



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique
Centre Universitaire El-wancharissi de Tissemsilt



Institut de Sciences et de la Technologie
Département de Sciences et de la Technologie

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master
académique en
Filière: Industries pétrochimiques
Spécialité: Génie du raffinage

Thème

Influence des apports hydriques exogènes sur la qualité des eaux de barrage Bougara

Soutenu le: 10/11/2020

Réalisé par:

Mr. BETTAH Larbi

Mr. SI BACHIR Bilal

Devant le Jury:

Mr. AISSAT Miloud	Président	MAA	CU- Tissemsilt
Mr. CHELLALI Rachid	Encadreur	MCB	CU- Tissemsilt
Mr. HAID Slimane	Examineur	MCB	CU- Tissemsilt
Mr. LADEG Soufiane	Examineur	MCB	CU- Tissemsilt

Année universitaire : 2019-2020

Remerciements

Avant tout nous remercions Allah de nous avoir donné la santé, la volonté et la patience de mener à terme ce présent travail.

Je tiens à exprimer mes profondes gratitude à toutes les personnes qui m'ont donné leur soutien directement ou indirectement pour réaliser ce travail et qu'ils se sont intéressés au succès de cette modeste étude de près ou de loin. Particulièrement:

- ✓ Nous adressons nos vifs remerciements à notre encadreur Monsieur le docteur CHELLALI Rachid Pour ces compréhensions et ses conseils et ses aides pour sa gentillesse et orientations pertinentes.*
- ✓ Au président et aux membres de jury qui ont bien voulu examiner ce travail.*
- ✓ Nous tenons aussi à remercier le directeur de la STEP Tissemsilt.*
- ✓ Tous les enseignants du département des sciences et technologie surtout les enseignants de spécialité Génie Raffinage.*
- ✓ Enfin, je voudrais remercier ma famille, mes parents et mes amis pour leur soutien durant ces années d'étude. Que ce travail soit un hommage pour leur dévouement et leur affection.*

Dédicaces

Grâce à dieu le tout puissant, qui m'a donné la volonté, et qui m'a éclairé vers le bon chemin, que nul ne peut se faire sans son désir.

Je dédie ce modeste travail à:

- ✓ *Mes chers parents qui ont tout sacrifié pour moi. Grâce à eux que je suis là, et Grâce à eux que je serais loin. ils restent toujours dans mon cœur.*
- ✓ *Ma chère épouse.*
- ✓ *Mes chers enfants {Med Amin} et {Ayet Arahman} et {Roaya}*
- ✓ *Mes chers frères {Bachir} Et {Mostapha}.*
- ✓ *Mes chères sœurs et leur fils sans exception.*
- ✓ *Toute ma famille BETTAH*
- ✓ *Tous mes amis sans exception.*
- ✓ *Tous mes amis au travail à la station de traitement du barrage Koudiet Rosfa surtout les chimistes de laboratoire.*
- ✓ *Mon encadreur {Docteur CHELLALI Rachid} qui m'a aidé pendant la réalisation de ce travail.*
- ✓ *L'ensemble de mes enseignants et mes collègues 'étudiants de promotion de master 2 (2019/2020).*
- ✓ *Et enfin à tous ceux qui m'ont aidé et m'ont donné leur soutien de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.*

LARBI

Dédicace

Grâce à dieu le tout puissant, qui m'a donné la volonté, et qui m'a éclairé vers le bon chemin, que nul ne peut se faire sans son désir.

Je dédie ce modeste travail à :

- ***Mes chers parents qui ont tout sacrifié pour moi, Grâce à eux que je suis là, et Grâce à eux que je serais loin. ils restent toujours dans mon cœur.***
- ***Mes chères sœurs et leur fils sans exception.***
- ***Tous mes amis sans exception.***
- ***Mon encadreur Docteur CHELLALI Rachid qui m'a aidé pendant la réalisation de ce travail.***
- ***L'ensemble de mes enseignants et mes collègues étudiants de promotion de master 2.***
- ***Et enfin à tous ceux qui m'ont aidé et m'ont donné leur soutien de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.***

BILAL

Liste des abréviations:

A: Saison automne

ABH: Agence de Bassin Hydrographique

AEP: Alimentation en Eau Potable

ANBT: Agence Nationale des Barrages et des Transferts

ANRH: Agence Nationale de Ressources Hydrauliques

Ca²⁺: Ions de Calcium.

CE: Conductivité électrique.

CFT: Conservation de forêts Tiaret

C1: Eau de bonne qualité, utilisée sans exigence particulière (Couleur bleue)

C2: Eau de qualité moyenne, utilisée après un simple traitement (Couleur verte)

C3: Eau de mauvaise qualité, ne peut être utilisée qu'après un traitement très poussé (Couleur jaune).

C4: Pollution excessive, cette eau ne peut être utilisée qu'après un traitement spécifique et très onéreux. (Couleur rouge).

DBO₅: Demande Biochimique en Oxygène

DCO: Demande Chimique en Oxygène

DRE: Direction de Ressource en Eau

E: Saison Eté

Evp: Evaporation

H: Saison Hiver

K: Notion de biodégradabilité

MES: Matière en suspension.

MO: Matières organiques

N: Nord

NH₄⁺: L'ammonium

NO₂⁻: Le nitrite

NO₃⁻: Le nitrate

O₂ dissous: Oxygène Dissous.

OMS: Organisation mondiale de la santé.

ONA: Office Nationale d'Assainissement

P: Saison Printemps

P moy: Précipitation moyenne

pH: Potentiel d'Hydrogène.

PO₄: Matières phosphorées

r: Coefficient de corrélation

R²: coefficient de détermination

RS: Résidus sec

STEP: Station d'épuration Tissemsilt

T: Température

Liste des Figures:

Fig N° I.1: Exemple de transfert de matière et d'énergie dans un écosystème lacustre (René Moletta, 2011).....	9
Fig N° I.2: Exemple d'impact de l'introduction d'un polluant dans un lac. (René Moletta, 2011)	10
Fig N° I.3: Rivière en eutrophie	11
Fig N° II.1: Carte de localisation de la willaya de Tiaret	22
Fig N° II.2: Cartographie de Barrage Colonel de Bougara	23
Fig N° II.3: Localisation de la zone d'étude du Barrage Bougara	24
Fig N° II.4: Situation géographique de la zone d'étude barrage bougara	25
Fig N° II.5: La carte lithologique de la région de Tiaret	26
Fig N° II.6: Coupe Litho-stratigraphique locale de Tiaret	27
Fig N° II.7: Occupation du sol du bassin versant (Etude du cadastre des zones humides).....	29
Fig N° II.8: Carte des sols du périmètre du barrage bougara	30
Fig N° II.9: Schéma de l'agglomérations avoisinantes du barrage Bougara.....	36
Fig N° III.1: Répartition des précipitations moyennes mensuelles (mm) de la station d'Ain Bouchékif (2006/2017)	38
Fig N° III.2: Pourcentage des précipitations moyennes saisonnières (station d'Ain Bouchekif, (2006/2017)	39
Fig N° III.3: Les températures moyennes mensuelles (°C) de la station d'Ain Bouchékif (2006/2017)	40
Fig N° III.4: Les évaporations moyennes mensuelles (mm) de la station d'Ain Bouchékif (2006/2017)	41
Fig N° III.5: Diagramme ombrothermique d'Ain Bouchekif (2006/2017)	42
Fig N° III.6: L'humidité relative moyenne mensuelle (%) de la station d'Ain Bouchékif (2006/2017)	43
Fig N° III.7: Vente moyen mensuelle (m/s) de la station d'Ain Bouchékif (2006/2017)	44
Fig N° IV.1 : PH Mètre, mesurer le PH et température en °C.....	48
Fig N° IV.2 : Conductimètre, mesurer la conductivité, TDS et salinité.....	49
Fig N° IV.3 : Balance analytique	53
Fig N° IV.4 : Étuve.....	53
Fig N° IV.5 : Dessiccateur	53

Fig N° IV.6 : Rampe de filtration.....	53
Fig N° IV.7 : pompe à vide.....	53
Fig N° 08 : Oxymétrie.....	54
Fig N° 09 : Spectrophotomètre.....	55
Fig N° 10 : Mesure de la DBO5	56
Fig N° 11 : Armoire thermostatique.....	56
Fig N° V.1: Evolution saisonnière du pH de l'eau brute du barrage Bougara, ANRH (2015/2019)	65
Fig N° V. 2: Evolution saisonnière des résidus secs des eaux du barrage Bougara, ANRH (2015/2019)	66
Fig N° V.3: Evolution saisonnière d'oxygène dissous des eaux du barrage Bougara, ANRH (2015/2019)	67
Fig N° V.4: Evolution saisonnière des NO₃ des eaux du barrage Bougara, ANRH (2015/2019)	68
Fig N° V.5: Evolution saisonnière des NO₂ des eaux du barrage Bougara, ANRH (2015/2019)	68
Fig N° V.6: Evolution saisonnière des NH₄ des eaux du barrage Bougara, ANRH (2015/2019)	69
Fig N° V.7: Evolution saisonnière des PO₄ des eaux du barrage Bougara, ANRH (2015/2019)	70
Fig N° V.8: Evolution saisonnière des DBO₅ des eaux du barrage Bougara, ANRH (2015/2019)	71
Fig N° V.9: Evolution saisonnière des DCO des eaux du barrage Bougara (2015/2019) ANRH	71
Fig N° V.10: Evolution saisonnière des MO des eaux du barrage Bougara (2015/2019) ANRH	72
Fig N° V.11: Variation saisonnière de la conductivité électrique en (μS/cm) de l'eau du barrage bougara (ANRH) (2012/2015)	73
Fig N° V.12: Evolution saisonnière des DBO₅, DCO et O₂ des eaux du barrage Dahmouni (2015/2019) ANRH	74
Fig N° V.13: Variation saisonnière de la conductivité électrique en (μS/cm) de l'eau du barrage dahmouni (ANRH) (2012/2015)	75

Fig N° V.14: Variation saisonnière de la conductivité électrique en ($\mu\text{S}/\text{cm}$) de l'eau du barrage Koudiet Rosfa (ANRH) (2012/2015)	77
Fig N° V.15: Corrélation entre quelques paramètres physico-chimiques des eaux du barrage Bougara et barrage Dahmouni (2015/2016)	83
Fig N° V.16: Corrélation entre quelques paramètres physico-chimiques des eaux du barrage Bougara et barrage Dahmouni (2016/2017)	85
Fig N° V.17: Corrélation entre quelques paramètres physico-chimiques des eaux du barrage Bougara et barrage Dahmouni (2017/2018)	86
Fig N° V.18: Corrélation entre quelques paramètres physico-chimiques des eaux du barrage Bougara et barrage Dahmouni (2018/2019)	88
Fig N° V.19: Evolution moyenne saisonnière du rapport DCO/DBO ₅ (ANRH 2015/2019) ...	91
Fig N° V.20: Variation moyenne saisonnière du rapport DBO ₅ / DCO (ANRH 2015/2019) ...	92

Liste des tableaux:

Tableau N° I.1: Relation entre la mineralization et la conductivité électrique (Rodier et al. 2009)	14
Tableau N° I.2: Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique	14
Tableau N° I.3: Classification des eaux selon le résidu sec (RS)	14
Tableau N° I.4: Grille de la classification de la qualité des eaux superficielles en Algérie	19
Tableau N° I.5: Norme algérienne de rejets des eaux usées	20
Tableau N° III.1: Caractéristiques géographiques de la station d'Ain Bouchakif	37
Tableau N° III.2: la quantité des précipitations moyennes mensuelles (mm) d'Ain Bouchekif, (2006/2017)	38
Tableau N° III.3: Précipitations saisonnière de la station d'Ain Bouchekif, (2006/2017)	39
Tableau N° III.4: Les températures moyennes mensuelles (°C) de la station d'Ain Bouchékif (2006/2017)	40
Tableau N° III.5: La quantité d'évaporation moyenne mensuelle de la station d'Ain Bouchékif (2006/2017)	41
Tableau N° III.6: L'humidité relative moyenne mensuelle d'Ain Bouchekif, (2006/2017)	42
Tableau N° III.7: La vente moyen mensuelle d'Ain Bouchekif, (2006/2017)	43
Tableau N° IV.1: Table de dilutions selon le type d'oxytop	57
Tableau N° V.1: Les différents types de pollution	62
Tableau N° V.2: Bornes de grille de qualité des eaux de barrages	63
Tableau N° V. 3: Qualité moyenne saisonnière annuelle des eaux de Barrage Bougara	64
Tableau N° V.4: Qualité moyenne saisonnière annuelle des eaux de Barrage Dahmouni	76
Tableau N° V.5: Qualité moyenne saisonnière annuelle des eaux de Barrage Koudiet	78
Tableau N° V.6: Qualité moyenne annuelle des eaux de STEP Tissemsilt	79
Tableau N° V.7: Variation du coefficient de corrélation	81
Tableau N° V.8: Variation saisonnière des rapports pour l'eau du barrage Bougara (ANRH 2015/2019)	90
Tableau N° V.9: Coefficient de biodégradabilité	91
Tableau N° V.10: Qualité de l'eau pour l'irrigation selon la conductivité électrique	92

Résumé:

La qualité des eaux du barrage de Bougara, situé en aval du barrage Dahmouni sur le même cours d'eau de Nhar Ouassel, a connu ces dernières années une grave détérioration due aux rejets non contrôlés des eaux usées urbaines des communes voisines, l'utilisation intensive d'engrais chimiques dans l'agriculture ainsi que la surexploitation.

Cette étude vise à analyser les paramètres physiques et chimiques du barrage de Bougara pendant quatre ans (2015 à 2019) qui a été effectuée par l'Agence nationale des ressources en eau, ainsi qu'à évaluer sa qualité à travers les fiche de qualité de l'eau, les représentations graphiques saisonnières et annuelles et leurs interprétations, ainsi que celles de barrage Dahmouni.

Plusieurs études ont été effectuées; à savoir: géologique, climatique et hydro chimique, et le traitement et l'interprétation des données hydro chimiques ont été faites en utilisant deux méthodes, à savoir la méthode expérimentale et l'approche statistique.

Les résultats de l'analyse des données ont montré ce qui suit:

- Les fiches de qualité de l'eau et l'évolution saisonnière des courbes graphiques montrent une dégradation remarquable au cours de la période d'étude entre 2015 et 2019 du barrage Bougara et du barrage Dahmouni. Ceci est dû à une pollution organique, azotée et phosphatée, exprimée en DCO, DBO₅, NH₄⁺, NO₂⁻, PO₄⁻³, avec une salinité très élevée exprimée en Résidu sec, et pour la qualité du barrage Koudiet rosfa est donne une bonne qualité sauf l'augmentation de salinité.
- Il n'y a pas de relation entre le barrage Bougara et le barrage Dahmouni selon l'approche statistique (le coefficient de corrélation est faible adoptée).
- Les résultats des analyses physiques et chimiques annuelles sur quatre ans de 2015 à 2019 à la STEP Tissemsilt sont inférieurs aux normes algériennes.
- La qualité de l'eau du barrage Bougara est très mauvaise en raison de sa forte salinité et de sa pollution due à des facteurs humains (activités agricoles, ainsi que le rejet urbains des eaux usées non contrôlée des communes voisines du barrage).

Mots clés: Eaux de surface, salinité, eaux usées, irrigation, barrage de Bougara, barrage de Dahmouni, approche statistique.

Abstract:

The quality of water in BOUGUARA dam, located between the states of Tissemsilt and Tiaret has known a serious deterioration in recent years due to uncontrolled discharge of waste water from near regions towns, the intensive use of chemical fertilizers in agriculture as well as the over exploitation. .

This study aims to analyse the physical and chemical aspects of Bougara dam for four years (2015 to 2019) which was carried out by the national water resources agency, as well as to assess its quality through the quality sheets of water, seasonal and annual interpretation, as Dahmouni dam. Several studies have been carried out, namely geological, climatic and hydrochemical.

The processing and interpretation of hydrochemical data were made using two methods namely the experimental and statistical approach.

The consequence of this analysis shows:

- The water quality sheets and seasonal evolution of graphic curves show a remarkable degradation during the study period between 2015 and 2019 of Bougara dam and Dahmouni dam.

This is due to organic pollution, nitrogen and phosphate, expressed in DCO, DBO₅, NH₄⁺, NO₂⁻, PO₄⁻³, with every high salinity expressed in dry residue, and for the quality of Koudiet Rosfa dam is given good quality except for the increase in salinity.

- There is not a relation between Bougara dam and Dahmouni dam according to the statistical approach (correlation coefficient is low adopted).

- The results of yearly physical and chemical analyses over four years from 2015 to 2019 at STEP Tissemsilt are inferior to Algerian standards.

- The water quality of Bougara dam is very poor because of its high salinity and its pollution due to human factors (agricultural activities, as well as the urban discharges of uncontrolled water waste from neighbouring towns of the dam).

Key words: surface water, salinity, water waste, irrigation, Bougara dam, Dahmouni dam, statistical approach.

ملخص :

تعرف نوعية المياه بسد بوقارة ، الواقع بين ولايتي تيارت و تيسمسيلت، خلال السنوات الاخيرة تدهورا خطيرا ناتج عن مصبات مياه الصرف الصحي للبلديات المجاورة الغير مراقبة و الاستخدام المكثف للأسمدة الكيماوية في الزراعة و استغلالها المفرط.

تهدف هذه الدراسة الى تحليل العناصر الفيزيائية والكيميائية لسد بوقارة خلال اربع سنوات من 2015 الى غاية 2019 التي انجزت من قبل الوكالة الوطنية للموارد المائية و كذا تقييم نوعيتها من خلال بطاقات نوعية المياه و المنحنيات الفصلية و السنوية و تفسيراتها، وكذلك هو الشيء بالنسبة لسد الدحموني و اجراء تحليل للمنهج الاحصائي بين السدين. و قد اجريت العديد من الدراسات و هي الجيولوجية و المناخية و الهيدروكيميائية. و قدمت معالجة و تفسير للبيانات الكيميائية باستخدام طريقتين و هما المنهج التجريبي و المنهج الاحصائي.

حيث اظهرت نتائج تحليل المعطيات مايلي :

- تظهر بطاقات نوعية المياه و التطور الفصلي بالمخططات البيانية تدهورا ملحوظا خلال فترة المراقبة الممتدة بين 2015 و 2019 لسد بوقارة و سد الدحموني و هذا نتيجة تلوث المياه بالمواد العضوية، الازوتية و الفوسفاتية و المعبر عنها بالمؤشرات التالية: PO_4^{3-} , NO_2^- , NH_4^+ , DBO_5 , DCO مع ملوحة عالية جدا و المعبر عنها بمؤشر البقايا الجافة RS و بالنسبة لمياه سد كدية الرصفة الموجهة للشرب نوعيتها جيدة ماعدا ارتفاع في الملوحة.

- لا وجود لأي علاقة بين سد بوقارة و سد الدحموني من خلال دراسة المنهج الاحصائي (معامل الارتباط ضعيف).

- نتائج التحاليل الفيزيائية و الكيميائية السنوية لاربع سنوات من 2015 الى غاية 2019 بمحطة المعالجة لمياه الصرف الصحي بولاية تيسمسيلت هي اقل من القيم المسوح بها.

- ان نوعية مياه سد بوقارة رديئة جدا و ذلك لشدة ملوحتها و تلوثها نتيجة للعوامل البشرية (النشاطات الفلاحية و كذا مصبات المياه المستعملة للمناطق الحضرية و البلديات المجاورة للسد) و تستخدم فقط للري.

مفتاح الكلمات: المياه السطحية، ملوحة، مياه الصرف الصحي، الري، سد بوقارة، سد الدحموني، المنهج الاحصائي.

Sommaire :

Remerciement

Dédicace

Liste des abréviations

Liste des Figures

Liste des tableaux

Liste des photos

Résumé

Introduction générale

Chapitre I : La problématique de l'eau

I.1. Introduction	3
I.2. La problématique de l'eau en Algérie	3
I.3. Définition de la pollution des eaux	3
I.4. Principe de la pollution	4
I.5. Origine de la pollution	4
I.5.1. Pollution d'origine domestique	4
I.5.2. Pollution des eaux pluviales	5
I.5.3. Pollution d'origine industrielle	5
I.5.4. Pollution d'origine agricole	5
I.6. Principaux types de polluants	5
I.6.1. Pollution physiques	6
I.6.2. Pollution chimiques	6
I.6.2.1. Pollution minérale	6
I.6.2.2. Pollution organique	7
I.6.3. Pollution bactériologiques	7
I.7. Degré de la pollution	8
I.7.1. Influence de la pollution sur la vie aquatique	8
I.7.2. Phénomène de l'eutrophisation	10
I.8. Impacts majeurs de la pollution des eaux	11
I.8.1. Risque sur l'environnement	11
I.8.2. Risque sur la santé humaine	13
I.9. Caractérisation de la qualité des eaux	13
I.9.1. Température (T)	13
I.9.2. Le potentiel Hydrogène (pH)	13
I.9.3. Conductivité électrique (CE)	13

I.9.4. Le résidu sec (RS)	14
I.9.5. La Salinité	15
I.9.6. Les matières en suspension (MES)	15
I.9.7. Matières organiques (MO)	15
I.9.8. L'oxygène dissous (O2dis)	15
I.9.9. Demande Biochimique en Oxygène (DBO5)	16
I.9.10. Demande Chimique en Oxygène (DCO)	16
I.9.11. Notion de biodégradabilité	16
I.9.12. Matières phosphorées	17
I.9.13. Éléments indicateurs de pollution	17
I.9.13.1. Les éléments nutritifs	17
I.9.13.2. Les nitrates (NO3-)	17
I.9.13.3. Les nitrites (NO2-)	17
I.9.13.4. L'ammonium (NH4+)	18
I.10. Normes de la qualité des eaux superficielles adoptées en Algérie	18
I.11. Normes algériennes des eaux usées	20
Conclusion	21

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

II.1. Introduction	22
II.2. Cadre géographique de la wilaya de Tiaret	22
II.3. Identification du barrage du colonel Bougara	22
II.4. Fiche technique du barrage Bougara	24
II.5. La géologie	25
II.6. Géologie régionale	25
II.7. Lithologie des formations géologiques	25
II.8. Géologie et géomorphologique du barrage bougara	27
II.9. Pédologie	28
II.10. Occupation du sol	28
II.11. Hydrologie	31
II.11.1. Eaux de surface et souterraines	31
II.11.2. L'oued Nahr El Ouassel	31
II.11.3. Les Barrages	31
II.11.3.1. Le barrage de Dahmouni	31
II.11.3.1.1. Le site du Barrage	31
II.11.3.1.2. Vocation du Barrage	31
II.11.3.2. Barrage du koudiet rosfa	32
II.11.3.2.1. Situation géographique	32

II.11.3.2.2. Description du bassin versant	33
II.11.3.2.3. Fiche technique du barrage koudiet rosfa	33
II.12. Réseau hydrographique	34
II.13. Sou Bassin versant d'oued Nahr Ouassel	35
II.14. Les agglomération avoisinantes du barrage Bougara	35
II.14. Conclusion	36

Chapitre III : Climatologie

III.1. Introduction	37
III.2. Station de mesure	37
III.3. Les facteurs climatiques	37
III.4. Les précipitations	37
III.4.1. Les Précipitations moyennes mensuelle	37
III.4.2. Précipitation saisonnier	38
III.5. Température	39
III.5.1. Les températures moyennes me nsuelles	40
III.6. Evaporation	40
III.7. Diagramme ombrothermique	41
III.8. L'humidité	42
III.9. Le vent.....	43
Conclusion.....	44

Chapitre IV : Matériels et Méthodes

IV.1. Introduction	45
IV.2. Matériels et méthodes	45
IV.3. Matériel	45
IV.4. Le prélèvement des échantillons	45
IV.5. Prélèvements à partir d'un robinet :	45
IV.6. Prélèvement à partir d'une eau de surface (barrage)	46
IV.7. Choix et stérilisation des récipients	46
IV.8. Principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau	46
IV.9. Transport et conservation au laboratoire	47
IV.10. Détermination des paramètres physico-chimique	47
IV.10.1. Mesure de la température.....	47
IV.10.2. Détermination de Potentiel d'hydrogène (pH)	47
IV.10.3. Détermination de conductivité électrique	48
IV.10.4. Mesure du taux salinité	49
IV.10.5. Mesure le Résidus sec	49
IV.10.6. Détermination des matières oxydables en milieu acide :	50
IV.10.7. Détermination des matières en suspension (MES)	51

IV.10.8. Détermination d'oxygène dissous	53
IV.10.9. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)	54
IV.10.10. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO5)	56
IV.10.11. Détermination des nitrites (NO_2^-) méthode colorimétrique	58
IV.10.12. Détermination des nitrates (NO_3^-)	58
IV.10.13. Détermination de l'azote ammoniacal (NH_4^+)	59
IV.10.14. Détermination des phosphates (PO_4^{3-})	59
Conclusion	60

chapitre V : Résultats et Discussion

V.1. Introduction	61
V.2. Objectif	61
V.3. Etude hydro chimique	61
V.4. La méthode de classification des eaux de surface en algérie	61
V.5. Méthodologie de classification	61
V.6. La valeur guide des eaux de barrages décrites par L'ANRH	62
V.7. Première partie A : Approche expérimentale	63
V.7.1. Evolution des paramètres de la qualité des eaux	63
V.7.1.1. Qualité du barrage Bougara	63
V.7.1.1.1. Evolution de la potentiel d'Hydrogène (pH)	65
V.7.1.1.2. Evolution de la Résidu sec (RS)	65
V.7.1.1.3. Evolution de l'oxygène dissous (O_2)	66
V.7.1.1.4. Evolution de nitrate (NO_3^-)	67
V.7.1.1.5. Evolution du nitrite (NO_2^-)	68
V.7.1.1.6. Evolution de l'ammonium (NH_4^+)	69
V.7.1.1.7. Evolution de la ortho-phosphates (PO_4^{3-})	70
V.7.1.1.8. Evolution de la Demande Biochimique en Oxygène (DBO5)	71
V.7.1.1.9. Evolution de la demande chimique en oxygène (DCO)	72
V.7.1.1.10. Evolution de la Matière organique (MO):	72
V.7.1.1.11. Conductivité électrique CE	72
V.7.1.2. Qualité du Barrage Dahmouni :	73
V.7.1.2.1. Evolution les paramètres de matière organique pour du barrage Dahmouni	74
V.7.1.2.2. Conductivité électrique CE	75
V.7.1.3. Qualité du Barrage de koudiet rosfa	77
V.7.1.3.1. Conductivité électrique CE	77
V.7.1.4. Qualité de l'eau de la STEP Tissemsilt	79
V.8. Dexième partie B : Approche statistique	80
V.8.1. Définition	80
V.8.2. Méthode Statistique de corrélation	80

V.8.3. Coefficient de corrélation	80
V.8.4. Relation entre les paramètres	81
V.8.5. Régression linéaire simple	81
V.8.6. Etude de corrélation	81
V.9. Evaluation de la pollution organique des eaux du barrage Bougara	89
V.9.1. Variation saisonnière de l'indice de biodégradabilité DCO/DBO ₅	90
V.9.2. Rapport du DBO ₅ /DCO	91
V.10. Salinité	92
Conclusion	93
Conclusion générale	
Références bibliographiques	

***Introduction
Générale***

Introduction générale:

L'eau est la matière première la plus importante sur notre planète, pour tous les êtres vivants que ce soit les êtres humains, les animaux, les plantes ou les micros organismes.

L'eau est une ressource vitale pour l'homme et sa santé et son développement, mais à cause de l'accroissement de sa consommation par les individus et des problèmes de pollution, celle-ci est engendrée principalement par le rejet des eaux usées d'une manière anarchique et sans traitement, ce qui contribue considérablement à la contamination de l'eau on doit obligatoirement pensé à une épuration de ces eaux. C'est pour cela que, depuis l'antiquité, les hommes ont mis en place, dans les villes des systèmes d'assainissement. **(AGENCE DE L'EAU « France » 1994).**

L'eau, au contact des terrains qu'elle rencontre, se charge en divers éléments qui vont influencer sur sa qualité. Certains de ces éléments sont présents naturellement dans le sol, et vont définir la qualité « naturelle » de l'eau brute. Ainsi l'eau à l'état naturel peut contenir des matières organiques, des matières dissoutes provenant des terrains traversés (calcium, magnésium, sodium, potassium, bicarbonates, sulfates, chlorures, métaux lourds, ...), des particules en suspension et d'autres éléments sont d'origine anthropique. **(TOUHARI, F., 2015)**

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique, biologique ou bactériologique de ses qualités naturelles, provoquée par l'homme et ses activités. Elle perturbe les conditions de vie pour l'ensemble des êtres vivants. La dégradation des ressources en eau, sous l'effet des rejets d'eaux polluées, peuvent non seulement détériorer gravement l'environnement mais aussi entraîner des risques de pénurie, d'où la nécessité de traiter ces eaux usées avant de les rejeter dans le milieu récepteur. Cette pollution est provoquée par le rejet d'eau salie par nos activités domestiques, et par de diverses activités industrielles et agricoles, nécessaires pour nous fournir les aliments et biens dont nous avons besoin. **(ZEGHOUD, M., 2014).**

Les eaux usées regroupent les eaux résiduaires domestiques (les eaux vannes et les eaux Ménagères), les eaux de ruissellement et les effluents industriels (eaux usées des usines). Ils constituent donc un effluent pollué, et qui sont rejetées dans un émissaire d'égout vers le milieu naturel **(BAUMONT et al, 2004).**

En Algérie, du fait de la rareté d'une eau de bonne qualité et du développement économique et social désordonné. Cela entraîne une suite de problèmes de gestion au sens large: pertes, gaspillages, traitements aléatoires, dégradations et manque de protection de la ressource, qui s'ajoute aux conditions naturelles défavorables. **(FAO, 2003).**

L'objectif du présent travail consiste à étudier les influence des apports hydriques exogènes sur la qualité du barrage Bougara à willaya de Tiaret.

Dans cette étude, nous examinons les analyses physico-chimiques de l'eau du barrage Bougara, et du barrage Dahmouni (pH, RS, O₂ dissous, NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻, DBO₅, DCO, MO), qui ont été établies par laboratoire d'ANRH de la wilaya d'Oran, et les analyses de l'eau épurés de la STEP de la wilaya de Tissemsilt. Les résultats sont par la suite comparés aux bornes de grille de la qualité des eaux de barrages (ANRH) et comparer aux normes algérienne de rejet des eaux usées (JORA N° 41,2012). La période d'étude est de quatre ans à partir de 2015 jusqu'à 2019.

L'étude envisagée s'articule autour de cinq chapitres comme suit:

- Le premier chapitre portera sur la problématique de l'eau.
- Le second chapitre inclue une présentation de la zone d'étude, en plus d'une présentation des caractéristiques du sous bassin de Bougara ; Hydrologique, géologique et pédologique.
- Le troisième chapitre est consacré à l'étude des conditions climatiques qui règnent sur la zone d'étude à savoir la pluviométrie et le régime thermique en se basant sur la station météorologique d'Ain Bouchekif.
- Le quatrième chapitre est la description du matériel et méthodes d'analyses mises en œuvre.
- Le cinquième chapitre porte essentiellement sur l'étude hydro-chimique. L'état de la qualité physico-chimique devrait nous permettre une meilleure compréhension de l'évolution des différents paramètres des eaux étudiés et en tirer des conclusions.

CHAPITRE I
Problématique de l'eau

I.1. Introduction :

L'eau est une substance unique parce qu'elle se renouvelle et se nettoie naturellement en permettant au polluants de s'infiltrer (par le processus de sédimentation) ou de se détruire, en diluant les polluants au point qu'ils aient des concentrations qui ne sont pas nuisibles. Cependant, Ce processus naturel prend du temps et devient très difficile lorsqu'il y a une quantité importante de polluants qui sont ajoutés à l'eau. Les gens utilisent de plus en plus des matières qui polluent ces eaux.

Riche en milieux aquatiques, l'Algérie est parmi les pays d'Afrique les plus menacés par le fléau de la pollution de ses eaux, bien peu de cas de maladies à transmission hydrique sont enregistrés en l'Algérie durant dernières années (Ministère de la Santé, 2010-2014), la pollution des eaux continue de poser un problème sérieux pour l'homme et son environnement.

Dans ce chapitre nous allons donner un aperçu sur la problématique de l'eau en Algérie et la définition de la pollution, leurs origines et leurs types, ainsi que les impacts et degré de la pollution et différents paramètres physico-chimiques, ensuite on va décrire la grille de la classification de la qualité des eaux superficielles en Algérie (ANRH) et les normes de rejet des eaux usées.

I.2. La problématique de l'eau en Algérie :

Les potentialités hydriques naturelles de l'Algérie sont estimées actuellement à 18 milliards de m³ par an répartis comme suit:

- 12,5 milliards de m³/an dans les régions Nord dont 10 milliards en écoulements superficiels et 2,5 milliards en ressources souterraines (renouvelables).
- 5,5 milliards de m³/an dans les régions sahariennes dont 0,5 milliard en écoulements superficiels et 5 milliards en ressources souterraines (fossiles).

L'irrigation occupe une place importante dans la consommation d'eau (62 % de la demande totale du pays). La demande en eau potable, qui a considérablement augmenté depuis les années 1970, représente quant à elle 35 % de la demande totale. La part des besoins en eau du secteur industriel ne s'élève qu'à 3 %.

Le recours à l'utilisation des eaux non conventionnelles par le dessalement de l'eau de mer (soit une capacité de production totale de 2,1 millions de m³/jour en 2013) et la réutilisation des eaux usées épurées issues de 239 stations d'épuration (soit 1,2 milliards de m³ par an en 2014) semble jalonner la nouvelle politique des pouvoirs publics pour lutter contre la situation du stress hydrique.

I.3. Définition de la pollution des eaux :

La pollution des eaux est définie comme toute modification physique ou chimique de la qualité des eaux, qui a une influence négative sur les organismes vivants ou qui rend l'eau inadéquate aux usages souhaités.

Donc on dit que l'eau est polluée, lorsque sa composition ou son état est directement ou indirectement modifié par l'action de l'homme. (Ezziane, S., 2007)

I.4. Principe de la pollution :

Un polluant est un agent physique, une substance chimique ou biologique issu de l'activité humaine provoquant sous une intensité ou une concentration anormale une dégradation de la qualité de l'eau naturelle.

Le pouvoir polluant d'une substance est déterminé par deux facteurs principaux:

- La dose d'introduction dans le milieu récepteur, déterminée par la concentration dans l'eau et le volume d'eau en mouvement, véhicule de transport.
- La fréquence des apports, dont la répétition accroît les risques par effet cumulatif.

I.5. Origine de la pollution :

La pollution des eaux provient essentiellement des activités domestiques et industrielles ainsi que des précipitations, elle perturbe les conditions de vie de la flore et la faune aquatique, elle compromet également l'utilisation de l'eau et l'équilibre du milieu aquatique.

On distingue quatre grandes catégories d'eaux usées causes de pollution: les eaux domestiques, les eaux pluviales, les eaux industrielles et les eaux agricoles. (Ezziane, S., 2007).

I.5.1. Pollution d'origine domestique:

Dans les eaux domestiques on distingue les eaux ménagères et les eaux vannes:

➤ Eaux ménagères :

Les eaux usées d'origine domestique sont issues de l'utilisation de l'eau potable dans la majorité des cas par les particuliers pour satisfaire tous les usages ménagers. Lorsque les habitations sont en zone d'assainissement collectif, les eaux domestiques se retrouvent dans les égouts. Elles constituent l'essentiel de la pollution et se composent. (Baumont et Al., 2005 ; Chocat, 1997 ; Franck, 2002)

Les eaux des cuisines contiennent des matières insolubles (terre, débris divers), des matières extraites des aliments (organiques ou minérales) ainsi que les graisses provenant de la cuisson, par exemple : les eaux des salles de bains, les eaux des machines à lessiver qui renferment des savons et des détergents et des eaux de lavages des locaux qui sont riches en particules solides (terre, sable,...etc.) et surtout en détergents et désinfectants (eaux de javel, produit de base de chlore ou d'ammoniaque,...). (EZZIANE, S., 2007)

➤ Eaux des vannes :

Il s'agit des rejets de toilettes, très chargés en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés et phosphorés et en microorganismes. (Ezziane, S., 2007)

I.5.2. Pollution des eaux pluviales:

Elles peuvent constituer la causes de pollution importante des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumée industrielles), puis en ruissellent, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles des vidanges, carburants, résidus de pneus et métaux lourds,...). (Ezziane, S., 2007).

I.5.3. Pollution d'origine industrielle:

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles sont chargées en différentes substances chimiques organiques et métalliques. Selon leur origine industrielle elles peuvent également contenir:

- Des graisses (industries agroalimentaires...).
- Des hydrocarbures (raffineries).
- Des métaux (traitements de surface, métallurgie).
- Des acides des bases et divers produits chimiques (industries chimiques diverses, tanneries).
- De l'eau chaude (circuit de refroidissements des centrales thermiques).
- Des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

Avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte, les eaux usées industrielles doivent faire l'objet d'un traitement. Elles ne sont mélangées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas les fonctionnements des stations d'épurations (**Bachi, O, EK., 2010**).

I.5.4. Pollution d'origine agricole:

Les pollutions agricoles ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux. Il s'agit principalement:

- Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation) ;
- Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,...). (**Grosclaude, G., 1999**).

I.6. Principaux types de polluants :

Les polluants peuvent être classés, selon leur nature, en trois grandes catégories: Physique, chimique et bactériologiques.

I.6.1. Pollution physiques:

Les trois principaux agents physiques de la pollution sont: La chaleur, le transport des matières solides en suspension et la radioactivité:

➤ Pollution mécanique (transport des matières solides en suspension) :

Les matières solides en suspension sont introduites par les précipitations et les eaux de surface. Certaines particules, très petites de l'ordre du micron, peuvent ainsi transiter.

➤ **Pollution thermique (la chaleur):**

La chaleur, par élévation de la température de l'eau, surtout de surface, provoque des effets écologiques sur la vie aquatique (développement des microorganismes comme les algues). Elle diminue la solubilité de l'oxygène, déficit renforcé par l'accroissement de l'activité biologique qui en consomme.

➤ **Pollution radioactive :**

La pollution des eaux par des substances radioactive pose un problème de plus en plus grave, a un effet direct sur les peuplements aquatiques en raison de la toxicité propre de ses éléments et des propriétés cancérogènes et mutagènes de ses rayonnements.

I.6.2. Pollution chimiques:

L'eau, par son pouvoir dissolvant élevé, dissout les substances rejetées par l'activité humaine. Les polluants chimiques sont nombreux et d'origines diverses (industrielle, domestique et agricole). La pollution chimique des eaux est regroupée dans deux catégories:

- **Pollution minérale** (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...).
- **Pollution organique** (hydrocarbures, pesticides, détergents..).

I.6.2.1. Pollution minérale:

La pollution minérale des eaux peut provoquer le dérèglement de la croissance végétale ou trouble physiologique chez les animaux. Le polluant minéral ce sont principalement les métaux lourds et les éléments minéraux nutritifs. (Mayet, J., 1994).

➤ **Les métaux lourds :**

Sont essentiellement le mercure (Hg), le cadmium (Cd), le plomb l'argent (Ag), le cuivre (Cu), le chrome (Cr), le nickel (Ni) et le zinc (Zn). Ces éléments, bien qu'ils puissent avoir une origine naturelle (roches du sous-sol, minerais), proviennent essentiellement de la contamination des eaux par des rejets d'activités industrielles diverses. Ils ont la particularité de s'accumuler dans les organismes vivants ainsi que dans la chaîne trophique. (Keck, G., et Vernus, E., 2000).

➤ **Les éléments minéraux nutritifs :**

(Nitrates et phosphates): provenant pour l'essentiel de l'agriculture et des effluents domestiques. Il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques. (Mayet, J., 1994).

I.6.2.2 Pollution organique:

C'est les effluents chargés de matières organiques fermentescibles (biodégradables), fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...), et par les effluents domestique (déjections humaines, graisses,...etc.).

La première conséquence de cette pollution consommation d'oxygène dissous de ces eaux. Les polluants organiques ce sont principalement les détergents, les pesticides et les hydrocarbures.

➤ **Les détergents :**

Sont des composés tensioactifs synthétiques dont la présence dans les eaux est due aux rejets d'effluent urbains et industriels. Les nuisances engendrées par l'utilisation des détergents sont:

- L'apparition de goût de savon.
- La formation de mousse qui freine le processus d'épuration naturelle ou artificielle.
- Le ralentissement du transfert et de la dissolution de l'oxygène dans l'eau.

➤ **Les pesticides :**

On désigne généralement comme des produits utilisés en agriculture les conséquences néfastes dues aux pesticides sont liées aux caractères suivants:

- Rémanence et stabilité chimique conduisant à une accumulation dans les chaînes alimentaires.
- Rupture de l'équilibre naturel.

➤ **Les hydrocarbures :**

Provenant des industries pétrolières et des transports, qui sont des substances peu solubles dans l'eau et difficilement biodégradables, leur densité inférieure à l'eau les fait surnager. En surface, ils forment un film qui perturbe les échanges gazeux avec l'atmosphère. (**Encyclopedia, 1995**).

I.6.3. Pollution bactériologiques:

L'écoulement de surface est exclusivement le vecteur principal du transport des microorganismes, ce sont essentiellement les germes de matières fécales (Coliformes totaux, les *Escherichia Coli*, les entérocoques et les salmonelles) qui sont le plus redoutable pour la santé humaine (MTH) et dans une certaine mesure à la vie aquatique.

Il faut noter que le pouvoir auto épurateur du sol est très efficace. Pratiquement l'eau souterraine en est dépourvue dans les conditions naturelles.

L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille: les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes.

➤ **Les virus :**

Ce sont des organismes infectieux de très petite taille (10 à 350 nm) qui se reproduisent en infectant un organisme hôte. Les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries. Ils sont présents soit intentionnellement (après une vaccination contre la poliomyélite, par exemple), soit chez un individu infecté accidentellement. L'infection se produit par l'ingestion dans la majorité des cas, sauf pour le coronavirus où elle peut aussi avoir lieu par inhalation (**Cshapf, 1995**).

On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre 10^3 et 10^4 particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel.

Les virus entériques sont ceux qui se multiplient dans le trajet intestinal; parmi les virus entériques humains les plus importants, il faut citer les entérovirus (exemple: polio), les rota virus, les rétrovirus, les adénovirus et le virus de l'Hépatite A. (Asano, T., 1998).

➤ **Les bactéries :**

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10 µm. La quantité moyenne de bactéries dans les fèces est d'environ 10¹² bactéries/g (Asano, T., 1998).

Les eaux usées urbaines contiennent environ 10⁶ à 10⁷ bactéries/100 ml dont 10⁵ proteus et entérobactéries, 10³ à 10⁴ streptocoques et 10² à 10³ clostridium. Parmi les plus communément rencontrées, on trouve les salmonelles dont on connaît plusieurs centaines de sérotypes différents, dont ceux responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Des germes témoins de contamination fécale sont communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau ce sont les coliformes thermo tolérants (Faby, J.A., Brissaud, F., 1997).

➤ **Les protozoaires :**

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées (Baumont, S., 2004).

Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaire, il faut citer Entamoebahistolytica, responsable de la dysenterie amibienne et giardialambliia (Asano, T., 1998).

➤ **Les helminthes :**

Une grande variété de ces vers parasites et leurs œufs peuvent se retrouver dans les eaux usées et dans les boues sanitaires. Ils peuvent être la cause de vers intestinaux chez les humains exposés (Djeddi, H., 2007).

I.7. Degré de la pollution :

I.7.1. Influence de la pollution sur la vie aquatique:

- L'oxygène diffuse à travers l'interface air-eau pour se dissoudre dans l'eau.
- Les végétaux aquatiques, les algues, récupèrent le gaz carbonique, les sels minéraux de l'eau, utilisent la lumière pour la photosynthèse et rejettent de l'oxygène dans l'eau.
- Les poissons consomment l'oxygène qu'il y a dans l'eau et mangent les plantes, les algues, les insectes, et les gros poissons ... mangent les petits poissons.
- Les micro-organismes (des bactéries, par exemple) utilisent la matière organique et minérale et l'oxygène présent dans l'eau pour se développer et se multiplier.

Comme cette matière organique est présente en faible quantité, ils ne se multiplient que très lentement et donc, ne consomment que peu d'oxygène, ce qui en laissera au poisson pour respirer.

- La lumière qui traverse le volume d'eau va servir aux algues, aux plantes aquatiques pour produire de l'oxygène qui servira lui aussi, aux poissons, aux bactéries... Et tout cela vit dans un certain équilibre et tout s'arrange tranquillement, et tout va pour le mieux dans le meilleur des mondes...

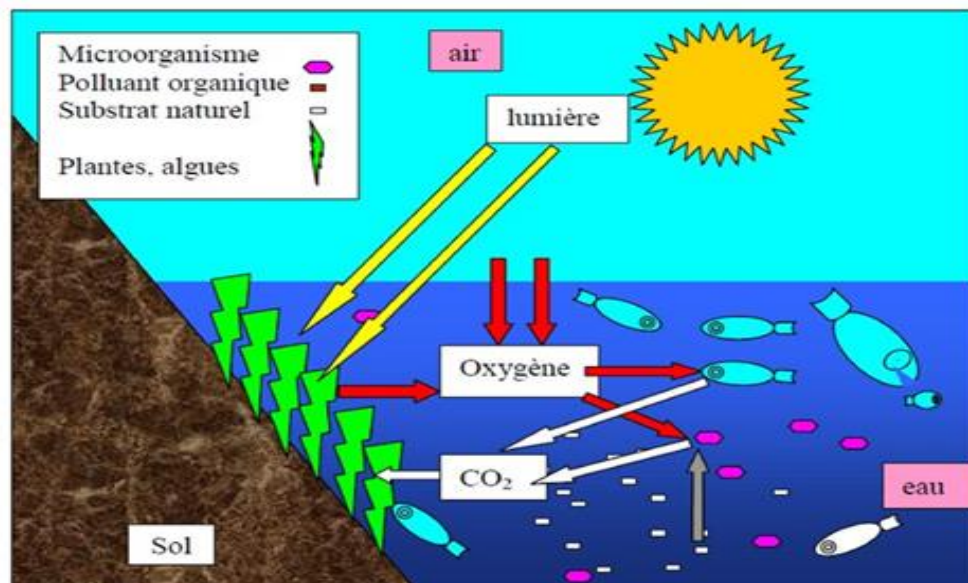


Fig N° I.1: Exemple de transfert de matière et d'énergie dans un écosystème lacustre (René Moletta, 2011).

Le problème va arriver quand on va introduire, en quantité significative, de la matière organique ou minérale, dans ce lac. Elle va entraîner une modification des caractéristiques de cet équilibre même si elle est d'origine naturelle. Cette matière est polluante car elle devient un nouveau substrat pour les microorganismes qui vont la consommer très rapidement. En même temps, ils vont, consommer plus d'oxygène (qui est dissous dans l'eau). Ils peuvent consommer tellement d'oxygène qu'il n'y en aura plus assez pour les poissons. Ils vont mourir par asphyxie. La prolifération des microorganismes va rendre l'eau plus opaque et va empêcher la lumière d'atteindre les algues et diminuer ainsi la production d'oxygène dans l'eau ce qui va amplifier l'asphyxie des poissons. Alors quel sont les principaux facteurs introduits qui peuvent modifier l'équilibre d'un écosystème?

- Les matières organiques ou minérales, d'origines naturelles ou non.
- Des produits dit «toxiques» car de petites concentrations ont de grands impacts.
- Des particules ou des colorants qui vont empêcher la lumière d'atteindre les algues.
- Une température élevée ou très basse qui va détruire les êtres vivants qui ne sont pas adaptés.
- L'introduction d'un organisme prédateur peut générer un nouvel écosystème (poisson vorace par exemple, ou une algue qui s'installe à la place de toutes les autres).

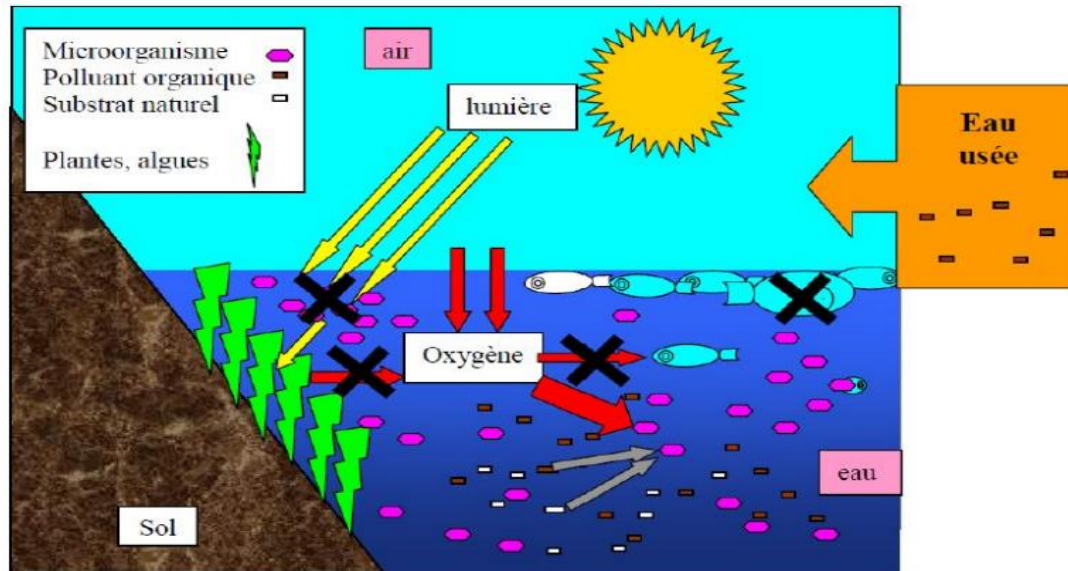


Fig N° I.2: Exemple d'impact de l'introduction d'un polluant dans un lac.

(René Moletta, 2011).

L'effet de ces pollutions conduit à la modification, voir plus souvent, à une réduction importante de la biodiversité. Un produit naturel, composé de matière facilement consommable par les microorganismes (comme le sucre par exemple) peut donc devenir un polluant si elle est rejetée en grande quantité dans le milieu naturel.

I.7.2. Phénomène d'eutrophisation:

L'eutrophisation est un processus naturel et très lent, par lequel les plans d'eau reçoivent une grande quantité d'éléments nutritifs (notamment du phosphore et de l'azote), ce qui stimule la croissance des algues et des plantes aquatiques. Ce processus, s'une période allant de plusieurs milliers à quelques dizaines de milliers d'années. Cependant, les activités humaines l'ont accéléré dans de nombreux lacs en augmentant la quantité d'éléments nutritifs qui leur parviennent, provoquant des changements dans l'équilibre de ces écosystèmes aquatiques.

Au-delà de la conséquence sur les concentrations en oxygène dans l'eau, la pollution organique a pour effet majeur d'eutrophiser les milieux aquatiques, c'est-à-dire de les enrichir en nutriments (azote, phosphore). Ces conditions favorisent le développement surabondant de certaines espèces d'algues, modifiant complètement le fonctionnement de l'écosystème. On parle de dystrophisation. Ces déséquilibres provoquent une diminution de la biodiversité et entraînent un risque de production de toxines par certaines algues.

L'eutrophisation des eaux entraîne le développement surabondant de certaines algues.



Fig. N° I.3: Rivière en eutrophie (Andre, H., 2002).

Le phénomène d'eutrophisation se manifeste par une augmentation de la biomasse phytoplanktonique dans la colonne d'eau qui, en se décomposant peut entraîner une désoxygénation des eaux. Parmi cette biomasse algale se développent des algues phytoplanktoniques, en majorité non siliceuses, donc certaines émettent des toxines qui peuvent être dangereuses pour la faune marine (poissons, coquillages,...) et pour les consommateurs.

I.8. Impacts majeurs de la pollution des eaux :

La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation dangereuse et perturbe l'écosystème aquatique et l'environnement. Elle peut concerner les eaux superficielles ou souterraines, aussi il est risqué sur la santé publique.

I.8.1. Risque sur l'environnement:

- Contribution à la diminution du taux d'oxygène dissous dans les eaux naturelles par :
 - Oxydation chimique directe
 - Consommation biologique par les microorganismes aérobies dans le cours de la métabolisation des polluants biodégradables.
 - Phénomènes physico-chimiques contrariant le maintien d'un taux d'oxygène convenable (température, salinité)
 - Limitation des échanges gazeux entre l'atmosphère et le milieu aquatique.
 - Conséquences des phénomènes fermentaires intervenant à la suite de déversements de matières organiques décantables.
- Phénomènes de toxicité aiguë ou d'accumulation de micropolluants à effet de toxicité différée :
 - Toxicité aiguë ou subaiguë se traduisant par des taux de mortalité significatifs de populations entières.

- Toxicité à long terme au travers de la bioaccumulation dans les chaînes alimentaires qui se manifeste par des effets somatiques avec altération des grandes fonctions physiologiques ou des effets germinaux pouvant conduire à la stérilisation des espèces ou transmission héréditaire de monstruosité.
- Phénomènes résultants de déversements excessifs de substances azotées et phosphorées :
 - Substances azotées :
 - Toxicité directe de certaines formes ammoniacale et nitritique sur la vie piscicole.
 - Surcoût pour la production d'eau potable
 - Contribution à l'eutrophisation
 - Substances phosphorées :
 - Eutrophisation du milieu aquatique: est engendrée par une population d'algue en excès et une pollution organique massive.
 - Coloration et mauvaises odeurs qui gênent la production d'eau potable
 - Dérèglement des concentrations en oxygène dissous avec asphyxie de nuit et mortalités spectaculaires de poissons.
- Phénomènes de contamination bactérienne ou virale :

Les maladies liées à la présence d'éléments pathogènes ou de molécules toxiques sont très répandues. Les parasitoses d'origine hydrique dominant très largement la pathologie des êtres humains et de la faune aquatique.

A- Impact sur le sol:

Ces impacts sont d'importance particulière pour les agriculteurs puisqu'ils peuvent réduire la productivité, la fertilité et le rendement de leurs terres. Le sol doit rester à un bon niveau de fertilité, afin de permettre une utilisation durable à long terme et une agriculture rentable. Les problèmes prévus au niveau du sol sont:

- La salinisation.
- L'alcalinité et la réduction de la perméabilité du sol.
- L'accumulation d'éléments potentiellement toxiques.
- L'accumulation de nutriments (FAO, 2003).

B- Impact sur les eaux souterraines:

Dans certaines conditions, les effets sur les eaux souterraines sont plus importants que les effets sur le sol. La pollution des eaux souterraines avec des constituants de l'eau usée est possible par l'infiltration de ces dernières. (FAO, 2003).

C- Impact sur les eaux superficielles:

Il arrive que ces déchets soient déversés directement dans le milieu naturel. La présence excessive de phosphates, favorise le phénomène d'eutrophisation, c'est-à-dire la prolifération

d'algues qui diminue la qualité d'oxygène contenue dans l'eau et peut provoquer à terme la mort des poissons et des autres organismes aquatiques qui y vivent. Les métaux lourds comme le mercure, le chrome et l'arsenic peuvent avoir des effets sur les espèces aquatiques les plus fragiles. Sous certaines conditions physico-chimiques, certains métaux lourds tels que le mercure peuvent s'accumuler le long de la chaîne trophique et avoir un impact sur l'homme. Actuellement, il n'existe pas de filière de valorisation pour les boues issues de l'assainissement, ainsi que les matières de vidanges de fosses septiques (**Sahnoun, M.E., 2015**)

I.8.2. Risque sur la santé humaine:

Les eaux usées peuvent contenir des pesticides, des micro-organismes pathogènes (virus, bactéries, parasites), et des éléments toxiques. Ils sont dangereux pour la santé humaine. L'organisation mondiale de la santé (OMS) considère que 80% des maladies qui affectent la population mondiale sont directement véhiculées par l'eau : des dizaines, voire des centaines de millions de personnes sont atteintes en permanence de gastro-entérites, 160 millions de paludisme et 30 millions d'onchocercose. Malgré les apparences, la transmission des maladies par une eau polluée n'est pas l'apanage des pays en voie de développement, et l'élaboration des normes sur les eaux de consommation vise à fournir aux consommateurs une eau qui ne constitue par un risque pour la santé. (**OMS, 2005**).

I.9. Caractérisation de la qualité des eaux :

I.9.1. Température (T):

La température joue un rôle primordial dans la solubilité des sels et des gaz, donc sur la conductibilité. Elle est le facteur cinétique le plus important de toutes les réactions chimiques et biologiques dans les milieux aquatiques, c'est en premier lieu le cas pour l'oxygène dissous indispensable à la vie aquatique puisque sa teneur est fonction de la température. Une température supérieure à 15°C favorise le développement des microorganismes, intensifie la biodégradation et les mauvaises odeurs. (**Beaudry, T., Henry, T., M., 1984**)

I.9.2. Le potentiel Hydrogène (pH):

Le potentiel hydrogène représente l'acidité ou l'alcalinité d'une solution. L'acidité, la neutralité et l'alcalinité d'une solution aqueuse peut s'exprimer par la concentration en H_3O^+ (noté H^+ pour simplifier). Le pH d'une eau domestique ou urbaine se situe généralement entre 6.8 à 7.8, au-delà, c'est l'indice d'une pollution industrielle.

I.9.3. Conductivité électrique (CE):

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau entre deux électrodes métalliques de La conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions. Ainsi, plus l'eau contient des ions comme le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), le sodium (Na^+), le potassium (K^+), le bicarbonate

(HCO₃⁻), le sulfate (SO₄²⁻) et le chlorure (Cl⁻), plus elle est capable de conduire un courant électrique et plus la conductivité mesurée est élevée. (Mokeddem, K, Ouddane, S., 2005)

L'unité de conductivité est le siemens par mètre (S/m). Un conductimètre est un appareil permettant de mesurer la conductivité électrique de l'eau.

Tableau N° I.1: Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique (Rodier et al. 2009).

Conductivité électrique	Taux de minéralisation
CE < 100 µs /cm	Minéralisation très faible
100 < C.E < 200 µs /cm	Minéralisation faible
200 < C.E < 333 µs / cm	Minéralisation moyenne
333 < C.E < 666 µs / cm	Minéralisation moyenne accentée
666 < C.E < 1000 µs/ cm	Minéralisation importante
C.E > 1000 µs/cm	Minéralisation élevée

Tableau N° I.2: Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique .Source (Kemmer, 1984)

Conductivité électrique (exprimée en µs/cm)	Qualité de l'eau
50 à 400	Excellente
400 à 750	bonne qualité
750 à 1500	médiocre mais eau utilisable
> à 1500	minéralisation excessive

I.9.4. Le résidu sec (RS):

C'est la mesure de la quantité de matières minérales dissoute dans l'eau. Il donne une indication du degré de minéralisation de l'eau. Le résidu sec est obtenu après évaporation de l'eau à 180°C. (Marcel, D., 1995). Le résidu sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non-volatiles. Suivant le domaine d'origine de l'eau, cette teneur peut varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 3000 mg/l.

L'eau peut être classée selon le résidu sec en quatre catégories. (Tableau I.1).

Tableau N° I.3: Classification des eaux selon le résidu sec (RS). (Lounnas, A., 2008)

RS	< 50mg/l	50 à 500 mg/l	500 à 1500 mg/l	> 1500 mg/l
Type d'eau	très faiblement minéralisée	eau faiblement minéralisée	moyennement minéralisée	fortement minéralisée

I.9.5. La Salinité:

La salinité désigne la quantité de sels dissous dans un liquide, notamment l'eau qui est un puissant solvant pour de nombreux minéraux. Nous ne faut pas confondre la salinité avec la dureté de l'eau qui est relative à son dosage en calcium et magnésium. Ces derniers officiellement mesurée à partir de la conductivité électrique. La salinité n'est plus présentée comme un rapport de masse. Elle s'exprime sans unité, comme le pH, mais on trouve encore des salinités exprimées en ‰, en g/kg ou en PSU (pratiques salinité unité).

I.9.6. Les matières en suspension (MES):

La matière en suspension représente des particules minérales et organiques contenues dans les eaux. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, de régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets, etc. (Rodier, J., 1996). La matière en suspension rencontrée dans les eaux (essentiellement superficielles) est très diverses ; elle correspond à toutes la matière minérale ou organique insoluble dans l'eau. Elle inclue les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes aquatiques (Lounnas, A., 2008). La quantité de matières en suspension varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux, la nature des rejets, etc.... Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et, par suite, la photosynthèse. Elle peut également gêner la respiration des poissons. Par ailleurs, la matière en suspension peut contenir des quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides, huiles minérales, hydrocarbures aromatiques polycycliques...). La matière en suspension est exprimée en mg/l. (Marcel, D., 1995).

I.9.7. Matières organiques (MO):

Les matières organiques susceptibles d'être rencontrées dans les eaux sont constituées par des produits de décomposition d'origine animale ou végétale, élaborés sous l'influence des microorganismes. L'inconvénient des matières organiques est de favoriser l'apparition de mauvais goût qui pourra être augmentés par la chloration.

Une eau riche en matière organique doit toujours être suspectée de contamination bactériologique ou chimique. Leur teneur est appréciée, le plus souvent, par des tests tels que la réduction du permanganate de potassium en milieu acide et en milieu alcalin. Les eaux très pures ont généralement une consommation en oxygène inférieur à 1 mg/l. (Catherine. G., 2009)

I.9.8. L'oxygène dissous (O₂dis):

Les concentrations en oxygène dissous constituent, avec les valeurs de pH, l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique. L'oxygène dissous dans les eaux de surface provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques. La concentration en oxygène dissous varie de manière journalière et saisonnière car elle dépend de nombreux facteurs tels que la pression partielle en oxygène de

l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments. Cette concentration en oxygène dissous est également fonction de la vitesse d'appauvrissement du milieu en oxygène par l'activité des organismes aquatiques et les processus d'oxydation et de décomposition de la matière organique présente dans l'eau. (Beupoil, C., Bornens P., 1997)

I.9.9. Demande Biochimique en Oxygène (DBO₅):

La demande biochimique en oxygène (DBO), représente la quantité d'oxygène utilisée par les bactéries, pour décomposer partiellement ou pour oxyder totalement les matières biochimiques oxydables présentes dans l'eau. L'indicateur utilisé est généralement la DBO₅ qui correspond à la quantité d'oxygène (exprimée en mg/l) nécessaire aux microorganismes décomposeurs pour dégrader et minéraliser en 5 jours la matière organique présente dans un litre d'eau polluée. Plus la DBO₅ est élevée, plus la quantité de matières organiques présentes dans l'échantillon est élevée (De Villers et al. 2005).

I.9.10. Demande Chimique en Oxygène (DCO):

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non, contenue dans les eaux à l'aide du bichromate de potassium $K_2Cr_2O_7$ à 150°C. C'est un paramètre important, un test rapide et utile pour la surveillance des eaux des rejets industriels, Elle est exprimée en mg O₂/l. (Suschka, J., Ferreira, E., 1986)

I.9.11. Notion de biodégradabilité:

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les microorganismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux. La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K, tel que :

$$K = DCO/DBO_5$$

Si $K < 1.5$: cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradable

Si $1.5 < K < 2.5$: cela signifie que les matières oxydables sont moyennement biodégradables.

Si $2.5 < K < 3$: les matières oxydables sont peu biodégradables.

Si $K > 3$: les matières oxydables sont non biodégradables.

Un coefficient K très élevé traduit la présence dans l'eau inhibiteur de la croissance bactérienne, tels que, les sels métalliques, les détergents, les phénols, les hydrocarbures... etc. La valeur du coefficient K détermine le choix de la filière de traitement à adopter, si l'effluent est biodégradable on applique un traitement biologique, sinon on applique un traitement physico- chimique (Metahri, M, S., 2012).

I.9.12. Matières phosphorées:

Les phosphates présents dans les eaux naturelles sont liés à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique.

Les phosphates peuvent se trouver sous différentes formes oxydées, méta HPO_3 , pyro $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ et ortho H_3PO_4 . En milieu aqueux, les formes méta et pyro tendant vers la forme ortho pour des pH de 5 à 8. Les réactions chimiques entre les différentes formes de phosphate sont données par la réaction suivante: **(Beudry, T., Henry, T., M., 1984)**



Les fortes concentrations en phosphates témoignent d'un enrichissement d'origine domestique, agricole et industrielle. L'excès en phosphate entraîne l'eutrophisation des écosystèmes aquatiques. Des teneurs supérieures à 0,5 mg/l doivent constituer un indice de pollution. **(Mekaoussi, N., 2013).**

I.9.13. Éléments indicateurs de pollution:

I.9.13.1. Les éléments nutritifs:

Indispensables à la production végétale, les nutriments présentent des concentrations généralement plus faibles que celles des éléments majeurs, l'azote (sous forme d'ammoniac, nitrites, nitrates). Ces éléments qui font partie du cycle de l'azote, se trouvent à l'état naturel dans l'air, l'eau et le sol, perpétuellement recyclé dans l'environnement grâce à divers processus (fixation, assimilation, ammonisation, nitrification, dénitrification, ...etc.). C'est un processus qui transforme chimiquement l'azote en nitrate, nitrite, ammoniac ou en substance organique. **(N'guessan, Y. M., 2008)**

I.9.13.2. Les nitrates (NO_3^-):

Les nitrates sont des ions naturels présents partout dans l'environnement. Ils sont le produit de l'oxydation de l'azote (qui représente 78% de l'atmosphère) par les microorganismes. Les nitrates sont la forme oxydée de l'azote qui est la plus stable, mais il peut être réduit en nitrite, modérément réactif, par action microbienne. Le nitrate étant un sel très soluble dans l'eau, très mobile dans le sol, pénètre dans la nappe phréatique lorsque sa quantité dépasse ce que les plantes peuvent utiliser. **(Kemoukh, S., 2007).**

Une augmentation de la pollution azotée entraîne d'une manière générale une croissance excessive des algues et plantes dans le milieu récepteur et une consommation supplémentaire de l'oxygène dissous, d'où une dégradation du milieu aquatique (Phénomène d'eutrophisation).

I.9.13.3. Les nitrites (NO_2^-):

Les nitrites représentent une forme moins oxygénée et moins stable représentant ainsi la forme du passage entre les nitrates et l'ammonium. Il s'agit d'une forme toxique. Elles sont dues à l'effet de l'oxydation d'ammonium. **(Djemai, I., 2013)**

I.9.13.4. L'ammonium (NH₄⁺):

L'ammonium provient de la matière organique et des échanges gazeux entre l'eau et l'atmosphère, est la forme d'azote la plus toxique. La transformation de la forme ammonium vers les nitrites et les nitrates se fait par oxydation. La présence d'ammonium dans les eaux superficielles est un bon indicateur de pollution anthropique (Mekaoussi, N., 2013)

I.10. Normes de la qualité des eaux superficielles adoptées en Algérie :

Une approche plus simple est adoptée dans notre étude pour apprécier globalement la qualité de l'eau des réservoirs dans la zone sensible, elle consiste à exploiter les grilles à double entrée (classe de qualité et paramètres mesurés), établies par l'ANRH (**tableau I-2**).

Elle comporte quelques paramètres, importants certes, mais ne couvrent pas toutes les formes de pollution. (Biologique, radioactive...).

Les quatre classes de qualité définies par la grille sont:

Classe 1 (C1): Eau de bonne qualité, utilisée sans exigence particulière (Couleur bleue)

Classe 2 (C2): Eau de qualité moyenne, utilisée après un simple traitement (Couleur verte)

Classe 3 (C3): Eau de mauvaise qualité, ne peut être utilisée qu'après un traitement très poussé (Couleur jaune)

Classe 4 (C4): Pollution excessive, cette eau ne peut être utilisée qu'après un traitement spécifique et très onéreux. (Couleur rouge).

Tableau N° I.4: Grille de la classification de la qualité des eaux superficielles en Algérie (Source ANRH)

Les paramètres	Unité	Qualité de l'eau			
		Bonne	Moyenne	Polluée	Excessivement polluée
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
Qualité physicochimique					
pH		6.5 – 8.5	6.5 – 8.5	8.5 - 9	<6.5 et > 9.0
Conductivité à 25°C	µS/cm	-	-	> 2800	> 2800
Température	°C	25	25 - 30	30 - 35	> 35
MES	mg/l	0 - 30	30 - 75	75 – 100	> 100
Nitrite (NO ₂)	mg/l	0 – 0.01	0.01 – 0.1	0.1 – 3	>3
Nitrate (NO ₃)	mg/l	0 – 10	10 – 20	20 – 40	>40
NH ₄	mg/l	≤ 0.01	0.01 – 0.1	0.1 – 3.0	>3
NTK	mg/l	≤ 2	2 - 3	3 - 10	>10
Phosphate (PO ₄)	mg/l	0 – 0.01	0.01 – 0.1	0.1 – 3.0	>3
O ₂ dissous	%	90 – 100	50 – 90	30 – 50	<30
DBO ₅	mg/l	< 5	5 - 10	10 - 15	>15
DCO	mg/l	< 20	20 - 40	40 - 50	>50
MO	mg/l	< 5	5 - 10	10 – 15	>15
Salinité	%	<0.5	0.05 – 3.00	3 – 5	>5
Résidu sec	mg/l	300 – 1000	1000 – 1200	1200 – 1600	> 1600
Ca	mg/l	40 – 100	100 – 200	200 – 300	> 300
Mg	mg/l	< 30	30 – 100	100 – 150	> 150
Na	mg/l	10 – 100	100 – 200	200 – 500	> 500
Cl	mg/l	10 – 150	150 – 300	300 – 500	> 500
SO ₄	mg/l	50 – 200	200 - 300	300 – 400	> 400
Fe	mg/l	0 – 0.5	0.5 – 1	1 – 2	> 2
Mn	mg/l	0 – 0.1	0.1 – 0.3	0.3 – 1	> 1
Cr	mg/l	0	0 – 0.05	0.05 – 0.5	> 0.5
Cu	mg/l	0 – 0.02	0.02 – 0.05	0.05 – 1	> 1
Zn	mg/l	0	0 – 0.5	0.5 – 1	> 1
Cd	mg/l	0	0	0 – 0.01	> 0.01
Pb	mg/l	0	0	0 – 0.05	> 0.05
F-	mg/l	0	0 – 0.8	0.8 – 1.5	> 1.5
Cn-	mg/l	0	0	0 – 0.02	> 0.02
Phénols	mg/l	0 – 0.002	0.002 – 0.02	0.02 - 1	> 1
Det	mg/l	0 – 0.3	0.3 - 0.5	0.5 – 3	> 3

I.11. Normes algériennes des eaux usées :

Les valeurs limites maximales de rejet d'effluents fixées par ces décrets (Le Décret Exécutif n° 41 du 25 chaabane 1433 correspondant au 15 juillet 2012) sont regroupées dans le tableau ci-dessous :

Tableau N° I.5: Norme algérienne de rejets des eaux usées (Source de JORAD N° 41,2012)

	PARAMETRES	UNITE	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
Physiques	pH	/	6,5 à 8.5
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
	Infiltration le SAR = 0 - 3 CE		0,2
	3 - 6		0,3
	6 - 12	ds/m	0,5
	12 - 20		1,3
	20 - 40		3
Chimiques	DBO ₅	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	CHLORURE (Cl)	meq/l	10
	AZOTE (NO ₃ - N)	mg/l	30
	Bicarbonate (HCO ₃)	meq/l	8,5
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20
	Arsenic	mg/l	2,0
	Béryllium	mg/l	0,5
	Bore	mg/l	2,0
	Cadmium	mg/l	0,05
	Chrome	mg/l	1,0
	Cobalt	mg/l	5,0
	Cuivre	mg/l	5,0
	Cyanures	mg/l	0,5
	Fluor	mg/l	15,0
	Fer	mg/l	20,0
	Phénols	mg/l	0,002
	Plomb	mg/l	10,0
	Lithium	mg/l	2,5
	Manganèse	mg/l	10,0
	Mercur	mg/l	0,01
	Molybdène	mg/l	0,05
	Nickel	mg/l	2,0
	Sélénium	mg/l	0,02
	Vanadium	mg/l	1,0
Zinc	mg/l	10,0	

(*) : Pour type de sols texture fine, neutre ou alcalin.

Conclusion:

Une eau de barrage est considérée comme polluée si elle contient des substances autres que celles liées à la structure des terrains où elle a séjourné. Ces contaminants soient physiques, chimiques, organiques ou micro biologique sont le plus souvent issus des activités humaines (agricoles, industrielles, et domestiques).

L'évolution de la concentration des paramètres physico-chimiques est en liaison directe avec l'écoulement de surface, ceci nécessite une étude pour mieux comprendre le comportement spatio-temporelle des différents éléments chimiques dans le milieu aquatique.

Lorsque les apports hydriques exogènes contiennent de la pollution, cela affecte la qualité de l'eau du barrage de Bougara.

CHAPITRE II
Présentation de la zone d'étude

II.1. Introduction :

Les cadres physiques et géologiques sont indispensables pour comprendre le cheminement et le comportement des eaux aussi bien souterraines que superficielles. Ainsi, nous allons dans ce chapitre essayer de comprendre le relief, le réseau hydrographique, les formations géologiques et les activités humaines dans la zone d'étude.

II.2. Cadre géographique de la wilaya de Tiaret:

Située à 340 km de la capitale Alger au nord-ouest du pays, la wilaya de Tiaret se présente comme une zone de contact entre le Nord et le Sud. Le territoire de la wilaya est constitué de zones montagneuses au Nord, de hautes plaines au centre et des espaces semi-arides au Sud. Elle s'étend sur un espace délimité entre 0.34° à 2.5° de longitude Est et 34.05° à 35.30° de latitude Nord.

Tiaret occupe une superficie de 20.086,62 km², elle couvre une partie de l'Atlas tellien au Nord et les hauts plateaux au centre et au Sud. Elle est délimitée au Nord par les wilayas de Relizane, Cheleff et Tissemsilt, à l'Ouest par les wilayas de Mascara et Saida, à l'Est par la wilaya de Djelfa, au Sud et Sud-Est par Laghouat et El Bayad. **(Site officiel de wilaya 2014)**

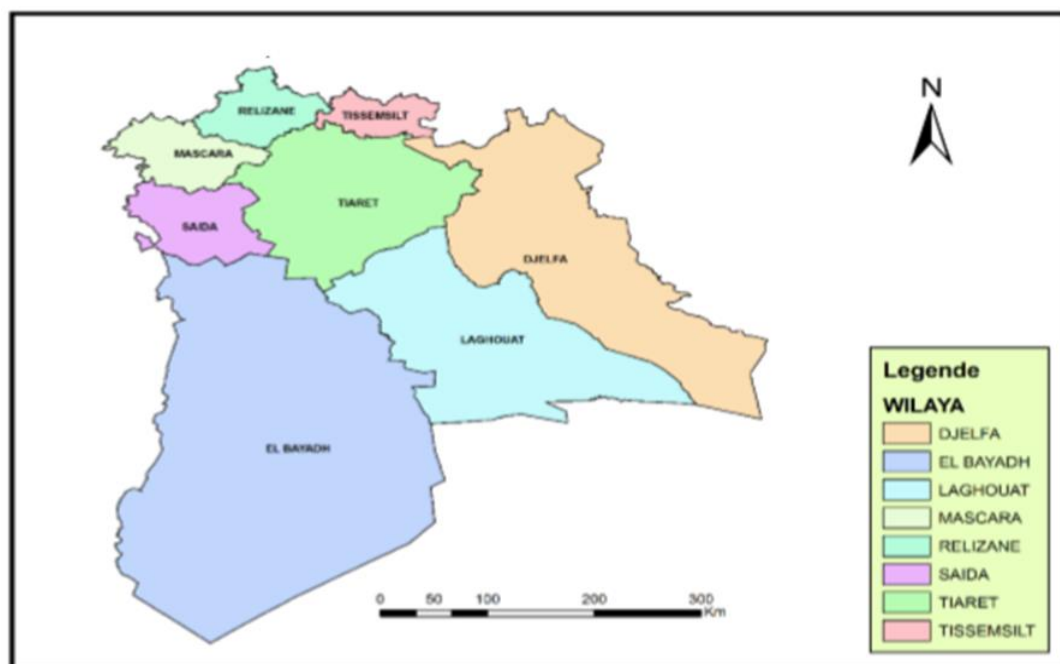


Fig № II.1: Carte de localisation de la wilaya de Tiaret (CFT Tiaret, 2014)

II.3. Identification du barrage du colonel Bougara :

Le barrage du colonel Bougara est situé en aval du barrage Dahmouni sur le même cours d'eau de Nhar Ouassel. Il est localisé entre les limites de la wilaya de Tissemsilt et de Tiaret sur trois commune Bougara et Hamadia de la wilaya de Tiaret et Tissemsilt de la wilaya de Tissemsilt (Figure № II.2).

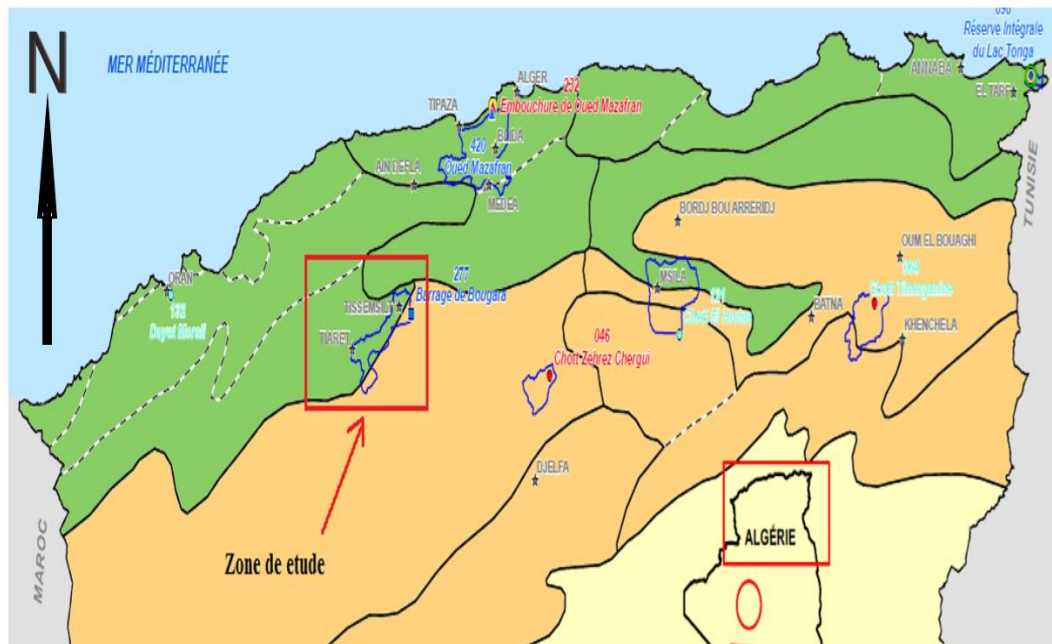


Fig N° II.2: cartographie de Barrage Colonel de Bougara (ANRH 2008)

Les travaux d'exécution ont démarré en 1987 et ce sont terminés en 1990, et la réception provisoire du barrage a été prononcée le mai 1991 sur la base d'un bassin versant d'une superficie de 454 km². Cette réalisation a permis la création d'un périmètre agricole irriguée de 798 ha dont 89 ha relevant de la wilaya de Tiaret et le reste appartenant à la wilaya de Tissemsilt. . (DRE Tissemsilt 2014)

Les coordonnées suivantes :

X= 35° 31' 41" de latitude Nord

Y= 01° 02' 17" de longitude Est

Un réseau d'irrigation par gravitation a été installé pour desservir des exploitations agricoles des communes de Bougara, Tissemsilt, Khemisti et Layoune. En plus de Nhar Ouassel, le barrage est alimenté par les eaux des précipitations et les eaux usées traitées provenant de la station d'épuration (STEP) de Tissemsilt avec un volume de 15.000 à 20.000 m³/jour.

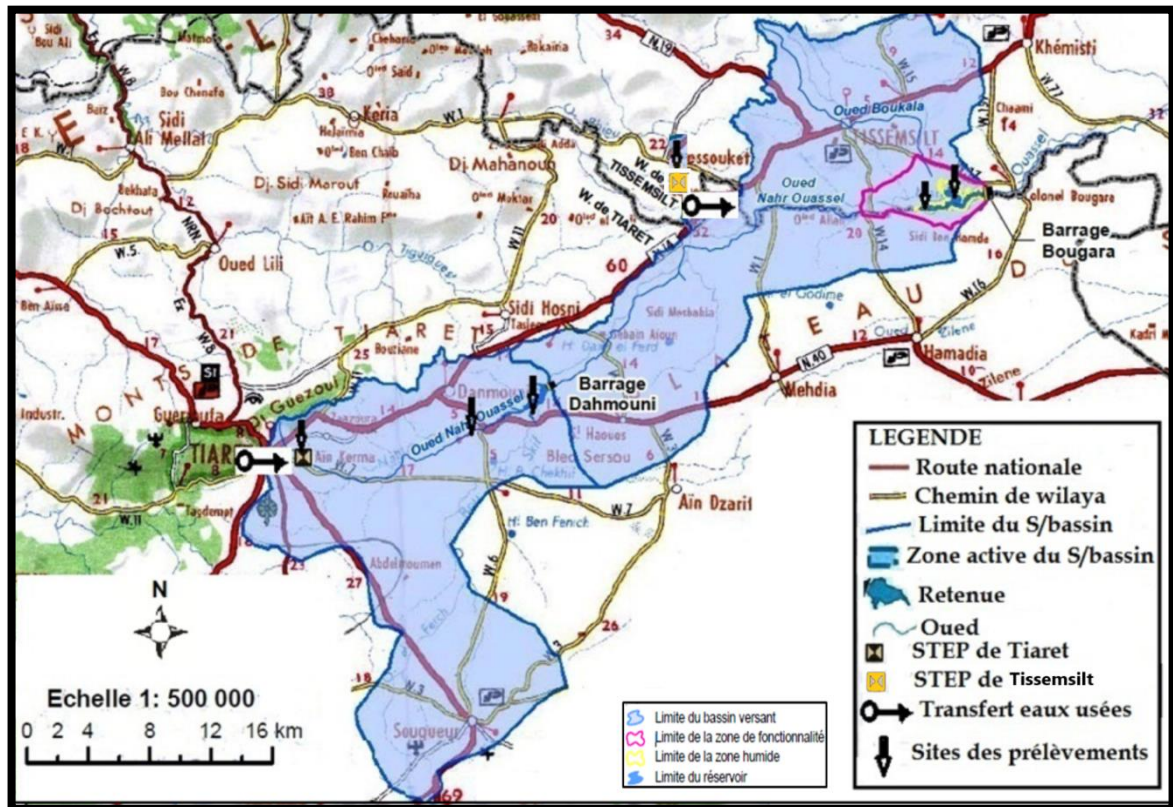


Fig N° II.3: Localisation de la zone d'étude du Barrage Bougara.

II.4. Fiche technique du barrage Bougara :

Wilaya: Tiaret

Commune: Colonel Bougara

Oued: Nahr Oussel

Type: En terre homogène avec drain cheminé.

Déversoir: Latérale.

Début des travaux: Septembre 1987

Fin des travaux: Mai 1991

Capacité initiale: 13,00 Hm³

Apport moyen annuel: 9×10^6 m³

Précipitation moyenne annuelle: 355 mm

Envasement annuel: 0,030 Hm³

Volume régularisé: 5,5 Hm³

Cote de la retenue normale: 809,50 m

Surface du plan d'eau à la RN: 510,16 m

Destination: Irrigation du périmètre de Bougara (1000 hectares)

Surface du bassin versant: 454 km²

Aire du bassin versant total: 993 km²

Périmètre du bassin versant: 217 km²

Précipitation annuelle moyenne: 355 mm

Débit annuel de l'oued: 0,29 m³/s. (DRE Tissemsilt 2014)

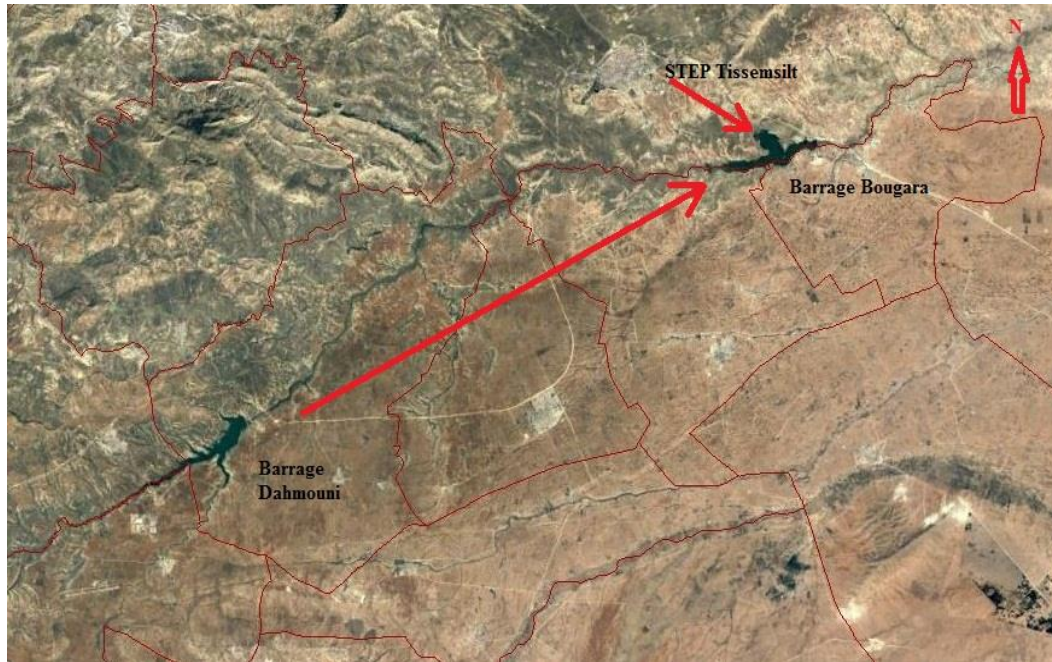


Fig N° II.4: situation géographique de la zone d'étude barrage bougara. (Google earth)

II.5. La géologie:

La géologie est la base de toute étude hydrogéologique. En effet, elle fournit d'importants renseignements sur les formations lithologiques susceptibles de constituer les réservoirs en eaux souterraines.

II.6. Géologie régionale:

L'Algérie se divise de la méditerranée au Sahara, en quatre unités géomorphologiques. On a : l'Atlas tellien, les Hauts plateaux et Hautes plaines, l'Atlas saharien, les chaînons calcaires littoraux et le Sahara. Dans la région d'étude, plusieurs grandes structures existent. Cependant, nous feront une brève description des plus importants qui entre en relation avec notre travail. Ainsi, on peut distinguer les monts de Tiaret, le Plateau de Sersou et les monts du Nador. (Ouedraogo A et Arraria A, 2018)

II.7. Lithologie des formations géologiques :

D'après l'inventaire stratigraphique dressé par plusieurs géologues et en particulier par **Ficheur, 1970**, la région d'étude est représentée par la succession de terrains allant du Jurassique au Quaternaire. Le terrain constituant la structure du Djebel Guezoul est une superposition de bancs de grés tendres du Miocène surmontant en concordance une assise argileuse de la même formation.

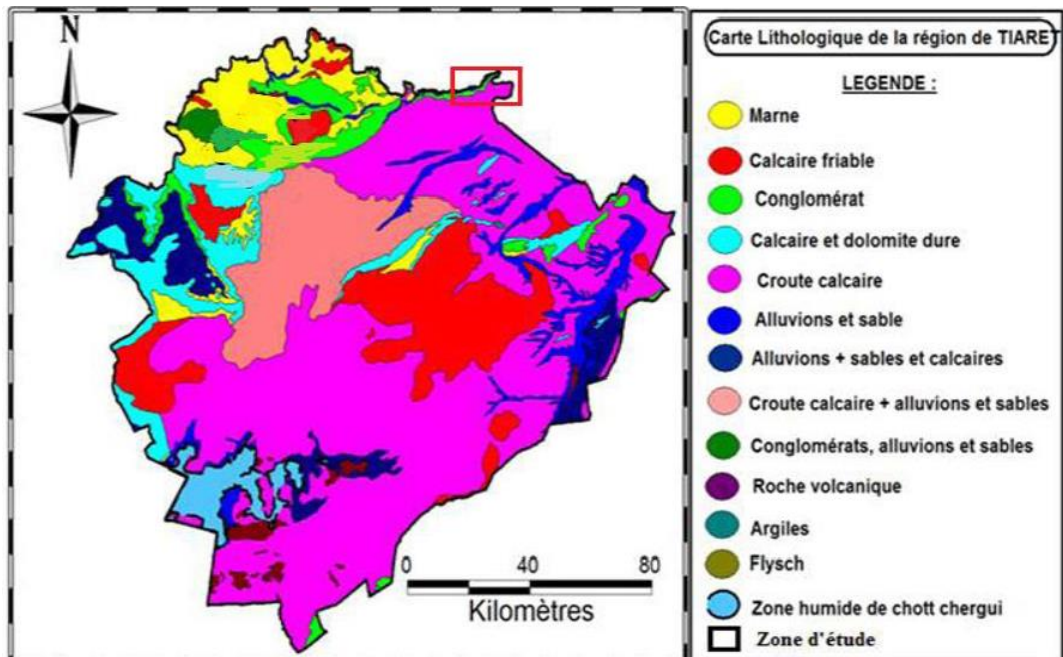


Fig N° II.5: La carte lithologique de la région de Tiaret (DRE Tiaret, 2014)

➤ **Le Jurassique inférieur-Moyen :**

Le Jurassique inférieur et moyen est caractérisé par des calcaires marneux à silex, des marnes, des dolomies cristallines et du calcaire massif et localement dolomitique.

➤ **Le Jurassique supérieur :**

Le Jurassique supérieur affleure dans les monts de Tiaret au Djebel Bou Rharda (1000m), au Djebel Louza et Djebel Oudia avec des couches subhorizontales. Le Malm est à une lithologie composé des argiles, des grès, du calcaire et des marnes.

Egalement, le Kimméridgien présente des dolomies calcaires et des argiles. Enfin, au Tithonien on a des dolomies cristallines, des calcaires et des marnes.

➤ **Le Crétacé :**

Le crétacé supérieur est caractérisé par une alternance de dépôts marins et continentaux. Il est observé au sud de Tiaret et dans d'autres communes (Mellakou, Medroussa, etc.) avec des formations calcaireuses et des marnes.

Après la régression du crétacé supérieur, il est à nouveau submergé, par les dépôts Eocènes et Oligocènes marins. Les formations continentales nummulitiques sont représentées par des calcaires lacustres, des grès et des conglomérats.

➤ **Eocène (Yprésien et Lutétien inférieur) :**

Ce sont des formations calcaire-marneuse localisé au niveau de l'oued Salenese.

➤ **Le Miocène :**

Le Miocène supérieur et moyen est constitué par des formations gréseuses correspondant à la région Mechraa Sfa.

Le Miocène Inferieure est représenté par le Burdigalien où l'on a toujours des formations gréseuses puis du conglomérat et des marnes.

➤ Les dépôts du Plio-Quaternaire

Ils sont constitués de cailloutis (grés et conglomérats) et marne.

➤ Le Quaternaire :

De l'Holocène, on assiste à des dépôts continentaux tels des alluvions récentes, des alluvions des terrasses anciennes, des dépôts de daïas et des croutes de calcaires au plateau de Sersou. Ces dépôts de formation récente proviennent de la désagrégation de la roche mère et sont composés de divers éléments (sables, galets et cailloutis) de taille grossière. L'épaisseur de ceux-ci varie en fonction de la topographie du terrain.


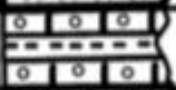






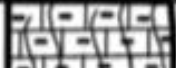
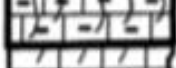
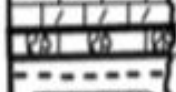


Etage	Coupe stratigraphique	Epaisseur	Lithologie
Plio Quaternaire		10 m	Alluvions
Miocène inférieur		40 m	Conglomérats+Argiles
Sénonien		35 m	Calcaires à gypse
		100 m	Dolomies cristallines
		100 m	Marno-calcaires
		50 m	Calcaires graveleux
Turonien		100 m	Dolomies calcaires
Cénomanién		150 m	Calcaires marneux fissurés
		30 m	Dolomies+ calcaires
		10 m	Lumachelles
Crétacé inférieur Jurassique supérieur		150 m	Argiles gréseuses
		100 m	Grés
		20 m	Dolomies cristallisées

Fig. N° II.6: Coupe Litho-stratigraphique locale de Tiaret (Bouchentouf K., 1982)

II.8. Géologie et géomorphologique du barrage bougara :

Le bassin versant du Barrage Bougara se situe dans le domaine des Hautes Plaines sud-oranaises, plus précisément dans le Plateau du Sersou. Ce dernier est formé d'un vaste bassin continental compris entre la limite du piedmont méridional des reliefs de Tiaret et la chaîne du Nador. Le Plateau du Sersou est caractérisé par un substrat de conglomérats calcaires pliocènes engendré par l'accumulation de dépôts issus du démantèlement des reliefs environnants.

À l'exception de modestes reliefs entre Tiaret et Sougueur, le paysage est plat avec une légère pente SO-NE près des principaux cours d'eau.

Le bassin versant du Barrage Bougara présente des formations géologiques datant du tertiaire jusqu'au quaternaire récent. Les formations tertiaires proviennent du Miocène supérieur dans le Djebel Guezou et du Miocène inférieur pour la zone comprise entre Tiaret et Dahmouni. Ces formations sont caractérisées par du grès, du grès marneux, des marnes et des marnes gréseuses.

Finalement, des formations quaternaires se trouvent sous la forme de croûtes et/ou d'encroûtements calcaires indurés et de terrasses alluviales créées par l'Oued Nahr Ouassel. **DRE Tissemsilt.**

II.9. Pédologie :

Le sol reste l'élément principal de l'environnement, qui règle la répartition des espèces végétales.

La mise en place du climat, de la végétation et des sols méditerranéens est très ancienne et très complexe. Elle commença au début du quaternaire et s'affirme à partir de l'holocène. Il s'agit dans ce contexte de sols anciens selon le concept de (**Duchaufour, 1983**) c'est-à-dire des sols ayant évolué pendant plus de dix milles ans, avec des phases d'accélération et de ralentissement, mais dont le processus fondamental est resté pratiquement le même pendant toute la durée de l'évolution.

Les sols les plus répandus sur les monts de Tiaret sont (**CFT, 2014**) :

- Les sols marneux.
- Les sols calcaires et dolomites dures.
- Les sols calcaires friables.
- Conglomérat, alluvions et sables.

II.10. Occupation du sol :

Les données utilisées pour élaborer la carte de l'occupation du sol du grand bassin versant du Barrage Bougara proviennent de l'interprétation d'images satellitaires (Figure N° II.7). En raison de la situation et de la configuration géographique du sous-bassin versant du Barrage Dahmouni, les activités agricoles constituent les principales catégories d'utilisation du sol. De même, l'utilisation du sol du sous-bassin du Barrage Bougara est largement consacrée aux activités agricoles.

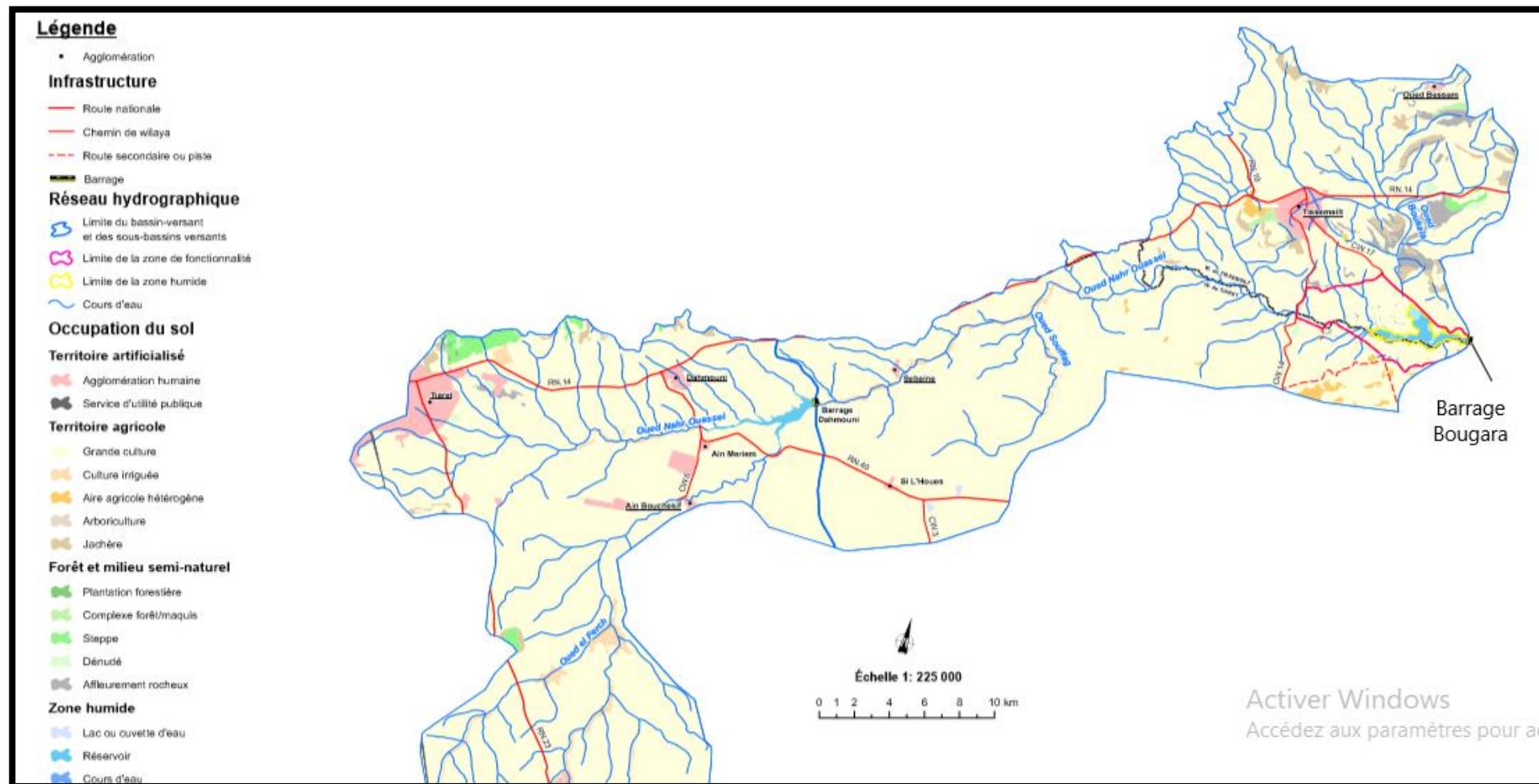


Fig N° II.7: Occupation du sol du bassin versant (Etude du cadastre des zones humides)

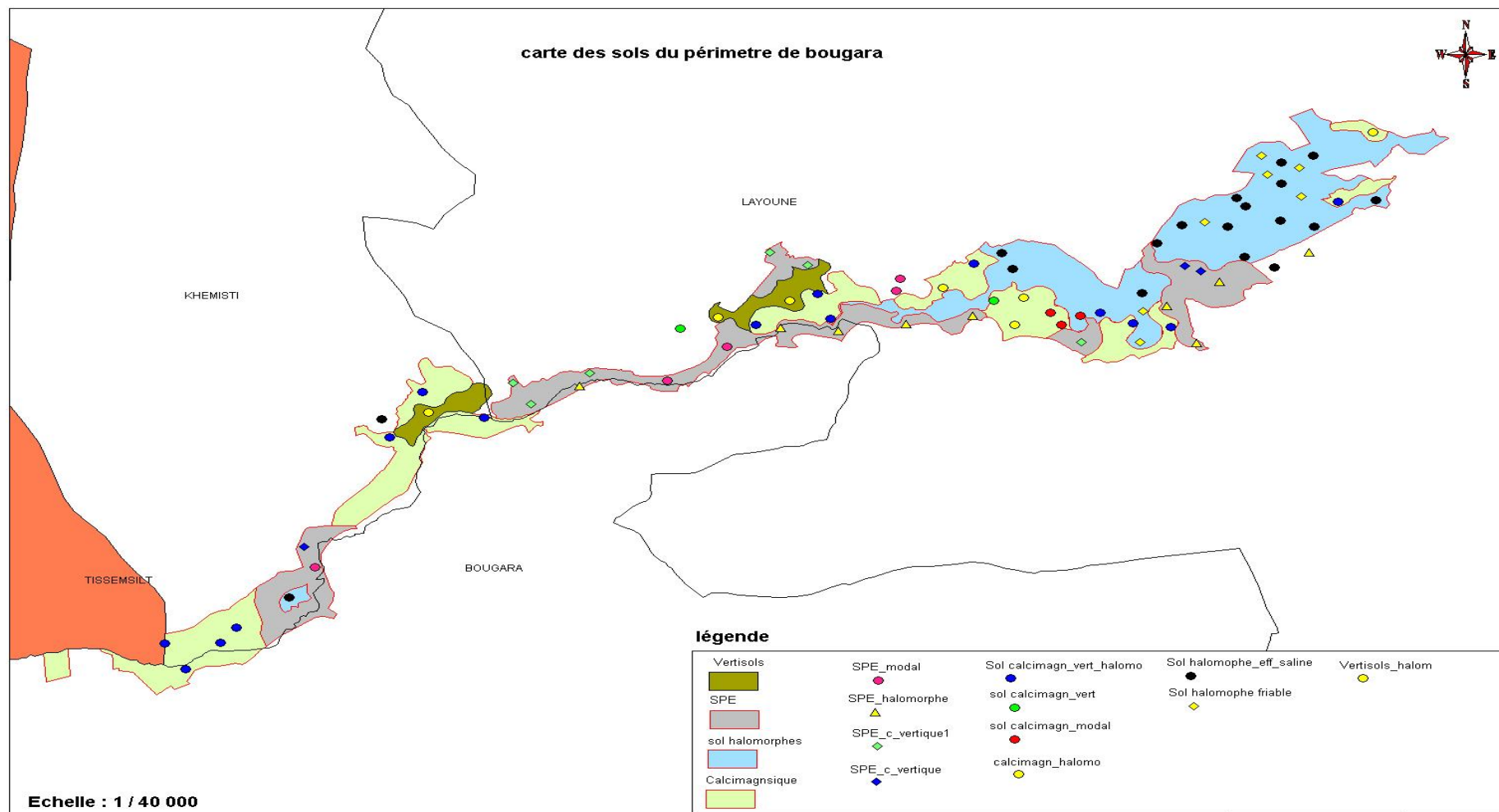


Fig N° II.8: carte des sols du périmètre du barrage bougara

II.11. Hydrologie :

II.11.1. Eaux de surface et souterraines:

Selon le découpage de l'ANRH, les deux barrages sont érigés dans le bassin des Zahrez de la région hydrographique Cheliff-Zahrez. Les réservoirs des Barrages Bougara et Dahmouni reçoivent respectivement un apport moyen de 14,43 hm³/an et de 13,3 hm³/an provenant principalement de l'Oued Nahr Ouassel, selon un document de la Direction de l'Environnement de la Wilaya de Tiaret (2009).

Selon l'Étude du Plan d'Aménagement de la Wilaya de Tiaret (Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire de la Wilaya de Tiaret, année inconnue), le volume des eaux souterraines de la Wilaya de Tiaret n'est pas connu avec précision puisque les estimés provenant de diverses études varient de 37 hm³/an à 95 hm³/an. Malgré ceci, le Programme National de Développement Agricole (PNDA) a autorisé la réalisation de nombreux forages à des fins d'irrigation. **DRE Tissemsilt**

II.11.2. L'oued Nahr El Ouassel :

L'Oued Nahr El Ouassel prend sa source dans la région de Dahmouni (Tiaret), en suite il se dirige vers l'Est en passant au sud de Tissemsilt, pour rejoindre l'Oued Touil et former ainsi l'Oued Ouerk. Il est limité au nord par les Djebels Guerouaou, et Redjem Gana, à l'ouest par la région de Tiaret, au sud par la plaine du Sersou, et à l'Est par la plaine de Nahr Ouassel. Sa superficie est de 39.5 km². **(ABH CZ 2014)**.

La nappe aquifère est constituée par les alluvions des vallées d'âge Quaternaire, d'une croute calcaire, et de dépôts continentaux argilo-gréseux du Mio-Pliocène. L'épaisseur des alluvions ne dépasse pas 25m, par contre les forages captant le Mio-pliocène peuvent atteindre 100 m.

D'après l'étude ANRH/ENERGOPROJEKT (2009), les ressources exploitables de l'Oued Nahr Ouassel sont de l'ordre de 1.8 Hm³/an.

II.11.3. Les Barrages :

II.11.3.1. Le barrage de Dahmouni :

II.11.3.1.1. Le site du Barrage :

Celui-ci est localisé au Nord de la wilaya dans la commune de Sebaine à 15 km de la ville de Dahmouni à une altitude de 925 mètres et permet l'irrigation du périmètre d'à peu près 4000 ha. (DRE Tiaret2016). Implante sur l'Oued Naher Ouassel affluent d'Oued Chélif. Sa réalisation a commencé du 01/03/1984 jusqu'au 28/02/1987, mis en service dans la même année. Cet ouvrage est implanté dans une zone de sismicité moyenne à faible. **(In Benzarfa F, 2015)**.

II.11.3.1.2. Vocation du Barrage :

L'agriculture constitue la principale activité pratiquée par l'ensemble de la population. La répartition de la surface agricole est présentée par ci-joint. On peut signaler la dominance des céréales

(59.28%) et de la jachère (39.26%). L'analyse de surface agricole utile met en évidence deux systèmes de production.

- Un système de production sec; comportant de la céréaliculture ; les légumes sec ; l'arboriculture rustique ; la vigne et la jachère ;
- Un système de production en irrigué ; comportant les cultures maraichères et de l'arboriculture à pépins (poirier ; pommier). (IBRAHIMA OUMAROU, B, 2012).

II.11.3.2. Barrage du koudiet rosfa :

II.11.3.2.1. Situation géographique :

Le barrage de koudiet rosfa est situé dans la wilaya de tissemsilt à 250 km environ d'Alger dans la direction sud-ouest, par Thniet El-Had et Khemis Miliana.

Le site du barrage se trouve dans la vallée de l'oued fodda à environ 30 km en amont du barrage du même nom, en exploitation depuis 1932.

Le site du barrage est localisé sur la carte topographique El-Meddad N° 133 à l'échelle 1/50000 correspond aux coordonnées Lambert suivantes :

X =414,48 km, Y = 283,05 km

Le site se trouve entre les villages de hammam sidi Slimane et beni-chaib, relié par une route asphaltée, qui longe la rive gauche de l'Oued, et relie les villes de bordj-bou-naâma et tissemsilt.

Le village de Béni Chaib se trouve dans la cuvette à environ 7Km en amont du site. De ce village la route asphaltée va en direction SSE et rejoint la RN°14 près du village Khemisti qui relie le chef-lieu de wilaya Tissemsilt et Theniet El-Had. La même route de site en direction Nord-Ouest rejoint la RN°19 à Bordj Bounaama (à environ 15Km en amont du site). (Laboratoire d'études maritimes).

Le barrage a pour buts :

- La récupération du volume envasé du barrage Oued Fodda,
- L'alimentation en eau potable de la ville de Tissemsilt (15 Mm³/an),
- L'irrigation via le barrage Oued Fodda des périmètres en aval (6 Mm³/an).

Hydrographie du bassin versant.

II.11.3.2.2. Description du bassin versant :

L'oued fodda est un affluent de rive gauche de l'oued Chéliff. Il coule du nord vers le sud et est intercepté en aval sur le site du barrage de koudiet rosfa par la cuvette du barrage fodda. Le bassin versant à l'amont du barrage fodda dépasse 800 km² tandis que le bassin versant relatif du barrage de koudiet rosfa est de 440 km².

II.11.3.2.3. Fiche technique du barrage koudiet rosfa :

Wilaya : Tissemsilt

Commune : beni chaaib et sidi slimane

Surface du bassin versant : 440 km²

Longueur talweg : 31 km

Périmètre : 88 km

Altitude min : 600 m

Altitude max : 1786 m

Altitude moyenne : 904 m

Al Indice de compacité Graveleuse : 1,17

Pente globale : 2,5

Apport moyen annuel : 44,58 Mm³

Destination: AEP Tissemsilt, Irrigation et protection contre l'envasement barrage oued fodda. **DRE**

Tissemsilt

II.12. Réseau hydrographique :

Le bassin Cheliff résulte de la jonction de deux cours d'eau importants: l'Oued Touilet Nahr Ouassel, drainant respectivement une superficie de 16 338 km² et 3 651 km² et dont la confluence donne naissance à l'Oued Cheliff.

L'oued Touil prend sa source dans l'Atlas saharien, près d'Aflou dans les monts de Djebel Ammour. Il traverse les hautes plaines de quatre wilaya successivement : Laghouat, Djelfa, Tiaret et Medea au barrage Boughzoul, avec une orientation SW-NE jusqu'à Chahbounia à Médéa pour confluer avec l'oued Nahr Ouassel qui coule en oblique vers le Nord-est et traverse successivement (03) wilayas : Tiaret, Tissemsilt et Médéa.

L'Oued Cheliff résultant de jonction des deux grands cours d'eau précédents, prend d'abord une direction Sud-Nord et franchit la chaîne de Médea (Boughari). Ensuite, suivant une orientation SE-NW il traverse le massif de Gantass, et enfin il coule en oblique de l'Est à l'Ouest, traversant ainsi successivement (04) wilayas : Ain Defla, Chlef, Relizane et Mostaganem, jusqu'à son embouchure dans une large vallée vers la mer méditerranée. Sur la majeure partie de son cours d'eau, il serpente au fond d'une vallée parallèle à la mer bordée au sud par le massif des Ouarsenis et au nord par la chaîne côtière des monts du Dahra et du Zaccar. De Boughzoul à l'embouchure du Cheliff, la distance en ligne droite est d'environ 250 km et la dénivellation à peu près 625 m.

Durant tout ce parcours, l'Oued Cheliff ne reçoit pas d'affluents importants sur sa rive droite sauf l'Oued Ebda et l'Oued Ras Ouahrane, mais sur sa rive gauche, il collecte les eaux de l'Oued Deurdeur, Harreza, Rouina Zeddine, Fodda, Sly, Rhiou, Djediouia et l'affluent important plus au Ouest : Oued Mina qui suit une direction Sud-Nord.

Les cours d'eau du massif Côtier du Dahra, qui s'étend sur une centaine de kilomètres d'Est en Ouest et sur une trentaine de kilomètres de large, sont orientés Sud-Nord vers la méditerranée et sont très courts et présentent une forte pente (Oued Damous, Allala, Tarzoult et Kramis).

La dépression du Zahrez qui occupe 9 102 km², où les rares cours d'eau, souvent éphémères, drainant vers le chott Zahrez Chergui (Oued El Medbouh) et le chott Zahrez Gharbi (Oued Hadjia et Mesrane). (Mehaiguene M, 2007)

II.13. Sou Bassin versant d'oued Nahr Ouassel :

D'après ANBT (2017), l'aire du bassin versant total de l'oued Nahr Ouassel à Colonel de Bougara (station hydrométrique) est de 993 Km².

Cependant, la partie amont de ce bassin est déjà dominée par la retenue du barrage de Dahmouni, dont la capacité utile est de 36×10⁶ m³, Permettant de régulariser entièrement l'apport moyen de 11×10⁶ m³ (selon le projet du barrage de Dahmouni).

Ainsi, la retenue du barrage de Colonel Bougara se destine uniquement à régulariser le bassin intermédiaire, avec une aire d'environ 454 Km² et un apport annuel moyen estimé de 9×10⁶ m³. La longueur de l'oued Nahr Ouassel entre les deux barrages est d'environ 40 Km, son thalweg descendant de la cote 900 à Dahmouni jusqu'à la cote 799 à Colonel Bougara. Les cotes les plus hautes du bassin intermédiaire sont atteintes sur le versant gauche où se situe une couronne de reliefs de culminant à des altitudes comprises entre 1100 et 1200.

II.14. Les agglomération avoisinantes du barrage Bougara:

À travers les données, et après avoir contacté les autorités concernées, il nous est apparu clairement que le réseau d'égouts de chacune des douars de ouled Youssef (la population est 680 personnes), douar de Boumngouch (la population est 800 personnes) et du village de Bani Maida (la population est de 450 personnes) . (APC Tissemsilt).

Après la date de 15/01/2018 le village Beni Maida il était lié à une STEP Tissemsilt et les deux douars oulad youcef et Boumengouch n'est pas connecté à la station d'épuration (STEP) à cette jour et qu'il se jette directement dans la vallée et de celle-ci vers le barrage. Alors que des études sont en cours pour résoudre le problème de deux cites de ouled Youssef et Boumngouch pour la mise en place d'une station d'épuration miniature mono bloc. (DRE Tissemsilt)

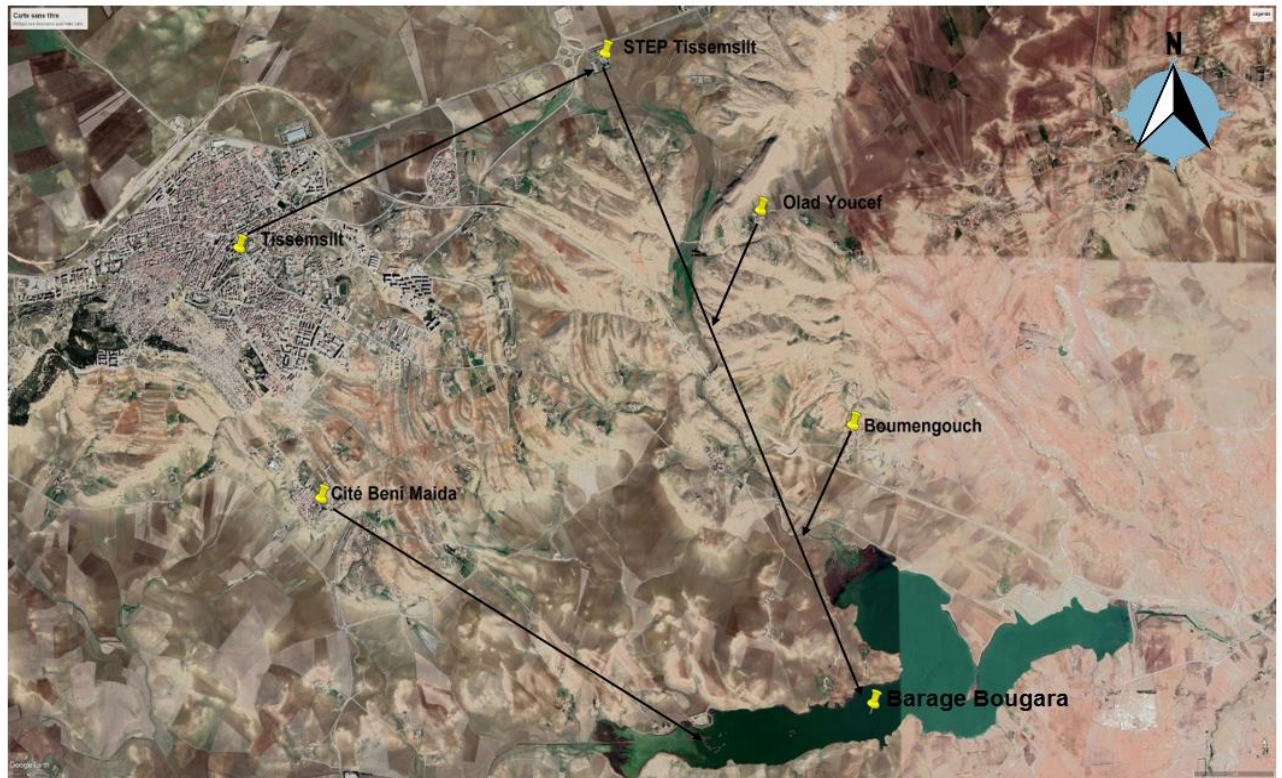


Fig N° II.9: schéma de l'agglomérations avoisinantes du barrage Bougara (Google earth)

(Source DRE Tissemsilt)

Conclusion:

La zone d'étude fait partie de la wilaya de Tiaret est caractérisé par des aspects géomorphologique variés de point de vue topographique elle est caractérisé par une surface relativement plane a une altitude moyenne de 750 m. La reconnaissance géologique de la zone d'étude a été effectuée sur la base des recherches bibliographiques et par l'exploitation des études et des essais faite dans la région.

Le plan hydrogéologique, la région d'étude présente une série stratigraphique qui s'échelonne du Jurassique au Quaternaire.

Le barrage du Bougara reçoit les apports en eau du sous bassin versant de l'Oued Nahr Ouassel appartenant au bassin versant Chellif Zahrez.il convient de préserver cette ressource en eau pour l'avenir de la wilaya de Tissemsilt pour qu'il puisse satisfaire les besoins agricoles. On parle de montrer l'inter connections directe et indirecte pour voir la relation entre les 3 barrages.

CHAPITRE III
Climatologie

III.1. Introduction :

Les eaux de surface sont très dépendantes du climat, et par conséquent ce dernier à une influence immédiate sur les réserves en eau. Il est donc impératif d'analyser l'évolution dans le temps et dans l'espace des différents facteurs climatiques (précipitation, température, évaporation, etc....) qui conditionnent le bilan hydrologique.

Pour mener des études climatiques, nous disposons de données pluviométriques. Température. L'humidité et la vitesse du vent de la station météo d'Ain Bouchekif, à 60 km de la zone étudiée.

L'analyse des facteurs climatiques, en particulier les précipitations, températures, et évaporation permettent non seulement de connaître les grands traits du climat mais aussi l'influence de ces facteurs sur la ressource d'eau de surface. Ceci permet de mieux cerner la question du comportement chimique des eaux du barrage Bougara.

III.2. Station de mesure :

Dans le but d'une élaboration de cette étude hydro-climatique on a recouru à la station météorologique d'AIN BOUCHAKIF dans la wilaya de TIARET. Dans cette station on a des observations faites durant 29 ans (1986-2019).

Tableau N° III.1 : Caractéristiques géographiques de la station d'Ain Bouchakif (Tiaret).

Station	Les coordonnées UTM		Altitude Z (m)	Zone	Période d'observation
	X	Y			
AIN BOUCHEKIF	361 514 ,01 m	3 912160,19 m	976	31 S	2006-2017

III.3. Les facteurs climatiques :

Pour étudier l'évolution des eaux de barrage Bougara au cours d'une période de 12 ans avec des séries d'observations des paramètres sur les changements climatiques que la zone a subis, pour cette étude nous exploitons les données météorologiques disponibles.

III.4. Les précipitations :

La pluie est considérée comme l'un des principaux facteurs par lesquels nous distinguons le climat d'une région particulière, car elle est la principale source du comportement hydraulique des vallées, des rivières et des eaux souterraines renouvelables.

III.4.1. Les Précipitations moyennes mensuelle :

L'examen de l'histogramme de variation des précipitations mensuelle (Figure N° III.1), Sur une période de 12 ans, montre que le mois de février est le mois le plus arrosé a été enregistré le maximum de précipitations avec 63.1 mm. Cependant le minimum a été enregistré en mois de juillet comme le mois le plus sec avec 2.9 mm, La moyenne mensuelle est de l'ordre de 34.86 mm.

Dans le tableau N° 02 et la figure N° 01 c'est mentionnée la moyenne mensuelle des précipitations mesurée à la station d'Ain Bouchekif.

Tableau N° III.2: la quantité des précipitations moyennes mensuelles (mm) d'Ain Bouchekif, (2006/2017) (Source station d'Ain Bouchekif, 2019)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout
P moy (mm)	28,5	35,2	48,2	38,6	56,5	63,1	46,9	42,5	34,3	12,8	2,9	8,9

L'évolution des moyennes des précipitations moyennes mensuelles (mm) est représentée dans la Figure N° III.1:

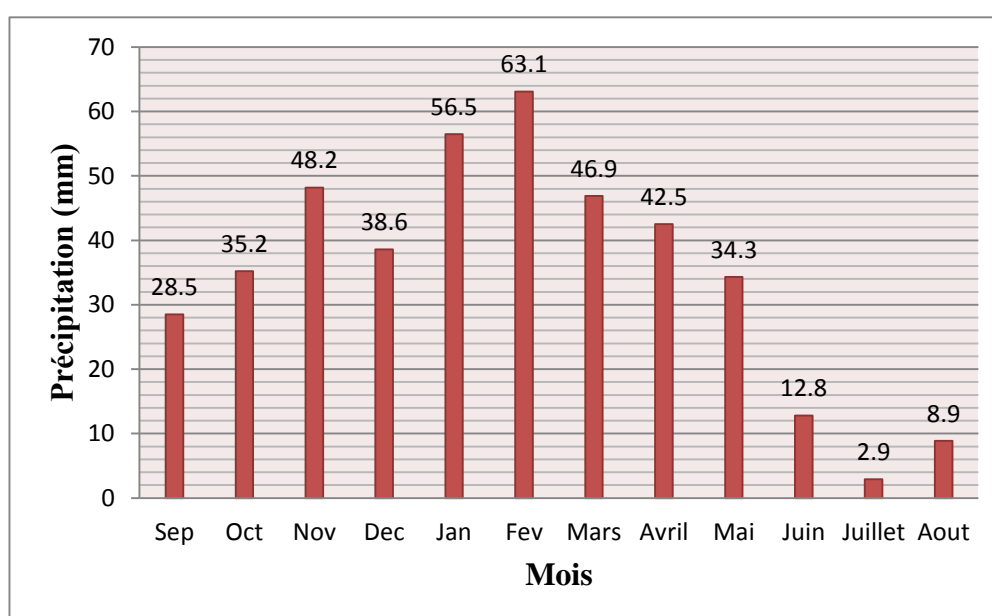


Fig N° III.1 : Répartition des précipitations moyennes mensuelles (mm) de la station d'Ain Bouchékif (2006/2017).

D'après la figure ci-dessus on peut tirer les observations suivantes :

Le mois de Février est le mois le plus pluvieux où on a enregistré une moyenne de l'ordre de 63,1 mm, tandis que le mois de Juillet est le mois le moins pluvieux auquel on note une moyenne de l'ordre de 2,9 mm.

III.4.2. Précipitation saisonnier :

Les précipitations sont réparties de façon inégale durant les saisons. Les précipitations les plus significatives sont celles qui tombent en hiver et en automne. Cependant, les autres saisons printemps et été constituent un apport non négligeable (Tableau N° III.3 et Figure N° III. 2)

Tableau N° III.3: Précipitations saisonnière de la station d’Ain Bouchekif, (2006/2017)

(Source station d’Ain Bouchekif, 2019)

Automne		Hiver		Printemps		Eté	
Sep-Oct-Nov		Déc-Jan- Fév		Mars-Avril-Mai		Juin-Juillet-Aout	
P (mm)	P (%)	P (mm)	P (%)	P (mm)	P (%)	P (mm)	P (%)
37,29	26,74	52,75	37,82	41,25	29,57	8,19	5,87

Le pourcentage des précipitations moyennes saisonnières (mm) est représenté dans la Fig N° III.1:

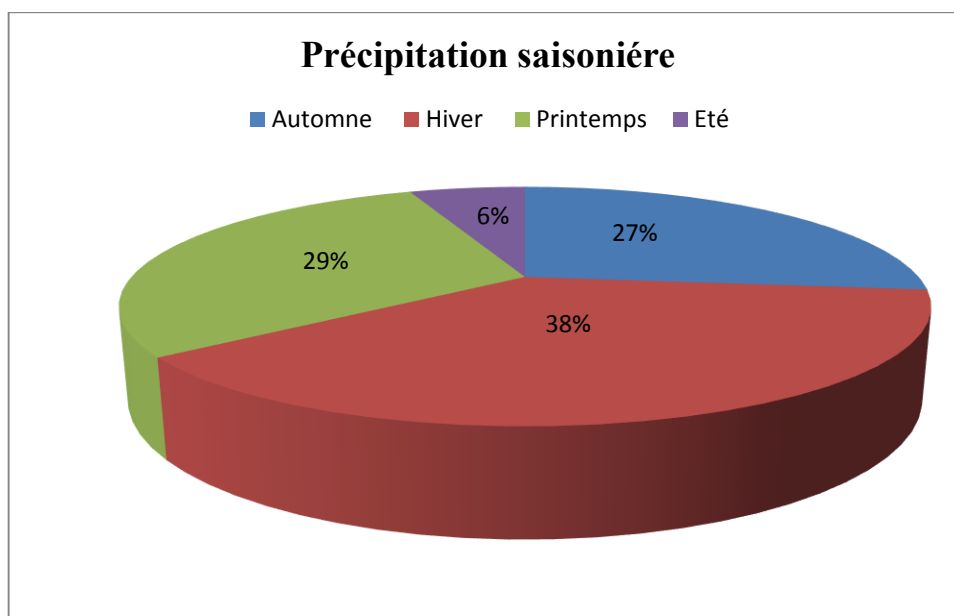


Fig N° III.2: pourcentage des précipitations moyennes saisonnières (station d’Ain Bouchekif, (2006/2017)

Dans la période 2006-2017, on constate que les moyennes des précipitations saisonnières montrent que le pourcentage des précipitations de saison hiver est donné une valeur maximale 39 % et saison d’été donne une valeur minimale 6 %.

III.5. Température :

La température est le deuxième élément important dans l’étude du climat, elle joue un rôle important dans la détermination des paramètres climatiques particulièrement la détermination du bilan hydrique.

III.5.1. Les températures moyennes mensuelles:

L’analyse des données des températures moyennes mensuelles est basée sur les données relevées au niveau de la station d’Ain Bouchekif de l’année 2006 jusqu’à 2017, et qui sont représentées au tableau et figure ci-dessous:

Tableau N° III.4 : Les températures moyennes mensuelles (°C) de la station d'Ain Bouchékif (2006/2017) (Source station d'Ain Bouchekif, 2019)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
T (°C)	21,5	15,4	10,5	6,2	6,2	7,1	9,0	11,7	17,2	20,5	27,0	26,5

L'évolution des moyennes des températures moyennes mensuelles (°C) est représentée dans la Figure N° III.3:

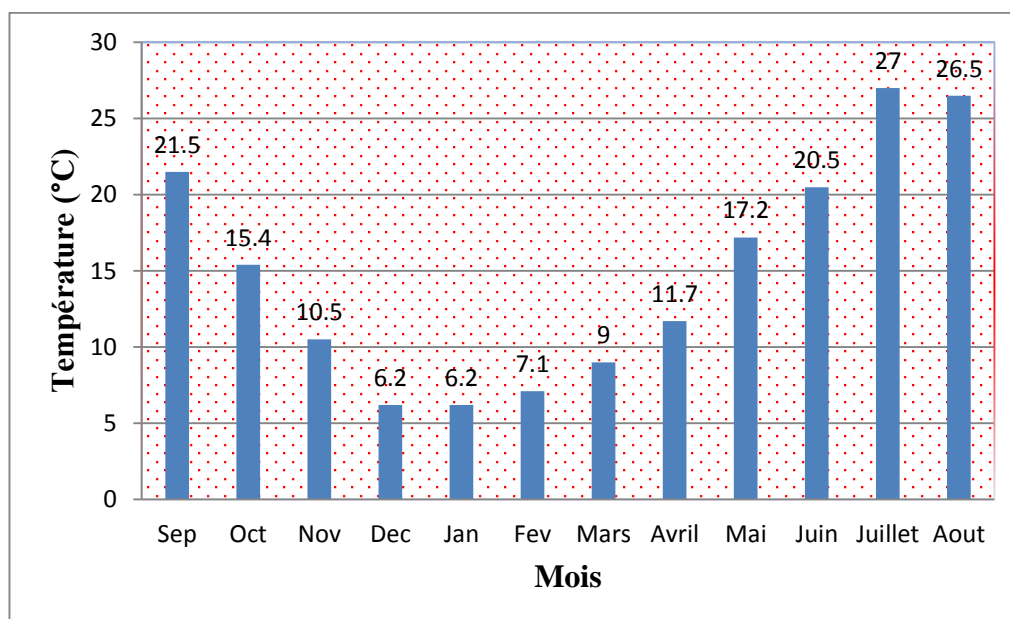


Fig N° III.3: Les températures moyennes mensuelles (°C) de la station d'Ain Bouchékif (2006/2017).

D'après la figure ci-dessus, On remarque que le mois le plus froid est les mois de Décembre et janvier avec une température moyenne mensuelle de 6,2 °C, par contre le mois le plus chaud est le mois de Juillet avec une température moyenne mensuelle qui atteint 27°C.

III.6. Evaporation :

L'évaporation est une transformation physique qui se produit lorsque la température de l'eau monte à 100 degrés sous la pression atmosphérique. L'évaporation est importante pour le bilan hydrique et pour l'étude du climat d'une région.

L'évaporation est liée à plusieurs facteurs variables tels que les précipitations, la température, l'humidité de l'air, la vitesse du vent...etc.

Tableau N° III.5 : La quantité d'évaporation moyenne mensuelle de la station d'Ain Bouchékif (2006/2017) (Source station d'Ain Bouchekif, 2019)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
Evp (mm)	143	111	59	39	41	43	57	81	117	165	246	223

L'évolution des moyennes des évaporations moyennes mensuelles (mm) est représentée dans la figure N° III.4:

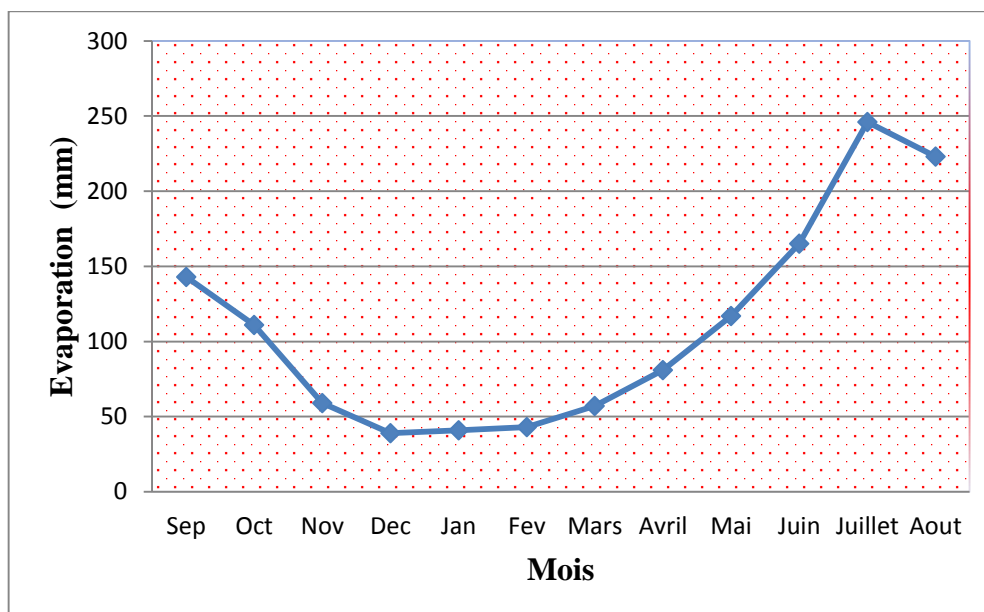


Fig N° III.4 : Les évaporations moyennes mensuelles (mm) de la station d'Ain Bouchékif (2006/2017).

La courbe ci-dessus montre que les valeurs moyennes mensuelles des évaporations sont élevées dans les mois Juillet et Aout jusqu'à 246 mm et l'évaporation est basse dans les mois décembre, janvier et février jusqu'à 43 mm

III.7. Diagramme ombrothermique :

La combinaison des deux principaux facteurs climatiques, la température et les précipitations, est intéressante dans la mesure où elle permet de déterminer les mois véritablement secs. (Figure N° III.5). L'application de cette technique à la région d'étude, montre qu'elle est caractérisée par un climat possédant une saison sèche qui s'étend du mois Mai jusqu'au mois d'Octobre, et une saison humide qui s'étend le reste de l'année.

La figure N° III.5 ci-dessous montre le diagramme Ombrothermique de la Zone d'étude durant les années 2006/2017.

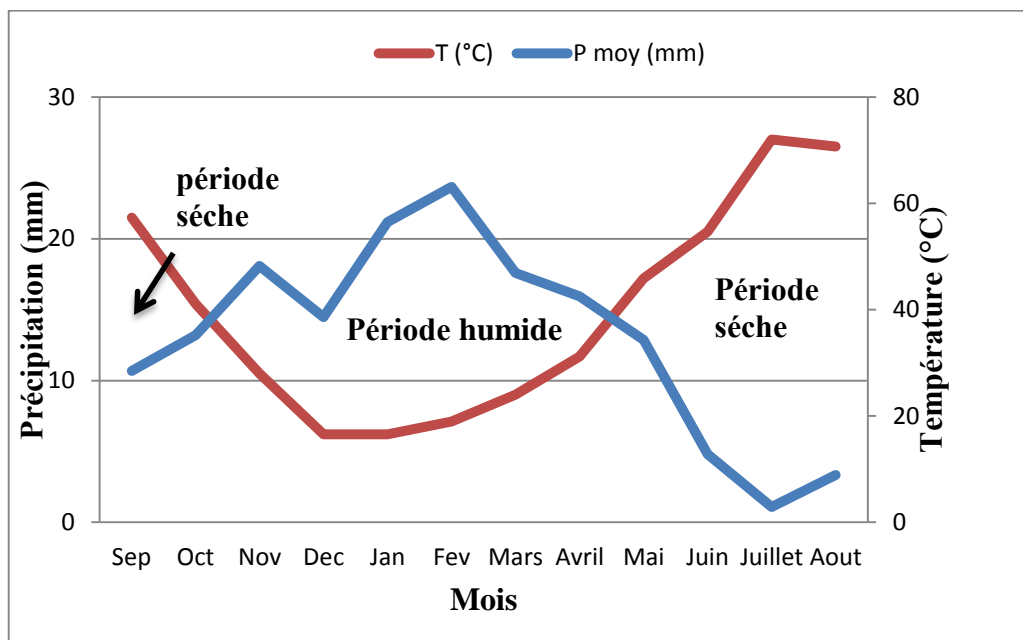


Fig N° III.5: Diagramme ombrothermique d'Ain Boucekif (2006/2017)

D'après le figure ci-dessus que la zone d'étude est caractérisée par deux périodes bien distinctes :

- 1- Une période humide qui s'étend de mois d'Octobre jusqu'au mois d'Avril.
- 2- Une période sèche qui d'étalant du mois de Mai jusqu'au mois d'Octobre.

III.8. L'humidité :

L'humidité relative de l'air est le rapport, exprimé en pourcentage, de la tension de vapeur d'eau à la tension de vapeur d'eau saturante.

Tableau N° III.6: L'humidité relative moyenne mensuelle d'Ain Boucekif, (2006/2017)

(Source station d'Ain Boucekif, 2019)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
Humidité (%)	54	62	75	82	79	80	76	67	62	49	38	43

L'évolution des moyennes des humidités relatives moyennes mensuelles (%) est représentée dans la figure N° III.6:

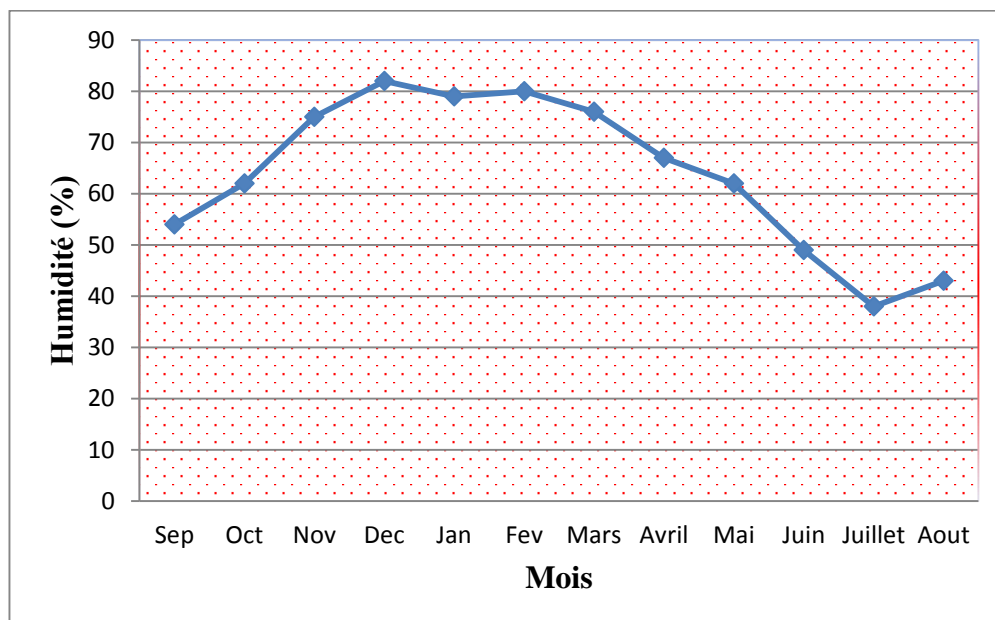


Fig N° III.6 : L’humidité relative moyenne mensuelle (%) de la station d’Ain Bouchékif (2006/2017).

D’après la figure ci-dessus, On remarque que la valeur maximum de l’humidité est enregistrée le mois de Décembre (82 %) et la valeur minimum enregistrée en mois de juillet. (38 %). (Source Station d’Ain Bouchekif ,2019).

III.9. Le vent:

Le vent affecte le climat d'une région. Il est également une composante active du climat. La vitesse du vent est affectée par la nature géologique de la région, comme le relief et les montagnes. Le vent est produit en raison de la différence de température et de pression atmosphérique. La vitesse du vent varie d'un mois à l'autre et d'une saison à l'autre.

Tableau N° III.7: La vent moyen mensuelle d’Ain Bouchekif, (2006/2017) (Source station d’Ain Bouchekif, 2019)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
Vent (m/s)	3,1	3,3	4,3	4,0	4,4	4,8	4,5	3,8	3,4	3,3	3,3	3,1

L'évolution des moyennes des vents moyennes mensuelles (m/s) est représentée dans la figure N° III.7:

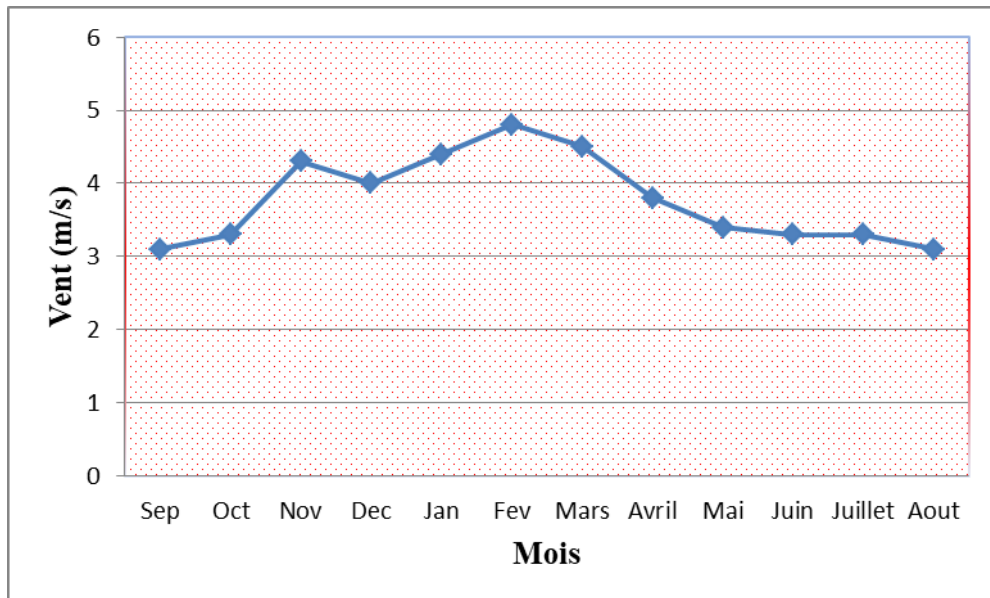


Fig. N° III.7: Vent moyenne mensuelle (m/s) de la station d'Ain Bouchékif (2006/2017).

D'après la figure ci-dessus en remarque que la vitesse moyenne du vent présente une petite variation pendant toute l'année, en oscillant entre une valeur minimale enregistré en mois d'août et septembre, de l'ordre de 3,1 m/s et une valeur maximale de 4,8 m/s enregistré en mois janvier.

Conclusion :

L'étude hydro climatologique du barrage Bougara, a montré que le climat est de type tempéré subhumide, caractérisé par deux saisons, l'une humide et froide et l'autre sèche et chaude, Avec :

- Une moyenne de précipitation annuelle de l'ordre de 418,4 mm,
- Une température moyenne annuelle de l'ordre de 14,91°C.
- Quantité d'évaporation moyenne annuelle est de l'ordre de : 110 mm
- Humidité relative moyenne annuelle est : 64 %
- Vent moyenne annuelle est : 3,8 m/s.

Ces facteurs réunis ont un rôle important dans le comportement chimique des eaux du barrage Bougara par dilution en période humide et froide et concentration en période sèche et chaude.

CHAPITRE IV
Matériels et Méthodes

IV.1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons identifier les principales analyses faites sur les échantillons des eaux pour connaître les caractéristiques de ces eaux, et nous avons défini les différents appareils utilisés et les modes opératoires.

IV.2. Matériels et méthodes :

Notre étude expérimentale a été réalisée au niveau du laboratoire au sein du laboratoire de L'ANRH de la wilaya d'Oran et du laboratoire d'ONA au sein de la STEP Tissemsilt.

IV.3. Matériel :

- Balance analytique.
- Agitateur magnétique chauffante.
- Agitateur magnétique.
- Conductimètre.
- Plaque chauffante.
- Spectrophotomètre.
- Dessiccateur
- Etuve.
- pH mètre.
- Bain-marie.
- Thermomètre.
- Réfrigérant
- La rampe de filtration.
- Pompe à vide
- Verreries propre et spécifique à chaque usage.

IV.4. Le prélèvement des échantillons :

C'est une étape très importante dans l'analyse de l'eau. Un prélèvement effectué selon une méthode correcte, dans des conditions satisfaisantes; en évitant toute contamination probable, en utilisant des récipients stériles, un transport correcte au laboratoire avec une bonne conservation et analyse après une courte durée de conservation permet l'obtention des résultats précises.

Le mode de prélèvement variera suivant l'origine de l'eau. **(Rodier, 1996).**

IV.5. Prélèvements à partir d'un robinet :

Dans le cas de prélèvement à un robinet, si le but est le contrôle de l'eau distribuée, il est indispensable d'attendre que l'eau en stagnation dans les canalisations soit éliminée. En pratique, il convient d'ouvrir le robinet à débit maximum pendant 5 à 10 secondes puis de le ramener à un débit moyen pendant 2 minutes. Par contre, si le but de l'analyse est de contrôler la concentration de

certains éléments libérés par la canalisation, tel que le zinc, plomb, cuivre, il convient de laisser l'eau stagner dans celle-ci pendant toute la nuit et de prélever l'eau immédiatement à l'ouverture du robinet.

- La manipulation doit s'effectuer dans les meilleures conditions de stérilité.
- Se laver soigneusement les mains et avant-bras, les rincer à l'alcool, laissé sécher.
- Flamber le robinet pendant au moins 01 minute, en utilisant par exemple une lampe à souder portative au gaz butane.
- Ouvrir le robinet et laisser couler 03 à 05 minutes avant de faire le prélèvement. Durant cette attente et durant le prélèvement, il est utile qu'un assistant maintienne la lampe à souder allumée, un peu au-dessus du robinet.
- Prendre le flacon de la main gauche, l'approcher des doigts libres de la main droite, enlever avec ceux-ci le coton bouchant le goulot.
- Flamber rapidement le bord de ce goulot, remplir presque entièrement le flacon, flamber à nouveau rapidement le bord du goulot, et mettre le bouchon (Rodier, 2005).

IV.6. Prélèvement à partir d'une eau de surface (barrage) :

Dans le cas d'un lac ou d'une retenue d'eau, il y a lieu de choisir plusieurs points de prélèvements et, en chacun d'eux, de prélever plusieurs échantillons à différentes profondeurs pour tenir compte de l'hétérogénéité verticale et horizontale.

- Descendre à l'eau de barrage à environ 2 mètres de la rive 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 50 cm de la surface.
- L'ouvrir et la remplir jusqu'au bord (Rodier, 2005).

IV.7. Choix et stérilisation des récipients :

Les récipients utilisés et destinés au prélèvement doivent être fermés hermétiquement afin d'assurer une protection contre toute contamination.

Le récipient doit être lavé, rincé, séché, et bouché par un coton, le bouchon aussi lavé, rincé, séché et enveloppé séparément dans un papier filtre. Le récipient et le bouchon sont enveloppés en papier filtre puis stérilisés soit à l'autoclave (120 °C pendant 15 minutes) soit au four pasteur (170 °C pendant 01 heure).

Il est conseillé d'utiliser des flacons en verre (Rodier, 2005).

IV.8. Principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau :

- Identité du préleveur.
- Date et heure du prélèvement.
- Lieu du prélèvement (Rodier, 2005).

IV.9. Transport et conservation au laboratoire :

Il faut que toute analyse doit être effectuée rapidement car la teneur initiale en germes de l'échantillon peut subir des modifications .si la durée de transport dépasse 01 heure, et si la température est supérieur à 10 °C, les prélèvements seront transportés dans des glacières dont la température doit être comprise entre 04 °C et 06 °C. Même dans ces conditions l'analyse bactériologique doit débiter dans un délai maximal de 08 heures après le recueil de l'échantillon.

Les échantillons qui ne sont pas immédiatement analysés, doivent être placés dans un réfrigérateur jusqu'au début de l'analyse (**Rodier, 2005**).

IV.10. Détermination des paramètres physico-chimique :**IV.10.1. Mesure de la température:****a. Principe :**

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz. La mesure de la température doit être effectuée sur le terrain (**Rodier, 2005**).

b. Mode opératoire :

La température est déterminée sur place à l'aide d'un thermomètre simple :

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

IV.10.2. Détermination de Potentiel d'hydrogène (pH):**a. Principe :**

Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène H^+ présent dans l'eau ou les solutions. (Rodier (1996).

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

L'échelle de pH varie de 0 à 14 en fonction de la force ionique, si :

- $[H^+] < [OH^-] \Rightarrow pH > 7$: l'eau est basique.
- $[H^+] > [OH^-] \Rightarrow pH < 7$: l'eau est acide.
- $[H^+] = [OH^-] \Rightarrow pH = 7$: l'eau est neutre

b. Matériel utilise :

- pH Mètre.
- Electrode de pH combinée.



Fig N° IV.1 : PH Mètre, mesurer le PH et température en °C.

c. Mode opératoire :

- Pendre environ = 100 ml d'eau à analyser.
- Allumer le pH mètre.
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
- Mettre un agitateur avec une faible vitesse.
- Tremper l'électrode dans le bécher.
- Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage du standard.
- Puis noter le pH

d. Expression des résultants : La valeur est lire directement sur l'écran de l'appareil de pH mètre

IV.10.3. Détermination de conductivité électrique :

a. Principe :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm.

La conductivité électrique d'une eau s'exprime généralement en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{s} / \text{cm}$), la résistivité est l'inverse de la conductivité et s'exprime en méga ohm –centimètre ($\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$). (Rodier, 2005).

Résistivité ($\Omega \cdot \text{cm}$) = $1000000 / \text{conductivité } (\mu\text{s} / \text{cm})$

b. Matériel utilise :

- Conductimètre

- Electrode de la conductivité.



Fig N° IV.2 : Conductimètre, mesurer la conductivité, TDS et salinité.

c. Mode opératoire :

- Vérifier le calibrage de l'appareil suivant la procédure ci-jointe.
- Plonger l'électrode dans la solution a analysé.
- Lire la conductivité et la salinité et la température des stabilise de celle-ci.
- Bien rincer l'électrode après chaque usage et conserve l'électrode toujours dans l'eau déminéralisée

d. Expression des résultants : La valeur est lire directement sur l'écran de l'appareil conductimètre en milli-siemens par centimètre (mS/cm) ou ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

IV.10.4. Mesure du taux salinité :

a. Principe :

La salinité est la masse de sel dissous par litre d'eau, exprimée en grammes par litre.

b. Mode opératoire :

Le mode opératoire reste le même que celui de la conductivité et le résultat est obtenu directement en mg/l.

IV.10.5. Mesure le Résidus sec :

a. Principe :

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes.

Une certaine quantité d'eau est évaporée dans une capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé.

b. Matériel utilisé :

- Capsule en porcelaine.
- Balance analytique.
- Etuve réglable.

c. Mode opératoire :

- Tarer une capsule préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et desséchée.
- Prélever 100 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déverser la dans la capsule.
- Porter cette dernière à l'étuve 105°C pendant 24 heures.
- Laisser refroidir pendant ¼ d'heure au dessiccateur.
- Peser immédiatement et rapidement.

d. Expression du résultat :

Les résultats sont donnés en mg/l :

$$RS \text{ (mg/l)} = (P_p - P_v) \times 10 \times 1000$$

P_p : est le poids de la capsule

P_v : est le poids vide de la capsule

IV.10.6. Détermination des matières oxydables en milieu acide :

a. Principe :

Oxydation par un excès de permanganate de potassium, en milieu acide et à ébullition (10 min), des matières oxydables contenues dans l'échantillon. Réduction de l'excès de permanganate par l'oxalate de sodium en excès et titrage en retour de l'excès d'oxalate par le permanganate de potassium.

b. Mode opératoire :

- Prendre 100 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 20 ml H₂SO₄ à 196 g/l (2.2M) et homogénéiser. Porter à l'ébullition douce.
- Ajouter 20 ml de KMnO₄ à 2 mmol/l, puis 10 min d'ébullition régulière et douce.
- Ajouter 20 ml d'acide oxalique à 5 mmol/l.
- Titrer après décoloration, alors que la solution est encore chaude avec la solution de KMnO₄ à 2 mmol/l jusqu'à apparition d'une coloration rose claire qui persiste 15 à 20 secondes.

- Un essai à blanc est nécessaire

c. Expression du résultat :

L'indice permanganate (X) de l'échantillon, exprimé en milligramme d'oxygène par litre est donnée par l'expression suivante :

$$(X) \text{ KMnO}_4 \text{ (mg/l)} = \frac{(V_1 - V_2)}{V_3} * \frac{C}{V_S} * F * 16$$

V_1 : volume de KMnO_4 à 2 mmol/l l'échantillon.

V_2 : volume de KMnO_4 à 2 mmol/l (blanc : eau distillée).

V_3 : volume de la solution de permanganate de potassium utilisé pour le titrage de la solution de permanganate de potassium.

V_4 : volume de la solution d'oxalate de sodium utilisé pour le titrage de la solution de permanganate de potassium.

C : concentration de la solution d'oxalate de sodium à 5 mmol/l.

V_S : volume de la prise d'essai de l'échantillon.

F : facteur de dilution éventuel de l'échantillon avant analyse.

D'où :

$$V_4 = 20 \text{ ml}$$

$$V_S = 100 \text{ ml}$$

$$C = 5 \text{ mmol/l}$$

L'expression devient :

$$(X) \text{ KMnO}_4 \text{ (mg/l)} = \frac{(V_1 - V_2)}{V_3} * F * 16$$

N.B : si l'oxalate de sodium n'est pas disponible, on peut le substituer par l'acide oxalique ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) avec la même concentration.

IV.10.7. Détermination des matières en suspension (MES) :

a. Principe :

L'eau est filtrée, la vaporisation de l'échantillon à une température de 150° pendant 2 heures, détermination des matières en suspension par pesée différentielle. Dans les eaux d'une faible concentration en MES, on utilise des filtres.

b. Matériel utilise :

- Papier filtre.
- Rampe de filtration.
- Pompe à vide.

- Etuve chauffé (105 °C).
- Balance.
- Fioles.
- Capsules
- Le dessiccateur.

c. Mode opératoire :

- Mouiller le filtre avec de l'eau distillée.
- Mettre le filtre pendant quelque minute dans l'étuve chauffée à 105°C préalablement.
- Laisser refroidir les filtres dans dessiccateur quelque minute après l'étape précédente.
- Puis peser le filtre sur la balance jusqu'à obtention d'un poids stable (**P₀ en mg**).
- Placer le filtre dans la rampe de filtration et la connecter à pompe à vide.
- Filtrer un volume (V ml) de l'échantillon, puis rincer l'éprouvette graduée avec environ 20 ml d'eau distillée, et rincer les parois internes de l'entonnoir avec un autre volume de 20 ml d'eau distillée.
- Retirer avec précaution de filtre de l'entonnoir à l'aide de pinces à extrémités pltes.si nécessaire. Le filtre peut être pile.
- Placer le filtre dans l'étuve à (105°C) pendant 2 heures.
- Mettre le filtre dans le dessiccateur pendant 15 minutes jusqu'à refroidissement total.
- Peser le filtre (**P_i en mg**).

d. Expression des résultats:

On calcule la teneur de la Matière En Suspension d'après l'expression :

$$\text{MES (mg/l)} = (\text{P}_i - \text{P}_0 / \text{V}) * 1000$$

Ou: **P₀**: Poids du filtre sec avant filtration (en mg).

P_i: Poids du filtre sec après filtration (en mg).

P_i-P₀ : Poids de la matière retenue par le filtre sec.

V : Volume de la prise d'eau en (ml).



Fig N° IV.3: Balance analytique

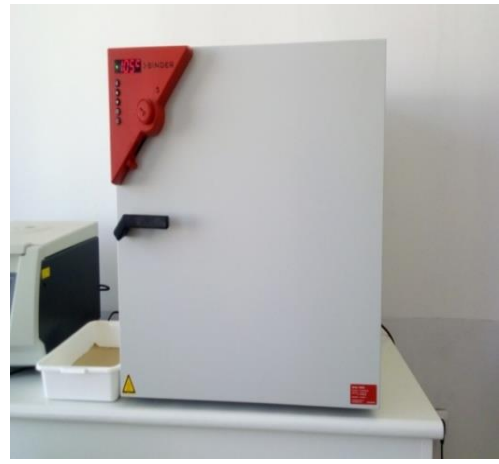


Fig N° IV.4: Étuve.



Fig N° IV.5 : Dessiccateur



Fig N° IV.6 : Rampe de filtration



Fig N° IV.7: pompe à vide

IV.10.8. Détermination d'oxygène dissous:

a. Principe :

L'oxygène, toujours présent dans l'eau, n'en est pas un élément constitutif. Sa solubilité est fonction de la température, de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. La méthode

potentiométrique permet des mesures rapides. Elle est à la fois utilisable sur le terrain et au laboratoire (Rodier, 2005).

La mesure de l'oxygène dissous s'effectue par la méthode électrochimique sur un oxymètre qui sur un échantillon d'eau à analyser de 100 ml affiche la teneur soit en concentration (mg d'O₂/l) soit en pourcentage de saturation en oxygène.

b. Matériel utilise :

- Oxymètre

c. Mode opératoire :

- Allumer l'oxymétrie.
 - Rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
 - Prendre environ 100 ml d'eau à analyser.
 - Tremper l'électrode dans le bécher.
 - Laisser stabiliser un moment.
 - Lire la concentration de l'oxygène dissous.
 - Rincer bien l'électrode après chaque usage avec l'eau distillée
- d. Expression des résultants :** Le résultat est donné directement en mg/l.



Fig N° IV.8 : Oxymétrie.

IV.10.9. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO):

a. Principe :

Dans des conditions définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par de dichromate de potassium, (K₂Cr₂O₇) en milieu acide et en présence de sulfate d'argent comme catalyseurs d'oxydation et de sulfate de mercure, permettant de complexer les ions chlorures. L'excès

de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de Fer et d'ammonium car la quantité de matière oxydable est proportionnelle à la quantité de dichromate réduit.

b. Matériel utilisé :

- kits mesure DCO.
- Spectrophotomètre.
- thermo réacteur
- Pipette graduée 2 ml.

c. Mode opératoire :

- Sélectionnez le programme de la DCO
- Mélanger le contenu Kit pour avoir une solution homogène.
- Ajouter 2 ml d'échantillon en tube de réactif DCO.
- Boucher hermétiquement le tube avec le bouchon fileté et nettoyer l'extérieur.
- Mélanger énergiquement le contenu de tube. Toujours saisir le tube par son bouchon.
- Chauffer le tube pendant 120 minutes à 148°C dans le thermo réacteur portoir.
- Retirer le tube brulant du thermo réacteur et le laisser refroidir dans un portoir.
- Au but de 10 minutes, agiter le tube et le remettre dans le portoir jusqu'à refroidissement à température ambiante (temps de refroidissement au moins 30 minutes).
- Ne pas refroidir à l'eau froide.
- Mesurer l'échantillon dans le programme spectrophotomètre, qu'il va mesurer automatiquement.



Fig N° IV.9 : Spectrophotomètre.

Avec les Kits on va utiliser un programme de code de barres. Un lecteur de code à barres spécial, situé dans le compartiment pour cuves lit automatiquement le code à barres des cuves ou fioles de 13mm pendant que ces dernières effectuent une rotation simple.

L'instrument utilise l'identification par code à barres pour définir automatiquement la longueur d'onde appropriée pour l'analyse et calcule immédiatement le résultat grâce aux acteurs enregistrés. La mesure commence automatiquement, et les résultats sont affichés.

IV.10.10. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO₅):

a. Principe :

La mesure de la DBO₅ se base la mesure de la pression dans un système fermé où les microorganismes consomment l'oxygène dans l'échantillon et de génèrent des émissions de CO₂. Le CO₂ est absorbée avec NaOH et une pression négative est créé et mesuré directement par le transmetteur. Le transmetteur transforme la valeur de la pression directement à DBO₅ (mg/l). Avec des employés volumes d'échantillon on règle la quantité d'oxygène disponible qui peut effectuer une détermination complète de la DBO₅ différentes concentrations at avers de différents volumes initiaux.

b. Matériel utilise :

- Flacons d'incubation à bouchons rodés de 510 ml.
- Têtes mesureurs (DBO senseurs).
- Ampoules de mesures marron.
- Agitateurs magnétiques.
- Pince.
- Lentilles de NaOH.
- Armoire thermostatique de température constante à 20°C.
- Inhibiteur de la nitrification.
- Eau distillée.



Fig N° IV.10 : Mesure de la DBO₅

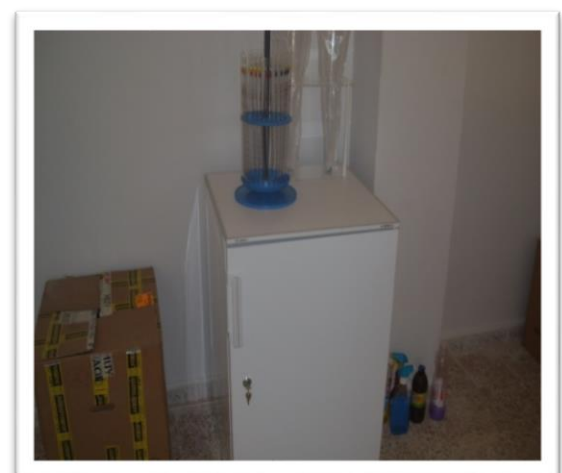


Fig N° IV.11 : Armoire thermostatique

c. Mode opératoire :

- Pour bien profiter de la carcasse de mesure, il faut sélectionner un volume d'échantillon correspondante à le DBO qui on espère obtenir :
- valeur lu du $DCO \cdot 0,7 \ll 0,7 = \text{facteur de dilution} \gg$, défini l'intervalle de mesure DBO:

Tableau N° IV.1: Table de dilutions selon le type d'oxytop.

Intervalle de mesure DBO (mg/l)	Volume d'échantillon (ml)	facteur dilution	N-Alyltiourea
0-40	432	1	9 gouttes
0-80	365	2	8 gouttes
0-200	250	5	5 gouttes
0-400	164	10	3 gouttes
0-800	97	20	2 gouttes
0-2000	43,5	50	1 goutte
0-4000	22,7	100	1 goutte

- nettoyer les ampoules et éclaircir avec de l'eau distillée.
- Eclaircir l'ampoule de mesure marron avec résiduaire d'échantillon.
- selon le tableau on va déterminer le volume d'échantillon.
- Ajouter une quantité du échantillon homogénéisée.
- Ajouter pour chaque ampoule avec échantillon un agitateur magnétique.
- Pour les échantillons d'effluent (eau dépurée) ajouter un inhibiteur de nitrification selon le rapport suivant : on dissout 200 mg de N-Alyltiourea ($C_4H_8N_2S$) en eau, on dilue à 200 ml et il se mélange. La solution est conservée à 4 °C. la solution est stable pendant au moins semaines. L'équivalence de 1 goutte/50 ml s'ajoutera à la solution.
- Poser sur le goulot de l'ampoule une carcasse de gomme. Dans son intérieur, ajuter avec le pince des lentilles de NaOH et remplir le bouchon jusqu'à la limite sans se dépasser.
- Fermer l'ampoule de mesure avec la tête du senseur DBO et mettre à 0.
- Colloquer les ampoules dans l'agitateur.
- Introduire l'équipe d'agitation dans l'incubateur avec la température choisie par l'échantillon de DBO (20°C).connecter le câble du réseau à la prise intérieure de l'incubateur et appuyer sur l'interrupteur de courant interne.
- Les échantillons sont incubés à l'obscurité dans une armoire thermorégulatrice fermée, pendant cinq jours.

- Pendant les 5 jours il faut agiter l'échantillon d'eau continuellement avec un barreau magnétique. Le senseur DBO mémorise automatiquement chaque 24h une valeur de mesure, 5 jours maximum.
- Après 5 jours (DBO₅), lire les valeurs mémorisées. Les valeurs mémorisées se gardent et peuvent être lites plus tarde.
- Après chaque mesure, il faut toujours nettoyer à fond, la carcasse de gomme, les ampoules d'échantillon et l'agitateur magnétique. Eviter le savon et utiliser seulement eau chaude ou distillée.

C'est une méthode manométrique avec des manomètres de marque OxiTop à affichage numérique qui se fixe directement sur le flacon de DBO₅.

d. Expression des résultats : La lecture des résultats se fait selon la formule suivante :

La valeur (DBO₅) multiplié au facteur (selon Tableau N° 1).

DBO₅ (mg d'O₂/L) = Valeur lu * Facteur

-**Valeur lu** : afficher sur la tête de chaque flacon.

-**Facteur** : un coefficient en relation avec le volume incubé.

IV.10.11. Détermination des nitrites (NO₂⁻) méthode colorimétrique:

a. Principe :

Les nitrites dans l'échantillon à analyser réagissent avec un réactif mixte qui donne un complexe coloré en rose dont :

La coloration rose est proportionnelle à la quantité de nitrite présent.

b. Matériel utilise :

- Spectrophotomètre

c. Mode opératoire :

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1 ml du réactif mixte.
- Attendre 10 mn.
- L'apparition de la coloration rose indique la présence des nitrites.
- Faire la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde $\lambda=543$ nm.

d. Expression des résultats : Le résultat est donné directement en mg/l.

IV.10.12. Détermination des nitrates (NO₃⁻) :

a. Principe :

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

b. Matériel utilise :

- Etuve
- Spectrophotomètre

c. Mode opératoire :

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30%.
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- Evaporer à sec à l'étuve à 75-88°C.
- Laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2 ml de H₂SO₄ et laisser reposer 10 min.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de Tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectrophotomètre à la longueur d'onde 415 nm.

d. Expression des résultats: Le résultat sera donné directement en mg/l.

IV.10.13. Détermination de l'azote ammoniacal (NH₄⁺) :**a. Principe :**

Mesure spectrométrique à environ 655 nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylates et hypochlorites en présence de nitropruciate de sodium.

b. Matériel utilise :

- Spectrophotomètre.

c. Mode opératoire :

- Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 4 ml de réactif 1 et 4 ml du réactif 2.
- Ajuster la solution à 50 ml avec l'eau distillée.
- Attendre 1h 30min (l'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de NH₄⁺).
- Faire la lecture au spectromètre à la longueur d'onde $\lambda=655\text{nm}$.

d. Expression des résultats : Le résultat est donné directement en mg/l.

IV.10.14. Détermination des phosphates (PO₄³⁻) :**a. Principe :**

Formation, en milieu acide, d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate 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 700nm, l'autre plus importante à 880nm.

b. Matériel utilise :

- Spectrophotomètre

c. Mode opératoire :

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

d. Expression des résultants : Les résultats sont donnés directement en mg/l.

Conclusion :

Notre travail consiste à analyser quelques paramètres physico-chimique pour évaluer la matière organique ainsi que la matière azotée et phosphoré de l'eau du barrage Bougara.

Les échantillons seront transportés au laboratoire pour les analyses, puis identifie les échantillons et appliquer rigoureusement le protocole de chaque paramètre à mesurer et dresser ensuite les résultats sur une fiche récapitulative.

Les eaux brutes que nous avons testées ont des valeurs qui dépassent les normes Algériennes.

CHAPITRE V
Résultats et Discussion

V.1. Introduction :

L'analyse hydro-chimique qui constitue la partie principale de notre travail est basée sur des analyses effectuées par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) au niveau du barrage de Bougara pendant quatre ans à partir de l'année 2015 jusqu'à l'année 2019.

L'interprétation a pour but d'effectuer des comparaisons saisonnières et de mettre en évidence les différents éléments pouvant affecter la qualité des eaux étudiées et connaître l'influence de l'apport hydrique.

Dans le but de bien visualiser les différentes données, nous utilisons les courbes et les diagrammes qui peuvent mettre en évidence l'évolution des différents paramètres physico-chimiques et leurs origines.

V.2. Objectif :

L'objectif de cette étude consiste à identifier la qualité des eaux du barrage de Bougara et sa valorisation pour l'irrigation des cultures. Le travail étudié par les analyses de l'eau en trois étapes : la première étape est l'analyse des eaux du barrage Bougara et deuxième étape est l'analyse des eaux sortantes de la STEP (eau épurés) et la troisième étape est l'analyse des eaux sortant du barrage Dahmouni. Les résultats sont par la suite comparés aux bornes de grille de qualité des eaux de barrages. (ANRH, 2015/2019)

V.3. Etude hydro chimique :

La qualité des eaux des barrages (Bougara, Dahmouni et Koudiet Rosfa) est évaluée mensuellement grâce à la mesure de certains paramètres physico-chimiques reflétant la qualité d'eau. Elle est déterminée en comparant les résultats aux bornes de la grille de qualité des eaux des barrages établie par l'ANRH (Tableau N° V.2)

V.4. La méthode de classification des eaux de surface utilisée en Algérie (Selon ANRH) :

La classification des eaux de surface, se fait suivant une grille de classification élaborée par l'Agence Nationale des Ressources en Eau. Cette grille se décompose en quatre classes de qualité, et en cinq sous grilles de qualité. La classification se fait suivant deux façons, classification par paramètre, et classification suivant l'altération.

V.5. Méthodologie de classification :

Nous jugeons la qualité des eaux de surface à partir de cinq types de pollution, qui sont décrites dans le Tableau N° V.1

Tableau N° V.1 : Les différents types de pollution

Matière physique	pH, MES, Température
Matière minérales	Résidu sec, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , Cl^-
Matière organiques	Oxygène dissous, DBO_5 , DCO, M Organique
Matière azotées	NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-
Matière phosphorées	PO_4^{3-}

La classification des barrages et des principaux oueds se fera selon les cinq qualités, la qualité physique, la qualité minérale, la qualité organique, la qualité azote, et la qualité phosphore. Toutes ces qualités sont déterminées à l'aide de quatre classes qui sont représentées par des couleurs.

- ✓ les eaux de bonne qualité sont représentées en **bleu**.
- ✓ les eaux de qualité moyenne sont représentées en **vert**.
- ✓ Les eaux de qualité mauvaise sont représentées en **jaune**.
- ✓ les eaux de qualité très mauvaise sont représentées en **rouge**.

V.6. La valeur guide des eaux de barrages décrites par l'ANRH :

- ✓ **pH** : Logarithme négatif de l'activité molaire des ions hydrogène, l'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcaline).
- ✓ **RS** : Exprime la mesure de la salinité ou minéralisation d'une eau en mg/l.
- ✓ **O₂ dissous** : Exprime la concentration en mg/l d'oxygène dissous.
- ✓ **NH₄⁺** : Exprime la concentration en mg/l d'ammonium.
- ✓ **NO₂⁻** : Exprime la concentration en mg/l de nitrites.
- ✓ **NO₃⁻** : Exprime la concentration en mg/l de nitrates.
- ✓ **PO₄³⁻** : Exprime la concentration en mg/l de phosphates.
- ✓ **DBO₅** : Indique la consommation d'oxygène par les matières organiques biodégradables en (mg/l)
- ✓ **DCO** : Quantité d'oxygène nécessaire pour l'oxydation énergétique des matières organiques en (mg/l)
- ✓ **MO** : Mesure l'oxydation chimique des matières organique par le permanganate de potassium en (mg/l)

Tableau N° V.2: Bornes de grille de qualité des eaux de barrages. (Source ANRH Oran)

Désignation	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5	8,5 – 9	+9 et – de 6.5
O ₂ dissous (%)	100 – 90	90 – 50	50 – 30	≤ 30
RS mg/l	300 – 1000	1000 – 1200	1200 – 1600	≥ 1600
NH ₄ ⁺ mg/l	0 – 0,01	0,01 – 0,1	0,1 – 3	≥ 3
NO ₃ ⁻ mg/l	0 – 10	10 – 20	20 – 40	≥ 40
NO ₂ ⁻ mg/l	0 – 0,01	0,01 – 0,1	0,1 – 3	≥ 3
PO ₄ ³⁻ mg/l	0-0,01	0,01-0,1	0,1- 3	≥ 3
DBO ₅ mg/l	≤ 5	5 – 10	10 – 15	≥ 15
DCO mg/l	≤ 20	20 – 40	40 – 50	≥ 50
MO mg/l	5	5-10	10-15	≥ 15

Distinguez l'étude de ce chapitre en deux parties (approche expérimentale et approche statistique)

V.7.Première partie A : Approche expérimentale

V.7.1. Evolution des paramètres de la qualité des eaux:

V.7.1.1.Qualité des eaux de barrage Bougara:

Moyennes saisonnières (Tableau N° V.3), montrent que les eaux du barrage Bougara présentent une dégradation de la qualité physico-chimique exprimée en résidus sec et matière oxydable durant toutes les périodes d'observation.

Les eaux de barrage présentent aussi une pollution organique et très mauvaise qualité exprimée en DBO₅ et DCO durant toutes les périodes d'observation, la dégradation les paramètres de matières organiques, ce qui explique l'augmentation des teneurs moyennes en matières oxydable d'une part, et la quantité d'oxygène dissous nécessaire pour l'oxydation des matières organiques d'autre part, nous constatons présentent une moyenne à bonne qualité sauf la saturation de l'oxygène dissous en saison d'automne et été en 2015/ 2016.

La qualité de l'eau du barrage Bougara se dégrade. En effet, la qualité des eaux qui était très mauvaise, l'origine de cette pollution est due aux apports des pollutions provenant des rejets d'eaux usées urbains.

Les eaux du barrage présentent aussi une très mauvaise qualité et sont chargées exprimée en ammonium, nitrite et phosphate, et bonne qualité exprimée en nitrate, cette augmentation des teneurs est dues à l'oxydation des matières organiques azotée et à l'utilisation irrationnelle des engrais.

Tableau N° V. 3: Qualité moyenne saisonnière inter annuelle des eaux de Barrage Bougara.

(Source ANRH Oran 2015/2019)

Année	Saison	Paramètres physico-chimiques			Paramètres de Matière organique			Paramètres de Matière azotée			Paramètres Matière phosphorée
		pH	R S	MO	DCO	DBO ₅	O ₂	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻³
2015 2016	A										
	H										
	P										
	E										
2016 2017	A										
	H										
	P										
	E										
2017 2018	A										
	H										
	P										
	E										
2018 2019	A										
	H										
	P										
	E										

Légende :

	Bonne qualité		Mauvaise qualité		Saturation
	Moyenne qualité		Très mauvaise qualité		

Les analyses physico-chimiques moyennes saisonnières de l'eau du barrage Bougara en 2015/2019 sont représentées comme suit:

V.7.1.1.1. Evolution de la potentiel d’Hydrogène (pH) :

La figure ci-dessous représentant les variations moyenne saisonnière du pH des eaux du barrage Bougara.

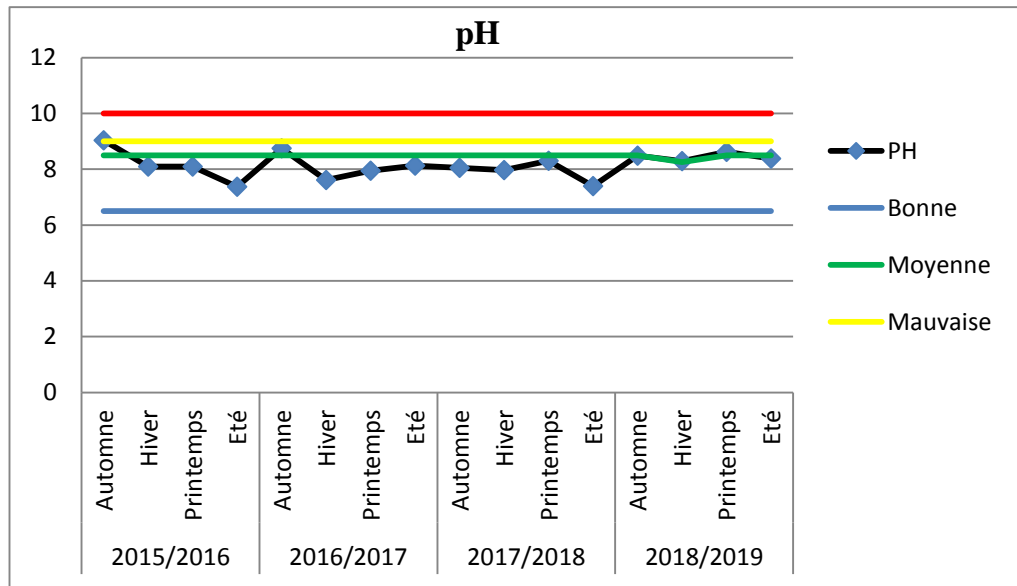


Fig N° V.1: Evolution saisonnière du pH de l'eau brute du barrage Bougara, ANRH (2015/2019).

D’après la figure ci-dessus les eaux brutes du barrage Bougara au cours de quatre ans à partir de 2015 jusqu’à 2019, les valeurs du pH comprises entre $7,37 < \text{pH} < 8,48$, pour tous les années, sont classé bonne qualité. Sauf les trois saisons automne 2015/2016, automne 2016/2017 et printemps 2018/2019, présente une qualité d’eau mauvaise $8,62 < \text{pH} < 9,03$, selon les Bornes de la grille de qualité d’eau du barrage. Ainsi la période d’automne et printemps montre une élévation en pH qui est probablement due aux apports en quantité des sels minéraux par le phénomène de lessivage des sols en enrichissant les eaux en ions.

V.7.1.1.2. Evolution de la Résidu sec (RS):

La figure ci-dessous représente l’évolution de Résidu sec moyen saisonnier de l’eau du barrage Bougara.

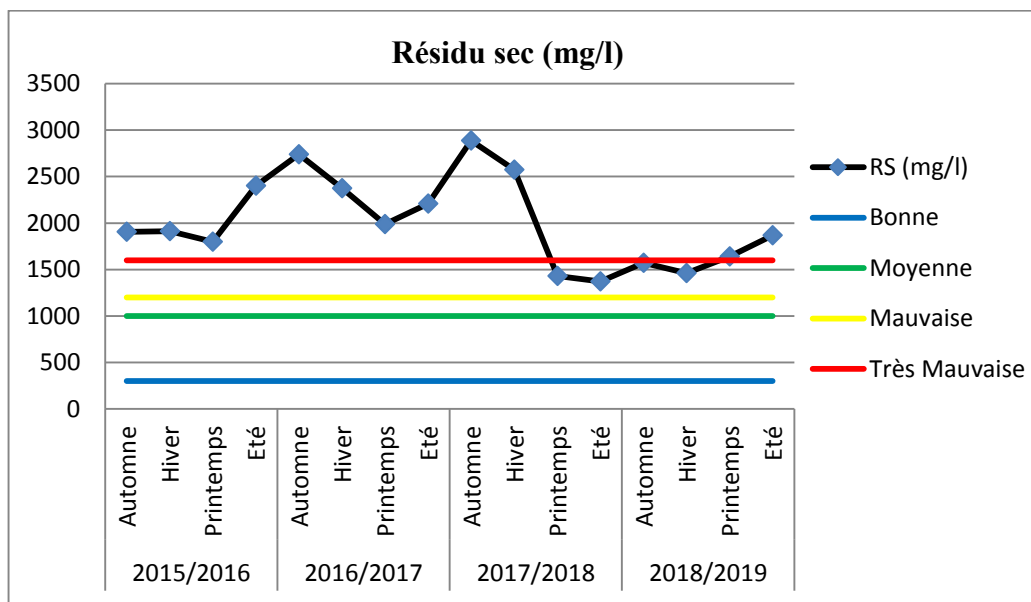


Fig N° V. 2: Evolution saisonnière des résidus secs des eaux du barrage Bougara, ANRH (2015/2019).

D’après la figure ci-dessus nous observons que la variation des valeurs du résidu sec augmente toutes les périodes, et ils sont compris entre 1430 et 2886 mg/l, ces résultats traduisent que l’eau du barrage à une minéralisation très élevée et dû au lessivage des terrains traversés ainsi qu’à l’érosion et le ruissellement dans le bassin versant du barrage.

Les valeurs élevées des résidus secs peuvent être expliquées par rapport à chaque saison comme suit : pendant l’automne nous pouvons interpréter qu’il y’a une tombée de feuilles supérieure à d’autres saisons, ce qui résulte à la croissance des résidus secs dans le barrage. Pour l’hiver qui est connu par la forte érosion hydrique qui déracine les plantes et les végétaux, qui seront ramenés plus tard par un cours d’eau dans les eaux de notre barrage. Pour l’été c’est probablement dû à la sécheresse qui facilite la cassure des branches de l’arbre, aussi dans cette période la mort des plantes et végétaux à cause de manque d’eau, qui plus tard seront ramenés au niveau des eaux du barrage par le vent.

Comparativement aux données de la grille de la qualité des eaux superficielles de l’ANRH, nous concluons que l’eau du barrage Bougara est classée en très mauvaise qualité car le RS est supérieur à 1200 mg/l.

V.7.1.1.3. Evolution de l’oxygène dissous (O₂):

La figure ci-dessous montre les variations des teneurs moyennes saisonnières de l’oxygène dissous des eaux brutes du barrage Bougara durant la période d’étude.

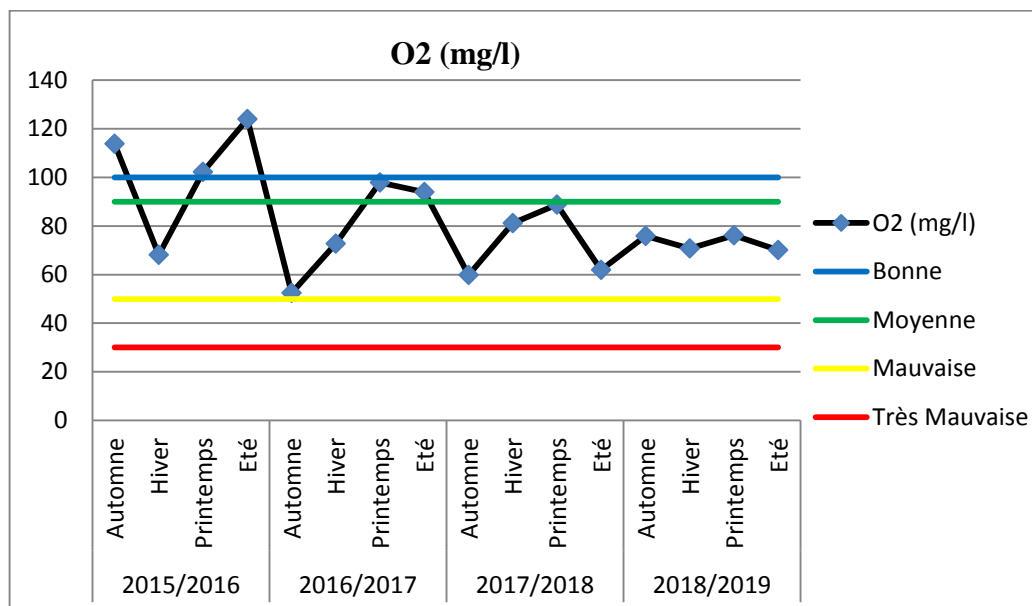


Fig. N° V.3: Evolution saisonnière d'oxygéné dissous des eaux du barrage Bougara, ANRH (2015/2019).

La teneur en oxygène dissous sont très variable et irrégulières d'un saisonne à l'autre, d'après la figure ci-dessus, elles varient entre une valeur minimale de 52,4 mg/l enregistré en saison automne 2016/2017 et une valeur maximale de 88,75 mg/l enregistré en saisonne printemps 2017/2018, classé moyenne qualité ($50 < O_2 < 90$), et qui varient entre 93.93 mg/l enregistré en saison été et 97,33 mg/l enregistré en saison printemps en même année 2016/2017, alors les eaux du barrage sont classées bonne qualité ($90 < O_2 < 100$), sauf que nous observons que les trois valeurs des taux de saturation en oxygène dissous dépassent 100 % en même année 2015/2016 (automne 113,80 mg/l, printemps 120,25 mg/l et été 123,9 mg/l), ceci est dû principalement au développement intense des algues et des planctons.

La variation d'O₂ est conditionnée essentiellement par des facteurs climatologique, biologique et chimique (précipitation, température, au-oxydation des bactéries, dégradation de pollution) et aussi par la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments.

V.7.1.1.4. Evolution de nitrate (NO₃⁻):

Les résultats des valeurs d'eaux du barrage Bougara sont regroupés sur la figure ci-dessous :

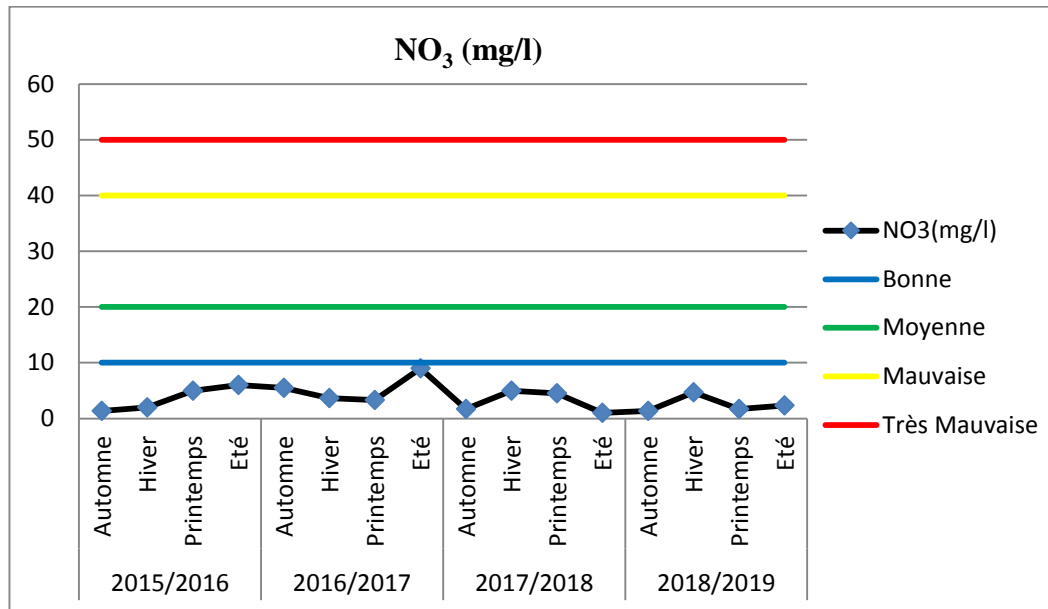


Fig N° V.4: Evolution saisonnière des NO₃ des eaux du barrage Bougara, ANRH (2015/2019).

D’après la figure ci-dessus les valeurs des NO₃ sont comprises entre 1 et 9 mg/l, les eaux ne sont pas chargées en nitrates, l’augmentation subite de la teneur en nitrates dans des périodes bien définies de l’année correspond généralement aux périodes d’introduction des engrais dans les terrains agricoles. En cas de pluie, les ions nitrate non assimilés par les plantes sont entraînés par lessivage vers les barrages. L’apport de nitrate dans ces barrages entraîne une augmentation des plantes et algues en surface, nous pourrions dire que les eaux du barrage sont classées de bonne qualité durant toutes les périodes d’observation (2015/2019) selon les bornes de grille de qualité des eaux de barrages (ANRH).

V.7.1.1.5. Evolution du nitrite (NO₂⁻):

Les valeurs des nitrites sont présentées les figure ci-dessous :

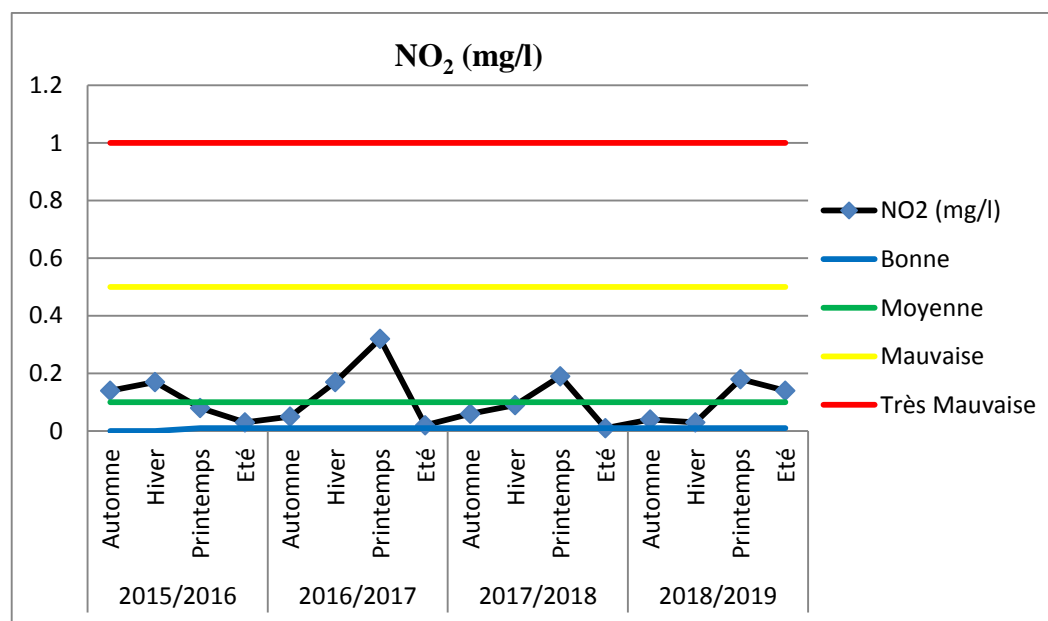


Fig N° V.5: Evolution saisonnière des NO₂ des eaux du barrage Bougara, ANRH (2015/2019)

D’après la figure ci-dessus montre que les valeurs de nitrites pendant les quatre ans (2015 jusqu’à 2019), Nous remarquons le taux de nitrites que varient entre 0,14 et 0,32 mg/l durant les saisons comme suit : automne et hiver en 2015/2016, hiver et printemps en 2016/2017, printemps en 2017/2018, printemps et été en 2018/2019, nous pourrions dire que les eaux du barrage classé mauvaise qualité ($0,1 < NO_2 \text{ (mg/l)} < 3$) selon les bornes de grille de qualité des eaux de barrages (ANRH).

Ainsi que nous constatons que le taux de nitrite varient entre 0,01 et 0,09 mg/l durant les saisons comme suite : printemps et été en 2015/2016 , automne et été 2016/2017, automne et hiver et été en 2017/2018 , automne et hiver en 2018/2019, sont classées moyenne qualité ($0,01 < NO_2 \text{ (mg/l)} < 0,1$) selon les bornes de grille de qualité des eaux de barrages (ANRH), Ces valeurs sont dues probablement à l’utilisation des engrais agricoles dans les périmètres avoisinant situés dans la partie amont de la zone d’étude et les fortes teneurs en nitrite proviennent de l’oxydation de l’ammoniaque.

V.7.1.1.6. Evolution de l’ammonium (NH₄⁺):

La figure ci-dessous représentés la variation des NH₄ de l’eau du barrage Bougara.

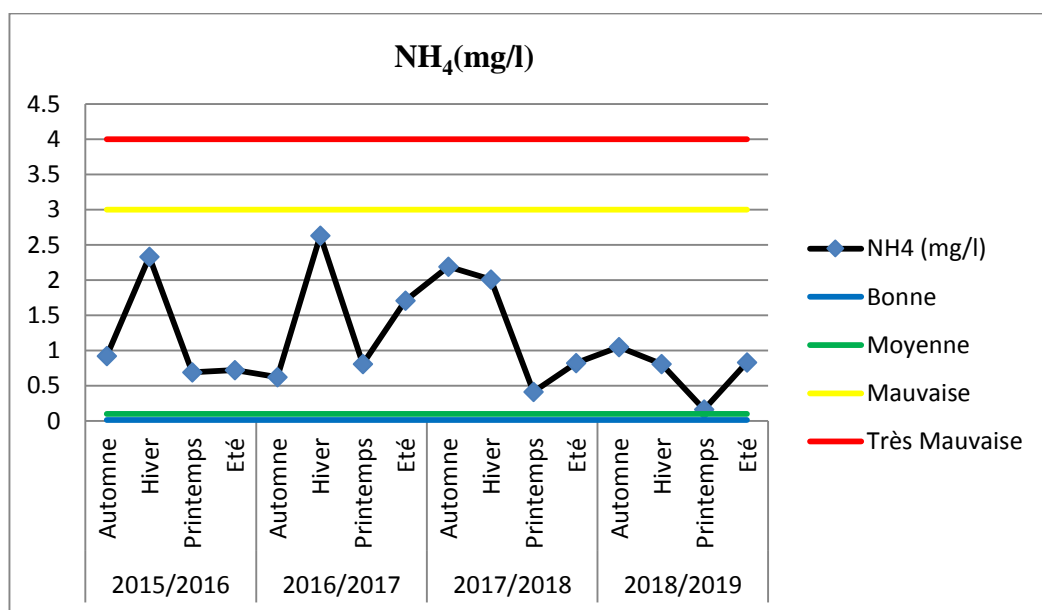


Fig N° V.6: Evolution saisonnière des NH₄ des eaux du barrage Bougara, ANRH (2015/2019)

D’après le figure ci-dessus nous observons que la variation des valeurs du NH₄ augmentent (> 0, 1 mg/l), et ils sont comprise entre 0,16 et 2,63 mg/l, les plus fortes concentrations sont observées aux cours de notre étude peuvent être dues probablement aux rejets directs d’eaux usées qui se font dans le barrage, l’ammoniaque pourrait provenir de la dégradation de la matière organique ou de l’épandage d’engrais ammoniacaux.

Les eaux du barrage sont classées de qualité mauvaise durant toutes les périodes d’observation (2015 jusqu’à 2019), selon les bornes de grille de qualité des eaux de barrages (ANRH).

V.7.1.1.7. Evolution de la ortho-phosphates (PO₄³⁻):

Les résultats obtenus pour le PO₄³⁻ dans l'eau du barrage Bougara sont représentés dans la figure ci-dessous :

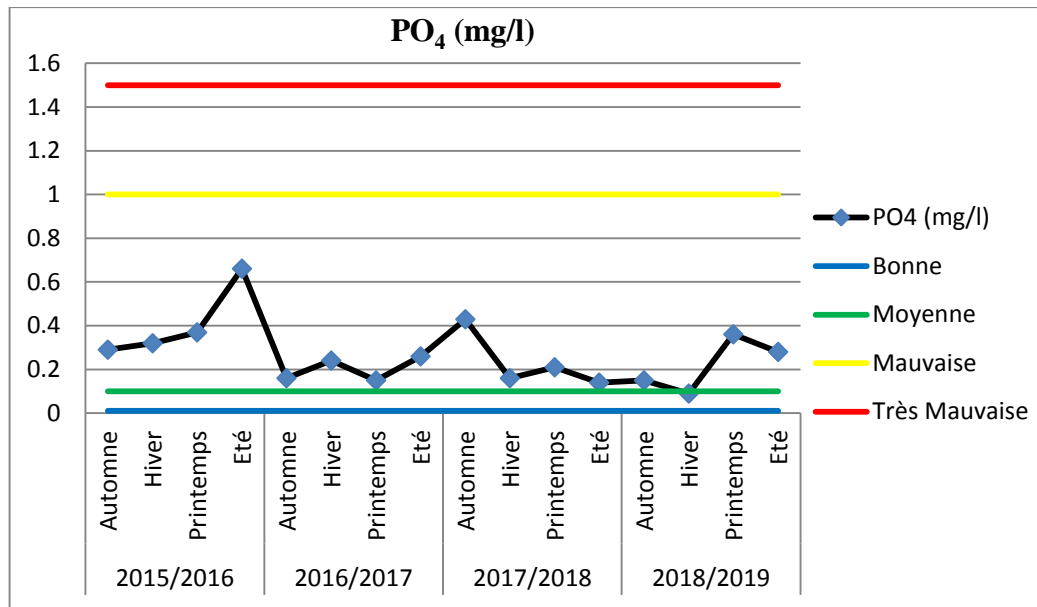


Fig N° V.7: Evolution saisonnière des PO₄ des eaux du barrage Bougara, ANRH (2015/2019)

D'après le figure ci-dessus nous observons que la variation des valeurs du PO₄ durant Les quatre ans (2015 jusqu'à 2019), varient entre 0,14 et 0,66 mg/l, donc on conclure que les eaux du barrage sont classées de qualité mauvaise durant tous les périodes d'observation, sauf les saison hiver pour l'année 2018/2019 (0,09 mg/l), classé en moyenne qualité selon les bornes de grille de qualité des eaux de barrages (ANRH).

Cette augmentation la teneur en phosphate pourra provenir des rejets industriels ou de l'utilisation des engrais phosphatés, mais le phosphates des engrais se fixant mieux dans le sol, et sont moins entraînés par les eaux de ruissellement.

V.7.1.1.8. Evolution de la Demande Biochimique en Oxygène au bout de 5 jours (DBO₅):

La figure ci-dessous représente l'évolution de la DBO₅, pendant la période d'étude

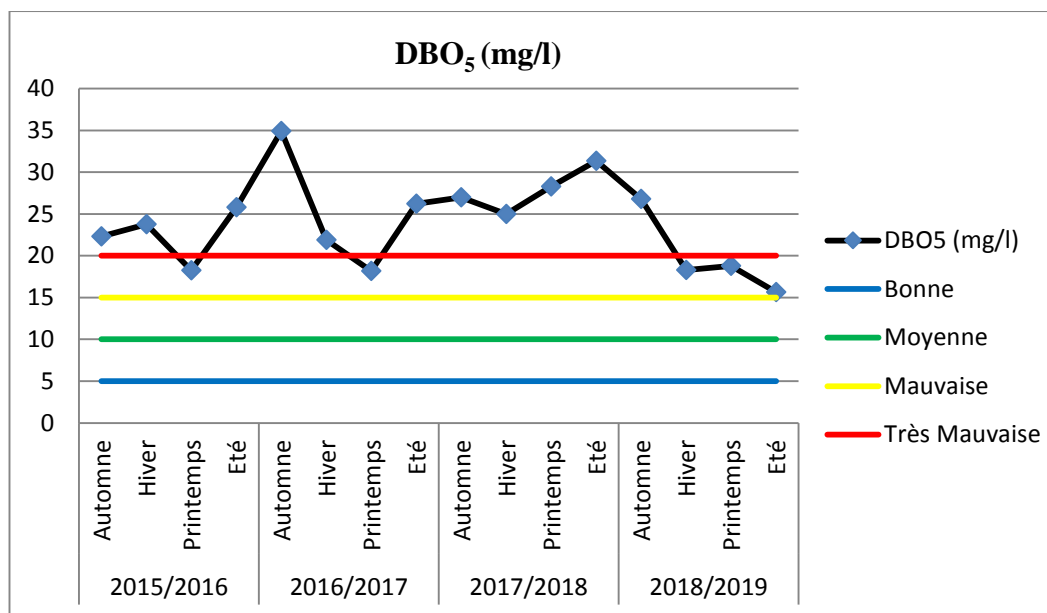


Fig N° V.8: Evolution saisonnière des DBO₅ des eaux du barrage Bougara, ANRH (2015/2019)

La figure ci-dessus donne les variations de la DBO₅ durant les quatre ans (2015/2019), nous observons que les valeurs de l'eau du barrage varient entre la valeur minimale et maximal 15,63 et 34,9 mg/l, cette variation des valeurs de la DBO₅, dépend essentiellement de la présence des matières organiques et des micro-organismes et des rejets d'eau usée.

L'origine de cette pollution est due probablement au rejet des effluents urbains d'eau usée non ou mal traités.

Les eaux du barrage Bougara classées très mauvaise qualité, selon les bornes de grille par ANRH (DBO₅ > 15 mg/l).

V.7.1.1.9. Evolution de la demande chimique en oxygène (DCO):

L'évolution de la DCO pendant la période d'étude est montrée dans la figure ci-dessous :

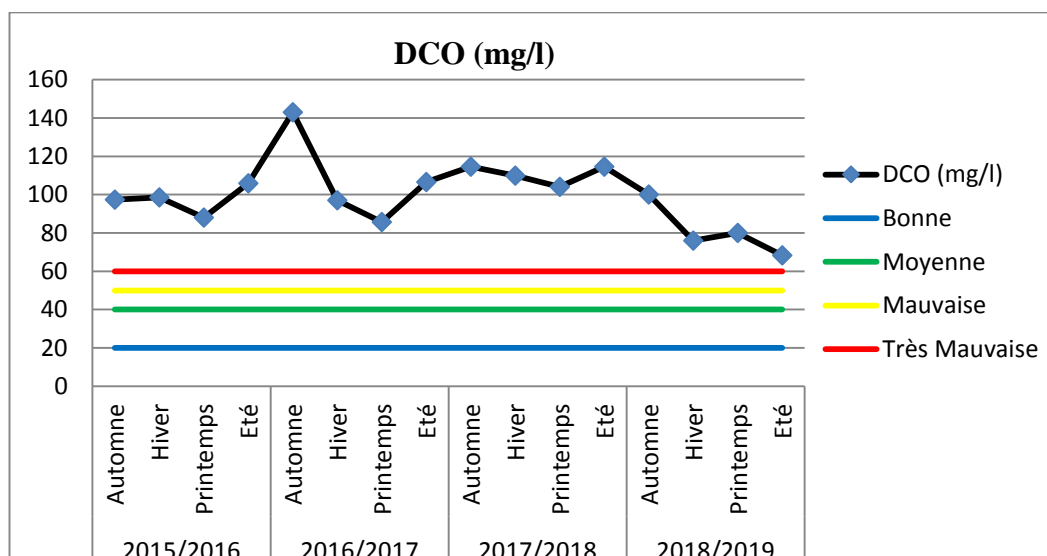


Fig N° V.9: Evolution saisonnière des DCO des eaux du barrage Bougara (2015/2019) ANRH

D’après le figure ci-dessus nous observons que la variation des valeurs du DCO durant les quatre ans (2015 jusqu’à 2019), varient entre la valeur minimale et maximale 68,33 et 143 mg/l, cette évaluation dépend essentiellement de la présence de la pollution organique.

Les eaux du barrage Bougara classées très mauvaise qualité, selon les bornes de grille par ANRH (DCO > 50 mg/l).

V.7.1.1.10. Evolution de la Matière organique (MO):

La variation des MO durant la période d’étude est représentée dans la figure ci-dessous :

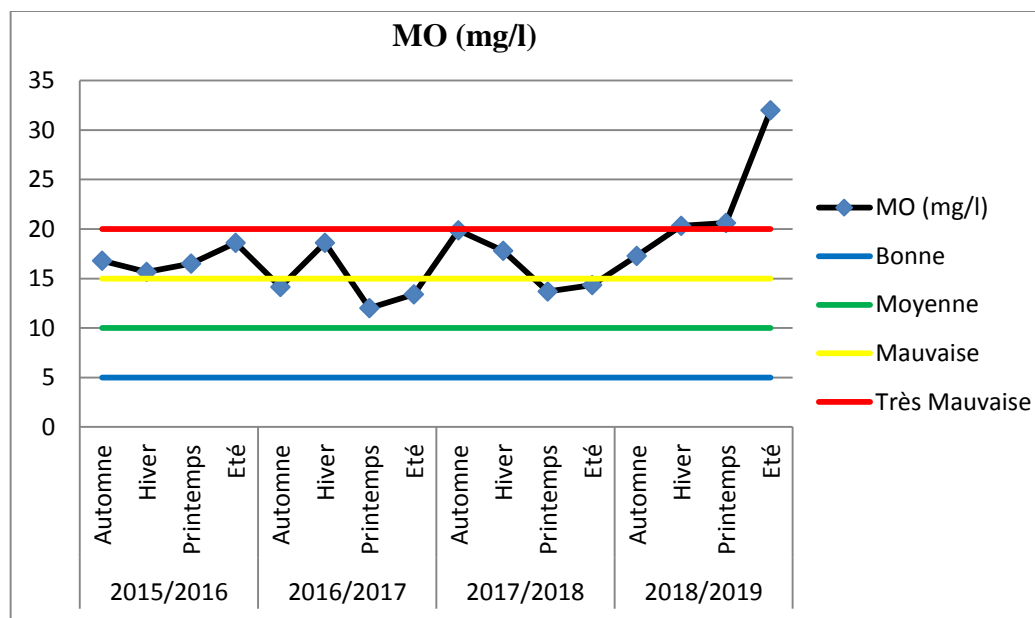


Fig N° V.10: Evolution saisonnière des MO des eaux du barrage Bougara (2015/2019) ANRH.

D’après la figure ci-dessus, représentant l’évolution des valeurs de matière organique de l’eau pendant la période d’étude à partir de 2015 jusqu’à 2019, nous observons que la valeur de MO varient entre 12,03 et 32 mg/l, qui représentent une qualité mauvaise à très mauvaise selon les bornes de grille de qualité des eaux de barrages (ANRH).

Cette variation des valeurs de la MO sont étroitement liées aux: Lessivage du sol et couvert végétal.

V.7.1.1.11. Conductivité électrique CE:

L’allure de la courbe ci-dessous montre que les eaux du barrage Bougara sont caractérisées par une CE moyenne de 1860 µs / cm, ce qui reflète d’après Rodier et al. (2009) une minéralisation excessive (CE > 1000 µs / cm), mais ne dépassant pas la norme algérienne.

D’après la grille de l’ANRH, les eaux du barrage Bougara sont donne de bonne qualité.

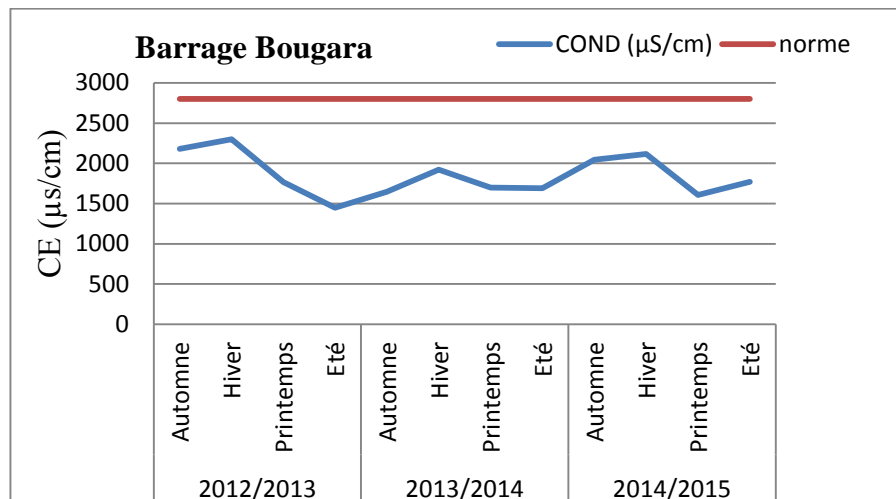


Fig. N° V.11: Variation saisonnière de la conductivité électrique en (µS/cm) de l'eau du barrage Bougara (ANRH) (2012/2015)

D'après la figure ci-dessus nous constatons que les valeurs de la conductivité électrique de l'eau brute du barrage bougara, sont comprise entre 1449 et 2300 µS/cm), avec un maximum (2300 µS/cm et 2163 µS/cm) mesuré aux saisons de hiver 2013 et automne 2015 respectivement, et un minimum de (1449 et 1608 µS/cm) enregistré aux saisons été 2013 et printemps 2015 respectivement, ces valeurs sont inférieures aux les normes algérienne qui est de 2800 µS/cm.

Une conductivité élevée traduit une minéralisation excessive de l'eau, soit le plus souvent une salinité élevée.

Ces évolution dépendent essentiellement de la présence des substances dissoutes, et aussi sont liées à des eaux pluviales qui sont responsable de lessivage des terrains.

L'examen de résultats d'analyses du barrage bougara en enregistré de l'année 2013 jusqu'à 2015, montre que les eaux sont de qualité modéré ($1500 \geq CE \leq 2300$).

V.7.1.2. Qualité des eaux de Barrage Dahmouni:

D'après la qualité saisonnière du barrage Dahmouni (Tableau N° 4), le résidu sec a donné une bonne qualité en 2015 et 2019, mais une moyenne qualité en 2016, sauf le saisonne printemps donné une bonne qualité, et elle est devenue moyenne qualité pour les deux saisons hiver et automne en 2017, mais les autres saisons donne une bonne qualité, et elle redevenue moyenne qualité en 2018, sauf le saisonne été donné bonne qualité.

L'augmentation de la teneur en matière organique, représentée par les deux paramètres DCO et DBO₅, et qualité moyenne pour l'oxygéné dissous, ce qui implique une pollution due aux apports des polluants provenant des rejets d'eaux usées et au processus biologique (eutrophisation).

Les eaux de ce barrage sont chargées en ammonium, nitrite et phosphate, cette augmentation est due à l'oxydation de la matière organique azotée et à l'utilisation abusive d'engrais.

V.7.1.2.1. Evolution les paramètres de matière organique pour du barrage Dahmouni :

La figure ci-dessous représente l'évolution les trois paramètres de matière organique (DBO₅, DCO et O₂) pendant quatre ans (2015/2019).

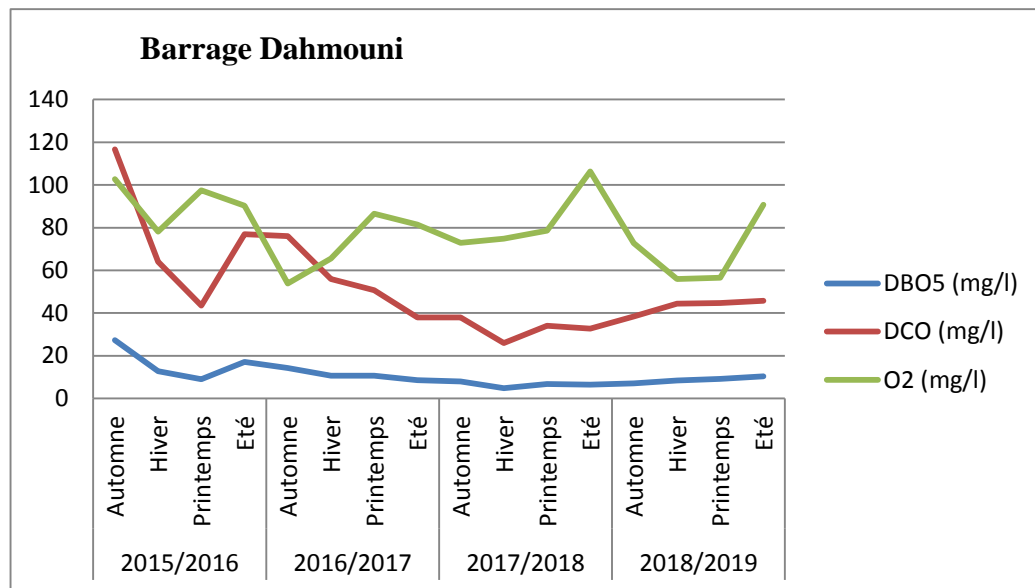


Fig. N° V.12: Evolution saisonnière des DBO₅, DCO et O₂ des eaux du barrage Dahmouni (2015/2019) ANRH.

D'après le figure ci-dessus nous observons que la variation des valeurs du DCO durant les quatre ans (2015 jusqu'à 2019), varient entre la valeur minimale 26 mg/l enregistré en saison hiver 2017/2018 et la valeur maximal 116.67 mg/l enregistré en saison automne 2015/2016, cette évaluation dépend essentiellement de la présence de la pollution organique. Les eaux du barrage Dahmouni classées moyenne qualité (saison été 2017 jusqu'à saison automne 2018, car DCO < 40 mg/l), et les autres années classées en mauvaise à très mauvaise qualité selon les bornes de grille par ANRH (DCO > 50 mg/l).

Les variations de la DBO₅ varient entre la valeur minimale 4,83 mg/l enregistré en saison hiver 2017/2018 et valeur maximal 27,23 mg/l enregistré en saison automne 2015/2016, cette variation des valeurs de la DBO₅, dépend essentiellement de la présence des matières organiques et des micro-organismes et des rejets d'eau usée. L'origine de cette pollution est due probablement au rejet des effluents urbains d'eau usée mal traités. Les eaux du barrage Dahmouni classées moyenne à mauvaise qualité, selon les bornes de grille par ANRH (DBO₅ > 15 mg/l).

Les variations de l'oxygène dissous sont très variable et irrégulières d'un saisonne à l'autre, elles varient entre une valeur minimale de 53,9 mg/l enregistré en saisonne automne et une valeur maximale de 97,47 mg/l enregistré en saisonne printemps de même l'année 2016/2017, sont classées bonne à moyenne qualité (50 < O₂ < 100), sauf que nous observons que les deux valeurs des taux de saturation en oxygène dissous dépassent 100 % enregistré en saison automne 2016/2017 et saison l'été 2017/2018, ceci est dû principalement au développement intense des algues et des planctons.

V.7.1.2.2. Conductivité électrique CE:

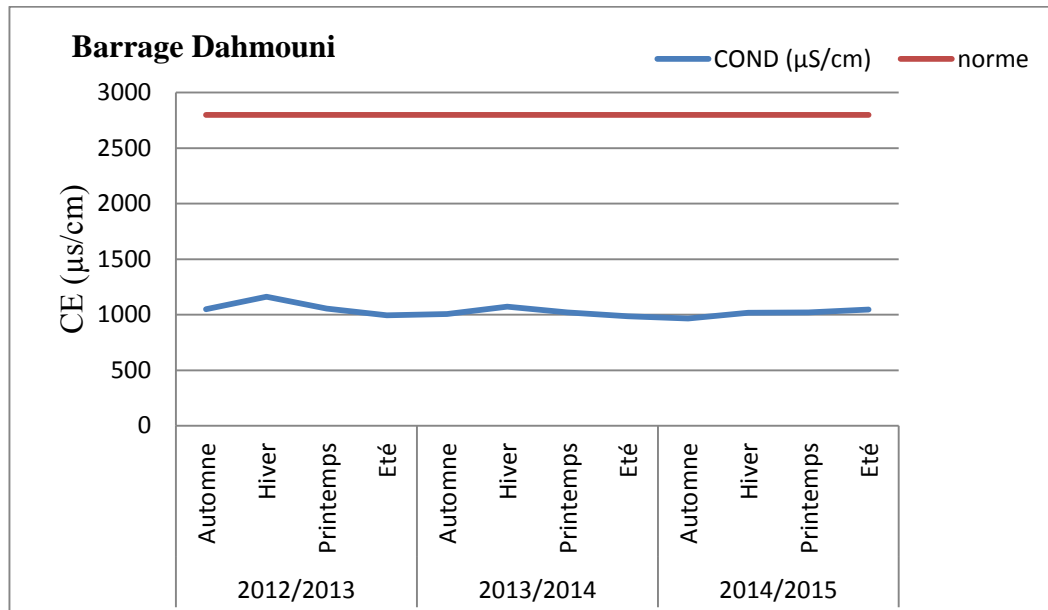


Fig N° V.13: Variation saisonnière de la conductivité électrique en ($\mu\text{S}/\text{cm}$) de l'eau du barrage Dahmouni (ANRH) (2012/2015)

Les conductivités électriques mesurées des eaux du barrage dahmouni varient entre 966 et 1162 ($\mu\text{S}/\text{cm}$), avec un maximum 1162 $\mu\text{S}/\text{cm}$ mesuré en saisonne hiver 2013 et un minimum de 966 $\mu\text{S}/\text{cm}$ enregistré en saisonne automne 2014, ce qui nous ramène à classer les eaux d'une qualité médiocre mais utilisable. Comparativement aux données de la grille de la qualité des eaux superficielle de l'ANRH, nous concluons que l'eau du barrage Dahmouni est très bonne car là CE, est inférieur de 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Tableau N° V.4: Qualité moyenne saisonnière inter annuelle des eaux de Barrage Dahmouni.

(Source ANRH Oran 2015/2019)

Année	Saison	Paramètres physico-chimiques			Paramètres de Matière organique			Paramètres de Matière azotée			Paramètres Matière phosphorée
		pH	R S	MO	DCO	DBO ₅	O ₂	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻³
2015 2016	A	Blue	Blue	Green	Red	Red	Black	Yellow	Green	Blue	Yellow
	H	Blue	Green	Yellow	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
	P	Yellow	Blue	Yellow	Yellow	Green	Blue	Green	Yellow	Green	Yellow
	E	Blue	Green	Green	Red	Red	Blue	Yellow	Yellow	Blue	Yellow
2016 2017	A	Blue	Green	Green	Red	Yellow	Green	Yellow	Green	Blue	Yellow
	H	Blue	Green	Yellow	Red	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow
	P	Blue	Blue	Green	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
	E	Blue	Blue	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Blue	Red
2017 2018	A	Blue	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green	Blue	Yellow
	H	Blue	Green	Green	Green	Blue	Green	Red	Green	Blue	Yellow
	P	Blue	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Yellow	Blue	Yellow
	E	Blue	Blue	Green	Green	Green	Black	Red	Yellow	Blue	Yellow
2018 2019	A	Blue	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Yellow	Blue	Yellow
	H	Blue	Blue	Green	Yellow	Green	Green	Red	Yellow	Blue	Yellow
	P	Blue	Blue	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Blue	Yellow
	E	Blue	Blue	Green	Yellow	Yellow	Blue	Yellow	Red	Green	Yellow

Légende :

Bonne qualité	Mauvaise qualité	saturation
Moyenne qualité	Très mauvaise qualité	

V.7.1.3. Qualité des eaux de Barrage koudiet rosfa:

Les eaux du barrage présentent une dégradation de la qualité physico-chimique exprimée en résidu sec durant tous les années à partir en 2015 jusqu'à 2019, on remarque que l'augmentation de la teneur en matière organique, représentée par le paramètre DCO donne une mauvaise qualité en saison automne 2015, et devenue moyenne qualité en saison hiver 2016, et les deux saisons printemps et automne en 2018, les valeurs ne sont pas élevées et le même les autres années toujours donne une bonne qualité, et une qualité moyenne pour l'oxygène dissous.

Pour les eaux du barrage on remarque l'absence de pollution organique.

Les eaux du barrage présentent aussi une moyenne qualité exprimée en ammonium, nitrite et phosphate, et bonne qualité exprimée en nitrate, cette augmentation est due à l'oxydation de la matière organique azotée.

V.7.1.3.1. Conductivité électrique CE:

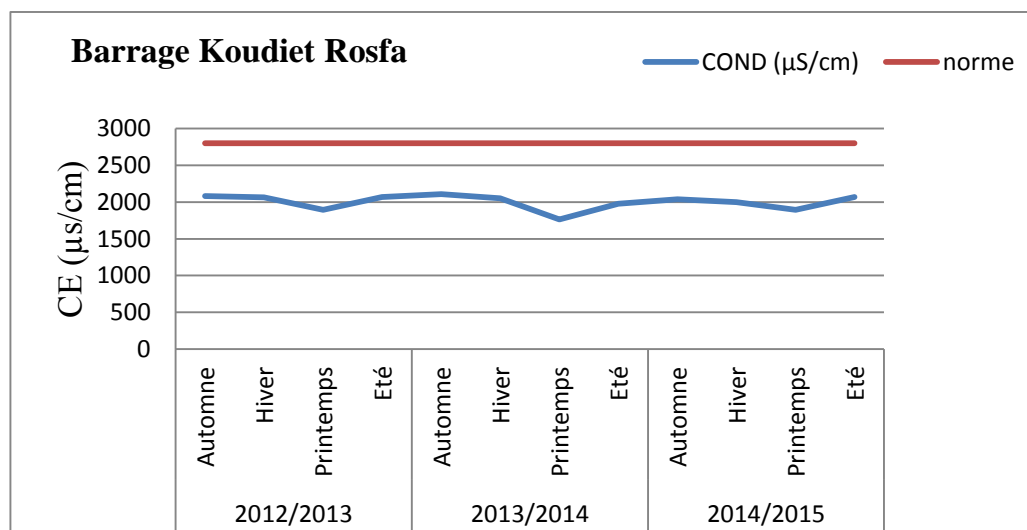


Fig N° V.14: Variation saisonnière de la conductivité électrique en (µS/cm) de l'eau du barrage Koudiet Rosfa (ANRH) (2012/2015)

Les valeurs de la conductivité électrique de l'eau brute du barrage Koudiet Rosfa, sont comprises entre 1764 et 2110 µS/cm), avec un maximum 2110 µS/cm mesuré aux saisonne d'automne 2013, et un minimum de 1764 µS/cm enregistré aux saisonne de printemps 2014, ces valeurs sont inférieures à la norme algérienne qui est de 2800 µS/cm.

Une conductivité élevée traduisent une minéralisation excessive de l'eau, soit le plus souvent une salinité élevée, ce indique que les eaux superficielles est plus riche en éléments dissous, cet enrichissement est due à la sensibilité des roches calcaires et sédimentaires.

Tableau N° V.5: Qualité moyenne saisonnière inter annuelle des eaux de Barrage Koudiet rosfa.

(Source ANRH Oran 2015/2019)

Année	Saison	Paramètres physico-chimiques			Paramètres de Matière organique			Paramètres de Matière azotée			Paramètres Matière phosphorée
		pH	R S	MO	DCO	DBO ₅	O ₂	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻³
2015 2016	A										
	H										
	P										
	E										
2016 2017	A										
	H										
	P										
	E										
2017 2018	A										
	H										
	P										
	E										
2018 2019	A										
	H										
	P										
	E										

Légende :

	Bonne qualité		Mauvaise qualité
	Moyenne qualité		Très mauvaise qualité

V.7.1.4. Qualité de l'eau de la STEP Tissemsilt:

La station de traitement est une station de traitement à boue activée.

L'objectif d'épuration des eaux usées est l'obtention d'une eau épurée qui satisfait aux normes de rejets édictés par la législation, et pouvant par suite être évacuée sans danger du Point de vue du risque pour la santé humaine et l'environnement. (Hamsa ,2006).

L'objectif du traitement des eaux usées pour l'irrigation des cultures pour la consommation humaine ou l'arrosage des espaces verts n'est pas le même que les objectifs classiques de traitement des eaux usées. Dans ce cas, les objectifs principaux de traitement des eaux usées sont l'élimination des microorganismes pathogènes dans le but de protéger la santé des agriculteurs, des consommateurs ou de la population fréquentant les espaces irrigués par les eaux usées épurées d'une part et d'autre part garantir la disponibilité de l'eau avec une qualité adéquate lors de sa réutilisation. Ceci signifie que l'élimination des matières organiques qui contiennent de précieux nutriments agricoles n'est, dans ce cas, ni nécessaire, ni souhaitable et le stockage des eaux usées épurées est à réfléchir pour la satisfaction des besoins de réutilisation. (Hakima El Haité2010).

Afin de bien contrôler la qualité des eaux épurées (sortie de la STEP), nous allons regrouper tous les résultats des paramètres physico-chimiques analysés dans un tableau pour mieux examiner l'efficacité du processus de l'épuration (2017 jusqu'à 2019).

L'étude de la qualité des eaux usées épurées de la STEP se fait à travers l'analyse des paramètres physico-chimiques suivants : le pH, la conductivité, DCO, DBO₅, MES, NO₃⁻, NO₂⁻, et PO₄⁻³.

Observation : la date de mise en service de la STEP est mois de Aout 2013 géré par de la société de hydro traitement et mois de janvier 2016 géré par ONA.

Tableau N° V.6: Qualité moyenne annuelle des eaux de STEP Tissemsilt. (Source ONA Tissemsilt, 2017/2019)

Année	Paramètres physico-chimiques			Paramètres de Matière organique			Paramètres de Matière azotée			Paramètres Matière phosphorée
	pH	Cond	MES	DCO	DBO ₅	O ₂	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻³
2017	7,84	2930	6,76	52,41	10,57	4,78		0,10	0,57	
2018	7,57	2310	11,91	60,28	14,46	5,02		0,18	0,72	
2019	7,25	2658	20,72	90,53	28,51	2,55	12,58	0,10	0,42	2,38

D'après le tableau ci-dessous nous constatons que les paramètres moyens annuels, montrent que les eaux usées épurées de la STEP présentent une dégradation de la qualité physico-chimique exprimée en salinité durant toutes les saisons d'observation due à la augmentation des valeurs de salinité pour

l'eau du barrage de Koudiet Rosfa , c'est un apport indirect et représentent plus de 90% de l'eau utilisé de population de Tissemsilt.

Mais nous notons toutes les valeurs des paramètres analysée pour l'eau épurées sont inférieures aux normes algériennes de rejet des eaux usées (journal officiel algérien N° 41,2012), mais augmentation des valeurs des DCO et DBO₅, et plus de la valeur de l'oxygène dissous est très faible en l'année 2019 du à :

- Mauvaise dégradation de la matière organique à cause de fortes charges à l'entrée de la STEP.
- Mauvaise oxygénation du bassin biologique.
- Probablement des normes de réalisation de la station (dimensionnement de la STEP).
- Mauvaise homogénéisation de la liqueur mixte qui induit une mauvaise dégradation de la pollution surtout lorsque les mélangeurs de fond sont en panne.
- Les pannes des matériels à chaque fois.

V.8.Deuxième partie B : Approche statistique

V.8.1. Définition :

L'approche statistique signifie que le matériel scientifique rassemble quantitativement, ce qui reflète ainsi la recherche scientifique sous une forme mathématique avec des nombres et des graphiques, c'est-à-dire sous forme quantitative.

L'approche statistique est également définie comme la méthode scientifique quantitative que suit le chercheur, en s'appuyant sur certaines étapes de recherche, en les organisant et en les traduisant graphiquement, puis en les analysant mathématiquement afin d'obtenir des résultats plus précis, certains et scientifiques concernant le phénomène étudié.

Enfin, on peut dire que l'approche statistique consiste à utiliser des méthodes numériques et mathématiques pour traiter et analyser les données et leur donner des explications logiques appropriées. et l'objectif de l'usage l'approche statistique est:

- Étudiez les relations de corrélation entre les deux variables.
- Déduire les estimations ou prédictions indiquées par l'étude.

V.8.2. Méthode Statistique de corrélation:

La corrélation est une statistique qui caractérise l'existence ou l'absence d'une relation entre deux échantillons de valeurs prise sur un même groupe de sujets.

V.8.3. Coefficient de corrélation:

Le coefficient de corrélation entre deux variables quantitatives X et Y est égal au rapport de la covariance de X et Y divisé par le produit des écart-types de X et Y, ou bien calculer directement et rapidement au Programme Excel ou utilisée d'autre programme (SPSS)

Le coefficient de corrélation est noté (r).

On peut démontrer que ce coefficient varie entre -1 et +1. Son interprétation est la suivante :

Tableau N° V.7: Variation du coefficient de corrélation

Relation corrélation		Relation inverse	
r	L'interprétation	r	L'interprétation
Du 0 à 0,30	Pas de relation	Du 0 à -0,30	Pas de relation
Du 0,30 à 0,50	Relation faible positive	Du -0,30 à -0,50	Relation faible négative
Du 0,50 à 0,80	Relation moyenne positive	Du -0,50 à -0,80	Relation moyenne négative
Du 0,80 jusqu'à 1	Relation forte positive	Du -0,80 jusqu'à 1	Relation forte négative

V.8.4. Relation entre les paramètres:

Dans cette partie nous allons proposer de modèles linéaires de régression entre les paramètres du barrage Bougara et les paramètres du barrage Dahmouni et nous allons vérifier la significativité du coefficient de corrélation calculé et tabulé (r).

V.8.5. Régression linéaire simple:

La régression s'adresse à un type de problème où les 2 variables quantitatives continues X et Y ont un rôle asymétrique : la variable Y dépend de la variable X.

La liaison entre la variable Y dépendante et la variable X indépendante peut être modélisée par une fonction de type $Y = a + bX$, représentée graphiquement par une droite. $Y = a + bX$

Y : variable dépendante (expliquée), X : variable indépendante (explicative)

a: ordonnée à l'origine (valeur de Y pour $x = 0$)

b: pente (variation moyenne de la valeur de Y pour une augmentation d'une unité de X)

V.8.6. Etude de corrélation:

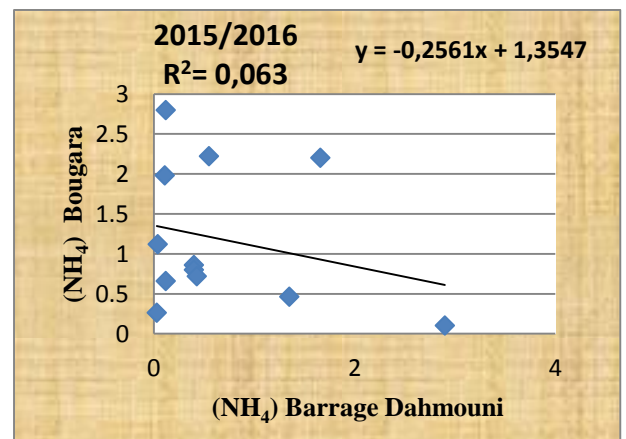
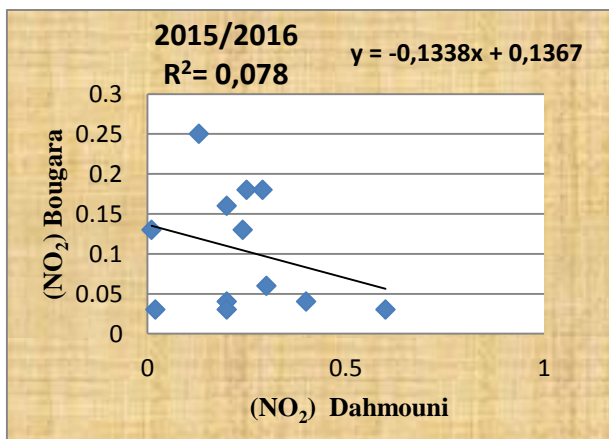
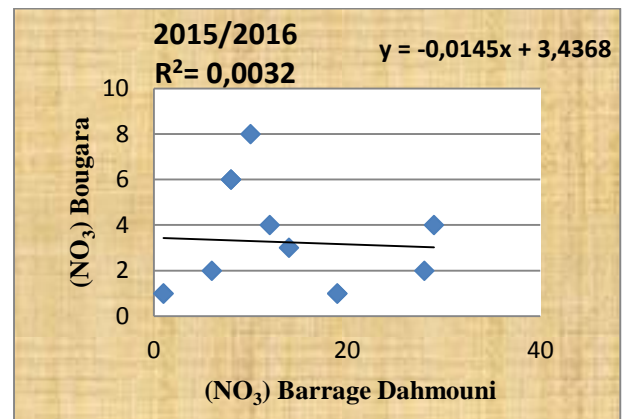
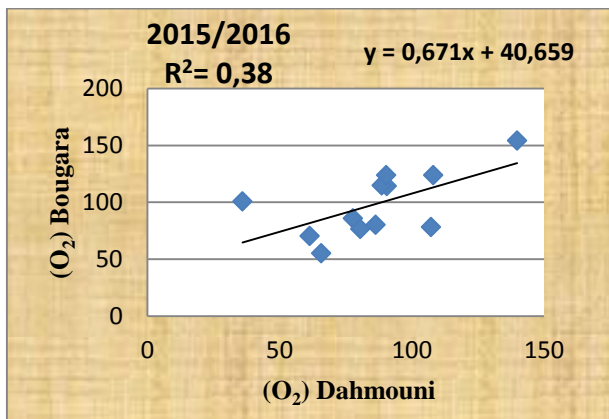
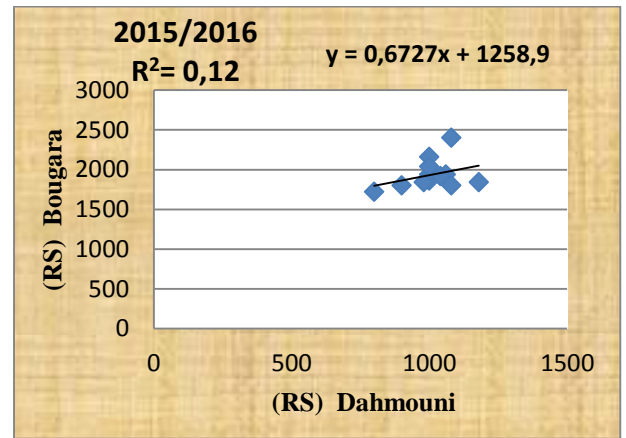
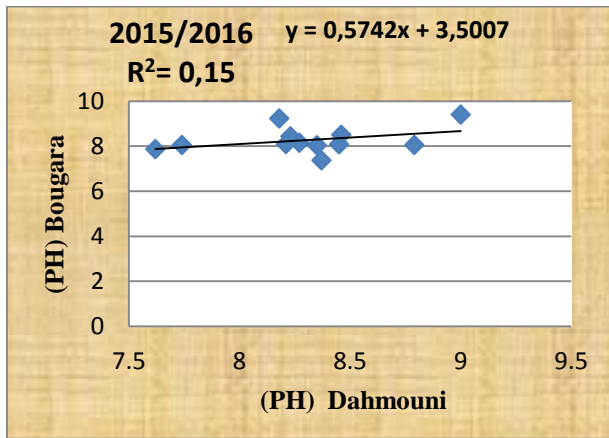
Nous avons étudié le coefficient de corrélation en utilisant de logiciel de l'Excel, le but de cette analyse était de :

- ✓ Examiner les corrélations existantes entre les différents paramètres.
- ✓ Identifier les principaux facteurs influant la qualité des eaux du barrage.

L'analyse des paramètres statistiques à portée sur les quatre observations (moyenne saisonnière), pour quatre ans à partir de l'année 2015 jusqu'à l'année 2019 et dix variables ont été pris en considération (pH, Résidu sec, oxygène dissous, nitrate, nitrite, ammonium, ortho phosphate, demande chimique en oxygène, demande biologique en oxygène et matière oxydable).

Les résultats relatifs à la corrélation entre les différents paramètres analysés pour les eaux du barrage Bougara et les eaux du barrage Dahmouni, sont représentés sous forme du coefficient de corrélation sur les courbes suivante à chaque année:

Pour l'année 2015/2016 :



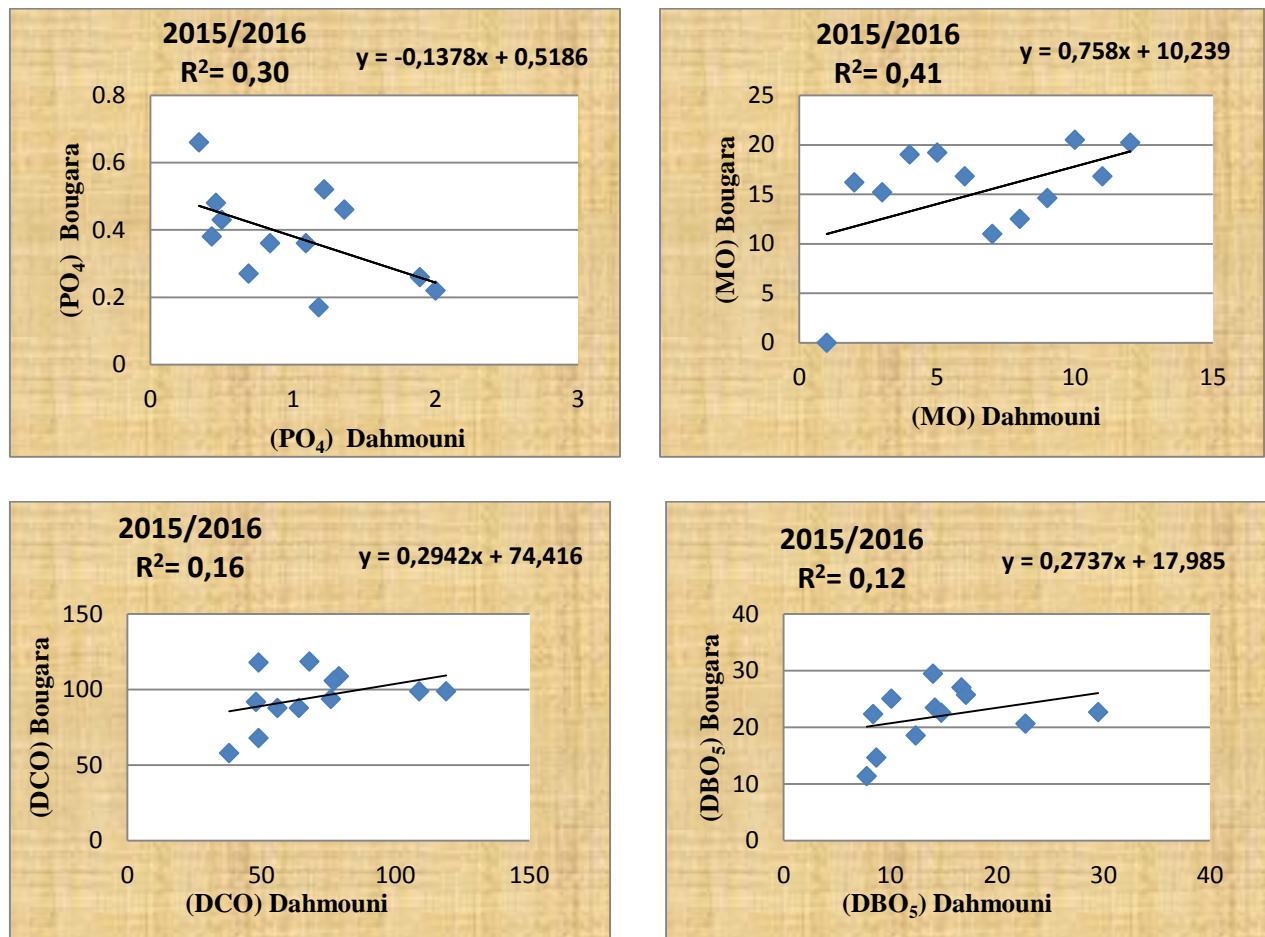


Fig. N° V.15: Corrélation entre quelques paramètres physico-chimiques des eaux du barrage Bougara et barrage Dahmouni (2015/2016)

A partir de cette figure ci-dessus, nous pouvons conclure que le couple de résidu sec du barrage Dahmouni et résidus sec du barrage Bougara ($r = 0,34$), présente une faible corrélation positive.

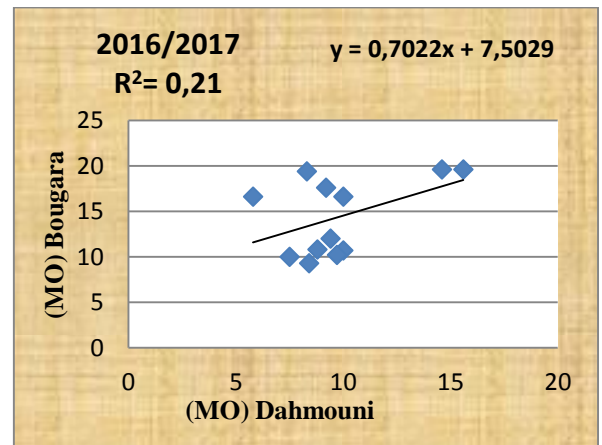
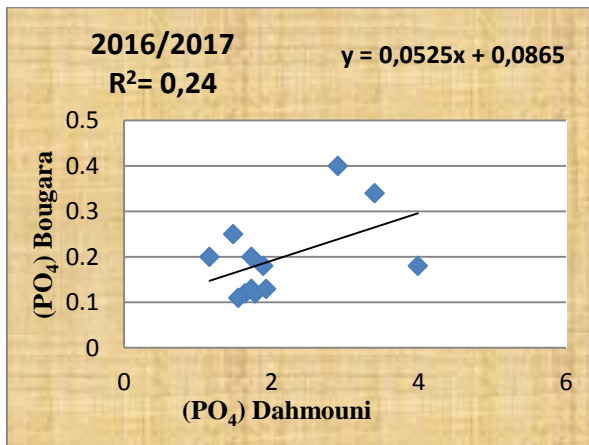
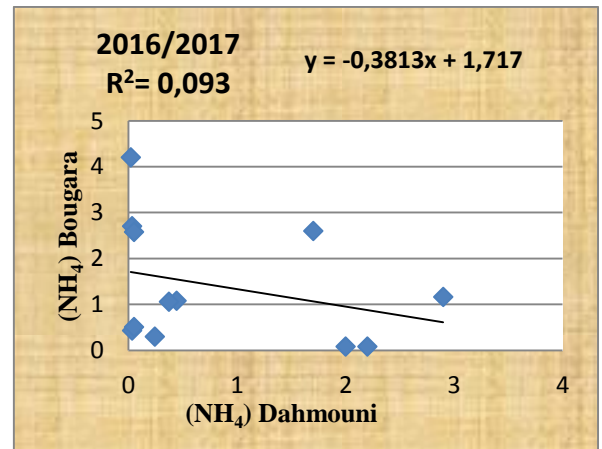
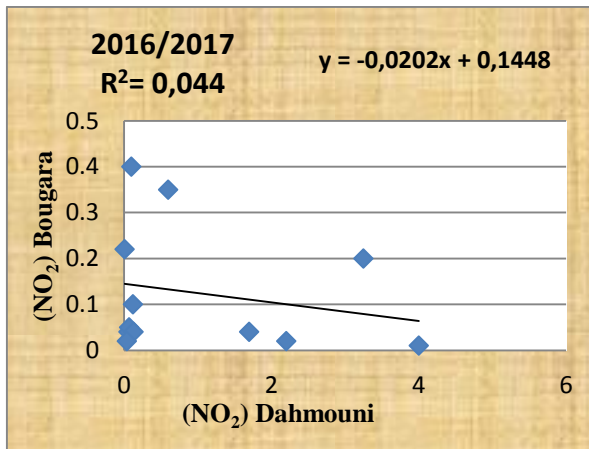
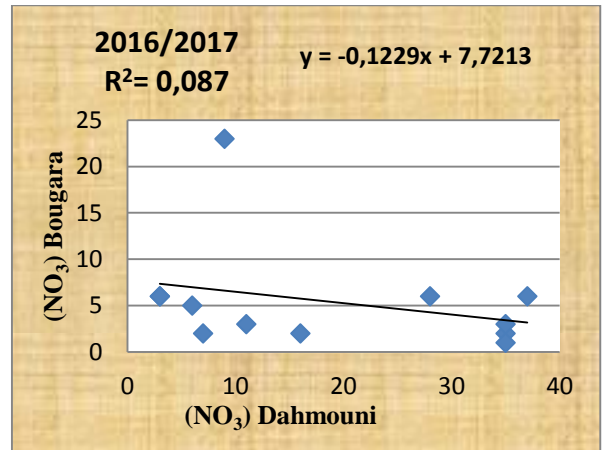
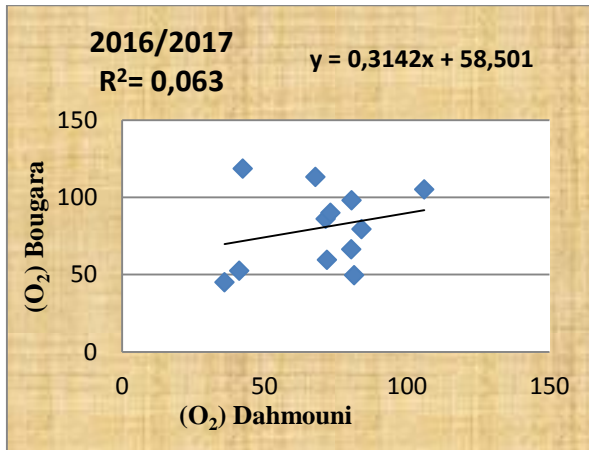
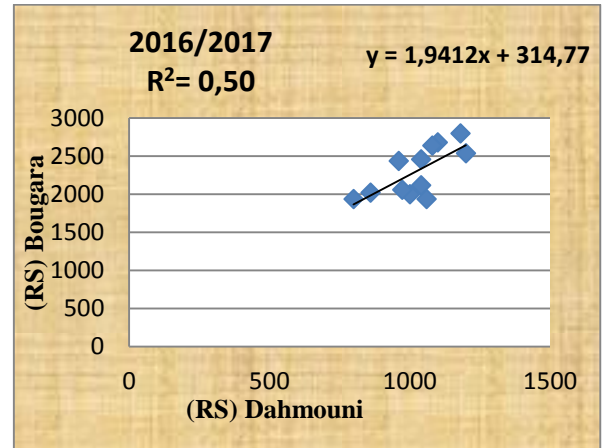
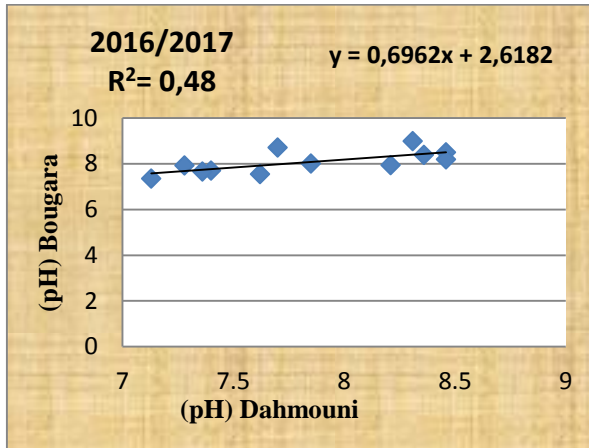
Et les couple pour les deux paramètres O_2-O_2 ($r = 0,61$) et couple MO-MO ($r = 0,64$), entre les deux barrages Dahmouni et Bougara, présente une moyenne corrélation positive. Qui semble indiquer qu'il existe une relation linéaire ($Y = aX + b$).

Les deux couple pour les paramètres des matières organiques exprimée en DCO-DCO ($r = 0,40$), et $DBO_5 - DBO_5$ ($r = 0,34$), et le couple pH-pH ($r = 0,39$), entre les deux barrages Bougara et Dahmouni, présente une faible corrélation positive.

Et les couples pour les deux paramètres de matière azotée NO_2-NO_2 ($r = -0,30$) et $NH_4 - NH_4$ ($r = -0,25$), et PO_4-PO_4 ($r = -0,55$), entre les deux barrages, présente une faible corrélation négative.

Et finalement pour le couple de un seul paramètres des matières azotées exprimée en NO_3-NO_3 ($r = -0,06$), entre les deux barrages Bougara et Dahmouni, en remarque que les valeurs de r est proche de zéro, alors l'absence totale de corrélation, donc les valeurs de couple entre les deux barrages est indépendantes.

Pour l'année 2016/2017:



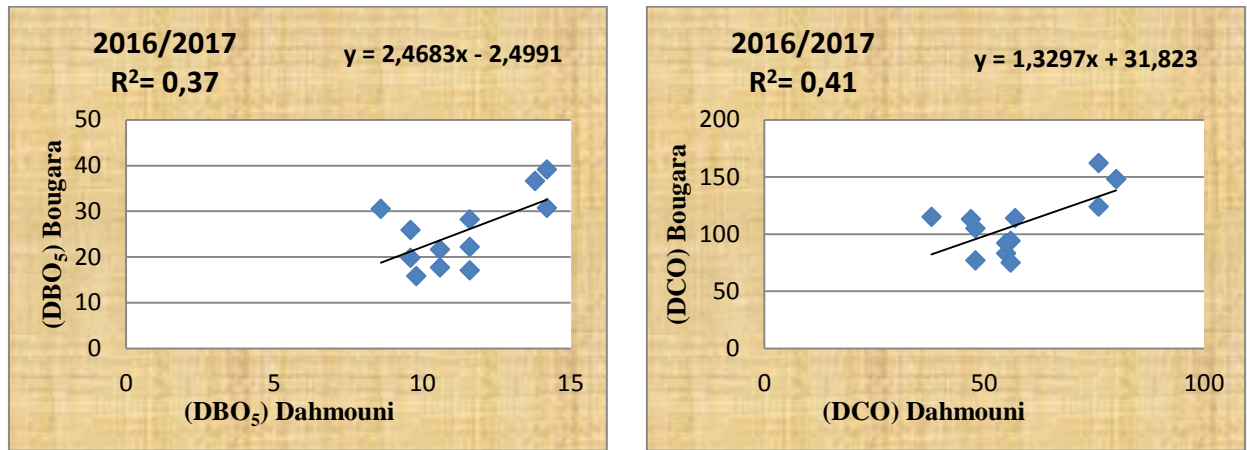


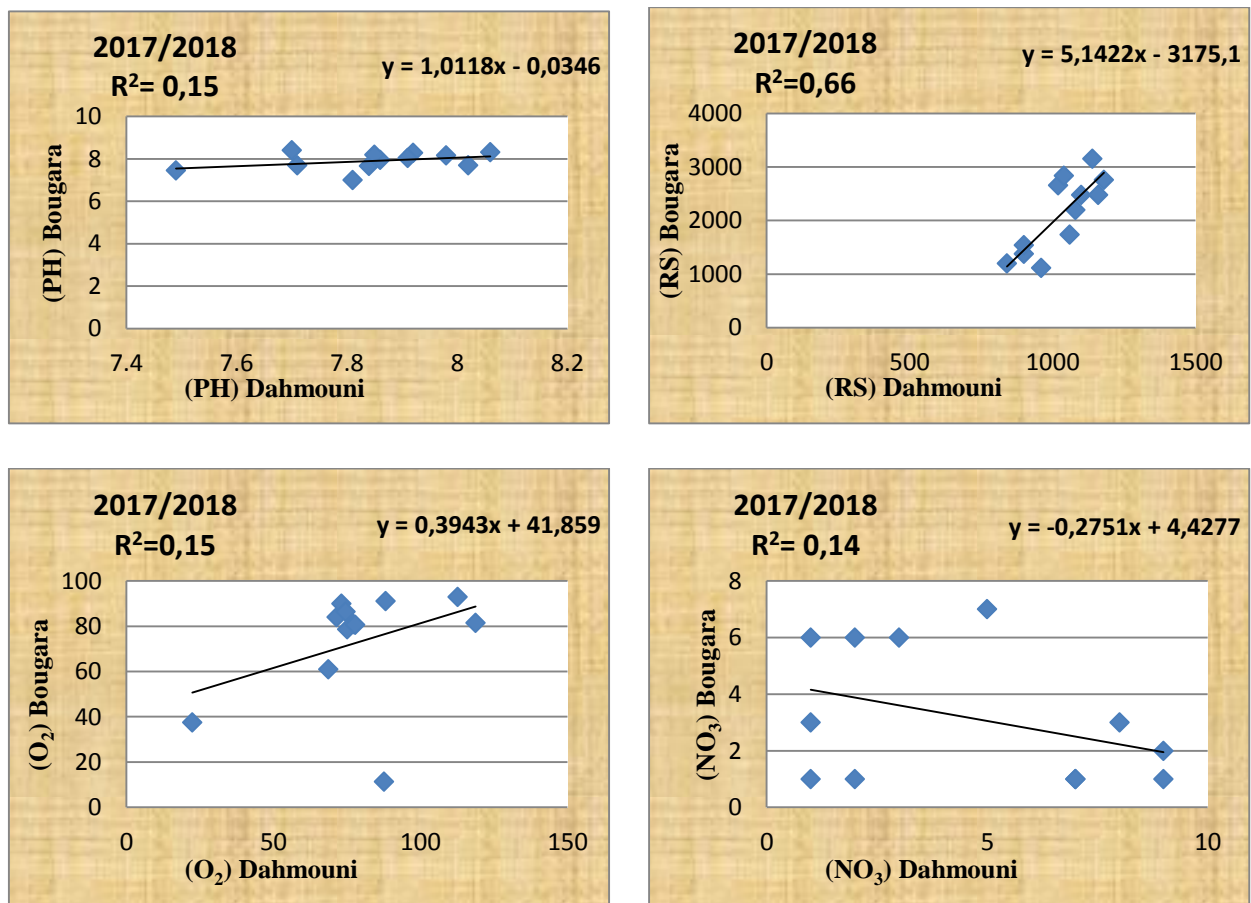
Fig. N° V.16: Corrélation entre quelques paramètres physico-chimiques des eaux du barrage Bougara et barrage Dahmouni (2016/2017)

A partir de cette figure ci-dessus, on remarque que les quatre couples RS-RS ($r = 0,71$), pH-pH ($r = 0,70$), DCO-DCO ($r = 0,64$) et $DBO_5 - DBO_5$ ($r = 0,61$), entre les deux barrages Bougara et Dahmouni, présente une moyenne corrélation positive.

Et les trois couples MO-MO ($r = 0,46$), PO_4-PO_4 ($r = 0,49$) et O_2-O_2 ($r = 0,25$), entre les deux barrages Dahmouni et Bougara, présente une faible corrélation positive.

Et pour les couple pour les trois paramètres des matières azotées NO_3-NO_3 ($r = -0,29$), NO_2-NO_2 ($r = -0,21$) et $NH_4 -NH_4$ ($r = -0,30$), entre les deux barrages Dahmouni et Bougara, présente une faible corrélation négative.

Pour l'année 2017/2018:



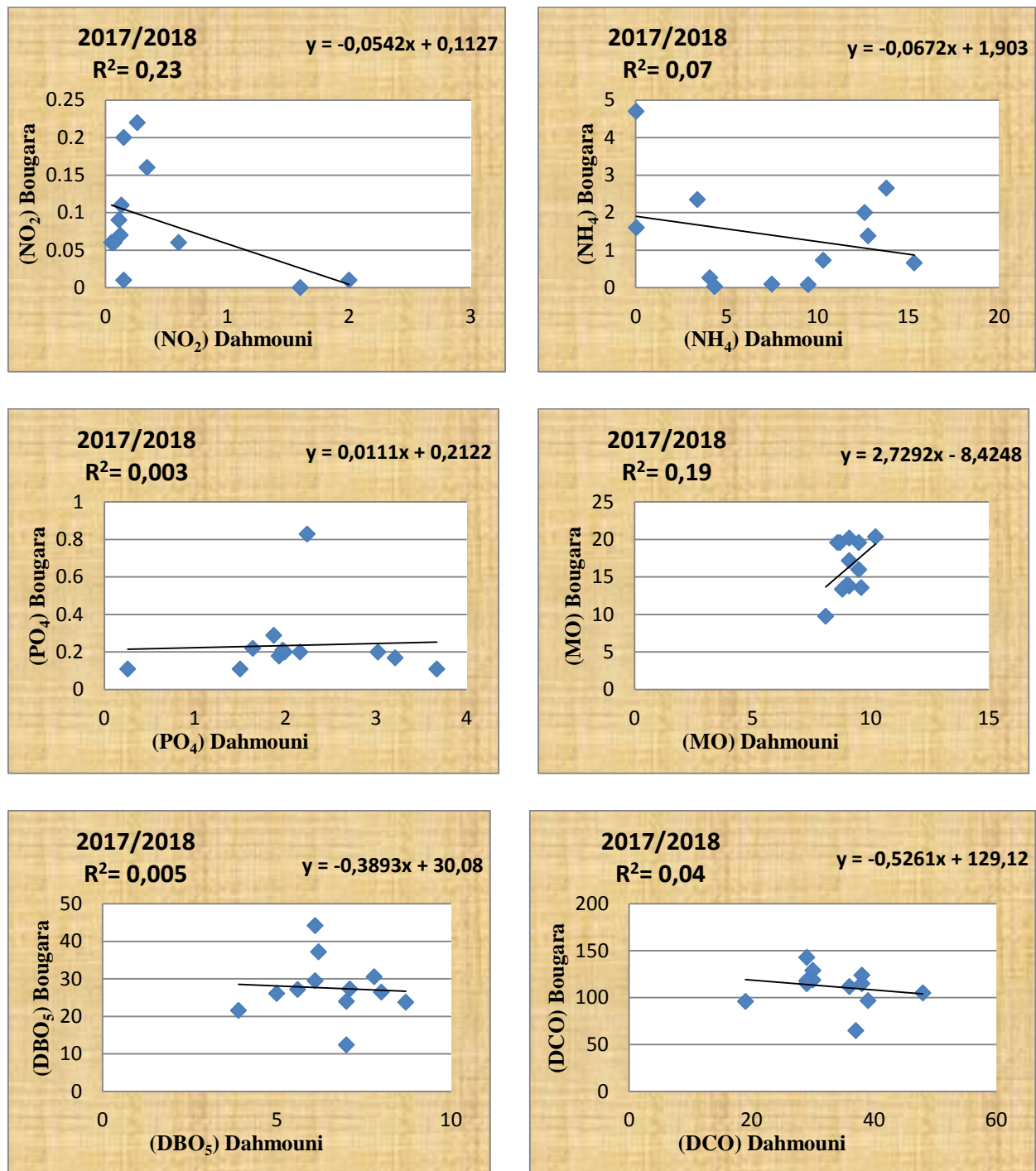


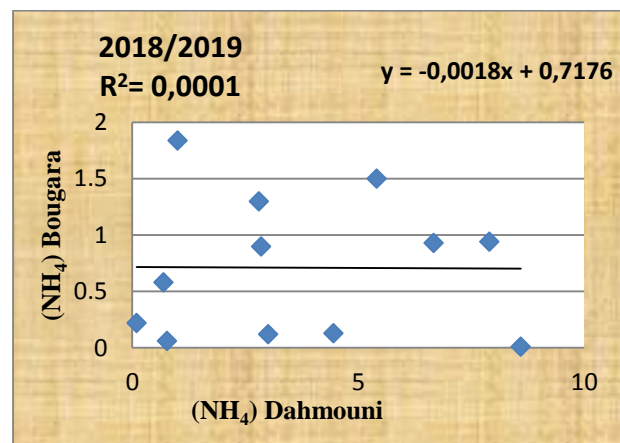
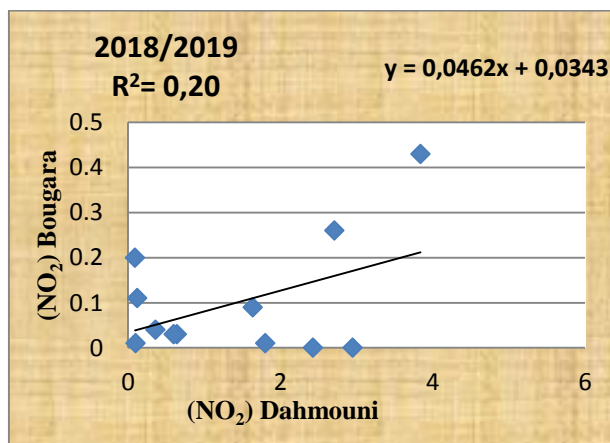
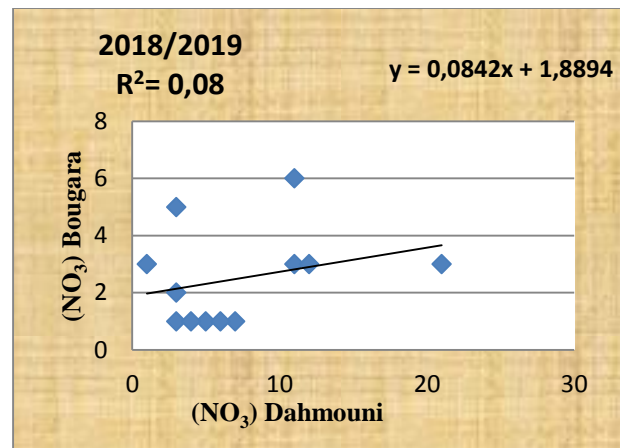
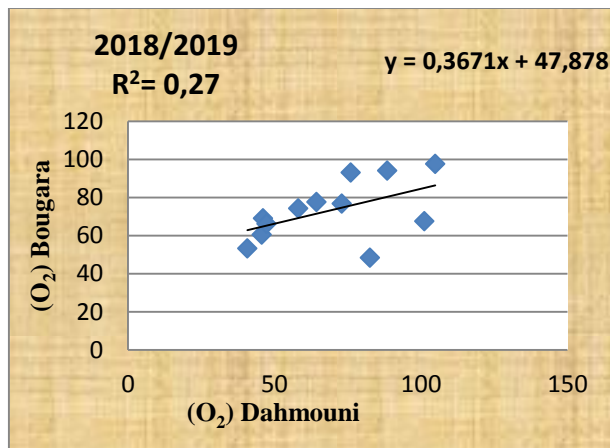
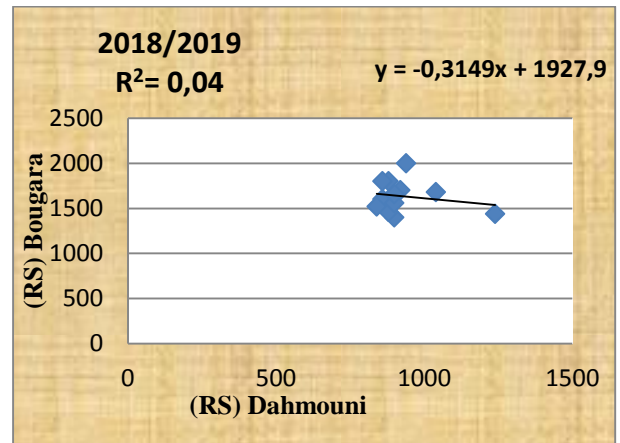
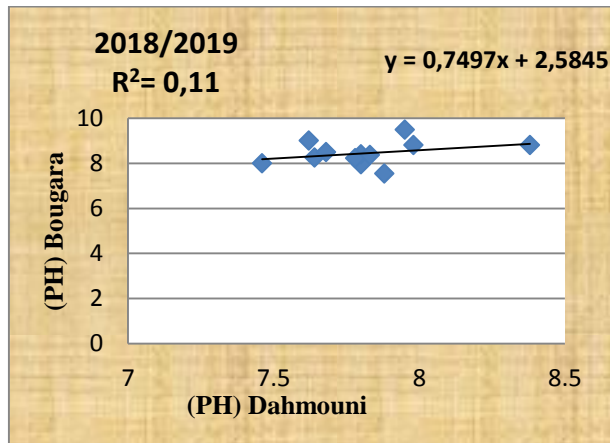
Fig N° V.17: Corrélation entre quelques paramètres physico-chimiques des eaux du barrage Bougara et barrage Dahmouni (2017/2018)

A partir de cette figure ci-dessus, nous pouvons conclure que le couple de résidu sec du barrage Dahmouni et résidus sec du barrage Bougara ($r = 0,80$), présente une moyenne corrélation positive. Et les deux couples pour les paramètres physico-chimique exprimée en pH-pH ($r = 0,38$), MO-MO ($r = 0,43$), et le couple O_2-O_2 ($r = 0,38$), entre les deux barrages Dahmouni et Bougara, présente une faible corrélation positive.

Et pour les couple pour les trois paramètres des matières azotées NO_3-NO_3 ($r = -0,37$), NO_2-NO_2 ($r = -0,48$), $NH_4 -NH_4$ ($r = -0,26$), et le couple DCO-DCO ($r = -0,20$), entre les deux barrages Dahmouni et Bougara, présente une faible corrélation négative.

Pour les deux couple DBO₅ –DBO₅ (r = -0,07), et le couple PO₄-PO₄ (r = 0,05), en remarque que les valeurs de r est proche de zéro, alors l’absence totale de corrélation, donc les deux couple est indépendantes.

Pour l’année 2018/2019:



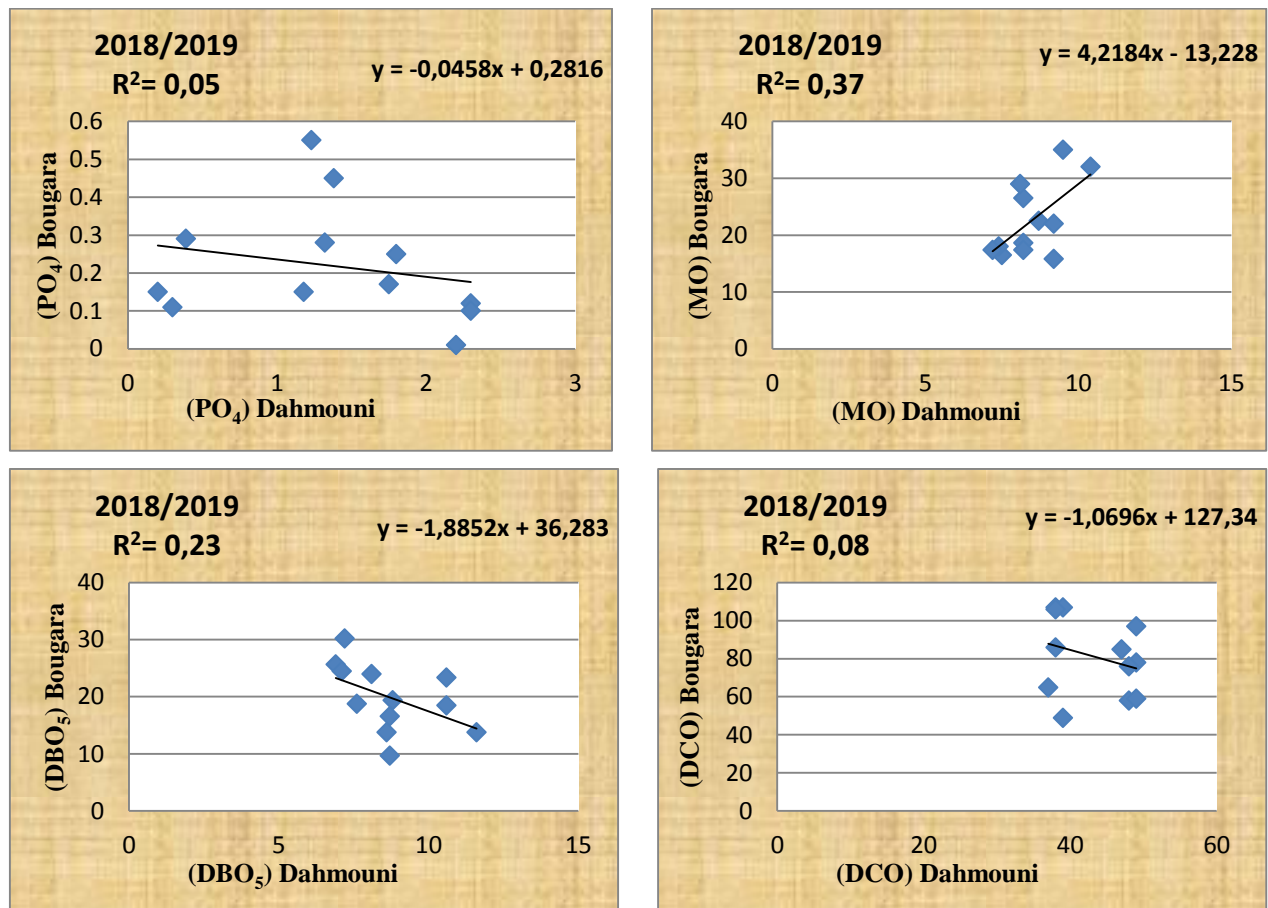


Fig. N° V.18: Corrélation entre quelques paramètres physico-chimiques des eaux du barrage Bougara et barrage Dahmouni (2018/2019)

A partir de cette figure ci-dessus, on remarque que les deux couples MO-MO ($r = 0,61$), entre les deux barrages Dahmouni et Bougara, présente une moyenne corrélation positive.

Et les deux couple pour les paramètres des matières azotées exprimée en NO_3-NO_3 ($r = 0,28$), NO_2-NO_2 ($r = 0,45$), et le couple pH-pH ($r = 0,33$), et O_2-O_2 ($r = 0,52$), entre les deux barrages Dahmouni et Bougara, présente une faible corrélation positive.

Et les quatre couples RS-RS ($r = -0,20$), PO_4-PO_4 ($r = -0,22$), DCO-DCO ($r = -0,28$) et DBO_5-DBO_5 ($r = -0,48$), entre les deux barrages Dahmouni et Bougara, présente une faible corrélation négative.

Et pour le couple des paramètres de matière organique exprimé en NH_4-NH_4 ($r = -0,01$), entre les deux barrages, on remarque que les valeurs de r est proche de zéro, alors l'absence totale de corrélation, donc les valeurs entre les deux barrages est indépendante.

D'après l'étude de corrélation entre les eaux du barrage Bougara et les eaux du barrage Dahmouni pour quatre ans à partir de 2015 jusqu'à 2019, nous constatons que l'examen de ces résultats a permis d'observer qu'il y a :

- Une faible corrélation entre les valeurs des (pH, RS, O_2 et MO), pour les deux barrages, due la géologie différente entre les deux sites des barrages pour le résidu sec et facteur d'évaporation

Et ce traduit un phénomène de dilution pour les deux barrages

- Une absence de corrélation entre les valeurs des paramètres des matières azotées (nitrate, nitrite et ammonium), paramétrés des matières phosphorées (phosphate), DCO et DBO₅ pour les deux barrages, ce qui indique probablement une forte variation de la fraction non biodégradable de la matière organique d'un saisonne à un autre.
- Les caractéristiques des effluents entrant dans chaque barrage pas le même.

En conséquence, nous concluons que les eaux du barrage Dahmouni qui alimentent le barrage du Bougara, il n'y a pas trouvé une relation entre eux.

Et donc nous disons que la qualité de l'eau usée épurées de la STEP s'alimentant vers du barrage Bougara est probablement celle qui affecte principalement la qualité de l'eau du barrage en termes de paramètres de la salinité et les paramètres de matière organique et paramètres des pollutions.

- Si possible trouve d'un rejet urbaine entre les deux barrages Bougara et Dahmouni, Ce traduit aussi une contamination par les effluents urbains ou eaux usées.
- La possibilité de polluants non dissolvants dans l'eau urbaine, par exemple des produits de nettoyage.

V.9. Evaluation de la pollution organique des eaux du barrage Bougara:

Pour une meilleure appréciation de la qualité des eaux de barrage Bougara, le calcul des rapports DCO/DBO₅, DBO₅/DCO, présente un intérêt très important. L'utilisation de ces paramètres de caractérisation constitue un bon moyen pour donner une bonne représentation du degré de pollution des eaux du barrage.

Donnez des valeurs guides de ces rations d'après la littérature.

Le tableau ci-dessous présente les rapports DCO/DBO₅, DBO₅/DCO, des eaux du barrage Bougara.

**Tableau № V.8: Variation saisonnière des rapports pour l'eau du barrage Bougara
(ANRH 2015/2019)**

Année	Saisons	Les paramètres de matière organique		Les rations	
		DBO ₅	DCO	DCO/DBO ₅	DBO ₅ /DCO
2015/2016	Automne	22,3	97,33	4,36	0,23
	Hiver	23,77	98,60	4,15	0,24
	printemps	18,25	88	4,82	0,21
	Eté	25,8	106	4,11	0,24
2016/2017	Automne	34,9	143	4,10	0,24
	Hiver	21,90	97	4,43	0,23
	printemps	18,17	85,67	4,71	0,21
	Eté	26,20	106,67	4,07	0,25
2017/2018	Automne	26,97	114,67	4,25	0,24
	Hiver	24,97	110	4,41	0,23
	printemps	28,30	104	3,67	0,27
	Eté	31,33	114,67	3,66	0,27
2018/2019	Automne	26,80	100	3,73	0,27
	Hiver	18,27	76	4,16	0,24
	printemps	18,77	80	4,26	0,23
	Eté	15,63	68,33	4,37	0,23

V.9.1. Variation saisonnière de l'indice de biodégradabilité DCO/DBO₅:

Le rapport DCO/DBO₅ a une importance pour la définition de la chaîne d'épuration d'un effluent. En effet, une valeur faible du rapport DCO/DBO₅ implique la présence d'une grande proportion de matières biodégradables et permet d'envisager un traitement biologique. Inversement, une valeur importante de ce rapport indique qu'une grande partie de la matière organique n'est pas biodégradable et, dans ce cas, il est préférable d'envisager un traitement physico-chimique.

Les eaux usées peuvent être classées en deux catégories : biodégradables et non biodégradables. Le calcul du coefficient de biodégradabilité des effluents des eaux brutes permet de définir la biodégradabilité des eaux brute étudiées (Tableau № V.9).

Tableau N° V.9: Coefficient de biodégradabilité

Les rapports	Interprétation
$DCO/DBO_5 < 2$	Effluent à dominante domestique facilement biodégradable
$2 < DCO/DBO_5 < 3$	Effluent d'industrie agro-alimentaire biodégradable
$DCO/DBO_5 > 3$	Effluent industriel plus ou moins difficilement biodégradable

La variation des DCO/DBO_5 durant la période d'étude est représentée dans la figure ci-dessus:

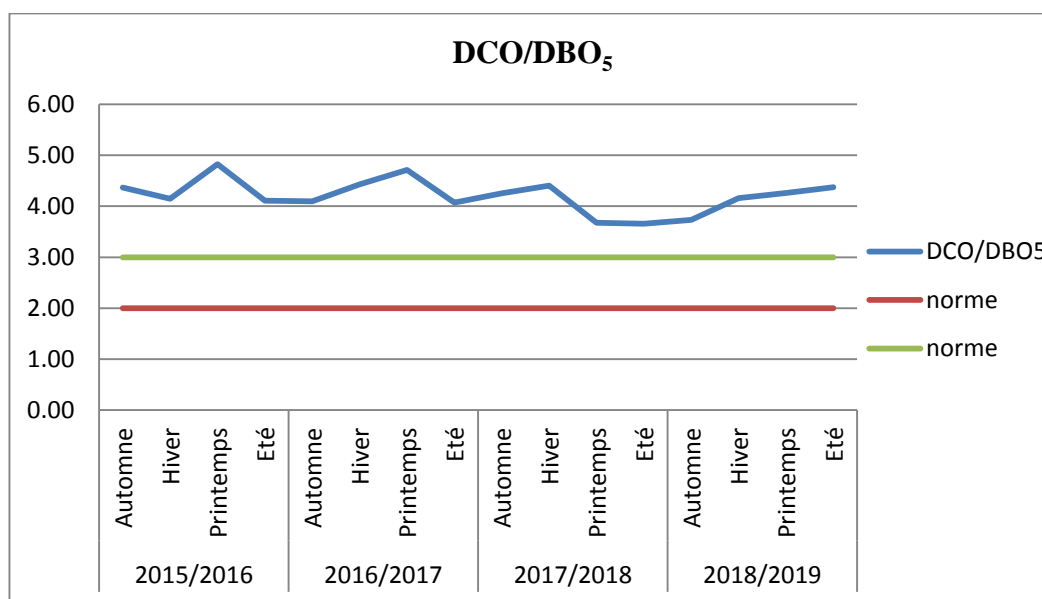


Fig N° V.19: Evolution moyenne saisonnière du rapport DCO/DBO_5 (ANRH 2015/2019)

D'après avoir calculé les rapports en quatre ans à partir de 2015 jusqu'à 2019, nous avons constaté qu'il y a une augmentation toutes les valeurs de l'indice de biodégradabilité supérieur à 3, ce qui implique qu'une grande partie de la matière organique n'est pas biodégradable par les bactéries. Ce qui peut s'expliquer par la présence de substances organique non biodégradables par voie biologique tels que les détergent, pesticides, les produits pharmaceutique ou autres composés organique.

V.9.2. Rapport du DBO_5/DCO :

Pour caractériser une pollution industrielle, on considère souvent le rapport DBO_5/DCO , qui donne des indications sur l'origine de la pollution des eaux usées.

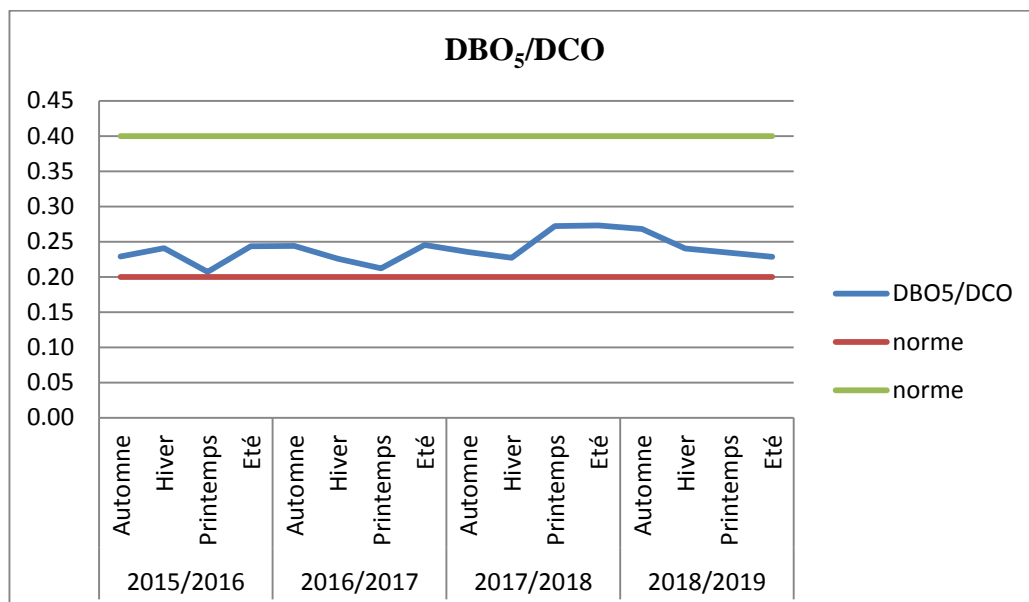


Fig N° V.20: Variation moyenne saisonnière du rapport DBO₅/ DCO (ANRH 2015/2019)

D’après la figure ci-dessus nous constatons que les valeurs du rapport DBO₅/DCO enregistrées durant la période d’étude varient dans un intervalle de valeurs comprises entre 0,20 et 0,27 (Tableau N°V.9). Ce qui implique que la matière organique contenue dans l’effluent est partiellement biodégradable, C’est normale que votre eau est partiellement voir difficilement biodégradable car la STEP à éliminer la partie importante de DBO₅ ou l’auto épuration du réservoir a aussi éliminer une partie.

V.10. Salinité:

La connaissance des concentrations des sels dissous qui arrivent à la plantes et qui définissent l’évolution de cette plante et sa production est très importante. L’effet des sels dissous présent en forte concentration est néfaste sur la récolte et influe sur la qualité de l’eau qui engendre des problèmes de salinité et de toxicité .selon la conductivité électrique, l’eau peut être classée en quatre catégorie (tableau N° V.10).

Tableau N° V.10: Qualité de l’eau pour l’irrigation selon la conductivité électrique

Restriction pour la salinité	Salinité CE (µs/ cm)
Aucune	CE < 750
Légère	750 > CE < 1500
Modéré	1500 > CE < 3000
Forte	CE > 3000

Conclusion:

L'interprétation des différents résultats obtenus par les différentes méthodes nous amène aux conclusions suivantes :

- Les eaux du barrage Bougara peuvent être utilisées pour l'irrigation sauf restriction (voir mener d'irrigation FAO)
- L'étude de l'évolution des paramètres physico chimique de l'eau du barrage Bougara montre que ces derniers sont influencés par deux phénomènes naturels météorologique, géologique et la station d'épuration des eaux usées.
- La salinité excessive pour toutes les périodes.
- Les paramètres de pollution organique classent en très mauvaise qualité.
- Les éléments de pollution comme les nitrites, ammonium et phosphate sont fortement présents pour toutes les années étudiées, qui nous indique qu'ils ont une origine commune entre les engrais utilisé par les agriculteurs et les affluent mélangé avec les eaux usées.

Le but de ces calculs au cours de ce chapitre était la recherche une éventuelle corrélation entre les barrages de Dahmouni et Bougara par un modèle de régression linéaires simple pour les paramètres pendant les quatre ans (2015/2019).

D'après l'étude de corrélation nous constatons qu'il n'y a pas une relation consistante entre les barrages de Bougara et Dahmouni, sauf les trois couples pour les paramètres (pH, RS, O2), présente une faible corrélation positive.

Finalement, nous concluons que les apports hydriques exogènes qui affectent la qualité du barrage Bougara sont représentés par :

- Les eaux du barrage de Dahmouni qui coule à travers le Nhar Ouassel ne sont pas impliquées.
- la qualité de l'eau usée épurées de la STEP de même une source potentielle.

Agglomérations avoisinantes telles que Beni-meida et autre qui remettants leurs eaux usées vers Nhar Ouassel, et ainsi que la cite de oulad youcef et cite Boumengouch qui remettants leurs eaux usées vers oued Boukaala

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE :

Pour conclure ce travail, il convient de rappeler que, le barrage Bougara, reçoit les apports principaux en eau de son sous bassin et des lachers de barrage Dahmouni à travers l'Oued Naher Ouassel appartenant au bassin versant chellif zahrez et l'eau épurée de la STEP de Tissemsilt vers l'oued qui constituent les récepteurs de divers rejets (les eaux usées brutes de la STEP sont issus d'un transfert d'eau potable à partir de barrage Koudiet Rosfa, situé en dehors du bassin étudié).

L'objectif principal de cette étude est consacré à l'étude de l'influence des apports hydriques exogènes sur la qualité des eaux de barrage de Bougara, et leur caractérisation physicochimique.

Ces contaminants physiques, chimiques, organiques ou micro biologique sont le plus souvent issus des activités humaines (agricoles, industrielles, et domestiques).

La zone d'étude présente une structure plus ou moins homogène et peu complexe. Les terrains en affleurement identifiés se rattachent aux âges qui s'étalent du Jurassique jusqu'au Quaternaire récent. (Eocène, le Miocène).

Le climat qui règne dans notre région d'étude est de type semi-aride, il est caractérisé par un hiver froid et pluvieux et un été chaud et sec, avec une précipitation moyenne annuelle de l'ordre de 418,4 mm. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 14,91 °C. Quantité d'évaporation moyenne annuelle est de l'ordre de 110 mm. Humidité relative moyenne annuelle est 64 %. Vent moyenne annuelle est 3,8 m/s.

Les résultats obtenus de qualité des eaux du barrage Bougara pendant les quatre ans à partir de 2015 jusqu'à 2019, selon les Bornes de la grille de qualité d'eau du barrage (ANRH) est donnés comme suit:

Les valeurs du pH comprises entre $7,37 < \text{pH} < 8,48$, pour toutes les années, sont de est bonne qualité. Sauf les trois saisons automne 2015/2016, automne 2016/2017 et printemps 2018/2019, présente une qualité d'eau mauvaise $8,62 < \text{pH} < 9,03$. Résidu sec augmentent toutes les périodes, et ils sont comprises entre 1430 et 2886 mg/l, sont classé en très mauvaise qualité.

L'oxygène dissous est très variables et irréguliers d'un saisonne à l'autre, ils varie entre une valeur minimale de 52,4 mg/l et une valeur maximale de 97,33 mg/l, est classé moyenne à bonne qualité. Les Nitrates compris entre 1 et 9 mg/l, classé en bonne qualité. Les Nitrites variant entre 0,01 et 0,32 mg/l, classé de moyenne à mauvaise qualité. Celle de L'ammonium sont comprises entre 0,16 et 2,63 mg/l, classés en mauvaise qualité. L'ortho-phosphates varient entre 0,14 et 0,66 mg/l, classés en moyenne qualité. DBO varie entre la valeur minimale et maximale 15,63 et 34,9 mg/l, sont classent à très mauvaise qualité. La DCO varie entre la valeur minimale et maximale 68,33 et 143 mg/l, classée très mauvaise qualité. La MO varie entre 12,03 et 32 mg/l, classés mauvaise à très mauvaise qualité.

Les valeurs des rapports DCO/DBO₅ permettant d'estimer la biodégradabilité de la matière organique d'un effluent donné, indiquent que ces eaux de barrage ressemblent à effluents industriels

plus ou moins et qu'elles sont, en général, difficilement biodégradable. Cette non biodégradabilité est bien mise en évidence par les valeurs moyennes des rapports DCO/DBO₅ qui supérieur à 3.

Le traitement des eaux usées de la station d'épuration au niveau de la ville de Tissemsilt, c'est le point de départ de toute réutilisation éventuelle des eaux usées sachant que l'un des plus importants objectifs de mise en place de la station est la réutilisation des eaux épurées pour des fins d'irrigation et pour l'agriculture.

Les teneurs des paramètres globaux des rejets dans le milieu récepteur analysées à la STEP Tissemsilt sont généralement acceptables selon les normes algériennes de rejet des eaux usées.

D'après les corrélations réalisées nous constatons qu'il n'y a pas une relation consistante entre les barrages de Bougara et Dahmouni, sauf les trois couples pour les paramètres (pH, RS, O₂), qui présentent une faible corrélation positive.

Les eaux de barrage Bougara sont convenables à l'irrigation. La salinité excessive pour toutes les périodes, doit être prise en consideration dans le choix des espèces à cultiver.

Pour protéger le barrage Bougara de la pollution dans les prochaines années il est recommandé de:

- Reamenager le plan d'occupation de l'espace pour minimiser l'érosion et les rejets de pollution.
- Contrôler et vérifier chaque fois La salinité des eaux des barrages.
- Faire une campagne ou des annonces de sensibilisation aux risques de l'utilisation des engrais en période hivernale ou pluvieuse.
- La culture des especes agricoles auprès du barrage doivent être tolérable à l'irrigation des eaux salées
- Faire d'autre recherche plus précise approfondie pour déterminer la source des matières polluantes pour y remédier.
- Le bon aménagement des eaux usées par la STEP de Tissemsilt pour la collecte de tous les rejets agglomérations avoisinantes.

Il convient de préserver cette ressource en eau pour l'avenir de la wilaya de Tiaret et Tissemsilt pour qu'il puisse satisfaire les besoins agricoles et peut être les exigences en eau potable éventuellement.

*Références
Bibliographiques*

1. **ABH CZ, 2014.** Agence du Bassin Hydrographique Cheliff- Zahrez. Présentation de grand bassin du Cheliff-Zahrez.
2. **AGENCE DE L'EAU (France), 1994.** L'assainissement de l'agglomération. Technique d'épuration actuelles et évaluation étude inter agence
3. **ANDRE HADE, NOS LACS, 2002.** Les connaître pour mieux les protéger Éditions FIDES.359 p.
4. **ANRH Tiaret 2008.** Agence national des ressources hydraulique situation géographique de Tiaret.
5. **ASANO, T., 1998.** Wastewater reclamation and reuse. Water quality management library. 1475p.
6. **BACHI, OEK., 2010.** Diagnostique sur la valorisation de quelques plantes du jardin d'épuration de station du vieux Ksar Témacin. Ouargla. Mémoire de Magister. Université d'Ouargla.
7. **BAUMONT, S., CAMARD, J.P., LEFRANC, A., FRANCONIE, A., 2004.** Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p.
8. **BEAUDRY, T., HENRY, T.M., 1984.** Chimie des eaux, édition. Les griffons d'argiles, 1ère, édition, INC Canada.537 p.
9. **BEAUPOIL, C., BORNENS, P., 1997.** Oxygène dissous et toxicité de l'ammoniaque en zones estuariennes : seuils d'acceptabilité. Rapport de synthèse, Biotecmer.
10. **BENZARF, F., 2015.** Gestion opérationnelle du réservoir de Dahmouni. Mémoire de master : Université des sciences et de la technologie d'Oran.
11. **BOUCHENTOUF, K., 1982.** Coupe Litho stratigraphique locale de Tiaret.
12. **CATHERINE, G., 2009.** La qualité chimique de l'eau, 3^{ème} Éditions, Paris. p10.
13. **CFT Tiaret, 2014.** Conservation de forets Tiaret (pédologie de wilaya).
14. **CHOCAT, B., 1997.** Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et assainissement. Edition Techniques et documentations : Paris. 1124p.
15. **CSHAPF, 1995.** Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines, 22p.
16. **DE VILLERS, J., SQUILBIN, M., YOURASSOWSKY, C., 2005.** Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement.
17. **DJEDDI, H., 2007.** Mémoire d'Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines, diplôme de Magistère en Ecologie et Environnement.
18. **DJEMAI, I., 2013.** Comportement des éléments chimiques dans les eaux de surface du barrage de Foug El Guiss (Est Algérien), mémoire de magister : Université de Batna, 83 p.
19. **DRE Tiaret, 2007.** géologie de la wilaya de Tiaret.
20. **DRE Tiaret, 2014.** La carte lithologique de la région de Tiaret.
21. **DRE Tissemsilt.** Étude du cadastre des zones humides.

- 22. ENCYCLOPEDIA, 1995.** Industrial chemistry, Water in Ull man's, Wiley-VCH Verlags, vol.8.épuration. Techniques, Sciences et Méthodes, 2: 81-118.
- 23. EZZIANE. S., 2007.**Traitement des eaux de rejets, le mémoire présenté pour obtenir le diplôme de Magister : Université HASSIBA BEN BOUALI de CHLEF. 186 p.
- 24. FABY, J.A, BRISSAUD, 1997.** L'utilisation des eaux usées épurée en irrigation. Office International de l'Eau. 76 p.
- 25. FAO., 2003.** Etude L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. FAO Irrigation and Drainage papier. 65p.
- 26. FRANCK, R., 2002.** Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Edition Scérén CRDP AQUITAINE. Bordeaux. p.165-239.
- 27. GROSCLAUDE G., 1999.** L'eau : usage et polluant, Tome II. 4eme Edition : INRA, Paris. 11p.
- 28.** http://infodoc.agroparistech.fr/index.php?lvl=notice_display&id=60205
- 29. IBRAHIMA OUMAROU. M., 2012.** Contribution à l'étude des paramètres Mohamed BOUDIAF.18p.
- 30. JORAD, 2012.** Arrêté interministériel du 08 sefar 1433 correspondant au 02 janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins irrigations. Journal officiel de la République Algérienne Démocratique N°41, 15 juillet 2012. P. 18.20.
- 31. KECK, G., Vernus, E., 2000.** Déchets et risques pour la santé, Techniques de l'Ingénieur : Paris. 2450p.
- 32. KEMMER F.N., 1984.** Nalco-Manuel de l'eau. Édition : Paris : Technique et Documentation Lavoisier, (4e tirage revu, 1983). Livre, ISBN/ISSN/EAN : 978-2-85206-220-7. 930 p.
- 33. KEMOUKH, S., 2007.** Dégradation de la qualité des eaux du barrage de zerdezas suite à une pollution naturelle w.de Skikda, mémoire de magister : Université de Batna. 117 p.
- 34. LOUNNAS, A., 2008.** Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station hamadi-kroma de skikda, Algérie, mémoire de magister : Université de Skikda. 120 p.
- 35. MARCEL, D., 1995.** Chimie des oxydants et traitement des eaux. L'université de Poitiers (E.S.I.P), 230 p.
- 36. MAYET J., 1994.** La pratique de l'eau, Traitements aux points d'utilisation, le Moniteur 2ème Edition, paris. p382.
- 37. MEHAIGUENE, M., 2007.** Bilan hydrologique et ressources en eau de surface du bassin Cheliff-Zahrez.
- 38. MEKAOUSSI, N., 2013.** Comportement des éléments chimiques dans les eaux de surface de Hammam Debagh (Est algérien), mémoire de magister : Université de Batna, 110 p.
- 39. METAHRI, M .S., 2012.** Elimination simultanée de la pollution Azotée et Phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP est de la ville de Tizi-Ouzou. Mémoire de Doctorat, option : Génie des procédés. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

- 40. MOKEDDEM, K., OUDDANE, S., 2005.** Qualité Physico-chimique Et Bactériologique De L'eau De Source Sidi Yaakoub (Mostaganem), Mémoire d'ingénieur institut de biologie : université de Mascara. P. 18-22.
- 41. N'GUESSAN, Y. M., 2008.** Dynamique des éléments traces dans les eaux de surface des bassins versants agricoles de Gascogne. Doctorat : Université de Toulouse. 187 p.
- 42. OMS, 2013.** Directives Organisation Mondial de la Santé pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères. Aspects environnementaux.
- 43. OMS., 1970.** Directive de la qualité de l'eau .Deuxième édition. Genève.
- 44. OMS., 2005.** Directives Organisation Mondial de la Santé pour Etude Parasitologie médicale : technique de base pour le laboratoire. 119 p.
- 45. OUEDROUGOU, A., 2018.** Impact de la zone industrielle de Tiaret sur la qualité du système aquifère exploité (Contribution à l'étude d'un cas de pollution accidentelle par des hydrocarbures).
- 46. RENE MOLETTA, 2011.** La méthanisation. 552 p.
- 47. RODIER, J., 2005.** Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. L'analyse de l'eau, 8e édition, Ed : Dunod , paris, 1382 p.
- 48. RODIER, J., 2009.** L'analyse de l'eau, 9^{ème} édition, Dunond, Paris. 1600 p.
- 49. RODIER, J., BAZIN, C., CHAMBON, P., BROUTIN, J.P., CHAMPSAUD, H., 1996.** Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8ème édition. Edition DUNOD, Paris.
- 50. SAHNOUN, M.A., 2015.** Epuration des eaux usées du centre culturel islamique –Sidi Okba- par un filtre de macrophyte. Mémoire de Master en Hydraulique, option, Hydraulique Urbaine : Université Mohamed Khider. Biskra.
- 51. SOW ,2014 .**Site officiel de la wilaya de Tiaret.
- 52. SUSCHKA, J., FERREIRA, E., 1986.** Activated sludge respirometric measurements. Water Research, 20, 2, 137-144.
- 53. TOUHARI, F., 2015.** Etude de la qualité des eaux de la vallée du haut chellif. Mémoire de doctorat en hydalique : Ecole nationale supérieur d'hydrolique à Blida.167p
- 54. ZEGHOUD, M.S., 2014.** Etude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de méghibra, mémoire de master, Département des sciences et technologie ; Université D'EL –OUED.86p