

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
Ecole Nationale Polytechnique



ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE  
DÉPARTEMENT D'HYDRAULIQUE  
Laboratoire de Recherches des Sciences de l'EAU  
**Mémoire de projet de fin d'études**  
POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME D'INGÉNIEUR D'ÉTAT EN HYDRAULIQUE

---

---

## Application de la comptabilité de l'eau sur le sous bassin versant d'Oued Eddous

---

---

M. REHANE Souhil  
M. DAHMANI Abdelaziz El Mouatassem  
Sous la direction de M. BENZIADA Salim  
Présentés et soutenus publiquement le 25/06/2023

Composition du jury :

---

---

Présidente	Mme. BENMAMAR Saadia	Professeur	ENP
Promoteur	M. BENZIADA Salim	M.Assistant (A)	ENP
Examinatrice	Mme. CHETIBI Meriem	M.Conférences (B)	ENP
Examineur	M. HASNAOUI Yacine	Doctorant	ENP

---

---

ENP 2023



RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
Ecole Nationale Polytechnique



ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE  
DÉPARTEMENT D'HYDRAULIQUE  
Laboratoire de Recherches des Sciences de l'EAU  
**Mémoire de projet de fin d'études**  
POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME D'INGÉNIEUR D'ÉTAT EN HYDRAULIQUE

---

---

## Application de la comptabilité de l'eau sur le sous bassin versant d'Oued Eddous

---

---

M. REHANE Souhil  
M. DAHMANI Abdelaziz El Mouatassem  
Sous la direction de M. BENZIADA Salim  
Présentés et soutenus publiquement le 25/06/2023

Composition du jury :

---

---

Présidente	Mme. BENMAMAR Saadia	Professeur	ENP
Promoteur	M. BENZIADA Salim	M.Assistant (A)	ENP
Examinatrice	Mme. CHETIBI Meriem	M.Conférences (B)	ENP
Examineur	M. HASNAOUI Yacine	Doctorant	ENP

---

---

ENP 2023

## Dédicaces Souhil

Je dédie ce travail à :

### **Mon très cher père Lakhdar**

Aucune dédicace ne saurait rendre justice à tout ce que tu mérites pour les sacrifices que tu as consentis tout au long de ma vie. Ta présence, ton soutien inébranlable et tes précieux conseils ont été des piliers sur lesquels j'ai pu construire ma réussite. Ta sagesse et ton exemple m'ont guidé et inspiré à chaque étape de mon parcours. Que Dieu, te préserve, te comble de santé, de longévité et de bonheur. Je te suis profondément reconnaissant pour ton amour inconditionnel et ta bienveillance. Je t'aime du fond du cœur.

### **Ma très chère mère**

Aucune dédicace ne peut suffisamment exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu as faits pour moi depuis ma naissance. Tes prières et bénédictions ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Puissent Dieu, le Tout-Puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur. Je suis profondément reconnaissant pour ton amour inconditionnel et ton soutien constant. Je t'aime énormément.

### **Mes très chers frères Reda, Akram et Wadjih**

Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

### **A la mémoire de mon grand-père et grande-mère**

Vous avez toujours été présents dans mon esprit et dans mon cœur. Aujourd'hui, je vous dédie ma réussite. Que Dieu vous accueille dans Son éternel paradis. Votre souvenir restera gravé en moi pour toujours.

### **Ma grande famille**

Mes oncles, mes tantes ainsi que mes cousins et mes cousines.

### **Mon très cher ami et binôme Abdelaziz et toute sa famille**

Je te dédie notre travail, nos efforts fournis avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

## **Dédicaces Abdelaziz El Mouatasem**

Je dédie ce travail à :

### **Mon très cher père Mohamed**

Aucune dédicace ne saurait rendre justice à tout ce que tu mérites pour les sacrifices que tu as consentis tout au long de ma vie. Ta présence, ton soutien inébranlable et tes précieux conseils ont été des piliers sur lesquels j'ai pu construire ma réussite. Ta sagesse et ton exemple m'ont guidé et inspiré à chaque étape de mon parcours. Que Dieu, le Tout-Puissant, te préserve, te comble de santé, de longévité et de bonheur. Je te suis profondément reconnaissant pour ton amour inconditionnel et ta bienveillance. Je t'aime du fond du cœur.

### **Ma très chère mère**

Aucune dédicace ne peut suffisamment exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu as faits pour moi depuis ma naissance. Tes prières et bénédictions ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Puissent Dieu, le Tout-Puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur. Je suis profondément reconnaissant pour ton amour inconditionnel et ton soutien constant. Je t'aime énormément.

### **Mes très chers frères Abderrahmane et Abderaouf**

Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

**Ma grande famille** Mes oncles, mes tantes ainsi que mes cousins et mes cousines.

### **Mon très cher ami et binôme Souhil et toute sa famille**

Je te dédie notre travail, nos efforts fournis avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

## Remerciement

En tout premier lieu, Nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la force, le courage et la patience d'arriver à terme de ce travail.

Nos plus vifs remerciement vont aux :

Nos très chers parents pour les sacrifices qu'ils ont faits pour notre éducation et notre formation.

Notons aussi que ce travail n'aurait pas été aussi riche et n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide et l'encadrement de M. BENZIADA Salim. Nous le remercions pour la qualité de son encadrement exceptionnel, sa patience et sa rigueur. Que ce travail soit un témoignage de notre profond respect.

Sans oublier Mr DABOUZ Morad et Mr TELDJOUNE Mustapha qui nous ont guidés et aidés et qui nous ont fourni toutes les données nécessaires pour mener à bien ce modeste travail.

Nous remercions également la présidente du jury Mme. BENMAMAR Saadia et les membres du jury Mme. CHETIBI Meriem et M.HASNAOUI Yacine qui nous feront l'honneur de juger notre travail.

## ملخص

تم إجراء هذه الدراسة على الحوض الفرعي واد ادوس، وتهدف إلى دعم المسؤولين من خلال اقتراح منهجية لتعزيز القدرات الإدارية في مجال إمداد واستدامة المياه بشكل عام. تأتي هذه الدراسة في سياق تزايد مشكلة ندرة المياه في السنوات الأخيرة.

تتكون المنهجية المقترحة من ثلاث مراحل رئيسية. في المرحلة الأولى، يتم تجميع المعلومات المتعلقة بالمياه، مثل المياه المستخدمة للشرب والري والمياه المستعملة، وخصائص المناخ في المنطقة، وما إلى ذلك. تتمحور المرحلة الثانية حول التحليل والتقدير، حيث يتم تحويل البيانات والخرائط المحصل عليها إلى أرقام فعلية ويتم تقديرها للوقت الحالي وبعد سبع سنوات.

أما المرحلة الأخيرة، فتتضمن تطبيق مبادئ محاسبة المياه، بالإضافة إلى اقتراح حلول للمشكلة. **الكلمات الرئيسية :** واد ادوس، محاسبة المياه، مبادئ محاسبة المياه.

## Abstract

This study was conducted on the sub-basin of Oued Eddous, with the aim of supporting decision-makers by proposing a methodology to enhance administrative capacities in the field of water supply and sustainability in general. This study comes in the context of the growing problem of water scarcity in recent years.

The proposed methodology consists of three main stages. In the first stage, information related to water is collected, such as drinking water, irrigation water, wastewater, and climate characteristics in the region, among others. The second stage revolves around analysis and estimation, where the collected data and maps are translated into actual numbers and estimated for the current year in 2023 and seven years ahead in 2030.

The final stage involves the application of water accounting methodology, along with proposing solutions to the problem.

**Key words :** Oued Eddous, Water accounting, water accounting methodology.

## Résumé

Cette étude a été réalisée sur le sous-bassin d'Oued Eddous, dans le but de soutenir les décideurs en proposant une méthodologie visant à renforcer les capacités administratives dans le domaine de l'approvisionnement en eau et de la durabilité de manière générale. Cette étude s'inscrit dans le contexte du problème croissant de la pénurie d'eau ces dernières années.

La méthodologie proposée comprend trois étapes principales. Dans la première étape, des informations relatives à l'eau sont collectées, telles que l'eau potable, l'eau d'irrigation, les eaux usées et les caractéristiques climatiques de la région, entre autres. La deuxième étape consiste en une analyse et une estimation, où les données et les cartes recueillies sont traduites en chiffres réels et estimées pour l'année en cours en 2023 et sept ans à l'avance en 2030.

La dernière étape implique l'application de la méthodologie de comptabilité de l'eau, ainsi que la proposition de solutions au problème.

**Mots clés :** Oued Eddous, comptabilité de l'eau, méthodologie de comptabilité de l'eau.

# Table des matières

Liste des tableaux	
Table des figures	
Listes des abréviations	
Introduction générale . . . . .	14
<b>I La comptabilité de l'eau</b>	<b>16</b>
I.1 Introduction . . . . .	16
I.2 Concept clé . . . . .	16
I.3 Signification d'un bassin versant . . . . .	17
I.3.1 Bassin versant . . . . .	17
I.3.2 Cycle d'eau . . . . .	17
I.3.3 Sous bassin versant . . . . .	18
I.3.4 Les fonctions d'un bassin versant . . . . .	18
I.3.5 Les plans d'eau . . . . .	20
I.3.6 Les sources naturelles de l'eau . . . . .	21
I.3.7 Les eaux d'approvisionnement . . . . .	22
I.4 L'utilisation d'eau . . . . .	22
I.4.1 L'alimentation en eau potable (AEP) . . . . .	22
I.4.2 L'alimentation en eau industrielle . . . . .	23
I.4.3 Irrigation . . . . .	23
I.5 Les rejets . . . . .	24
I.5.1 Les eaux usées domestiques . . . . .	24
I.5.2 Les eaux usées industrielles . . . . .	24
I.5.3 Les eaux de ruissellement urbain . . . . .	24
I.6 Conclusion et perspectives . . . . .	25
<b>II Présentation de la zone d'étude</b>	<b>26</b>
II.1 Introduction . . . . .	26
II.2 Situation géographique . . . . .	26
II.3 Topographie . . . . .	28
II.4 Aspect Administratif . . . . .	28
II.5 Les paramètres climatiques . . . . .	29
II.5.1 Pluviométrie . . . . .	30
II.5.2 Température . . . . .	30
II.5.3 Le vent . . . . .	31
II.5.4 Humidité relative . . . . .	32
II.5.5 Indice annuel d'aridité de De Martonne . . . . .	32
II.6 Aspect physique . . . . .	32



II.6.1	Géologie du bassin . . . . .	32
II.6.2	Végétation du bassin . . . . .	34
II.6.3	Morphométrie du bassin . . . . .	35
II.6.4	Géométrie du bassin . . . . .	35
II.7	Aspect hydrographique . . . . .	39
II.7.1	Le réseau hydrographique . . . . .	39
II.7.2	Caractéristique du réseau hydrographique d'Oued Eddous . . . . .	40
II.8	Aspect socio-économique . . . . .	41
II.8.1	La population . . . . .	41
II.8.2	L'agriculture . . . . .	42
II.8.3	L'industrie . . . . .	43
II.8.4	Activités humaines dans la zone d'étude . . . . .	44
II.9	Mobilisation des ressources en eau . . . . .	44
II.9.1	Les ressources superficielles . . . . .	44
II.9.2	Les ressources souterraines . . . . .	49
II.10	Conclusion . . . . .	51
<b>III</b>	<b>Méthodologie de la comptabilité de l'eau</b>	<b>52</b>
III.1	Introduction . . . . .	52
III.2	Les objectifs et les éléments de la comptabilité de l'eau . . . . .	52
III.3	Méthodologie . . . . .	54
III.3.1	Sources de données . . . . .	54
III.3.2	Méthodologie . . . . .	54
III.4	Approches méthodologiques . . . . .	55
III.5	Modalités de traitement de données entrées/sorties du bilan . . . . .	56
III.6	Évaluation des besoins en eau . . . . .	58
III.6.1	Alimentation en eau potable . . . . .	58
III.6.2	Alimentation en eau industrielle . . . . .	69
III.6.3	Eau agricole (irrigation) . . . . .	70
III.6.4	Evaporation . . . . .	81
III.6.5	Etude de l'évapotranspiration . . . . .	81
III.6.6	Evaluation des débits d'eaux usées domestiques . . . . .	89
III.6.7	Evaluation des débits d'eaux usées industrielles . . . . .	89
III.6.8	Les flux de retours . . . . .	90
III.7	Conclusion . . . . .	90
<b>IV</b>	<b>Application de la comptabilité de l'eau au sous bassin versant d'Oued Eddous</b>	<b>92</b>
IV.1	Introduction . . . . .	92
IV.2	Le bilan hydrique . . . . .	92
IV.2.1	Les précipitations . . . . .	93
IV.2.2	L'eau importée des autres bassins . . . . .	93
IV.2.3	L'usage géré de l'eau . . . . .	93
IV.2.4	Landscape ET . . . . .	94
IV.2.5	Outflow . . . . .	95
IV.3	L'application de la comptabilité de l'eau . . . . .	96
IV.3.1	La feuille base des ressources de la WA+ 2023 . . . . .	98

IV.3.2 La feuille base des ressources de la WA+ 2030 . . . . .	99
IV.4 Conclusion . . . . .	100
Conclusion générale . . . . .	101
Bibliographie . . . . .	103
Annexes . . . . .	106

# Liste des tableaux

II.1	Découpage administratif de wilaya de Bouira ([8]). . . . .	29
II.2	Les moyennes mensuelles des précipitations du sous bassin d'Oued Eddous des années (2009 à 2021) (Stations pluviométriques ANRH) . . . . .	30
II.3	Températures moyenne mensuelles (2009-2021) . . . . .	31
II.4	Vitesse moyenne mensuelles (Km/h) du vent (2009-2021) [4] . . . . .	31
II.5	Humidité relative moyennes mensuelles de la région de Bouira(O.N.M) . . . . .	32
II.6	Les informations de la carte de relief . . . . .	37
II.7	Classification du relief d'après O.R.S.T.O.M(Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer) . . . . .	39
II.8	Classification du réseau hydrographique . . . . .	40
II.9	Rapport de confluence pour chaque ordre . . . . .	41
II.10	Nombre d'habitants par Agglomération en 2018 et 2021 . . . . .	42
II.11	Les principales régions agricoles de la Wilaya de Bouira (ONID) . . . . .	42
II.12	Les Retunes Collinaire dans sous bassin d'oued Eddous avec d'autres à proximité (Source : la conservation des forêts et de l'hydraulique de Bouira, 2019) . . . . .	49
II.13	Les eaux souterraines au niveau de la Wilaya de BOUIRA . . . . .	51
III.1	Taux d'accroissement de la population par agglomération (Année 2018-2021). . . . .	59
III.2	Les populations en 2018, 2021, 2023 et 2030 (hab). . . . .	59
III.3	Production par source d'alimentation (ADE 2020) . . . . .	61
III.4	Evaluation des besoins en eau potable de la population pour l'année 2023 . . . . .	62
III.5	Evaluation des besoins en eau potable de la population pour l'année 2023 pour les communes alimentés par le Barrage de Koudiet Acerdoune . . . . .	63
III.6	Evaluation des besoins en eau potable de la population pour l'année 2030 . . . . .	64
III.7	Evaluation des besoins en eau potable des communes alimentés par le Barrage de Koudiet Acerdoune pour l'année 2030 . . . . .	65
III.8	Production par source d'alimentation (ADE 2020) . . . . .	66
III.9	Nombre d'habitants des communes extérieures en 2018,2021,2023 et 2030 ainsi que le taux d'accroissement de la population pour chaque commune. . . . .	67
III.10	Evaluation des besoins en eau potable des communes extérieures pour l'année 2023 . . . . .	68
III.11	Evaluation des besoins en eau potable des communes extérieures pour l'année 2030 . . . . .	69
III.12	Les besoins en eau industriels (2016-2020) . . . . .	70
III.13	Les besoins en eau industriels (2021-2030) . . . . .	70

III.14 Les ressources d'irrigation et les superficies irriguées par ces ressources (DRE 2022) . . . . .	71
III.15 Les superficies irriguées par type d'irrigation (DRE 2022) . . . . .	71
III.16 Superficies irriguées par speculation DRE(2022) . . . . .	72
III.17 L'estimation de l'évapotranspiration à partir de logiciel CROPWAT . . . . .	73
III.18 L'estimation de la pluie efficace à partir de logiciel CROPWAT . . . . .	73
III.19 La répartition culturelle dans notre zone d'étude (DSA 2022) . . . . .	74
III.20 Besoin en eau du blé/avoine . . . . .	76
III.21 Besoin en eau d'orge . . . . .	76
III.22 Besoin en eau de la pomme de terre . . . . .	76
III.23 Besoin en eau de piment/poivron . . . . .	77
III.24 Besoin en eau de la tomate . . . . .	77
III.25 Besoin en eau de laitue . . . . .	77
III.26 Besoin en eau oignon/ail . . . . .	78
III.27 Besoin en eau pommiers . . . . .	78
III.28 Besoin en eau pêchers . . . . .	78
III.29 Besoin en eau oliviers . . . . .	79
III.30 Besoins en eau totaux d'irrigation . . . . .	79
III.31 Les hypothèses retenues par le PNE 2008 pour l'efficience ainsi que le volume de consommations . . . . .	80
III.32 Les volumes destinés à l'irrigation (Barrage de Tilesdit) en 2016,2017,2018,2019 et 2020 (ANBT) . . . . .	80
III.33 Les moyennes mensuelles d'évaporation (1997-2007) . . . . .	81
III.34 L'estimation de l'évapotranspiration à partir de logiciel CROPWAT . . . . .	82
III.35 L'évapotranspiration calculée à partir de la formule de Thornthwaite . . . . .	84
III.36 Les valeurs corrigées de l'ETP . . . . .	84
III.37 Les valeurs de l'évapotranspiration et l'évapotranspiration corrigée à partir la formule de Serra . . . . .	86
III.38 Nombre de polygone et surface de chaque classe . . . . .	88
III.39 L'ETR et la surface de chaque classe, ainsi que le volume d'évapotranspiration . . . . .	89
III.40 Débit d'eaux usées . . . . .	89
III.41 Les volumes d'eaux usées industrielles pour 2023 et 2030 . . . . .	90
IV.1 Résultat de la comptabilité de l'eau d'Oued Eddous selon WA et WA+ (Mm <sup>3</sup> ).[50] . . . . .	97

# Table des figures

I.1	Schéma de cycle d'eau (source : <a href="http://www.eaudubassinrennaisparsaur.fr">www.eaudubassinrennaisparsaur.fr</a> ). . . . .	18
I.2	La relation entre le bassin et sous bassin versant (source : <a href="https://sibcca.fr/">https://sibcca.fr/</a> ). . . . .	18
I.3	Les fonction Hydrologiques d'un bassin versant (source : <a href="http://zones-humides.org">zones-humides.org</a> ) . . . . .	19
I.4	Présentation des eaux d'approvisionnement (RAMSAR, 2010). . . . .	21
II.1	Situation géographique des trois sous bassins de la wilaya de Bouira (ANRH BLIDA). . . . .	27
II.2	Situation géographique des trois sous bassins de wilaya de Bouira(ANRH BLIDA). . . . .	28
II.3	Les précipitations moyennes mensuelles des années (2009 à 2021) (Stations pluviométriques ANRH) . . . . .	30
II.4	Répartition des températures moyennes mensuelles maximales et minimales du sous bassin d'Oued Eddous. . . . .	31
II.5	Carte géologique du bassin versant d'oued D'hous (Hadjout, T; Benkhallata, H; 1997) . . . . .	33
II.6	Différents types de cultures de la wilaya de Bouira. (DSA) . . . . .	34
II.7	Situation des sous bassin versant par rapport aux grands bassins de toute la région (ANRH). . . . .	35
II.8	Carte dU relief dU sous bassin d'Oued Eddous. . . . .	37
II.9	Courbe hypsométrique . . . . .	38
II.10	Réseau hydrographique des trois sous bassins versants de wilaya de Bouira (ANRH BLIDA). . . . .	39
II.11	Réseau hydrographique du sous bassin d'Oued Eddous . . . . .	40
II.12	Découpage du territoire de la wilaya de Bouira en régions agricoles . . . . .	43
II.13	La carte d'occupation de sol sous Arcgis de sous bassin d'oued Eddous de site de ESRI (2022 2020-2021) . . . . .	44
II.14	Vue général du barrage de Tilesdit (2023) . . . . .	45
II.15	Barrage de Lekhal destiné à l'irrigation [3] . . . . .	46
II.16	Barrage de Koudiet Acerdoune [2] . . . . .	47
II.17	Retenue dErrich (Google map 2023) . . . . .	48
II.18	Retenue collinaire EL KOUBANIA vue satellitaire 1/5000 (ArcGIS pro) . . . . .	48
II.19	Carte des ressources souterraines en eaux de wilaya de Bouira (DRE) . . . . .	50
II.20	Les sources souterraines de wilaya de Bouira(DRE) . . . . .	50
III.1	Cycle itératif de la comptabilité de l'eau [43] . . . . .	54
III.2	Comparaison des précipitations annuelles moyennes in situ et selon WaPOR.[1], (ANRH) . . . . .	57

III.3 Précipitation moyenne mensuelle (en mm) (2009 au 2021) . . . . .	58
III.4 Evaluation de la population pour les années 2018, 2021, 2023, 2030. . . . .	60
III.5 Evaluation des besoins en eau industriels annuels (2016-2020) . . . . .	70
III.6 Le calendrier cultural choisi . . . . .	75
III.7 Les volumes destinés à l'irrigation (Barrage de Tilesdit) en 2016,2017,2018,2019 et 2020 (ANBT) . . . . .	80
III.8 Carte d'évapotranspiration réelle et interception annuelle (2009-2023) . . .	88
III.9 Les rejets d'eaux industriels pour les années 2018,2023 et 2030 . . . . .	90
IV.1 Schéma simplifié des volets de la comptabilité de l'eau combinant l'IWMI WA et WA+.[50] . . . . .	96
IV.2 WA+ du sous bassin d'Oued Eddous 2023 . . . . .	98
IV.3 WA+ du sous bassin d'Oued Eddous 2030 . . . . .	99
4 Différentes caractéristiques du plaine des Arribs . . . . .	106
5 La topographie du barrage de Tilesdit . . . . .	107
6 Différentes caractéristiques du barrage de Tilesdit . . . . .	108

# Liste des abréviations

**ADE** : Algérienne des Eaux

**AEP** : Alimentation en eau potable

**ANBT** : Agence Nationale des Barrages et Transfert

**ANIREF** : Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière

**ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydraulique

**DRE** : Directions des Ressources en Eau

**DSA** : Direction des Services Agricoles

**FAO** : Food Agriculture Organisation

**GPI** : Grand Périmètre d'Irrigation

**Hab** : Habitant

**Max** : Maximum

**MENA** : Moyen Orient et Nord Afrique

**Min** : Minimum

**OMM** : Organisation météorologique mondiale

**ONA** : Office National d'Assainissement

**ONID** : Office National de l'Irrigation et de Drainage

**ONM** : Office National de Météo

**PMH** : Petit et Moyen Hydraulique

**PNE** : Plan National de l'Eau

**SIG** : Système Information Géographique

**STEP** : Station d'Épuration

# Introduction générale

L'eau est une ressource précieuse et un facteur déterminant qui joue un rôle crucial pour l'avenir.

L'Algérie, située en Afrique du Nord, est bordée par la mer Méditerranée au nord et est limitrophe de la Tunisie et de la Libye à l'est. Au sud-est, elle partage une frontière avec le Niger, et au sud-ouest avec le Mali et la Mauritanie. À l'ouest, l'Algérie est limitrophe du Maroc et du Sahara occidental. En termes de superficie, l'Algérie est le plus grand pays d'Afrique, avec une étendue de 2 381 741 km<sup>2</sup>.

En raison de sa situation géographique dans une zone aride et semi-aride, l'Algérie est confrontée à des conditions physiques et hydro climatiques défavorables. Selon la Banque mondiale, la situation des ressources en eau dans la région de l'Afrique du Nord, du sud de la Méditerranée et du Moyen-Orient est très préoccupante. Plus de 60% de la population de cette région est concentrée dans des zones soumises à un stress hydrique de surface élevé ou très élevé, bien au-dessus de la moyenne mondiale d'environ 35%. Si aucune mesure n'est prise, la pénurie d'eau liée au climat devrait entraîner des pertes économiques estimées entre 6% et 14% du produit intérieur brut d'ici 2050, le taux le plus élevé au monde.

L'Algérie est classée parmi les pays de la région qui disposent de faibles ressources hydriques renouvelables, avec une quantité de 294 m<sup>3</sup>/an/hab. Cela positionne l'Algérie dans la catégorie des pays connaissant une pénurie relative d'eau. (FAO AQUASTAT)

C'est pour cela, Le projet GCP/RNE/SWE, intitulé "Mise en œuvre du programme 2030 pour l'efficacité, la productivité et la durabilité de l'eau dans les pays du MENA", a été formellement initié par la FAO lors de l'atelier inaugural qui s'est tenu au Caire en juillet 2017. Ce projet a pour objectif de promouvoir des pratiques de gestion de l'eau efficaces et durables dans la région du MENA, conformément aux objectifs du programme de développement durable à l'horizon 2030. Il vise à établir un cadre approprié pour la mise en œuvre de l'agenda 2030 en matière d'efficacité, de productivité et de durabilité de l'eau en utilisant la comptabilité de l'eau. Le projet se concentre sur huit pays de la région, à savoir le Maroc, la Tunisie, l'Algérie, l'Égypte, la Palestine, la Jordanie, le Liban et l'Iran. Son objectif est de mettre en place des mesures et des politiques permettant de promouvoir une gestion efficace et durable de l'eau, afin de répondre aux besoins présents et futurs de la région en matière de ressources hydriques.

Le sous bassin d'Oued Eddous, situé dans la wilaya de Bouira, est confronté à des défis liés à la disponibilité et à la préservation de l'eau. La croissance démographique de la région, les périodes de sécheresse récentes et les pratiques d'utilisation irrationnelles ont entraîné une surexploitation des ressources hydriques, ayant des conséquences néfastes à la fois sur le plan quantitatif et qualitatif. C'est pour cela, dans ce projet, nous aborderons l'application de la comptabilité de l'eau dans le sous bassin d'Oued Eddous.

Nous avons organisé notre travail en quatre sections distinctes :

- 1- L'aspect bibliographique sur la compatibilité de l'eau, qui sert à définir la comptabilité de l'eau et des éléments clés.



- 2- La présentation de la zone d'étude, cette section comprend ces 5 aspects : géographique, administratif, hydrographique, physique et socio-économique, ainsi que les activités humaines dans la zone d'étude en utilisant l'occupation du sol.
- 3- La méthodologie prise pour la comptabilité de l'eau dans notre zone d'étude.
- 4- L'application de la comptabilité à l'horizon 2023 et 2030, ainsi que l'interprétation des résultats.

# Chapitre I

## La comptabilité de l'eau

### I.1 Introduction

La comptabilisation des ressources en eau est devenue un élément essentiel dans la gestion des ressources hydriques, en raison des défis croissants liés à la disponibilité et à l'utilisation durable de l'eau. Comprendre et quantifier de manière précise les différentes caractéristiques du cycle de l'eau, ainsi que les interactions entre les facteurs naturels et humains, permet de prendre des décisions éclairées pour une gestion efficace de l'eau. La comptabilisation des eaux revêt une importance capitale en fournissant des informations précieuses sur la disponibilité en eau, les usages actuels et futurs, ainsi que sur les défis associés à la gestion des ressources hydriques. Cette approche permet une meilleure compréhension de la dynamique des ressources en l'eau, facilitant la détection des zones soumises à un stress hydrique et l'identifiant les secteurs nécessitant une attention particulière.

Pour mener à bien la comptabilisation des eaux, divers outils et approches sont utilisés. Notamment, les SIG qui jouent un rôle crucial en intégrant et en analysant les données spatiales liées à l'eau. Ils permettent de fédérer aisément les données : topographiques, climatiques, et informations hydrologiques et les données socio-économiques. De même que les modèles hydrologiques et les techniques de télédétection sont également utilisés pour estimer les flux d'eau, et évaluer les ressources en eau actuels et en prédire les changements futurs.

### I.2 Concept clé

La compatibilité de l'eau fait référence à la capacité de l'eau à répondre aux besoins en termes de quantité pour différentes utilisations, tout en préservant la durabilité des ressources en eau.

Dans un sous bassin, chaque type d'utilisation, ainsi que les quantités disponibles d'eau et ses moyens de stockage et de distribution, sont recensés et évalués. La gestion durable des ressources en eau nécessite donc un monitoring régulier de la compatibilité de l'eau, pour garantir une utilisation efficace et équitable de l'eau, et préserver ainsi la durabilité des ressources en eau.

## I.3 Signification d'un bassin versant

### I.3.1 Bassin versant

Le bassin versant est une entité géographique et hydrologique qui joue un rôle crucial dans le transfert des précipitations et des particules de matière. Il assure le drainage des eaux de pluie vers les cours d'eau principaux et les rivières, tout en permettant le transport des solutés et des sédiments des terres vers les océans. L'ensemble du bassin versant contribue à ces deux fonctions en alimentant les écoulements du cours d'eau principal et de ses affluents. En aval du bassin versant, un émissaire unique se forme au niveau d'un exutoire ou d'une embouchure. Le bassin versant est délimité par des lignes de crête et représente un territoire où toutes les eaux, qu'elles soient de surface ou souterraines, s'écoulent naturellement le long des pentes vers un exutoire commun. Il agit comme une zone de collecte pour les précipitations, les dirigeants vers un même [44].

### I.3.2 Cycle d'eau

Le cycle de l'eau est un processus naturel qui implique la circulation continue de l'eau sur terre. Il comprend plusieurs étapes, telles que l'évaporation, la condensation, les précipitations, l'infiltration, l'écoulement et la transpiration. L'évaporation se produit lorsque l'eau à la surface de la terre, telle que les océans, les lacs et les rivières, est chauffée par le soleil et se transforme en vapeur d'eau. Cette vapeur d'eau s'élève dans l'atmosphère, où elle se refroidit et se condense pour former des nuages.

Les nuages se déplacent avec les courants atmosphériques, et lorsqu'ils sont suffisamment chargés en humidité, les gouttelettes d'eau se regroupent pour former des précipitations : telles que la pluie, la neige ou la grêle. Ces précipitations tombent sur la surface terrestre, réapprovisionnant les réserves d'eau douce. Une partie des précipitations s'écoule directement dans les cours d'eau, les rivières et les lacs, formant l'écoulement de surface. Une autre partie s'infiltré dans le sol, contribuant à la recharge des nappes d'eau souterraines. L'eau souterraine peut ensuite se déplacer lentement à travers les roches souterraines et resurgir à la surface sous forme de sources ou alimenter les cours d'eau. Une fois sur la terre, l'eau est également utilisée par les plantes, qui la transpirent à travers leurs feuilles. Ce processus, appelé transpiration, contribue à la libération d'eau dans l'atmosphère.

Le cycle de l'eau est un phénomène naturel vital qui maintient l'équilibre de l'eau sur Terre et assure l'approvisionnement en eau douce pour les écosystèmes, les humains et les autres formes de vie[40].



FIGURE I.1 – Schéma de cycle d'eau (source :[www.eaudubassinrennaisparsaur.fr](http://www.eaudubassinrennaisparsaur.fr)).

### I.3.3 Sous bassin versant

Les bassins versants peuvent être subdivisés en sous-bassins versants, qui correspondent aux affluents et sous-affluents du cours d'eau principal. Chaque sous bassin versant forme un système hydrologique indépendant avec son propre réseau de cours d'eau. La division en sous-bassins versants est basée sur la hiérarchie des cours d'eau, où le cours d'eau principal, recevant le flux de nombreux affluents, se trouve généralement au centre du bassin versant. Les affluents et sous-affluents délimitent les sous-bassins versants. La relation entre le bassin versant et les sous-bassins versants est une structure hiérarchique.

Les sous-bassins versants sont des entités plus petites et spécifiques au sein du bassin versant global. Ils permettent une analyse approfondie des caractéristiques hydrologiques propres à chaque zone, favorisant ainsi la gestion des ressources en eau, la planification des activités liées à l'eau et la compréhension des interactions dans le réseau hydrologique.

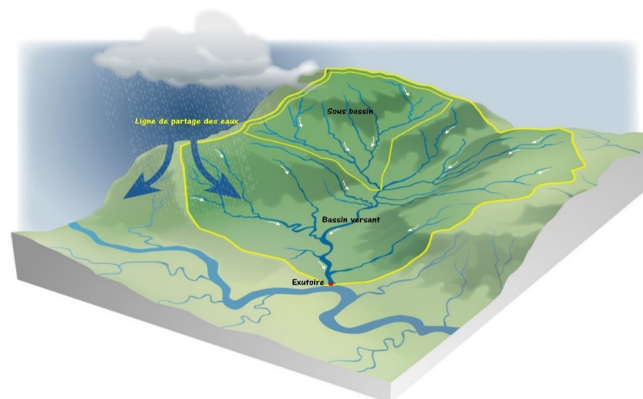


FIGURE I.2 – La relation entre le bassin et sous bassin versant (source :<https://sibcca.fr/>).

### I.3.4 Les fonctions d'un bassin versant

Un bassin versant remplit plusieurs fonctions qui peuvent être regroupées en trois grandes catégories :

- les fonctions hydrologiques ;
- les fonctions écologiques ;
- les fonctions socio-économiques.

Ces fonctions interagissent entre elles et sont essentielles pour assurer un équilibre entre les ressources en eau, l'environnement naturel et les activités humaines.

### Les fonctions hydrologiques

Elles comprennent diverses activités de gestion du cycle de l'eau. Elles impliquent la collecte et le stockage des précipitations, la régulation des débits d'eau, le réapprovisionnement des nappes phréatiques et la fourniture de l'eau pour les besoins humains, agricoles et industriels. Ces fonctions sont importantes pour assurer l'utilisation durable des ressources en eau et maintenir l'équilibre hydrologique du bassin versant [58].



FIGURE I.3 – Les fonction Hydrologiques d'un bassin versant (source : zones-humides.org)

### Les fonctions écologiques

Elles se concentrent sur la préservation de la biodiversité et la protection des écosystèmes aquatiques et terrestres présents dans le bassin versant. Les habitats naturels tels que les cours d'eau, les zones humides et les forêts jouent un rôle essentiel en abritant une grande variété d'espèces animales et végétales. De plus, les bassins versants contribuent à la régulation du climat local, à la protection des sols et à la filtration naturelle de l'eau, garantissant ainsi la pérennité des écosystèmes et le maintien de la qualité de l'eau [58].

### Fonctions socio-économique

Elle concentre l'utilisation humaine des ressources en eau et les activités économiques associées aux bassins versants. Il s'agit notamment de l'approvisionnement en eau potable, de l'irrigation agricole, de l'hydroélectricité, du transport maritime, du tourisme et d'autres activités récréatives. Les bassins versants jouent un rôle important dans le soutien des collectivités locales, la création d'emplois et le développement économique

local. Il est important de noter que ces fonctions interagissent et sont essentielles à la fois à la durabilité des ressources en eau et à la santé des écosystèmes et des sociétés qui en dépendent [58].

### **I.3.5 Les plans d'eau**

Les plans d'eau d'un bassin versant font référence aux étendues d'eau douce continentales présentes dans la zone géographique drainée par ce bassin versant, comprenant des typologies telles que les lacs, les étangs, les mares, les retenues collinaires, les sebkhas, les chotts, les réservoirs et les barrages. Selon le Service de l'administration nationale française des données et référentiels sur l'eau (SANDRE), un plan d'eau est une étendue d'eau douce continentale de surface, libre et stagnante, d'origine naturelle ou humaine, et de profondeur variable. Les plans d'eau jouent un rôle crucial dans la régulation du cycle de l'eau, la conservation de la biodiversité, les usages humains tels que l'approvisionnement en eau potable, l'irrigation agricole, la production d'énergie hydroélectrique, ainsi que dans les activités récréatives et touristiques [55].

#### **Les sebkhas**

Les sebkhas sont des formations géologiques distinctives caractérisées par des dépôts de sédiments salés ou marécageux. Elles se rencontrent principalement dans des régions arides ou semi-arides. Ces formations se forment lorsque l'eau s'accumule dans des dépressions topographiques closes, telles que des cuvettes endoréiques, et s'évapore progressivement en raison des conditions climatiques arides [19].

#### **Les chotts**

Les chotts sont des étendues d'eau salée ou saumâtre qui se trouvent fréquemment dans des régions désertiques ou semi-désertiques. Ce sont des formations géologiques caractérisées par des couches peu profondes et instables, renfermant des dépôts de sel, de gypse et d'autres minéraux. Les chotts se forment généralement lorsque l'eau s'évapore dans des bassins endoréiques, c'est-à-dire des cuvettes où l'eau ne peut pas s'écouler vers la mer ou les cours d'eau avoisinants [38].

#### **Les barrages**

Les barrages sont des structures conçues pour stocker de l'eau dans le but de répondre à divers usages. Contrairement à la confusion courante avec les digues, les barrages sont des ouvrages d'art placés généralement en travers de cours d'eau. Ils doivent être gérés et entretenus attentivement pour assurer leur solidité, leur étanchéité et garantir la sécurité des personnes et des biens. Les barrages supportent la pression exercée par la masse d'eau contenue dans le plan d'eau qu'ils créent.

La sélection du site d'un barrage et le choix du type de structure appropriée sont influencés par la morphologie de la vallée environnante. Cette relation avec l'environnement est un élément important à considérer lors de la conception et de la construction d'un barrage [30].

## Les Retenues collinaires

Une retenue collinaire est un plan d'eau artificiel créé dans le but de servir à des fins spécifiques telles que la production d'hydroélectricité, le soutien des débits d'eau en période de sécheresse, l'irrigation ou l'alimentation en eau potable. Ces plans d'eau se caractérisent généralement par une profondeur variable, un niveau d'eau qui fluctue (marnage) et une masse d'eau relativement uniforme.

Une retenue collinaire est créée artificiellement en construisant un barrage ou une digue, qu'il soit situé sur un cours d'eau existant ou non. Elle peut présenter des caractéristiques de stratification thermique, c'est-à-dire une division en couches de températures différentes, ainsi que le développement de la végétation, similaire à ce qui se produit dans les lacs ou les étangs[55].

### I.3.6 Les sources naturelles de l'eau

Il existe quatre sources principales d'eaux : les eaux de pluie, les eaux de mer, les eaux de surface et les eaux souterraines. Les caractéristiques générales de chacune d'elles reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnant.

#### Les eaux de pluie

Les eaux de pluie sont les précipitations atmosphériques qui se produisent lorsque la vapeur d'eau se condense dans l'atmosphère et tombe sur la surface de la terre. Elles constituent une source naturelle d'eau douce et peuvent être collectées et utilisées à diverses fins non potables, telles que l'irrigation des cultures, le lavage des véhicules ou le remplissage des bassins. La gestion adéquate des eaux de pluie nécessite la mise en place de systèmes de collecte, de stockage et de traitement appropriés pour maximiser leur utilisation et minimiser les pertes [12].

#### Les eaux de mer

Les eaux de mer sont des réserves d'eau salée qui ne sont utilisées que lorsque l'eau douce n'est pas disponible. Elles se caractérisent par leur haute salinité, également appelée eaux saumâtres, avec des concentrations de sel variant de 33 000 à 37 000 mg/L. En raison de leur salinité élevée, l'utilisation de ces eaux est difficile et leur traitement est coûteux. Cependant, dans certaines régions où les ressources en eau douce sont limitées, des techniques de désalinisation et/ou dessalement peuvent être utilisées pour rendre ces eaux utilisables à des fins humaines et industrielles [34].

#### Les eaux de surface

Les eaux de surface sont des étendues d'eau visibles à la surface de la Terre, telles que les rivières, les lacs, les étangs et les marais. Elles sont alimentées par les précipitations, notamment la pluie et la fonte des neiges, ainsi que par les apports provenant des eaux souterraines. Les eaux de surface jouent un rôle vital dans le cycle hydrologique en assurant l'approvisionnement en eau pour les écosystèmes, l'irrigation agricole, l'eau potable et diverses activités humaines.

## Les eaux souterraines

L'eau souterraine est l'eau qui se trouve sous la surface terrestre, dans les interstices des sols, des roches poreuses ou dans les fissures des formations géologiques. Elle constitue une importante réserve d'eau douce et joue un rôle crucial dans l'alimentation des puits, des sources et des cours d'eau souterrains.

L'eau souterraine est stockée dans ce qu'on appelle une nappe aquifère, qui est une zone saturée en eau située en dessous de la surface du sol. Cette nappe peut être rechargée par les précipitations et les infiltrations d'eau de surface. L'eau souterraine peut être extraite à l'aide de puits ou de forages pour divers usages, tels que l'approvisionnement en eau potable, l'irrigation agricole ou l'industrie [21].

### I.3.7 Les eaux d'approvisionnement

Les eaux d'approvisionnement font référence aux réserves naturelles d'eau disponibles, comprenant les eaux souterraines (nappes) et les eaux de surface (barrages et retenues collinaires). La gestion de ces ressources implique la surveillance, la protection et la planification des infrastructures nécessaires à leur utilisation, telles que les puits, les stations de pompage et les usines de traitement de l'eau. La quantité et la qualité des eaux d'approvisionnement peuvent varier en fonction des conditions hydrologiques, des saisons et de la demande en eau. Afin d'assurer une utilisation durable de ces sources d'approvisionnement, il est crucial de mettre en place des politiques de gestion intégrée de l'eau et de conservation des ressources hydriques[53].

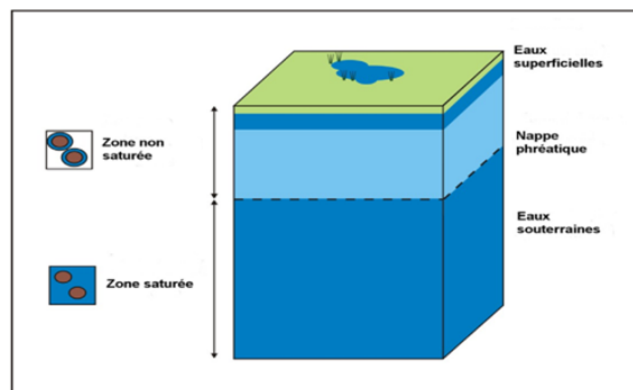


FIGURE I.4 – Présentation des eaux d'approvisionnement (RAMSAR, 2010).

## I.4 L'utilisation d'eau

### I.4.1 L'alimentation en eau potable (AEP)

Les besoins en eau potable, également connus sous le nom de besoins en eau pour l'alimentation en eau potable (AEP), englobent les quantités d'eau essentielles pour répondre aux exigences quotidiennes en eau des populations et des activités humaines. Ces besoins englobent l'eau utilisée pour la consommation directe, la préparation des aliments, l'hygiène personnelle et d'autres usages domestiques.

L'alimentation en eau potable peut être définie comme le processus de fourniture d'eau



de qualité suffisante et sécurisée pour la consommation humaine, répondant ainsi aux besoins domestiques tels que la boisson, la cuisine et l'hygiène personnelle. Cela implique la collecte, le traitement, le stockage, la distribution et la gestion de l'eau afin de garantir son accessibilité et sa salubrité pour la population [48].

## I.4.2 L'alimentation en eau industrielle

Les besoins en eau pour les activités industrielles désignent les quantités d'eau requises pour les processus de production, le refroidissement, le nettoyage et d'autres utilisations spécifiques dans le secteur industriel. Ces besoins en eau industrielle varient en fonction du type d'industrie, de sa taille, de ses activités spécifiques et des technologies utilisées [13].

Les besoins en eau industrielle peuvent inclure l'utilisation de l'eau comme matière première, le lavage des équipements, le refroidissement des machines, la génération de vapeur, le contrôle de la pollution, l'irrigation industrielle et d'autres utilisations liées aux processus de production. Ces besoins en eau peuvent être significatifs et varier considérablement d'une industrie à l'autre [13].

La quantité d'eau nécessaire pour répondre aux besoins industriels dépend également de l'efficacité de l'utilisation de l'eau et des pratiques de gestion adoptées par les entreprises. Des mesures visant à réduire la consommation d'eau, à recycler et à réutiliser l'eau, ainsi qu'à mettre en œuvre des technologies de conservation de l'eau sont souvent mises en place dans le but de préserver cette ressource précieuse et de minimiser l'impact sur les ressources en eau disponibles [13].

## I.4.3 Irrigation

L'irrigation a pour objectif de répondre aux besoins en eau des cultures agricoles en leur fournissant les quantités nécessaires d'eau pour leur croissance. Cela joue un rôle crucial dans le développement et la productivité des cultures, notamment dans les régions où les précipitations naturelles ne sont pas suffisantes pour satisfaire les besoins hydriques des plantes.

La quantité d'eau requise pour l'irrigation dépend de plusieurs facteurs tels que le type de culture, les conditions climatiques, les caractéristiques des sols et les pratiques agricoles adoptées. Certains types de cultures nécessitent plus d'eau que d'autres, et les besoins hydriques peuvent varier au cours des différentes étapes de croissance des plantes.

L'irrigation peut être réalisée de différentes manières, telles que l'aspersion, l'irrigation goutte-à-goutte, l'irrigation par submersion ou l'irrigation souterraine. Chaque méthode d'irrigation a ses propres exigences en termes de quantité d'eau et d'efficacité d'utilisation.

Il est essentiel d'optimiser l'utilisation de l'eau pour l'irrigation afin de réduire les pertes dues à l'évaporation, au ruissellement et à l'infiltration excessive. Des techniques d'irrigation efficaces, telles que l'irrigation localisée et l'utilisation de capteurs d'humidité

du sol, peuvent contribuer à une utilisation plus efficace de l'eau et à la réduction des gaspillages[59].

## **I.5 Les rejets**

Les rejets d'eau d'un bassin versant désignent les eaux qui sont évacuées ou déversées dans cette zone à partir de sources telles que les foyers, les industries, l'agriculture ou d'autres activités humaines. Ces rejets peuvent prendre différentes formes, notamment les eaux usées domestiques, les eaux de drainage agricole, les eaux de ruissellement urbain ou industriel, ainsi que les eaux utilisées pour le refroidissement des installations industrielles [60].

### **I.5.1 Les eaux usées domestiques**

Les eaux usées domestiques se réfèrent aux eaux produites par les foyers et les installations résidentielles, incluant les eaux issues des toilettes, des éviers, des douches, des machines à laver, et autres sources similaires. Elles peuvent contenir des substances organiques, des éléments nutritifs, des produits chimiques ménagers et des agents pathogènes [28].

### **I.5.2 Les eaux usées industrielles**

Les eaux usées industrielles se réfèrent aux eaux polluées provenant des activités industrielles qui nécessitent un traitement avant d'être rejetées dans l'environnement. Ces eaux usées peuvent contenir différents types de polluants tels que des produits chimiques, des métaux lourds, des matières organiques, des agents pathogènes et d'autres contaminants spécifiques à chaque industrie.

La composition des eaux usées industrielles varie en fonction du type d'industrie, des procédés de production utilisés et des produits fabriqués. Par conséquent, les caractéristiques et la toxicité des polluants présents dans les eaux usées peuvent différer considérablement d'un secteur industriel à un autre [28].

### **I.5.3 Les eaux de ruissellement urbain**

Les eaux de ruissellement urbain sont les eaux qui s'écoulent sur les surfaces imperméables des zones urbaines, comme les routes, les trottoirs et les toits, pendant les précipitations. Ces eaux collectent divers polluants et contaminants provenant des activités urbaines, tels que les hydrocarbures, les métaux lourds, les déchets solides et les produits chimiques.

La composition des eaux de ruissellement urbain peut varier en fonction des activités humaines dans la zone urbaine, telles que la circulation automobile, l'industrie, l'agriculture urbaine et l'utilisation de produits chimiques domestiques. Ces eaux peuvent transporter des polluants qui ont un impact négatif sur la qualité de l'eau des rivières, des lacs et des cours d'eau où elles se déversent.

La gestion des eaux de ruissellement urbain implique la mise en place de mesures de contrôle de la pollution et de systèmes de drainage appropriés pour minimiser les impacts

environnementaux. Des techniques telles que la construction de bassins de rétention, la végétalisation des surfaces et l'utilisation de dispositifs de filtration peuvent contribuer à réduire la quantité de polluants transportés par les eaux de ruissellement urbain avant qu'elles n'atteignent les sources d'eau naturelles [39].

## **I.6 Conclusion et perspectives**

Ce chapitre met en évidence l'importance de la comptabilité de l'eau dans la gestion durable des ressources en eau. Il souligne l'importance de comprendre les différentes sources d'eau et leur utilisation pour évaluer la disponibilité de l'eau et prendre des décisions éclairées.

Les prochains chapitres approfondiront les concepts abordés, en examinant les méthodes de comptabilité de l'eau, les outils de modélisation hydrologique, ainsi que les stratégies et directives de gestion de l'eau. Des études de cas et des exemples pratiques seront présentés pour illustrer comment la comptabilité de l'eau est appliquée dans des situations réelles.

# Chapitre II

## Présentation de la zone d'étude

### II.1 Introduction

Ce chapitre est consacré à la présentation de la zone d'étude. Nous avons choisi le bassin versant d'oued Eddous comme zone d'étude. Cette zone est alimentée par deux barrages qui jouent un rôle crucial dans la gestion de la ressource en eau de la région. Ils permettent notamment l'irrigation des terres agricoles avoisinantes ainsi que l'alimentation en eau potable. Dans ce chapitre, nous allons présenter plus en détail la zone de travail, en décrivant son environnement naturel, ses caractéristiques géographiques et ses particularités socio-économiques. Cette présentation de la zone de travail nous permettra de mieux comprendre les enjeux liés à la gestion de l'eau dans cette région et de proposer des recommandations pour une gestion durable et équitable de la ressource en eau...

### II.2 Situation géographique

La wilaya de Bouira est située dans la partie centrale-nord de l'Algérie et couvre une superficie de 4456,26 km<sup>2</sup>, soit 0,19% du territoire national. Le centre administratif de la wilaya est éloigné d'environ 120 km de la capitale Alger. Cette région abrite des ressources en eau importantes, bien que leur utilisation ne soit pas encore optimale. Elle est traversée par plusieurs bassins versants, dont quatre qui fournissent une moyenne annuelle d'environ 561 millions de m<sup>3</sup> d'eau [17].



FIGURE II.1 – Situation géographique des trois sous bassins de la wilaya de Bouira (ANRH BLIDA).

La région d'étude appartient à la wilaya de Bouira. Elle comporte trois sous bassins versants (01), (02), (03) regroupés sous la dénomination de « Bassin versant du Sahel ». Ils appartiennent au grand bassin versant de la Soummam portant le numéro « 15 » selon la nomenclature adoptée par l'ANRH.

Le sous bassin versant de l'Oued Eddous, en particulier le plateau de Bouira, est bordé au nord par le massif de Djurdjura, au sud par les monts des Bibans à Sour EL Ghouzlan, à l'ouest par les formations collinaires para-autochtones du crétacé, et à l'est par le plateau de Bled El Madjen. L'exutoire du bassin (1501) se déverse dans le barrage de Tilesdit (El Asnam) avec des coordonnées Lambert X = 626 380 ; Y = 340 580 et Z = 740 (m). À 7 km en aval du barrage, l'Oued Eddous se jette dans l'Oued Zaïane pour former l'Oued Sahel [57].

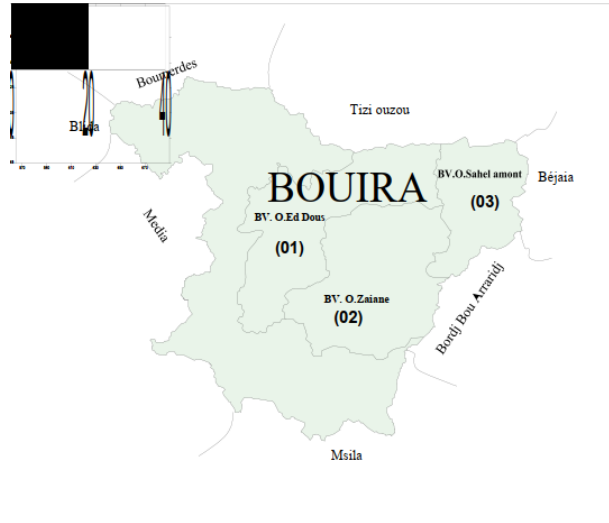


FIGURE II.2 – Situation géographique des trois sous bassins de wilaya de Bouira(ANRH BLIDA).

## II.3 Topographie

Sur le plan topographique, le site du barrage est le seul favorable sur l'oued Eddous permettant la formation d'une retenue avec un volume utile de 60 millions  $m^3$  d'eau. La vallée d'oued dans le site est principalement à section trapézoïdale. Les versants sont terrassés, généralement raides, accidentés. La largeur de la vallée est dans les limites de 1,5 à 4,5Km.

La vallée de l'oued dans le site est asymétrique. La rive gauche est raide jusqu'à  $40^\circ - 60^\circ$ , avec la hauteur de 160 m au-dessus du fond d'oued. En amont, ce versant transite avec sa partie supérieure vers la ligne du partage des oueds Eddous et Barbar. Ce secteur se caractérise par les versants raides sujets aux phénomènes de glissement.

La rive droite, sur les tronçons inférieur et moyen, s'emboute dans un soulèvement avec la cote de 465,0 475,0 m. Plus haut, en amont, la rive gauche devient plus douce avec la pente de  $6^\circ$  à  $20^\circ$  s'approchant du lit d'oued par gradins hauts de 3-4m, rarement de 20 à 30m.

Le versant droit de la vallée dans le secteur de l'ouvrage est une terrasse douce à pente de  $20^\circ$  à  $25^\circ$  [7].

Dans le site du barrage de tilesdit la largeur de la vallée de l'oued est de 80m, en aval, dans le secteur de confluence avec l'oued Barbar, la vallée s'élargi jusqu'à 3-4Km [7].

## II.4 Aspect Administratif

Issue du découpage administratif institué par ordonnance n° 74/69 du 02 juillet 1974, relative à la refonte de l'organisation territoriale des Wilayas. Le nombre de daïras est de 12 et celui des communes est de 45 [8].

TABLE II.1 – Découpage administratif de wilaya de Bouira ([8]).

Daira	Communes	Daira	Communes
Bouira	Bouira Ain turk Ait laaziz	Bir Aghbalou	Bir Ahebalou Raouraoua Khebouzia
Haizer	Haizer, Taghzout	Ain bessam	Ain bessam Ain Laloui Ain El hdjar
Bechloul	Bechloul, El-Esnam, Ahl el ksar, Ouled-Rached	Souk el-Khemis	Souk el khemis El Mokrani
M'chedallah	M'chedallah Saharidj Chorfa Ahnif Aghbalou Ath-Mensour El Adjiba	El Hachimia	El Hachimia Oued El Berdi
Kadiria	Kadiria, Aomar Djebahia, Maala	SEG	Sour El Ghozlane Maamora El Hakimia, Dechmia, Dirah
Lakhdaria	Lakhdaria, Boukram, Guerrouma, Bouderbala, Z'barbar	Bordj Okhris	Bordj Okhris Mesdour Taguedit Hadjra Zerga Ridane

Notre zone d'étude (SBV Oued Eddous) comprend que 10 communes qui sont : Bouira, Ait Laaziz, Ain Turk, Haizer, Taghzout, Ain Bessam, Ain Laloui, Ain El Hdjar, El Hachimia et Sour El Ghozlane.

## II.5 Les paramètres climatiques

Le climat représente la répartition statistique des conditions atmosphériques dans une région donnée pendant une période spécifique. L'étude du climat, connue sous le nom de climatologie, se distingue de la météorologie qui se concentre sur l'analyse du temps à court terme et dans des zones spécifiques.[15]

La caractérisation du climat est réalisée en se basant sur des mesures statistiques annuelles et mensuelles des données atmosphériques locales telles que la température, la pression atmosphérique, les précipitations, l'ensoleillement, l'humidité et la vitesse du vent. On prend également en compte la fréquence de ces phénomènes ainsi que les événements exceptionnels.[15]

Ces analyses permettent de classer les différents climats des régions du monde en fonction de leurs principales caractéristiques.[15]

Le climat de Bouira est généralement du type caractérisé par des hivers froids et des étés chauds et secs. Ceci s'explique par le fait que la chaîne atténue l'influence de la méditerranée (ANRH).

### II.5.1 Pluviométrie

Les précipitations sont un paramètre climatique important qui a une grande influence sur les organismes et leur environnement.

Les précipitations peuvent prendre de nombreuses formes en fonction de la température, de l'atmosphère, de l'altitude de la zone, etc. on définit la pluviosité comme étant la quantité d'eau reçue par le sol sous sa forme liquide par unité de surface. On la mesure à l'aide d'un pluviomètre et elle s'exprime en millimètre, l'ANRH dispose 3 stations pluviométriques (150105, 150101, 150103) qui nous a aidé d'estimer les précipitations moyennes mensuelles à partir une série de données de 2009 à 2021. La saison des pluies comprend l'automne et l'hiver et s'étale de novembre à mars avec environ 80% des précipitations. Le printemps est caractérisé par des pluies locales prolongées, à l'exception d'orages occasionnels. Le manque de pluie a été enregistré dans la période de juin à septembre.

TABLE II.2 – Les moyennes mensuelles des précipitations du sous bassin d'Oued Eddous des années (2009 à 2021) (Stations pluviométriques ANRH)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P(mm)	100	74	76	62	40	10	4	8	32	49	96	90

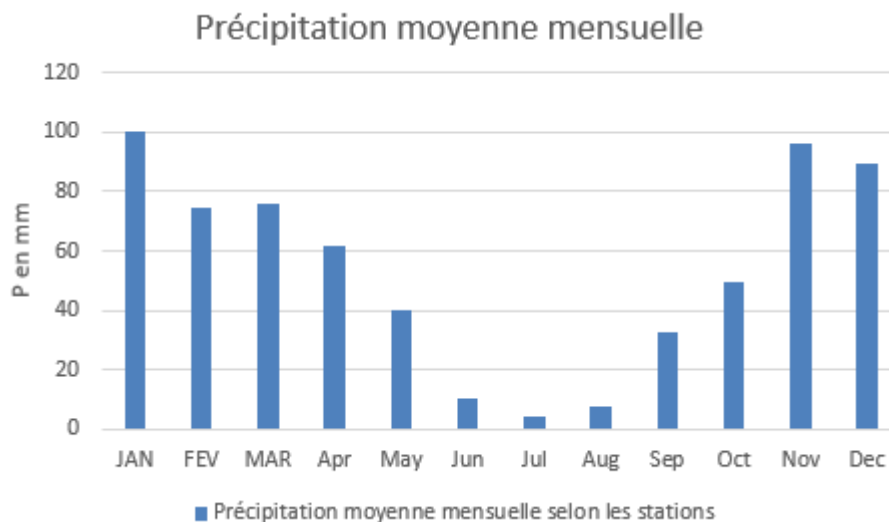


FIGURE II.3 – Les précipitations moyennes mensuelles des années (2009 à 2021) (Stations pluviométriques ANRH)

### II.5.2 Température

Ce paramètre est un facteur crucial dans l'évaluation des déficits de débit, qui sont inclus dans l'estimation du bilan hydrologique.[16]

Les relevés moyens mensuels de température ont été enregistrés sur une période de 13 ans (2009-2021) pour notre sous bassin.

Le tableau suivant résume les moyennes mensuelles et annuelles correspondant à la période d'observation.[4] :



TABLE II.3 – Températures moyenne mensuelles (2009-2021)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T°max	16,86	19,01	22,53	25,74	30,10	35,74	38,99	37,84	34,42	30,83	24,33	18,77
T°min	0,26	- 0,62	1,42	4,63	7,59	12,95	17,48	18,54	14,84	9,10	4,79	1,27
T°moyen	8,56	9,19	11,97	15,18	18,85	24,34	28,23	28,19	24,63	19,96	14,56	10,02

Environ 18,5°C est la température annuelle moyenne. Il est observé que les mois de juillet et d'août sont les plus chauds, atteignant une température de 38,99°C en raison de courants chauds venant du sud. Les mois de décembre, janvier et février sont les plus froids.

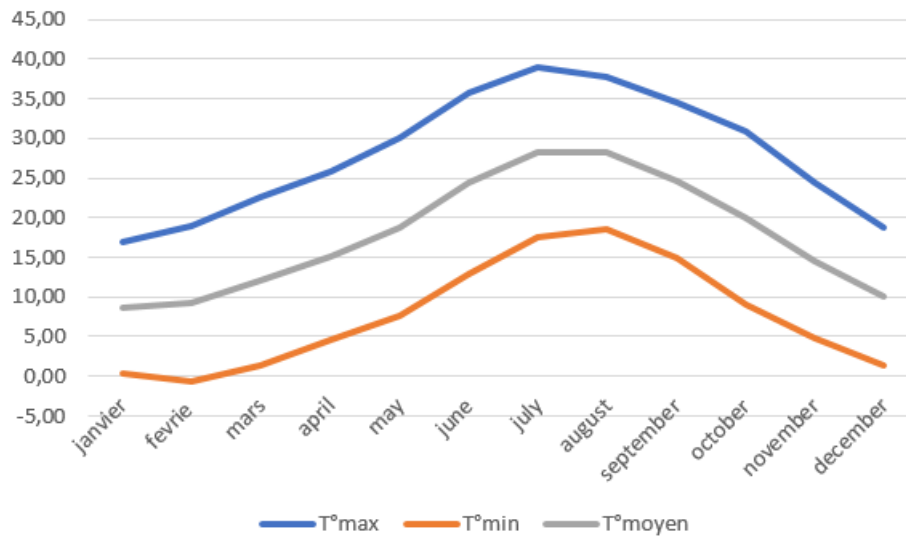


FIGURE II.4 – Répartition des températures moyennes mensuelles maximales et minimales du sous bassin d'Oued Eddous.

### II.5.3 Le vent

C'est un facteur météorologique qui a un impact direct sur le climat d'une région en raison des dommages qu'il provoque, notamment dans le domaine de l'agriculture ([16]). Dans la zone étudiée, les vents soufflent dans différentes directions et avec des intensités variables selon les saisons. Les vents dominants sont généralement ceux venant de l'ouest et de l'est.

TABLE II.4 – Vitesse moyenne mensuelles (Km/h) du vent (2009-2021) [4]

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
$V_{max}$	10,86	9,96	10,35	9,69	8,66	7,86	7,26	7,52	8,24	9,46	10,99	9,86
$V_{min}$	0,23	0,27	0,25	0,17	0,13	0,15	0,16	0,18	0,16	0,19	0,24	0,14
$V_{moyen}$	5,55	5,12	5,30	4,93	4,40	4,01	3,71	3,85	4,20	4,82	5,61	5,00

D'après le tableau, nous constatons que la vitesse du vent maximal a été enregistrée durant le mois de novembre avec 11 km/h tandis que la vitesse du vent minimal a été notée durant le mois de Décembre avec 0,14 km/h.

### II.5.4 Humidité relative

Selon l'Organisation météorologique mondiale (OMM) :  
 "L'humidité relative est le rapport, exprimé en pourcentage, entre la pression partielle de vapeur d'eau dans un échantillon d'air et la pression de vapeur saturante à la même température."  
 L'humidité relative de l'air à Bouira est donnée dans le tableau suivant :

TABLE II.5 – Humidité relative moyennes mensuelles de la région de Bouira(O.N.M)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Humidité (%)	84	83	74	71	66	53	48	54	65	70	74	85

### II.5.5 Indice annuel d'aridité de De Martonne

Indice d'aridité de De Martonne, est une mesure utilisée pour évaluer le degré d'aridité ou de sécheresse d'une région.[26]

$$I = \frac{T + 10}{P} \quad (II.1)$$

Avec ,

I : l'indice d'aridité annuelle ;

P : Précipitations moyennes annuelles en mm ;

T : Températures moyennes annuelles en °C ;

Les principales classifications basées sur les valeurs de l'indice sont :

-L'indice inférieur à 20 indique un climat humide.

-L'indice entre 20 et 34 indique un climat subhumide.

-L'indice entre 35 et 49 indique un climat semi-aride.

-L'indice entre 50 et 65 indique un climat aride.

-L'indice supérieur à 65 indique un climat hyper-aride.

L'application de cette relation (II.1) de Martonne nous donne un indice de 44 ce qui indique un climat semi-aride.

## II.6 Aspect physique

Les caractéristiques physiographiques d'un bassin versant, telles que sa forme, son altitude, sa pente, son relief, etc., peuvent être quantitativement analysées, ce qui est important de préciser dès le début de toute étude [25].

### II.6.1 Géologie du bassin

#### Litho stratigraphique

L'histoire géologique et structurale du Tell, du Trias au Quaternaire, peut être divisée en trois grandes périodes distinctes. La première période, appelée période pré-tectogénique,

début au Trias et se termine au milieu de l'Éocène. Pendant cette période, la sédimentation domine, et les bassins sédimentaires ont généralement une orientation d'ouest en est [10].

La deuxième période, connue sous le nom de période tectogénique, s'étend de la fin de l'Éocène au début du Miocène. Pendant cette période, des mouvements tectoniques et des dislocations se produisent. On observe alors la formation de formations rocheuses appelées flysch, ainsi que des dépôts de conglomérats [10].

La troisième période, appelée période orogénique, commence après le dépôt du Miocène inférieur et se poursuit jusqu'à l'époque actuelle. Cette période est caractérisée par la formation de reliefs montagneux et la mise en place de vallées. Des phases d'érosion puissantes se produisent pendant cette période. Il est considéré que l'érosion post-Miocène et anti-Quaternaire est responsable de l'absence de dépôts du Pliocène dans la zone étudiée [10].

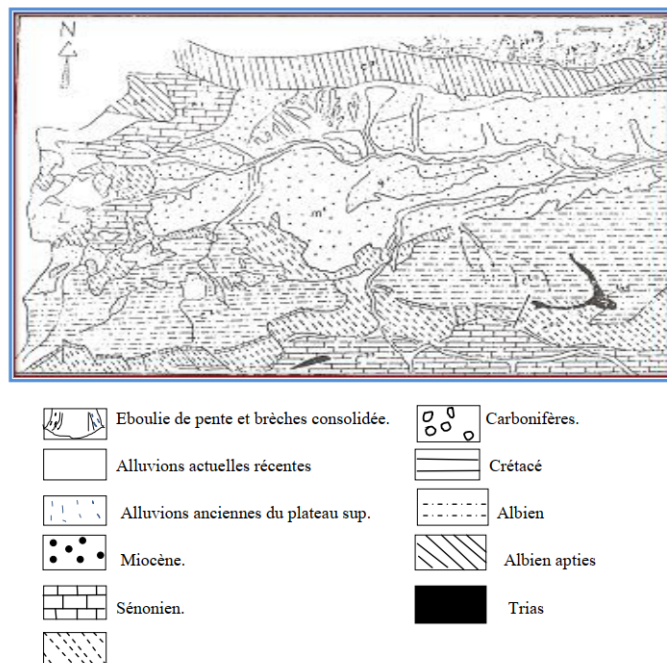


FIGURE II.5 – Carte géologique du bassin versant d'oued D'hous (Hadjout, T ; Benkhallata, H ; 1997)

### Pédologie du bassin

La wilaya de Bouira se distingue par la présence de sols iso-humiques, de couleur brune, situés sur des alluvions. Ces sols sont profonds, de texture argileuse et bénéficient d'un pédoclimat frais pendant la saison des pluies [47].

A revoir :

- Les sols alluviaux ;
- Les sols argileux ;
- Les sols calcaires ;
- Les sols limoneux.

## II.6.2 Végétation du bassin

La végétation dans le sous bassin d'oued Eddous est étroitement liée aux conditions climatiques et à la pluviométrie. Elle se caractérise par une densité de pin d'Alep, ainsi que par une mosaïque d'autres espèces végétales telles que les oliviers. Ces variétés de végétation contribuent à la richesse écologique de la région(DSA).

Le plateau de Bouira est réputé pour être l'une des régions les plus fertiles grâce à l'épaisseur de ses terres végétales. Il a un relief moins accentué et des conditions climatiques favorables. Ces caractéristiques en font un lieu propice à l'agriculture, offrant un potentiel agricole considérable(DSA).

Dans le domaine agricole, le bassin versant est principalement occupé par des terres cultivées ou laissées en jachère. Les cultures stratégiques, telles que les céréales et les pommes de terre, occupent une part importante de la superficie agricole. On trouve également des cultures maraîchères et de l'élevage d'animaux domestiques, contribuant ainsi à la diversité des activités agricoles de la région.

L'irrigation du bassin versant est assurée par les eaux de surface, notamment par le biais de retenues collinaires telles que la retenue de Khenzira, Ben Toumes et Chaabet Bergougui, ainsi que par les eaux du barrage de Lakhal. Ces infrastructures hydrauliques permettent d'assurer un approvisionnement en eau adéquat pour soutenir les activités agricoles dans la région(DSA).

Il est important de noter que la végétation joue un rôle essentiel dans la protection du sol contre l'érosion, en améliorant sa capacité d'infiltration et en réduisant le ruissellement. De plus, elle apporte des matières organiques au sol, telles que des feuilles et des branches, favorisant ainsi sa fertilité.

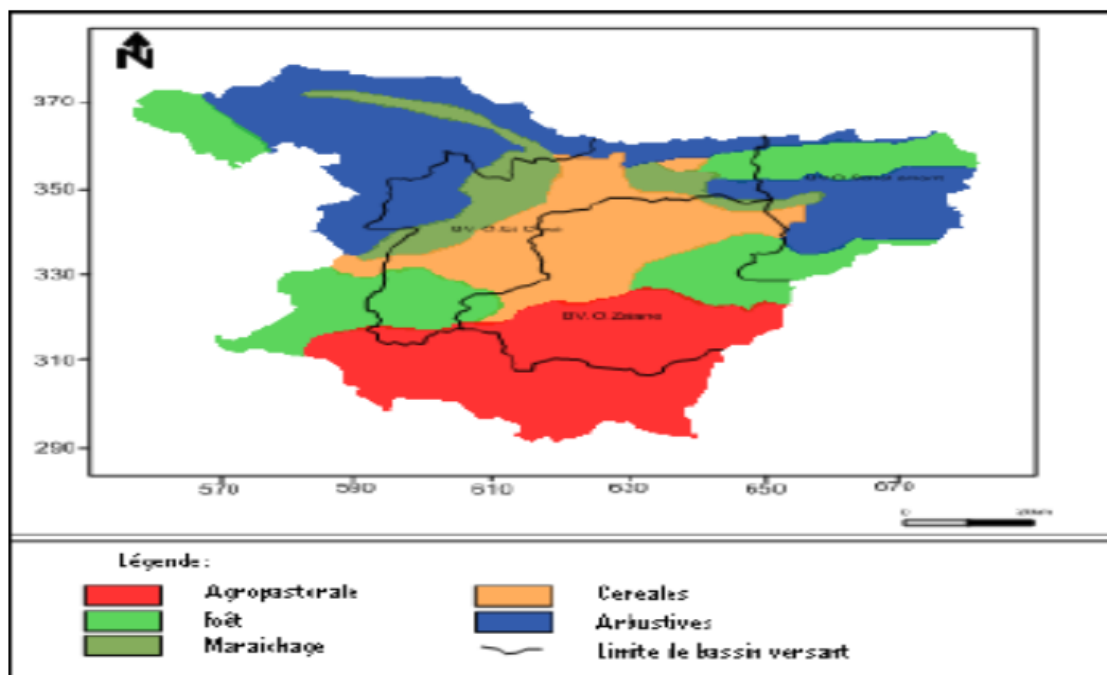


FIGURE II.6 – Différents types de cultures de la wilaya de Bouira. (DSA)

### II.6.3 Morphométrie du bassin

Le sous bassin d'Oued Eddous, est l'objet de notre étude et porte le code 15 01. Ce sous bassin est situé entre 36,344476° et 36,362603° N de longitude et de 30° à 60°45' E de latitude (ANRH).

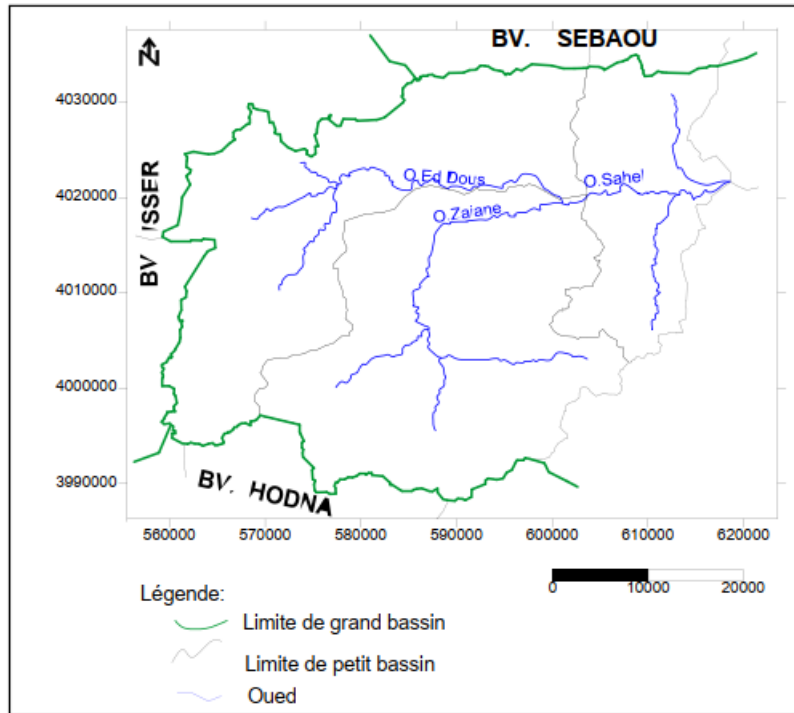


FIGURE II.7 – Situation des sous bassin versant par rapport aux grands bassins de toute la région (ANRH).

### II.6.4 Géométrie du bassin

En général, les bassins versants présentent une variété de propriétés géométriques qui dépendent du contexte géologique, géomorphologique et climatique de la région étudiée. Surface : La surface d'un bassin versant fait référence à la zone délimitée par la ligne de partage des eaux, constituée par les points les plus élevés du relief. Elle peut être mesurée à l'aide d'un planimètre et son unité est le kilomètre carré.[36]

Elle a été évaluée pour notre sous bassin à :  $A=842\text{Km}^2$ .

Périmètre : Le périmètre d'un bassin versant correspond à la mesure totale de la ligne de contour qui encercle la zone du bassin. Il représente la distance totale parcourue le long de la frontière du bassin versant. La mesure du périmètre est généralement exprimée en unités de longueur telles que les kilomètres..[37]

Il a été évalué pour notre sous bassin à :  $P= 209\text{km}$ .

#### Forme du bassin

La configuration géométrique et l'agencement des contours d'un bassin versant constituent sa forme, qui influence significativement le cheminement des eaux de surface, la

distribution des précipitations et l'écoulement des cours d'eau à l'intérieur du bassin. Les caractéristiques déterminantes de la forme d'un bassin versant incluent les grandeurs suivantes :

- Indice de capacité de Gravelius  $K_c$  : L'indice de capacité de Gravelius ( $K_c$ ) est utilisé pour évaluer la compacité d'un bassin versant. Cette formule prend en compte à la fois le périmètre et la racine carrée de la surface du bassin versant pour calculer son indice de compacité. Plus la valeur de  $K_c$  est élevée, plus le bassin versant est considéré comme compact, ce qui signifie qu'il a une forme plus arrondie ou régulière [31].

Il est donné par la formule :

$$K_c = \frac{0,28.P}{\sqrt{A}} \quad (\text{II.2})$$

Avec ,

A : Surface de bassin en  $\text{Km}^2$ ;

P : Périmètre de bassin en Km ;

La forme de bassin ça varie en fonction de valeur de  $K_c$  ;

Ce qui nous donne  $K_c = 2,01$  donc le sous bassin de oued Eddous a une forme allongée. -

Le Rectangle équivalent :

Il est déterminé par les formules suivantes :

$$L = \frac{\sqrt{A} \cdot K_c}{1,12} \left( 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{1,12}{K_c} \right)^2} \right) \quad (\text{II.3})$$

$$l = \frac{\sqrt{A} \cdot K_c}{1,12} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{1,12}{K_c} \right)^2} \right) \quad (\text{II.4})$$

Avec ,

- L : longueur du rectangle équivalent en Km ;

- l : largeur du rectangle équivalent en Km.

On obtient :  $L = 95,37$  km et  $l = 8,84$  km.

### Relief de bassin

Le relief joue un grand rôle dans le comportement hydrologique d'un bassin, il détermine en grande partie l'aptitude des terrains au ruissellement, l'infiltration et l'évaporation. Il se détermine lui aussi au moyen d'indice ou de caractéristiques suivants :

- Courbe hypsométrique :

La courbe hypsométrique est un graphique qui montre comment les altitudes ou les niveaux d'élévation sont répartis dans sous bassin de Oued Eddous. Elle relie les pourcentages d'altitude ou de niveau d'élévation sur l'axe vertical avec la fréquence cumulée correspondante sur l'axe horizontal.

Ce graphique permet de visualiser la répartition altitudinale et d'obtenir des informations sur la topographie de notre sous bassin, comme la pente, l'amplitude altitudinale et la

variation du relief.

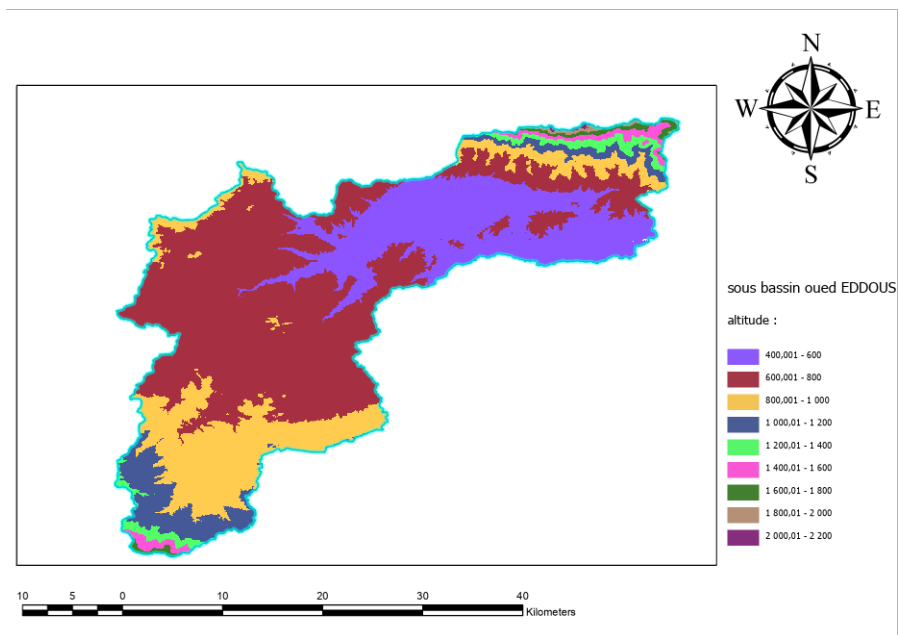


FIGURE II.8 – Carte du relief du sous bassin d'Oued Eddous.

Les informations de cette carte sont présentées dans le tableau suivant :

TABLE II.6 – Les informations de la carte de relief

Tranche d'altitude	Altitude moyenne en m (Hi)	Ai (Km <sup>2</sup> )	Ai cumulée (Km <sup>2</sup> )	Ai%	Ai cumulée (%)	Ai*Hi
400-600	500	185,60	842,46	22,03	100	92800
600-800	700	397,21	656,86	47,14	77,97	278047
800-1000	900	112,40	259,65	13,34	30,82	101160
1000-1200	1100	56,10	147,25	6,66	17,49	61710
1200-1400	1300	42,30	91,15	5,02	10,82	54990
1400-1600	1500	18,50	48,85	2,20	5,80	27750
1600-1800	1700	12,60	30,35	1,50	3,60	21420
1800-2000	1900	10,45	17,75	1,24	2,11	19855
2000-2200	2100	7,30	7,30	0,87	0,87	15330
Total		842,46	0	0	0	673062

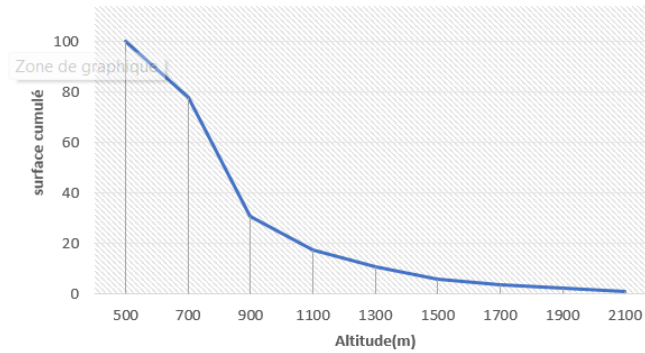


FIGURE II.9 – Courbe hypsométrique

- Altitudes caractéristiques :

L'altitude moyenne : est donnée par la relation suivante :

$$H_{moy} = \frac{1}{A} \sum_i H_{am} \cdot A_i \quad (II.5)$$

Avec ,

A : surface de sous bassin (Km<sup>2</sup>)

A<sub>i</sub> : surface comprise entre deux courbes de niveau (Km<sup>2</sup>) ;

H<sub>i</sub> : altitude moyenne entre deux courbes de niveau (m)

L'altitude minimale, moyenne , maximale :

$$H_{max} = 2100m$$

$$H_{moy} = 798,93m$$

$$H_{min} = 400m$$

$$H_{med} = 800m$$

- Les indices de pente :

La pente moyenne I<sub>m</sub> :

$$I_m = \frac{D}{L} \quad (II.6)$$

Avec ,

D : dénivellée totale (Km).

où : D = H<sub>max</sub> - H<sub>min</sub>

D = 1,7 Km L : longueur équivalente (Km).

$$I_m = 0,0178$$

La pente globale I<sub>g</sub> :

$$I_g = \frac{D_{\%}}{L} \quad (II.7)$$

Où : D<sub>%</sub> = H<sub>5%</sub> - H<sub>95%</sub>

$$H_{5\%} = 1550m$$

$$H_{95\%} = 550m$$

$$I_g = 0,0105$$

D'après la classification d'O.R.S.T.O.M résumé dans le tableau ci-dessous, on déduit que le sous bassin de Oued Eddous se caractérise par un relief modéré.



TABLE II.7 – Classification du relief d'après O.R.S.T.O.M (Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer)

R1	Relief très faible	$I_g < 0.002$
R2	Relief faible	$0.002 < I_g < 0.005$
R3	Relief assez faible	$0.005 < I_g < 0.01$
R4	Relief modéré	$0.01 < I_g < 0.02$
R5	Relief assez fort	$0.02 < I_g < 0.05$
R6	Relief fort	$0.05 < I_g < 0.5$
R7	Relief très fort	$0.5 \text{ m/km} < I_g$

## II.7 Aspect hydrographique

### II.7.1 Le réseau hydrographique

L'hydrographie c'est l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires qui participent à l'écoulement. Notre zone d'étude possède un réseau hydrographique très développé. Son réseau hydrographique principal : l'Oued Eddous draine la partie ouest (Plaine des Arribs et ses pourtours) [6].

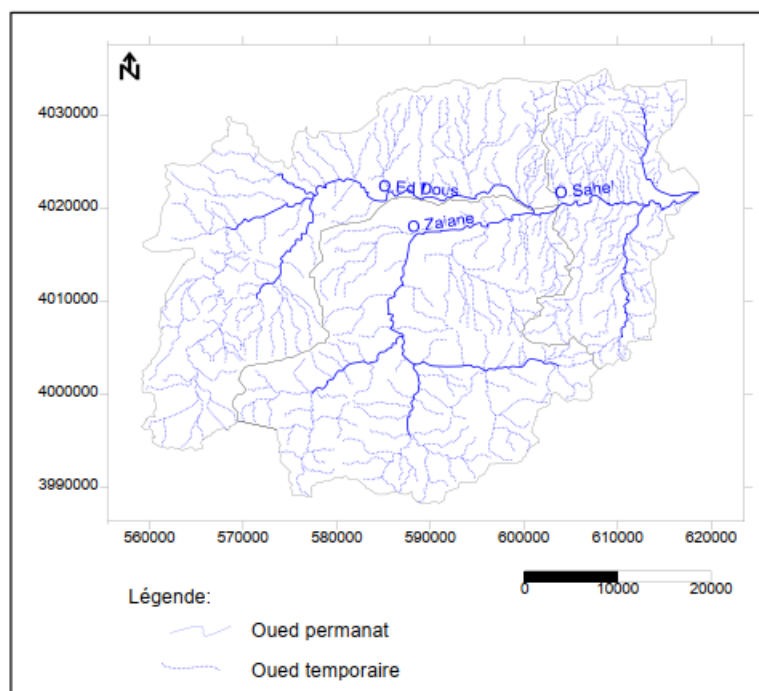


FIGURE II.10 – Réseau hydrographique des trois sous bassins versants de wilaya de Bouira (ANRH BLIDA).

Le réseau hydrographie de notre zone d'étude identifié par le logiciel ArcGIS Pro avec l'utilisation de les données de la carte d'Élévation numérique de site USGS ([5]) est représenté dans la figure suivante :

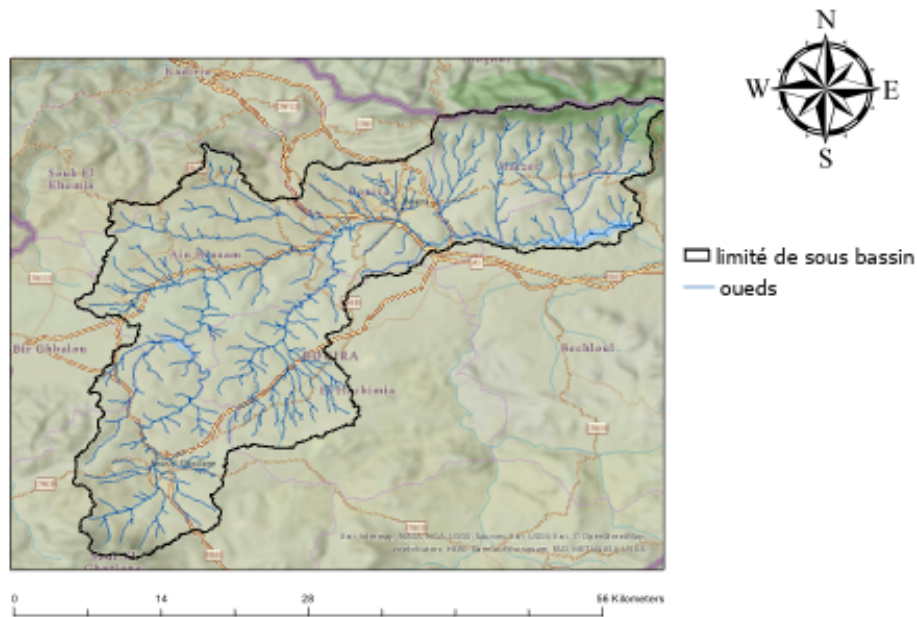


FIGURE II.11 – Réseau hydrographique du sous bassin d'Oued Eddous

TABLE II.8 – Classification du réseau hydrographique

Ordre de cour d'eau	1	2	3	4
Nombre	108	25	8	1
Longueur (Km)	6570,10	110,31	66,57	48,06
Longueu moyenne (Km)	60,83	4,41	8,32	48,06

Au total 142 cours d'eau avec une longueur totale 6795,04 Km et une longueur moyenne totale 121,63 Km.

## II.7.2 Caractéristique du réseau hydrographique d'Oued Eddous

### Densité hydrologique F

La densité hydrologique, également appelée la fréquence de drainage, est définie comme le rapport entre les systèmes de drainage du bassin et la superficie totale du bassin [41]. Elle peut être exprimée mathématiquement par la relation suivante [41] :

$$F = N_i/A \quad (\text{II.8})$$

Avec ,

F : Densité hydrographique (1/Km<sup>2</sup>) ;

N<sub>i</sub> : Nombre de cours d'eau ;

A : Superficie du sous bassin versant (Km<sup>2</sup>).

Ce qui nous donne :

$$F = 142/843 = 0,168 \quad (\text{II.9})$$

### La densité de drainage $D_d$

Elle est définie comme le rapport entre la somme de longueur de tous les cours d'eau et la superficie de bassin [41].

$$D_d = \frac{\sum L_c}{A} \quad (\text{II.10})$$

Avec ,

$D_d$  : Densité de drainage (km/km<sup>2</sup>) ;

$L_c$  : Longueur des cours d'eau (km) ;

$A$  : Superficie du sous bassin versant (Km<sup>2</sup>).

Ce qui nous donne :

$$D_d = 6795,04/843 = 8,06 \quad (\text{II.11})$$

### Rapport de confluence $R_c$

Ce rapport est utilisé pour évaluer la structure et la hiérarchie du réseau de cours d'eau, en indiquant le nombre de cours d'eau d'un ordre donné par rapport à l'ordre suivant. Cela peut donner une indication de la densité et de la complexité du réseau de cours d'eau [52].

$$R_c = \frac{N_n}{N_n^*} \quad (\text{II.12})$$

Avec ,

$N_n$  : Nombre de talwegs d'ordre n ;

$N_n^*$  : Nombre de talwegs d'ordre n+1.

TABLE II.9 – Rapport de confluence pour chaque ordre

Ordre	1 et 2	2 et 3	3 et 4	Moyenne ( $R_c$ )
Rc	4,32	3,125	8,00	5,14833333

## II.8 Aspect socio-économique

### II.8.1 La population

Les données ci-dessous sont recueillies d'ONS. Le site étudié regroupe 10 agglomérations et comptait 329 199 habitants en 2018 et 340 090 habitants en 2021 (ONS 2018 2021).

TABLE II.10 – Nombre d'habitants par Agglomération en 2018 et 2021

		Localités		
Circonscription sanitaire	Daïra	Agglomération	Population(2021)	Population(2018)
BOUÏRA	Bouïra	Bouïra	112163	108899
		Ait-Laaziz	16971	16539
		Ain-Turk	9395	9167
	Haizer	Haizer	21219	20673
		Taghzout	15374	14993
AIN BESSAM	Ain Bessam	Ain-Bessam	58178	54 569
		Ain-Laloui	8364	8 223
		Ain-El-Hdjar	11739	11420
	El Hachimia	El-Hachimia	21625	21 290
SOUR EL GHOZLANE	S.E.G	Sour-El-Ghozlane	65062	63 426

## II.8.2 L'agriculture

L'agriculture, considérée comme l'un des secteurs de production les plus importants, joue un rôle fondamental dans le développement économique de la plupart des pays. Dans la wilaya de Bouira, l'agriculture est la principale activité économique. La superficie totale des terres agricoles exploitables, connue sous le nom de superficie agricole utile (SAU), s'étend sur 190152 hectares, ce qui en fait une région fertile propice à la production agricole. Parmi ces terres, environ 8000 hectares sont consacrés à l'irrigation, soulignant l'importance des ressources hydriques dans cette région. De plus, la wilaya de Bouira bénéficie d'un vaste espace forestier couvrant environ 112 000 hectares, contribuant ainsi à la préservation de la biodiversité et à la fourniture de ressources naturelles essentielles. Il convient également de mentionner notre sous bassin hydrographique spécifique, appelé Oued Eddous, qui comprend une superficie irriguée de 2317 hectares. Il est à noter qu'il existe des espaces irrigués qui ne sont pas directement inclus dans ce sous bassin, ils bénéficient néanmoins de l'approvisionnement en eau provenant des barrages locaux, notamment le barrage de tilesdit. Ces terres non incluses dans le sous bassin jouent également un rôle crucial dans l'agriculture et l'économie de la région (DSA).

TABLE II.11 – Les principales régions agricoles de la Wilaya de Bouira (ONID)

Région agricoles	SAU physique irriguée (GPI+PMH)
Plaine des Arribs et ce qui l'entoure	2317
Plateau d'EL ESNAM	2200
Vallé du SAHEL	3400

D'après la DSA la majorité des terres agricoles irriguées sont concentrées dans la partie centrale de la wilaya, principalement dans la plaine des Arribs et les hautes vallées de la Soummam. Ces zones correspondent à la plaine formée par l'Oued Soummam et ses

affluents (Oued Eddous).

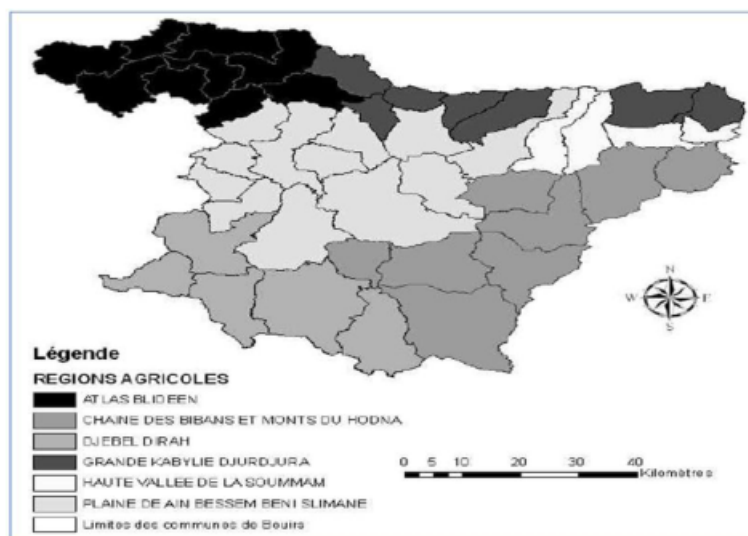


FIGURE II.12 – Découpage du territoire de la wilaya de Bouira en régions agricoles

### Les modes d'irrigation

Le bassin versant de l'oued Eddous se distingue par sa pratique d'une agriculture mixte, combinant des méthodes traditionnelles telles que l'irrigation gravitaire et des techniques modernes comme l'irrigation par canaux d'aspersion. Le choix de la méthode d'irrigation dépend du type de culture. Les activités agricoles principales dans les zones irriguées sont principalement axées sur les cultures maraîchères et les céréales(ONID).

### II.8.3 L'industrie

La zone d'étude dispose d'une zone d'activité industrielle dans la commune d'El Hachimia et de 14 zones d'activités d'une superficie total de 2,24 km<sup>2</sup>, dont 2,12 km<sup>2</sup> cessible soit 93,97%.

Le secteur de l'industrie et de l'artisanat représente 9% des emplois. Les principales entreprises enregistrées dans notre sous bassin y sont localisées et produisent principalement des détergents, du Textile, de la farine et de la Semoule et du gaz industriel. Ces industries ont consommé 6hm<sup>3</sup> d'eau en 2016 et sont alimentés par le barrage de Tilesdit (ANBT). Notons aussi que d'autre zones industrielles sont en cours de création : Il s'agit particulièrement de onze (11) nouvelles zones d'activités, dans les communes de Lakhdaria, El Hachimia, El Esnam, Haizer, Bir Aghbalou, M'chedallah, Sour El Ghozlane et Bordj Oukhris (ANBT ).

## II.8.4 Activités humaines dans la zone d'étude

### Occupation du sol

Les données d'occupation des sols d'Oued Eddous révèlent une mosaïque de terres qui sont utilisées dans cette région. Au cœur de ce paysage diversifié se trouve l'élément vital qui est l'eau, et se occupe une superficie de 0,92 % de la surface totale. Les cours d'eau, tout en fournissant des habitats précieux pour une multitude d'espèces animales et végétales. Les zones boisées, comprenant principalement des arbres, occupent une superficie de 10,42 % du territoire. Les terres agricoles, utilisées pour la culture, couvrent une vaste surface de 39,00 % de la région. Les zones urbaines construites occupent 79 880 322,78 m<sup>2</sup>, soit 9,53 % de la superficie totale, tandis que les sols nus couvrent 0,37 % de la région. Ces données d'occupation des sols soulignent l'importance des terres agricoles et des espaces naturels, ainsi que la présence d'une zone urbaine développée dans la région d'Oued Eddous.

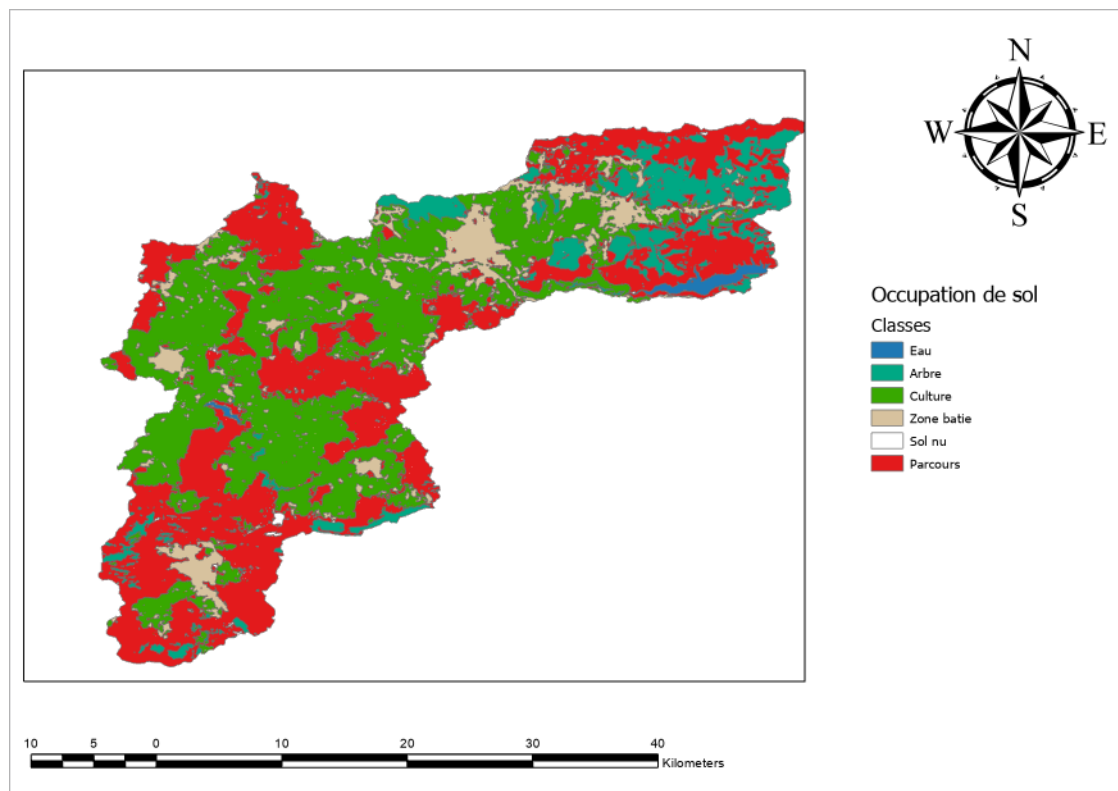


FIGURE II.13 – La carte d'occupation de sol sous Arcgis de sous bassin d'oued Eddous de site de ESRI (2022 2020-2021)

## II.9 Mobilisation des ressources en eau

### II.9.1 Les ressources superficielles

L'approvisionnement en eau de la zone d'étude est assuré par les ressources importantes notamment :

## Les barrages

### Barrage de Tilesdit

Le barrage tilesdit, construit en 1996, est situé à environ 18 kilomètres à l'est de la ville de Bouira, entre les communes d'El Esnam et de Bechloul. Il est délimité par différents éléments géographiques :

- Au nord, il est bordé par la forêt de Haizer dans le canton Ighil Oumadjbar, ainsi que par la forêt des Azrous dans les cantons de Bouchaoune et d'une grande partie du canton Abrid G Ighil ;
- Au sud, il est entouré de terres agricoles et de la forêt domaniale des Azrous dans le canton Trik Turk ;
- À l'est, il est délimité par des terrains privés, notamment des terres agricoles abandonnées, ainsi que par une partie de la forêt des Azrous dans le canton Abrid Ighil ;
- À l'ouest, il est entouré de champs agricoles privés.

Ses principales caractéristiques sont les suivantes :

- Type de barrage : digue en terre avec noyau vertical ;
- Surface du bassin versant : 843 km<sup>2</sup> ;
- Capacité totale de la retenue : 167 millions de m<sup>3</sup> ;
- Hauteur de la digue : 65 m ;
- Longueur de la digue : 425 m ;
- Apport moyen annuel : 65 Hm<sup>3</sup>/an ;
- Volume régularisé : 73 Hm<sup>3</sup>/an.

Le principal objectif du barrage Tilesdit est de fournir de l'eau potable à la ville de Bouira et à 18 communes environnantes. En plus de cette fonction d'alimentation en eau potable, le barrage joue également un rôle crucial dans l'approvisionnement en eau de la zone industrielle de Sidi Khaled d'El Hachimia. De plus, il permet l'irrigation du plateau de la commune d'El Asnam ainsi que de la vallée du Sahel (ANBT).



FIGURE II.14 – Vue général du barrage de Tilesdit (2023)

### Barrage de Lekhal

Selon l'ANBT Le barrage de Lekhal est situé à environ 5 km au sud-est de la ville d'Ain Bessam. Il est alimenté par l'Oued Lekhal et a une capacité de rétention de 30 millions de m<sup>3</sup>. Le barrage de Lekhal est principalement utilisé pour l'irrigation, permettant ainsi l'approvisionnement en eau des terres agricoles de la région. Cependant, il est confronté à des problèmes de pollution qui menacent sa pérennité. Les caractéristiques principales du barrage de Lekhal sont les suivantes :

- Il s'agit d'un barrage en terre avec un noyau argileux ;
- La surface du bassin versant qui alimente le barrage est d'environ 189 km<sup>2</sup> ;
- La capacité totale de la retenue du barrage est de 27 hm<sup>3</sup> ;
- la quantité d'eau qui peut être régulée et contrôlée, est de 17 hm<sup>3</sup> ;
- La hauteur de la digue atteint 45 mètres ;
- La longueur de la digue est de 630 mètres ;
- Les remblais utilisés dans la construction du barrage atteignent un volume total de 310000m<sup>3</sup>.



FIGURE II.15 – Barrage de Lekhal destiné à l'irrigation [3]

Il est important de mentionner que ce barrage est utilisé exclusivement pour l'irrigation des régions avoisinantes ces dernières années et ne sert plus à fournir de l'eau potable. Cela est dû à plusieurs raisons, notamment la pollution résultant du rejet direct de déchets non traités par les usines dans les cours d'eau. De plus, la récente vague de sécheresse, en raison de la diminution des chutes de neige ces dernières années, a exacerbé cette situation.

#### • Barrage de Koudiat Acerdoune

Le barrage de Koudiat Acerdoune sur l'Oued Isser est situé à une douzaine de km au sud de Lakhdaria, Wilaya de Bouira, à peu près à 60 km à l'Est d'Alger à vol d'oiseau.

Le bassin versant amont s'étendant sur 2790 km<sup>2</sup> est suffisant pour alimenter un réservoir de large capacité, de plus 400 millions de mètres cubes. Ce volume peut être transféré gravitairement vers Lakhdaria et la retenue de Keddara pour l'irrigation de la plaine de la Mitidja et des périmètres agricoles du bas Isser, mais aussi pour approvisionner en eau potable les populations de l'Algérois et quelques régions ouest de la wilaya de Bouira , Msila, et tizi ouzou (ANBT).





FIGURE II.16 – Barrage de Koudiet Acerdoune [2]

### Les Retenues collinaires

Sont des réservoirs d'eau de taille moyenne construits dans des régions collinaires. Elles servent à stocker l'eau de pluie et de ruissellement et ont plusieurs usages, notamment l'approvisionnement en eau potable, l'irrigation agricole et la production d'énergie hydro-électrique.

Pour notre sous bassin, nous en mentionnons trois (03) retenues principale :

- Retenue collinaire d'Errich

Limite entre la forêt domaniale d'Errich, à chef-lieu de la wilaya de Bouira. Elle présente les caractéristiques suivantes :

- La capacité totale de la retenue est de 45 000 m<sup>3</sup>.
- La hauteur de la digue atteint 12 mètres, assurant la stabilité de la structure.
- La superficie irriguée grâce à cette retenue est d'environ 1 hectare, offrant la possibilité d'approvisionner en eau une petite zone pour des besoins agricoles.

Dans cette zone, on peut trouver diverses plantes telles que le chêne-liège, le ciste et l'eucalyptus, qui sont caractéristiques de la région. Quant aux animaux, on peut observer la présence de poules d'eau.

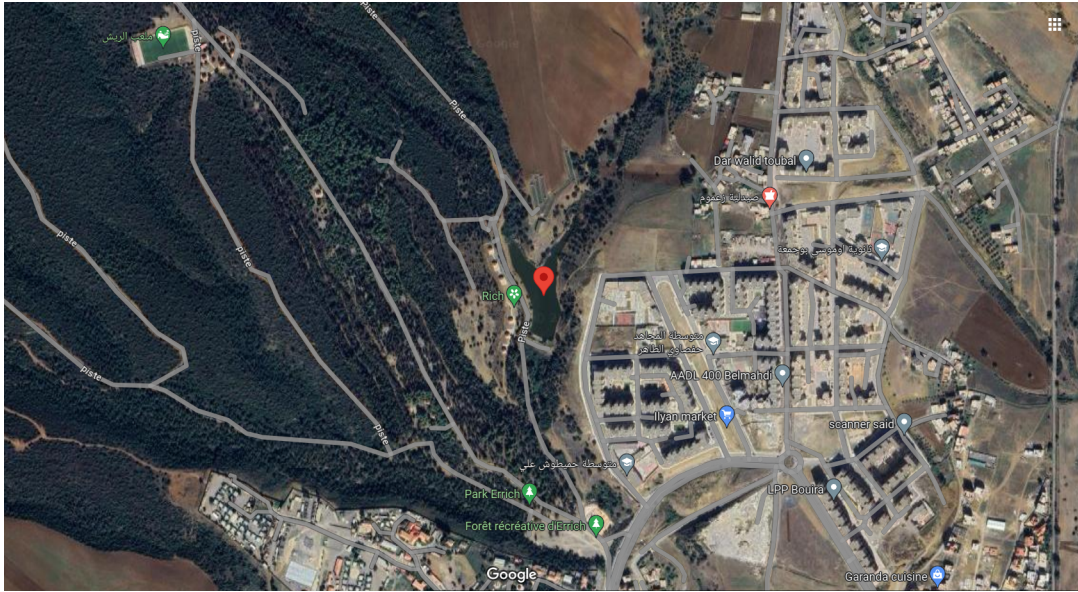


FIGURE II.17 – Retenue dErrich (Google map 2023)

- Retenue collinaire EL KOUBANIA (Ain Laloui)

Ces coordonnées  $3^{\circ}42'33.70''E$   $36^{\circ}18'40.31''N$  dans la Daïra de Ain Laloui, wilaya de Bouira, ses caractéristiques sont les suivantes :

- La capacité totale de la retenue est de  $300\ 000\ m^3$ .
- La hauteur de la digue atteint 13,1 mètres, garantissant la stabilité et la solidité de la structure.
- La superficie irriguée grâce à cette retenue s'étend sur 8,9 hectares, offrant ainsi la possibilité d'approvisionner en eau une zone étendue pour des besoins agricoles.

Lors des sorties effectuées sur la retenue collinaire Alleg (Safsaf), plusieurs types de plantes comme : Carum, Carex .et d'animaux comme : Héron cendré ,Héron garde bœuf, Cigogne blanche et Mouette rieuse ...ext.



FIGURE II.18 – Retenue collinaire EL KOUBANIA vue satellitaire 1/5000 (ArcGIS pro)

TABLE II.12 – Les Retunes Collinaire dans sous bassin d'oued Eddous avec d'autres à proximité (Source : la conservation des forêts et de l'hydraulique de Bouira, 2019)

	Nom de zone humide	Communes	Capacité	Coordonnées X (Latitude)	Coordonnées Y (Longitude)
Reteunes Collinaire	Errich	Bouira	/	3°53'13.19"E	36°24'5.07"N
	Bou Djafar	Ain Bessem	160 000	3°39'42.55"E	36°19'20.68"N
	Chaabet Bergougi	Bouira	240 000	3°54'38.69"E	36°23'51.49"N
	Ighil Oudjber	Haizer	48 000	3°59'32.30"E	36°22'58,14"N
	Merdja	Ain Bessem	113 000	3°42'19.55"E	36°19'10.20"N
	Alleg(Safsaf)	Ain Laloui	500 000	3°42'33.70"E	36°18'40.30"N
	Assila	Dirah	/	3°45'45.42"E	36° 4'29.16"N
	ChabetMardja	Haizer	61 000	3°57'43,12"E	36°23'33,53"N
	Gounassise	Taghzout	83 000	3°57'26.44"E	36°24'5.49"N
	ChabetLarbi	Bouira	40 000	3°52'54.32"E	36°23'42.28"N
	Anagour	Bordj Okhriss	90 000	3°53'22.23"E	36° 6'39.39"N
	Khenzira	An hadjer	120 000	3°45'23.85"E	36°21'37.56"N
	Ain Khabouzia	Khabouzia	120 000	3°35'30.84"E	36°18'54.75"N
	Charchara	EL Hachimia	80 000	3°53'1.15"E	36°13'46.94"N
	Termistine	Haizer	120 000	3°57'11.09"E	36°22'51.00"N
	Ben Tounes	Ain Bessem	250 000	3°42'54.71"E	36°21'3.46"N
	Znatia	El hachimia	90 000	3°49'39,58"E	36°12'22,57"N
	Chieb	Dirah	210 000	3°44'10.42"E	36° 2'40.07"N
	Khmaimia	Maamoura	330 000	3°35'38.68"E	35°59'49.87"N
	Sidi Slimane (tnine)	Ain hadjer	600 000	3°45'23.99"E	36°23'38.90"N
Maamoura	Ridane	274 000	3°30'53.02"E	36° 3'8.21"N	

## II.9.2 Les ressources souterraines

Selon les données de DRE, le wilaya de Bouira en général contient 36 hm<sup>3</sup> d'eaux souterraines La plupart sont concentrés dans les région suivantes :

- Oued Eddous
- Oued Sahel
- Plateaux d'El-Esnam

Cette eau apparaît sous la forme de puit, forage, et source.

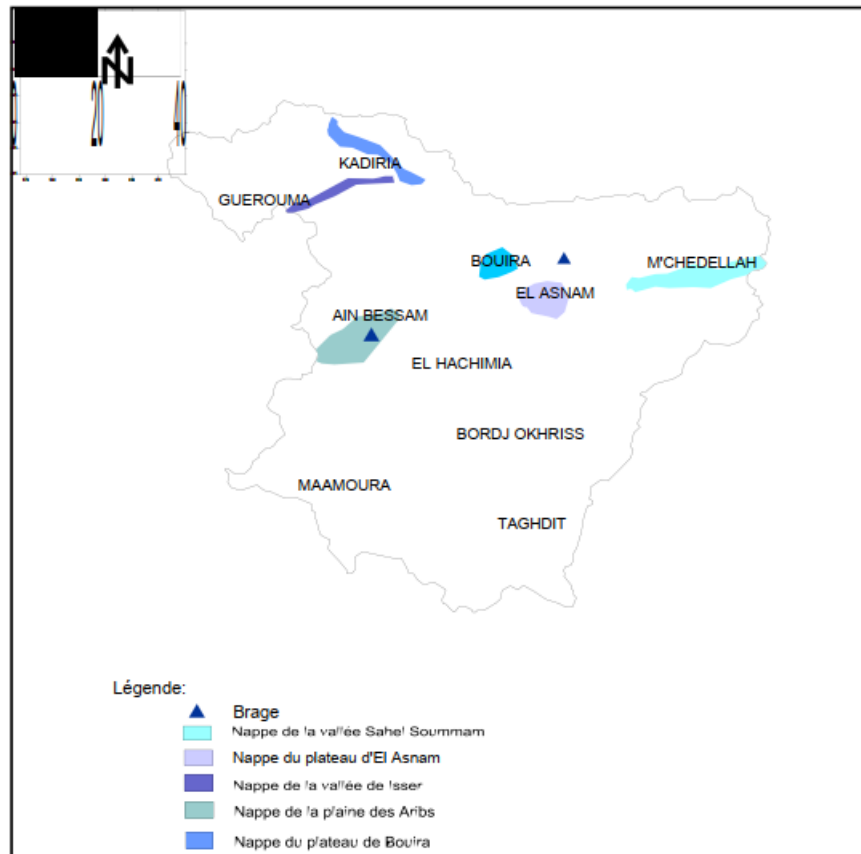


FIGURE II.19 – Carte des ressources souterraines en eaux de wilaya de Bouira (DRE)

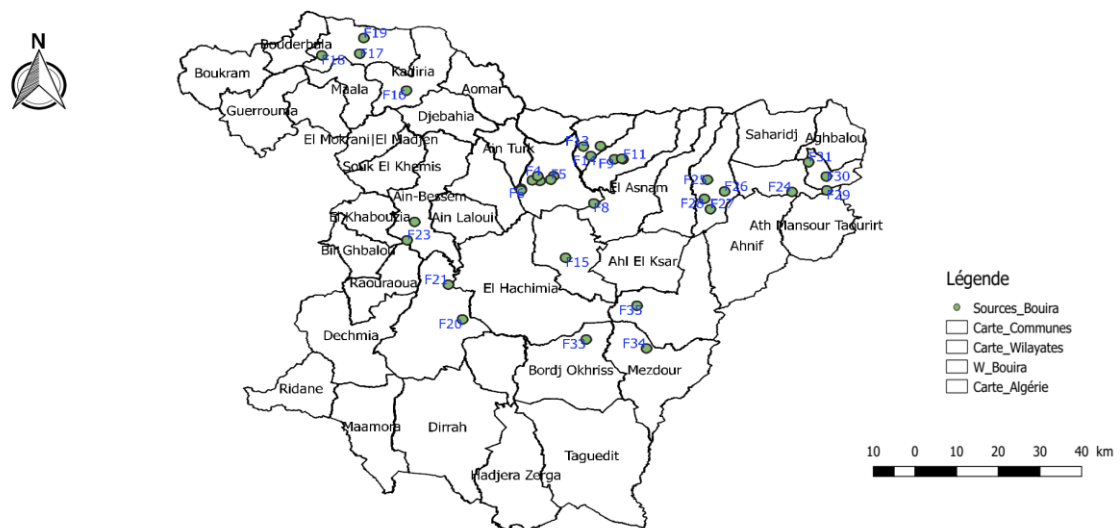


FIGURE II.20 – Les sources souterraines de wilaya de Bouira(DRE)

D'après la DRE, les eaux souterraines de la wilaya de Bouira proviennent de 91 forages, 15 sources et 42 puits.

Elles sont caractérisés par :

TABLE II.13 – Les eaux souterraines au niveau de la Wilaya de BOUIRA

Désignation	Unité	Nombre	Capacité de production m <sup>3</sup> /j
Forages	U	91	39907
Sources	U	15	4614
Puits	U	42	15243

## II.10 Conclusion

Le bassin de l'Oued Eddous et le plateau de Bouira se caractérisent généralement par une végétation diversifiée, étroitement liée aux conditions climatiques et à la pluviométrie. Ces régions offrent des opportunités agricoles importantes en raison de leur fertilité élevée. Nous avons constaté que le sous bassin de l'Oued Eddous est classé comme semi-aride, en utilisant l'indice d'aridité de De Martonne pour évaluer le climat.

La description de la zone d'étude d'Oued Eddous met en évidence à la fois sa richesse et sa fragilité, susceptible d'être altérée par des conditions extérieures, notamment les pratiques agricoles intensives axées sur le rendement des terres au détriment de la qualité des eaux de surface.

# Chapitre III

## Méthodologie de la comptabilité de l'eau

### III.1 Introduction

La comptabilité de l'eau peut être définie comme une évaluation quantitative systématique de l'état et des tendances de : l'offre, de la demande, de la distribution, de l'accessibilité et de l'utilisation de l'eau dans des domaines spécifiés, produisant des informations qui éclairent la science, la gestion et la gouvernance de l'eau pour soutenir les résultats du développement durable pour la société et l'environnement (FAO, 2012,2016). La comptabilité de l'eau prend en compte l'offre et la demande en eau :

- La disponibilité des précipitations, des eaux de surface, des eaux souterraines et des ressources en eau non conventionnelles (dans l'espace et dans le temps) ;
- La capacité, état et procédures d'exploitation et de maintenance des infrastructures d'approvisionnement, de stockage et de traitement de l'eau ;
- Satisfaction de ces demandes ;
- Les schémas d'utilisation d'eau consommée ou non consommée dans l'espace et dans le temps ;
- Les niveaux de services liés à l'utilisation de l'eau par différents utilisateurs et utilisés dans l'espace et dans le temps, et avantages procurés en termes monétaires et non monétaires (amélioration de la santé et du bien-être, par exemple) [18].

### III.2 Les objectifs et les éléments de la comptabilité de l'eau

La comptabilité de l'eau fournit une base scientifique solide pour une stratégie fondée sur des preuves de développement, prise de décision opérationnelle et communication ou sensibilisation ciblée programmes [18].

Les objectifs typiques de la prise en compte de l'eau pour un le domaine spécifié comprend :

- Identifier les causes biophysiques sous-jacentes des problèmes liés aux déséquilibres dans l'offre et la demande d'eau.
- Évaluer la probabilité des risques et les échelles d'événements extrêmes (par exemple, inondations, sécheresses, pollution par des contaminants naturels ou anthropiques) dans

le domaine.

- Évaluer la résilience ou la vulnérabilité de la société et de l'environnement et changements biophysiques plus graduels liés, par exemple, la pénurie de l'eau, changement climatique et à la sécurité alimentaire.
- Identifier et si nécessaire, résoudre les divergences d'opinion fondamentales ou de compréhension entre les parties prenantes et / ou les spécialistes concernant :
  - 1) La gravité ou les causes sous-jacentes des problèmes liés à l'eau ;
  - 2) La potentielle utilité de différentes stratégies pour résoudre ces problèmes.
- Utiliser l'analyse multi-scalaire pour identifier l'eau consommable et non consommatrice, pour des usages à différentes échelles et à des potentiels d'utilisation des flux de recyclage ou de retour, en augmentant l'utilisation bénéfique nette de l'eau et réduisant ainsi le risque de pollution.
- Identifier l'échelle, la gravité et la nature des activités intersectorielles ou en amont ou conflits en aval sur l'allocation (ou l'appropriation) des ressources en eau.
- Évaluer si les politiques et pratiques existantes dans le domaine de l'eau fonctionnent bien et si elles entraînent des conséquences involontaires (ou des externalités) au niveau local ou en aval.
- Identifier et évaluer l'échelle, la gravité, les emplacements et les causes des inégalités l'accès à l'eau et / ou l'incapacité d'exercer des droits formels ou informels sur l'eau.

Comme éléments clés de la comptabilité de l'eau nous avons aussi :

- L'échelle temporelle (mensuelle, saisonnière et annuelle).
  - L'échelle spatiale (bassin versant, régionale, zone d'irrigation, territoriale, etc.).
  - La portée (débit d'eau / limites hydrologiques),
  - L'économie de l'eau (limites administratives / juridictionnelles) et combinée)
  - L'institutionnels (loi sur l'eau et réglementation des données)
  - Le partenariat (gestion des données, centralisée, dispersée et partenaires de reportage)
- [43].

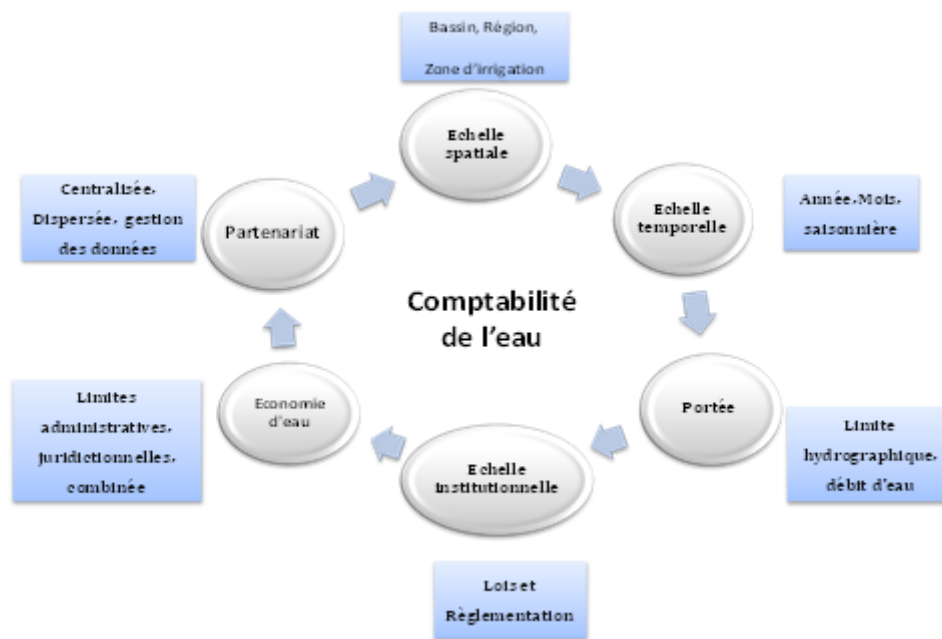


FIGURE III.1 – Cycle itératif de la comptabilité de l'eau [43]

### III.3 Méthodologie

#### III.3.1 Sources de données

Les sources de données d'entrée et des sorties permettant d'évaluer le bilan d'hydrique dans la région d'étude sont :

- ANBT
- ONID
- DSA
- ADE
- ANRH
- ONA

#### III.3.2 Méthodologie

La méthodologie utilisée dans la région d'étude consiste à organiser et structurer la collecte, l'analyse et la présentation de données et d'informations pour l'exercice de comptabilité de l'eau sont :

- Calcul des séries chronologiques annuelles des précipitations dans la région d'étude.
- Série temporelle de rejets d'eaux usées traitées de la zone pilote.
- Collecte les données SIG sur des infrastructures liées à l'eau.
- Analyse et Calcul des séries chronologiques des valeurs des ETP
- Séries chronologiques d'utilisation de l'eau domestique
- Séries chronologiques d'usages industriels de l'eau.
- Séries chronologiques d'usages agricoles des eaux dans la région.



- Analyse du bilan hydrique (exercice).
- Commentaires et recommandations.

L'exercice de comptabilité devrait contribuer à :

- Fournir des preuves analytiques pour éclairer la prise de décision.
- Évaluer les Niveaux d'efficacité et de productivité de l'eau.
- Soutenir l'apprentissage interdisciplinaire.
- Évaluer la résilience des stratégies de gestion des terres et des eaux et adopter les techniques les plus faciles à répliquer [43] .

### III.4 Approches méthodologiques

Ce travail envisagé constitue un complément approfondi et élargi de l'exercice de la comptabilité de l'eau rapide sur notre zone d'étude. De fait, les recommandations consistent à établir un bilan hydrique sur un sous bassin étant donné que l'unité naturelle et idéale de la gestion de l'eau est le bassin versant. Pour faire ce travail, une approche méthodologique multidimensionnelle est proposée. Celle-ci consiste à mobiliser plusieurs outils d'investigation pratique et technique.

La première phase du travail a commencé par la réalisation d'une liste des documents à récupérer et des données à collecter auprès de plusieurs institutions du secteur de l'eau en Algérie à l'exemple : l'Agence nationale des barrages et des transferts (ANBT), l'Agence nationale de ressources hydriques (ANRH), l'Office national de l'irrigation et du drainage (ONID), l'Algérienne des Eaux (ADE)...etc. L'objectif à ce stade consiste à réaliser un « audit des données et des documents disponibles » et ce en passant, en premier lieu, par la sélection des informations les plus pertinentes en adoptant une approche de comparaison entre les différents producteurs des données et constitution d'une vision rétrospective de la disponibilité de l'eau et de son utilisation dans le sous bassin, ensuite, la réduction des incertitudes, connue dans ce type d'étude notamment en Algérie, sur certains inputs des comptes de l'eau [46].

En outre, ce rapport de la comptabilité de l'eau mobilisera également les travaux anciens à l'instar de ([11], [32]) et récents comme le cadre de la comptabilité de l'eau (WA) et de la comptabilité de l'eau plus (WA+) ([20, 35, 22, 23, 24]). Les faiblesses et l'insuffisance des mesures et données d'observation (in situ) obligent de compléter les travaux par les techniques de télédétection et des observations satellitaires. C'est pourquoi, en ce qui concerne ce travail, nous pouvons parler d'une approche méthodologique mixte [45] d'autant plus que certains termes du bilan hydrique sont difficilement déterminables par les données in situ et des mesures du terrain comme la composante de déstockage (variation des stocks), l'évapotranspiration réelle...etc. Ces différentes techniques de télédétection sont largement appliquées dans la cadre d'élaboration des rapports de la comptabilité de l'eau et de la WA+ (water accounting series) par les équipes de la FAO et de l'IHE Delft pour plusieurs bassins du monde (Awash en Éthiopie, le bassin du Nil, Litani au Liban, Jourdain en Jordanie, la bassin du Niger...etc.) [46], et même dans d'autres travaux ([49]).

Dans ce sens, on a bénéficié des formations sur plusieurs outils et techniques d'analyse à l'exemple de la cartographie et calculs sous ArcGIS Pro, afin de délimiter notre zone d'étude par rapport aux limites hydrographiques qui ne coïncident pas avec le découpage administratif, et des applications de télédétection citons WaPOR 2.1 de la FAO [1] qui facilite l'évaluation de plusieurs variables bioclimatiques par zone géographique choisie. Ces outils seront d'un grand intérêt à l'élaboration de ce projet de fin d'étude. Notons aussi que des sorties de terrain sont prévues et doivent être impérativement effectuées, via des visites à certains ouvrages existants (barrages, stations d'épurations des eaux usées ...etc.).

### III.5 Modalités de traitement de données entrées/sorties du bilan

Avant d'utiliser les données pour produire les comptes de l'eau, diverses vérifications des données seront effectuées. L'équation de note bilan hydrique sera basée principalement sur la formule suivante : [45]

$$Précipitations + Transferts_{in} = (IncrementalET + LandscapeET) + Q_{outflow} + \Delta S_{Gw} + \Delta S_{sw} \quad (III.1)$$

Sachant que :  $\Delta S_{Gw}$  et  $\Delta S_{sw}$  représentent la variation des stocks des ressources souterraines et superficielles. La variation de stocks des eaux de surface est par hypothèse est égale à 0 pour notre bilan.

$Q_{Outflow}$  : le volume sortant du bassin.

Incremental ET : appelée aussi l'usage géré de l'eau (managed water use) ou l'eau consommée par les différents usages productifs (irrigation, AEP, industrie...etc.);

Landscape ET : l'évapotranspiration naturelle.

#### Les précipitations

Il s'agit de l'entrée principale du bilan hydrique dont une proportion génère un écoulement et une infiltration vers les nappes. Il y a deux possibilités de traiter les données pluviométriques. L'ANRH dispose plusieurs stations pluviométriques ou l'analyse de la variabilité moyenne mensuelle des précipitations pour la période 2009-2021 montre l'existence au niveau des différentes stations d'une saison froide et humide s'étalant de Octobre à Avril avec un maximum de précipitations en Décembre et une saison sèche entre Mai et Septembre où les plus faibles précipitations sont enregistrées au mois de Juillet. La base de données de WAPOR 2.1 est aussi disponible pour une période allant de 2009 jusqu'à 2022 sur une résolution de 250 m pour le cas de l'Algérie [1]. Une situation de référence sera établie ainsi que les tendances historiques.

La Figure suivante montre les écarts entre la moyenne des précipitations au niveau des stations de l'ANRH et les données de WaPOR.

L'écart n'est pas très élevé entre les deux séries d'ailleurs la moyenne entre 2009 à 2021 est d'environ 648 mm/an pour la série des données de WaPOR et elle est de 642 mm/an entre 2009 à 2022 pour les mesures des trois stations soit un écart d'environ 0,9 % entre

les deux séries ce qui est acceptable hydrologiquement. Le volume d'entrée (inflow) de précipitations sera calculé par rapport aux données de terrain soit un volume total de **543,28 Mm<sup>3</sup>** sur la superficie du sous bassin.

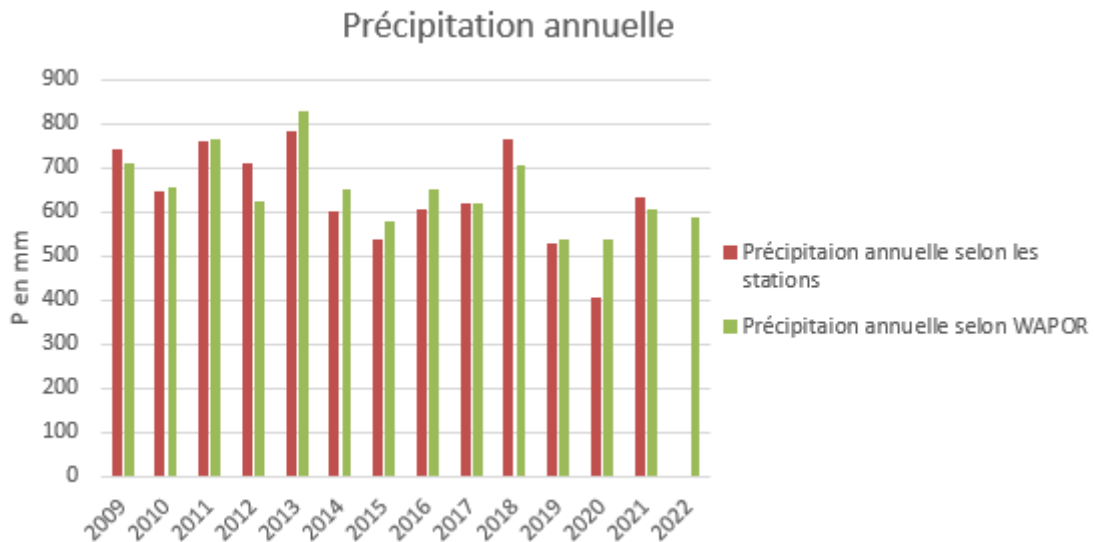


FIGURE III.2 – Comparaison des précipitations annuelles moyennes in situ et selon WaPOR.[1], (ANRH)

Les précipitations du Oued eddous se caractérisent par une variation interannuelle et intra-annuelle dans la mesure où elles se concentrent sur quelques jours de l'année et quelquefois spécifiques (de septembre à mai). La série des pluies mensuelles moyennes (2009 à 2022) de WaPOR montre que le mois de juillet enregistre la plus faible pluviométrie moyenne mensuelle avec 4 mm suivi par le mois d'août avec 8 mm et le mois de juin avec 16 mm. De plus, le mois de janvier enregistre le pic pluviométrique de 102 mm. Au mois de novembre et décembre, les précipitations sont de 92 et 88 mm respectivement. Il s'agit là de l'une des caractéristiques typiques du climat méditerranéen relativement humide en hiver et sec et chaud en été. La comparaison avec les données des stations pluviométriques donne la même distribution spatiale. Notons que les deux séries donnent presque la même moyenne de précipitation mensuelle soit 54 mm/mois sur WaPOR et 53 mm/mois pour les stations soit un écart d'environ 1,9 % par mois.

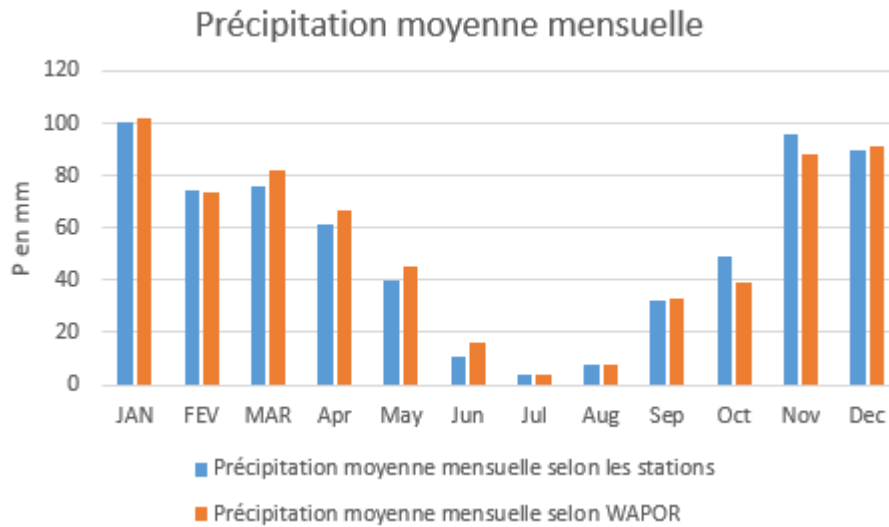


FIGURE III.3 – Précipitation moyenne mensuelle (en mm) (2009 au 2021)

## III.6 Évaluation des besoins en eau

### III.6.1 Alimentation en eau potable

L'évaluation des besoins en eau potable sont estimés pour la population c'est-à-dire les besoins domestiques, et l'industrie, principalement agroalimentaire. Cette estimation s'étendra sur une période de 7 ans, ce qui nous amène à tenir compte de l'accroissement de la consommation, essentiellement due à :

- L'amélioration du niveau de vie ;
- L'accroissement de l'industrialisation ;
- L'accroissement de la population.

#### Etude démographique

L'estimation démographique suit la méthode de croissance arithmétique dans notre cas, étant donné que la plupart des villes et villages connaissent un développement stabilisé et une concentration en milieu agricole.

$$P(t) = P_0 + (K_a \cdot t) \quad (\text{III.2})$$

avec ,

$P(t)$  représente la population à un moment donné ( $t$ ) dans le temps.

$P_0$  est la population initiale à l'instant initial .

$K_a$  est le taux d'accroissement constant entre les périodes successives.

$t$  représente la période de temps écoulée depuis le moment initial.

C'est-à-dire :

$$K_a = \frac{P(t_2) - P(t_1)}{t_2 - t_1} \quad (\text{III.3})$$

TABLE III.1 – Taux d'accroissement de la population par agglomération (Année 2018-2021).

Circonscription sanitaire	Daïra	Agglomération	Ka
BOUÏRA	Bouïra	Bouïra	1088
		Ait-Laaziz	144
		Ain-Turk	76
	Haizer	Haizer	182
		Taghzout	127
AIN BESSAM	Ain Bessam	Ain-Bessam	1203
		Ain-Laloui	47
		Ain-El-Hdjar	106,333
	El Hachimia	111,667	
SOUR EL GHOZLANE	S.E.G	Sour-El-Ghozlane	545,333

- Evolution de la population pour l'horizon 2023 et 2030 à partir 2018 :

$$P(2023) = P(2018) + (K_a \cdot 3) \quad (\text{III.4})$$

$$P(2030) = P(2018) + (K_a \cdot 12) \quad (\text{III.5})$$

TABLE III.2 – Les populations en 2018, 2021, 2023 et 2030 (hab).

Agglomération	2018	2021	2023	2030
Bouïra	108899	112163	114339	121955
Ait-Laaziz	16539	16971	17259	18267
Ain-Turk	9167	9395	9547	10079
Haizer	20673	21219	21583	22857
Taghzout	14993	15374	15628	16517
Ain-Bessam	54569	58178	60584	69005
Ain-Laloui	8223	8364	8458	8787
Ain-El-Hdjar	11420	11739	11952	12696
El-Hachimia	21290	21625	21848	22630
Sour-El-Ghozlane	63426	65062	66153	69971

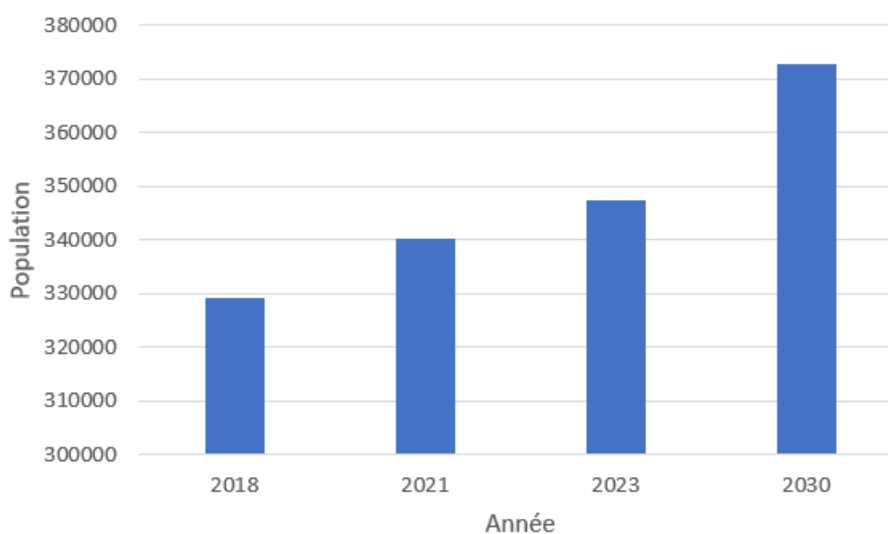


FIGURE III.4 – Evaluation de la population pour les années 2018, 2021, 2023, 2030.

### Estimation des besoins en eau potable

La production annuelle (2020) d'eau potable de notre zone d'études d'après l'ADE est de 23138445 m<sup>3</sup>, soit une moyenne journalière de 63 393 m<sup>3</sup>/j pour 336412 habitants. Cette production d'eau provient des eaux superficielles des barrages de Koudiet Acerdoune et Tilesdit en plus des eaux souterraines des forages, puits et sources dans les proportions indiquées ci-dessous :

**Eaux superficielles** : 51 170 m<sup>3</sup>/j, soit 81% (Barrage Koudiet Acerdoune : 40%, Barrage de Tilesdit : 41%);

**Eaux souterraines** : 12 222 m<sup>3</sup>/j, soit 19%.

Les principales sources d'alimentation en eau potable des communes de notre zone d'étude sont indiquées dans le tableau suivant :

TABLE III.3 – Production par source d'alimentation (ADE 2020)

Production par source d'alimentation (m <sup>3</sup> /j)					
N°	Communes	Source d'alimentation	B	F+P+S	Total
1	Bouira	Barrage tilesdit + Forage	25 597	7 546	33 144
2	Haizer	Forage	-	1 339	1 339
3	Taghzout	Forage	-	1 392	1 392
4	Ain Turk	Forage	-	1 091	1 091
5	Ait Laaziz	Barrage tilesdit	409	-	409
6	Sour El Ghozlane	Barrage Koudiet+ Forage	13 413	90	13 503
7	Ain Bessam	Barrage Koudiet+ Forage+Source	7 873	681	8 554
8	Ain Laloui	Barrage Koudiet+ Forage	1 046	36	1 082
9	Ain H'djar	Barrage Koudiet+ Forage+Source	1 061	47	1 108
10	El Hachimia	Barrage Koudiet	1 771	-	1 771

avec , B : Barrage, F : Forage, S : Source, et P : Puits.

Dans ce projet, le calcul des besoins en eau potable de la population ne prend pas en considération les pertes/fuites des réseaux de distribution avec Compte tenu de la présence d'un grand nombre de puits non autorisés sur les routes des habitants, des magasins et des usines (nous les considérerons comme les conditions optimales pour mener notre étude, c'est-à-dire sans pénurie d'eau ni de déchets). Dans cette estimation, la demande en eau potable est fixée à 150 l/j/hab pour les besoins domestiques et d'autres dotations sont données à partir de l'ADE :

TABLE III.4 – Evaluation des besoins en eau potable de la population pour l'année 2023

Equipement	Secteurs	Capacité	Qi (l/j/hab)	Besoin en eau (m <sup>3</sup> /j)
Population	B.domestiques	347351	150	52102,65
Scolaire	Ecoles primaires	27000	80	2160
	Collèges	26000	80	2080
	Lycées	25000	80	2000
	Université	28107	80	2248,56
	Cités universitaires	18000	150	2700
Sanitaire	Cliniques	600	200	120
	Hôpitaux	800	300	240
Socioculturel	Mosquées	55000	50	2750
	Cimetières	30	15	0,45
	Maisons de jeunes	600	70	42
	Bibliothèques	400	20	8
	Hotels/Auberges	700	150	105
	Salles de fêtes	400	100	40
Administratif	APC	145	50	7,25
	Gardes communales	178	50	8,9
	militaires	2900	150	435
	Protection civil	170	300	51
	Bureaux de postes	540	50	27
	Banques	190	50	9,5
Commercial	Fast Food et restaurants	2500	150	375
	Marchés	300	100	30
	Lavages	120	600	72
	Pompes d'essence	900	40	36
Transport	Gare routiere	390	120	46,8
	Stations train	200	40	8
TOTAL				67703,11

Les besoins en eau potable de la population sont de **24,71 hm<sup>3</sup>**.

- Les besoins en eau potable provenant du Barrage de Koudiet Acerdoune :  
 Cette partie consiste les communes suivante : El Hachimia, Ain H'djar, Ain Laloui, Ain Bessam et Sour El Ghozlane.Ces commune d'après le tableau de production journalière d'ADE 2020, 96% de leur eau potable provenant du barrage de Koudiet Acerdoune.



TABLE III.5 – Evaluation des besoins en eau potable de la population pour l'année 2023 pour les communes alimentés par le Barrage de Koudiet Acerdoune

Equipement	Secteurs	Capacité	Qi (l/j/hab)	Besoin en eau (m <sup>3</sup> /j)
Population	B.domestiques	168995	150	25349,25
Scolaire	Ecoles primaires	13000	80	1040
	Collèges	12400	80	992
	Lycées	12000	80	960
	Université	1500	80	120
	Cités universitaires	500	150	75
Sanitaire	Cliniques	280	200	56
	Hôpitaux	360	300	108
Socioculturel	Mosquées	28000	50	1400
	Cimetières	15	15	0,225
	Maisons de jeunes	240	70	16,8
	Bibliothèques	170	20	3,4
	Hotels/Auberges	100	150	15
	Salles de fêtes	190	100	19
Administratif	APC	67	50	3,35
	Gardes communales	91	50	4,55
	Gendarmerie et cités militaires	1100	150	165
	Protection civil	170	300	51
	Bureaux de postes	255	50	12,75
	Banques	80	50	4
Commercial	Fast Food et restaurants	1130	150	169,5
	Marchés	130	100	13
	Lavages	59	600	35,4
	Pompes d'essence	430	40	17,2
Transport	Gare routiere	140	120	16,8
	Stations train	0	40	0
TOTAL				30647,23

Les besoins en eau potable provenant du Barrage de Koudiet Acerdoune : sont de **10,74 hm<sup>3</sup>** pour l'année 2023.

TABLE III.6 – Evaluation des besoins en eau potable de la population pour l'année 2030

Equipement	Secteurs	Capacité	Qi (l/j/hab)	Besoin en eau (m <sup>3</sup> /j)
Population	B.domestiques	372764	150	55914,56
Scolaire	Ecoles primaires	27000	80	2160
	Collèges	26000	80	2080
	Lycées	25000	80	2000
	Université	28107	80	2248,56
	Cités universitaires	18000	150	2700
Sanitaire	Cliniques	600	200	120
	Hôpitaux	800	300	240
Socioculturel	Mosquées	55000	50	2750
	Cimetières	30	15	0,45
	Maisons de jeunes	600	70	42
	Bibliothèques	400	20	8
	Hotels/Auberges	700	150	105
	Salles de fêtes	400	100	40
Administratif	APC	145	50	7,25
	Gardes communales	178	50	8,9
	Gendarmerie et cités militaires	2900	150	435
	Protection civil	170	300	51
	Bureaux de postes	540	50	27
	Banques	190	50	9,5
Commercial	Fast Food et restaurants	2500	150	375
	Marchés	300	100	30
	Lavages	120	600	72
	Pompes d'essence	900	40	36
Transport	Gare routiere	390	120	46,8
	Stations train	200	40	8
TOTAL				71515,10

Les besoins en eau potable de la population sont de **26,10 hm<sup>3</sup>/an** en 2030.

- Les besoins en eau potable provenant du Barrage de Koudiet Acerdoune :

TABLE III.7 – Evaluation des besoins en eau potable des communes alimentés par le Barrage de Koudiet Acerdoune pour l'année 2030

Equipement	Secteurs	Capacité	Qi (l/j/hab)	Besoin en eau (m <sup>3</sup> /j)
Population	B.domestiques	183089	150	27463,35
Scolaire	Ecoles primaires	13000	80	1040
	Collèges	12400	80	992
	Lycées	12000	80	960
	Université	1500	80	120
	Cités universitaires	500	150	75
Sanitaire	Cliniques	280	200	56
	Hôpitaux	360	300	108
Socioculturel	Mosquées	28000	50	1400
	Cimetières	15	15	0,225
	Maisons de jeunes	240	70	16,8
	Bibliothèques	170	20	3,4
	Hotels/Auberges	100	150	15
	Salles de fêtes	190	100	19
Administratif	APC	67	50	3,35
	Gardes communales	91	50	4,55
	Gendarmerie et cité militaires	1100	150	165
	Protection civil	170	300	51
	Bureaux de postes	255	50	12,75
	Banques	80	50	4
Commercial	Fast Food et restaurants	1130	150	169,5
	Marchés	130	100	13
	Lavages	59	600	35,4
	Pompes d'essence	430	40	17,2
Transport	Gare routiere	140	120	16,8
	Stations train	0	40	0
TOTAL				32761,33

Les besoins en eau potable provenant du Barrage de Koudiet Acerdoune :sont de **11,48 hm<sup>3</sup>**.

Notons aussi que le barrage de Tilesdit alimente en eau potable d'autres communes qui sont hors de notre zone d'étude, le tableau suivant indique les principales sources d'alimentation en eau potable des commune extérieurs (ADE 2020) :

TABLE III.8 – Production par source d'alimentation (ADE 2020)

N°	Communes	Source d'alimentation	B	F+P+S	Total
1	Oued El Berdi	Barrage tilesdit + Forage	789	311	1 100
2	Bordj Okhris	Barrage tilesdit	2 000	-	2 000
3	Mesdour	Barrage tilesdit+ Source	1 785	15	1 800
4	Taguedit	Barrage tilesdit+ Forage	329	34	363
5	Hadjra zerga	Barrage tilesdit	173	-	173
6	Bechloul	Barrage tilesdit+ Forage	3 331	251	3 582
7	Ahl El Ksar	Barrage tilesdit	4 004	-	4 004
8	Ouled Rached	Barrage tilesdit	1 882	-	1 882
9	El Asnam	Barrage tilesdit+Forages	1 939	1 992	3 931
10	El Adjiba	Barrage tilesdit+ Forage	954	444	1 398
11	M'chedallah	Barrage tilesdit+Forages+Source	1 677	2 674	4 351
12	Chorfa	Barrage tilesdit +Forage	149	1 305	1 454
13	Ath Mansour	Barrage tilesdit+ Forage	1 094	1 198	2 292
14	Ahnif	Barrage tilesdit + Forage+Source	929	795	1 724
15	Saharidj	Barrage tilesdit+ Forage	467	592	1 059
Total			21502	9611	31113

C'est-à-dire que le volume total annuel d'AEP provenant du barrage de Tilesdit pour ces communes extérieures est de 7,85 hm<sup>3</sup> soit 69% des sources totales. Pour estimer les besoins totales d'AEP pour ces communes nous allons faire les même étapes que les communes de notre zone d'étude.

### Etude démographique

Les données ci-dessous sont aussi recueillies d'ONS. Ces 15 communes comptaient 329 199 habitants en 2018 et 340 090 habitants en 2021.

TABLE III.9 – Nombre d’habitants des communes extérieures en 2018,2021,2023 et 2030 ainsi que le taux d’accroissement de la population pour chaque commune.

Commune	Pop (2021)	Pop (2018)	Ka	Pop (2023)	Pop (2030)
Bechloul	13858	13545	104,3	14067	14797
Ahl-El-Ksar	16625	16151	158,0	16941	18047
Ouled-Rached	10222	10036	62,0	10346	10780
El-Esnam	15433	15067	122,0	15677	16531
El-Adjiba	14172	13855	105,7	14383	15123
Oued-El-Berdi	13006	12665	113,7	13233	14029
Bordj-Okhris	13268	12939	109,7	13487	14255
Mesdour	13132	12 833	99,7	13331	14029
Taguedit	11228	11097	43,7	11315	11621
Hadjra-Zerga	3988	3 912	25,3	4039	4216
M'Chcdallah	28755	28223	177,3	29110	30351
Saharidj	9783	9606	59,0	9901	10314
Chorfa	18149	17818	110,3	18370	19142
Ahnif	11279	11039	80,0	11439	11999
Ath-Mansour	11686	11429	85,7	11857	12457

Ce qui nous donne un nombre d’habitants de 207497 en 2023 et 217691 en 2030.

### **Estimation des besoins en eau potable**

Le tableau suivant indique les besoins en eau potable pour les communes extérieures en 2023 :

TABLE III.10 – Evaluation des besoins en eau potable des communes extérieures pour l'année 2023

Equipement	Secteurs	Capacité	Qi (l/j/hab)	Besoin en eau (m <sup>3</sup> /j)
Population	B.domestiques	207497	150	31124,55
Scolaire	Ecoles primaires	16000	80	1280
	Collèges	16000	80	1280
	Lycées	15000	80	1200
	formation professionnelle	1500	80	120
	Cités universitaires	400	150	60
Sanitaire	Cliniques	300	200	60
	Hôpitaux	400	300	120
Socioculturel	Mosquées	25000	50	1250
	Cimetières	20	15	0,3
	Maisons de jeunes	300	70	21
	Bibliothèques	300	20	6
	Hotels/Auberges	300	150	45
	Salles de fêtes	245	100	24,5
Administratif	APC	95	50	4,75
	Gardes communales	74	50	3,7
	Gendarmerie et cités militaires	2600	150	390
	Protection civil	450	300	135
	Bureaux de postes	240	50	12
	Banques	110	50	5,5
Commercial	Fast Food et restaurants	5000	150	750
	Marchés	130	100	13
	Lavages	120	600	72
	Pompes d'essence	400	40	16
Transport	Gare routiere	100	120	12
	Stations train	50	40	2
TOTAL				38007,10

Les besoins en eau potable de ces communes sont de **13,87 hm<sup>3</sup>/an** en 2023, soit un volume de **9,72 hm<sup>3</sup>** provenant du barrage de Tilesdit (69%).

Le tableau suivant indique les besoins en eau potable pour les communes extérieures en 2030 :

TABLE III.11 – Evaluation des besoins en eau potable des communes extérieures pour l'année 2030

Equipement	Secteurs	Capacité	Qi (l/j/hab)	Besoin en eau (m <sup>3</sup> /j)
Population	B.domestiques	217691	150	32653,7
Scolaire	Ecoles primaires	16000	80	1280
	Collèges	16000	80	1280
	Lycées	15000	80	1200
	formation professionnelle	1500	80	120
	Cités universitaires	400	150	60
Sanitaire	Cliniques	300	200	60
	Hôpitaux	400	300	120
Socioculturel	Mosquées	25000	50	1250
	Cimetières	20	15	0,3
	Maisons de jeunes	300	70	21
	Bibliothèques	300	20	6
	Hotels/Auberges	300	150	45
	Salles de fêtes	245	100	24,5
Administratif	APC	95	50	4,75
	Gardes communales	74	50	3,7
	Cités militaires	2600	150	390
	Protection civil	450	300	135
	Bureaux de postes	240	50	12
	Banques	110	50	5,5
Commercial	Fast Food et restaurants	5000	150	750
	Marchés	130	100	13
	Lavages	120	600	72
	Pompes d'essence	400	40	16
Transport	Gare routiere	100	120	12
	Stations train	50	40	2
TOTAL				39535,90

Les besoins en eau potable de ces communes sont de **14,3 hm<sup>3</sup>/an** en 2030, soit un volume de **10,10 hm<sup>3</sup>** provenant du barrage de Tilesdit (69%).

### III.6.2 Alimentation en eau industrielle

Dans cette partie on s'intéresse à l'alimentation en eau industrielle de la zone industrielle de SIDI KHALED (El Hachimia).

Après l'observation des données d'exploitation du barrage de Tilesdit (2016-2020)(ANBT), on trouve que le volume destiné à l'AEI augmente avec un taux d'accroissement de 1% chaque année, notons aussi que d'autres industries sont en cours de création ce qui va augmenter les besoins en eau industriels, pour cela on a estimé que le taux d'accroissement est de 1,5% à partir de 2023.

Le volume annuel destiné à l'alimentation en eau industrielle est indiqué dur le tableau suivant :

TABLE III.12 – Les besoins en eau industriels (2016-2020)

Année	2016	2017	2018	2019	2020
Besoins(m <sup>3</sup> )	6000000	6060000	6120600	6181806	6243624

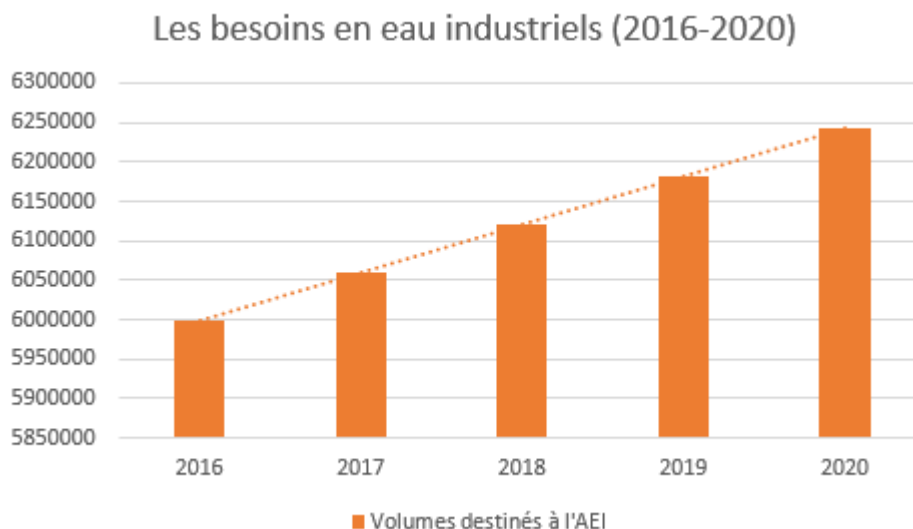


FIGURE III.5 – Evaluation des besoins en eau industriels annuels (2016-2020)

Les volumes estimés pour les années 2021, 2022, 2023 et 2030 sont indiqués sur le tableau suivant :

TABLE III.13 – Les besoins en eau industriels (2021-2030)

Année	2021	2022	2023	2030
Besoins(m <sup>3</sup> )	6306060	6369121	6432812	7108257

Les besoins en eau industriels avoisinent **6,43 hm<sup>3</sup>/an** en 2023 et **7,11 hm<sup>3</sup>/an** en 2030.

### III.6.3 Eau agricole (irrigation)

La zone d'études regroupe un grand périmètre d'irrigation qui est la plaine des Arribs, Les PMH et d'autres périmètres privés, s'appuient sur 2 ressources en eau :

**Eaux superficielles** : Barrage Lekhal et les retenues collinaires, soit 28% des superficies sont irrigués a partir ces eaux.

**Eaux souterraines** : Les forages et les puits, , soit 72% des superficies sont irrigués a partir ces eaux (Bilan DRE 2022). Afin de répondre aux besoins des agriculteurs avec des besoins des cultures en eau.

D'après La DRE les tableaux suivants indique les superficies moyennes annuelles irriguées (2018-2022) par : type de ressources, type d'irrigation et par spéculation :



TABLE III.14 – Les ressources d'irrigation et les superficies irriguées par ces ressources (DRE 2022)

Commune	Mobilisation				Sup Irr par type de ressource(ha)							Dont GPI
	Nbr Forages	Nbr puits	Nbr Fils d'eau	bar	Sup forages	Sup puits	Sup Fils d'eau	Sup autres	Total Sup Irr	Dont GPI		
Ain Bessem	53,00	49,00	4,00	6,00	210,00	140,00	4,00	115,00	469,00	233,52		
Ain Laloui	7,00	53,00	2,00	18,00	50,50	25,00	0,00	32,00	107,50	0,00		
Ain Lahdjar	3,00	75,00	2,00	11,00	55,50	50,00	0,00	145,00	250,50	0,00		
Haizer	46,00	52,00	2,00	2,00	125,75	24,00	100,00	29,00	278,75	0,00		
Taghzout	4,00	200,00	1,00	11,00	13,00	44,75	18,00	6,00	81,75	0,00		
SEG	14,00	122,00	0,00	15,00	151,00	38,00	0,00	0,00	189,00	0,00		
El Hachimia	38,00	136,00	0,00	14,00	194,00	101,00	0,00	5,00	300,00	0,00		
Bouira	21,00	102,00	0,00	14,00	324,25	125,25	0,00	190,75	640,25	322,69		
Ain Turk	2,00	50,00	0,00	27,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Ait Laaziz	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Total	188,00	844,00	11,00	118,00	1124,00	548,00	122,00	522,75	2316,75	556,20		

TABLE III.15 – Les superficies irriguées par type d'irrigation (DRE 2022)

Commune	Sup irr par Type d'irrigation(ha)		
	Grav	Asp	Goutte à goutte
Ain Bessem	7,00	432,00	30,00
Ain Laloui	4,00	94,50	9,00
Ain Lahdjar	4,00	238,50	8,00
Haizer	61,75	171,00	46,00
Taghzout	40,75	35,00	6,00
SEG	60,00	101,00	28,00
El Hachimia	18,00	171,00	111,00
Bouira	10,25	591,00	39,00
Ain Turk	0,00	0,00	0,00
Ait Laaziz	0,00	0,00	0,00
Total	205,75	1834,00	277,00

TABLE III.16 – Superficies irriguées par speculation DRE(2022)

Commune	Sup irriguée par Speculation(ha)				
	Maricha	Arbori	Céréale	Fourra	Olivier
Ain Bessem	284,00	16,00	169,00	0,00	0,00
Ain Laloui	83,50	12,00	12,00	0,00	0,00
Ain Lahdjar	244,50	6,00	0,00	0,00	0,00
Haizer	193,75	50,00	31,00	0,00	0,00
Taghzout	37,00	33,75	11,00	0,00	0,00
SEG	106,00	33,00	50,00	0,00	0,00
El Hachimia	190,00	55,00	51,00	4,00	0,00
Bouira	559,75	33,00	47,50	0,00	0,00
Ain Turk	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ait Laaziz	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	1698,50	238,75	371,50	4,00	4,00

### Calcul des besoins en eau d'irrigation

Le calendrier des cultures, élaboré par des agronomes, est l'élément clé pour quantifier les besoins en eau du périmètre. Les besoins en eau des cultures peuvent être définis comme la quantité d'eau fournie aux plantes au moment opportun, afin de maintenir des niveaux d'humidité optimaux pour atteindre un rendement maximal (ONID).

Pour ce faire, nous définissons :

- L'évapotranspiration :

L'évapotranspiration est un processus combinant l'évaporation de l'eau du sol (un phénomène physique) et la transpiration de la couverture végétale (un phénomène physiologique). Elle représente la consommation totale d'eau d'une plante en place, incluant l'eau nécessaire à sa croissance, à son développement et aux besoins supplémentaires tels que l'évapotranspiration directe du sol et les mauvaises herbes. L'évapotranspiration d'une culture est exprimée en millimètres d'eau, c'est-à-dire en litres d'eau par mètre carré de surface du sol [42].

Nous faisons la distinction entre :

**Evapotranspiration de référence (ET0) :** L'évapotranspiration de référence se réfère à la totalité des pertes en eau d'une culture de référence, telle qu'une pelouse, qui couvre intégralement la surface du terrain. Cette culture de référence présente une hauteur uniforme de quelques centimètres, se trouve à son stade de développement végétatif maximal et est adéquatement irriguée pour maintenir une disponibilité d'eau suffisante [42] ;

Pour effectuer notre calcul, nous utiliserons le logiciel CROPWAT [27] :

**(ETM) :** Elle représente la quantité d'eau maximale qui peut potentiellement être perdue lorsque la plante est correctement approvisionnée en eau et que le sol est proche de sa capacité maximale de rétention d'eau [14].

$$ETM = K_c \cdot ET0 \quad (III.6)$$

avec ,  $K_c$  : Le coefficient cultural, il dépend du type de la culture et de son stade de développement, et des conditions climatiques qui y règnent. (Donné par la DSA)

Mois	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation	Ray.	ETo
	°C	°C	%	km/jour	heures	MJ/m <sup>2</sup> /jour	mm/mois
Janvier	0.3	16.9	84	133	5.5	3.2	18.49
Février	-0.6	19.0	83	122	6.4	6.1	20.81
Mars	1.4	22.5	74	127	7.0	10.3	52.92
Avril	4.6	25.7	71	118	7.7	15.1	83.77
Mai	7.6	30.1	66	106	8.8	19.4	122.05
Juin	12.9	35.7	53	96	10.0	22.1	152.03
Juillet	17.5	39.0	48	89	10.8	22.3	168.32
Août	18.5	37.8	54	92	9.6	18.2	141.15
Septembre	14.8	34.4	65	101	7.8	12.4	91.02
Octobre	9.1	30.8	70	116	7.0	7.5	55.09
Novembre	4.8	24.3	74	135	5.3	3.6	32.03
Décembre	1.3	18.8	85	120	4.8	2.3	17.97
<b>Moyenne</b>	<b>7.7</b>	<b>27.9</b>	<b>69</b>	<b>113</b>	<b>7.6</b>	<b>11.9</b>	<b>955.63</b>

TABLE III.17 – L'estimation de l'évapotranspiration à partir de logiciel CROPWAT

### Calcul de la pluie efficace

La pluie efficace est définie comme la portion des précipitations qui réellement contribue à satisfaire les besoins en évapotranspiration de la culture, après avoir soustrait les pertes dues au ruissellement en surface, à la percolation en profondeur, et ainsi de suite. Pour effectuer notre calcul, nous utiliserons aussi le logiciel CROPWAT (les valeurs de précipitations sont la moyenne des valeurs des 3 stations et WAPOR) :

Station		Méthode Précipitations eff.	
BOUIRA		Méthode USDA S.C.	
	Pluie	Pluie eff.	
	mm	mm	
Janvier	101.0	84.7	
Février	74.0	65.2	
Mars	79.0	69.0	
Avril	64.0	57.4	
Mai	42.0	39.2	
Juin	13.0	12.7	
Juillet	4.0	4.0	
Août	8.0	7.9	
Septembre	33.0	31.3	
Octobre	44.0	40.9	
Novembre	92.0	78.5	
Décembre	91.0	77.8	
<b>Total</b>	<b>645.0</b>	<b>568.5</b>	

TABLE III.18 – L'estimation de la pluie efficace à partir de logiciel CROPWAT

### La répartition culturale

D'après La DSA les cultures irriguées dans notre zone d'études sont comme suit :

- La céréaliculture :

La superficie irriguée en céréales occupe 371,5 ha de la surface totale irriguée. Soit 16,04% les agriculteurs pratiquent le plus souvent la culture du blé/orge.

- Cultures maraîchères :

Sur l'ensemble des exploitations enquêtées, 73,31% sont occupées par le maraichage, soit une superficie irriguée de 1698,5 ha.

- Cultures fourragères :

L'irrigation des cultures fourragères dans la zone d'étude est relativement faible, elles s'étendent sur une superficie de 4 ha. Soit 0,17%

D'une part, les fourrages verts, qui sont à la fois plus nutritifs et énergétiques, ne sont pas couramment cultivés. D'autre part, l'élevage bovin est quasiment inexistant dans les exploitations agricoles. Ces cultures sont généralement mises en place au mois de mars.

- Oliviers :

L'irrigation des oliviers dans la zone d'étude est relativement faible, elle s'étendent sur une superficie de 4 ha. Soit 0,17%

- Arboriculture :

La superficie irriguée en arboriculture (pêchers et pommiers) occupe 238,75 ha de la surface totale irriguée. Soit 10,31 %.

Notons aussi que le reste des superficies emblavées ont destiné pour la production céréalière qui seront alimentées par les eaux de pluies :

Le blé soit 90% du reste de superficies emblavées, l'orge soit 10% du reste de superficies emblavées (DSA).

TABLE III.19 – La répartition culturale dans notre zone d'étude (DSA 2022)

Céréaliculture	Blé 96%/Orge 4%
Cultures fourragères	Avoine 100%
Maraîchage	Pomme de terre saison
	Pomme de terre arrière-saison
	Oignon sec 4%
	Ail 3%
	Laitue 7%
	Tomate 8%
	Piment/poivrant 3%
Cultures arboricoles	Pêcher 50%
	Pommier 50%
Oliviers	Olives 100%

### Assolement et rotation des cultures

Afin d'optimiser l'utilisation et la préservation des ressources du sol, nous avons choisi de mettre en place un assolement de cultures comprenant des cultures maraîchères et céréalières.

Le calendrier cultural choisi est détaillé comme suit (DSA) :

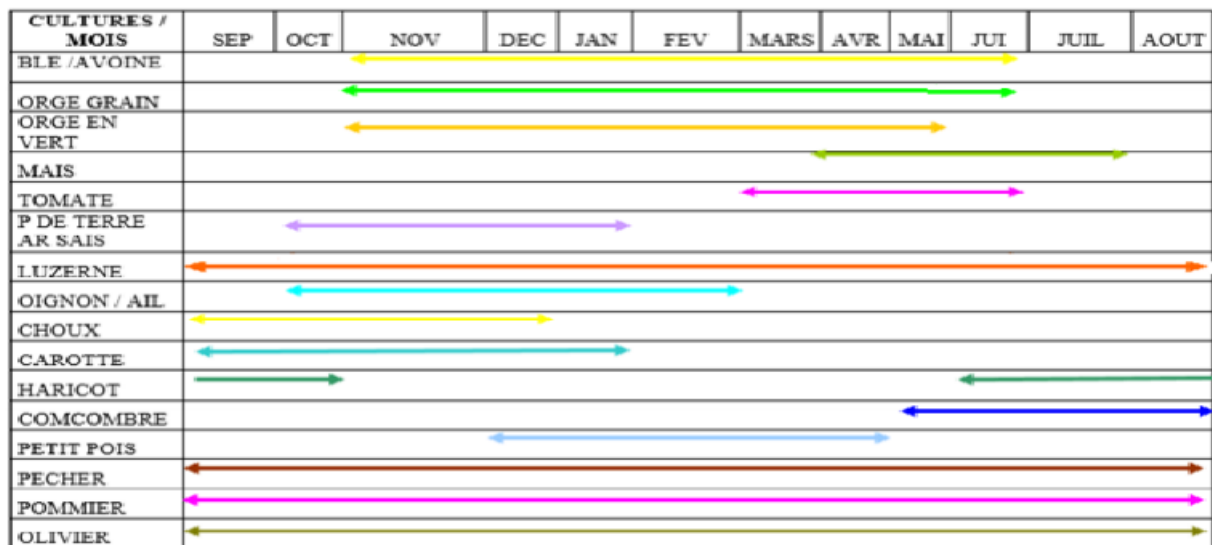


FIGURE III.6 – Le calendrier cultural choisi

### Calcul du besoin en eau d'irrigation des cultures

Les besoins en eau mensuels sont déterminés par le bilan hydrique suivant[54] :

$$B = ETM - P_{eff} - RFU \quad (III.7)$$

avec ,

B : Besoin en eau d'irrigation (mm) ;

ETM : L'évapotranspiration maximale (mm/mois) ;

$P_{eff}$  : La pluie efficace (mm/mois) ;

RFU : Réserve facilement utilisable qui représente l'humidité du sol du mois i-1, calculée comme suit [54] :

$$RFU(mm) = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Y \cdot D_a \cdot Z \quad (III.8)$$

avec ,

$D_a$  : Densité apparente = 1.33 (ONID) ;

Y : Degré de tarissement = 2/3 (ONID) ;

$H_{cc}$  : Capacité de rétention = 31% (ONID) ;

$H_{pf}$  : Point de flétrissement = 21% (ONID) ;

Z : Profondeur d'enracinement qui dépend de la culture et du stade végétatif (mm), donné aussi par l'ONID.

Alors :

$$RFU = (0,31 - 0,21) \cdot (2/3) \cdot 1,33 \cdot Z = 0,08Z \quad (III.9)$$

Les résultats de calcul pour chaque culture sont présentés dans les tableaux suivants :

TABLE III.20 – Besoin en eau du blé/avoine

Mois	P(mm)	Peff(mm)	ET0(mm)	Kc	ETM(mm)	Z(m)	RFU(mm)	Bnet(mm)
SEP	33,00	31,30	91,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OCT	44,00	40,90	55,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NOV	92,00	78,50	32,03	0,60	19,22	0,30	24,00	0,00
DEC	91,00	77,80	17,97	0,80	14,38	0,50	40,00	0,00
JAN	101,00	84,70	18,49	0,95	17,57	0,50	40,00	0,00
FEV	74,00	65,20	20,81	1,10	22,89	0,60	48,00	0,00
MAR	79,00	69,00	52,92	1,10	58,21	0,60	48,00	0,00
AVR	64,00	57,40	83,77	1,10	92,15	0,60	48,00	0,00
MAI	42,00	39,20	122,05	1,00	122,05	0,60	48,00	34,85
JUIN	13,00	12,70	152,03	0,70	106,42	0,60	48,00	45,72
JUIL	4,00	4,00	168,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AOUT	8,00	7,90	141,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

TABLE III.21 – Besoin en eau d'orge

Mois	P(mm)	Peff(mm)	ET0(mm)	Kc	ETM(mm)	Z(m)	RFU(mm)	Bnet(mm)
SEP	33,00	31,30	91,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OCT	44,00	40,90	55,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NOV	92,00	78,50	32,03	0,50	16,02	0,30	24,00	0,00
DEC	91,00	77,80	17,97	0,70	12,58	0,50	40,00	0,00
JAN	101,00	84,70	18,49	0,85	15,72	0,50	40,00	0,00
FEV	74,00	65,20	20,81	0,95	19,77	0,60	48,00	0,00
MAR	79,00	69,00	52,92	0,85	44,98	0,60	48,00	0,00
AVR	64,00	57,40	83,77	0,85	71,20	0,60	48,00	0,00
MAI	42,00	39,20	122,05	0,75	91,54	0,60	48,00	4,34
JUIN	13,00	12,70	152,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
JUIL	4,00	4,00	168,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AOUT	8,00	7,90	141,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

TABLE III.22 – Besoin en eau de la pomme de terre

Mois	P(mm)	Peff(mm)	ET0(mm)	Kc	ETM(mm)	Z(m)	RFU(mm)	Bnet(mm)
SEP	33,00	31,30	91,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OCT	44,00	40,90	55,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NOV	92,00	78,50	32,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DEC	91,00	77,80	17,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
JAN	101,00	84,70	18,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FEV	74,00	65,20	20,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAR	79,00	69,00	52,92	0,75	39,69	0,10	8,00	0,00
AVR	64,00	57,40	83,77	0,90	75,39	0,25	20,00	0,00
MAI	42,00	39,20	122,05	1,10	134,26	0,35	28,00	67,06
JUIN	13,00	12,70	152,03	0,80	121,62	0,40	32,00	76,92
JUIL	4,00	4,00	168,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AOUT	8,00	7,90	141,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

TABLE III.23 – Besoin en eau de piment/poivron

Mois	P(mm)	Peff(mm)	ET0(mm)	Kc	ETM(mm)	Z(m)	RFU(mm)	Bnet(mm)
SEP	33,00	31,30	91,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OCT	44,00	40,90	55,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NOV	92,00	78,50	32,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DEC	91,00	77,80	17,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
JAN	101,00	84,70	18,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FEV	74,00	65,20	20,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAR	79,00	69,00	52,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AVR	64,00	57,40	83,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAI	42,00	39,20	122,05	0,60	73,23	0,40	32,00	2,03
JUIN	13,00	12,70	152,03	0,85	129,23	0,50	40,00	76,53
JUIL	4,00	4,00	168,32	0,90	151,49	0,70	56,00	91,49
AOUT	8,00	7,90	141,15	0,70	98,81	0,70	56,00	34,91

TABLE III.24 – Besoin en eau de la tomate

Mois	P(mm)	Peff(mm)	ET0(mm)	Kc	ETM(mm)	Z(m)	RFU(mm)	Bnet(mm)
SEP	33,00	31,30	91,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OCT	44,00	40,90	55,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NOV	92,00	78,50	32,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DEC	91,00	77,80	17,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
JAN	101,00	84,70	18,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FEV	74,00	65,20	20,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAR	79,00	69,00	52,92	0,50	26,46	0,70	56,00	0,00
AVR	64,00	57,40	83,77	0,85	71,20	0,90	72,00	0,00
MAI	42,00	39,20	122,05	1,15	140,36	1,20	96,00	5,16
JUIN	13,00	12,70	152,03	0,90	136,83	1,20	96,00	28,13
JUIL	4,00	4,00	168,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AOUT	8,00	7,90	141,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

TABLE III.25 – Besoin en eau de laitue

Mois	P(mm)	Peff(mm)	ET0(mm)	Kc	ETM(mm)	Z(m)	RFU(mm)	Bnet(mm)
SEP	33,00	31,30	91,02	1,00	91,02	0,20	16,00	43,72
OCT	44,00	40,90	55,09	0,90	49,58	0,25	20,00	0,00
NOV	92,00	78,50	32,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DEC	91,00	77,80	17,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
JAN	101,00	84,70	18,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FEV	74,00	65,20	20,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAR	79,00	69,00	52,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AVR	64,00	57,40	83,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAI	42,00	39,20	122,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
JUIN	13,00	12,70	152,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
JUIL	4,00	4,00	168,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AOUT	8,00	7,90	141,15	0,80	112,92	0,10	8,00	97,02

*CHAPITRE III. MÉTHODOLOGIE DE LA COMPTABILITÉ DE L'EAU*

TABLE III.26 – Besoin en eau oignon/ail

Mois	P(mm)	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ET <sub>0</sub> (mm)	K <sub>c</sub>	ETM(mm)	Z(m)	RFU(mm)	B <sub>net</sub> (mm)
SEP	33,00	31,30	91,02	1,10	100,12	0,30	24,00	44,82
OCT	44,00	40,90	55,09	1,10	60,60	0,40	32,00	0,00
NOV	92,00	78,50	32,03	0,90	28,83	0,50	40,00	0,00
DEC	91,00	77,80	17,97	0,85	15,27	0,60	48,00	0,00
JAN	101,00	84,70	18,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FEV	74,00	65,20	20,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAR	79,00	69,00	52,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AVR	64,00	57,40	83,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAI	42,00	39,20	122,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
JUIN	13,00	12,70	152,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
JUIL	4,00	4,00	168,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AOÛT	8,00	7,90	141,15	0,70	98,81	0,30	24,00	66,91

TABLE III.27 – Besoin en eau pommiers

Mois	P(mm)	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ET <sub>0</sub> (mm)	K <sub>c</sub>	ETM(mm)	Z(m)	RFU(mm)	B <sub>net</sub> (mm)
SEP	33,00	31,30	91,02	0,70	63,71	1,00	80,00	0,00
OCT	44,00	40,90	55,09	0,70	38,56	1,00	80,00	0,00
NOV	92,00	78,50	32,03	0,70	22,42	1,00	80,00	0,00
DEC	91,00	77,80	17,97	0,70	12,58	1,00	80,00	0,00
JAN	101,00	84,70	18,49	0,70	12,94	1,00	80,00	0,00
FEV	74,00	65,20	20,81	0,70	14,57	1,00	80,00	0,00
MAR	79,00	69,00	52,92	0,80	42,34	1,00	80,00	0,00
AVR	64,00	57,40	83,77	0,85	71,20	1,00	80,00	0,00
MAI	42,00	39,20	122,05	0,85	103,74	1,00	80,00	0,00
JUIN	13,00	12,70	152,03	0,70	106,42	1,00	80,00	13,72
JUIL	4,00	4,00	168,32	0,70	117,82	1,00	80,00	33,82
AOÛT	8,00	7,90	141,15	0,70	98,81	1,00	80,00	10,91

TABLE III.28 – Besoin en eau pêcheurs

Mois	P(mm)	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ET <sub>0</sub> (mm)	K <sub>c</sub>	ETM(mm)	Z(m)	RFU(mm)	B <sub>net</sub> (mm)
SEP	33,00	31,30	91,02	0,55	50,06	1,20	96,00	0,00
OCT	44,00	40,90	55,09	0,55	30,30	1,20	96,00	0,00
NOV	92,00	78,50	32,03	0,55	17,62	1,20	96,00	0,00
DEC	91,00	77,80	17,97	0,75	13,48	1,20	96,00	0,00
JAN	101,00	84,70	18,49	0,75	13,87	1,20	96,00	0,00
FEV	74,00	65,20	20,81	0,75	15,61	1,20	96,00	0,00
MAR	79,00	69,00	52,92	0,75	39,69	1,20	96,00	0,00
AVR	64,00	57,40	83,77	0,65	54,45	1,20	96,00	0,00
MAI	42,00	39,20	122,05	0,65	79,33	1,20	96,00	0,00
JUIN	13,00	12,70	152,03	0,65	98,82	1,20	96,00	0,00
JUIL	4,00	4,00	168,32	0,65	109,41	1,20	96,00	9,41
AOÛT	8,00	7,90	141,15	0,65	91,75	1,20	96,00	0,00



TABLE III.29 – Besoin en eau oliviers

Mois	P(mm)	Peff(mm)	ET0(mm)	Kc	ETM(mm)	Z(m)	RFU(mm)	Bnet(mm)
SEP	33,00	31,30	91,02	0,65	59,16	1,25	100,00	0,00
OCT	44,00	40,90	55,09	0,60	33,05	1,25	100,00	0,00
NOV	92,00	78,50	32,03	0,60	19,22	1,25	100,00	0,00
DEC	91,00	77,80	17,97	0,50	8,99	1,25	100,00	0,00
JAN	101,00	84,70	18,49	0,50	9,25	1,25	100,00	0,00
FEV	74,00	65,20	20,81	0,60	12,49	1,25	100,00	0,00
MAR	79,00	69,00	52,92	0,65	34,40	1,25	100,00	0,00
AVR	64,00	57,40	83,77	0,70	58,64	1,25	100,00	0,00
MAI	42,00	39,20	122,05	0,75	91,54	1,25	100,00	0,00
JUIN	13,00	12,70	152,03	0,80	121,62	1,25	100,00	0,00
JUIL	4,00	4,00	168,32	0,70	117,82	1,25	100,00	13,82
AOUT	8,00	7,90	141,15	0,70	98,81	1,25	100,00	0,00

TABLE III.30 – Besoins en eau totaux d'irrigation

Mois	Blé/Avoi	Orge	PT	Pim/Poi	Tom	O/A	Laitue	Pêch	Pom	Oliv	TOTAL
SEP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	44,82	43,72	0,00	0,00	0,00	88,54
OCT	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NOV	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DEC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
JAN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FEV	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AVR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAI	34,85	4,34	67,06	2,03	5,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	113,44
JUIN	45,72	0,00	76,92	76,53	28,13	0,00	0,00	0,00	13,72	0,00	241,02
JUIL	0,00	0,00	0,00	91,49	0,00	0,00	0,00	9,41	33,82	13,82	148,54
AOUT	0,00	0,00	0,00	34,91	0,00	66,91	97,02	0,00	10,91	0,00	209,75
TOTAL	80,57	4,34	143,98	204,96	33,29	111,73	140,74	9,41	58,45	13,82	801,29

Les besoins totaux sont de 801,21 mm, l'équivalent de 8012,1 m<sup>3</sup>/ha c'est à dire pour une surface irriguée de 2316,75 ha on trouve un volume d'irrigation de **18,56 hm<sup>3</sup>/an**.

Ce volume n'est pas la consommation réelle car il comprend la consommation ou bien le volume net d'irrigation et les flux de retour d'eaux, pour estimer les retours d'eaux nous en tiendrons compte des hypothèses retenues par le PNE pour l'année 2008 :

TABLE III.31 – Les hypothèses retenues par le PNE 2008 pour l'efficience ainsi que le volume de consommations

Mode d'irrigation	Superficie irriguée (ha)	Volume brut (hm <sup>3</sup> )	Efficience à la parcelle (1)	Efficience Réseau distribution (2)	Efficience totale = (1) x(2)	Consommation (hm <sup>3</sup> )
Gravitaire	205,75	1,65	0,7	0,85	0,60	0,98
Goutte à goutte	277,00	2,22	0,85	0,90	0,77	1,70
Aspersion	1834,00	14,69	0,75	0,85	0,64	9,37
Total	2316,75	18,56	-	-	-	12,05

Ce qui nous donne un volume de consommation de **12,05 hm<sup>3</sup>**, ainsi qu'un retour d'eau de **6,51 hm<sup>3</sup>**.

Notons aussi que le barrage de Tilesdit alimente le plateau d'EL-Esnam et la vallée du Sahel (ANBT) mais ces périmètres d'irrigation sont hors de notre zone d'étude. Nous pouvons estimer les volumes d'irrigation à partir les données d'exploitation du barrage pour une période de 2016 jusqu'à 2020, le tableau suivant indique les volumes destinés à l'irrigation en hm<sup>3</sup> pour chaque année :

TABLE III.32 – Les volumes destinés à l'irrigation (Barrage de Tilesdit) en 2016,2017,2018,2019 et 2020 (ANBT)

Année	2016	2017	2018	2019	2020
Volumes destinés à l'irrigation (hm <sup>3</sup> )	40,49	43,82	39,59	45,16	46,30

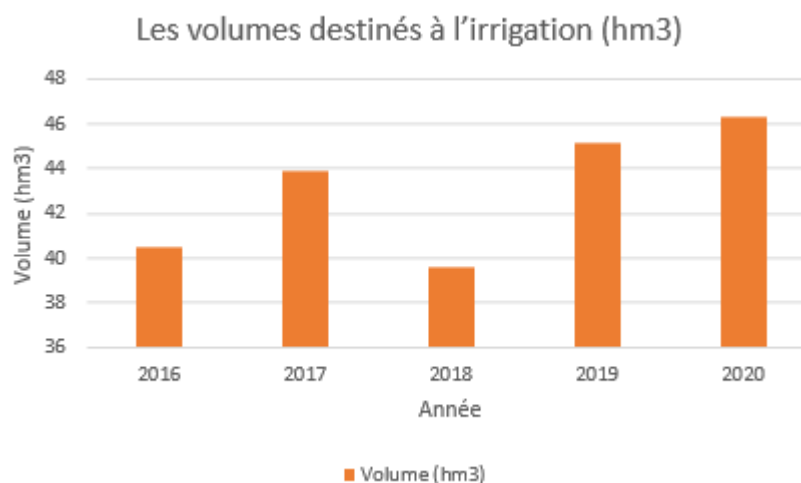


FIGURE III.7 – Les volumes destinés à l'irrigation (Barrage de Tilesdit) en 2016,2017,2018,2019 et 2020 (ANBT)

La moyenne annuelle du volume destiné à l'irrigation est de **43,07 hm<sup>3</sup>**.

### III.6.4 Evaporation

D'après Musy - 2005, l'évaporation peut être définie comme la transition de l'eau de l'état liquide à l'état gazeux, ce qui correspond à l'évaporation physique. Les principales sources de vapeur d'eau sont les plans d'eau et la végétation environnante. Lorsque l'eau passe directement de l'état solide (glace) à l'état gazeux, on parle de sublimation. La radiation solaire est le principal facteur qui régit le processus d'évaporation. [9] Pour mesurer l'évaporation, des mesures ont été effectuées à la station de Bouira à l'aide d'un instrument appelé évaporomètre "Piche". Le tableau suivant présente les moyennes mensuelles d'évaporation en millimètres sur une période de dix ans (1997-2007)(ONM).

TABLE III.33 – Les moyennes mensuelles d'évaporation (1997-2007)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
Evap(mm)	193,6	156,3	79,3	63,4	65,3	71,1	115,4	137,5	179,3	284,4	336,1	307,3	1981,7

Selon les données du tableau, on observe une évaporation relativement faible pendant la période allant de novembre à février, tandis qu'elle est importante pendant la période estivale.

### III.6.5 Etude de l'évapotranspiration

L'évapotranspiration potentielle (ETP) désigne la quantité d'eau qui pourrait être évaporée si l'eau disponible était en quantité illimitée. Après les précipitations, l'ETP est le terme le plus crucial du bilan hydrologique. Cependant, son estimation est difficile car elle dépend de plusieurs facteurs climatiques et géographiques [56], on peut en citer :

- Le rayonnement solaire ;
- La température de l'air et de l'eau ;
- L'humidité de l'air ;
- La pression atmosphérique ;
- La vitesse des vents ;
- Les caractéristiques du bassin.

En raison de l'indisponibilité de mesures in situ d'évapotranspiration, nous utiliserons plusieurs formules empiriques, logiciel CROPWAT et WAPOR pour l'estimation de l'ETP et l'ETR.

#### Evaluation de l'Evapotranspiration potentielle (ETP) mensuelle et annuelle

L'ETP, ou évapotranspiration potentielle, représente la quantité maximale d'eau qui peut être perdue sous forme de vapeur dans un climat donné par une couverture végétale continue spécifique (comme une pelouse) qui est bien approvisionnée en eau et en pleine croissance. Elle englobe à la fois l'évaporation de l'eau du sol et la transpiration de la végétation pendant une période de temps spécifiée pour une zone donnée. Cette définition est donnée par Musy en 2005 [9].

L'évapotranspiration potentielle est la quantité d'eau susceptible d'être évaporée par une surface d'eau libre ou par un couvert végétal dont l'alimentation en eau n'est pas le facteur

limitant. La valeur limite de l'ETP est fonction de l'énergie disponible [33].

- Formule générale de PENMAN- MONTEITH (1965)

La formule de Penman-Monteith est la méthode de calcul actuellement recommandée par la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) donne une Evapotranspiration de référence (ET<sub>0</sub>) :

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \cdot [900/(T + 273)] \cdot (e_w - e)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34v)} \quad (\text{III.10})$$

ET<sub>0</sub> : Évapotranspiration de référence (mm/j) ;

R<sub>n</sub> : Rayonnement net (MJ m<sup>-2</sup>j<sup>-1</sup>) ;

G : Flux de chaleur du sol (MJ m<sup>-2</sup>j<sup>-1</sup>) ;

T : température moyenne journalière de l'air (°C) ;

Δ :Pente de la courbe de la tension de vapeur saturante (kPa °C<sup>-1</sup>) ;

γ :Constante psychrométrique (kPa °C<sup>-1</sup>) ;

e :Tension de vapeur à la température T (kPa) ;

e<sub>w</sub> : Tension de vapeur saturante (kPa) ;

v : vitesse moyenne du vent à 2 m (m/s).

À l'aide du logiciel de FAO : CROPWAT on a trouvé une evapotranspiration de référence de 955,63 mm/an

Mois	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation	Ray.	ETo
	°C	°C	%	km/jour	heures	MJ/m <sup>2</sup> /jour	mm/mois
Janvier	0.3	16.9	84	133	5.5	3.2	18.49
Février	-0.6	19.0	83	122	6.4	6.1	20.81
Mars	1.4	22.5	74	127	7.0	10.3	52.92
Avril	4.6	25.7	71	118	7.7	15.1	83.77
Mai	7.6	30.1	66	106	8.8	19.4	122.05
Juin	12.9	35.7	53	96	10.0	22.1	152.03
Juillet	17.5	39.0	48	89	10.8	22.3	168.32
Août	18.5	37.8	54	92	9.6	18.2	141.15
Septembre	14.8	34.4	65	101	7.8	12.4	91.02
Octobre	9.1	30.8	70	116	7.0	7.5	55.09
Novembre	4.8	24.3	74	135	5.3	3.6	32.03
Décembre	1.3	18.8	85	120	4.8	2.3	17.97
<b>Moyenne</b>	<b>7.7</b>	<b>27.9</b>	<b>69</b>	<b>113</b>	<b>7.6</b>	<b>11.9</b>	<b>955.63</b>

TABLE III.34 – L'estimation de l'evapotranspiration à partir de logiciel CROPWAT

- La formule de Thornthwaite (1948)

Elle est très employée, car elle n'exige en dehors de la latitude de la station, que la température moyenne mensuelle.

Basée sur de nombreux travaux effectués sur des cases lysimétriques, cette formule permet d'estimer l'ETP mensuelle en cm ; à partir de la température moyenne mensuelle t (en °C) suivant la relation :

$$ETP = c.T^\alpha \quad (\text{III.11})$$

L'équation suivante décrit la relation entre l'indice thermique mensuel  $i$  et la température moyenne mensuelle  $T$  :

$$i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1,514} \quad (\text{III.12})$$

L'indice thermique annuel  $I$  est la somme des 12 indices mensuels :

$$I = \sum_{n=1}^{12} i_n \quad (\text{III.13})$$

où  $i_n$  est l'indice thermique mensuel pour le mois  $n$ .

La constante  $\alpha$  peut être calculée à partir de l'indice thermique annuel  $I$  :

$$\alpha = 6,75 \times 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \times 10^{-5} \cdot I^2 + 1,79 \times 10^{-2} \cdot I + 0,49239 \quad (\text{III.14})$$

En définitive, l'équation de Thornthwaite pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP) s'écrit :

$$ETP = 1,6 \left(\frac{10T}{I}\right)^\alpha \quad (\text{III.15})$$

où  $T$  est la température moyenne mensuelle.

TABLE III.35 – L'évapotranspiration calculée à partir de la formule de Thornthwaite

Mois	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	Année
T	8,56	9,19	11,97	15,18	18,85	24,34	28,23	28,19	24,53	19,96	14,56	10,02	
i	2,26	2,51	3,75	5,37	7,46	10,98	13,74	13,72	11,11	8,13	5,04	2,86	
I	86,94												
$\alpha$	1,91												
ETP (mm)	15,53	17,79	29,47	46,39	70,15	114,31	151,73	151,32	116,02	78,26	42,84	20,98	854,79

TABLE III.36 – Les valeurs corrigées de l'ETP

Mois	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	Année
ETP (mm)	15,53	17,79	29,47	46,39	70,15	114,31	151,73	151,32	116,02	78,26	42,84	20,98	854,79
K	0,87	0,85	1,03	1,1	1,21	1,22	1,24	1,16	1,03	0,97	0,86	0,84	
ETP <sub>c</sub> (mm)	13,51	15,12	30,35	51,03	84,89	139,46	188,14	175,53	119,50	75,91	36,84	17,63	947,91

On note également que la valeur de l'ETP calculée par la formule de Thornthwaite est une valeur mensuelle théorique standard basée sur des valeurs fictives de 30 jours par mois et de 12 heures d'ensoleillement par jour. La valeur corrigée de l'ETP, dénotée  $ETP_c$ , pour le mois particulier est donnée par :

$$ETP_c = K \cdot ETP \quad (\text{III.16})$$

avec ,

—  $K$  : coefficient d'ajustement mensuel.(FAO)

Les valeurs corrigées de l'ETP sont indiquées dans le tableau III.31.

En observant le tableau précédent, on constate une augmentation des valeurs de l'ETP à partir du mois de mai, atteignant des valeurs maximales au mois d'août. Cette augmentation est attribuée à l'intensité accrue du rayonnement solaire pendant cette période de l'année. En revanche, une diminution des valeurs de l'ETP est observée à partir du mois de novembre jusqu'au mois d'avril.

- La formule de Serra (1954)

Serra a utilisé une formule dérivée de celle de Thornthwaite, qui s'est avérée être une approximation adéquate pour les besoins de l'analyse.

avec ,

—  $T$  : température moyenne mensuelle en °C

La constante  $\alpha$  se calcule à partir de l'indice thermique mensuel ( $i$ ) donné par l'équation :

$$i = 0,09T^{1,5} \quad (\text{III.17})$$

L'indice thermique annuel ( $I$ ) est la somme des 12 indices mensuels.

$$\alpha = 0,016I + 0,5 \quad (\text{III.18})$$

TABLE III.37 – Les valeurs de l'évapotranspiration et l'évapotranspiration corrigée à partir la formule de Serra

Mois	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	Année
T	8,56	9,19	11,97	15,18	18,85	24,34	28,23	28,19	24,53	19,96	14,56	10,02	
i	2,25	2,51	3,73	5,32	7,37	10,81	13,50	13,47	10,93	8,03	5,00	2,85	
I	85,77												
a	1,87												
ETP	15,94	18,20	29,84	46,53	69,76	112,51	148,46	148,07	114,16	77,64	43,04	21,40	845,56
K	0,87	0,85	1,03	1,1	1,21	1,22	1,24	1,16	1,03	0,97	0,86	0,84	
ETPc	13,87	15,47	30,74	51,19	84,41	137,27	184,09	171,76	117,59	75,31	37,02	17,98	936,68

Une constatation similaire peut être faite en comparant ces résultats aux précédents.



### Evaluation de l'évapotranspiration réelle (ETR)

L'évapotranspiration réelle représente la quantité d'eau réellement évaporée et transpirée par les processus biologiques [51]. Son calcul est basé sur des formules empiriques qui utilisent les données de température et de précipitations dont nous disposons :

- La formule de Turc (1961)

Elle s'écrit :

$$ETR = \frac{P}{0,9 + \left(\frac{P^2}{L^2}\right)} \quad (\text{III.19})$$

P : Pluviométrie moyenne annuelle en mm

$$L = 300 + 25T + 0,05T^3 \quad (\text{III.20})$$

T : Température moyenne annuelle en °C

avec , T = 17,8°C ;

On trouve  $L = 1026,99$ , ce qui nous donne une valeur de  $ETR = 566,9$  mm/an. Sachant que  $P = 645$  mm/an.

- La formule de COUTAGNE (1939)

Le déficit d'écoulement calculé à partir de cette formule peut être rapproché de l'évapotranspiration réelle, elle fait intervenir la température et la hauteur des pluies.

$$ETR = P - \lambda P^2 \quad (\text{III.21})$$

$$\lambda = \frac{1}{0,8 + 0,14T} \quad (\text{III.22})$$

avec ,

ETR : Évapotranspiration réelle (en m/an)

P : Pluie annuelle (m)

T : Température moyenne annuelle (en °C)

Cette formule est applicable pour la condition suivante :

$$\frac{1}{8\lambda} < P < \frac{1}{2\lambda}$$

Dans notre cas : T = 17,8 °C , P = 0,645 m/an ;

On trouve :  $\lambda = 0,30$  et  $ETR = 0,51863$  m/an = 518,63 mm/an.

### L'évapotranspiration naturelle

L'évapotranspiration naturelle est le processus par lequel l'eau s'évapore à la fois de la surface du sol et des plantes dans l'environnement naturel. C'est une combinaison de l'évaporation directe de l'eau du sol, des plans d'eau et des surfaces végétales, ainsi que de la transpiration des plantes, qui est l'émission d'eau par les stomates des feuilles[45]. L'utilisation des formules précédentes pour déterminer les volumes d'évapotranspiration naturelle n'est pas évidente, car pour les sols nus où les zones urbaines par exemple, on

ne peut pas estimer l'évapotranspiration réelle, de plus de 500 mm/an. Pour cela, nous avons utilisé les données de WAPOR 2.1 pour une série de données de 2009 à 2022 par téléchargement des données et les traduire à l'aide ArcGIS Pro qui permet de donner les surfaces et l'évapotranspiration pour chaque'une d'elles, ainsi que la comparaison avec l'occupation du sol.

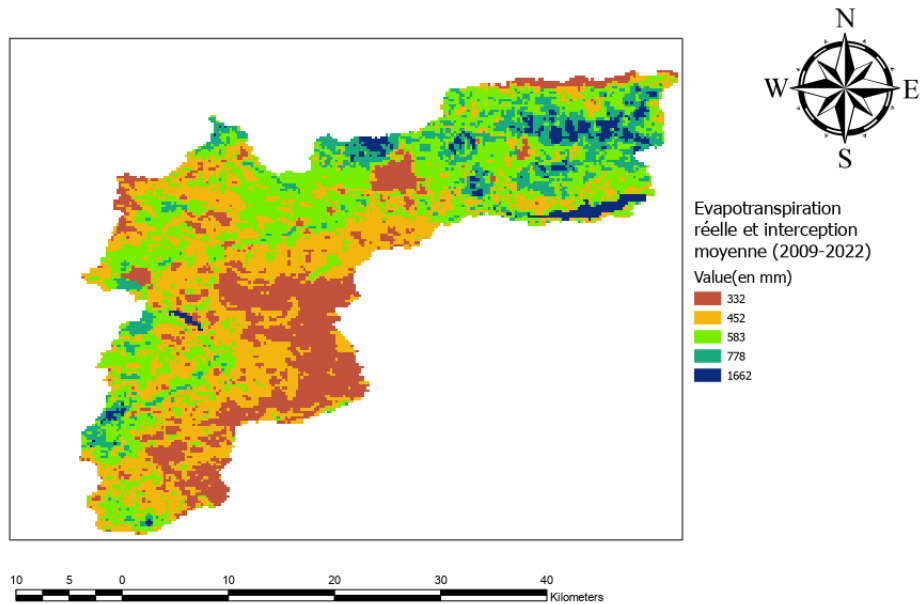


FIGURE III.8 – Carte d'évapotranspiration réelle et interception annuelle (2009-2023)

Les surfaces dans le tableau suivant sont calculées par la somme des surfaces des polygones pour chaque classe. Il y a environ 1229 polygones qui ne peuvent pas tous être affichés ici.

Ces polygones sont divisés par ARCGIS, chacun ayant une certaine superficie et appartenant à une classe différente.

$$Surface_{class} = \sum S_{Polygones_{class}} \quad (III.23)$$

Les résultats de calculé résumé dans le tableau suivant :

TABLE III.38 – Nombmre de polygone et surface de chaque classe

Class	Nbr° Polygone	La somme de surface total des polygones Hm <sup>2</sup>
1	184	16026
2	370	29117
3	343	26828
4	262	9462
5	70	2862

TABLE III.39 – L'ETR et la surface de chaque classe, ainsi que le volume d'évapotranspiration

Classe	Surface(Km <sup>2</sup> )	ETR (m)	Volume(Mm <sup>3</sup> )
1	160,26	0,33	53,21
2	291,17	0,45	131,61
3	268,28	0,58	156,41
4	94,62	0,78	73,61
5	28,62	1,62	46,36
Total	842,95	/	461,20

C'est claire que la dernière classe représente l'évaporation des eaux superficielles qui est estimé à **46,36 hm<sup>3</sup>**, les autres représente l'évapotranspiration réelle de l'agriculture pluviale, la végétation naturelle ainsi que l'évapotranspiration des surfaces du sol, soit un volume de **414,84 hm<sup>3</sup>**.

### III.6.6 Evaluation des débits d'eaux usées domestiques

Afin de déterminer le débit moyen journalier des eaux usées domestiques pour les agglomérations concernées, nous supposons plusieurs dotations pour chaque secteur. Nous supposons, dans cette estimation, que 80% de l'eau utilisée par les ménages n'est pas réellement consommée, mais plutôt rejetée sous forme d'eaux usées. Ces chiffres restent théoriques, mais ils sont validés par l'ONA.

$$Q_{\text{moy}} = K_r \cdot D \cdot N \text{ [l/j]} \quad (\text{III.24})$$

avec ,

$K_r$  : Coefficient de rejet, on estime que 80% de l'eau potable consommée est rejetée.

$D$  or  $Q_i$  : demande en eau potable [l/j hab].

$N$  : Nombre d'habitants ou capacité.

TABLE III.40 – Débit d'eaux usées

	Besoin en eau (m <sup>3</sup> /j)	Eau Usée domestique 2023 (m <sup>3</sup> /j)
Débit d'eaux pour l'année 2023	24,74	19,77
Débit d'eaux pour l'année 2030	26,10	20,92

Le volume d'eaux usées domestique de la population en 2023 avoisine une quantité rejetée de **19,77 hm<sup>3</sup>/an**.

Le volume d'eaux usées domestique de la population en 2030 avoisine une quantité rejetée de **20,92 hm<sup>3</sup>/an**.

### III.6.7 Evaluation des débits d'eaux usées industrielles

Le débit d'eaux usées rejeté en 2018 de tous les unités industrielles da la zone de SIDI KHALED est estimé à environ 4712862,7 m<sup>3</sup> (ONA), donc environ 20% de la consommation d'eau potable est réutilisée ou consommée sans rejet au sein de la zone industrielle,

selon une estimation approximative.

Alors on va estimer que les eaux usées sont de 80% des besoins en eau industriel.

TABLE III.41 – Les volumes d’eaux usées industrielles pour 2023 et 2030

Année	2023	2030
Eaux usées (m <sup>3</sup> )	5146250	5686606

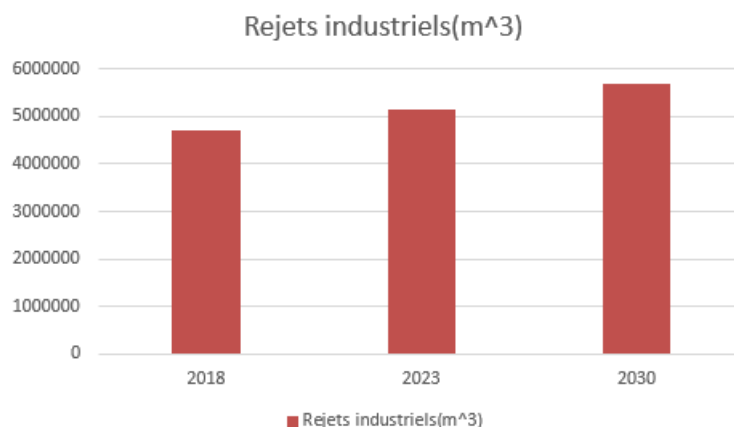


FIGURE III.9 – Les rejets d’eaux industriels pour les années 2018,2023 et 2030

### III.6.8 Les flux de retours

Les études du secteur en Algérie prennent un taux de retour de 80% (PNE, 2009 ; TECSULT, 2007) de l’alimentation en eau potable et industrielle, mais dans notre sous bassin et selon l’ONA, que 10% de ce volume qui va être épuré et traité, à cause de l’existence d’une seule station d’épuration des eaux usées dans notre zone d’étude.

C’est à dire que pour un volume d’eaux usées domestiques (2023) de **19,77 hm<sup>3</sup>**, un volume de **1,98 hm<sup>3</sup>/an** va retourner dans les eaux souterraines où dans les barrages après dilution. La même chose pour les débits d’eaux usées industriels.

Pour les retours d’eaux d’irrigation nous avons utilisé les hypothèses de PNE 2008 qui consiste à calculer la consommation à partir l’efficacité globale, les retours d’eau sont calculé en soustrayant la consommation de volume brut, ce qui nous donne un retour d’eau de 6,51 hm<sup>3</sup>.

## III.7 Conclusion

En conclusion, ce chapitre fournit une méthodologie détaillée pour la comptabilité de l’eau, en mettant l’accent sur l’évaluation des différentes sources d’eau et de leurs utilisations. Il souligne l’importance de cette approche pour une gestion efficace des ressources en eau.

Nous avons calculé tous les éléments nécessaires qui appartiennent au bilan hydrique Après avoir examiné les usages, la consommation, et la productivité de l’eau dans le sous-bassin d’Oued Eddous, nous procédons maintenant à l’élaboration d’un bilan hydrique

complet pour l'année 2023, ainsi que pour l'année 2030. La réalisation de cette tâche est complexe en raison du manque d'évaluation préalable de certains éléments du bilan. Cependant, grâce à l'analyse comparative et à la consolidation des différentes sources, nous avons pu en grande partie surmonter ce problème. Dans notre bilan nous allons utiliser une équation citée dans le chapitre précédent qui est :  $P \text{ précipitations} + T \text{ transferts} = (\text{IncrementalET} + \text{LandscapeET}) + Q_{\text{outflow}} + SG_w + S_w$  (IV.1) Sachant que  $SG_w$  et  $S_w$  représentent la variation des stocks des ressources souterraines et superficielles. La variation de stocks des eaux de surface est par hypothèse est égale à 0 pour notre bilan et  $Q_{\text{outflow}}$  le volume sortant du bassin. Incremental ET : appelée aussi l'usage géré de l'eau (managed water use) ou l'eau consommée par les différents usages productifs (irrigation, AEP, industrie...etc.);, en les approximant afin d'appliquer cette étude dans le prochain chapitre.

# Chapitre IV

## Application de la comptabilité de l'eau au sous bassin versant d'Oued Eddous

### IV.1 Introduction

La comptabilité de l'eau est une procédure d'analyse des usages, de la consommation, et de la productivité de l'eau dans un bassin pour une identification des opportunités d'économie de l'eau. Elle est utile pour centrer et planifier les interventions dans le bassin notamment l'allocation de l'eau et les performances de l'agriculture. La comptabilité de l'eau englobe les domaines de l'hydrologie, de la gestion, de l'environnement, de l'allocation de l'eau ainsi que des décisions économiques et politiques. Elle repose sur l'approche du bilan hydrique, qui met l'accent sur le principe de conservation de la masse [22].

### IV.2 Le bilan hydrique

Après avoir examiné les usages, la consommation, et la productivité de l'eau dans le sous-bassin d'Oued Eddous, nous procédons maintenant à l'élaboration d'un bilan hydrique complet pour l'année 2023, ainsi que pour l'année 2030.

La réalisation de cette tâche est complexe en raison du manque d'évaluation préalable de certains éléments du bilan. Cependant, grâce à l'analyse comparative et à la consolidation des différentes sources, nous avons pu en grande partie surmonter ce problème.

Dans notre bilan nous allons utiliser une équation citée dans le chapitre précédent qui est [45] :

$$\text{Précipitations} + \text{Transferts}_{in} = (\text{IncrementalET} + \text{LandscapeET}) + Q_{outflow} + \Delta S_{Gw} + \Delta S_{sw} \quad (\text{IV.1})$$

Sachant que  $\Delta S_{Gw}$  et  $\Delta S_{sw}$  représentent la variation des stocks des ressources souterraines et superficielles. La variation de stocks des eaux de surface est par hypothèse est égale à 0 pour notre bilan et  $Q_{Outflow}$  le volume sortant du bassin [45].

Incremental ET : appelée aussi l'usage géré de l'eau (managed water use) ou l'eau consommée par les différents usages productifs (irrigation, AEP, industrie...etc.) ;

Landscape ET : l'évapotranspiration naturelle.

### IV.2.1 Les précipitations

S'agit de l'élément clé du bilan hydrique et l'entrée principale, dont une partie se transforme en écoulement et en infiltration vers les nappes. Les données pluviométriques utilisées dans le bilan sont traitées de deux manières :

- La disposition de 3 stations pluviométrique de L'Agence Nationale des Ressources en Eau (ANRH), et l'analyse de la variabilité mensuelle des précipitations pour la période 2009-2021.
- La base de données WAPOR 2.1, couvrant la période de 2009 à 2022, avec une résolution de 250 mètres.

Les différences entre les deux séries ne sont pas très élevées, avec une moyenne d'environ 648 mm/an pour la série des données de WaPOR de 2009 à 2021, et une moyenne de 642 mm/an pour les mesures des trois stations de 2009 à 2022, ce qui correspond à un écart d'environ 0,9%. Dans notre calcul, nous avons multiplié la moyenne des 2 (WAPOR et ANRH) c'est à dire une moyenne annuelle de 645 mm/an par la surface du sous bassin versant d'Oued Eddous, ce qui nous donne un volume d'entrée de **543,28 Mm<sup>3</sup>**.

### IV.2.2 L'eau importée des autres bassins

D'après les données de l'ADE nous avons constaté que plusieurs communes de notre zone d'étude bénéficie de l'eau potable alimenté par le barrage de Koudiet Acerdoune qui n'est pas un barrage local situé dans notre sous bassin, donc nous avons les considérer comme des eaux importées des autres bassins, la détermination des volumes était par une évaluation des besoins en eau potable de ces communes. A partir un bilan de 2020 qui comprend la production de l'eau pour toute l'année, on trouve que 96% d'eau potable vient du barrage de Koudiet Acerdoune pour ces commune.

- Les besoins en eau potable pour les communes alimentées par le barrage de Koudiet Acerdoune (2023) : **11,19 Mm<sup>3</sup>**.
- Le volume provenant du barrage de Koudiet Acerdoune est de : **10,71 Mm<sup>3</sup>**.
- Les besoins en eau potable pour les communes alimentées par le barrage de Koudiet Acerdoune (2030) : **11,98 Mm<sup>3</sup>**.
- Le volume provenant du barrage de Koudiet Acerdoune est de : **11,48 Mm<sup>3</sup>**.

Notons qu'il n'y a pas un volume de transfert de dessalement pour notre zone d'étude.

### IV.2.3 L'usage géré de l'eau

Il s'agit d'incremental ET, qui représente la consommation géré de l'eau, dans notre bilan. Cette partie comprend ces 3 points :

#### L'alimentation en eau potable

Cette partie à comme mission de satisfaire les besoins en eau potable de la population. Dans notre calcul nous avons estimé que seulement 20% du besoins seront consommés.

- Les besoins en eau potable (2023) : **24,74 Mm<sup>3</sup>**
- Le volume consommé (2023) : **4,95 Mm<sup>3</sup>**
- Les besoins en eau potable (2030) : **26,1 Mm<sup>3</sup>**
- Le volume consommé (2030) : **5,22 Mm<sup>3</sup>**

Notons que ce volume provient des eaux superficielles(81%) des barrages de Koudiet

Acerdoune et Tilesdit en plus des eaux souterraines(19%) des forages, puits et sources. Par exemple pour un volume consommé de 4,95 Mm<sup>3</sup> : 4 Mm<sup>3</sup> proviennent des eaux superficielles et 0,95 Mm<sup>3</sup> des eaux souterraines.

### L'alimentation en eau industrielle

Cette partie consiste à satisfaire les besoins en eau industrielle, le volume destiné à l'industrie pour l'année 2023 est estimé à partir un taux d'augmentation de la consommation observé à travers les tableaux d'exploitation du barrage de Tilesdit, alors que pour l'année 2030, un autre taux est proposé par nous à cause de la création d'autres zones d'activités industrielles.

On trouve que :

- En 2023, les besoin en eau industrielle seront de **6,43 Mm<sup>3</sup>**.
- En 2030, les besoins en eau industrielle seront de **7,11 Mm<sup>3</sup>**.

La consommation dans cette partie est estimée de la même façon que l'eau potable, c'est à dire que 20% des ces besoins seront consommés.

### L'irrigation

Les besoins de l'irrigation sont calculés à partir du logiciel CROPWAT qui prend en compte plusieurs paramètres climatiques, citons :

- Les précipitations ;
- La température ;
- l'humidité relative ;
- La vitesse du vent.

Mais pour esimer le volume destiné à l'irrigation du grand périmètre des Arribs et ce qui l'entoure, seul les besoins ne suffisent pas. Car nous devons avoir les superficies irriguées fournies par la DRE, ainsi que le pourcentage des superficies irriguées à partir des eaux superficielles et des eaux souterraines.

Le calcul fait nous a donné les résultats suivants :

La consommation de l'irrigation est de **12,05 Mm<sup>3</sup>**, soit un volume de **3,37 Mm<sup>3</sup>** provenant des eaux superficielles (28%) et un volume de **8,68 Mm<sup>3</sup>** provenant des eaux souterraines (72%).

## IV.2.4 Landscape ET

S'agit du sortie principale dans notre bassin, elle comprend l'évaporatoin des barrages et les autres eaux superficielles telle que les retenues collinaires, l'évapotranspiration réelle et l'interception pour l'agriculture pluviale et la végétation naturelle ainsi que l'évaporation des surfaces du sol.

Pour sa détermination, nous avons utilisé la base de donnée de FAO WAPOR 2.1 qui nous a fourni l'évapotranspiration et interception réelle pour chaque surface.

Ce qui nous a donné un volume de **46,36 Mm<sup>3</sup>** évaporé des barrages et les autres eaux superficielles, ainsi qu'un volume de **414,84 Mm<sup>3</sup>** pour l'agriculture pluviale, la végétation naturelle et l'évaporation des surfaces du sol.



## IV.2.5 Outflow

Il s'agit des volumes sortants du bassins, qu'ils soient utilisables, non utilisables ou réservés.

On peut citer :

### Le volume sortant utilisable

Il représente l'outflow qui peut s'utiliser dans d'autres usages ou transférer vers d'autres bassins. Il s'agit de l'eau non utilisée, non réservée et non épuisée.

Dans notre cas, c'est le volume transféré vers l'irrigation du plateau d'El-Esnam et la vallée du Sahel, ainsi que l'alimentation en eau potable des communes extérieures citées dans le chapitre précédent, les volume sont les suivants :

- Le volume destiné à l'irrigation du Plateau d'El-esbam et la vallée du Sahel : **43,07 Mm<sup>3</sup>** ;
- Le volume des besoins en eau potable pour les communes extérieures (2023) : **9,72 Mm<sup>3</sup>** ;
- Le volume des besoins en eau potable pour les communes extérieures (2030) : **10,10 Mm<sup>3</sup>**.

### Le volume sortant non utilisable

Il s'agit du volume qui ne peut pas s'utiliser à d'autres usages ou transféré vers d'autres bassins, pour notre étude ce volume représente les eaux usées domestiques et industriels qui sont estimé à 80% des besoins de ces eaux moins les retours d'eaux.

- Les eaux usées domestiques (2023) : **19,77 Mm<sup>3</sup>** ;
- Les retours d'eau : **1,98 Mm<sup>3</sup>** ;
- Le volume sortant des eaux usées domestiques (2023) : **17,8 Mm<sup>3</sup>** ;
- Les eaux usées domestiques (2030) : **20,92 Mm<sup>3</sup>** ;
- Les retours d'eau : **2,09 Mm<sup>3</sup>** ;
- Le volume sortant des eaux usées domestiques (2030) : **18,83 Mm<sup>3</sup>** ;
- Les eaux usées industriels (2023) : **5,14 Mm<sup>3</sup>** ;
- Les retours d'eau : **0,51 Mm<sup>3</sup>** ;
- Le volume sortant des eaux usées industriels (2023) : **4,63 Mm<sup>3</sup>** ;
- Les eaux usées industriels (2030) : **5,69 Mm<sup>3</sup>**.
- Les retours d'eau : **0,57 Mm<sup>3</sup>** ;
- Le volume sortant des eaux usées industriels (2030) : **5,11 Mm<sup>3</sup>** ;

Malgré l'importance de ce volume, il est important de noter qu'il n'y a pas de sites potentiels disponibles pour le mobiliser et le retenir.

### Le volume sortant réservé

Le volume sortant réservé fait référence à la quantité d'eau qui est prévue ou réservée pour être déviée ou utilisée à des fins spécifiques. Cela peut inclure des volumes d'eau réservés pour l'irrigation agricole, l'alimentation en eau potable, ou d'autres utilisations humaines et industrielles, dans notre cas ce volume est considéré nul.

### La variation des stocks des ressources souterraines

Une méthode couramment utilisée pour calculer le déstockage des nappes consiste à superposer les cartes piézométriques avec les cartes des coefficients d'emmagasinement. Cette approche permet de convertir les rabattements observés en volumes déstockés. En comparant les niveaux piézométriques actuels avec ceux des périodes antérieures. Il est possible d'estimer la diminution de la quantité d'eau stockée dans la nappe sur une certaine période de temps. Cette méthode offre ainsi une évaluation quantitative du déstockage des nappes, ce qui est essentiel pour comprendre l'évolution des ressources en eau souterraine et prendre des décisions appropriées en matière de gestion des ressources hydriques [29]. Malheureusement, en raison de l'absence de cartes piézométriques et de coefficients d'emmagasinement dans le sous bassin d'Oued Eddous, il n'a pas été possible d'utiliser cette méthode pour calculer le déstockage des nappes. La disponibilité de telles données est cruciale pour appliquer cette approche et obtenir une estimation précise des volumes déstockés. Dans ce cas, d'autres méthodes ou approches alternatives peuvent être envisagées pour évaluer la situation des nappes et estimer les variations de stockage d'eau souterraine dans la région. c'est ainsi que l'on a supposé que la variation des stocks souterraines est égale aussi à 0.

### IV.3 L'application de la comptabilité de l'eau

Le but d'application du bilan est d'obtenir le schéma suivant de la comptabilité de l'eau pour le sous bassin versant d'Oued Eddous.

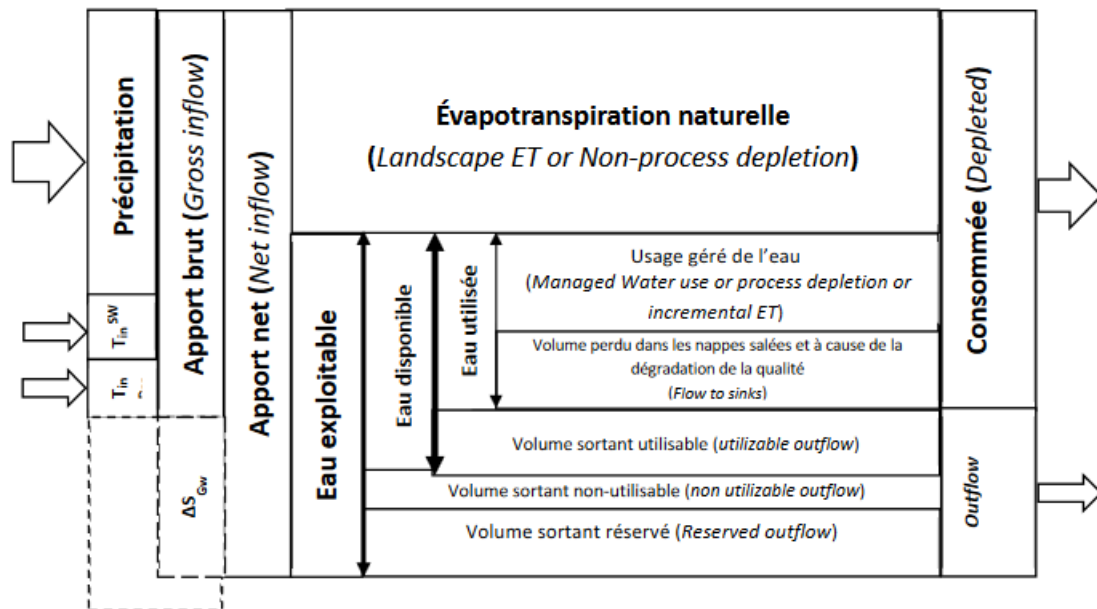


FIGURE IV.1 – Schéma simplifié des volets de la comptabilité de l'eau combinant l'IWMI WA et WA+.[50]

TABLE IV.1 – Résultat de la comptabilité de l'eau d'Oued Eddous selon WA et WA+ (Mm<sup>3</sup>). [50]

Water accounting of Oued Eddous sub basin		2023	2030
Inflow	1- Mean annual précipitation "P"	543,28	543,28
	2- River flow into basin "Tinflow" :		
	• Transfer from Koudiet Acerdoune	10,74	11,48
	3- Gross inflow (1+2)	554,02	554,76
	4- Net groundwater stock depletion "overexploitation"	0,00	0,00
Incremental ET	5- Net Inflow (3+4)	554,03	554,86
	6- Beneficial depletion (irrigation surface water)		
	• Arribs irrigation and what surrounds it	3,37	3,37
	7- Beneficial depletion (irrigation groundwater)	8,68	8,68
	8- Process (domestic from surface water)	4,00	4,25
Non-process depletion	9- Process (domestic from groundwater)	0,95	1,00
	10- Industrial uses	1,29	1,43
	11- Total process depletion (Incremental ET or Managed water use)	18,29	18,73
	12- Evaporation from dams and reservoirs	46,36	46,36
	14- Landscape ET (Rained agriculture, natural vegetation, evaporation from soil surface)	414,84	414,84
Outflow	15- Total non-process depletion	461,20	461,20
	16- Total depletion (11 and 15)	479,44	479,85
	17- Domestic water and irrigation for municipalities outside the basin	52,79	53,10
	18- Wastewater discharge	22,45	24,03
	19- Oued Eddous outflow (Total discharges)	75,24	77,22
Flows of WA+	20- Utilized Water= [(11)+(12)]	64,60	65,01
	21- Utilizable outflow	52,79	53,19
	22- Available water = utilized water + utilizable outflow	117,40	118,20
	23- Exploitable water = Available water + Non-utilizable outflow (22)+(18)	139,89	142,31
	Total depletion percentage of net inflow : Depleted Fraction = (16)/(5)	87	87
Performance indicators for resource base sheet from WA+	Total process depletion percentage of net inflow : Process fraction = (11)/(5)	3,00	3,00
	Irrigation depletion (6 and 7) (percentage of net inflow)	2,00	2,00
	Basin closure fraction= Utilized water/Available water	55,00	55,00
	Discharge of the net inflow = (19)/(5)	14,00	14,00
	Exploitable water fraction (exploitable water/net inflow) = (23)/(5)	25,00	26,00
	Available water fraction = available water/exploitable water (22)/(23)	84,00	83,00
	Fraction of non-utilizable outflow= (19)/(23)	54,00	54,00
	Dependency ratio (dimensionless) = T inflow / (available water) (2)/(22)	9,00	10,00

### IV.3.1 La feuille base des ressources de la WA+ 2023

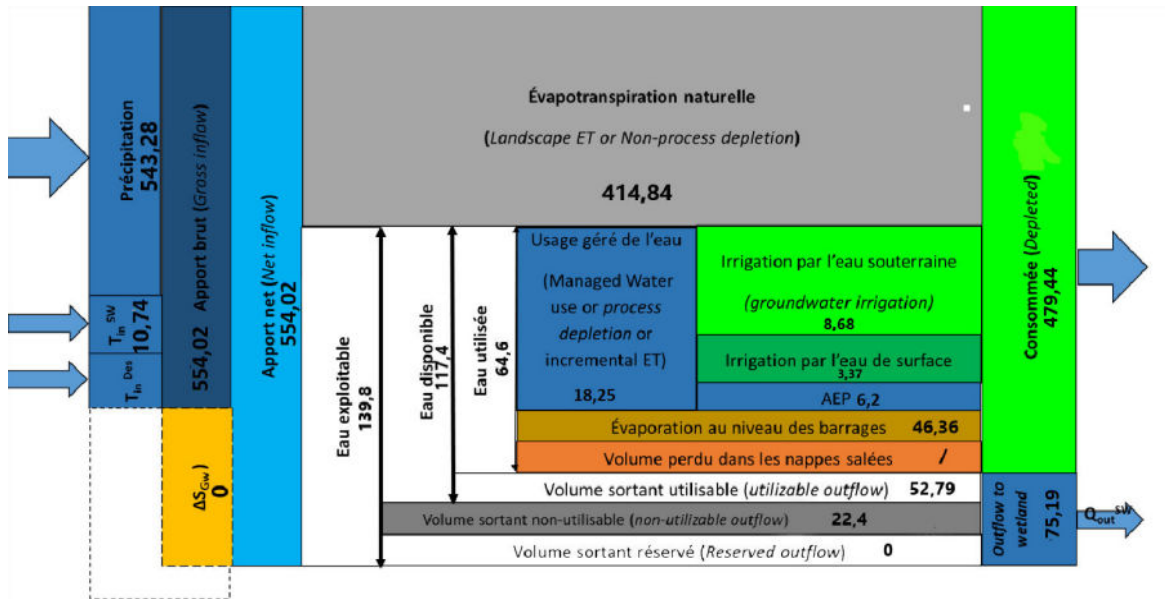


FIGURE IV.2 – WA+ du sous bassin d'Oued Eddous 2023

En 2023, la fraction de l'eau consommée dans le bassin (479,44 Mm<sup>3</sup>) est estimée à 87 % de l'apport net (entrées nettes : net inflow) (554,02 Mm<sup>3</sup>). L'outflow estimé dans le sous bassin d'Oued Eddous a été calculé à partir des volumes d'eau potable provenant d'un barrage local (Barrage de Tilesdit) vers des communes hors bassin et les volumes destinés à l'irrigation du plateau d'El-esnam et la vallée du Sahel.

Notons aussi que la majorité des eaux usées est considérée comme un volume sortant non utilisable à cause d'absence des STEP, et cela peut être un obstacle dans notre bilan plus tard, aussi le volume sortant utilisable est quasiment important car il représente environ 10% de l'apport net, les deux représentent un volume sortant de 75,19 Mm<sup>3</sup> qui est 14% de l'apport net.

La proportion de l'eau utilisée productivement et volontairement (Process depletion or incremental ET or Managed water uses) ne dépasse pas 4% de l'apport net. La plus grande partie de la consommation se fait par l'irrigation avec 2,5 % de la consommation totale du bassin (total depletion) et 66 % du total consommé productivement.

En revanche, la fraction consommée par les usages domestiques et industriels (AEPI) s'estime à 6,2 Mm<sup>3</sup> soit 34 % de la fraction consommée productivement et de 1 % de la consommation totale du bassin, le bilan entrées - sorties nous a donné un résultat négatif de 0,6 Mm<sup>3</sup>, ce qui est presque acceptable en tenant compte des hypothèses et des incertitudes à cause du manque de données, mais il faut faire attention car cela peut causer des problèmes plus tard.

### IV.3.2 La feuille base des ressources de la WA+ 2030

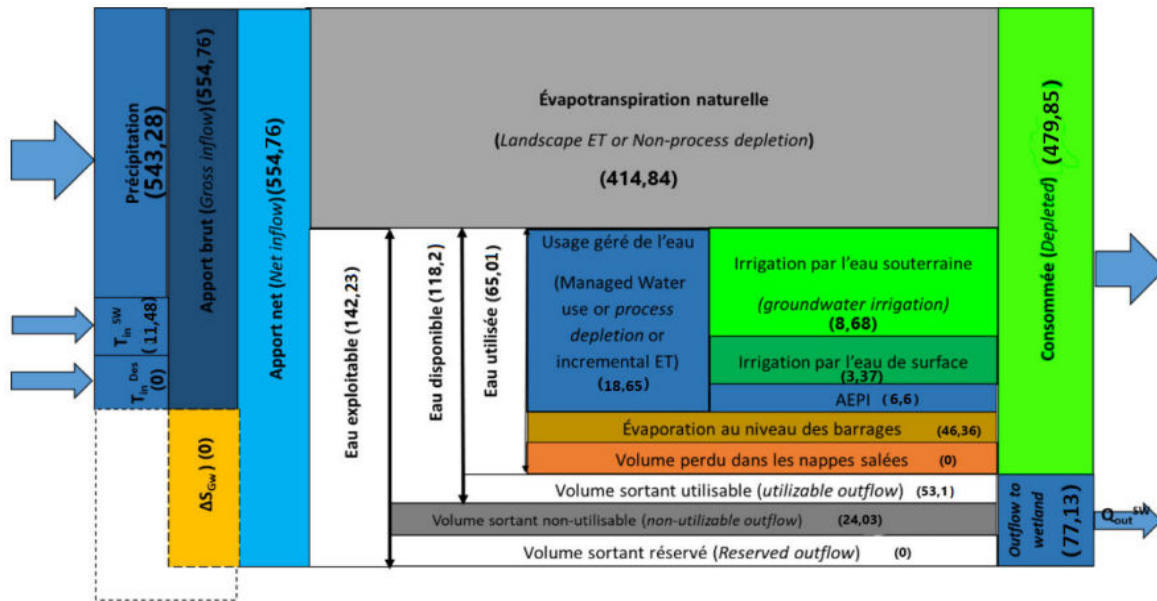


FIGURE IV.3 – WA+ du sous bassin d'Oued Eddous 2030

Ce qu'on peut remarquer que la consommation totale n'a pas beaucoup changé dans cette période de 7 ans, soit un écart  $< 0,1\%$ . Au contraire en 2030, elle est estimée à 86% d'apport net, c'est à dire une baisse de 1%. C'est un bon indicateur, surtout avec une augmentation du volume importé du barrage Koudiet Acerdoune de  $10,75 \text{ Mm}^3$  (2023) à  $11,58 \text{ Mm}^3$  (2030). Ce volume représente à l'horizon 2030 2,1 % d'apport net.

Néanmoins, les volumes sortants sont plus grands que l'apport net, et c'est là où réside la difficulté.

Le volume d'outflow d'Oued Eddous à l'horizon 2030 est de  $77,22 \text{ Mm}^3$ , il comprend les volumes sortants utilisés et non utilisés. Ce volume est très important, nous ne pouvons pas l'abandonner. Car de cette façon, il affectera négativement notre bilan pour cause d'absence des stations d'épuration. Ce qui entraîne La perte des eaux usées avec un petit taux de récupération, de même que la perte du volume provenant de notre barrage destiné à l'irrigation des 2 GPI, ainsi que l'alimentation en eau potable des communes hors sous bassin d'Oued Eddous. Un transfert Tichy-haf - Tilesdit est en cours de création devant satisfaire les besoins en eau potable, industrielle ainsi que les besoins d'irrigation, ce qui va réduire un peu ce volume d'outflow estimé. Néanmoins, ce n'est pas une solution optimale, car on aura besoins de plusieurs station d'épuration pour au moins utiliser les retours d'eaux en irrigation où un usage non potable.

## IV.4 Conclusion

Ce chapitre se concentre sur l'application de la comptabilité de l'eau dans le sous bassin d'Oued Eddous en établissant un bilan hydrique pour les années 2023 et 2030, ainsi que sur la comparaison des similitudes et des différences entre ces deux bilans.

L'analyse des deux bilans nous a permis de constater que la consommation dans notre sous bassin dépasse les apports nets en eau, ce qui signifie que les besoins en eau sont supérieurs aux ressources disponibles. Nous avons identifié le facteur causal de cette situation, à savoir le volume sortant ou "outflow" du sous-bassin d'Oued Eddous, qui regroupe les volumes sortants utilisés et non utilisés.

Les résultats obtenus confirment les statistiques de la banque mondiale, car si rien n'est fait, des problèmes de pénurie de l'eau s'ensuivront.

## Conclusion générale

Les résultats de la comptabilité de l'eau fournissent aux décideurs un instrument d'audit de l'eau et de planification de celle-ci.

Cette étude a révélé que le sous bassin d'Oued Eddous connaît déjà un déficit hydrique, notamment en raison de la diminution des apports des barrages due à la baisse des précipitations. L'Agence nationale des ressources hydriques (ANRH) a réalisé des études en 2012 qui ont démontré une réduction d'environ 20% de la pluviométrie en Algérie au cours des dernières décennies par rapport aux décennies précédentes (1940-1970) (Aissaoui, 2013). De plus, il est important de souligner l'impact des volumes sortants transférés et rejetés, qui contribuent à l'aggravation du problème de pénurie d'eau. Nous mentionnons également que nous avons rencontré des difficultés en ce qui concerne la récolte des données, citons par exemple l'absence de cartes piézométriques.

En conséquence, nous avons proposé des recommandations visant à résoudre ces problèmes. Ces recommandations sont destinées à permettre une gestion plus efficace de l'eau dans le sous bassin, en tenant compte des besoins en eau et des ressources disponibles :

- Gestion de l'irrigation : Adopter des techniques d'irrigation goutte à goutte ou l'irrigation localisée puisque l'irrigation goutte-à-goutte offre une meilleure économie de l'eau par rapport à l'irrigation gravitaire Ce système est largement utilisé dans la plupart des régions, telles que Haizar et Assanam.
- La création de centres de traitement des eaux de l'Oued Lekhel a pour objectif de fournir de l'eau potable et de surveiller les usines qui déversent leurs déchets sans traitement.
- L'augmentation du prix de l'eau : permettrait de générer des revenus supplémentaires pour financer des projets tels que la construction de barrages et la résolution du problème d'envasement au barrage Lekhel. Il est important de noter que le prix moyen d'un litre d'eau est actuellement de 6 DZD, ce qui est inférieur au coût de traitement et de fourniture de l'eau. Une augmentation du prix de l'eau dissuaderait le gaspillage et contribuerait à l'amélioration du budget et à la disponibilité de fonds pour d'autres projets.
- L'accélération du projet de liaison entre les barrages Tichy-haf et Tilesdit vise à répondre aux besoins en eau potable, industrielle et d'irrigation. Cela permettra de réduire le volume estimé des eaux sortantes Et cela contribue à une économie de plus de 30Mm.
- Réutilisation des eaux usées : Mettre en place des systèmes de traitement des eaux usées et de réutilisation pour des usages non potables tels que l'irrigation des cultures, les espaces verts, ou l'alimentation des plans d'eau.
- Le diagnostic du réseau piézométrique : Améliorer le suivi des nappes et des données piézométriques.
- Sensibilisation et éducation : Mener des campagnes de sensibilisation auprès des utilisateurs de l'eau, y compris les agriculteurs, les industries et les particuliers, afin de promouvoir une utilisation responsable de l'eau et de les informer sur les pratiques d'économie d'eau.
- Conservation des sols : Adopter des pratiques de conservation des sols, telles que la construction de barrages de retenue et de réservoirs pour réduire l'érosion et favoriser l'infiltration de l'eau dans le sol.
- Surveillance et évaluation : Mettre en place un système de surveillance régulière de la quantité et de la qualité de l'eau dans le bassin versant, ce qui permettra d'identifier les zones de pertes et de prendre les mesures nécessaires pour le réduire.

En mettant en œuvre ces recommandations, il est possible de réduire le déséquilibre entre la demande et les ressources en eau dans le sous bassin d'Oued Eddous, contribuant ainsi à une utilisation plus durable et équilibrée de cette ressource précieuse.



# Bibliographie

- [1] The fao portal to monitor water productivity through open access of remotely sensed derived data. URL : [https://wapor.apps.fao.org/home/WAPOR\\_2/1](https://wapor.apps.fao.org/home/WAPOR_2/1).
- [2] La baisse du volume du barrage de koudiet acerdoune. <https://www.algerie-eco.com/2021/07/21/>.
- [3] Le barrage lekhal. <https://www.depechedekabylie.com/kabylie/bouira/>.
- [4] Nasa power data access viewer. <https://power.larc.nasa.gov/>.
- [5] Usgs earthexplorer. <https://earthexplorer.usgs.gov/>.
- [6] BOUANANI, Abderrazak. *Hydrologie, transport solide et modélisation. Etude de quelques sous bassins de la Tafna (NW – Algérie)*. PhD thesis, Universite Abou Bekr Belkaid Tlemcen, 2004.
- [7] Agence nationale des barrages et transferts. Cahier de charge du barrage de tilesdit. Technical report, 2004.
- [8] Agence nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière (ANIREF) . Présentation de la wilaya de bouira., 2013.
- [9] MUSY, André. Définition de l'évaporation et l'évapotranspiration. 2005.
- [10] CAIRE, André. *Histoire géographique et structurale de Tell du Trias au Quaternaire*. 1952.
- [11] ERHARD-CASSEGRAIN, Annie, MARGAT Jean. Water accounting, erhard-cassegrain and margat, 1983. 1983.
- [12] Association pour la Recherche et le Développement des Méthodes et Processus Industriels (ARMINES). *Les eaux de pluie : collecte, stockage et utilisation*. 2009.
- [13] CHAKRABORTI, Ayon. *Water Quality Management : Present Situations, Challenges, and Future Perspectives*. Springer, 2019.
- [14] RAHAL, Bedreddine, BOUDLAL, Lyes. Contribution à l'étude de faisabilité d'un périmètre d'irrigation (le cas du plateau d'el asnam 2400 ha), 2019.
- [15] Nadir, BENHAMICHE. Éléments pour l'étude du climat et la bioclimatologie. Cours Ecologie et Environnement , Université de Bejaia, 2015.
- [16] HINGRAY, Benoît. Cours d'hydrologie École polytechnique fédérale de lausanne.
- [17] HACHEMI, Boulam. Direction des ressources en eau de la wilaya de bouira.
- [18] BATCHELOR, Charles, HOOGEVEEN, Jippe, FAURÈS, Jean-Marc. *Recueil de comptabilité et d'audit de l'eau*. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 2020.

- [19] LEDUC, Christian, AMMAR, Ben, FAVREAU, Guillaume . Caractérisation géochimique et isotopique des eaux de la sebkha de marrakech (maroc). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Terre*, (24) :27–38, 2002.
- [20] Contreras and Hunink. Agricultural water management, contreras and hunink, 2015. 2015.
- [21] National Research Council et al. *Water reuse : potential for expanding the nation's water supply through reuse of municipal wastewater*. National Academies Press, 2012.
- [22] MOLDEN, David. Accounting for water use and productivity, molden, 1997. 1997.
- [23] MOLDEN, David. The need for agricultural water management in sub-saharan africa molden and al., 2003. 2003.
- [24] MOLDEN David and SAKTHIVADIVEL Ramaswamy. Water accounting to assess use and productivity of water, molden and sakthivadivel, 1999. 1999.
- [25] Université de Tlemcen. Cours de morphométrie des bassins versants. Cours, 2015.
- [26] MARTONNE, Émile. *Traité de géographie physique*. Armand Colin, 1926.
- [27] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Cropwat - crop water requirements calculation tool.
- [28] BURTON, Franklin. *Wastewater Engineering : Treatment and Reuse*. McGraw-Hill Education, 2013.
- [29] TANOUTI, François, MOLLE, Ouafa. La micro-irrigation et les ressources en eau au maroc : un coûteux malentendu. *Revue Tiers Monde*, 230(2) :89–108, 2017.
- [30] Degoutte, Gérard. *Petits barrages recommandations pour la conception, la réalisation et le suivi*. Cemagref, France, 2002.
- [31] GRAVELIUS, Harry. Hydrologische studien im grossen. *Jahresbericht des schweizerischen naturforschenden Gesellschaft*, 151 :116–156, 1914.
- [32] MARGAT, Jean. Water accounting, marget 1993. 1993.
- [33] MARGAT, Jean. Définition de l'évapotranspiration potentielle. 1997.
- [34] BOEGLIN, Jean-Claude. Propriétés des eaux naturelles. *Technique de l'ingénieur*, G1 :110, 2009.
- [35] CHALMERS, Keryn and GODFREY Jayne. Water accounting to assess use and productivity of water godfrey and chalmers, 2012. 2012.
- [36] JOHNSON, Kris. *Geomorphology of Watersheds*. Wiley, 2010.
- [37] JOHNSON, Kris. *Watershed Analysis : Understanding the Characteristics and Function of Watersheds*. CRC Press, 2012.
- [38] JOHNSON, Kris and al. Geomorphology of chott environments : A review. *Earth-Science Reviews*, 71(1-2) :241–259, 2005.
- [39] MAYS, Larry. *Urban Water Management : Science, Technology, and Service Delivery*. CRC Press, 2010.
- [40] NORMAN, Laura, CALLEGARY, James, and LACHER et al Laurel. Modeling riparian restoration impacts on the hydrologic cycle at the babacomari ranch, se arizona, usa. *Water*, 11(2) :381, 2019.
- [41] LEOPOLD, Luna, WOLMAN, Gordon, MILLER, John. Density of drainage networks. *Water Resources Research*, 1(3) :325–339, 1964.

- [42] KIRKHAM, Mary. *Principles of Soil and Plant Water Relations*. Academic Press, San Diego, CA, 2014.
- [43] Ministère des Ressources en Eau. Rapport final comptabilité de l'eau. Technical report, Ministère des Ressources en Eau, Algérie, 2021.
- [44] FORT, Monique. *Géomorphologie dynamique et environnement*. Edition Armand Colin, France, 2015.
- [45] KHERBACHE, Nabil. *Rareté des ressources et politique de l'eau en Algérie : analyse de la transition d'un modèle de l'offre vers la gestion de la demande en eau (GDE)*. PhD thesis, Université de Bejaia, 2020.
- [46] KHERBACHE, Nabil. La comptabilité de l'eau du sous-bassin de cap matifou (nord de l'algérie). Technical report, Consultant FAO/chercheur au Laboratoire d'Économie et Développement (LED) à l'université de Béjaia (Algérie), 2021. En collaboration avec l'équipe de la comptabilité de l'eau de l'Algérie.
- [47] KHOUMERI, Nassima and DAHMANI Hamid. Quelques aspects sur la biosystématique des apoidea dans les milieux agricoles et naturels dans les régions d'alger et de bouira. Rapport, Institution, 2016.
- [48] United Nations. *Sustainable Development Goal 6 : Synthesis Report on Water and Sanitation*. United Nations, New York, 2017.
- [49] DROOGERS, Peter. Adaptation to climate change to enhance food security and preserve environmental quality : Example for southern sri lanka, droogers and al., 2010. 2010.
- [50] KARIMI, Poolad, BASTIAANSEN, Wim Gm, MOLDEN David. Water accounting +. page 2464, 2013.
- [51] KATZ, Richard, PARLANGE, Marc. *Evapotranspiration : Principles and Applications for Water Management*. Cambridge University Press, 2002.
- [52] HORTON, Robert. Erosional development of streams and their drainage basins : hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, 56(3) :275–370, 1945.
- [53] DEGREMONT, Rueil Malmaison. *Traitement des eaux - Tome 1 : L'eau, les techniques, les équipements*. Lavoisier, 5th edition, 2005.
- [54] BENZIADA, Salim. Cours d'hydraulique agricole, 2023.
- [55] Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau (SANDRE). Présentation plan d'eau version 1, 2005. Document interne.
- [56] CHOW, Te, MAIDMENT, David, MAYS, Larry. *Applied Hydrology*. McGraw-Hill, New York, 1988.
- [57] HADJOUT, Tofke BENKHALATA, Hossin. Actualisation de l'étude hydrogéologie du plateau de bouira. 1997.
- [58] U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Watershed Academy Web : Watershed Academy Basics, 2016.
- [59] SINGH, Vijay. *Hydrology : Principles, Analysis, and Design*. CRC Press, 2011.
- [60] KUNDZEWICZ, Zbigniew, MATA, Luis, ARNELL, Nigel, DÖLL, Petra, KABAT, Pavel, JIMÉNEZ. Bruno, and MILLER Karen. *The Impacts of Climate Change on Water Resources and Agriculture in China*. Springer Science & Business Media, 2008.

# Annexes

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLICQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة الأشغال العمومية والري والمنشآت القاعدية  
Ministere des travaux publics , de l'hydraulique et des infrastructures de base  
الديوان الوطني للسقي وصرف المياه  
Office National De l'Irrigation

## PRESENTATION DU PERIMETRE UNITE DES ARRBS –AIN BESSEM

### A - RESEAU D'IRRIGATION (PEHD) :

<b>A1 - Assolement :</b>	
SUPERFICIE CLASSEE .....	:2200 HA
SUPERFICIE EQUIPEE.....	: 2238 HA
SUPERFICIE IRRIGABLE.....	:2192 HA
SUPERFICIE IRRIGUEE (MOYENNE).....	:1600 HA
<b>A2- Repartition :</b>	
SECTEUR 1.....	:300 HA
SECTEUR 2.....	:1500HA
SECTEUR 3.....	:400HA
<b>A3- Equipements hydromecaniques (quantité)</b>	
Nombre de bornes d'irrigation.....	:579 U
Nombre d'antennes.....	:54U
Nombre de vannes de sectionnement ( VS).....	:22 U
Nombre de purgeurs.....	:67 U
Nombre de soupapes de decharge.....	:22U
Nombre de ventouses.....	:14 U

### B- STATION DE POMPAGE

#### B1 - Caracteristiques techniques :

- 04 groupes moto pompes. puissance.....:1060 kw
- Debit d'une pompe .....
- Debit maximal.....:1500 l/s .soit : 5400 m3/h
- HMT.....:116 m

### C- BASSIN DE REGULATION :

C- 1--capacite .....	:17500 m3
<b>C -2 Dimensionnement :</b>	
- Longueur .....	:137m
- Largeur .....	:41m
- Profondeur.....	: 03 m

FIGURE 4 – Différentes caractéristiques du plaine des Arribs

## 2. Topographie, Climat, Hydrologie

### 2.1. Topographie

Sur le plan topographique, le site du barrage est le seul favorable sur l'oued Eddous permettant la formation d'une retenue avec un volume utile de 60 millions m<sup>3</sup> d'eau.

La vallée d'oued dans le site est principalement à section trapézoïdale. Les versants sont terrassés, généralement raides, accidentés. La largeur de la vallée est dans les limites de 1,5 à 4,5Km.

La vallée de l'oued dans le site est asymétrique. La rive gauche est raide jusqu'à 40° - 60°, avec la hauteur de 160m au dessus du fond d'oued. En amont, ce versant transite avec sa partie supérieure vers la ligne du partage des oueds Eddous et Barbar. Ce secteur se caractérise par les versants raides sujets aux phénomènes de glissement.

La rive droite, sur les tronçons inférieur et moyen, s'emboute dans un soulèvement avec la cote de 465,0 - 475,0m. Plus haut, en amont, la rive gauche devient plus douce avec la pente de 6° à 20°s'approchant du lit d'oued par gradins hauts de 3-4m, rarement de 20 à 30m.

Le versant droit de la vallée dans le secteur de l'ouvrage est une terrasse douce à pente de 20° à 25°.

Dans le site du barrage la largeur de la vallée de l'oued est de 80m, en aval, dans le secteur de confluence avec l'oued Barbar, la vallée s'élargi jusqu'à 3-4Km..

### 2.2. Climat

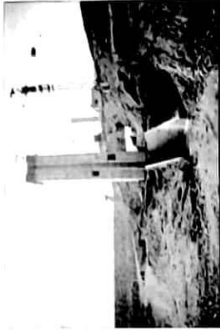
La région du barrage de Tilesdit se caractérise par un été chaud et sec et un hiver relativement tiède. La température annuelle moyenne d'air est de 15,1° à 18,8°.

Le janvier est le mois le plus froid (7,5° - 11,0°). Les baisses maximales observées de la température sont de -1,1°.

Le mois d'août est le plus chaud (24,1° - 29,2°). Les températures estivales maximales peuvent dépasser 46°.

Les précipitations dans le bassin de l'oued Eddous ont une répartition irrégulière. On observe un net zonage vertical dans la distribution des précipitations atmosphériques avec une augmentation à la hauteur.

# BARRAGE TILESDDIT



## CARACTERISTIQUE DE L'AP

N° de l'opération : ..... ND 5.321.2.263.9.844.25  
 Montant L'AP INITIAL : ..... 699.942.000.000DA  
 dont 256.042.000,00 DAT  
 Montant de L'AP REEVALUEE : ..... 5.506.418.000,00 DAT  
 dont 456.089.000,00 DAT  
 FINANCEMENT : ..... EXIM -BANK -JAPON

### I) Données contractuelles

1. Marché Travaux : ZARUBEZHVDSTROY (RUSSIE)
  - PARTENAIRE : ZARUBEZHVDSTROY (RUSSIE)
  - MONTANT INITIAL : 730.364.676,50 DA et 119.706.000,00 USD 06/10/1993
  - DATE DE LODS : 54 mois
  - DELAI INITIAL : 1.640.383.033,36 DA T.T.C
  - MONTANT ACTUEL : 18.814.355,00 USD
  - PERIODE D'ARRET : 06 mois .
  - PROLONGATION DES DELAIS : 54 mois
  - DELAIS DE REALISATION : 108 mois
  - FIN DES DELAIS CONTRACTUELS : 09/04/2003
  - FIN PROBABLE DES TRAVAUX : Fin Décembre 2003
2. Marché Etudes d'exécution :
  - PARTENAIRE : ZARUBEZHVDSTROY (RUSSIE)
  - MONTANT : Inklus dans le marché travaux .
  - DELAIS : 54 mois prorogé de 54 mois .
  - FIN DES DELAIS CONTRACTUELS : 06/04/2003 .
3. Marché Equipements Hydromécaniques :
  - PARTENAIRE : ALIECO ( EX .E.N.C.C )
  - MONTANT INITIAL : 93.283.889,95 DA
  - DELAI INITIAL : 26 mois .
  - DATE D'O.D.S : 16/11/1993
  - MONTANT ACTUEL : 114.380.381,52 T.T.C
  - DELAI ACTUEL : 32 mois .

### II) DESTINATION / AEP , AEI ET IRRIGATION :

- a) Alimentation en eau potable et industrielle (23 hm<sup>3</sup>)
  - VILLE DE BOUIRA : 9,0 hm<sup>3</sup>
  - COMMUNES LIMITOPHES ( BECHLOUL , EL -ESNAM , EL-ADJIBA , OUEID EL BERDI ,AHL ELKASH ) : 5,5 hm<sup>3</sup>
  - COMMUNES Sud - Est ( TAGDIT , BORDJ OUKHRIS MESDOUR , OULED RACHED ,HADJUR ZERGA ) : 3,5 hm<sup>3</sup>
  - Zone Industrielle de SIDI KHALED ( HACHIMIA ) : 6,0 hm<sup>3</sup>
- b) Irrigation : ( 50 hm<sup>3</sup>)
  - Plateau d'EL-ESNAM ( 2200 ha ) : 12 hm<sup>3</sup>
  - Vallée du Sahel ( 3400 ha ) : 38 hm<sup>3</sup>



### III) COMPOSITION ET DESCRIPTION DE L'AMENAGEMENT :

- Surface du bassin versant : 843 km<sup>2</sup>
  - Capacité totale de la retenue : 167 hm<sup>3</sup>
  - Capacité utile de la retenue : 147 hm<sup>3</sup>
  - Volume régulé/garanti : 73 hm<sup>3</sup>
- L'aménagement comporte les ouvrages suivants :
- Une digue en terre d'une hauteur de 65 m .
  - Un voile d'éclanchéité d'une profondeur de 90 m
  - Une tour de prise d'eau verticale d'une hauteur de 70 m
  - Une galerie de vidange de fond d'une longueur de 335 m
  - Une galerie d'injection de 120 m de longueur
  - Un évacuateur de crues à seuil libre .

Et des équipements hydromécaniques et des appareils d'auscultation .

### IV) ACTIONS A MENER :

- A) BARRAGE :
    - 1- Déplacement de la ligne électrique très haute tension
    - 2- Déplacement du climatère situé dans la commune d'EL-ESNAM .
  - B) TUNSFERT DES OUEDES : ZAJANE - BABAR ET BARED
- Afin d'augmenter le volume régulé/garanti du barrage , il est envisagé de transférer Les eaux des Oueds ZAJANE , BABAR et BARED .
- Les études de faisabilité et de l'avant projet détaillé sont en cours .
- C) Aduction :
    - Le lancement des travaux de l'adduction de la ville BOUIRA et de ses agglomérations périphériques ainsi que la zone Industrielle de SIDI KHALED est envisagé à partir de l'année 2003 .
    - L' enquête parcelaire et l'expertise des études sont en cours .

FIGURE 6 – Différentes caractéristiques du barrage de Tiledit