/2015	0	0	0	
	20/02/2015	0	0	0	
	20/03/2015	305,10	305,10	305,10	
	20/04/2015	610,20	610,20	610,20	
	10/05/2015	1379,05	1379,05	1379,05	

S.A.R (meq/l)	20/12/2014	5,37	5,37	5,37	<3 ⁽¹⁾ Aucune restriction
	20/01/2015	4,97	4,97	4,97	
	20/02/2015	6,71	6,71	6,71	3-9 ⁽¹⁾ restriction légère à modérée
	20/03/2015	6,35	6,35	6,35	
	20/04/2015	6,40	6,40	6,40	
	10/05/2015	6,43	6,43	6,43	>9 ⁽¹⁾ Forte restriction

⁽¹⁾(FAO, 2003) ⁽²⁾ (OMS, 1989) ⁽³⁾ (RODIER, 2005).

Tableau XX: Résultats obtenus pour la salinité.

Salinité (%)					
	Min	Max	Moy	Ecart- type	Norme
S 1	0,5	1,7	1,00	0,30	Non disponible
S 2	0,5	1,3	0,90	0,70	
S 3	0,5	1,5	0,97	0,27	

Tableau XXI: Résultats obtenus pour le taux salinité.

Taux de salinité (mg/l)					
	Min	Max	Moy	Ecart- type	Norme
S 1	612	1300	1045,33	234,67	Non disponible
S 2	600	1200	966,67	177,78	
S 3	610	1310	1030,00	223,33	

Tableau XXIII: Estimation de la minéralisation à partir des M.E.S.

M.E.S (mg/l)					
	Min	Max	Moy	Ecart- type	Norme
S 1	26	34	28,83	2,50	25 ^(*)
S 2	7	38	25,17	9,83	
S 3	9	40	28,00	10,00	

^(*)FAO (2003).

Tableau XXIV: Résultats obtenus pour la DCO.

DCO (mg d'O₂/l)					
	Min	Max	Moy	Ecart- type	Norme
S 1	37	490	316,27	118,51	<40 ^(*)
S 2	31,22	473,90	284,49	104,25	
S 3	37	485,40	295,42	114,62	

^(*)OMS (1989).

Tableau XXV : Résultats obtenus pour la DBO.

DBO (mg d'O₂/l)					
	Min	Max	Moy	Ecart- type	Norme
S 1	20,40	360,70	170,40	120,40	<30 ^(*)
S 2	19,80	340,90	166,78	104,25	
S 3	19,10	355,80	167,65	117,75	

^(*)OMS (1989).

Tableau XXVII: Résultats obtenus pour l'OD.

OD (mg d'O₂/l)					
	Min	Max	Moy	Ecart- type	Norme
S 1	2,64	8,50	6,71	1,59	>5 ^(*)
S 2	4,58	8,69	7,29	1,17	
S 3	5,5	8,7	7,56	0,94	

^(*)FAO (2003).

Tableau XXVIII : Résultats obtenus pour le NH₄⁺.

NH₄⁺ (mg/l)					
	Min	Max	Moy	Ecart- type	Norme
S 1	2,80	30	15,27	9,40	<2 ^(*)
S 2	3,20	22,40	11,84	6,26	
S 3	2,66	28,90	12,76	7,79	

^(*)OMS (1989).

Tableau XXIX : Résultats obtenus pour NO₂⁻.

	NO₂⁻ (mg/l)				NO₃⁻(mg/l)			
	Min	Max	Moy	Ecart- -type	Min	Max	Moy	Ecart- -type
S 1	0,42	2,56	1,21	0,88	18,50	56,30	30,20	8,80
S 2	0,41	2,50	1,12	0,76	18,45	56,05	30,05	8,73
S 3	0,42	2,70	1,26	0,93	18,50	56,45	30,20	8,85
Norme	<1 ^(*)				10 ^(**)			

^(*)OMS (1989) ^(**)FAO (2003).

Tableau XXX: Résultats obtenus pour PO₄³⁻.

PO ₄ ³⁻ (mg/l)					
	Min	Max	Moy	Ecart- type	Norme
S 1	1,69	2,48	2,77	0,28	<0,94 ^(*)
S 2	1,69	2,48	2,77	0,28	
S 3	1,69	2,48	2,77	0,28	

^(*)OMS (1989).

Tableau XXXI: Résultats obtenus pour SO₄²⁻.

SO ₄ ²⁻ (mg/l)					
	Min	Max	Moy	Ecart- type	Norme
S 1	217	399	289,50	43,67	400 ^(*)
S 2	220	395	287,60	43,27	
S 3	225	397	290,28	42,28	

^(*)FAO (2003).

Tableau XXXII : Résultats obtenus pour HCO₃⁻.

HCO ₃ ⁻ (mg/l)					
	Min	Max	Moy	Ecart- type	Norme
S 1	305	362	334,62	25,28	500 ^(*)
S 2	301	360	332,58	23,92	
S 3	305	360	334,34	24,34	

^(*)FAO (2003).

Tableau XXXIII : Résultats obtenus pour CO₃²⁻.

CO ₃ ²⁻ (mg/l)					
	Min	Max	Moy	Ecart- type	Norme
S 1	00	24,60	10,85	5,97	<30 ^(*)
S 2	00	24,55	10,79	5,99	
S 3	00	24,59	10,84	5,96	

^(*)RODIER (2005).

Tableau XXXIV: Résultats obtenus pour Ca²⁺.

Ca ²⁺ (mg/l)					
	Min	Max	Moy	Ecart- type	Norme
S 1	74,72	118	100,30	13,98	400 ^(*)
S 2	74,70	117,98	100,28	13,98	
S 3	74,71	117,98	100,29	13,99	

^(*)FAO (2003).

Tableau XXXV: Résultats obtenus pour Mg²⁺.

Mg²⁺ (mg/l)					
	Min	Max	Moy	Ecart- type	Norme
S 1	31,20	47,80	38,80	4,70	60,75 ^(*)
S 2	31	47,77	38,74	4,72	
S 3	31,10	47,77	38,77	4,70	

^(*)FAO (2003).**Tableau XXXVI: Résultats obtenus pour k⁺.**

k⁺ (mg/l)					
	Min	Max	Moy	Ecart- type	Norme
S 1	24,30	26,01	25,22	0,45	2 ^(*)
S 2	23	26	24,84	0,81	
S 3	24,29	26	25,11	0,56	

^(*)FAO (2003).**Tableau XXXVIII: Résultats obtenus pour Cl⁻.**

Cl⁻ (mg/l)					
	Min	Max	Moy	Ecart- type	Norme
S 1	186,50	276,90	238,62	34,55	<500 ^(*)
S 2	186,45	276,70	238,51	34,52	
S 3	186,50	276,77	238,55	34,51	

^(*)RODIER (2005).

**Etude de la qualité des eaux de surface destinées
à l'irrigation : cas de barrage de Dahmouni,
wilaya de Tiaret**