

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE de TLEMCEM
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers

Département des Sciences de la Terre et de l'Univers

MEMOIRE

Présenté par

BACHIR Khaoula
Et
MANSOURI Amina

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

En Hydrogéologie

Thème

Contribution à l'étude géomorphologique, hydrologique et hydrochimique des eaux de surface d'un sous-bassin contrôlé : Cas du Barrage El Izdihar (Sidi Abdelli. NW Algérien)

Soutenu le ... 29/09/2019, devant le jury composé de :

Président	BENCHOUK M.	MAA	Université de Tlemcen
Encadreur	YEBDRI MAHI L.	MAA	Université de Tlemcen
Examineur	DJELAD BOUANANI R.	MAA	Université de Tlemcen

Année universitaire 2018/2019

Remerciements

L'élaboration de ce mémoire de fin d'études est le fruit de cinq ans d'études. Ce travail n'aurait pu voir le jour sans la collaboration de nombreuses personnes qu'il nous est agréable de remercier.

Nous remercions Allah le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il m'a donnée durant toutes ces années d'études.

*Nous tenons tout d'abord à remercier notre encadreur **MAHI YEBDRI L.**, pour nous avoir fait confiance, ainsi que pour sa disponibilité, sa patience et ses généreux conseils tant scientifiques qu'humains qui nous ont été d'une grande valeur.*

Merci pour votre aide inestimable, vos précieux conseils avisés nous ont été très utiles pour améliorer et développer notre esprit critique et scientifique.

*C'est un honneur pour nous de voir dans notre jury Monsieur **BENCHOUK M.** et Madame **DJALED R.** Qu'ils soient vivement remerciés.*

Nos remerciements vont aussi, à tous les enseignants du Département des Sciences de la Terre et de l'Univers de l'Université de Tlemcen.

Nos profonds remerciements vont également à toutes les personnes qui nous ont aidées et soutenues de près ou de loin.

Dédicaces

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail

*A ma mère, ma raison d'être, ma raison de vivre, la
lanterne qui éclaire mon chemin et m'illumine de douceur et
d'amour.*

*A mon père, en signe d'amour, de reconnaissance et de
gratitude pour tous les soutiens et les sacrifices dont il a fait
preuve à mon égard.*

*A mes sœurs FETHIA et NEWEL, à mon frère et sa femme
HOZAYN et RADHIA.*

A mon neveu KOSAY NIZAR

Mes tantes, oncles, cousines, paternels et maternels.

*A ma binômes AMINA ainsi que tout sa famille, je leurs
souhaite tout le bonheur du monde.*

A ma chère WISSEM et ma tante KARIMA.

A tous les camarades et amis de l'Université.

A mon encadreur Madame MAHI YEBDRI Lamia

A tous les enseignants qui ont contribué à ma formation.

KHAOULA BACHIR

Dédicaces

Remerciements et louanges à Dieu, de m'avoir donné la foi et la force pour accomplir ce travail. Prière et salut sur notre prophète " Mohamed " et sur sa famille et ces compagnons. Avant de faire de quelconques développements au sujet de cette expérience professionnelle, il apparaît opportun de débiter ce mémoire par des remerciements aux personnes qui m'ont beaucoup aidé au cours de ce mémoire. Avec tout mon amour éternel et avec l'intensité de mes émotions.

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents. Ma mère pour m'avoir mis au Monde et pour m'avoir accompagné tout le long de ma vie. Je lui dois une fière Chandelle. Mon père qui sans lui je ne serais pas arrivé jusqu'ici. J'espère toujours Rester fidèle aux valeurs morales qu'il m'a apprises.

Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite. Aux personnes les plus chères à mes yeux qui m'ont soutenu tout au long de mon travail, pour qui mon réussite est très importante, mes sœurs Iman, Soumia et Chaïma et Mon frère Younes que Dieu les protège et les garde pour moi.

A mon binôme KHAOULA qui a fait beaucoup d'efforts pour ce travail et qui a partagé avec moi de beaux moments inoubliables. À tous ceux qui me sont chers, mes amis et les professeurs de ma filière si mes vœux pouvaient avoir quelques pouvoirs, j'en serai profondément heureuse car je veux pour vous et vos familles toutes les réussites et les satisfactions de ce monde

MANSOURI AMINA

Résumé

Le sous bassin versant contrôlé par le barrage El Izdihar, situé au nord- l'ouest. algérien, faisant partie du sous bassin d'oued Isser, localisée à la partie orientale de la moyenne Tafna. Il s'étend sur une superficie d'environ 1035 km². Le climat du secteur d'étude est de type semi-aride, avec une température moyenne interannuelle est de 17.09°C et des précipitations interannuelles sont de 567.29 mm pour une série de 11 ans (2007/08-2017/2018).

L'investigation géomorphologique sur notre bassin versant d'étude et son réseau hydrographique, démontre un bassin de forme allongée ($Kc = 1.77$), à relief est fort ($250 < D_S < 500$), avec une altitude moyenne de 834.15m et des pentes varient entre 0 et 30 degrés. Le réseau de drainage est dendritique, son drain principal est Oued Isser, il prend sa source au niveau d'Aïn Isser au Sud d'Ouled Mimoun et sa limite aval coïncide avec la digue du barrage de El Izdihar. Il est d'ordre 6, selon la classification de Strahler.

Du point de vue qualité chimique, globalement, les eaux traitées de la station de traitement de Sidi Abdelli sont conformes aux normes de qualité des eaux destinées à la consommation humaine, fixées par la législation algérienne (JORA 2011).

Mots clés : Bassin versant, Barrage, géomorphologique, qualité chimique, eau

Abstract:

The sub-watershed controlled by the El Izdihar dam, located in north West of Algeria, part of the oued Isser sub-basin, located in the eastern part of the mean Tafna . It covers an area of approximately 1035 km².The climate of the study area is semi-arid, with an average inter-annual temperature of 17.09 ° C and inter-annual precipitation is 567.29 mm for an 11-year series (2007 / 08-2017 / 2018).

The geomorphologic investigation on our study catchment and its hydrographic network, shows a basin of elongated form ($Kc = 1.77$), with strong relief of ($250 < DS < 500$), and an average altitude of 834.15m in addition their slopes vary between 0 and 30 degrees. The drainage network is dendritic, its main drain is oued Isser, it rises at Aïn Isser south of Ouled Mimoun and its downstream limit coincides with the dike of El Izdihar dam. He is of order 6, according to Strahler's classification.

From the view of chemical quality, overall, treated water from the Sidi Abdelli treatment plant complies with the water quality standards for human consumption set by Algerian legislation.

Key words: watershed, dam, geomorphologic, chemical quality, water.

ملخص

تتواجد مستجمعات المياه الفرعية التي يسيطر عليها سد الإزدهار ، في الشمال الغربي .الجزائري و الذي يعتبر، جزء من حوض وادي يسر الفرعي ، الواقع في الجزء الشرقي من تقنا .ويغطي مساحة حوالي 1035 كيلومتر مربع.

مناخ المنطقة المدروسة شبه قاحل ، حيث يبلغ متوسط درجة الحرارة بين العامين 17.09 درجة مئوية وهطول الأمطار السنوي 567.29 ملم لسلسلة مدتها 11 سنة (2007 / 2017-08 / 2018).

يُظهر البحث الجيومورفولوجي حول مستجمعات الدراسة وشبكته الهيدروغرافية حوضًا ذي شكل ممدود ($Kc = 1.77$) ، مع وجود راحة قوية (250) ($DS < 500$) ، بمتوسط ارتفاع 834.15 m ومنحدرات تختلف بين 0 و 30 درجة. شبكة المجاري شجيرية الشكل ، وصرفها الرئيسي وادي يسر ، وتأخذ مصدرها من عين إسر جنوب أولاد ميمون حيث يتزامن حد المصب مع سد الإزدهار. من اجل الترتيب رقم 6 ، وفقا لتصنيف Strahler .

من وجهة نظر الجودة الكيميائية ، فإن المياه المعالجة بشكل عام من محطة المعالجة لسيدي العبدلي تتوافق مع معايير جودة المياه المخصصة للاستهلاك البشري ، المنصوص عليها في التشريع الجزائري.(JORA 2011) الكلمات المفتاحية: مستجمعات المياه ، السد ، الجيومورفولوجيا ، الجودة الكيميائية ، المياه.

LISTE DES ABREVIATIONS

A : surface
AEP : Alimentation en Eau Potable
A_i : surface entre deux courbes de niveau
an : année
Ca²⁺ : calcium
CE : conductivité électrique
Cl : chlorure
Cl₂ : chlore
C_T : Coefficient de torrentialité
D_d : densité de drainage
D_s : dénivelée spécifique
F : densité hydrographique
QGIS : Quantum Geographical Information System
h : heure
H : Altitude
Hm³ : hectomètre cube
I : indice d'aridité
I_G : Indice globale
IRR : irrigation
JORA : Journal Officiel de la République Algérienne
K_G : coefficient de Gravelus
km : kilomètre
l : litre
L : longueur
l : largeur
m : mètre
Max : maximum
Min : minimum
mm : millimètre
MNT : Modèle Numérique Terrain
MO : matière organique
Moy : moyenne
N : Nord
NH₄⁺ : ammonium

LISTE DES ABREVIATIONS

O : Ouest

O₂ : oxygène

P : périmètre

pH : potentiel hydrogène

P : précipitation

pH : potentiel hydrogène

P : précipitation

Q : débits

Re : Rapport de confluence

R_l : Rapport de longueur

s : seconde

SP1 : station de pompage n=°1

T : température

TA : titre alcalimétrique

Tab : tableau

TAC : titre alcalimétrique complet

TDS : totale des soldes dissous

Table des Matières

Résumé	
Remerciements	
Dédicaces	
Liste des abréviations	
Liste des figures et tableaux	
Table des matières	
INTRODUCTION GENERALE	01
PARTIE I : DESCRIPTION GEOMORPHOLOGIE ET HYDROLOGIE	
CHAPITRE I	GENERALITE SUR LA ZONE D'ETUDE
I. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE	03
1. Présentation globale de la zone d'étude	03
2. Localisation dz sous bassin versant contrôlé par le barrage El Izdihar	03
II. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	04
1. Description géologique du terrain d'étude	04
1.1. Les formations du Quaternaire	04
1.2. Les formations du Plio-Quaternaire	04
1.3. Les formations du tertiaire	04
1.4. Les formations du Jurrassiques	05
2. Etude hydrogéologique	05
2.1. Les aquifères Karstiques du Jurrasique-Crétacé	05
2.2. Les aquifères du Plio-Quaternaire	05
III. DESCRIPTION DU BARRAGE IZDIHAR	07
1. Les caractéristiques du barrage El Izdihar	07
1.1. Station météorologique	07
1.2. Station de traitement de l'eau potable	08
1.2.1. Réservation d'eau brute	08
1.2.2. Injection des réactifs	08
a. Le dimensionnement	08
b. Pré-chloration	08

Table des Matières

c. Dosage de sulfate et d'ammonium	08
d. Dosage de lait de chaux	09
e. Dosage de polymère	09
f. Dosage d'acide sulfurique	09
1.2.3. Coagulation	09
1.2.4. Flocculation	09
1.2.5. Décantation lamellaire	09
1.2.6. Extractions et recirculation des boues	09
1.2.7. La filtration	09
1.2.8. Réservoir d'eau filtrée	10
2. Evaluation de l'utilisation du barrage El Izdihar	10
3. Les pertes d'eau du barrage	11
IV. CONCLUSION	
CHAPITRE II	GEOMORPHOLOGIE DU BASSIN VESRANT
I. GEOMORPHOLOGIE DU BASSIN VERSANT CONTROLE PAR LE BARRAGE EL IZDIHAR	14
1. Forme du bassin versant contrôlé	14
1.1. Surface et périmètre	14
1.2. Coefficient de compacité (Indice de Gravelus)	15
1.3. Rectangle équivalent	15
2. Caractérisation topographique : Etude de relief	16
2.1. Répartition altimétrique	16
2.2. Cadre hypsométrique	16
2.3. Les altitudes	17
2.3.1. Altitude maximale et minimale	17
2.3.2. Altitude moyenne	17
2.3.3. Altitude médiane	19

Table des Matières

2.4.Etude de pente	19
2.4.1. Indice global de pente	19
2.4.2. Dénivelée spécifique Ds	20
II. GEOMETRE DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE	21
1. Classification des telwegs (Classification de Strehler)	22
2. Degré de développement du réseau	24
2.1.Densité de drainage	24
2.2.Densité hydrographique	24
2.3.Rapport de Confluence	24
2.4.Rapport de longueur	25
2.5.Coefficient de torrentialité	26
III. CONCLUSION	27
CHAPITRE III	ETUDE HYDRO-CLIMATIQUE
I. PARAMETRES CLIMATIQUES	28
1. Précipitations	28
1.1.Variabilité interannuelle des précipitations	28
1.2.Précipitations moyennes annuelles	29
1.3.Précipitations saisonnière	30
2. Températures	31
2.1.Températures moyennes annuelles	31
2.2.Températures mensuelles	32
3. L'évaporation	33
3.1.L'évaporation potentielle (ETP)	33
3.2.L'évaporation réelle (ETR)	34
3.2.1. Formule de Turc	34
3.2.2. Formule de Coutagne	34
II. SYNTHESE CLIMATIQUE	34

Table des Matières

1. Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN	35
2. Indice d'aridité annuelle de Martone	36
3. Indice d'aridité mensuelle	37
4. Indice de Moral	37
5. Indice d'Emberger	38
6. Indice de Continentalité de KERNER	38
7. Indice de Stewart (Q ₃)	39
III. EVALUATION HYDROLOGIQUE	39
1. L'évaporation	39
1.1.L'évaporation annuelle	39
1.2.L'évaporation moyenne annuelle	40
2. Débits	41
IV. CONCLUSION	43
CHAPITRE IV	MATERIELS ET METHODES
I. PRELEVEMENTS DES ECHANTILLONS	44
1. Sites des prélèvements étudiés	44
2. Modes, périodes et transport de prélèvement	44
II. METHODES D'ANALYSES DE L'EAU	45
1. Paramètres organoleptiques et physico-chimiques	45
1.1.Turbidité	45
1.2.Couleur	45
1.3.Température	45
1.4.Potentiel d'hydrogène	46
1.5.Conductivité	46
1.6.Totale des solides dissous	46
1.7.Oxygène dissous	46
2. Paramètres chimiques	46

Table des Matières

2.1. Titre alcalimétrique complet	46
2.2. Titre alcalimétrique	47
2.3. Matière organique	47
2.4. Ions analysés	47
2.4.1. Calcium (Ca^{2+})	47
2.4.2. Ions ammonium (NH_4^+)	47
2.4.3. Les chlorures (Cl^-)	47
2.5. Chlore résiduel	48
III. TRAITEMENTS DES DONNEES CHIMIQUES	48
CHAPITRE V	RESULTATS ET INTERPRETATIONS
I. VARIATION JOURNALIERE DES PARAMETRES	50
1. Les paramètres organoleptiques et physico-chimiques	50
1.1. Turbidité	50
1.2. Temperature	52
1.3. Potentiel d'hydrogène	52
1.4. Conductivité électriques	53
II. VARIATIONS MENSUELLES DES PARAMETRES CHIMIQUES	57
1. Totales des solides dissous	57
2. Oxygène dissous	57
3. Titre alcalimétrique complet	58
4. Titre alcalimétrique	58
5. Matière organique	58
6. Ions analysés	61
6.1. Le calcium	61
6.2. Ammonium	61
6.3. Les chlorures	61
7. Chlore résiduel	61

Table des Matières

III. DESCUSSIONS DES RESULTATS	63
CONCLUSION GENERALE	66
REFERENCE BIBIOGRAPHIQUE	68
ANNEXES	

INTRODUCTION GENERALE

L'eau constitue un élément essentiel dans la vie et l'activité humaine. C'est une composante majeure des mondes minérale et organiques. On l'utilise pour des usages quotidiennes, notamment, domestiques, industrielles et agricoles ce qui la rend un élément récepteur exposé à tous les genres de pollution.

De nos jours, l'eau représente 71% de l'espace sur la planète, mais 3 % de l'océan est douce, seulement 0.7% est accessible à la consommation humaine. Cette quantité d'eau est estimée suffisante. (<https://www.étudier.com>)

Tout ceci oblige à faire de plus en plus appel à des eaux d'origine diverses et notamment des eaux de surface. Les insuffisances dans la protection de ces eaux face aux nombreuses pollutions pouvant contribuer à la dégradation de la qualité d'eau.

En Algérie, en raison de la croissance incessante des besoins en eau douce qui dépassent les ressources naturelles conventionnelles, la mobilisation des eaux superficielles reste l'une des préoccupations capitales des pouvoirs publics.

L'importance de l'eau en tant que ressource vitale et facteurs de développement est mondialement reconnue, la protection de cette ressource nous amène à évaluer les paramètres qui jouent un rôle important dans l'écoulement des eaux superficielles.

Ces paramètres englobent les caractéristiques géologiques, géomorphologiques, hydrologiques, climatiques et hydrochimiques, dont nous nous intéresserons, dans la présente étude.

A cet effet, notre choix s'est retourné vers le sous bassin versant contrôlé par la digue du barrage de Sidi Abdelli appelé (El Izdihar), pour faire une étude géomorphologique, hydrologique et hydrochimique des eaux superficielles, afin d'apprécier les aspects quantitatifs et qualitatifs des eaux de ce sous bassin.

Ce présent manuscrit, s'articule sur deux parties :

- La première partie comportant une description géomorphologique et hydro-climatique du bassin versant contrôlé par le barrage El Izdihar, dans laquelle seront décrits :
 - Le premier chapitre : consacré aux généralités (Situation géographique, et contextes géologique et hydrogéologie du secteur d'étude) ;
 - Dans le deuxième chapitre, nous avons essayé d'étudier les caractéristiques morphologiques du bassin versant qui jouent un rôle important sur le ruissèlement et donc sur le volume d'eau stocké et sur le comportement hydrologiques ;
 - Le troisième chapitre étudie, les caractéristiques climatiques de la région d'étude
- La deuxième partie, composée de l'étude hydrochimique des eaux de surface du bassin d'étude. Elle comportera :
 - Le quatrième chapitre constitué de matériels et méthodes utilisés ;

- Le cinquième chapitre portera sur les différents résultats et leurs interprétations ;
- Et enfin une conclusion, comme synthèse générale des résultats obtenus de cette modeste contribution.

Chapitre I :

***GENERALITE SUR LA ZONE
D'ETUDE***

I. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE

1. Présentation globale de la zone d'étude

La commune de Sidi Abdelli est située au Nord-Est de la wilaya de Tlemcen et au Nord-Ouest de la ville d'Ouled-Mimoun, plus précisément entre les monts de Tassala au Nord-Est, et les monts de Trara au Nord-Ouest, et les monts de Tlemcen au Sud.

La ville de Sidi Abdelli est limitée : (Fig.1)

- au Nord par la commune d'Aghlal (Ain Témouchent).
- au Sud par la commune de sidi Senousi et Ouled Mimoun.
- à l'Ouest par les communes de Bensekrane et d'Amaïeur.
- a l'Est par la région d'Ain Nehala ,AinTellout.

Liée à la daïra de Besekrane, cette zone occupe une superficie de 227.01 km², représentant 2.51 % de la superficie totale de la wilaya de Tlemcen.

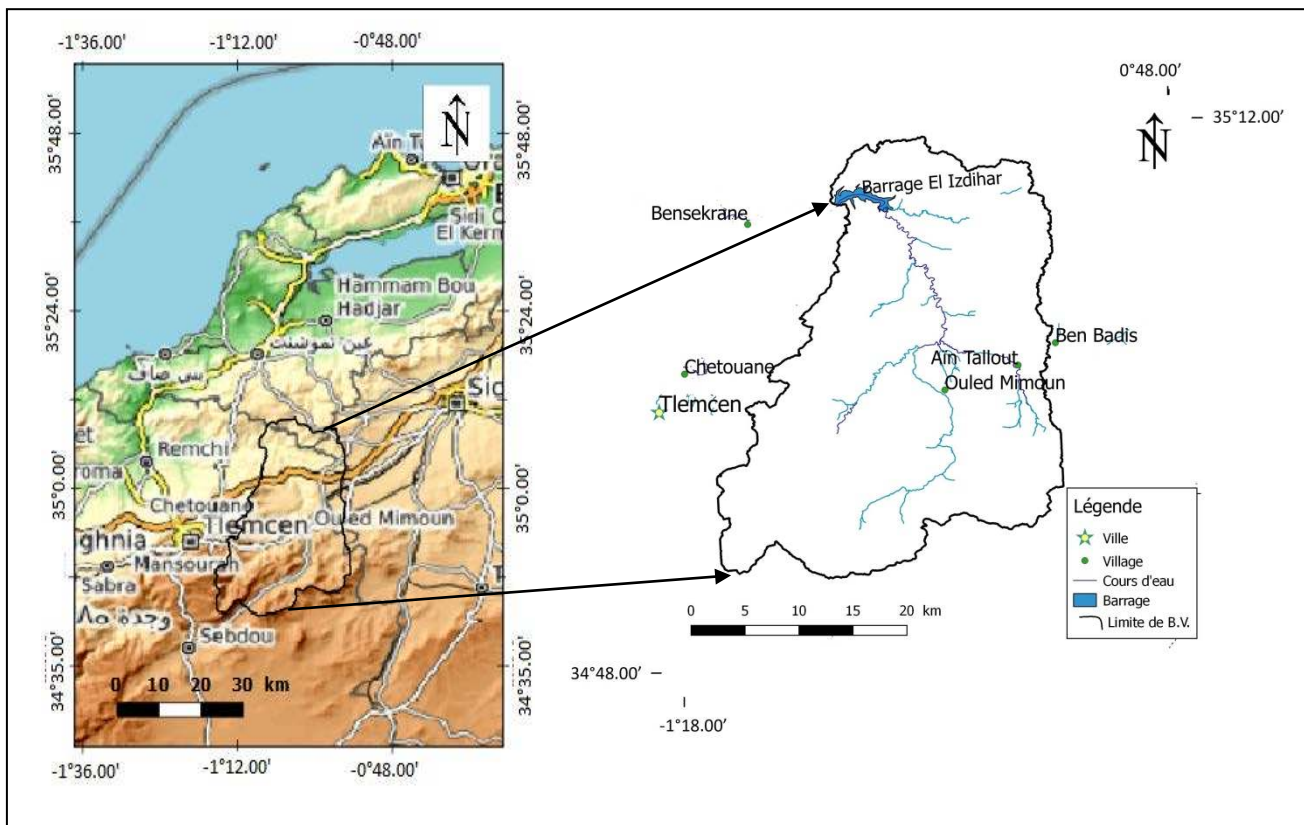


Figure 1: Localisation de la zone d'étude

2. Localisation du sous bassin versant contrôlé par le barrage El Izdihar

Notre bassin d'étude fait partie du sous bassin versant d'oued Isser, situé dans la partie orientale de la moyenne Tafna, son cours d'eau principal est Oued Isser, qui prend sa source au niveau d'Ain Isser au sud d'Ouled Mimoun. Le point de plus élevé de son amont se trouve à 1600m d'altitude et son exutoire à 400 m d'altitude, coïncide avec le barrage d'El Izdihar, d'où l'appellation du "bassin versant contrôlé par le barrage ". Il est limité par les coordonnées géographiques suivante : Longitude entre 1° 20' 31" W et 0° 52' 28" W, et Latitude entre 34° 41' 22" N et 35° 9' 37" N.

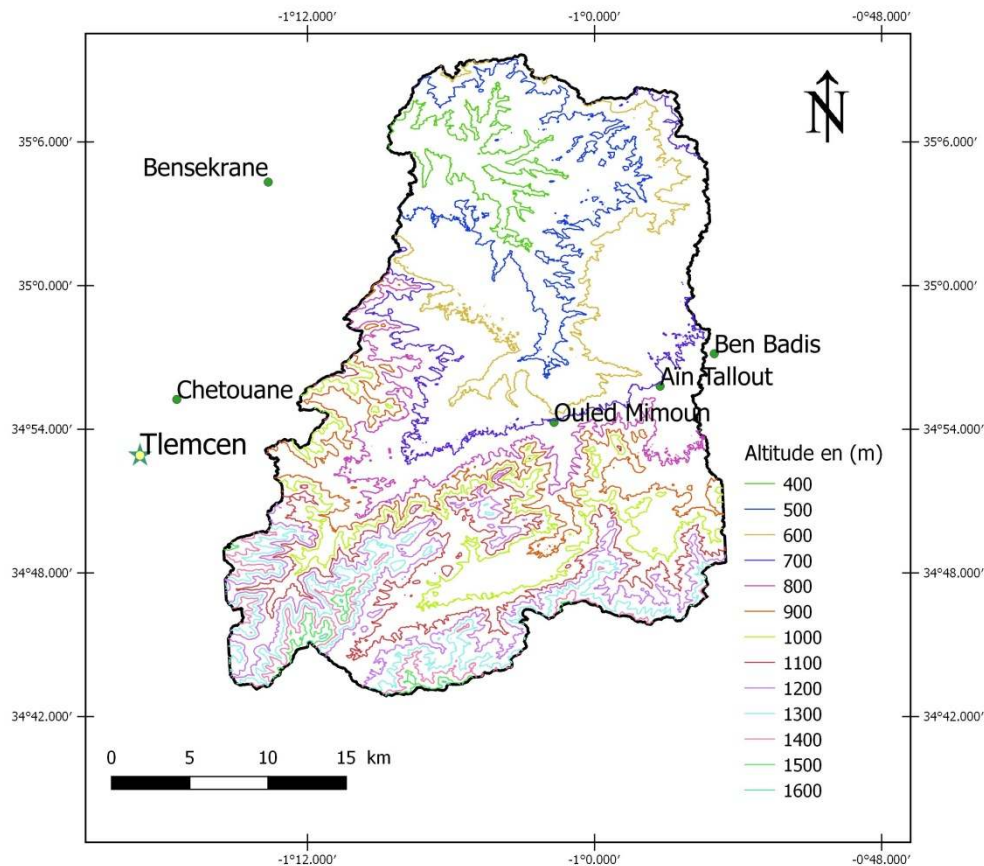


Figure 2 : Le sous bassin versant contrôlé du barrage El Izdihar

II. CONTEXTES GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

1. Description géologique du terrain d'étude

D'après la carte géologique (Fig. 3), le bassin versant d'oued Isser est constitué de quatre grands ensembles lithostratigraphiques :

1.1. Les formations du Quaternaire

Les dépôts quaternaires sont exclusivement continentaux et constituent une succession de terrasses et de glacis de pente d'âge Soltanien, plus ou moins encroutées.

Les alluvions récentes et sub-actuelles, se situent tout au long de l'oued Isser

1.2. Les formations du Plio-Quaternaire

Le Plio-quaternaire est représenté par des sédiments continentaux d'âge comparable, mais de nature variable (limons, Travertin, pouding, carapace calcaire).

1.3. Les formations du Tertiaire

Le Tertiaire est représenté par des dépôts essentiellement marins, à savoir le Miocène moyen (Helvétien) qui est composé par une épaisse série d'argiles marneuses grises ou bleutées. Au sein de cette masse s'intercalent des bancs de grès plus au moins épais.

Des formations marneuses avec intercalation gréseuses affleurent au nord et à l'est de la zone. A l'Est sont localisés des alluvions sur terrasse du Pliocène. Dans la zone Nord, les versants sont constitués de substrats tendres (marne) avec intercalations gréseuses.

1.4. Les formations du Jurassique

Le secondaire forme l'ossature des monts de Tlemcen fortement érodé, il ne montre au dessus du jurassique que les assises de la base du crétacé, il est représenté par une épaisse série marine de plus de 1000m qui forme les monts de Tlemcen.

D'après l'étude de Mazour 1992 et Bouanani 2004, toute la partie méridionale du bassin versant affleurent des calcaires et dolomies d'âge Jurassique qui s'étend dans la direction nord.

2. Etude hydrogéologique

D'après la lithologie des formations existantes au bassin versant d'oued Isser, les principaux aquifères de la zone sont :

2.1. Les aquifères karstiques du jurassique-Crétacé

Ils sont contenus dans les formations calcaréo-dolomitique et exploités par les forages hydrauliques principalement dans les plateaux de Sidi Senouci et Sidi Abdelli.

L'alimentation des aquifères se fait latéralement par les pluies qui tombent sur les reliefs carbonatés fissurés et karstifiés à l'ouest du plateau par voie souterraine. L'écoulement superficiel est liée au débit temporaire de sources karstiques dont : Ain Boulardjoug , Ain Mimouna ,Ain Borsari. (Azzi et Bechar 2001)

2.2. Les aquifères alluviales du Plio-Quaternaire

L'Aquifère alluvial du Plio-Quaternaire, s'étend depuis la vallée de oued choully sur une superficie d'environ 160 km².

D'après la campagne SETHYOR en 1979, le niveau piézométrique de l'aquifère se situe à une altitude entre 620 et 630m. La nappe d'eau de cet aquifère se déverse dans l'oued Isser au niveau des Sources tel que Ain Taslit, Ain -El Atrouss, et Ain Hadjla.

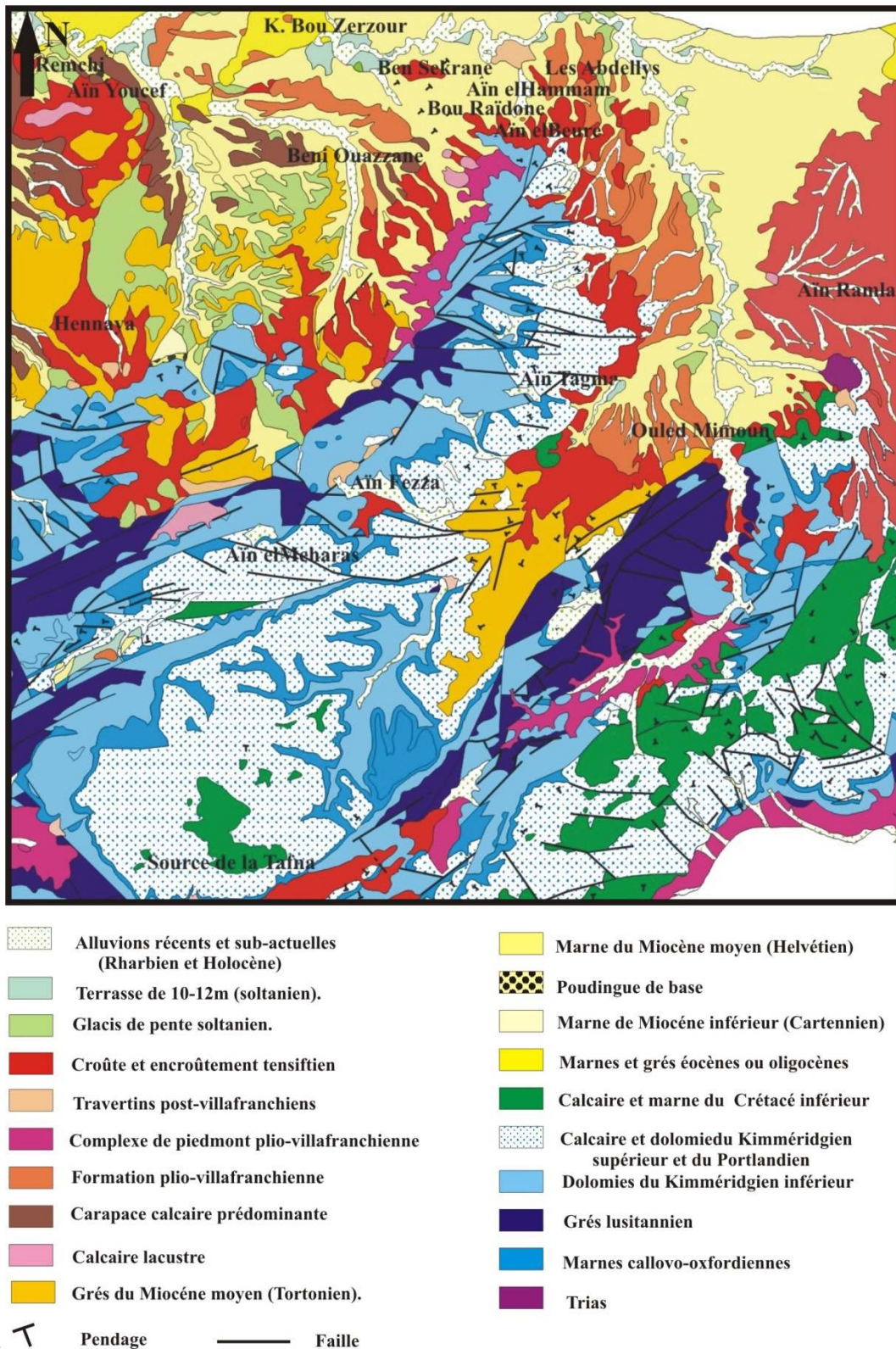


Figure 3: Extrait de la carte lithologique de la région de TLEMCEN, Novembre 1973 (Echelle : 1/100000).

III. DESCRIPTION DU BARRAGE EI IZDIHAR

Le barrage de Sidi Abdelli nommé EL IZDIHAR est situé sur l'oued Isser, à 2,5 km au nord du chef lieu de la commune de Sidi Abdelli, à 08 km de la daïra de Bensakrane et à 33 Km de la ville de Tlemcen.

Le barrage était Fonctionnelle depuis novembre 1988, son eau été destinée d'abord pour alimenter la wilaya d'Oran en eau potable (1^{er} transfert de l'eau potable en 1989) puis la wilaya de Sidi Bel-Abbés depuis 2005, exceptionnellement, il réconforte l'approvisionnement de L'AEP de la willaya de Ain Témouchent, de plus, le barrage fourni l'eau d'irrigation à la vallée agricole en aval de sa digue.



Photo 1: Le Barrage d'EL IZDIHAR

1. Caractéristiques du barrage EL IZDIHAR

Le barrage EL IZDIHAR est de type barrage en remblais (en terre), qui se remplit par la pluie et des eaux de surface des affluents d'oued Isser, principalement d'Oued Sultan, il est caractérisé par (Mars 2019):

- Une capacité initiale de 110 Hm³.
- Capacité de dernier levé 106 Hm³.
- Apport annuel 50 Hm³.
- La superficie du bassin versant 660 hectares.
- Capacité de l'évacuateur 3000M³/S.
- Type de vidange de fond : 2 pertuis.
- Capacité de la vidange de fond 96M³/S.
- Toux d'envasement annuel 0.6HM³/an.

En plus des ouvrages techniques du barrage (Digue, prise d'eau, vidange de fond et l'évacuateur de crue) (Annexe I.1), ce dernier est doté d'une station météorologique, ainsi qu'une station de traitement des eaux.

1.1.Station météorologique

Cette station est équipée d'appareillages de mesure de paramètres climatiques tels que : les précipitations (Pluviomètre et pluviographe), température (thermomètre), l'évaporation (Bac du Colorado), vitesse de vent (Anémomètre) (Annexe I.2).

1.2. Station de traitement d'eau potable

La station du traitement d'eau potable, appelée centre de Sidi Abdelli, est liée aux unités de Sidi Belabbes, était conçue pour un débit moyen d'eau brute de 4.340 m³/h, soit 100000 m³ par jour. Le captage de cette eau brute se fait par gravité, du barrage El Izdihar vers première station de pompage situé à 5 km au Nord, à l'aide d'une conduite de 500mm de diamètres.

Cette station dite SP1 (Annexe I.3) est équipée de 4 pompes de 15000 m³/h chacune trois pompes marche et une réserve.

Les étapes de traitement sont :

1.2.1. Réserve d'eau brute

L'eau brute arrive dans cet ouvrage de 2000 m³/l de la station (Sp1) par une tuyauterie DN : 1000mm (Annexe I.3 Les premiers paramètres physico-chimiques sont analysés ((pH, conductivité, turbidité, O₂ dissous).

1.2.2. Injection des réactifs

Après les mesures du débit de l'eau brute, l'injection des réactifs se fait dans l'ouvrage des chicanes en béton qui assure l'homogénéité du milieu. Les mesures du pH et du Chlore résiduel se font à ce niveau. (Annexe I.3).

a. Le Dimensionnement

Des ajustements de dosage des réactifs chimiques s'effectuent (Tab. 1) dans cette étape.

Tableau 1 : Les différents réactifs utilisant durant le traitement

Produits	Dose maximum/moyenne mg/L
Pré-chloration	8-2
Sulfate d'alumine	100-25
Acide Sulfurique	60-30
Poly électrolyte	1-0.5
Lait de chaux	20-5
Post chloration	2-1

b. Pré-chloration

Le chlore est un oxydant puissant et un bactéricide utilisé, en pré-chloration pour la destruction de composés de l'eau brute tels que les micro-organismes et algues, par son effet rémanent, il assure la propreté des ouvrages contre la formation de couche d'algues.

c. Dosage du sulfate d'aluminium

Le sulfate d'aluminium est utilisé pour la déstabilisation des substances colloïdales contenues dans l'eau brute, le poste de préparation se compose de deux cuves en béton de 18m³.

d. Dosage de lait de chaux

La solution de lait de chaux est injectée à l'entrée de la tuyauterie du réservoir d'eau de brute ainsi que dans le regard de sortie des décanteurs vers les filtres.

La première injection est fait afin d'optimiser l'effet de sulfate d'alumine par maintien d'un pH optimal dans les chambres de mélange et la deuxième pour ajuster le pH de l'eau traitée.

e. Dosage du polymère

Le polymère est injecté Just avant la chambre de floculation, il contribue à l'agglomération des particules colloïdales déstabilisées (ou coagulées) ainsi que des autre particules issues de la recirculation des boues et eaux sales de lavage afin d'augmenter la taille des floccs et réduire la turbidité interstitielle. La station de préparation de poly dose est un préparateur automatique de solution polymère poudre, la concentration de la solution sera effectuée entre 0.1et 0.5%.

f. Dosage d'acide sulfurique

L'acide sulfurique est injecté à l'entrée de la tuyauterie réservoir d'eau de brute pour abaisser la valeur du pH de l'eau brute, il est fournis par camion-citerne sera stocké dans deux réservoirs en acier d'une capacité de 20m³ chacun.

1.2.3 Coagulation

La coagulation se fait par déstabilisation des colloïdes après mélange du sulfate d'alumine sous haute turbulence par rapport à l'énergie mécanique, dans ce système l'eau traverse trois chambres placées en série chaque chambre est équipée d'un électro-agitateur pour optimiser l'homogénéité et augmenter le temps du séjour, l'eau passe alternativement par le haut et par le bas de ces bassins. (Annexe I.3)

1.2.4 Floculation

L'objectif de la floculation et de l'agglomération des particules colloïdales déstabilisés. Cette étape du traitement consiste à augmenter la taille des floccs et réduire la turbidité artificielle, ceci se réalise par une agitation lente. (Annexe I.3)

1.2.5 Décantation lamellaire

Après une formation des macros floccs l'eau est traité par la décantation, c'est-à- dire la séparation physique des matières solides de l'eau clair à la sortie de chaque déchanteur, les paramètres (pH-Turbidité -Cl₂ résiduel) sont remesurés. (Annexe I.3)

1.2.6 Extraction et recirculation des boues

L'extraction ou évacuation des boues excédentaires sert à éliminer l'apport de boues constitué essentiellement des matières en suspensions contenues dans l'eau brute Pour améliorer la coagulation/floculation, un certain débit (3 à 7ù du débit nominal) de boue est ré circulé au niveau de la deuxième chambre de mélange rapide chaque ligne.

1.2.7 La filtration

La filtration de l'eau se fit par un lit de sable, d'une granulométrie adaptée constituée un traitement de finition, permettant d'obtenir une eau claire répondant aux normes de potabilité en matière de turbidité. (Annexe I.3)

1.2.8 Réservoir d'eau filtrée

A ce stade du traitement, un débit d'eau dessalée est mélangé à l'eau filtrée pour diminuer un arrière-goût terré. Pour assurer une dernière désinfection, un post chloration est injecté à l'entrée du réservoir d'eau traitée. (Annexe I.3)

2. Evaluation de l'utilisation du barrage EL IZDIHAR

Une évaluation de l'utilisation des eaux de surface du barrage EL IZDIHAR est effectuée sur une période, s'étalant de 2007/08 à 2017/18 (pour l'utilisation de L'AEP) et entre 2011/12 à 2017/18 (pour l'eau d'irrigation). Cette évaluation est établie à l'aide des volumes d'eau annuels, enregistrés aux niveaux des vannes destinées à l'irrigation, et à la conduite de la station de traitement de l'eau potable destinée à AEP de la wilaya de Sidi Belabbes (Tab.02).

Tableau 2 : Variation des volumes d'eau utilisables du barrage d'El Izdihar (2007/08-2017/18)

Années	AEP (Hm ³)	Irrigation (Hm ³)
2007/08	0.0070	-
2008/09	0.013	-
2009/10	0.042	-
2010/11	0.039	-
2011/12	0.016	0.021
2012/13	0.015	0.022
2013/14	0.029	0.018
2014/15	0.044	0.018
2015/16	0.058	0.023
2016/17	0.059	0.024
2017/18	0.063	0.018

D'après le tableau 2 et les figures 4 et 5, on constate que les volumes maximaux d'utilisation sont enregistrés dans les dernières années, avec 0.024 Hm³ (enregistré en 2016/2017) pour l'irrigation, et 0.063Hm³(enregistré en 2017/2018) pour l'alimentation en eau potable de la wilaya de Sidi Belabbes.

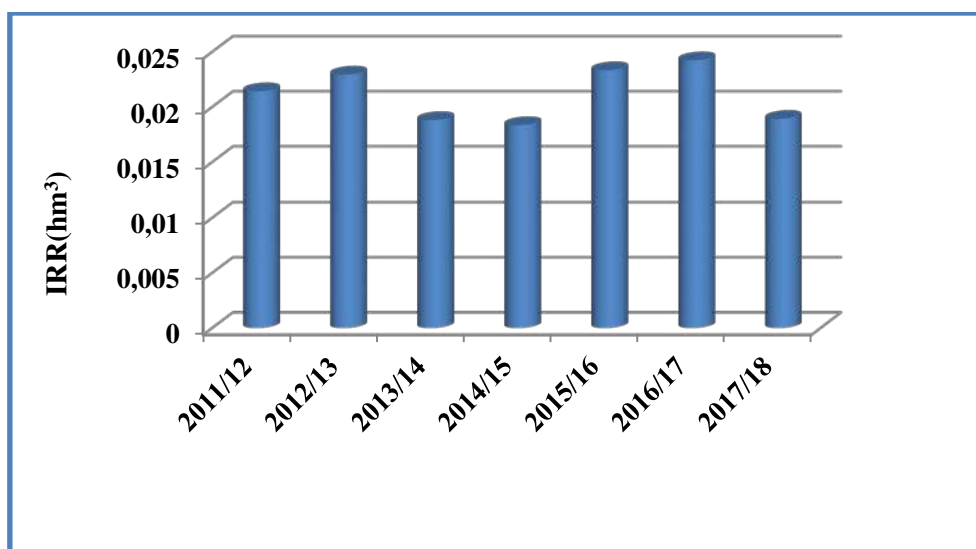


Figure 4: Histogrammes de volume d'eau fournit par le barrage d'IZDIHAR pour l'irrigation (2011/12-2017/18)

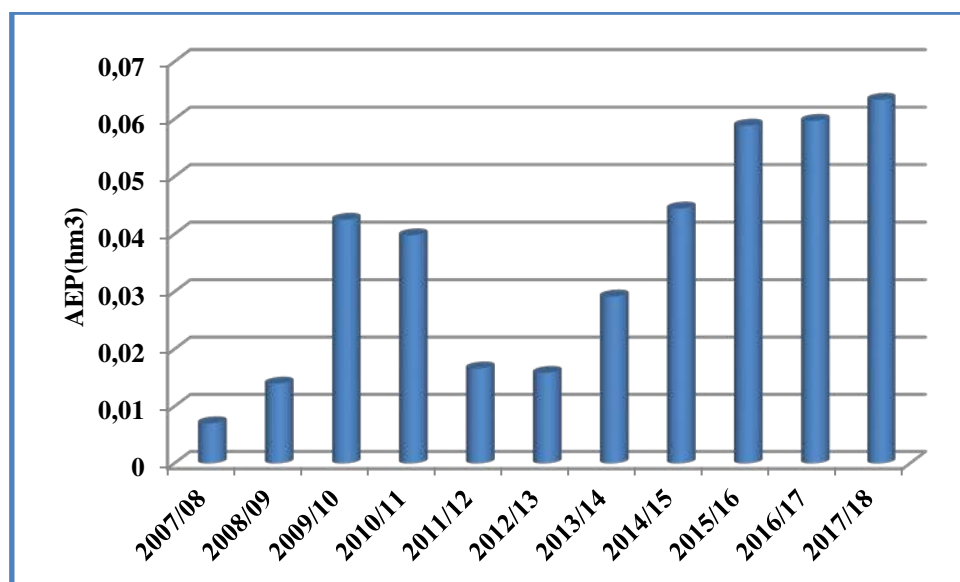


Figure 5 : Histogrammes de volume d'eau fournit par le barrage d'IZDIHAR pour l'AEP (2007/08-2017/18).

3. Les pertes d'eau du barrage

Vu l'ancienneté du barrage (Fonctionnalité depuis 1989), les fuites et les pertes d'eau sont continuellement surveillées. Le tableau 3 affiche les volumes de pertes d'eau en Hm³.

Tableau 3: Les pertes d'eau du barrage El IZDIHAR (2007/08 – 2017/18)

Années	Pertes (Hm ³)	Années	Pertes (Hm ³)
2007/08	0.0026	2013/14	0.14
2008/09	0.013	2014/15	0.57
2009/10	0.018	2015/16	0.021
2010/11	0.017	2016/17	0.021
2011/12	0.016	2017/18	0.02
2012/13	0.047		

D'après le tableau ci-dessus et la figure.6, le volume d'eau maximal perdu au niveau du barrage était de 0.14 Hm³ durant l'année 2013/14.

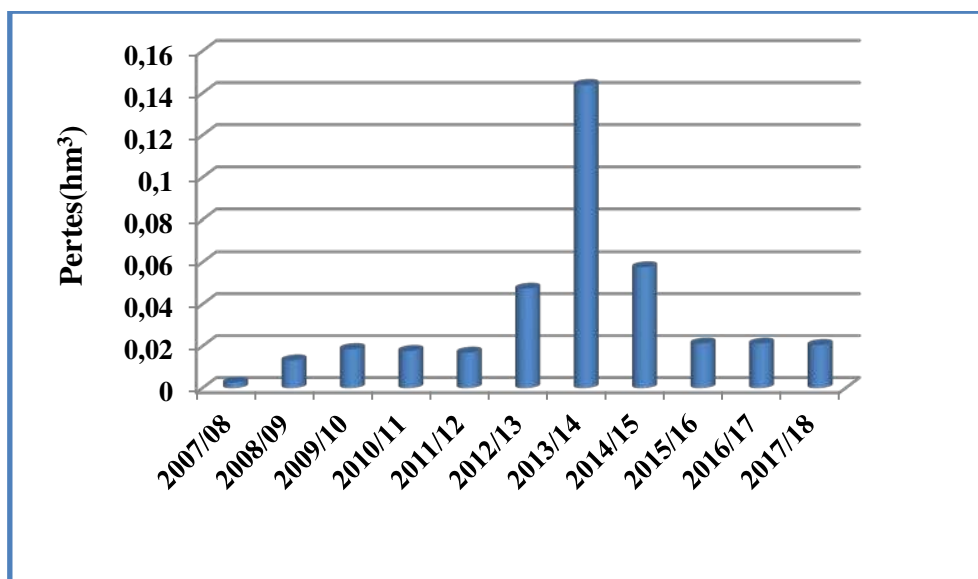


Figure 6: Histogramme du volume d'eau des pertes du barrage EL IZDIHAR (2007/08-2017/18)

IV. CONCLUSION

Le sous bassin versant contrôlé par le barrage El Izdihar, faisant partie du sous bassin d'oued Isser, situé dans la partie orientale de la moyenne Tafna, son cours d'eau principal est Oued Isser, précisément d'Oued Soltan, il prend sa source au niveau d'Aïn Isser au Sud d'Ouled Mimoun et sa limite aval coïncide avec la digue du barrage de Sidi Abdelli dénommé El Izdihar. .

Ce bassin est caractérisé par deux zones bien distinctes : d'abord une zone montagneuse au sud, constituée par des calcaires fissurés du Jurassique-Crétacé, à très fort potentiel hydrique, puis la zone de collines au nord, formée essentiellement de marnes d'âge Miocène et d'alluvions Plio-quaternaire et quaternaire, considérés aussi comme aquifère important dans la région.

Actuellement, les eaux de surface retenues par le barrage d'El Izdihar, sont destinées principalement à l'approvisionnement de L'AEP de la willaya de Sidi Bel-Abbés et aussi à l'irrigation à la vallée agricole en aval de sa digue. Le barrage est doté d'une station météorologique, ainsi qu'une station de traitement des eaux.

Chapitre II :

***GEOMORPHOLOGIE DU BASSIN
VERSANT***

Les caractéristiques morphologiques d'un bassin versant influencent fortement sa réponse hydrologiques, et notamment le régime des écoulements en période de crue ou d'étiage. Il est donc intéressant de qualifier leurs paramètres, par des termes simples qui permettront la schématisation du bassin versant. (Benhazil 2011).

Ces caractéristiques s'expriment principalement par la forme et le relief du bassin versant ainsi que ceux de son réseau hydrographique. A cet effet une étude a été consacrée aux différents paramètres géomorphologies dans ce présent chapitre, afin de caractériser notre bassin d'étude.

I. GEOMETRIE DU BASSIN VERSANT CONTROLE PAR LE BARRAGE EL IZDIHAR

L'analyse globale du relief à l'échelle de la Région de Sidi Abdelli, a été effectuée grâce à la visualisation d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT) traité avec un Système d'Information Géographique : QGIS 2.18.28 (Las palmas) (Fig. 7).

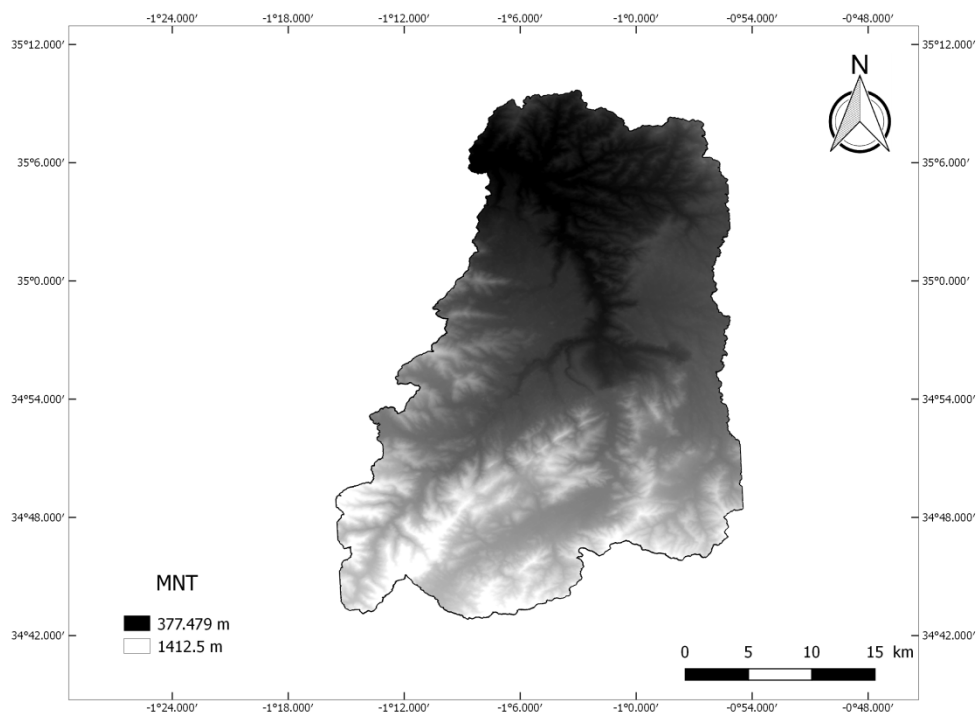


Figure 7 : Le modèle numérique terrain (MNT) du bassin versant contrôlé par le barrage El Izdihar

1. La forme du Bassin versant contrôlée

1.1. Surface et Périmètre

La surface est la portion du plan délimitée par des lignes de crête, ou contour du bassin, et le périmètre est la longueur de la ligne de contour du bassin. (Kaddour 2016)

La superficie et le périmètre du bassin versant contrôlé par le barrage d'EL IZDIHAR sont respectivement de 1034.61 Km² et de 203.40 Km.

1.2. Coefficient de compacité (Indice de Gravelius)

Il existe différents indices morphologiques permettant de caractériser le milieu, mais aussi de comparer les bassins versants entre eux. Citons à titre d'exemple l'*indice de compacité de Gravelius*(1914) K_G , défini comme le rapport du périmètre du bassin au périmètre du cercle ayant la même surface.

Avec :

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{A\pi}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

K_G : Coefficient de Gravelius.

P : Le périmètre du bassin.

A : La surface du bassin.

Cet indice est proche de 1 pour un bassin versant de forme quasiment circulaire et supérieur à 1 lorsque le bassin est de forme allongée. (Musy 2005)

Dans le cas de notre bassin d'étude, le Kc est égale à 1.77, cette valeur montre que le bassin du barrage d'El Izdihar est de forme allongée

1.3. Rectangle équivalent

Cette notion a été introduite par M.Roche pour pouvoir comparer les bassins entre eux du point de vue de l'influence de leurs caractéristiques géométriques sur l'écoulement.

On suppose que l'écoulement sur le bassin est le même que sur le rectangle, de même superficie, ayant le même indice de Gravelius, la même répartition hypsométrique et la même distribution des sols, de la végétation et la densité de drainage.

Le bassin versant rectangulaire résulte d'une transformation géométrique du bassin réel : le bassin devient un rectangle, les courbes de niveau des droites parallèles à petites cotes de rectangles équivalant et l'exutoire un des petites côtes du rectangle.

$$L = \frac{Kc \times \sqrt{A}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kc}\right)^2} \right]$$

$$l = \frac{Kc \times \sqrt{A}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kc}\right)^2} \right]$$

Avec :

L : Longueur du rectangle équivalent.

l : Largeur du rectangle équivalent.

Kc : Le coefficient de Gravelius.

Pour ce qui est du bassin versant contrôlé par le barrage El Izdihar, la longueur équivalente L est de 90.52 Km et la largeur équivalente est de 11.13Km, ce qui confirme la forme allongée du bassin.

2. Caractérisation topographique : Etude du relief

Le relief joue un rôle important dans le comportement hydrologique du bassin versant.

L'influence du relief sur l'écoulement se conçoit aisément, car de nombreux paramètres hydrométéorologiques varient avec l'altitude (précipitations, températures...) et la morphologie du bassin. En outre, la pente influe sur la vitesse d'écoulement, le temps de concentration des eaux, et le taux d'infiltration.

Le relief se détermine au moyen d'indices suivants :

2.1. Répartition altimétrique

Elle est déterminée à partir des surfaces partielles situées entre deux courbes de niveau voisines.

Le tableau 4 et la figure 8, regroupent la répartition sélectionnée pour notre bassin versant d'étude.

Tableau 4 : Répartition altimétrique du bassin versant contrôlé par le barrage El Izdihar

Tranches d'altitudes (m)	A _i (Km ²)	A _i (%)	A _i cumulées (Km ²)	A _i cumulées (%)
≤ 404	4.16	0.39	1058.65	100
404-504	168.24	15.89	1054.48	99.60
504-604	135.81	12.82	886.24	83.71
604-704	166.14	15.69	750.43	70.88
704-804	99.73	9.42	584.28	55.19
804-904	89.45	8.45	484.55	45.77
904-1004	95.61	9.03	395.09	17.32
1004-1104	86.52	8.17	299.48	28.28
1104-1204	84.98	8.02	212.96	20.11
1204-1304	63.15	5.96	127.98	12.08
1304-1404	39.93	3.77	64.82	6.12
1404-1504	19.38	1.83	24.88	2.35
1504-1604	5.34	0.5	5.50	0.51
≥1604	0.15	0.01	0.15	0.01

2.2. Le cadre hypsométrique

La carte hypsométrique donnera une idée sur la proportion des tranches d'altitudes qui procure une importance capitale pour les études hydrologiques du fait que la plupart des facteurs météorologiques et hydrologiques sont influencés par l'altitude. (Kaddour 2016)

L'analyse de la carte hypsométrique illustrée en figure8 indique que la tranche d'altitude 404 et 904 m couvre environ 63% de la surface totale du bassin. Cette partie est caractérisée par une pente assez faible (Fig.8 et 9), alors que la tranche restante 904-1604m, distinguée par des courbes de niveau plus serrées, affirme une pente plus importante en amont du bassin d'étude.

La courbe hypsométrique fournit une vue synthétique de la pente du bassin donc du relief. Elle représente la répartition de la surface du bassin versant en fonction de son altitude. Elle porte en abscisse la surface (ou le pourcentage de surface) du bassin qui se trouve au-dessus (ou au-dessous) de l'altitude représentée en ordonnée. (Musy 2005).

La figure 9, présentant la courbe hypsométrique du bassin versant d'étude, démontre que le relief à une forme convexe, indiquant un état d'équilibre du bassin versant contrôlé par le barrage El Izdihar.

D'après l'histogramme des fréquences altimétriques du bassin versant contrôlé par le barrage El Izdihar (Fig.10), nous remarquons que la tranche 404-504 occupe la surface partielle maximale avec une valeur de 15.89 Km².

2.3.Les altitudes

2.3.1. Altitude maximale et minimale

L'altitude maximale représente le point le plus élevé dans le bassin versant, il est de 1612m, par contre, celle du minimale qui représente le point le plus bas dans ce bassin est de 377m.

2.3.2. Altitude moyenne

C'est l'altitude qui correspond à la moyenne de la courbe hypsométrique. Elle est définie par la relation suivante, en se basant sur les données du tableau 5

$$H_{moy} = \sum \frac{A_i \cdot h_i}{A}$$

Avec : H_{moy} : Altitude moyenne du bassin (m).

A_i : Aire comprise entre deux courbes de niveau (Km²).

h_i : Altitude moyenne entre deux courbes de niveau (m).

A : superficie totale du bassin versant (Km²).

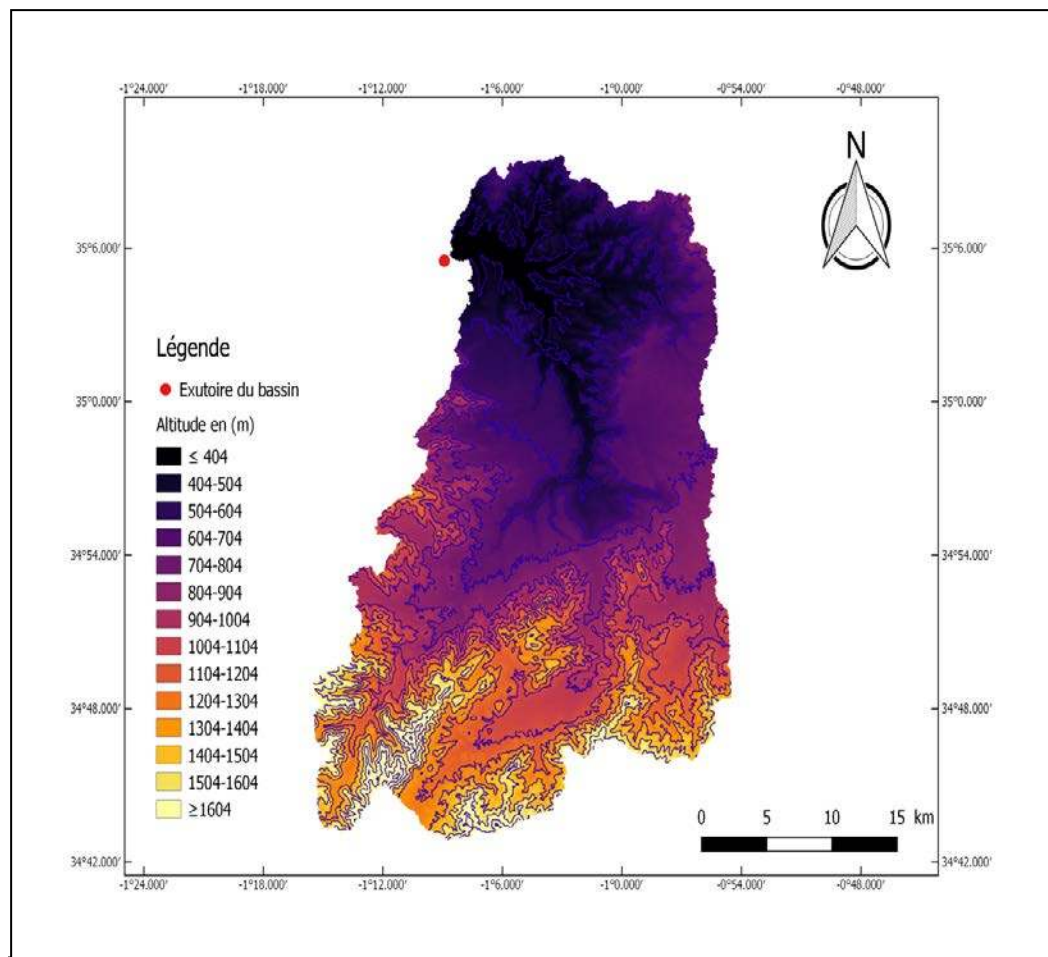


Figure 8: Carte hypsométrique du bassin versant contrôlé par le barrage EL IZDIHAR

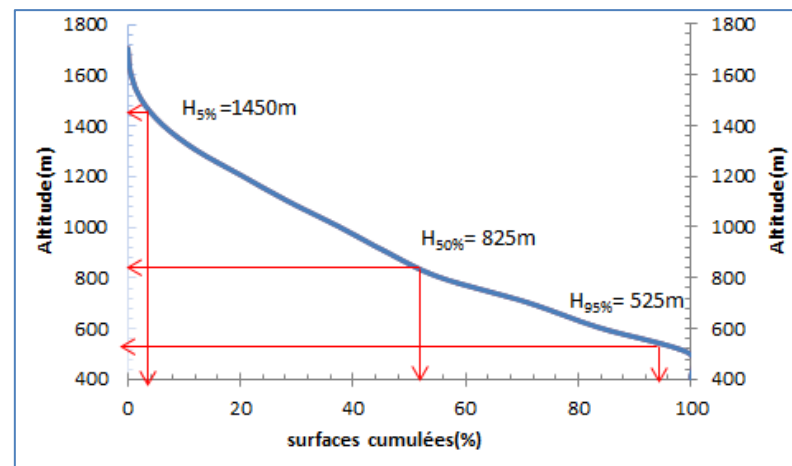


Figure 9 : La courbe hypsométrique

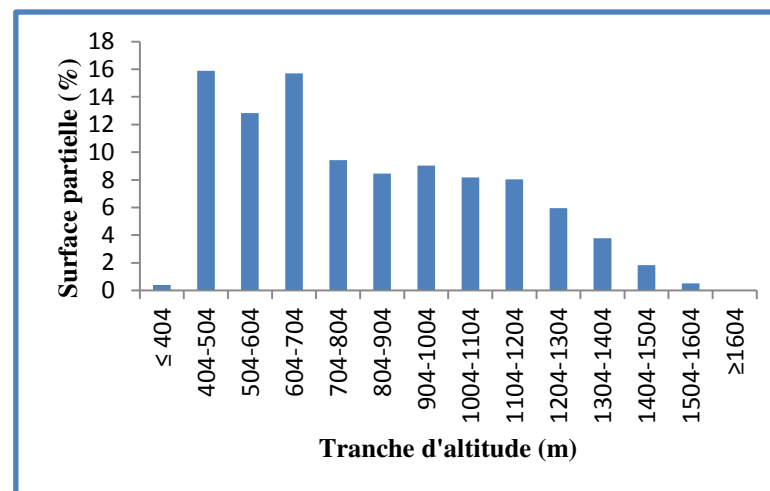


Figure 10 : Histogrammes des fréquences altimétriques du bassin versant de barrage EL IZDIHAR

Tableau 5: Calcul de l'altitude moyenne du bassin versant contrôlé par le barrage EL IZDIHAR

Tranches d'altitudes (m)	A_i (Km ²)	h_i (m)	$A_i \cdot h_i$ (m.Km ²)	$\frac{A_i \cdot h_i}{A}$ (m)	
≤ 404	4.16	202	840.32	0.81	
404-504	168.24	454	76380.96	73.82	
504-604	135.81	554	75238.74	72.72	
604-704	166.14	654	108655.56	105.02	
704-804	99.73	754	75196.42	72.68	
804-904	89.45	854	76390.3	73.83	
904-1004	95.61	954	91211.94	88.16	
1004-1104	86.52	1054	91192.08	88.14	
1104-1204	84.98	1154	98066.92	94.78	
1204-1304	63.15	1254	79190.1	76.54	
1304-1404	39.93	1354	54065.22	52.25	
1404-1504	19.38	1454	28178.52	27.23	
1504-1604	5.34	1554	8298.36	8.02	
≥ 1604	0.15	802	120.3	0.11	Somme=834.15

L'altitude moyenne est donc égale à 834.15m.

2.3.3. Altitude médiane

L'altitude médiane représente l'altitude correspondant à 50% de la surface du bassin sur la courbe hypsométrique, elle est égale à 825m (Tab. 6). Cette grandeur se rapproche de l'altitude moyenne dans le cas où la courbe hypsométrique du bassin concerné présente une pente régulière.

Tableau 6: Altitudes caractéristiques du bassin versant de barrage IZDIHAR.

Altitude médiane (m)	Altitude moyenne (m)	$H_{5\%}$ (m)	$H_{95\%}$ (m)	Altitude la plus fréquente (m)
825	834.15	1450	525	404-504

2.4. Etude de pente

2.4.1. Indice global de pente

D'après la carte de pente que nous avons établie (Fig. 11), on constate que les pentes du relief varient entre 0 et 30°, avec des degrés maximales en amont du bassin, donc fort ruissèlement) et les plus faibles en aval (ruissèlement faible).

Cet indice est déterminé à partir de la connaissance de la répartition hypsométrique du bassin. Sur la courbe hypsométrique déjà tracé, on prend les points tels que la surface supérieure ou inférieure soit égale à 5% de la surface totale. Il est donné par la formule :

$$I_G = \frac{D}{L}$$

Avec : D : dénivelée(m), $D=H_{5\%} - H_{95\%}$. Equivalent à $D= 925m$.

L : longueur du rectangle équivalent (km).

L'indice global de pente est égal à 10.21 m/Km

2.4.2. Dénivelée spécifique ‘D_s’

La dénivelée spécifique donne sur le relief d'un bassin versant d'après la classification de l'ORSTOM, elle est calculée par la formule suivante

$$D_s = I_G \sqrt{A}$$

Avec : I_G : Indice global de pente (m/km).

A : Superficie du bassin versant (km²).

$D_s = 328.40 m$.

A partir de la dénivelée spécifique et le tableau de classement du relief à partir de la D_s (Tab. 7), nous concluons que le bassin versant contrôlé est un relief fort.

Tableau 7 : Classement du relief à partir de la dénivelée spécifique selon la classification de l'ORSTOM Relief

Relief	Valeur de D_s (m)
Très faible	$D_s < 10$
faible	$10 < D_s < 25$
Assez faible	$25 < D_s < 50$
Modéré	$50 < D_s < 100$
Assez fort	$100 < D_s < 250$
Fort	$250 < D_s < 500$
Très fort	$D_s > 500$

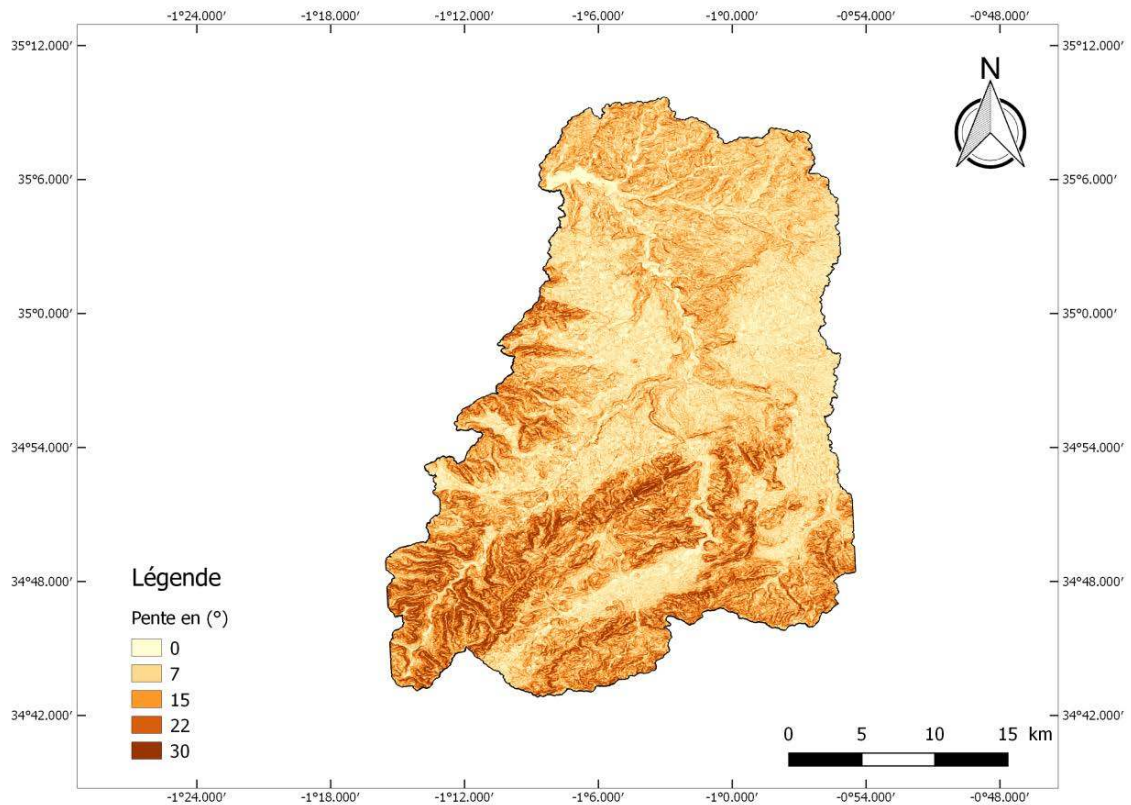


Figure 11 : La carte de pente

II. GEOMETRIE DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE

Le réseau hydrographique se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement. Le réseau hydrographique est sans doute une des caractéristiques les plus importantes du bassin versant. Le réseau hydrographique peut prendre une multitude de formes. La différenciation du réseau hydrographique d'un bassin est due à quatre facteurs principaux : la géologie, le climat et pente du terrain, en plus de la présence humaine. (Musy 2005).

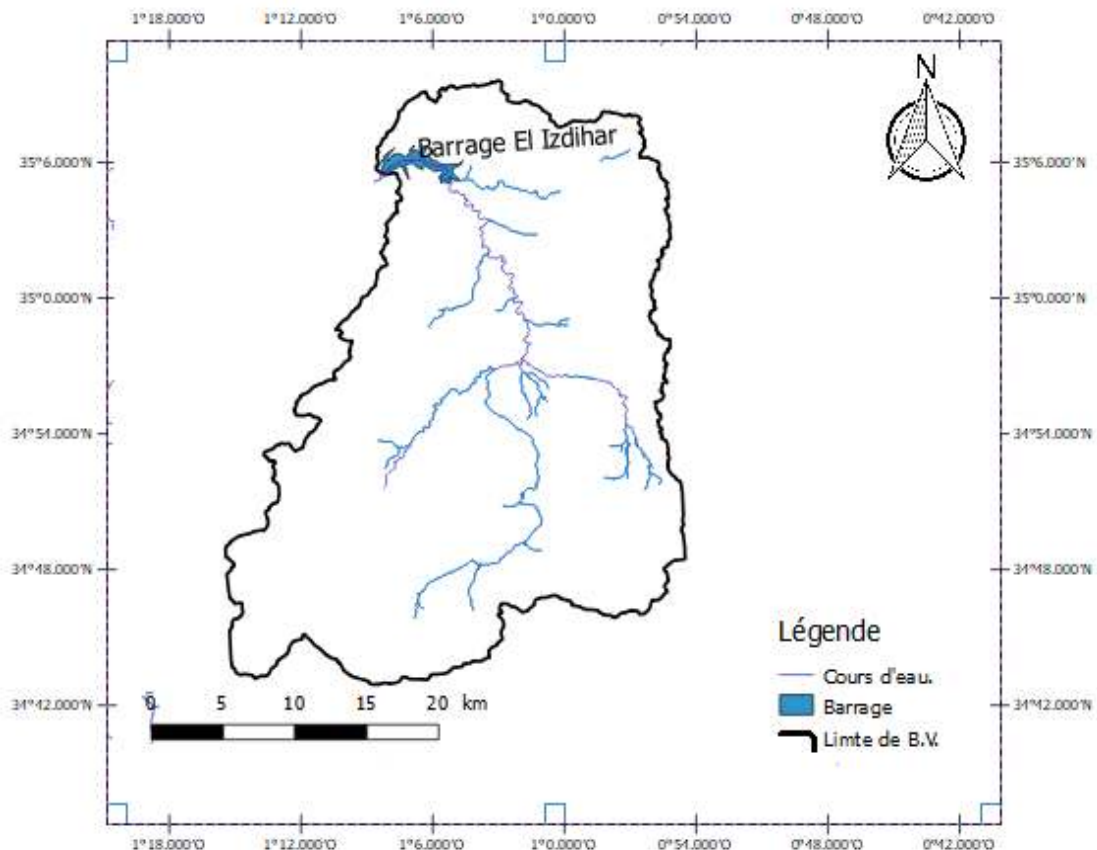


Figure 12 : La carte du réseau hydrographique

Le réseau hydrographiques du bassin versant contrôlé par le barrage El Izdihar est composé par l'Oued principal d'Isser capté par la digue du barrage, et d'une série tributaires : Oued Chouly, Oued Mimoun et Oued Bouhadi. (Fig.12).

1. Classification des talwegs (Classification de Strahler)

La détermination des caractéristiques du réseau hydrographique est basée sur la méthode définie par R.Horton modifiée par Strahler et Schumm dans laquelle il est indiqué que tout cours d'eau sans affluents est d'ordre 1.

La codification des cours d'eau est également utilisée pour la codification des stations de mesures, permettant ainsi un traitement automatisé des données. Il existe plusieurs types de classifications des tronçons des cours d'eau, dont la classification de Strahler (1957) qui est la plus utilisée. Cette classification permet de décrire sans ambiguïté le développement du réseau de drainage d'un bassin de l'amont vers l'aval. Elle se base sur les règles suivantes :

- Tout cours d'eau dépourvu de tributaires est d'ordre un.
- Le cours d'eau formé par la confluence de deux cours d'eau d'ordre différent prend l'ordre du plus élevé des deux.
- Le cours d'eau formé par la confluence de deux cours d'eau du même ordre est augmenté de un. (Musy.2005)

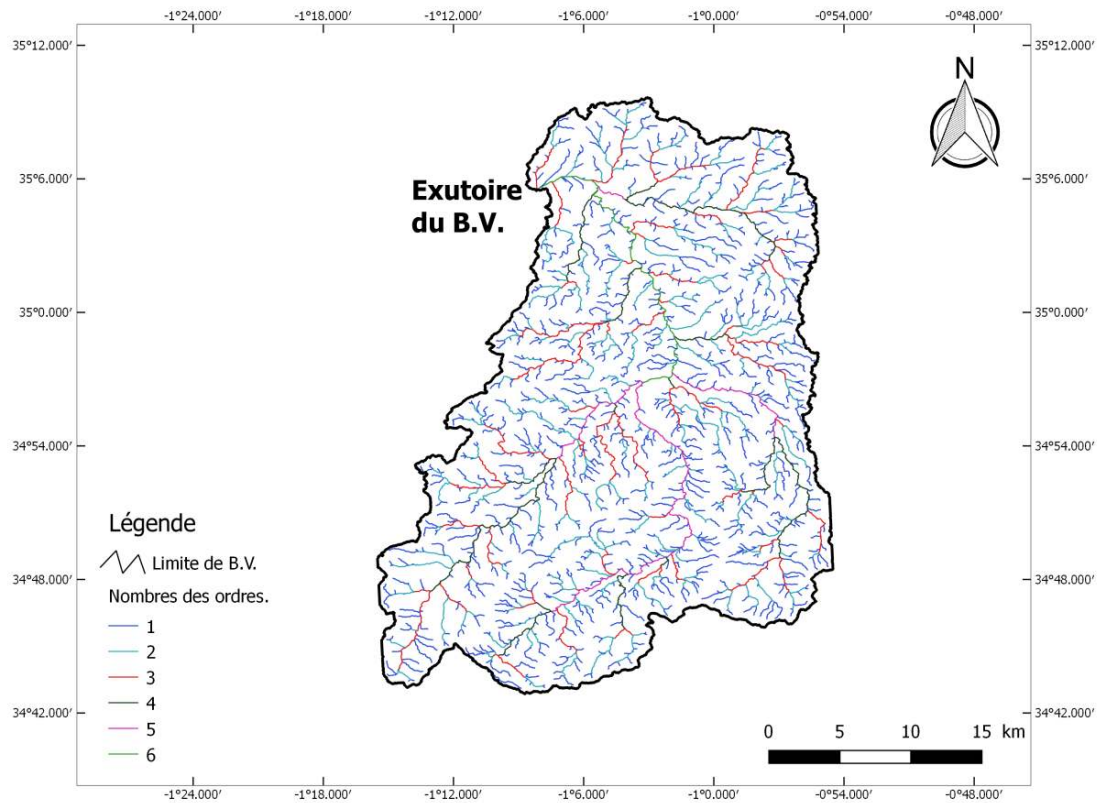


Figure 13 : La carte de la classification des talwegs selon Strahler

L'analyse hydrographique selon la classification de Strahler (Carte et calcul), réalisée par le logiciel QGIS (Fig.13 et Tab. 8), montre que le réseau du bassin d'oued Isser est d'ordre 6.

Tableau 8 : Classification des talwegs selon Strahler.

Ordre	Nombre	Longueur totale (Km)	Longueur moyenne 'Lu'(km)	Log nombre	Log 'Lu'
1	1600	824	0.51	3.2	2.91
2	478	394.48	0.82	2.67	2.59
3	274	206.87	0.75	2.43	2.31
4	140	100.76	0.71	2.14	2.00
5	95	60.49	0.63	1.97	1.78
6	49	28.66	0.58	1.69	1.45

2. Degré de développement du réseau

2.1. Densité de drainage

La densité de drainage permet l'identification du chevelu hydrographique d'un bassin versant. Elle est définie comme étant la somme des longueurs de thalwegs drainant sur la surface du bassin versant. Elle est exprimée par l'équation :

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A}$$

Avec :

D_d : Densité de drainage (Km/Km²).

L_i : Longueur cumulée de tous les thalwegs du bassin (Km).

A : Aire du bassin (Km²).

$$D_d = 1.56 \text{ Km/Km}^2.$$

2.2. Densité hydrographique

La fréquence ' F ' des cours d'eau est obtenue à partir du rapport du nombre des cours d'eau à la surface totale du bassin :

$$F = \frac{\sum N_i}{A}$$

Avec :

F : Densité hydrographique (Km⁻²).

$\sum N_i$: Nombre des cours d'eau.

A : Aire du bassin (Km²).

$$F = 2.54$$

2.3. Rapport de confluence

Le rapport de confluence exprime le développement du réseau de drainage, il varie suivant l'ordre considéré, c'est un élément important à considérer pour établir des corrélations d'une région à une autre.

$$R_c = \frac{N_u}{N_{(u+1)}}$$

Avec :

N_u : Nombre de cours d'eau d'ordre ' u '.

$N_{(u+1)}$: Nombre de cours d'eau d'ordre suivant.

u : Ordre d'un cours d'eau ; u varie entre '1' et 'w' (w est l'ordre du cours d'eau principal, classification de Srahler).

Les résultats de calcul des rapports de confluence sont résumés au tableau ci-dessous :

Tableau 9: Rapport de confluence.

Ordre	nombre	Rc
1	1600	$R_{c1}=N_1/N_2=1600/478= 3.34$
2	478	$R_{c2}=N_2/N_3=478/274= 1.74$
3	274	$R_{c3}=N_3/N_4=274/140=1.95$
4	140	$R_{c4}=N_4/N_5=140/95=1.47$
5	95	$R_{c5}=N_5/N_6=95/49=1.93$
6	49	$R_c= (R_{c1}+R_{c2}+R_{c3}+R_{c4}+R_{c5})/5=2.08$

Le rapport de confluence peut être aussi déterminé grâce à la pente de la régression linéaire. En reportant sur un papier semi logarithmique (Fig.14) le nombre des thalwegs ‘ N_u ’ en ordonnée et l’ordre des cours d’eau ‘ u ’ en abscisse, on obtient une droite dont l’équation est de la forme suivante : $\text{Log } N_u = ax+b$.

$$\text{Avec la pente : } a = \frac{\text{Log}(1000) - \text{Log}(100)}{4.4 - 1.2} = 0.3$$

La valeur de la pente ‘ a ’ de la droite donne la valeur moyenne du rapport confluence sur l’ensemble du bassin.

On a : $a = \text{Log } R_c$ donc $R_c = 10^a = 10^{0.3}$

$$R_c = 1.99$$

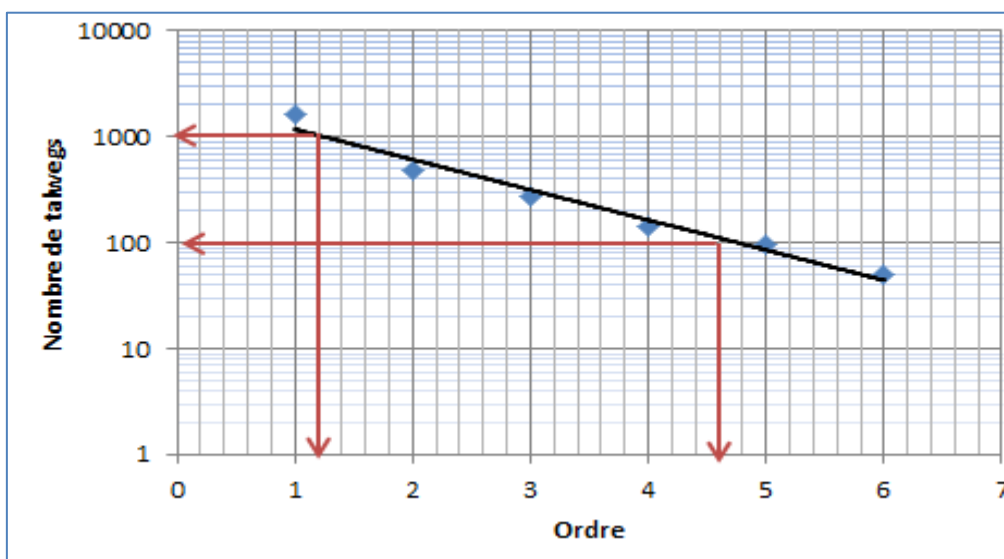


Figure 14: Droite représentative du Nombre de thalwegs en fonction de l’ordre

2.4. Rapport des longueurs

$$R_L = \frac{L_u}{L_{(u-1)}}$$

Avec :

L_u : Longueur moyenne des cours d’eau d’ordre u .

$L_{(u-1)}$: Longueur moyenne des cours d’eau d’ordre $u-1$.

u : Ordre d'un cours d'eau.

La longueur moyenne des cours d'eau d'ordre u , est la variation de la longueur totale des cours d'eau d'ordre u par le nombre de cours d'eau de cet ordre.

Le tableau 10 présente les résultats de calcul des rapports des longueurs du réseau hydrographique du bassin versant d'étude :

Tableau 10: Rapport des longueurs.

Ordre	Longueur	R_L
6	28.66	$R_{L6}=L_6/L_5=28.66/60.49=0.47$
5	60.49	$R_{L5}=L_5/L_4=60.49/100.76=0.60$
4	100.76	$R_{L4}=L_4/L_3=100.76/206.76=0.48$
3	206.87	$R_{L3}=L_3/L_2=206.87/394.48=0.52$
2	394.48	$R_{L2}=L_2/L_1=394.48/824=0.47$
1	824	$R_L=(R_{L2}+R_{L3}+R_{L4}+R_{L5}+R_{L6})/5= 0.5$

2.5.Coefficient de torrentialité :

C'est le coefficient qui tient compte à la fois de la densité de thalwegs élémentaire par la densité de drainage :

$$C_T = D_d \cdot F_1$$

Avec :

D_d : Densité de drainage (Km/Km²).

F_1 : Fréquence des thalwegs élémentaire $F_1 = N_1/A$

Ou :

N_1 : Nombre de cours d'eau d'ordre '1'

A : surface du bassin (Km²)

Donc : $N_1 = 1600$, $A = 1034.61 \text{ Km}^2$

$F_1 = 1.54$ et $D_d = 1.56 \text{ Km/Km}^2$.

$C_T = 2.41$

La faible valeur du coefficient de torrentialité est liée, soit à la faiblesse des précipitations ou encore à la forte perméabilité des sols,

III. CONCLUSION

En résumé, El Izdihar barrage contrôlant un bassin versant, dont l'aire drainée S est de 1034.61 Km², la longueur du rectangle équivalent L de 90.52 km et la largeur l de 11.13 km, son périmètre est de 203.4 Km. Sa forme est allongée ($Kc = 1.77$), et son relief est fort ($250 < D_s < 500$), avec une altitude moyenne de 834.15m. les pentes varient entre 0 et 30 degrés, avec une forte incision du relief entre 400 et 1600m.

La forme générale du réseau de drainage de ce bassin est dendritique (Fig. 12), La longueur de son réseau de drainage L est de 81 km (Bouanani 2004). Le drain principal présente un développement non rectiligne et irrégulier. Ce réseau est d'ordre 6 selon la classification de Strahler.

Chapitre III :

ETUDE HYDRO-CLIMATIQUE

Les facteurs climatiques sont des phénomènes aléatoires les plus déterminants du comportement hydrologique des cours d'eau et de l'alimentation des nappes. Ils interviennent dans le bilan de l'écoulement essentiellement par les précipitations et par les températures, ils jouent un rôle capital dans le comportement hydrologique.

L'étude du climat de la zone d'étude, a été réalisée par l'utilisation des données climatiques (Précipitations et Températures) enregistrées au niveau de la station météorologique Du barrage El-Izdihar (Tab. 11), étendues sur une chronique de 11 ans (2007/08 à 2017/18).

Tableau 11 : Caractéristiques de la station météorologique de Sidi Abdelli

Latitude	longitude	altitude
35°04'52.91''N	1°08'40.02''O	535m

I. PARAMETRES CLIMATIQUES

1. Précipitations

1.1. Variabilité interannuelle des précipitations

Le tableau ci-dessous (Tab.12), et la figure 15, représentent la variation des données de précipitation annuelles de la série d'étude (2007/08-2017/18)

Tableau 12: Valeurs des précipitations annuelles au niveau de la station de Sidi Abdelli (2007/08-2017/18)

Année	Précipitations (mm)	Année	Précipitations (mm)
2007/08	539.2	2013/14	513.3
2008/09	1369.8	2014/15	481.2
2009/10	693.1	2015/16	337.1
2010/11	388.9	2016/17	376.1
2011/12	391.6	2017/18	505.6
2012/13	644.3	Moyenne interannuelle (mm)	
		567.29	

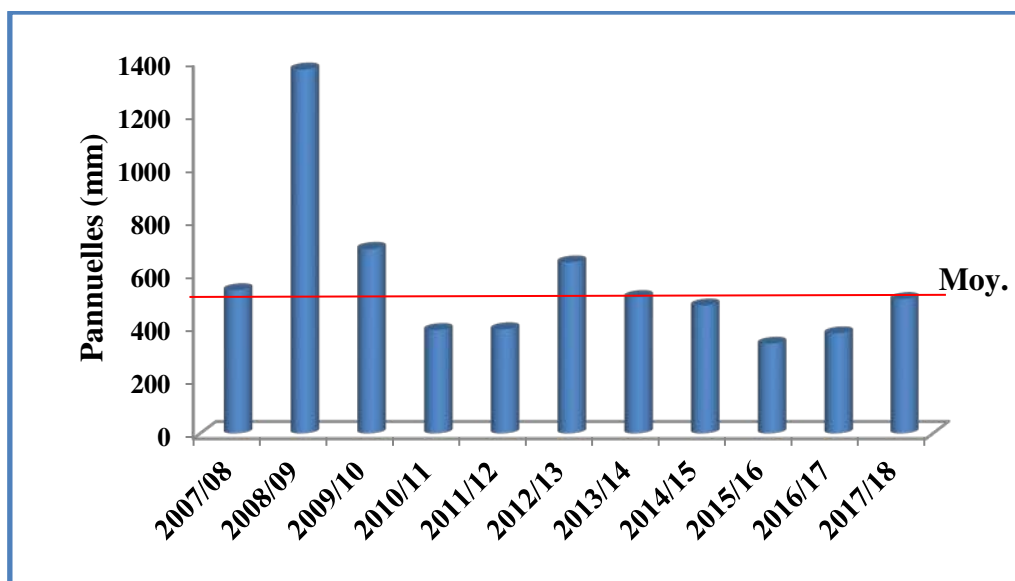


Figure 15 : Histogramme des précipitations annuelles (2007/08-2017/18)

L'analyse de l'histogramme des variations annuelles des précipitations effectuée sur cette période de 11 ans (Fig. 15), montre que :

- ✓ La moyenne interannuelle est égale à 567.29 mm.
- ✓ L'année 2008/09 est la plus pluvieuse, avec des précipitations de 1369.8 mm
- ✓ L'année 2015/16 est la plus sèche, avec une valeur de 337.1 mm.

1.2. Précipitations moyennes mensuelles

Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles enregistrées à la station du Barrage EL IZDIHAR durant la période (2007/08 à 2017/18) sont représentées en Annexe II.1.

Les variations des précipitations moyennes mensuelles de la chronique de 11 ans, sont présentées au tableau 13, et la figure 16.

Tableau 13: Variation des précipitations moyennes mensuelles

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
P (mm)	22.20	40.93	69.05	73.64	76.86	64.05	44.11	34.67	24.29	4.38	0.91	3.43

La pluviométrie moyenne mensuelle maximale est enregistrée au mois de Janvier, avec une valeur de 76.86 mm. La valeur minimale est de 0.91 mm, relevée au mois de Juillet.

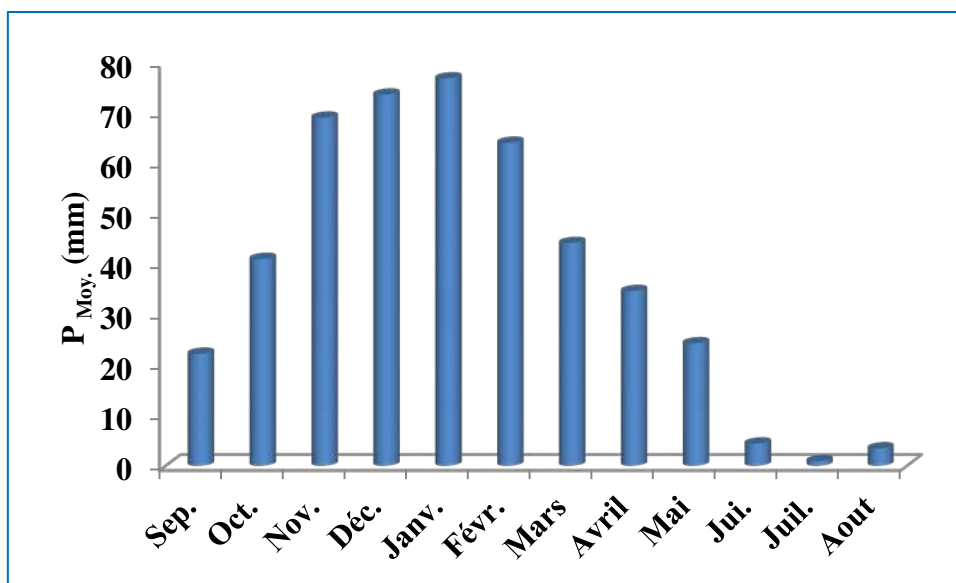


Figure 16: Histogramme des précipitations moyennes mensuelles

1.3. Précipitations moyennes saisonnières

Le tableau 14 notifie les valeurs des précipitations moyennes mensuelles et saisonnières de la chronique d'étude (11 ans).

Tableau 14 : Répartition pluviométrique mensuelle et saisonnière des pluies (2007/08 – 2017/18)

	Automne			Hiver			Printemps			Été		
Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
P (mm)	22.20	40.93	69.05	73.64	76.86	64.05	44.11	34.67	24.29	4.38	0.91	3.43
	132.18			214.55			103.07			8.72		

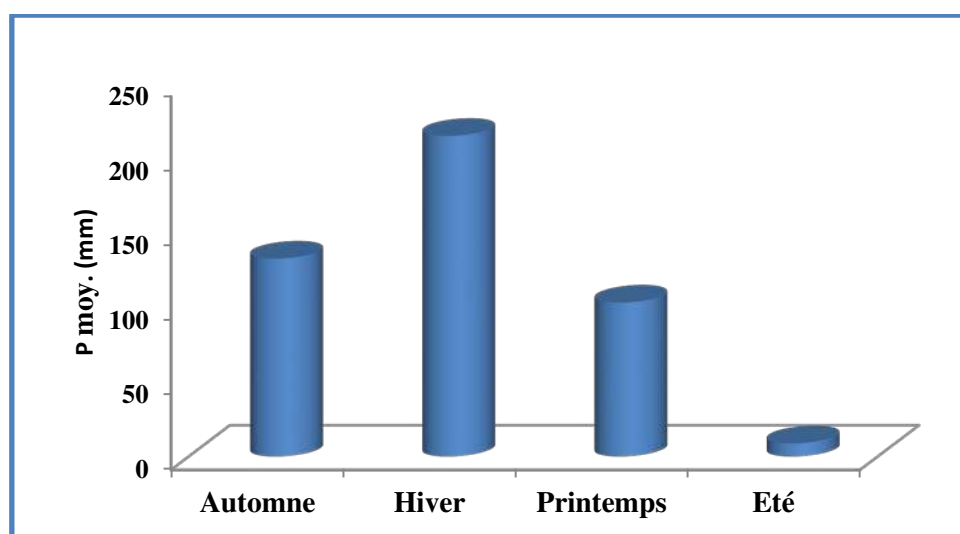


Figure 17: Histogramme des précipitations moyennes saisonnières

Le tableau 14 et la figure 17 montrent que :

- L’hiver est la saison la plus humide (214.55 mm).
- L’été est la plus sèche (8.72 mm).

2. Températures

2.1. Températures moyennes annuelles

Les variations des températures moyennes annuelles sont consignées sur le tableau 15 et la figure 18 :

Tableau 15: Variation des températures moyennes annuelles (2007/08-2017/18)

Année	Température (°C)	Année	Température (°C)
2007/08	13.76	2013/14	14.25
2008/09	18.26	2014/15	19.63
2009/10	24.58	2015/16	18.24
2010/11	18.49	2016/17	13.53
2011/12	14.23	2017/18	11.86
2012/13	21.15	Moyenne interannuelle (°C) 17.09	

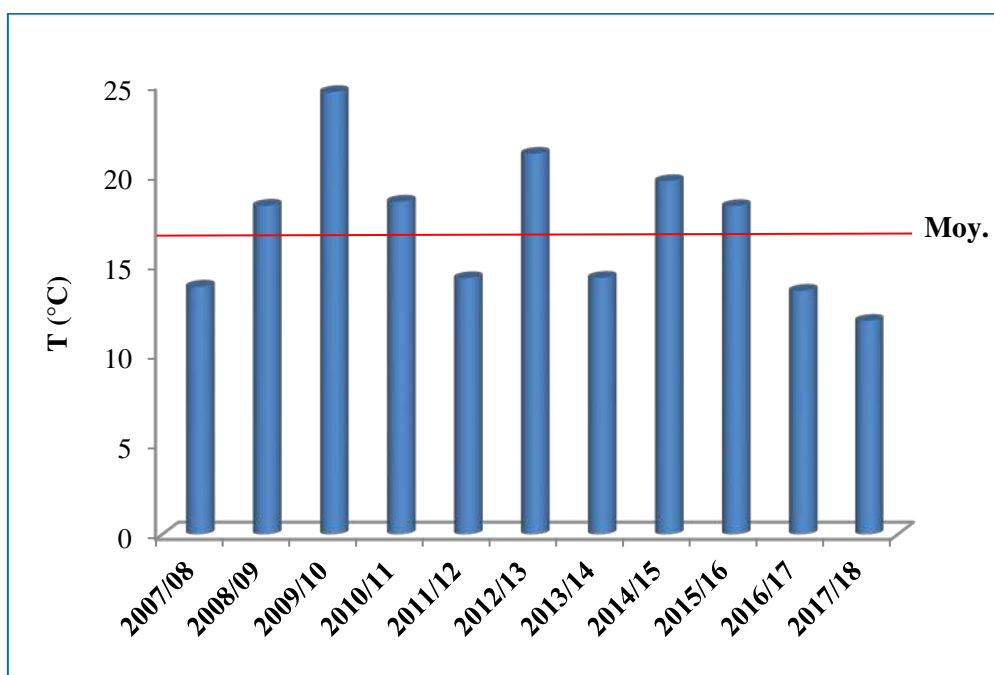


Figure18 : Histogramme des variations des températures moyennes annuelles(2007/08-2017/18)

L’histogramme des variations de la température moyenne annuelle de la période de 11 ans, indique que : la maximale des températures moyennes (21.15 °C), est enregistrée en année hydrologique 2012/13, la minimale (11.86°C), en année 2017/2018, et la moyenne interannuelle est égale à 17.09°C.

2.2.Températures mensuelles

Les valeurs de températures mensuelles moyennes, maximales et minimales, sont affichées au tableau 16 et la figure 19.

Tableau 16: Variation des températures mensuelles (moyennes, maximales et minimales) (2007/08-2017/18)

	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
T Moy(°C)	23.8	17.14	14.32	11.12	9.25	9.42	12.18	16.65	20.14	25.1	29.27	30.25
T Max (°C)	28.40	21.24	20.05	17.19	14.75	14.60	17.22	23.98	26.14	30	34.84	35.60
T Min (°C)	16.97	9.3	6.95	5.33	3.46	4.3	5.56	11.1	14.59	17.73	21.57	24.29

On remarque que :

*Le mois le plus chaud est Août, avec une valeur maximale de 35.6°C,

*Le mois le plus froid est Janvier, avec une valeur minimale de 3.46°C.

*Les températures moyennes mensuelles de cette chronique, varient entre 9.25 °C (Janvier) et 30.25 °C (Aout).

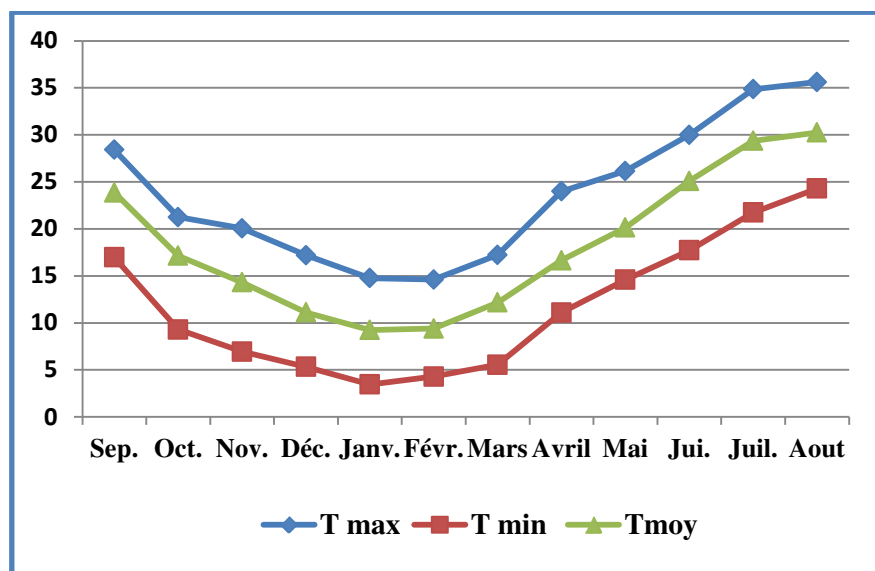


Figure 19 : Variation des températures mensuelles (moyennes, maximales et minimales)

3. L'évapotranspiration

En hydrologie, l'évapotranspiration (ET) est le terme qui regroupe les deux processus l'un physique : l'Evaporation des surfaces (Sols nus, lacs, mers, Oueds) et l'autre biologique : la

transpiration des plantes. Empiriquement, ce paramètre se calcule soit en valeur potentielle, appelée aussi de référence (ETP) où en valeur réelle (ETR).

3.1.L'évapotranspiration potentielle (ETP)

ETP est des pertes en eau par évaporation et transpiration d'une surface de gazon de hauteur uniforme, couvrant totalement le terrain, en pleine période de croissance, recouvrant complètement le sol et abondamment pourvue en eau. (Musy 2005)

Son estimation s'effectue par l'utilisation de la formule de Thornthwaite (1944) qui s'exprime comme suit :

- Formule de Thornthwaite(1944) :

$$E.T.P \text{ (mm)} = 16\left(\frac{10T}{I}\right)^a \times F$$

- ETP(m) : l'évapotranspiration moyenne du mois (mm),
- T : moyenne interannuelle des températures du mois (°C),
- a : $0.016 \times I + 0.5$
- I : indice thermique annuel : $I = \sum_{m=1}^{12} i(m) i(m) = \left[\frac{T(m)}{5}\right]^{1,514}$
- k : facteur correctif fonction du mois (m) et de la latitude

ETP corrigée annuelle est égale à 946.59mm

Nous constatons que les précipitations moyennes mensuelles sont supérieures à l'ETP, entre le mois de Novembre au mois de Mars (Tab. 17), caractérisés par leurs pluviosités abondantes et leurs températures faibles.

Tableau 17: Résultats des calculs de l'ETP, selon Thornthwaite

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
T (°C)	23.87	17.14	14.32	11.12	9.25	9.42	12.18	16.65	20.14	25.1	29.27	30.25
i	10.66	6.43	4.90	3.34	2.60	2.53	3.83	6.17	8.21	11.50	14.57	15.26
a	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93
P (mm)	22.20	40.93	69.05	73.64	76.86	64.05	44.11	34.67	24.29	4.38	0.91	3.43
ETP (mm) non corrigé	104.95	55.22	39.15	23.85	17.25	16.26	28.55	52.45	75.22	115.11	156.54	165.94
k	1.03	0.97	0.86	0.85	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16
ETP (mm) corrigé	108.09	53.56	33.67	20.27	15.01	14.12	29.41	57.17	91.01	139.28	192.54	192.49

3.2.L'évapotranspiration réelle (ETR)

C'est la somme des quantités de vapeur d'eau évaporées par le sol et par les plantes quand le sol est à son humidité spécifique actuelle et les plantes à un stade de développement physiologique et sanitaire réel. (Musy 2005).

Le calcul de l'ETR peut se faire à partir de plusieurs formules. On a choisi la formule de Turc et formule de Coutagne.

3.2.1. Formule de Turc

$$ETR = P/(0.9+P^2/L^2)^{0.5}$$

ETR : Evapotranspiration réelle annuelle (mm/an).

P : Précipitations moyennes annuelles (mm/an).

T : Température moyenne annuelle (°C).

Avec : $L = 300 + 25T + 0.05T^3 = 976.82$ et $L^2 = 954177.31$, $P = 567.29\text{mm}$ et $T = 17.09^\circ\text{C}$

L'application de cette méthode sur les paramètres climatiques de la région d'étude nous a permis de constater que l'évapotranspiration réelle annuelle est de 453.83 mm.

L'application de la formule de Turc a donné une valeur d'ETR légèrement égale aux précipitations, ce qui conduit à un léger excédent couvrant la période (2007/08 – 2017/13).

3.2.2. Formule de Coutagne

La formule s'établit comme suit :

$$\checkmark \quad ETR = P - \lambda P^2$$

$$\checkmark \quad \lambda = 1 / (0.8 + 0.14T) = 1 / (0.8 + 2.3926) = 0.31$$

Avec comme condition d'application ; $1/8 \lambda < P < 1/2 \lambda$.

P:Précipitations moyennes annuelles(m).

T : Température moyenne annuelle (°C).

λ : Facteur, fonction de la température.

ETR : Evapotranspiration réelle (m/an).

Le calcul a donné pour λ une valeur de 0.31 ; la condition d'application n'étant pas validée, la formule de Coutagne n'est pas applicable.

II. SYNTHESE CLIMATIQUE

La synthèse climatique repose sur deux types de méthodes :

Méthodes graphiques : permettant de visualiser l'étendue des périodes sèches et humides.

Méthodes de calcul des indices : permettent de caractériser le type du climat de la région.

Dans notre étude, nous avons utilisés ce qui suit :

1. Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Le diagramme ombrothermique (pluvio–thermique) de Bagnouls et Gausсен, est établi selon la relation $P = 2T$,

Sur le diagramme, sont reportés :

- En abscisses : les mois de l'année
- En ordonnées, à droite : les températures moyennes mensuelles, en °C
- En ordonnées, à gauche : Les précipitations moyennes mensuelles, en mm, à une échelle double de celle les températures.
- Une période sèche est définie, quand la courbe des précipitations passe au-dessous de celle des températures.
- Une période humide est définie, quand la courbe des précipitations passe au-dessus de celle des températures.

Les valeurs des précipitations et des températures moyennes mensuelles sont reportées dans le tableau suivant (Tab. 18).

Tableau 18: Valeurs moyennes mensuelles des précipitations et des températures

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
T (°C)	23.87	17.14	14.32	11.12	9.25	9.42	12.18	16.65	20.14	25.1	29.27	30.25
P(mm)	22.20	40.93	69.05	73.64	76.86	64.05	44.11	34.67	24.29	4.38	0.91	3.43

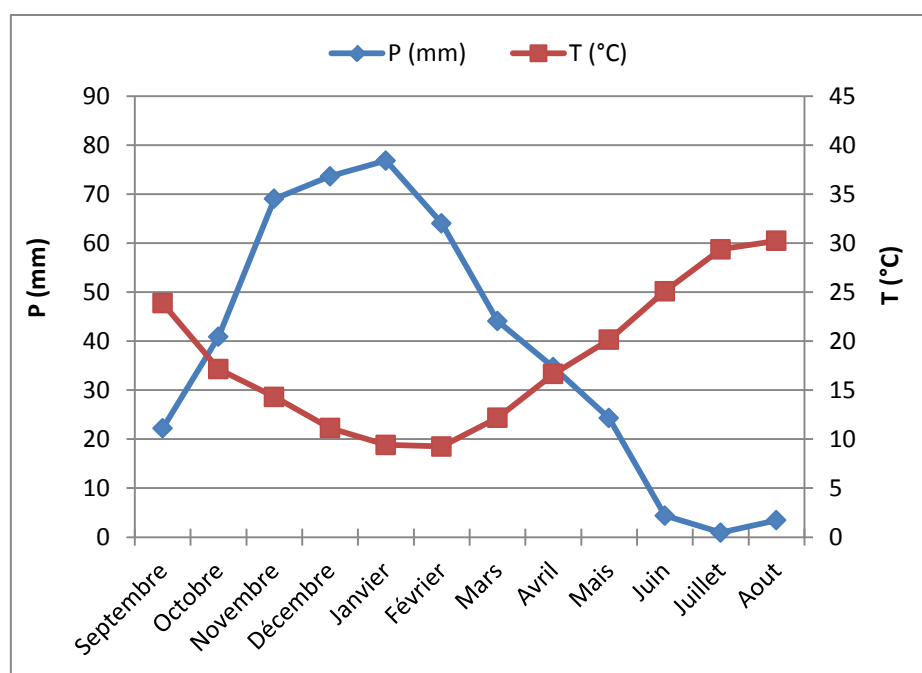


Figure 20 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен

Le Diagramme de Gausson et Bagnouls de la figure 20, établi à partir des données pluviométriques et thermiques moyennes mensuelles calculées sur une période de 11ans, expose une période humide allant du début du mois d'Octobre jusqu'à la mi-Avril, et une période sèche le reste de l'année hydrologique.

2. Indice d'aridité annuel de Martonne

Cet indice (I) est exprimé par la formule suivante :

$$I = P/T+10$$

Avec :

I : indice climatique

P : précipitations moyennes annuelles (mm)

T : température moyenne annuelle (°C)

$$I = 567.2/(17.09+10)=19.5$$

D'après la classification des climats selon les limites d'indice d'aridité annuel (Tab.19) et le Rapport sur l'abaque Fig.21) , le climat de notre secteur d'étude est de type : Semi-aride.

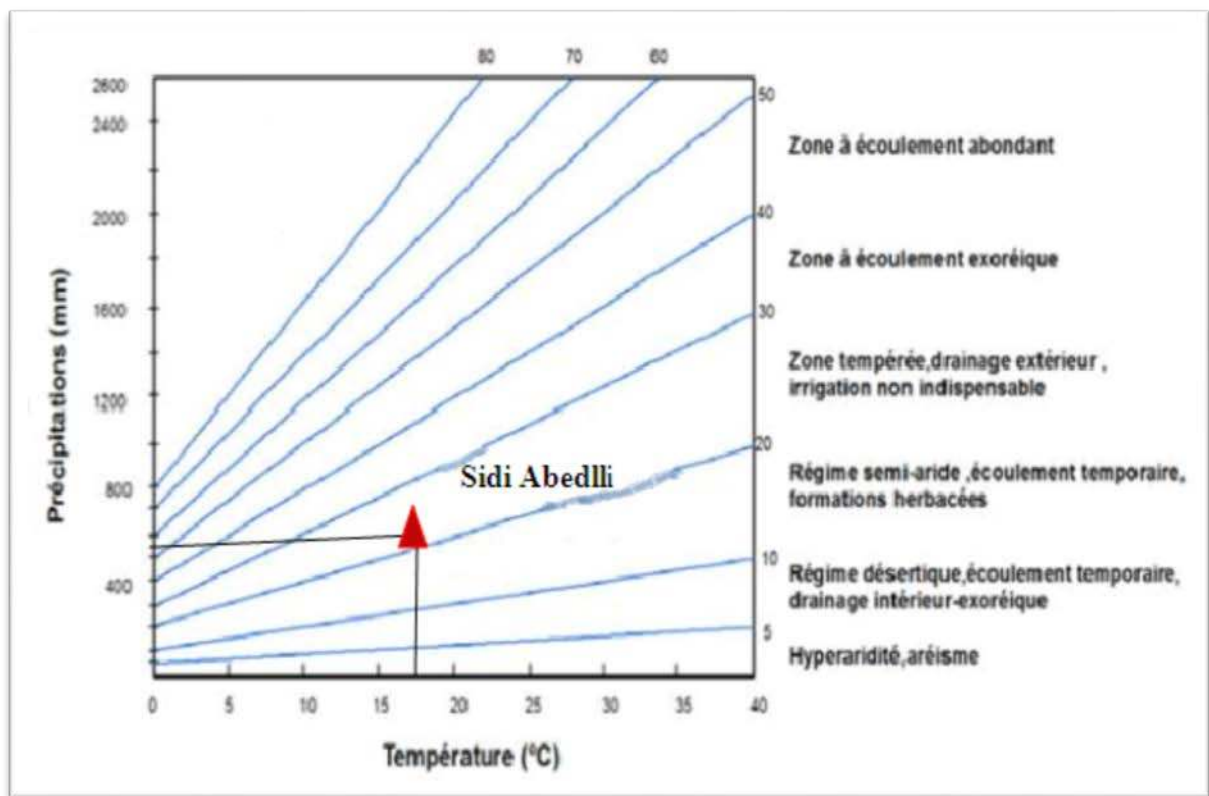


Figure 21 :L'abaque de Martonne

Tableau 19: Limites des climats d'après l'indice climatique de Martonne

Climat tempéré	$20 < I < 30$
Climat semi-aride	$10 < I < 20$
Climat steppique	$7,5 < I < 10$
Climat dessertie	$5 < I < 7,5$
Climat hyper aride	$I < 5$

3. Indices d'aridité mensuelle (i)

$$i = 12P / T + 10$$

D'où :

P : Précipitations moyennes mensuelles (mm)

T : Températures moyennes mensuelles (°C)

Les résultats de calcul de l'indice d'aridité mensuelle "i" de De Martonne, sont représentés sur le tableau 20

Tableau 20: Indice d'aridité mensuel de Martonne

(Mois)	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
(i _A)	7.86	18.09	23.07	27.7	29.9	25.57	23.86	15.61	9.67	1.49	0.27	1.02

Les résultats mentionnés au tableau ci-dessus, mettent en évidence 4 types de climat :

- Hyper-aride ($I < 5$) → mois de Juin – Juillet et Aout
- Steppique ($7.5 < I < 10$) → Mois de Mai et de Septembre
- Semi-aride ($10 < I < 20$) → Mois d'Avril et d'Octobre
- Tempéré ($20 < I < 30$) → Mois de Novembre, Décembre, Février et Mars

4. Indice de Moral

Le calcul de cet indice se fait selon l'équation suivante :

$$I_M = P / (T^2 - 10T + 200) \text{ ou}$$

P : Précipitations moyennes annuelles (mm).

T : Température moyenne annuelle (°C).

Cet indice permet de dire :

Si, $I_M < 1$ => climat sec, et si $I_M > 1$ => climat humide.

A partir de l'équation précédente, $I_M = 1.7$, donc L'indice est supérieur à 1, ce qui signifie que la zone d'étude est humide.

5. Indice d’Emberger

L’expression quotient pluviométrique appelée l’indice d’Emberger, s’exprime par :

$$Q_2 = 2000P/M^2 \cdot m^2$$

P : précipitations moyennes annuelles (mm),

M : Moyenne des maximas des températures du mois le plus chaud (°K)

m : Moyenne des minimas des températures du mois le plus froid (°K)

Avec : M = 35.6°C+273 =308.6 K°

m=3.46 °C+273= 276.46K°

$$Q_2 = 60.33$$

En rapportant cette valeur sur le diagramme d’Emberger (Fig. 22), qui comporte en ordonnées les valeurs de Q₂ et en abscisses la moyenne des minimas du mois le plus froid 3.46°C), nous pouvons constater que la région présente un climat semi aride.

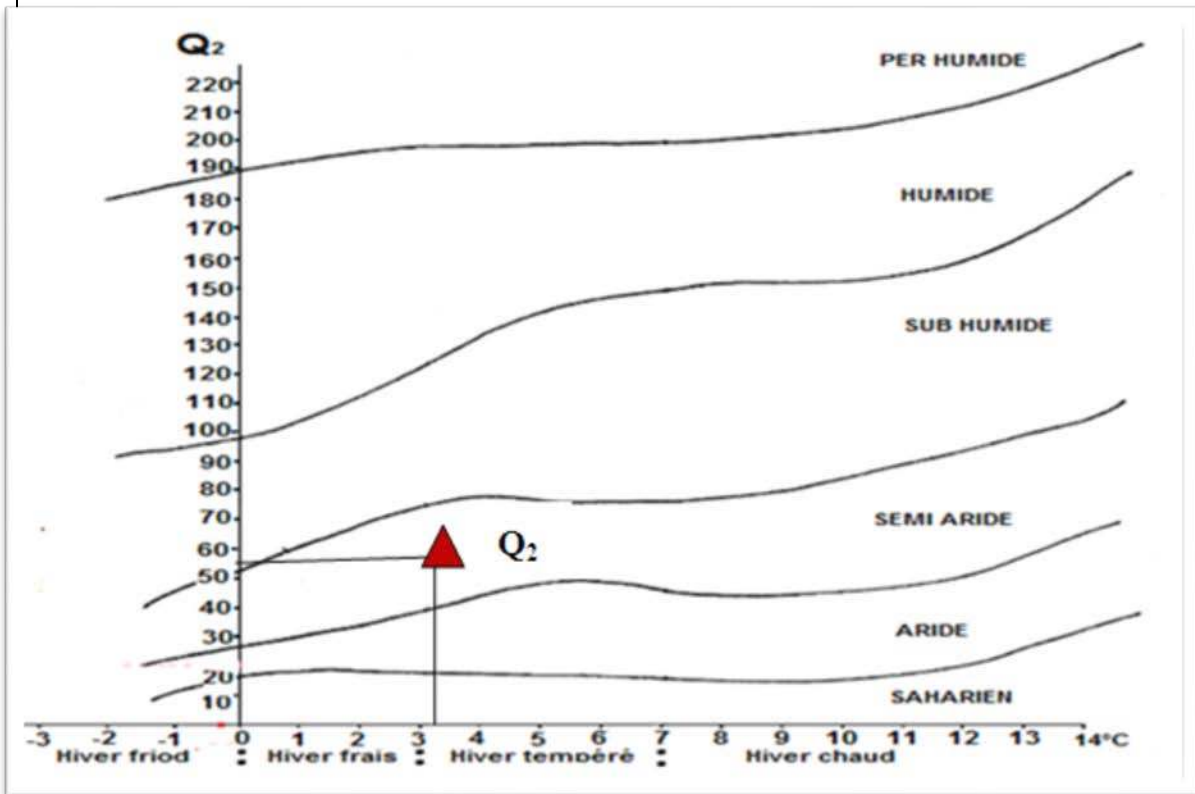


Figure 22: Diagramme d’Emberger

6. Indice de continentalité de KERNER (I_k)

Cet indice permet de saisir l’influence de la continentalité et de renseigner sur l’effet des surface aquatique (mers, lacs, etc.).Il exprime de la manière suivante :

$$I_k=100(T_0-T_a)/A$$

Ou T₀ : Moyenne thermique du mois d’octobre (°C)

T_a : Moyenne thermique du mois d’avril (°C)

A : Amplitude thermique entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid (°C)

$$I_K = 100 * (17.14 - 16.65) / (35.6 - 3.46)$$

$$I_K = 1.68$$

7. Indice de Stewart (Q_3)

Ce coefficient a pour objectif de mettre en évidence la sécheresse globale d'une station à travers des valeurs moyennes annuelles et que le climat est d'autant plus sec que ce quotient est plus petit, cet indice est donné par la relation :

$$Q_3 = 3.43 \times P / (M - m)$$

Avec

M : Moyenne des températures du mois le plus chaud en kelvin $M = 308.6^\circ\text{K}$

m : la Moyenne des températures du mois le plus frais en kelvin $m = 276.46^\circ\text{K}$

P : Pluviométrie annuelle = 567.29mm.

Pour

- $10 < Q_3 < 50$ climat semi-aride
- $2 < Q_3 < 10$ climat désertique
- $Q_3 < 2$ climat insaturé

$$Q_3 = 3.43 * 567.29 / (308.6 - 276.46)$$

$Q_3 = 59.1$ donc le climat est semi-aride.

III. EVALUATION HYDROLOGIQUE

Cette partie du chapitre traitera quelques grandeurs hydrologiques enregistrées au niveau du barrage EL IZDIHAR, durant la période d'observation 2007/08 – 2017/2018).

1. L'évaporation

1.1. L'évaporation annuelle

Le tableau ci-dessous (Tab. 21), et la figure 23 représentent la variation des valeurs de l'évaporation de la surface libre du barrage El Izdihar, durant la période d'étude :

Tableau 21: Valeurs de l'évaporation moyenne annuelle de la surface libre du barrage EL IZDIHAR (2007/08-2017/18)

Année	Evaporation (hm^3)	Année	Evaporation (hm^3)
2007/08	0.14	2013/14	0.017
2008/09	0.011	2014/15	0.027
2009/10	0.016	2015/16	0.017

2010/11	0.014	2016/17	0.018
2011/12	0.015	2017/18	0.018
2012/13	0.018	Moyenne interannuelle (hm ³) 0.028	

On observe que :

- Le volume maximal de l'évaporation (0.14 hm³), est enregistré en 2007/08 ; tandis que le minimal (0.011 hm³), arrive en année 2008/09.
- la moyenne interannuelle de l'évaporation est de 0.028 hm³

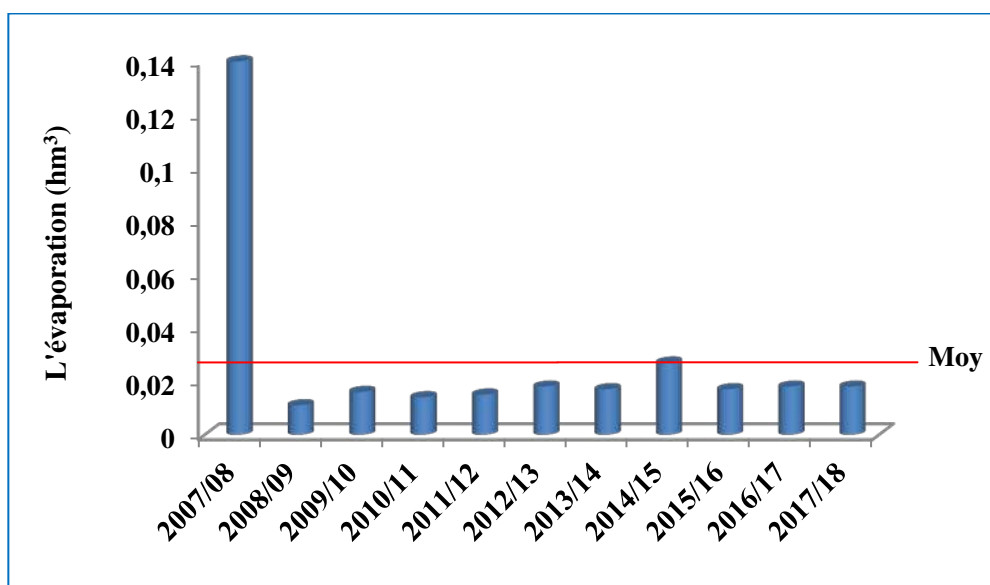


Figure 23: Histogramme de L'évaporation moyenne annuelle(2007/08-2017/18).

1.2. L'évaporation moyenne mensuelle

Les valeurs de l'évaporation moyennes mensuelles de la chronique de 11 ans, sont présentées au tableau 22 et la figure 24.

Tableau 22 : Variation de valeurs de l'évaporation moyennes mensuelles (2007/08-2017/18).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
Évaporation (hm ³)	0.02	0.014	0.018	0.021	0.0054	0.0063	0.0088	0.012	0.017	0.028	0.029	0.037

L'évaporation moyenne mensuelle maximale est enregistrée au mois de Aout, avec une valeur de 0.037hm³ et celle minimale est de 0.0053 hm³, relevée au mois de Janvier, ceci est

justifié par le nombre de jours ensoleillement, ainsi que par rapport aux températures enregistrées durant les mêmes périodes.

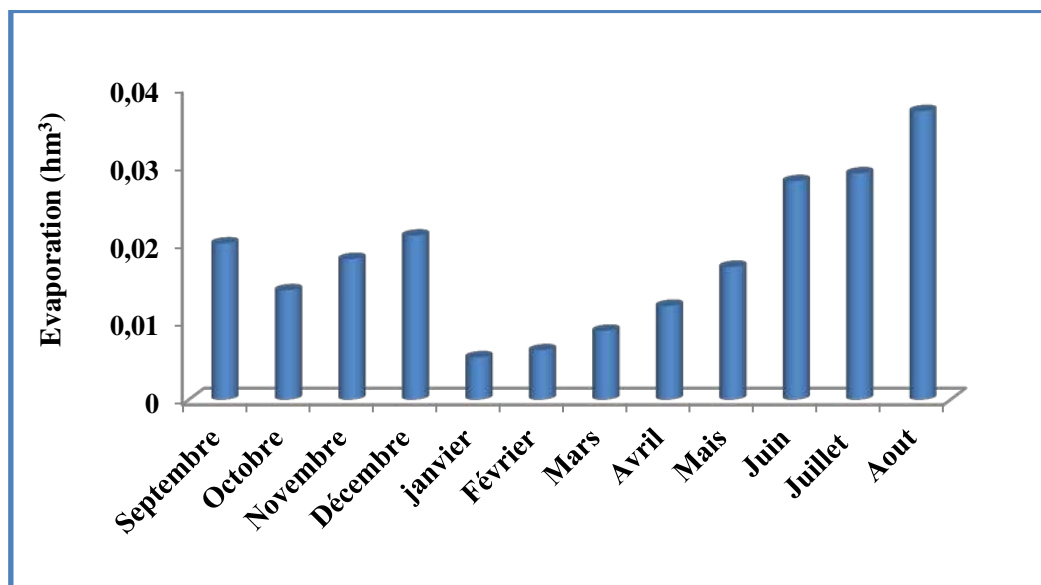


Figure 24 : Histogramme des valeurs de l'évaporation moyennes mensuelles (2007/08-2017/18).

2. Débits

Les débits moyens à l'entrée et à la sortie du barrage EL IZDIHAR durant la période d'observation de 11 ans (2007/08-2017/18) sont regroupés au tableau ci-dessous (Tab. 23).

Tableau 23: Débit annuels d'Oued Isser (Entrée et sortie du barrage EL IZDIHAR) durant 2007/08 – 2017/18

Année	Débit entrant (m³/s)	Débit sortant (m³/s)
2007/08	0.0029	0.0036
2008/09	0.087	0.010
2009/10	0.025	0.023
2010/11	0.010	0.021
2011/12	0.0097	0.014
2012/13	0.070	0.027
2013/14	0.068	0.068
2014/15	0.041	0.043
2015/16	0.026	0.036
2016/17	0.026	0.037
2017/18	0.027	0.035

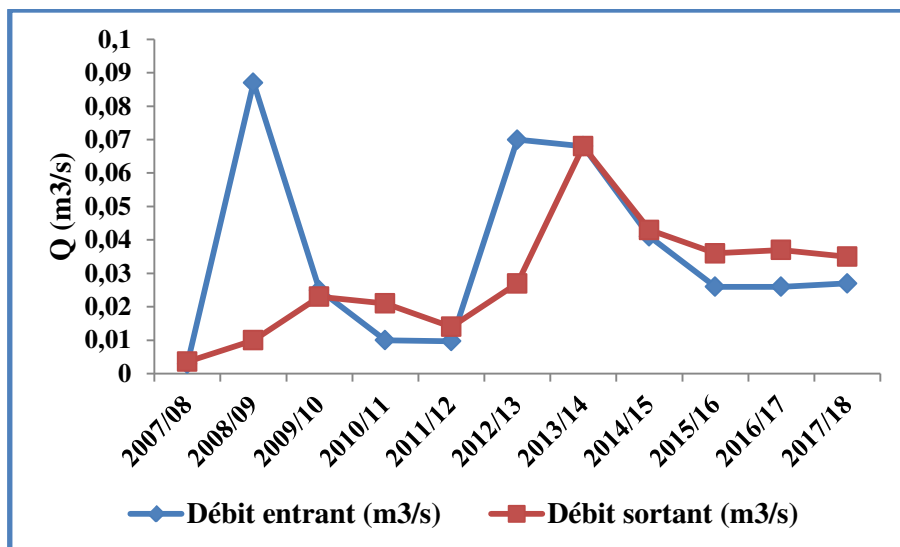


Figure 25: Variations des débits moyens annuels (2007/08-2017/18)

La variation des courbes des débits entrants et sortants (Fig. 25), dans la période d’observation (07/08-2017/18), présente une grande similitude dans les fluctuations, leurs valeurs minimales sont respectivement de $0.0029 \text{ m}^3/\text{s}$ et $0.036 \text{ m}^3/\text{s}$, enregistrées en 2007/08. La valeur maximale pour le débit entrant est de $0.087 \text{ m}^3/\text{s}$ (2008/09), alors que celle des débits sortants est observée en 2013/14 avec une valeur de $0.068 \text{ m}^3/\text{s}$.

Nous constatons une augmentation des valeurs débits annuels entre 2012/13 et 2013/14, malgré la diminution des quantités d’eau précipitée durant la même période, cela pourrait être justifié par un apport latéral provenant des sources souterraines de la région (Fig.26 et 27).

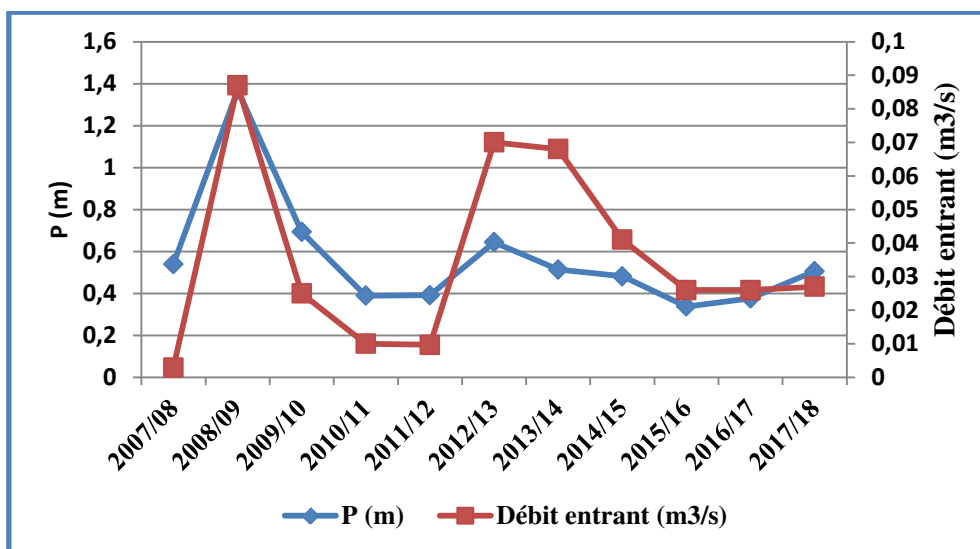


Figure 26 : Comparaison entre les débits entrant (m^3/s) et les précipitations (m) (2007/08-2017/18).

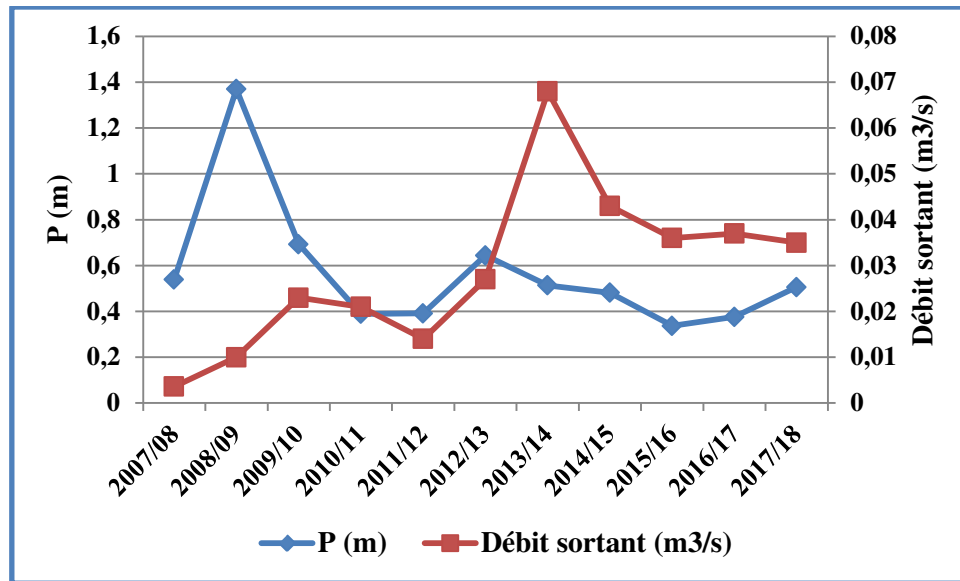


Figure 27 : Comparaison entre les débits sortant (m^3/s) et les précipitations (mm) (2007/08-2017-18)

IV. CONCLUSION

L'étude hydro-climatique réalisée sur le sous bassin versant contrôlé par le barrage El Izdihar, faite sur la série chronologique 2007/08-2017/18, a donné les résultats suivants :

Le secteur d'étude est caractérisé par un climat de type Semi-aride, avec des précipitations moyennes annuelles de 567.29 mm;

Sur cette période de 11 ans, les variations de la température entre l'été et l'hiver sont très importantes, avec un maximum de 35.6°C en Août et un minimum de 3.46°C en Janvier, la moyenne interannuelle est de 17.09°C .

Parmi les méthodes de calcul de l'évapotranspiration, ETP calculée par la méthode de Thornthwaite est de 946.59mm et ETR réelle annuelle selon Turc, donne une valeur de 453,83mm, Cette valeur légèrement inférieure à celle des précipitations, traduit une chronique excédentaire.

Concernant les apports et débits annuels, une augmentation des valeurs des débits annuels entre 2012/13 et 2013/14 est observée, malgré la diminution des quantités d'eau précipitée durant la même période, cela pourrait être justifiée par un apport latéral provenant des sources souterraines de la région.

Chapitre IV :

METHODES ET MATERIELS

L'eau potable est une eau douce propre à la consommation humaine qui peut être utilisée sans restriction pour boire ou préparer la nourriture. L'eau potable est une ressource naturelle primaire à la consommation; la potabilité permet la survie des êtres vivants et les activités humaines fondamentales car l'eau subit un traitement qui élimine les agents pathogènes.

Ce chapitre est consacré à la présentation des différents paramètres (physico-chimiques, et chimiques), de l'appareillage et de la méthodologie des analyses qui sont réalisées aux laboratoires de la station de traitement de Sidi Abdelli.

Ces paramètres servent à faire une étude qualitative de l'évolution des concentrations des paramètres analysés des eaux brutes et traitées au niveau de station de traitement de Sidi Abdelli.

Une eau traitée produite dans une station destinée à l'alimentation en eau potable, doit être de bonne qualité, conforme aux normes de potabilité algérienne.

I. PRELEVEMENTS DES ECHANTILLONS

Un prélèvement échantillonné doit être homogène, représentatif et obtenu sans modification des caractéristiques physico-chimiques de l'eau à analyser, car il conditionne la fiabilité et l'interprétation des résultats obtenus (Rodier et al. 2009)

1. Sites des prélèvements étudiés

Notre étude a été effectuée par l'utilisation d'une série de données d'analyse physico-chimique, et chimique journalières et mensuelle d'une période entre Septembre 2013 jusqu'à Septembre 2018, soit 5 années successives, archivée dans la station de traitement de Sidi Abdelli (dite Centre de Sidi Abdelli) et au barrage d'El Izdihar.

Les échantillons ont été prélevés dans différents sites au niveau de la station de traitement : Eau brute, et eau traitée.

Tableau 24 : Coordonnées géographiques des sites de prélèvement

	Latitude	Longitude	Altitude	Lieu de prélèvement	Eau échantillonnée
Centre de traitement de Sidi Abdelli	35° 04' 12.7''N	1° 07' 38.03''O	458	Réservoir d'eau brute	Eau brute
				Réservoir d'eau traité	Eau traitée

2. Mode, période et transport de prélèvement

Un grand soin doit être apporté à l'opération de prélèvement d'un échantillon d'eau il conditionne pour l'interprétation.

Les échantillons d'eau brute et traitée, sont prélevés aux niveaux des réservoirs destinés pour chacune, les prélèvements s'effectuent à l'aide des flacons en plastique d'une capacité 1.5L, rincés plusieurs fois avec l'eau à analyser.

La station de traitement fait deux séries de prélèvements journaliers, la première en début de journée de travail à 8h00 du matin, la deuxième à 15h00. Pour notre étude, les données utilisées sont celles de 08h00.

Le transport du prélèvement du site de prélèvement jusqu'au laboratoire ne prend que quelques minutes à pieds.

II. METHODES D'ANALYSE DE L'EAU

Le laboratoire d'analyse au niveau de la station d'étude, effectue quotidiennement, les analyses des paramètres suivants : organoleptique et physico-chimiques (Couleur, turbidité, température, pH, conductivité, TDS, oxygène dissous, et chimiques (Dureté TH, Titre alcalimétrique complet TAC, titre alcalimétrique (TA), Calcium (Ca^{2+}), le Chlore résiduel (Cl_2R), les chlorures (Cl^-), la matière organique (MO), et l'ammonium (NH_4^+), Sulfate (SO_4^{2-}), Nitrate (NO_3^-)).

1. Paramètres organoleptique et physico-chimique

1.1. Turbidité

La turbidité désigne la teneur de l'eau en matières que le trouble dans les retenus d'eau elle est généralement causée par les particules colloïdales qui absorbent diffusent et ou réfléchissent la lumière dont le limon l'argile. Les matières organiques et les fines particules (Handouzi 2011).

- Mesure de paramètre

La turbidité est mesurée par turbidimètre (Type : YZD-1A) avec l'unité de mesure N.T.U cet appareil est présent au laboratoire d'analyse de la station (Annexe III.a).

1.2. Couleur

La couleur de l'eau est due à l'absorption de certaines longueurs d'ondes des radiations de lumière normale blanche par des substances dissoutes ou dispersées à l'état colloïdale à la fluorescence des substances qui absorbent la lumière. (Bouanab et Tamzait 2014)

- Mesure de paramètres

La mesure de ce paramètre est effectuée par l'appareil Test-couleur (Darmstadt 64.271) (Annexe III.b)

1.3. Température (°C)

La température des eaux superficielles dépend des échanges thermiques avec l'air ambiant et du rayonnement solaire la température influence à des paramètres en particulier l'oxygénation la conductivité la solubilité de différentes substances...etc. elle joue aussi un rôle dans l'augmentation de l'activité chimique bactérienne et de l'évaporation de l'eau elle varie en fonction de la température extérieure de l'air (saison) de la nature géologique et de la profondeur de l'eau (Handouzi, 2011)

- Mesure de paramètre

La mesure de la température est effectuée par un thermomètre : Nalta : 72064100 (Annexe III.c)

1.4. Potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH mesure la concentration en ion H^+ de l'eau b il traduit ainsi la balance entre acide et base de 0 a 14. Ce paramètres caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples dont l'origine de l'eau. Le pH des eaux naturelles est lié la nature des terrains traversés (Handouzi 2011)

- Mesure de paramètres

La mesure de pH est effectuée par un pH mètre : Hach-Jenway (Annexe III.d)

1.5. Conductivité (C.E)

Elle correspond à la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes de 1 cm^2 avec une distance de 1 cm. La conductivité traduit la minéralisation totale de l'eau sa valeur varie en fonction de la température on peut exprimer la minéralisation d'une eau a partir de la conductivité (Dahbi 2016).

- Mesure de paramètre

La mesure de ce paramètre est faite par un conductimètre : Cond-Meter470 (Annexe III.e).

1.6. Totale des solides dissous (TDS)

TDS signifie le totale solide dissous et représente la concentration totale des substances dissouts dans l'eau .le TDS est composé de sels inorganique et de quelque matières organique les sels. Pour les sels précédents communs trouvés dans l'eau incluent (le calcium, magnésium, potassium, sodium,) qui représente tous les cations, de plus en a (les bicarbonates, nitrates, carbonates, chlorures, et les sulfates) ce qui indique les anions.

- Mesure de paramètre

La mesure est effectué par l'appareille Totale Dissolved Solids : DDS-307 (Annexe III.f).

1.7. Oxygène dissous

Plus sensible à la pollution, ce paramètre mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau, il peut réagir à plusieurs réactions chimiques et biologiques en milieu aquatique (Ghazali et Zaid 2013).

- Mesure de paramètre

Sa mesure est effectuée par un O_2 dissous mètre : 970DO₂-Jenway. (Annexe III.g).

2. Paramètres chimiques

2.1. Titre alcalimétrique complet (TAC)

Il est mesuré par la somme des anions hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes alcalins (Na) ou alcalino-terreux (Ca, Mg) et est exprimé par le titre alcalimétrique complet TAC (Berne et Cordonnier, 1991 *in* Bekkouche 2017)

- Mesure du paramètre

Au niveau du centre de traitement de Sidi Abdelli, la mesure de TAC est réalisée par la méthode titrimétrie en HCL au niveau du laboratoire.

2.2. Titre alcalimétrique

Le TA d'une eau permet de connaître sa concentration de carbonate (CO_3^{2-}) et en base fortes autrement dit sont alcalinité.

- Mesure de paramètre

La mesure de ce paramètre est effectuée par la méthode volumétrique.

2.3. Matière organique (MO)

Toute matière décomposée d'origine animale, végétale et bactérienne, des composés organiques issus de déchets et débris de l'environnement est appelée matière organique. (Source : <http://www.vignevin.com>)

Elle est présentée dans la plupart des horizons pédologiques, les sols terrestres ou aquatiques. La matière organique est un principal polluant des milieux aquatiques. (Source : <http://www.eau-et-rivieres.asso.fr>)

- Mesure du paramètre

La détermination de la MO est réalisée par le permanganate de potassium (KMnO_4) au niveau de la station.

2.4. Ions analysés

2.4.1. Calciums (Ca^{2+})

La présence des ions Ca^{2+} dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles soit la dissolution des formations carbonatées (CaCO_3), ou la dissolution des formations gypseuses (CaSO_4) (Debileche, 2002 *in* Bekkouche 2017)

Le calcium ne pose pas aucun problème de potabilité sauf si la dureté est élevée, ça pose un problème de l'entartrage (Mamadou, 2015 *in* Bekkouche 2017)

- Mesure du paramètre

La détermination des Ca^{2+} est effectuée par une méthode volumétrique avec le NaOH au niveau des laboratoires

2.4.2. Ions d'ammonium (NH_4^+)

L'ammonium est un des formes de l'azote réduit. Dans les eaux superficielles, le NH_4^+ provient de la matière organique azotée et des échanges gazeux entre l'eau et l'atmosphère et il est un bon marqueur du degré de pollution (Champ et al., 1996, Makhoukh et al., 2011 *in* Bekkouche 2017).

- Mesure du paramètre

Ce paramètre est mesuré par un appareil spectrophotomètre ISO7150/1-1984 (Annexe III.h).

2.4.3. Les chlorures (Cl^-)

Les chlorures sont des anions inorganiques contenus dans l'eau en concentrations variables, S'ils sont égaux ou dépassent 250mg/L, surtout les chlorures de sodium qui entraînent un problème de saveur désagréable.

- Mesure du paramètre

L'analyse des chlorures est réalisée par méthode volumétrique (Méthode de Mohr) au laboratoire de la station.

2.5. Chlore résiduel :

Le chlore est un gaz naturel très réactif, utilisée pour réduire la quantité de micro-organismes nocif dans l'eau. Il est utilisé pour la désinfection de l'eau potable où il est employé essentiellement sous forme de chlore gazeux ou d'hypochlorite de sodium (eau de Javel).

Le chlore résiduel est la combinaison d'acide hypochloreux et d'ion hypochlorite, il présente un potentiel élevé d'oxydation et une désinfection plus efficace que d'autres formes de chlore, comme la chloramine. (Source : <http://www.lenntech.fr>)

- Mesure de paramètre

La mesure de ce paramètre est effectuée par comparateur de chlore : du photomètre du Chlore Lvibond (Annexe III.i).

III. TRAITEMENT DES DONNEES CHIMIQUES

L'interprétation des résultats des analyses physico-chimiques, chimiques, de deux prélèvements avant et après traitement (de l'eau brute à l'eau traitée) au niveau des la station de traitement de Sidi Abdelli, sera présentée sur le chapitre suivant (Chapitre V)

Nous tenterons d'évaluer les caractéristiques des différents paramètres analysés relatifs aux eaux brutes et traitées, et de suivre leurs variations temporelles durant la période d'échantillonnage choisie. Ainsi qu'une étude qualitative des eaux traitée sera menée en comparant les valeurs des paramètres analysés avec les seuils fixés par la législation algériennes destinée au contrôle qualité des eaux destinées à l'alimentation en eau potable des populations (Tab. 25), publié en journal officiel de la république algérienne N°18, Du 23 Mars 2011.

Prise des archives du centre de traitement et du barrage El Izdihar, les séries utilisées contiennent, des données journalières des paramètres physico-chimiques (Température, Turbidité, pH, et conductivité électrique), faites dans leurs laboratoires entre Septembre 2013 à Aout 2018, et aussi des données mensuelles des paramètres chimiques : TDS et Oxygène dissous (entre Septembre 2013 et Aout 2016) et TAC, TA, MO, Ca^{2+} , NH_4^+ , Cl^- et Cl_2 Résiduel, enregistrées pour la période (Sep2013 à Aout 2018). Avec l'existence de quelques ruptures de données causées par l'arrêt de la station.

Tableau 25: Normes Algériennes de contrôle qualité des eaux (JORA 2011)

Paramètres	Unités	Concentration
Turbidité	NTU	5
Température	°C	25
pH	-	6.5 à 9
Conductivité	µs/ cm	2800
TDS	Mg/l	500
Oxygène dissous	%	30
TAC	Mg/l	500
TA	Mg/l	5
Matière organique	Mg/l	3
Calcium	Mg/l	200
Ammonium	Mg/l	0.5

Chapitre V :

***RESULTATS ET
INTERPRETATIONS***

CHAPITRE 5 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

La connaissance des caractéristiques physico-chimiques des eaux de surface constitue un moyen d'investigation parmi d'autres pour l'évolution des risques de pollution et l'état de contamination de ces eaux.

Une eau possède un patrimoine géochimique d'origine naturelle qui évolue en fonction de la nature géologique des terrains traversés. Le degré de pollution est apprécié par la mesure de l'écart ou de la différence entre le chimisme naturel de l'eau qu'il soit à l'échelle locale ou régionale et un chimisme nouvellement acquis suite à l'intervention négative de l'homme sur l'environnement (Belhadj et Dahmana 2018).

Ce présent chapitre, est destiné à la discussion et interprétations des résultats des données chimiques des eaux brutes et traitées du centre de traitement de Sidi Abdelli, du point de vue caractérisation temporelle et qualité selon les normes de potabilité citées au chapitre précédent.

I. VARIATIONS JOURNALIERES DES PARAMETRES

1. Les paramètres organoleptiques et paramètres physico-chimiques

1.1. Turbidité

La figure 28 et le tableau 26 représentent les valeurs de la turbidité pendant les années d'observation 2013/14 à 2017/2018.

Tableau 26: Résultats de la statistique descriptive des valeurs de la turbidité

Année		Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
2013/14	Eau brute	0.13	20	6.17	3.51
	Eau traitée	0.11	5	0.6	0.39
2014/15	Eau brute	0.8	9.9	3.3	1.56
	Eau traitée	0	4.5	0.65	0.46
2015/16	Eau brute	1.07	11	3.28	1.8
	Eau traitée	0.3	1.8	0.9	0.2
2016/17	Eau brute	1.4	13	3.09	1.04
	Eau traitée	0.11	9	1.03	0.68
2017/18	Eau brute	1.5	8.2	3.78	1.2
	Eau traitée	0.25	3	1.5	0.46

De grandes variations des valeurs de la turbidité sont observées durant les 5 années d'observation :

La turbidité est plus importante dans les eaux brutes, surtout en période d'hiver et printemps, où la pluviométrie demeure importante. Ses valeurs varient entre 0.13 NTU (10/10/2013) et 20 NTU (30/01/2014), nous remarquons aussi que les valeurs maximales sont enregistrées en année 2014, entre le mois de Janvier et Avril (Fig 28.a).

Après traitement, les valeurs de ce paramètre diminuent considérablement, elles sont comprises entre 0 NTU (2014/2015) et 9 NTU (18/01/2017). Globalement elles sont toutes inférieures à la valeur seuil recommandée par le JORA 2011 (5 NTU), à l'exception de quelques jours du mois de Janvier 2017, qui affichent des valeurs supérieures à cette norme.

CHAPITRE 5 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

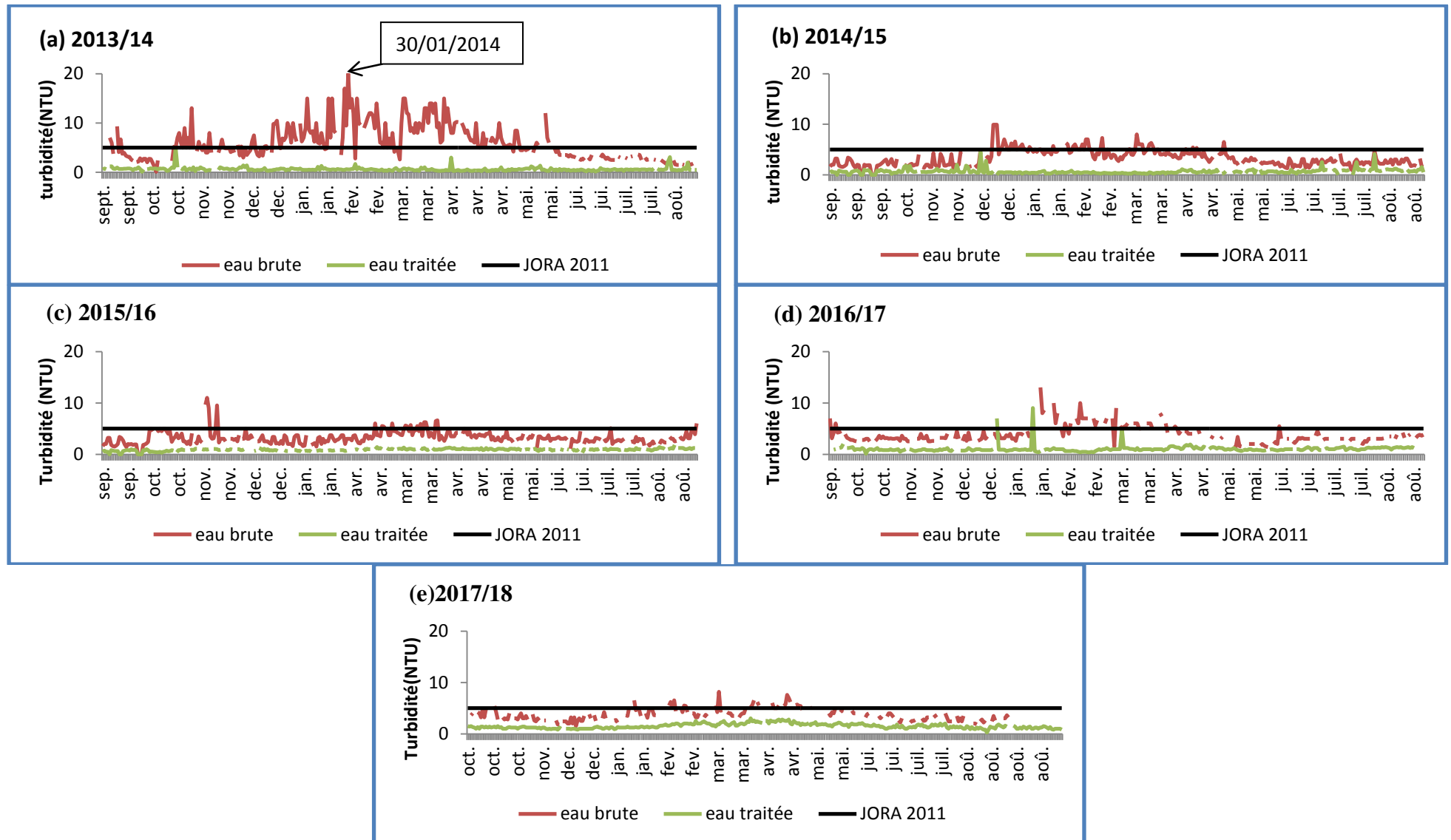


Figure 28 : Variation de la turbidité des eaux brutes et traitées dans la station de traitement du barrage EL IZDIHAR

CHAPITRE 5 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

1.2. Température (°C)

Les résultats de la description statistique et la variation temporelle de la température des eaux du barrage sont illustrés dans le tableau 27 et la figure 29 :

Tableau 27: Résultats de la statistique descriptive des valeurs de la température

Année		Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
2013/14	Eau brute	12	24.5	17.67	3.58
	Eau traitée	12	26	18.76	3.54
2014/15	Eau brute	10	24.9	17.7	4.28
	Eau traitée	10	24.9	18.9	4.26
2015/16	Eau brute	12	24.9	17.83	4.04
	Eau traitée	12.1	28.03	18.51	4.26
2016/17	Eau brute	10.3	28.6	18.58	6.64
	Eau traitée	10	26	18.73	4.5
2017/18	Eau brute	11.1	28.2	17.82	4.75
	Eau traitée	3.4	26.6	18.55	4.78

Avec des moyennes et des écarts-types respectives de moy=17.67°C et ET =3.58 (2013/14) et de moy= 18.58°C et 6.64 (2016/17) pour les eaux brutes, et de 18.51 °C de moyenne, avec un ET de 4.26 (2015/16) et moy= 18.9°C et 4.26 d'écart-type, pour les eaux traitées (Tab.25) : nous pouvons dire que les températures présentent de faibles fluctuations dans le temps, mais affichent une légère hausse dans les eaux traitées, due aux passages des eaux dans les étapes de traitement. La valeur maximale de 28.2°C, est enregistrée en 2017/18.

Si l'on se réfère aux normes algériennes de potabilité, les valeurs de températures des eaux traitées sont non-conformes (>25°C), en période estivale, (mois de, Juin, Juillet et Aout des années 2015/16, 2016/2017 et aussi 2017/18 (Fig. 29.c, d, et e).

1.3. Potentiel d'Hydrogène (pH)

Les valeurs du pH des eaux brutes les plus extrêmes sont observées en année 2013/2014 (Tab. 28 et Fig.30), elles varient entre 3.44 (du 19/12/2013) et 10.65 du (11/07/2014), avec une moyenne de 7.52 et un écart-type de 0.66.

Concernant l'eau traitée, le minimale enregistré est 5 (10/10/2015) et la maximale est de 8.69 (31/05/2014). Avec des moyennes comprises entre 7.46 (2014/2015) et 7.65 (2016/2017). Comparées à l'intervalle de 6,5 et 9 fixé par les normes algériennes, globalement ces eaux traitées demeurent conformes. A l'exception de deux valeurs en Novembre 2015 et Mars 2016 (pH=5), où les valeurs sont inférieures à la valeur minimale recommandée.

Tableau 28: Résultats de la statistique descriptive des valeurs du pH

Année		Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
2013/14	Eau brute	3.44	10.65	7.52	0.66
	Eau traitée	6.5	8.69	7.49	0.3
2014/15	Eau brute	4.9	9.6	7.49	0.55
	Eau traitée	6.1	7.9	7.46	0.24
2015/16	Eau brute	5.34	10.1	7.66	0.49

CHAPITRE 5 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

	Eau traitée	5	8.1	7.48	0.2
2016/17	Eau brute	6	8.1	7.65	0.21
	Eau traitée	7.01	7.9	7.3	0.16
2017/18	Eau brute	7.1	8.34	7.71	0.17
	Eau traitée	7.1	7.9	7.35	0.13

1.4. Conductivité électrique (C.E)

L'eau brute a des valeurs de la conductivité (Tab.29) comprises entre 608 μ S/cm (27/02/2014) et 1254 μ S/cm (24/07/2018).

Pour l'eau traitée (Tab. 29), la valeur minimale de la conductivité 254 μ S/cm, observé en 18/04/2014, la maximale est enregistrée au 29/11/2014 avec une valeur de 1403 μ S/cm.

Nous notons dans la figure 31, une légère diminution des valeurs de la conductivité des eaux traitées par rapport aux eaux brutes.

Toutes les valeurs de la conductivité sont inférieures à la valeur guide préconisée par les normes algériennes, qui est de 2800 μ S/cm.

Tableau 29: Résultats de la statistique descriptive des valeurs de la conductivité

Année		Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
2013/14	Eau brute	608	1823	1011	79.99
	Eau traitée	254	1082	832.13	98.02
2014/15	Eau brute	966	1823	1166.09	64.38
	Eau traitée	605	1403	1029	114.82
2015/16	Eau brute	710	1790	1175	70.76
	Eau traitée	644	1270	1056	76.46
2016/17	Eau brute	1013	1406	1121.43	71.19
	Eau traitée	868	1379	1046.20	66.15
2017/18	Eau brute	1025	1254	1114.86	49.25
	Eau traitée	895	1161	1058.19	44.81

CHAPITRE 5 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

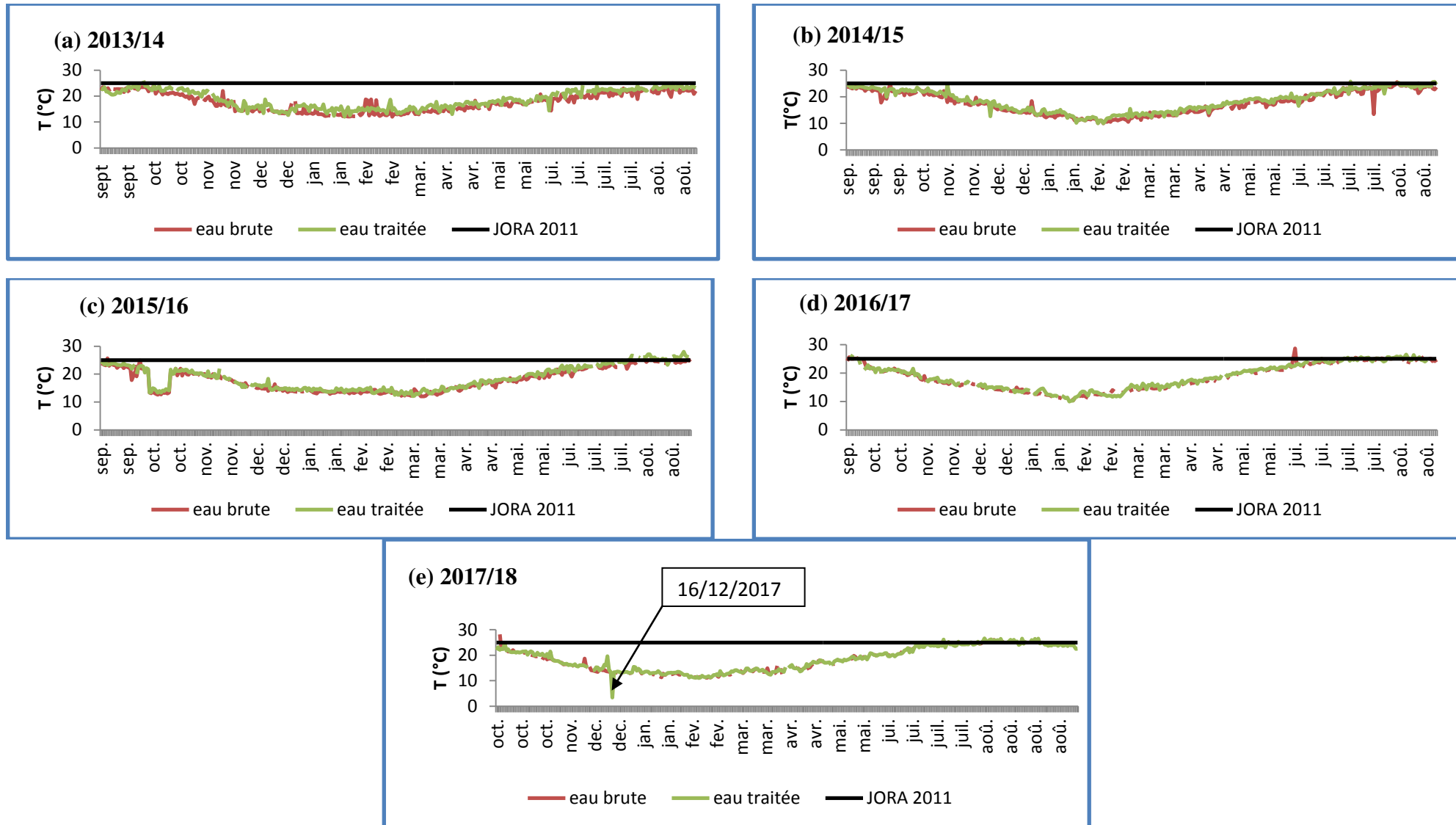


Figure 29 : Variation de la température des eaux brutes et traitées dans la station de traitement du barrage EL IZDIHAR

CHAPITRE 5 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

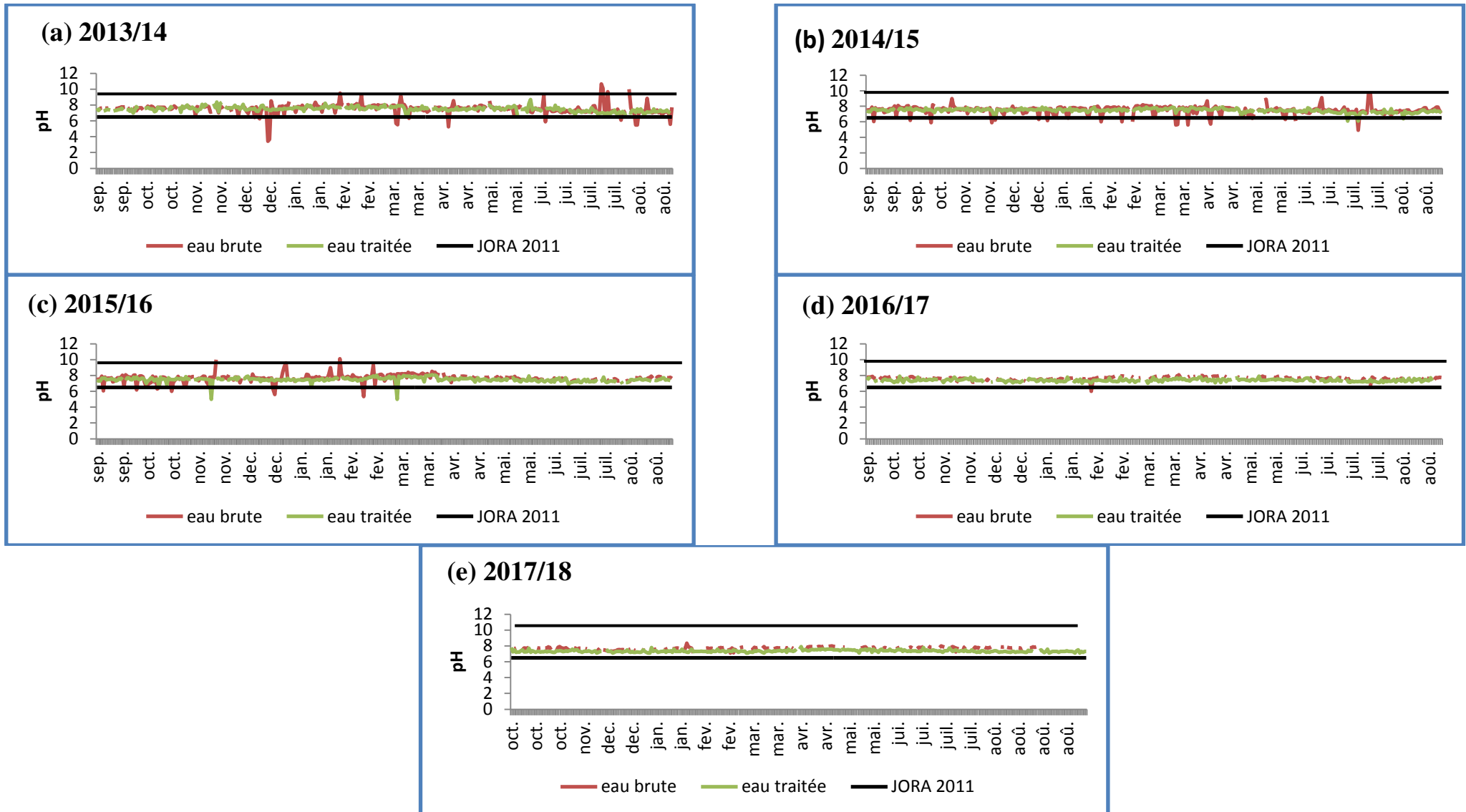


Figure 30 : Variation du pH des eaux brutes et traitées dans la station de traitement du barrage EL IZDIHAR

CHAPITRE 5 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

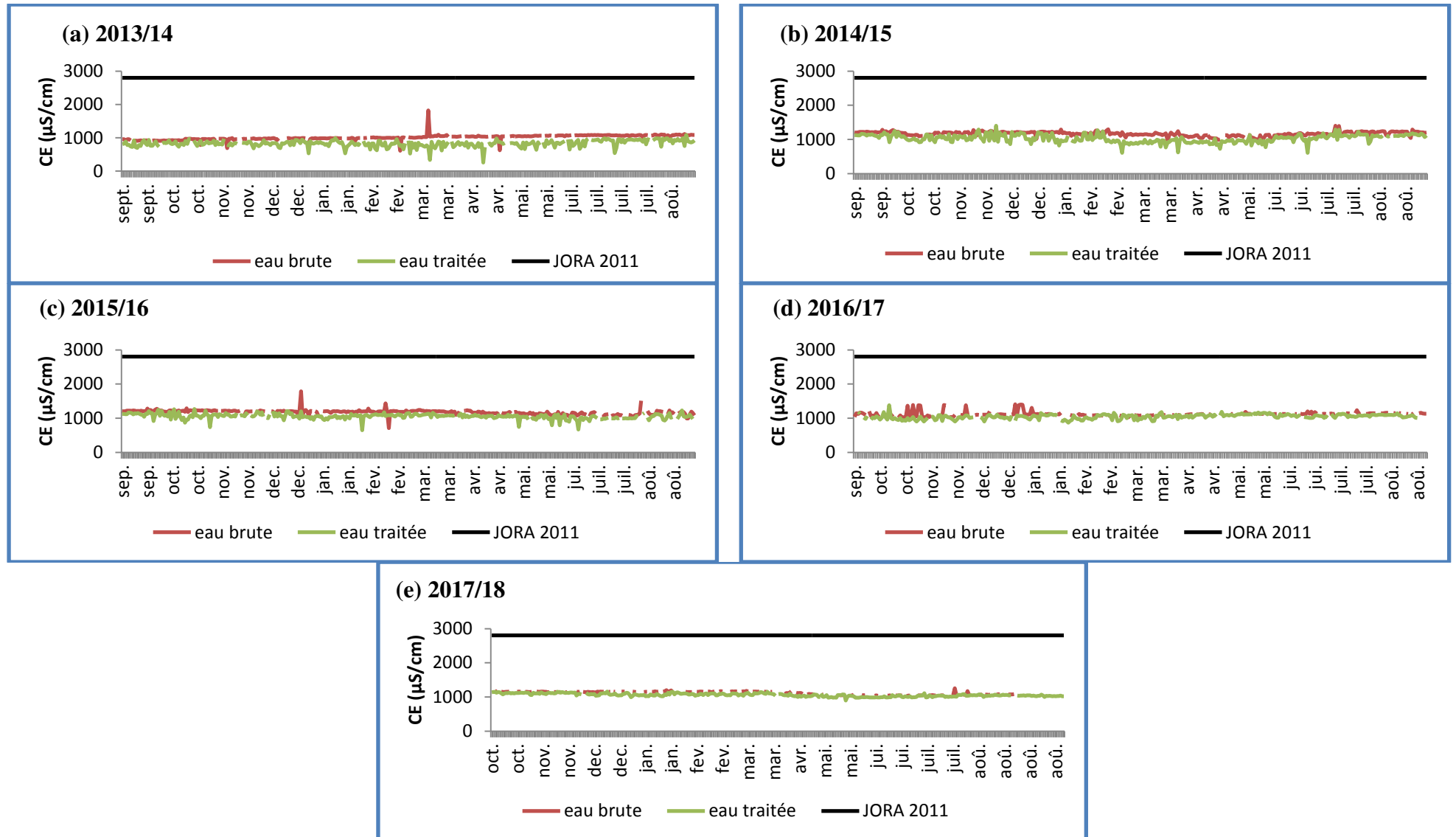


Figure 31 : Variation de la conductivité des eaux brutes et traitées dans la station de traitement du barrage El IZDIHAR.

CHAPITRE 5 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

II. VARIATIONS MENSUELLES DES PARAMETRES CHIMIQUES

Les paramètres physico-chimiques et chimiques archivés mensuellement dans le centre de traitement de Sidi Abdelli sont présentés comme suit :

1. Totales des solides dissous (TDS)

La figure 32 est une représentation des valeurs l'eau brute et traitée mensuelles à partir de Sep-2013 à Dec-2016.

Pour les eaux brutes, les résultats enregistrent une valeur minimale de 567 mg/l (Mai-2015) et une valeur maximale de 740 mg/L (Avr-2016), avec une moyenne de 659.61 mg/L et un écart type de 52.23mg/L.

Concernant les eaux traitées, les valeurs varient entre 308mg/L (Mars-2014) et 1105mg/L (Déc-2016), avec une moyenne de 532.4mg/L et un écart type de 174.04mg/L.

La plupart des valeurs de TDS pour les eaux traitées enregistrées entre septembre 2015 et Décembre 2016, dépassent la valeur guide fixée par les normes algériennes (500 mg/L).

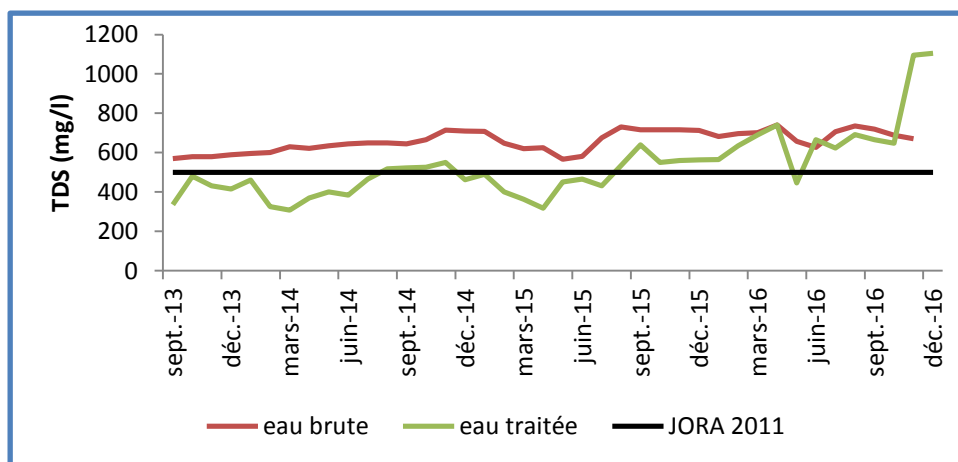


Figure 32: Variation de TDS des eaux brutes et traitées à la station de traitement du barrage EL IZDIHAR.

2. Oxygène dissous

Les teneurs en oxygène dissous dans les eaux brutes (Fig. 33), varient entre 0.43% du mois Juil-2015 et 6.3% du mois Avr-2016, avec une moyenne de 2.98% et un écart type de 1.47%.

Sachant que, les eaux traitées enregistrent un minimale de 1.08% au mois Mai-2015 et un maximale de 6.3% au mois Avr-2016, avec une moyenne de 3.89% et un écart type de 1.22%. Toutes les valeurs sont bien en dessous de 30%, valeur limite de la norme algérienne

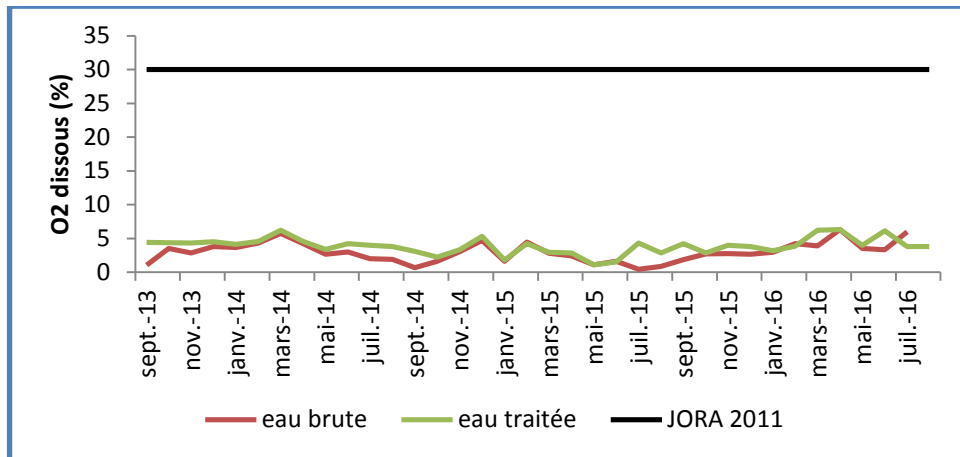


Figure 33: Variation de l'oxygène dissous des eaux brutes et traitées au station de traitement du barrage EL IZDIHAR

3. Titre alcalimétrique complet (TAC)

Les résultats obtenus dans la figure 34, montrent que les valeurs de la TAC de l'eau brute sont comprises entre 116mg/L (Aou-2018) et 432mg/L (Nov-2015), avec une moyenne de 280.33mg/L et un écart type de 56.80.

Et pour l'eau traitée, les valeurs varient entre 117mg/L (Aou-2018) et 440 mg/L(Nov-2015), avec une moyenne de 258mg/L et un écart type de 66.47mg/L.

On observe que tous les valeurs de TAC, pour l'eau traitée sont inférieures à 500mg/L (la valeur maximale admissible par les normes algériennes).

4. Titre alcalimétrique

Pour la figure 35, qui présente les concentrations de TA dans l'eau brute et traitées. On note les valeurs suivantes :

Le minimale enregistré est de 0, le maximale est de 22.5mg/L, avec une moyenne de 0.88mg/L et un écart type de 4.58 pour l'eau brute.

Le minimale enregistré est de 0, la maximale est de 25.5mg/L, avec une moyenne de 4.57mg/L et un écart type de 1.02 mg/L pour l'eau traitée.

Tous les valeurs de concentration de TA dans l'eau traitée sont inférieurs à norme algérienne admissible (5mg/l), à l'exception de deux valeurs enregistrées en Avril et Novembre 2016 (Fig. 34).

5. Matières organique (MO)

Pour l'eau brute, les concentrations enregistrées rentrent dans un intervalle 1mg/L (Mars-2015) et 7.5mg/L (Oct-2015), avec une moyenne de 3.2 mg/l et un écart type de 1.31mg/l.

Pour l'eau traitée, les valeurs sont comprises entre 0.5 mg/L (Jui-2018) et 3.6 mg/L (Avr-2016), avec une moyenne de 1.82mg/l et un écart type de 0.81mg/L.

On constate que les valeurs de la matière organique pour l'eau traitée sont globalement conformes avec la concentration seuil de 3 mg/L des normes algériennes (Fig.36).

CHAPITRE 5 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

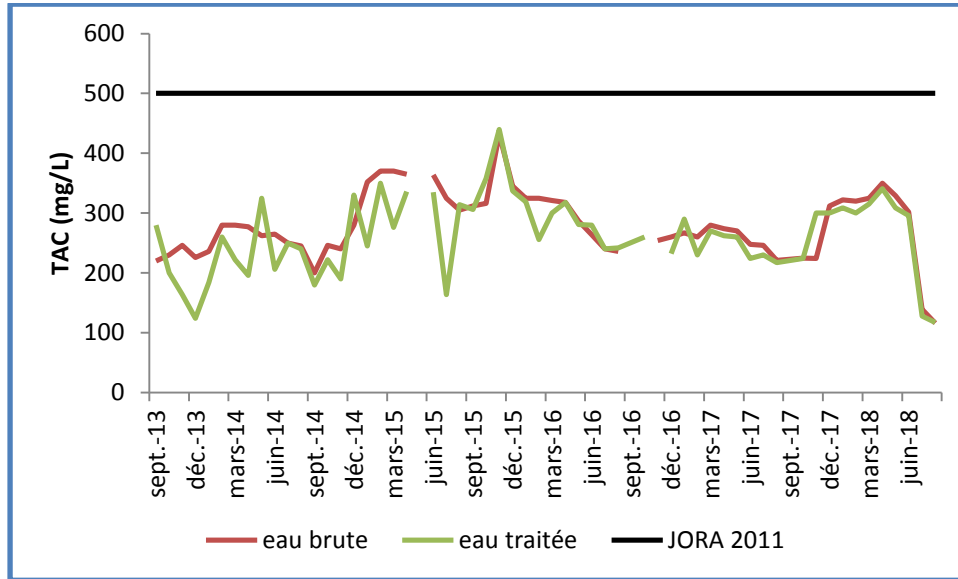


Figure 34 : Variation de TAC des eaux brutes et traitées au station de traitement du barrage EL IZDIHAR

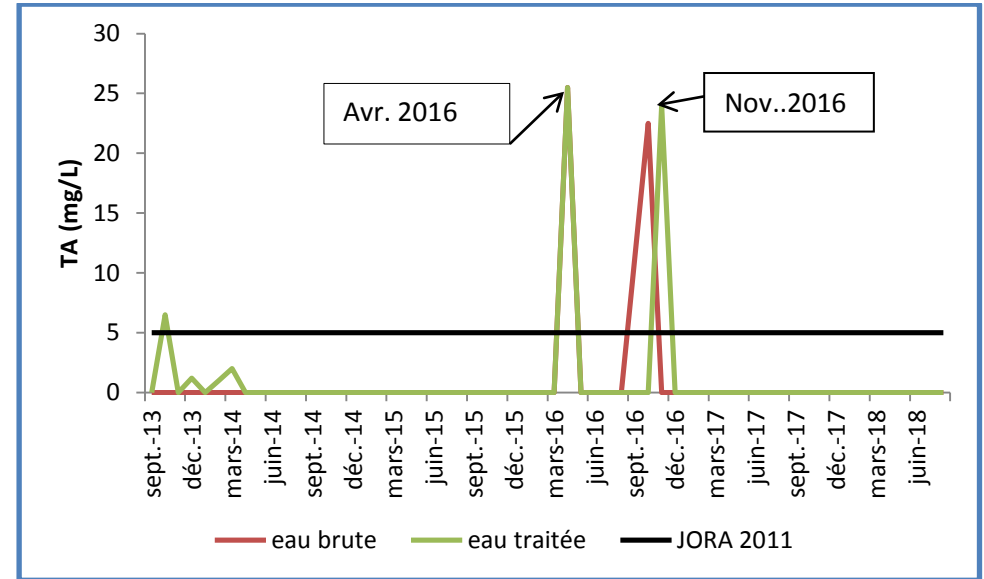


Figure 35: Variation de TA des eaux brutes et traitées au station de traitement du barrage EL IZDIHAR

CHAPITRE 5 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

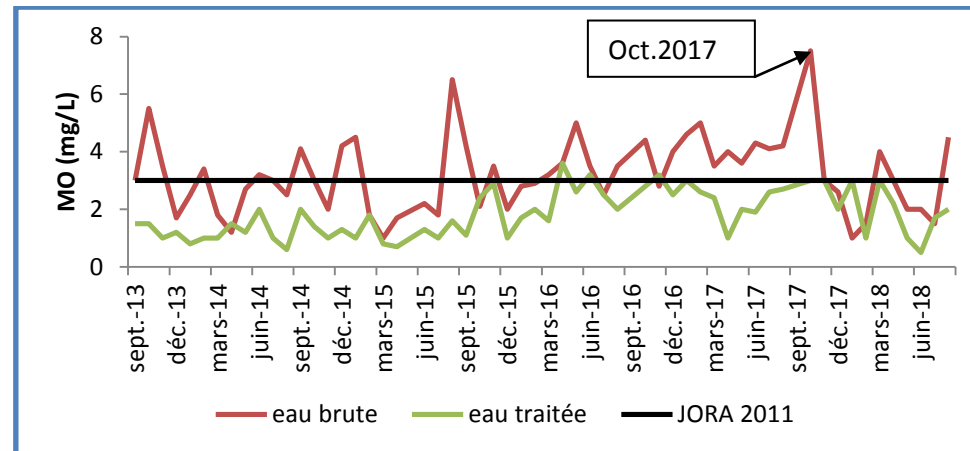


Figure 36 : Variation de la matière organique des eaux brutes et traitées à la station du traitement du barrage EL IZDIHAR

CHAPITRE 5 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

6. Ions analysés

6.1. Le calcium Ca^{2+}

L'intervalle de variation des teneurs en calcium des eaux brutes, fluctue entre 160mg/L (Sep-2013) et 700mg/L (Fév-2018), avec une moyenne de 358.98 mg/L et un écart type de 142.53.

Et pour les eaux traitées, il varie entre 95mg/L (Oct-2013) et 720mg/L (Fév-2018), avec une moyenne de 320mg/L et un écart type de 150.57 mg/L.

Étant donné que, la limite admissible fixée par les normes algériennes est de 200 mg/L, toutes les concentrations enregistrées à partir de septembre 2015 à Aout 2018 sont supérieures à la dite-limite. (Fig. 37)

6.2. Ammonium (NH_4^+)

Les concentrations de l'ammonium obtenues des analyses de l'eau brute varient entre 0 mg/L et 0.35mg/L, avec une moyenne de 0.21mg/L et un écart type de 0.08mg/L.

Et pour l'eau traitées les concentrations varient entre 0 mg/L et 0.4 mg/L avec une moyenne de 0.06 mg/L et un écart type de 0.08mg/L.

Les concentrations d'ammonium des eaux traitées (Fig. 38), respectent la valeur maximale admissible par les normes algérienne (0.5 mg/L).

6.3. Les chlorures (Cl^-)

Et ce qui concerne les ions chlorure (Fig.39), leurs concentrations dans l'eau brute sont comprises entre 210mg/L (Déc-2013) et 404 mg/L (Oct-2016), et pour l'eau traitée, les valeurs varient entre 149mg/L (Sep-2013) et 364mg/L (Déc-2014).

La moyenne et écart type sont respectivement de 317mg/L et 45.74 mg/L pour l'eau brute, 284.75mg/L et 48.53mg/L pour l'eau traitée.

Les concentrations de chlorure ne dépassent pas la valeur guide préconisée par les normes algériennes (500mg/L).

7. Chlore résiduel

Les valeurs du chlore résiduel présentées en figure 40, des eaux brutes et traitées de la station de traitement sont respectivement comprises entre (0.1mg/L et 0.4mg/L), (0.1mg/L et 0.4mg/L).

Les moyennes et les écarts types pour ce paramètre est de 0.22mg/L pour les eaux brutes et de 0.04mg/L pour les eaux traitées.

Notons que tous les valeurs de concentration du chlore résiduel, ne dépassent pas 5 mg/L fixée par les normes algériennes.

CHAPITRE 5 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

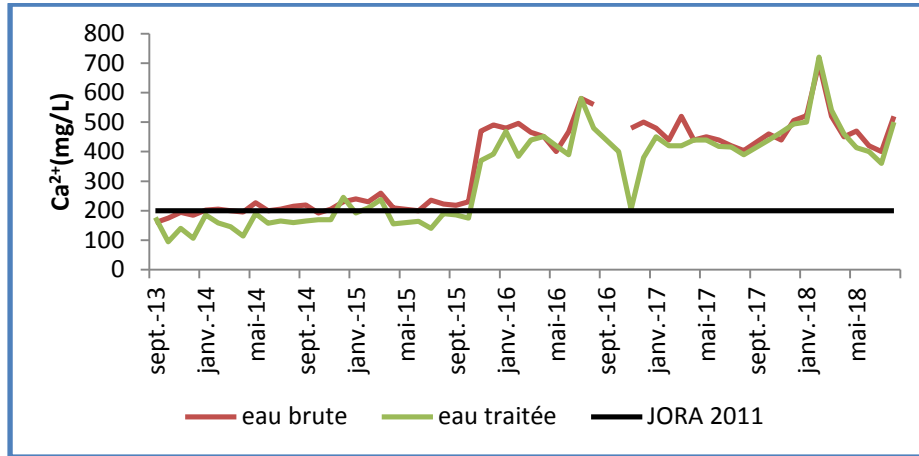


Figure 37 : la variation de calcium des eaux brutes et traitées au station de traitement du barrage EL IZDIHAR

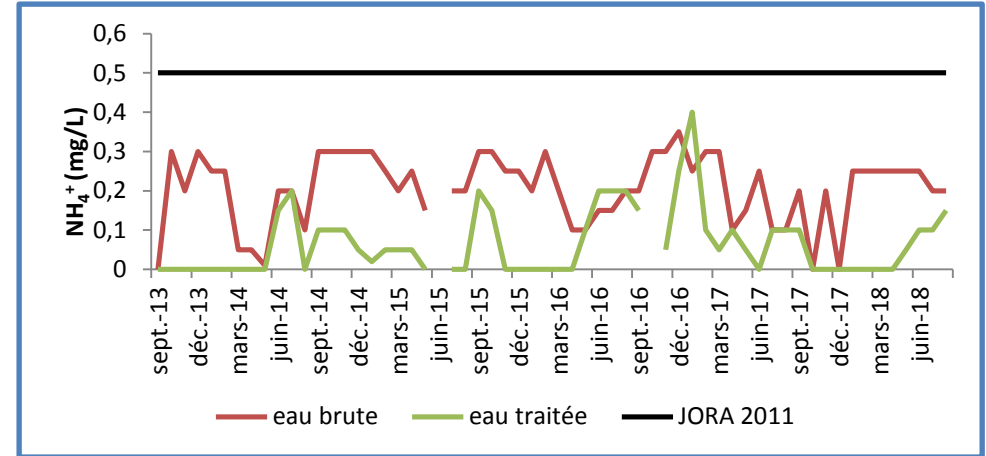


Figure 38 : la variation de l'ammonium des eaux brutes et traitées aux stations de traitement du barrage EL IZDIHAR

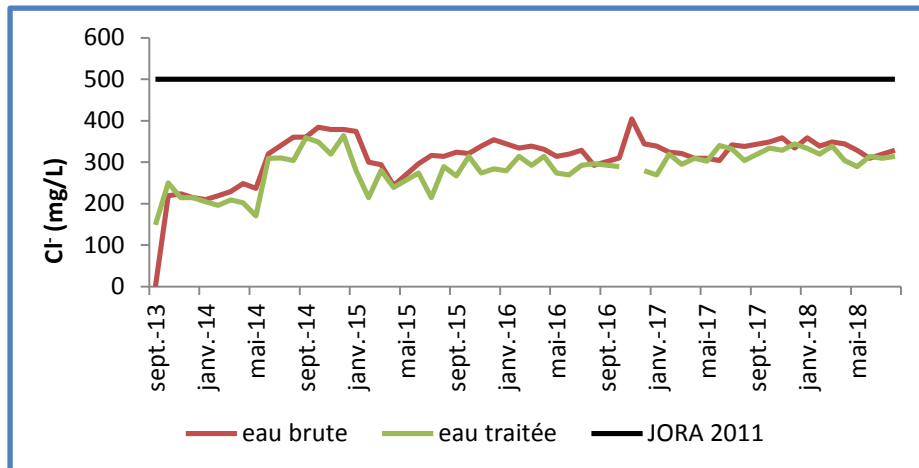


Figure 39 : la variation de chlorure des eaux brutes et traitées au station de traitement du barrage EL IZDIHAR

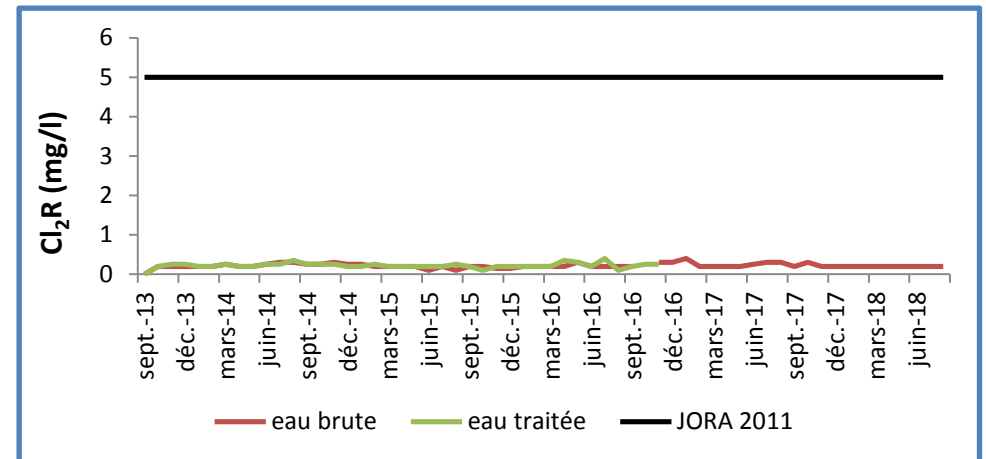


Figure 40 : La variation de chlore résiduel des eaux brutes et traitées à la station du barrage EL IZDIHAR

CHAPITRE 5 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

III. DISCUSSION DES RESULTATS

L'évaluation des caractéristiques des différents paramètres physico-chimiques et chimiques analysés relatifs aux eaux brutes et traitées de la station de Sidi Abdelli, sur la période étalée entre septembre 2013 à Aout 2018. Ainsi que l'étude qualitative des eaux traitées montrent :

- Une variabilité des valeurs de la turbidité durant la période d'observation, est remarquée, avec une importante diminution de ces valeurs dans les eaux traitées comparées à celle des eaux brutes (Fig.41.a), ceci est justifié par le passage des eaux dans les différentes étapes de traitement.
- Les valeurs de la température restent relativement homogènes avant et après traitement (Fig. 41.b), les maximas et minimas dépendent des températures enregistrées durant les différentes saisons de l'année.
- Les concentrations en chlore résiduel sont globalement supérieures dans les eaux traitées que dans les eaux brutes, Cette élévation est due probablement à l'utilisation excessive de l'hypochlorite de calcium dans la phase finale du traitement qui est la désinfection appelée : Etape Post chloration.
- Une légère diminution des valeurs de la conductivité électrique correspondantes à la minéralisation des eaux (Fig.40.c), et les teneurs en chlorures et TAC (Fig. 42.c et d) est remarquée entre les eaux brutes et les eaux traitées.
- Une charge calcique plus importante est distinguée entre l'année 2015/2016 et 2017/2018, avec un grand écart entre les minimas et maximas des teneurs (Fig. 42.a), nous laisse suspecter une défaillance des analyses au laboratoire.
- Les teneurs les ions ammonium en eau traitée sont supérieures a celles des eaux brutes (Fig.42.b), due probablement à l'enrichissement des eaux en azote atmosphérique, en étape de l'aération dite oxygénation des eaux dans la station.

Du point de vu, qualité, nous concluons que les eaux traitées de la station de traitement de Sidi Abdelli sont conformes aux normes de potabilité fixées par la législation algérienne.

CHAPITRE 5 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

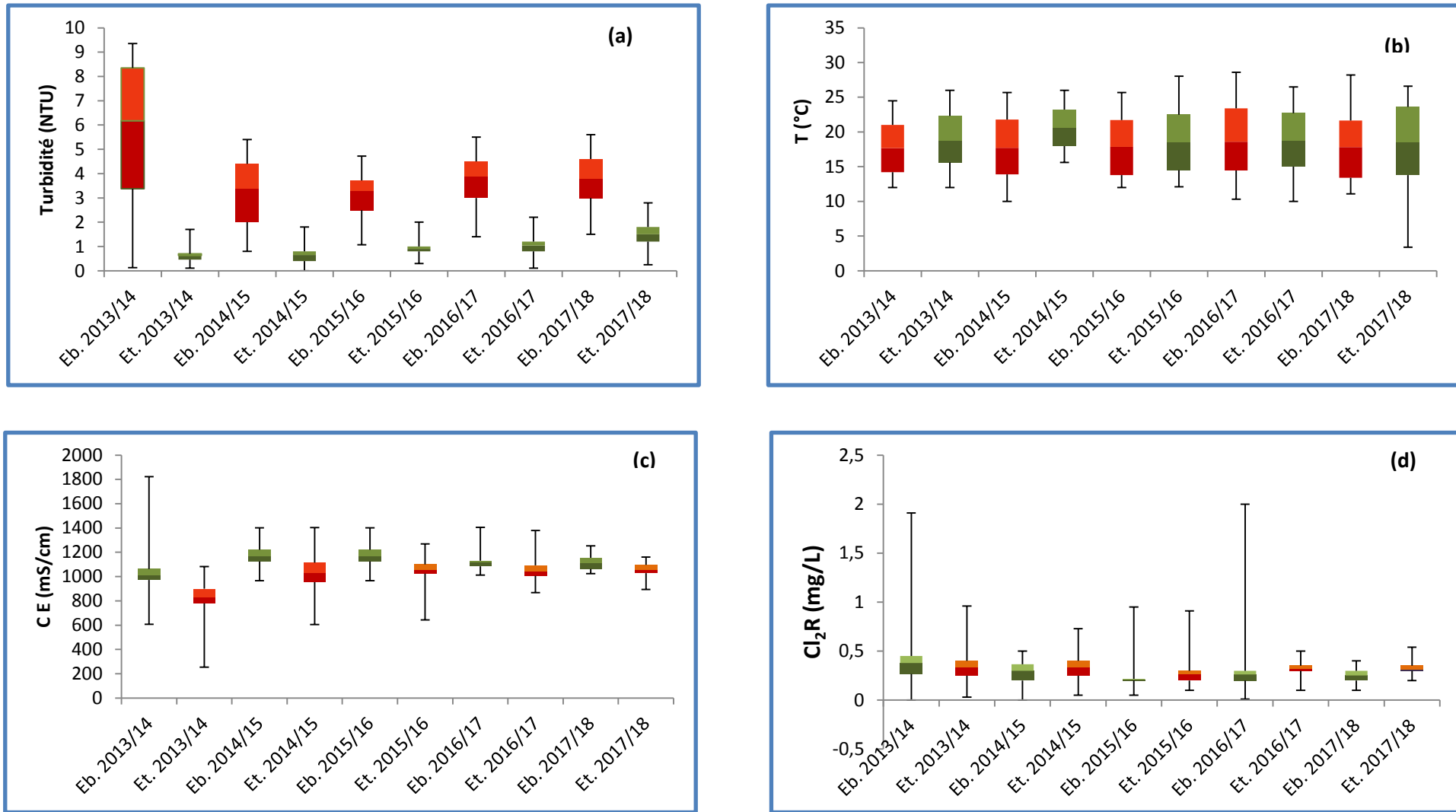


Figure 41 : Boîte à moustache de la variation des paramètres physico-chimiques (Eb. : Eau brute et Et. : Eau traitée)

CHAPITRE 5 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

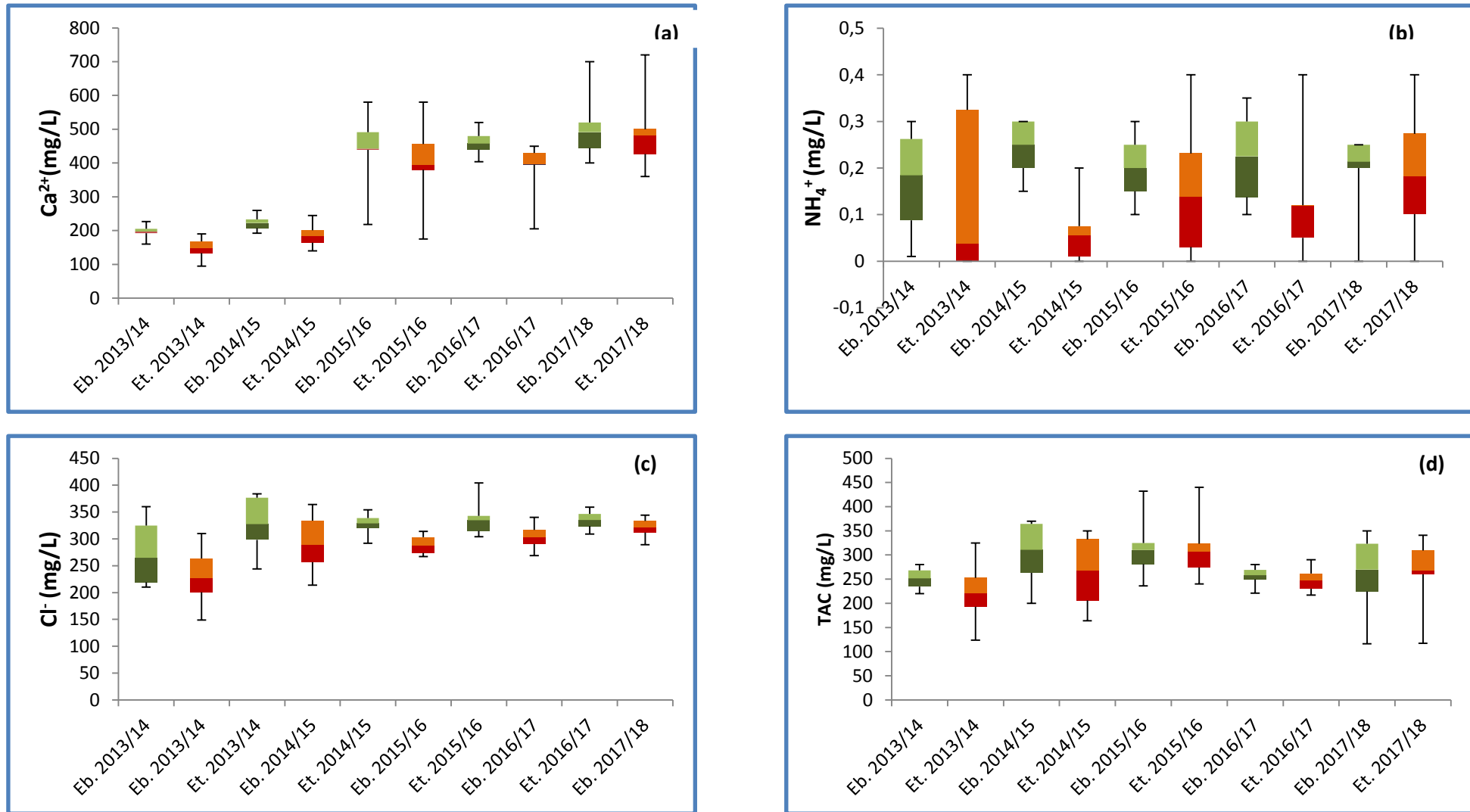


Figure 42 : Boite à moustache de la variation des paramètres chimiques (Eb. : Eau brute et Et. : Eau traitée)

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

En termes de ce modeste mémoire, concernant l'étude géomorphologiques, hydrologique et hydrochimique du sous bassin versant contrôlé par le barrage El Izdihar, il convient de faire un rappel des principaux résultats obtenus :

Le sous bassin versant contrôlé par le barrage El Izdihar, situé au nord-ouest algérien, faisant partie du sous bassin d'oued Isser, localisée à la partie orientale de la moyenne Tafna. Il s'étend sur une superficie d'environ 1035 km².

Il est caractérisé par deux zones bien distinctes : d'abord une zone montagneuse au sud, constituée par des calcaires fissurés du Jurassique-Crétacé, à très fort potentiel hydrique, puis la zone de collines au nord, formée essentiellement de marnes d'âge Miocène et d'alluvions Plio-quadernaire et quadernaire, considérés aussi comme aquifère important dans la région.

Du point de vue géomorphologique, notre bassin versant d'étude, à une forme allongée ($K_c = 1.77$), son relief est fort ($250 < D_s < 500$), avec une altitude moyenne de 834.15m. Ses pentes varient entre 0 et 30 degrés, avec une forte incision du relief entre 400 et 1600m.

Son réseau hydrographique est dendritique, son drain principal est Oued Isser, précisément Oued Soltan, il prend sa source au niveau d'Aïn Isser au Sud d'Ouled Mimoun et sa limite aval coïncide avec la digue du barrage de Sidi Abdelli dénommé El Izdihar. Selon la classification de Strahler, le réseau est d'ordre 6.

Le climat du secteur d'étude est de type semi-aride. Sur une chronique de 11 ans s'étalant de 2007 à 2018, la température moyenne interannuelle est de 17.09°C et des précipitations interannuelles sont de 567.29 mm. L'évapotranspiration réelle annuelle selon Turc, donne une valeur de 453.83mm, Cette valeur légèrement inférieure à celle des précipitations, traduit une chronique excédentaire.

L'évaluation qualitative des eaux de surface retenues par le barrage El-Izdihar, et traitées au centre de traitement de Sidi Abedelli, destinées principalement à l'approvisionnement de L'AEP de la willaya de Sidi Bel-Abbés montre que :

Les valeurs de concentrations de plusieurs paramètres tels que : la turbidité, la conductivité, titre alcalinimétrique et chlorures diminuent après leurs passages dans les différentes étapes du traitement. La température des eaux brutes et traitées dépendent des températures atmosphériques enregistrées durant les différentes saisons de l'année.

CONCLUSION GENERALE

L'augmentation des teneurs en chlore résiduel dans les eaux traitées est due probablement à l'utilisation de l'hypochlorite de calcium dans la phase finale de désinfection.

De manière générale, les eaux traitées de la station de traitement de Sidi Abdelli sont conformes aux normes de qualité des eaux destinées à la consommation humaine, fixées par la législation algérienne.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Azzi B., 2001.** Etude hydrogéologique du barrage El Izdihar (Sidi Abdelli) et son impact sur l'environnement. Mém. Master, Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen. 70P
- Bekkouche H., 2017.** Évaluation physico-chimiques des eaux traitées des stations de prétraitement et de traitement de la Tafna (ouest algérien). Mém. Master, Université Abou Bekr Belkaïd, tlemcen, Algérie. 58P
- Belhadj S. et Yahia-Dahmana S., 2018.** Analyse de la qualité de l'eau suivant les normes de potabilité de quelques sources naturelles dans la commune de Feraoun (Wilaya Bijaia). Mém. Master, Univ. Abderahmane, Bejaia, Algérie, 30P
- Benaissa B., 2017.** Complexe thermalo sportif à Sid Abdelli-Tlemcen. Mémoire. Master, Univ. Tlemcen, Algérie. 95P
- Benhazil L., 2011.** Application du model GR (génie rural) au bassin versant de l'oued Isser. Mém. Master, Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen, Algérie. 80p
- Bensafi H., 2016.** Contribution à l'amélioration de la qualité des eaux de la Tafna destinées à la consommation humaine, par l'utilisation du sulfate d'alumine. Mém. Master, Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen, Algérie. 83P
- Bensaoula A., 2008.** La mobilisation des ressources en eau : contexte climatique et contraintes socio-économiques (cas de la (wilaya de Tlemcen). Mém. Master, Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen, Algérie. 87P
- Bouanab R. et Tamzait K., 2014.** Caractérisation hydrochimie des eaux souterraines et de surface vis-à-vis des métaux lourds, cas des oueds Djemaa Zitouna (Bejaia). Mém. Master, Univ. A.MIRA, Bejaia, Algérie. 50P
- Boughalam K.M., 2013.** Impact des systèmes de gestion sur la vulnérabilité des sols a l'érosion cas du bassin versant de l'Isser Tlemcen. Thèse. Doctorat Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen. 212P
- Bouklikha Z. et Berrichi M., 2017.** Estimation de l'envasement d'un barrage par le modèle pisa. Cas du barrage de El Izdihar. Mém. Master, Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen. 87P
- Dahbi M. , 2006.** Étude hydrogéologie et hydrochimie des eaux souterraines de la région de Reggane (wilaya d'Adrar). Mém. Master, Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen. 78P
- JORA., 2011.** Journal officiel de la république Algérienne. Décret exécutif n°= 18 du 18 Rabie Ethani 1432 correspondant au 23 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.
- Handouzi M.A., 2011.** Évolution du chimisme des eaux du barrage mescanna (nord-est algerien). Thèse. Magister, Univ. Badji Mokhtar, Annaba, Algérie. 103P.

Ghazali H. D., Zaid A., 2013. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (région de Meknes –Maroc). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 12, pp. 25-36.

Kadour N. E. N., 2016. Caractérisation, classification et statistique multivariable des eaux du bassin versant de l'Oued EL MALAH (NW Algérien). Mém. Master, Univ. Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen, Algérie, P.89

Labiod H., 2015. Surélévation du plan d'eau du barrage El Izdihar à Sidi Sbdelli étude de faisabilité. Mém. Master, Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen.105P

Musy A., 2005. Cours d'hydrologie générale. Cours en ligne. Ecole Polytechnique Fédérale (EPFL), France.

Rodier J., Legube B., Merlet N., et Coll, 2009. L'analyse de l'eau, 9ème Edition, Ed. Dunod, Paris. 1207p

Saci D. , 2008. Utilisation du grand transfert d'eau dans l'aménagement du territoire (cas de l'oranie). Mém. Maste, Univ. Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen, Algérie. 135P

WEBOGRAPHIE

<http://www.eau-et-rivieres.asso.fr>

<http://www.lenntech.fr>

<https://www.aquaportail.com>

<http://www.vignevin.com>

<https://www.étudier.com>

ANNEXES

ANNEXES

ANNEXE I.1 : LES PHOTOS DES OUVRAGES DU BARRAGE EL IZDIHAR



Photos 02 : La digue du barrage El Izdihar (coté interne)



Photos 03 : la galerie du barrage



Photos 04 : La tour de prise d'eau du barrage



Photos 05 : L'évacuateur de crue avec le bassin d'amortissement du barrage

ANNEXES

ANNEXE 2 : LES PHOTOS DES APPAREILS DE LA STATION METEOROLOGIQUE



Photos 06 : le pluviomètre



Photos 07 : le pluviographe



Photos 08 : le thermomètre



Photos 09 : le bac de Colorado



Photos 10 : l'anémomètre

ANNEXES

ANNEXE 3 : LES PHOTOS DE LA STATION DE TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE LIEES AUX BARRAGE EL IZDIHAR



Photos 11 : La station de pompage numéro 1



Photos 12 : le réservoir d'eau brute



Photos 13 : le circuit d'eau dans les chaines



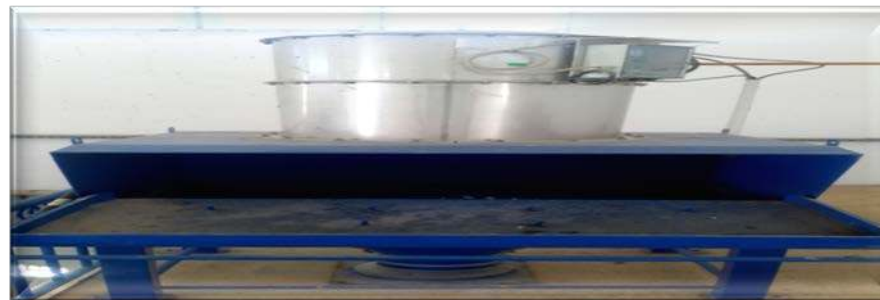
Photos 14 : Tank du chlore gazeux



Photos 15 : Chlorométries



Photos 16 : Préparation de sulfate d'aluminium



Photos 17 : préparation de la chaux

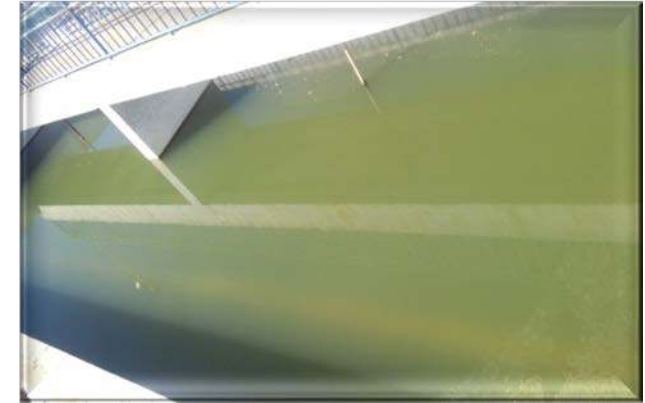
ANNEXES



Photos 18 : l'appareille de Poly dose



Photos 19 : Le bassin de coagulation



Photos 20 : Le bassin de flocculation



Photos 21 : Décantation lamellaire



Photos 22 : les bassins de filtration



Photos 23 : les réservoirs d'eau traitée

ANNEXES

ANNEXES II : PRESENTATIONS DES DONNEES MENSUELLES DE LA STATION METEOROLOGIQUE DE SIDI ABEDLLI.

1. LES PRECIPITATION (mm)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
2007/08	7,6	85,1	28,6	13,4	24,1	27,5	13,7	12,2	49,7	4,1	0	0
2008/09	45,1	82	96,1	149,4	142,5	69,6	38,4	60,3	1,5	0	0	0
2009/10	88	2,2	36,4	62,7	99,5	59,9	66	30,7	27,5	18	2	10,9
2010/11	7,2	55,9	40,1	33,5	29,7	49,7	38,8	59,4	61,7	8,7	1,3	2,9
2011/12	7,3	41,1	107,6	36,1	32,3	77,7	21,9	59,4	1,9	0,2	5,8	0
2012/13	8,7	54,4	144,6	19,6	148,2	52,2	77,4	82,8	39,1	0	1	16
2013/14	15,3	0	84,9	123,7	127	73,4	43,3	12,6	20,2	12,9	0	0
2014/15	28,8	11,9	67	112	97,1	73,7	39,2	3	40,2	4,3	0	4
2015/16	8	47,8	0	16,8	80,4	49,5	49	31,5	6,3	0	0	4
2016/17	1,2	64,8	95,5	167	14,4	20,7	3	5,5	0	0	0	0
2017/18	27,1	5,1	58,8	75,9	50,3	150,7	94,6	24	19,1	0	0	0

ANNEXES

2. LES TEMPERATURES (°C)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
2007/08	19,65	14,77	8,25	5,31	5,12	7,45	7,97	13,08	16	20,18	24,05	23,35
2008/09	21,14	15,61	8,49	6,61	7,44	6,67	10,93	17,66	25,61	31,5	34,2	32,85
2009/10	36,32	26,7	22,38	18	14,66	17,45	13,97	21,04	22,85	28,05	33,85	34,26
2010/11	27,85	12,66	21,71	15,25	16,33	6,34	9,77	15,33	18,46	21,82	24,7	27,01
2011/12	20,7	15,73	11,3	5,67	3,37	2,87	8,08	11,33	16,95	22,63	24,63	25,5
2012/13	28,33	23,9	16,46	15,1	13,21	12,07	16,35	17,41	20,77	25,75	31,08	32,95
2013/14	20,52	16,54	10,37	5,75	6,91	6,36	7,4	11,53	14,83	19,26	21,85	20,47
2014/15	18	14,83	22	17	7,5	5,25	6,66	21,33	23,66	30,14	32,71	33,33
2015/16	29,66	19,95	17,15	14,24	12,74	10,85	19,19	17,91	21,87	27,76	32	34,25
2016/17	11,4	5,83	6,33	8,4	8,28	12,66	14,87	17,5	20,33	19,08	34	35
2017/18	29	22,1	13,12	11,06	8,08	13,87	18,8	19,12	20,28	29,96	30,05	33,81

ANNEXES

ANNEXE III : LES APPARILLES DU LABORATOIRE DE LA STATION DE TRAITEMENT DE L'ADE DU SIDI ABEDLLI.



(a) Turbidimètre



(b) le couleur test



(c) Le thermomètre



(d) le ph mètre



(e) la conductivité mètre



(f) Totale Dissolved Solids



(g) O₂ dissous mètre



(h) Spectrophotomètre



(i) photomètre du Chlore Lvibond

ANNEXES

Chapitre I :

***GENERALITE SUR LA ZONE
D'ETUDE***

Chapitre II :

***GEOMORPHOLOGIE DU BASSIN
VERSANT***

Chapitre III :

ETUDE HYDRO-CLIMATIQUE

Chapitre IV :

METHODES ET MATERIELS

INTRODUCTION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

Partie I :

DESCRIPTION

GEOMORPHOLOGIE ET

HYDROLOGIE

Partie II :

ETUDE HYDROCHIMIQUE

Chapitre V :

***RESULTATS ET
INTERPRETATIONS***
