

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

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

جامعة محمد الصديق بن يحيى جيجل

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département : Sciences de la Terre et de  
l'Univers



كلية علوم الطبيعة و الحياة  
قسم : علوم الارض و الكون

## Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme : Master Académique  
en Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière : Géologie

Option : Hydrogéologie

Thème

Étude de fonctionnement hydrologique du bassin  
Versant d'oued Djendjen

### Membres de Jury

Président : Drouiche Abdelmalek

Examineur : Rihia Djamel

Encadrant : Zahi Faouzi



### Présenté par

Belmili Mohamed  
Hamed Rekima

Année Universitaire 2021-2022

Numéro d'ordre (bibliothèque) : .....

## ***Remerciement***

*Nous remercions cordialement tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail,*

*Nous remercions particulièrement et profondément, nos parents pour leur dévouement tout au long de notre parcours scolaire.,*

*Nos vifs remerciements sont adressés à notre encadreur Dr ZAHY Faouzi pour ces efforts, ses précieux conseils et ses informations qu'il nous a toujours prodigués. Qu'il trouve ici le témoignage de notre respects et reconnaissances,*

*Nous tenons également à remercier tous les travailleurs des barrages d'Erraguene et de Tabelout*

## ***Dédicace***

*Avant tous je dis « EL HAMDOULI'ALLAH »*

*Je dédie ce mémoire*

*A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs*

*prières tout au long de mes études,*

*A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire*

*A mes chères sœurs :Majda et Mimi*

*A mon binôme : Hamed*

*A tous ma famille " belmili et boulkeraa" : mes grands-mères et mon grand-père, tous mes tantes et oncles.*

*A mes chers Amis qui se partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de réalisation de ce travail, ils m'ont chaleureusement supporté, motivé et encouragé tout au long de mon parcours*

*Aymen,Ramzi,Hossem,Mondir,Oussama,Aymen,Rabeh,Halim,Chinwi,*

*A tous mes collègues de Master 2 Hydrogéologie qui occupe une place dans mon cœur  
Aziz, Akram, El-Heydous, Hichem, Ayoub*

*A mes collègues de Master1et 2 Géotechnique et RMGE*

*Fermlı,Toula,Ayoub tmi,Kamal,Mouaad,MohamedR ,Ilyas ,Yahya*

*Mohamed*

## ***Dédicace***

*Avant tous je dis « EL HAMDOULI'ALLAH »*

*Je dédie ce mémoire*

*A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs*

*prières tout au long de mes études,*

*A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire*

*A mes chères frères :ayoub,ilsam,lokman*

*A ma chère sœur :takwa,gigi*

*A mon binôme : mohamed*

*A tous ma famille " Rekima et bouchaiba" : ma grand-mère et mon grand-père, tous mes tantes et oncles.*

*A mes chers Amis qui se partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de réalisation de ce travail, ils m'ont chaleureusement supporté, motivé et encouragé tout au long de mon parcours*

*Bilal,youyou,lotfi,samir lm3l*

*A tous mes collègues de Master 2 Hydrogéologie qui occupe une place dans mon cœur*

*Aziz, Akram, El-Heydous, hichem, Ayoub*

*A mes collègues de Master1et 2 Géotechnique et RMG*

*Ferme,Tool,Ayoub tmi,Kamal,Mouaad,Mohamed R,Ilyas,Yehya*

*Hamed*

## ***Résumé***

Le bassin versant de l'Oued Djendjen fait partie de la wilaya de Jijel, située au nord-est de l'Algérie. Il est équipé de deux grands barrages dans sa partie amont ; le barrage d'Erraguène (capacité de 200 hm<sup>3</sup>) achevé en 1963, exploité à des fins hydroélectriques et le barrage de Tabellout (capacité de 294 hm<sup>3</sup>) mis en eau en 2019. Ces dernières années, ces deux barrages ont provoqué des perturbations et des dysfonctionnements hydrologiques dans la partie aval du bassin versant (plaine alluviale de l'Oued Djendjen). L'objectif de ce travail est d'étudier le fonctionnement hydrologique de ce bassin versant à partir de deux méthodes, l'une empirique et l'autre expérimentale. La formule expérimentale dans laquelle nous utilisons les apports en eau et les précipitations mesurés dans les deux barrages, car ils sont équipés de stations de mesures hydrométriques et pluviométriques automatiques à l'échelle mensuelle.

L'analyse de ces données nous a permis de trouver une relation linéaire entre les apports et les précipitations à l'échelle des épisodes pluvieux pour chacun des sous-bassins. Les résultats obtenus nous ont permis d'estimer les erreurs de calcul et l'effet des lâchers d'un barrage à l'autre après une comparaison entre notre formule expérimentale et celle trouvée en 2022 par Miroh et Mhidi pour le bassin versant de l'oued El-Agrem et entre notre formule et celle de Tixeron Berkalouff dans chaque sous-bassin.

**Mots clés :** Bassin versant, épisode pluvieux, ruissellement, précipitations, Oued Djendjen.

## ***Abstract***

The wadi Djendjen watershed is part of the wilaya of Jijel, located in the north-east of Algeria. It is equipped with two large dams in its upstream part; the Erraguène dam (capacity of 200 hm<sup>3</sup>) completed in 1963, exploited for hydroelectric purposes, and the Tabellout dam (capacity of 294 hm<sup>3</sup>) impounded in 2019. Recently, these two dams have caused hydrological disturbances and dysfunctions in the downstream part of the watershed (alluvial plain of wadi Djendjen). The objective of this work is to study the hydrological functioning of this watershed using two methods, one empirical and the other experimental. The experimental formula in which we use water inputs and rainfall measured in the two dams, as they are equipped with automatic hydrometric and rainfall measurement stations on a monthly scale.

The analysis of these data allowed us to find a linear relationship between inflows and precipitation on the scale of rainfall episodes for each of the sub-basins. The results obtained allowed us to estimate the calculation errors and the effect of releases from one dam to another after a comparison between our experimental formula and the one found in 2022 by Miroh et Mhidi for the wadi El-Agrem watershed and between our formula and the one of Tixeron Berkalouff in each sub-basin.

**Key words :** Watershed, Rainy episode, Runoff, Precipitation, Wadi Djendjen.

## ملخص

تمثل مستجمعات المياه لوادي جن جن جزء من ولاية جيجل الواقعة في شمال شرق الجزائر. هذا الحوض يحتوي في جزئه العلوي على سدين كبيرين ؛ في عام 1963 تم بناء سد إراقن (بسعة 200 هك<sup>3</sup>) ، وتم استغلاله لأغراض الطاقة الكهرومائية ، كما تم بناء سد تبلوط (بسعة 294 هك<sup>3</sup>) في عام 2019. تسبب هذان السدان مؤخرا في حدوث اضطرابات واختلالات هيدرولوجية في الجزء السفلي من مجرى المياه (سهل وادي جنجن). إن الهدف من هذا العمل هو دراسة الأداء الهيدرولوجي لمستجمع المياه هذا باستخدام طريقتين ، واحدة نظرية والأخرى تجريبية. الصيغة التجريبية التي نستخدم فيها امدادات المياه وحجم الأمطار المقاسة في السدين ، حيث تم تجهيزها بمحطات قياس هيدرومترية أوتوماتيكية وقياس هطول الأمطار على نطاق شهري

كما سمح لنا تحليل هذه البيانات بإيجاد علاقة خطية بين التدفقات الداخلة للسدين وهطول الأمطار على مقياس فترات هطول الأمطار لكل من الأحواض الفرعية. سمحت لنا النتائج التي تم الحصول عليها بتقدير أخطاء الحساب وتأثير الإطلاقات من سد إلى آخر بعد المقارنة بين الصيغة التجريبية الخاصة بنا والصيغة التي تم العثور عليها في عام 2022 من طرف ميروح و مهيدي لمستجمع مياه وادي العقرم وبين صيغتنا وصيغة تيكسيرون بيركلوف في كل حوض فرعي

**الكلمات المفتاحية:** مستجمعات المياه ، حلقة الأمطار وادي جنجن ، هطول الأمطار ، الجريان السطحي

## Sommaire

• *Remerciements*

• *Dédicace*

• *Résumé*

ملخص

• *Abstract*

• *Table de matières*

• *Liste des Tableaux*

• *Liste des Figures*

**Introduction Générale**.....1

### *Chapitre I : Présentation de la zone d'étude*

**Introduction** .....3

**I.1.** Présentation du bassin versant d'oued Djendjen ..... 3

**I.2.** Contexte géologique du bassin versant d'oued Djendjen..... 5

**I.2.1.** Les formations de l'Ere Primaire..... 5

**I.2.** Les formations de l'Ere Secondaire..... 6

**I.2.3.** Les formations de l'Ere Tertiaire ..... 7

**I.2.4.** Les formations d'Ere Quaternaire .....7

**I.3.** Etude Climatique..... 8

**I.3.1.** Stations météorologiques.....8

**I.3.2.** Facteurs climatiques.....9

**I.3.2.1.** Les précipitations .....9

**I.3.2.2.** La température..... 14

**I.3.2.3.** Type de Climat (Courbe pluviométrique)..... 15

**I.3.2.4.** Bilan hydrologique ..... 16

**Conclusion**..... 22

### *Chapitre II : Etude morphométrique du bassin versant*

**Introduction** .....23

**II.1.** Définitions du bassin versant..... 23

**II.2.** Caractéristiques physiographiques .....24

**II.2.1.** Paramètres géométriques .....24

**II.2.2** Les paramètres de forme ..... 26



II.2.3. Paramètres du relief.....	27
II.3. Réseau Hydrographique.....	31
II.3.1. Longueurs des affluents .....	32
II.3.2. Densité de drainage .....	33
II.3.3. Le temps de concentration (Tc) .....	33
II.3.4. La vitesse d'écoulement de l'eau (VC) .....	34
II.4. Occupation du bassin versant .....	34
II.5. Les barrages de bassin versant d' oued Djendjen .....	35
II.5.1. Le barrage d'Erraguene.....	35
II.5.2. Le barrage de Tabellout.....	35
Conclusion .....	36

### *Chapitre III : Partie bibliographique*

Introduction.....	37
III.1. Fonctionnement hydrologique d'un bassin versant .....	37
III.1.1. Notion du Bassin Versant .....	37
III.1.2. Bilan hydrologique .....	37
III.1.3. Etude des processus hydrologiques .....	38
III.1.3.1. Processus superficiels.....	39
III.1.3.2. Les processus souterrains.....	40
III.1.4. Les facteurs de génération des débits.....	41
III.1.4.1. Conditions aux limites : « forçages » atmosphériques .....	42
III.1.4.2. Conditions initiales : état hydrique et hydrologique du bassin.....	42
III.1.4.3. Propriétés hydriques du milieu et variabilité spatio-temporelle .....	42
III.1.4.4. Caractéristiques géométriques : topographie et morphométrie.....	43
III.1.5. Evolution des apports d'eau en fonction des précipitations .....	43
III.1.6. Rôle et Fonctionnement des barrages.....	44
III.1.6.1. Les risques qui menacent les barrages .....	45
III.1.6. 2. Les perturbations provoquées par les barrages .....	45
Conclusion.....	46

### *Chapitre IV: Estimation de ruissellement*

Introduction.....	48
IV.1. Estimation de ruissellement.....	48
IV.1.1. choix des épisodes pluvieux.....	48

V.1.2.Evolution des apports d'eau en fonction des précipitations .....	49
IV.1.2.1.Sous bassin d'Erraguene .....	49
IV.1.2.1.2. Détermination de la relation pluie –apports de sous bassin d'Erraguene .....	55
IV.1.2.1.3. La courbe de corrélation.....	56
IV.1.2.1.4. Comparaison entre les résultats de ruissellement trouvés par les différentes formules.....	59
IV.1.2.2. Sous bassin de Tabellout (sans lâchés du barrage d'Erraguene).....	60
IV.1.2.2.1. Détermination de la relation pluie –apports de sous bassin de Tabellout .....	60
IV.1.2.2.2. La courbe de corrélation .....	61
IV.1.2.2.3.Comparaison entre les résultats de ruissellement trouvés par les différentes formules .....	63
IV.1.2.3.Sous bassin de Tabellout (avec les lâchée et la moyenne entre les deux bassin).....	64
IV.1.2 .3.1 Sous bassin de Tabellout (avec les lâches du barrage d'Erraguene) .....	64
IV.1.2 .3.2.Sous bassin de Tabellout et d'Erraguene (la moyenne) .....	68
<b>Conclusion</b> .....	71
<b>Conclusion Générale</b> .....	72
<b>Références Bibliographiques</b>	
<b>Annexes</b>	

## Liste des Figures

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>page</b>
<b><i>Chapitre I</i></b>		
<b>Figure I.1 :</b>	Situation géographique du bassin versant d'oued Djendjen	<b>3</b>
<b>Figure I.2 :</b>	Situation du bassin versant d'oued Djendjen	<b>4</b>
<b>Figure I.3 :</b>	Carte géologique du bassin versant d'oued Djendjen	<b>8</b>
<b>Figure I.4 :</b>	Carte pluviométrique de la wilaya de Jijel (ANRH, 1993)	<b>9</b>
<b>Figure I.5 :</b>	Précipitations moyennes mensuelles de la station d'Achouat (1999-2019)	<b>10</b>
<b>Figure I.6 :</b>	Précipitations moyennes mensuelles de la station d'Erraguene (1999-2019)	<b>11</b>
<b>Figure I.7 :</b>	Coefficients pluviométriques pour deux les stations : Achouat et Erraguene (1999-2019)	<b>12</b>
<b>Figure I.8 :</b>	Précipitations moyennes saisonnières des deux stations : Achouat et Erraguene.	<b>13</b>
<b>Figure I.9 :</b>	Températures moyennes mensuelles de la station d'Achouat (1999-2019)	<b>14</b>
<b>Figure I.10 :</b>	Températures moyennes mensuelles de la station d'Erraguene (1999-2019)	<b>14</b>
<b>Figure I.11 :</b>	Courbe pluviométrique de la station d'Achouat (1999-2019)	<b>15</b>
<b>Figure I.12 :</b>	Courbe pluviométrique de la station d'Erraguene (1999-2019)	<b>15</b>
<b>Figure I.13 :</b>	Bilan d'eau de la station d'Erraguene selon Thornthwaite	<b>20</b>
<b>Figure I. 14 :</b>	Bilan d'eau de la station de l'Achouat selon Thornthwaite	<b>20</b>
<b><i>Chapitre II</i></b>		
<b>Figure II.1 :</b>	Bassin hydrologique et bassin topographique(Boutaya et Chalal,2017)	<b>23</b>
<b>Figure II.2 :</b>	limites du bassin et des sous bassin d'oued Djendjen	<b>24</b>
<b>Figure II.3 :</b>	Carte du relief du bassin versant et des sous bassin d'Oued Djendjen	<b>28</b>
<b>Figure II.4 :</b>	Courbes hypsométriques du bassin versant et des sous bassin d'Oued Djendjen	<b>30</b>
<b>Figure II.5 :</b>	Réseau hydrographique du bassin versant et des sous bassin d'Oued Djendjen	<b>32</b>
<b><i>Chapitre III</i></b>		
<b>Figure III.1 :</b>	Processus de génération des débits (d'après Ambroise, 1998)	<b>39</b>

<b>Figure III.2 :</b>	Fonctionnement hydrologique des barrages(Bernard Chocat,2014)	<b>45</b>
<b><i>Chapitre IV</i></b>		
<b>Figure IV.1 :</b>	limite et réseaux hydrographique de sous bassin d'Erraguene	<b>49</b>
<b>Figure IV.2 :</b>	Variation des apports par rapport aux précipitations de sous bassin d'Erraguene	<b>51</b>
<b>Figure IV.3 :</b>	Les épisodes (1- 4) Des forts apports	<b>52</b>
<b>Figure IV.4 :</b>	Les épisodes (5- 10) Des forts apports	<b>53</b>
<b>Figure IV.5 :</b>	Les épisodes (11-12) des forts apports	<b>54</b>
<b>Figure IV.6 :</b>	Les épisodes (1-4) des faibles apports	<b>54</b>
<b>Figure IV.7 :</b>	Les épisodes (5-6) des faibles apports	<b>55</b>
<b>Figure IV.8 :</b>	Corrélation entre les apports et les précipitations de sous bassin d'Erraguene	<b>57</b>
<b>Figure IV.9 :</b>	Corrélation entre les précipitations et le ruissellement durant les épisodes pluvieux de sous bassin d'Erraguene	<b>58</b>
<b>Figure IV.10 :</b>	Corrélation entre les précipitations et le ruissellement durant les épisodes pluvieux (Mirouh & Mhidi, 2022)	<b>59</b>
<b>Figure IV.11 :</b>	limite et réseaux hydrographique de sous bassin de Tabellout .	<b>60</b>
<b>Figure IV.12 :</b>	Corrélation entre les Apports sans lâchés du barrage d'Erraguene et précipitations mensuelles du sous bassin de Tabellout.	<b>61</b>
<b>Figure IV.13 :</b>	Corrélation entre la hauteur de lame d'eau ruisselée et les précipitations mensuelles	<b>62</b>
<b>Figure IV.14 :</b>	limite et réseaux hydrographique de sous bassin de barrage de Tabellout et d'Erraguene.	<b>64</b>
<b>Figure IV.15 :</b>	Corrélation entre le volume des Apports avec lâchés du barrage d'Erraguene et précipitations mensuelles du sous bassin de Tabellout.	<b>65</b>
<b>Figure IV.16 :</b>	Corrélation entre les précipitations et le ruissellement durant les épisodes pluvieux du sous bassin de Tabellout (avec lâchés)	<b>67</b>
<b>Figure IV.17 :</b>	Corrélation entre le volume des Apports moyennes et précipitations mensuelles moyennes des sous bassins.	<b>69</b>
<b>Figure IV.18 :</b>	Corrélation être les précipitations et le ruissellement durant les épisodes pluvieux des sous bassins.	<b>70</b>

## Liste des Tableaux

<i>Tableau</i>	<b>Titre</b>	<b>page</b>
<b>Chapitre I</b>		
<b>Tableau I.1</b>	Coordonnées géographiques des stations météorologiques.	8
<b>Tableau I.2</b>	Précipitations moyennes mensuelles (mm) de la station d'Achouat et d'Erraguene	10
<b>Tableau I.3</b>	Coefficient pluviométrique des stations : Achouat et Erraguene	12
<b>Tableau I.4</b>	Températures moyennes mensuelles des deux stations (1999-2019)	14
<b>Tableau I.5</b>	Evapotranspiration potentielle selon la méthode de Thornthwaite de station d'achouat.	17
<b>Tableau I.6</b>	Evapotranspiration potentielle selon la méthode de Thornthwaite de station d'Erraguene	17
<b>Tableau I.7</b>	Bilan hydrique selon Thornthwaite dans la station d l'Achouat	18
<b>Tableau I.8</b>	Bilan hydrique selon Thornthwaite dans la station d 'Erraguene	19
<b>Tableau I.9</b>	Evapotranspiration réelle des deux stations selon la formule de Turc	21
<b>Tableau I.10</b>	Evapotranspiration réelle des deux stations selon la formule de Coutagne	21
<b>Tableau I.11</b>	Résultats des infiltrations pour les deux stations ; Achouat et Erraguene (1999-2019)	22
<b>Chapitre II</b>		
<b>Tableau II.1</b>	les périmètres du bassin et des sous bassin d'oued Djendjen .	25
<b>Tableau II.2</b>	Les superficies du bassin et des sous bassin d'oued Djendjen	25
<b>Tableau II.3</b>	L'indice de compacité de Gravelius du bassin et des sous bassin d'oued Djendjen	26
<b>Tableau II.4</b>	Les paramètres de rectangle équivalent du bassin et des sous bassin d'oued Djendjen	27
<b>Tableau II.5</b>	Tableau définissant l'hypsométrie du bassin versant et des sous bassin d'Oued Djendjen	28
<b>Tableau II.6</b>	Altitudes caractéristiques du bassin versant et des sous bassin d'Oued Djendjen	31
<b>Tableau II.7</b>	Longueur et nombre de thalweg du bassin versant et des sous bassin d'Oued Djendjen.	33
<b>Tableau II.8</b>	Caractéristiques hydrologiques du bassin versant des sous bassin d'Oued Djendjen d'oued Djendjen	34
<b>Tableau II.9</b>	Occupation du sol de la wilaya de jijel (in Karaouat et Bourafa, 2016)	34

<b>Tableau II.10</b>	Caractéristiques du barrage d'Erraguene	35
<b>Tableau II.11</b>	Caractéristiques du barrage de Tabellout (ANBT, 2019)	36
<b>Chapitre IV</b>		
<b>Tableau IV .1</b>	Volume des apports des différents épisodes de sous bassin d'Erraguene	56
<b>Tableau IV .2</b>	Volume de lame ruisselée des épisodes par la formule expérimentale	58
<b>TableauIV .3</b>	Comparaison entre les résultats de ruissellement trouvés par les différentes formules	60
<b>Tableau IV.4</b>	Apports sans lâchés du barrage d'Erraguene et précipitations mensuelles du sous bassin de Tabellout.	61
<b>Tableau IV.5</b>	Hauteur de lame d'eau ruisselée durant chaque mois	62
<b>Tableau IV.6</b>	Résultats du ruissellement calculé par les différentes formules	64
<b>Tableau IV.7</b>	Apports avec lâchés du barrage d'Erraguene et précipitations mensuelles du sous bassin de Tabellout	65
<b>Tableau IV.8</b>	Hauteur de lame d'eau ruisselée mensuelle	66
<b>Tableau IV.9</b>	Ruissellement calculé par les différentes formules	68
<b>Tableau IV.10</b>	Apports moyennes et précipitations mensuelles moyennes des sous bassins.	68
<b>Tableau IV.11</b>	Hauteur de lame d'eau ruisselée de chaque mois	70
<b>Tableau IV.12</b>	Comparaison entre les résultats de ruissellement trouvés par les différentes formules	71

## Liste des symboles

<b>BV</b>	Bassin versant
<b>%</b>	Pourcentage
<b>C°</b>	Degré Celsius
<b>M</b>	Mètre
<b>Km</b>	Kilomètre
<b>Mm</b>	Millimètre
<b>Hm<sup>3</sup></b>	Hectomètre cube
<b>P</b>	Précipitations
<b>T</b>	Température
<b>ETP</b>	Evapotranspiration potentielle
<b>ETR</b>	Evapotranspiration réel
<b>RFU</b>	Réserve facilement utilisable
<b>DA</b>	Déficit agricole
<b>A.N.B. T</b>	Agence National des barrages et transfère
<b>R</b>	Ruissellement
<b>V</b>	Volume
<b>Epi</b>	Episodes
<b>E</b>	Est
<b>OU</b>	Ouest
<b>N</b>	Nord
<b>S</b>	Sud

# *Introduction générale*



## **Introduction générale**

l'eau est un élément primordial à la vie. Et c'est la raison qui rend possible la vie à la surface de la terre, c'est la base de la vie humaine, animale et végétale, et son usage ne se limite pas à boire, mais c'est la base des domaines industriels, agricultures domestiques et de la sécurité alimentaire pour les humains et les plantes, qui sont à l'origine dans les chaînes alimentaires des organismes vivants, la base de leur vie est l'eau. La disponibilité des plantes n'importe où signifie la disponibilité de la vie, et tout cela est dû à la présence de l'eau.

L'un des avantages les plus importants de l'eau est qu'elle maintient la modération atmosphérique en fournissant l'humidité nécessaire à l'air.

La conservation de l'eau est une nécessité et non une option, il est donc nécessaire d'utiliser l'eau avec modération.

Le moyen idéal pour atteindre ce qui précède est à travers de bassin versant qui correspond à l'ensemble de la surface qui reçoit les eaux qui circulent vers un même cours d'eau ou vers une même nappe d'eau souterraine. Et même avec plusieurs problèmes, notamment dans l'étude, la gestion et le transfert de l'eau dans le bassin versant; nous devons continuer à essayer de trouver des solutions à ces problèmes en fonction des caractéristiques de les trois sous bassins.

La zone d'étude (jijel) reçoit des grandes quantités d'eau de pluie chaque année (très arrosées), cela conduit à une abondance d'eau de ruissellement à la surface sous évalué par les apports de chaque sous bassin (Erraguene, Tabellout et la Plaine).

Dans ce travail nous avons essayé d'estimer les volumes des apports d'eaux ruisselés en fonction des précipitations dans le bassin versant d'oued Djendjen par l'utilisation des données des précipitations et des apports mensuelle des années (2019,2020 et 2021 pour sous bassin versant de Tabellout), (1999 jusqu'à 2021 pour sous bassin versant d'Erraguene), afin de trouver une relation entre ces deux variables qui par la suite transformée en équation de ruissellement en fonction des précipitations. Pour atteindre cet objectif, notre étude a été subdivisée en quatre chapitres :

- Chapitre I : présente la zone d'étude de manière générale, en traitant également les caractéristiques de la zone. géographiques du bassin versant d'oued Djendjen avec donner un aperçu sur la géologie régionale et locale de cette zone. Et puis étudié les différents paramètres climatiques (précipitations, température, bilan hydrique) pour une période de 20 ans pour deux stations Achouat et Erraguene (1999-2019).

- Chapitre II : Etude les différents paramètres des Caractéristiques physiographiques (Paramètres du relief, Réseau Hydrographique et Paramètres géométriques) du bassin versant Djendjen et puis étudier chaque sous bassins séparément.
- Chapitre III : basé sur une recherche bibliographique sur le fonctionnement hydrologique des bassins versants et les méthodes hydrologique (expérimentale, empirique ).
- Chapitre IV : Etude des caractéristiques hydrologiques des sous bassins versant (Erraguene, Tabellout, Tabellout sans les lâches de barrage d'Erraguene ,Tabellout avec les lâches de barrage d'Erraguene et la moyenne des données entre Tabellout et Erraguene ainsi que l'établissement de la formule expérimentale de ruissellement de chaque sous bassin.

*Chapitre I :Présentation de la zone  
d'étude*

**Introduction**

Pour bien comprendre le fonctionnement hydrologique d'une région, il est indispensable de connaître les facteurs physico-géographiques caractérisant la zone afin d'avoir une idée générale du secteur d'étude, avant de faire appel à d'autres facteurs plus précis comme la géologie, la climatologie et la géomorphologie.

**I.1. Présentation du bassin versant d'oued Djendjen**

Le Bassin versant de l'Oued Djendjen fait partie de la wilaya de Jijel, située au nord-est de l'Algérie. Cette wilaya possède une façade maritime de plus de 120 km et s'étend sur une superficie de 2398.69 km<sup>2</sup>. Elle compte onze (11) daïras et vingt-huit (28) communes (Fig. I.1). Elle est limitée au nord par la mer Méditerranée, à l'ouest par la wilaya de Bejaïa, à l'est par la wilaya de Skikda, au sud-ouest par la wilaya de Sétif, au sud par la wilaya de Mila et au sud-est par la wilaya de Constantine. Le bassin versant de l'oued Djendjen comprend plusieurs communes à savoir : Taher, El amir Abd Elkader, Ouedjana, Texenna, Djimla, Boudria Beni Yadjis, Selma Ben Ziada, Ziama Mansouria, Erraguene.

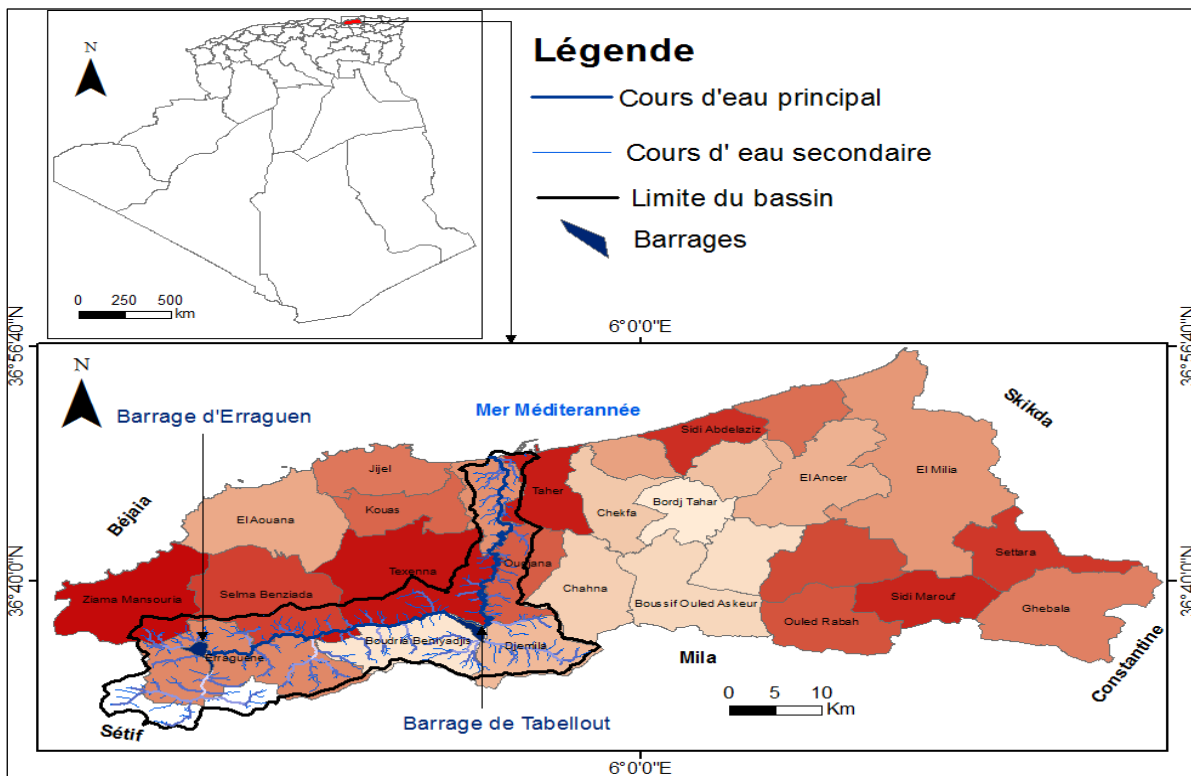
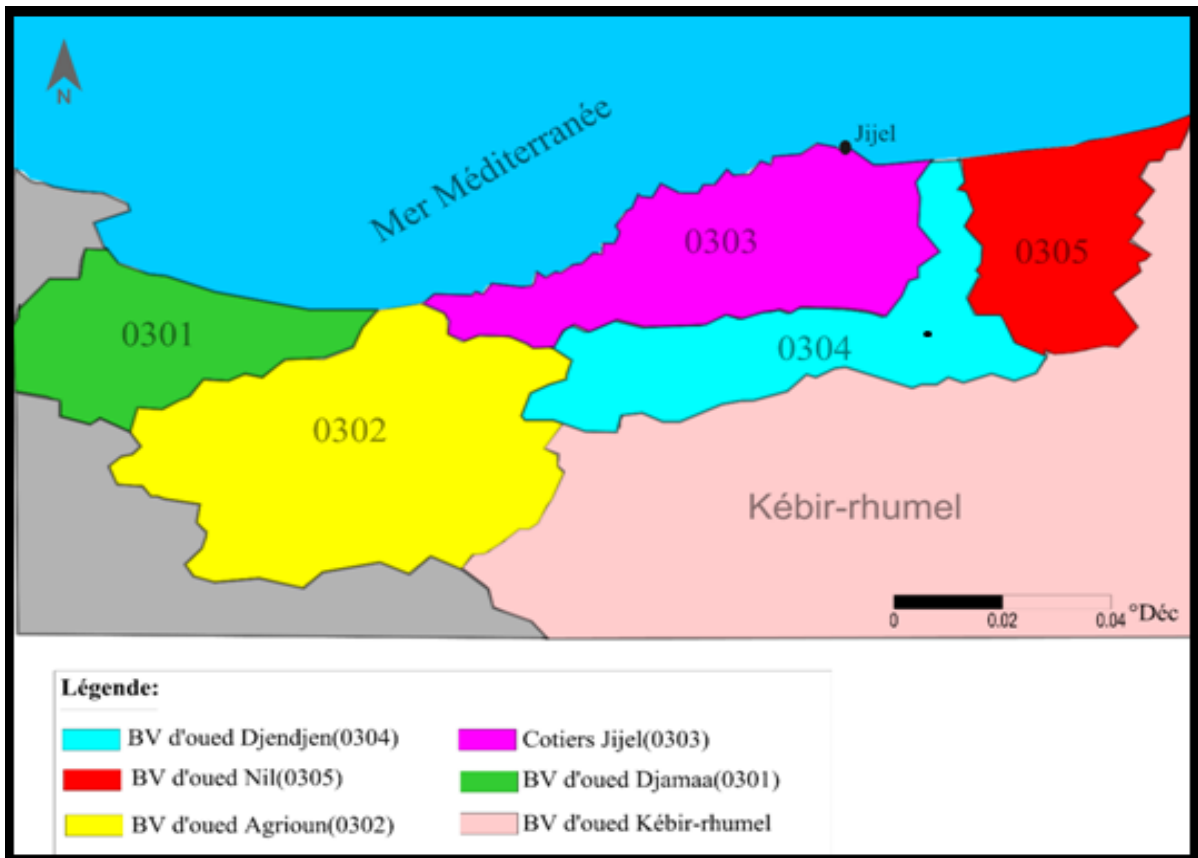


Figure I.1 : Situation géographique du bassin versant d'oued Djendjen

Le bassin versant de l'Oued Djendjen se trouve entre la latitude 36°22' et 36°48' Nord et la longitude 5°30' et 5°58' Est. Il est bordé au Nord par la mer Méditerranée, à l'Est par le bassin versant de l'Oued Nil (0305), au Sud par le bassin versant de Kébir-Rhumel, au Sud-Ouest par le bassin versant de l'Oued Agrioun (0302) et enfin au Nord-Ouest par le bassin versant côtier de Jijel (0303) (Fig. I.2).



*Figure I.2 : Situation du bassin versant d'oued Djendjen (in Hammadi et Harendi, 2015)*

Le bassin versant de l'Oued Djendjen présente les conditions morphologiques les plus favorables à une dynamique très intense, comme le jeune relief. L'oued principal (29.2 km de longueur) s'écoule dans une direction ouest-est jusqu'au barrage de Tabellout, puis tourne du sud au nord vers la mer. L'Oued Djendjen est caractérisé par un fort drainage, car le réseau hydrographique est dense. Il est très encaissé à l'amont, empruntant des ravins qui entaillent les reliefs de Texanna et Thar Oussaf. Les oueds Agoug, Reha, Missa et Zatout sont les principaux affluents qui alimentent l'oued Djendjen, qui prend sa source dans le Djebel Babor. Dans sa partie aval, la pente de l'oued Djendjen devient plus faible. Cela entraîne un ralentissement de la vitesse

d'écoulement à ce niveau, ce qui aura un impact sur la relation entre les eaux de surface et la nappe de la plaine alluviale. La forte valeur du coefficient d'écoulement de ce bassin versant est due à une forte pluviométrie et à un débit d'eau très important. Cela a pour conséquence de faire de l'oued Djendjen le cours d'eau le plus alimenté en eau, le plus chargé en transport solide et donc l'oued le plus agressif du nord de l'Algérie (Bourouba, 1994).

## **I.2. Contexte géologique du bassin versant d'oued Djendjen**

La wilaya de Jijel se trouve dans la zone dite les massifs métamorphiques kabyles faisant partie des zones hydrogéologiques des montagnes plissées du littoral méditerranéen. Elle appartient au domaine de la petite Kabylie qui présente trois massifs anciens : les Babors, le massif de Collo et le massif de l'Edough avec leurs couvertures plissées d'âge Mésozoïque et Cénozoïque. La petite Kabylie se limite au Nord par la mer méditerranée, à l'Ouest par la Soummam, à l'Est se limite par la dépression de la plaine de Annaba, tout à fait au Sud, on a une rupture imprécise qui correspond à la ligne de partage des eaux entre le bassin du Hoddna et les oueds du Nord drainés par la méditerranée (*in Boucenna F, 2009*). La majeure partie de la petite Kabylie est formée par des roches cristallophylliennes, avec une couverture sédimentaire formée de grés et de dépôts plus récents, l'ensemble est traversé par des filons éruptifs.

Le bassin versant d'oued Djendjen est situé au nord-est de l'Algérie et appartient au domaine de Tellian. Au sud, il est situé entre deux chaînes de montagnes, le Numidien Sud et le Numidien Nord (Delga, 1955). Dans cette partie, l'oued draine l'extrémité occidentale des chaînes numides où il creuse des gorges très profondes qui se jettent ensuite dans la mer Méditerranée (Fig. I.3). (*Delga, 1955*). La série stratigraphique dans le bassin est représentée dans l'ordre suivant :

### **I.2.1. Les formations de l'Ere Primaire**

Elles existent largement en aval du bassin versant et représentées par des terrains métamorphiques. D'après l'étude de *Ehrmann (1921)*, on retrouve les terrains métamorphiques suivants : un complexe de schistophyllades, des micaschistes à niveaux feldspathiques, des micaschistes à biotite, muscovite et séricite, des calcaires cristallins et pegmatites, des micaschistes granulites et enfin un ensemble quartzo-phyllades chloriteux et gneissiques (*Later et Terki, 1998, Boucenna, 2009*).

**I.1.2. Les formations de l'Ere Secondaire**

Ils occupent une grande partie du cours supérieur du bassin de l'Oued Djendjen.

L'étude réalisée par A. Lambert en 1949 en fait la description suivante :

La formation triasique représentée par une formation de gypse salifère (diapir de gypse), couvre une superficie importante dans le sud du bassin versant.

Il s'agit de Trias apparue dans sa couverture sédimentaire. Ce niveau offre sous cette forme de grands affleurements dans le bassin versant, ceci est très probablement dû à l'énorme épaisseur de ce terrain par rapport à celle de sa couverture. Localisés à la limite sud (Djebel Tloundenne) et (Djebel M'Sil) du bassin versant, il présente un intérêt stratigraphique particulier.

Sous un complexe de trias très écrasé, incluant dolomies, schistes rouges et verdâtres, grès quartzeux, cargneules, ophites, gypse, on voit un lambeau composé de calcaires et de marno-calcaires offrant une centaine de mètre d'épaisseur sur 1km de longueur. La coupe des terrains de ce lambeau (celui-ci surmonté par les schistes siliceux du Crétacé inférieur) est la suivante :

- Calcaires vermiculés épaisseurs de 40 m.
- Calcaires marneux en dalles et plaquettes associés avec des calcschistes très altérés en surface, épaisseur de 50 m.
- Alternances de marno-calcaires, calcaires vermiculés et schistes à grain fin ; épaisseur de 30 m.

Il est à noter que cet ensemble à subit un léger métamorphisme.

- **Infra lias [iL]** : ce sont des calcaires vermiculés.

- **Lias moyen [L]** :

Calcaires massifs blancs, calcaires en bancs ou dalles à silex, calcaires dolomitiques.

- **Jurassique supérieur et moyen et Lias supérieur [JL]** :

Calcaires rubanés à silex, parfois dolomitisés à la base.

- **Jurassique terminal [Js]** :

Schistes rouges, calcaires gréseux oolitiques.

- **Aptien-Néocomien [C1-8]** :

Schistes siliceux (poudingues vers la base).

- **Cénomaniens-Albien [C5-1]** :

- calcaires marneux en petits bancs et calco-schistes.

- **Sénonien [C9-7]** :

Poudingues, marnes schisteuses, calcaires marneux

### **I.2.3. Les formations de l'Ere Tertiaire**

Le Numidien (Eocène-Oligocène) : est un type de flysch comprenant une alternance de grès et d'argiles, avec une prédominance d'argiles et de marnes à la base et de grès au sommet. On distingue de bas en haut la séquence suivante (Boucenna, 2009) : des argiles de base à tubotomaculum et de marnes, des grès de couleur blanche ou rouge par suite de l'oxydation des sels de fer.

*a. Le Miocène inférieur (Burdigalien)* : est représenté par des marnes grises plastiques parfois sableuses ou jaunâtres par une oxydation marine. Ces marnes forment le substratum imperméable dans la région orientale de Jijel. L'épaisseur de ces marnes est d'environ 200 à 300 mètres.

*b. Le Miocène supérieur (Pontien)* : Comprend des dépôts détritiques cailloutis, galets et argiles d'origine continentale.

### **I.2.4. Les formations d'Ere Quaternaire**

Sont représentées par :

- Les terrasses anciennes : formées de cailloutis, de graviers et de galets, qui sont très perméables et généralement aquifères.
- Les dunes anciennes (20 mètres d'épaisseur) : constituées de sables jaunes (jaune rouille, limoneux).
- Les alluvions récentes limoneuses : sont des dépôts essentiellement limoneux des basses vallées, elles se développent surtout sur la rive droite de l'oued Djendjen et l'oued Nil.
- Les dunes récentes (15 m d'épaisseur) : constituées des sables grossiers parfois consolidés.
- Les alluvions actuelles ( $\geq 20$  mètres d'épaisseur) : sont constituées de sables, galets, conglomérats et graviers.



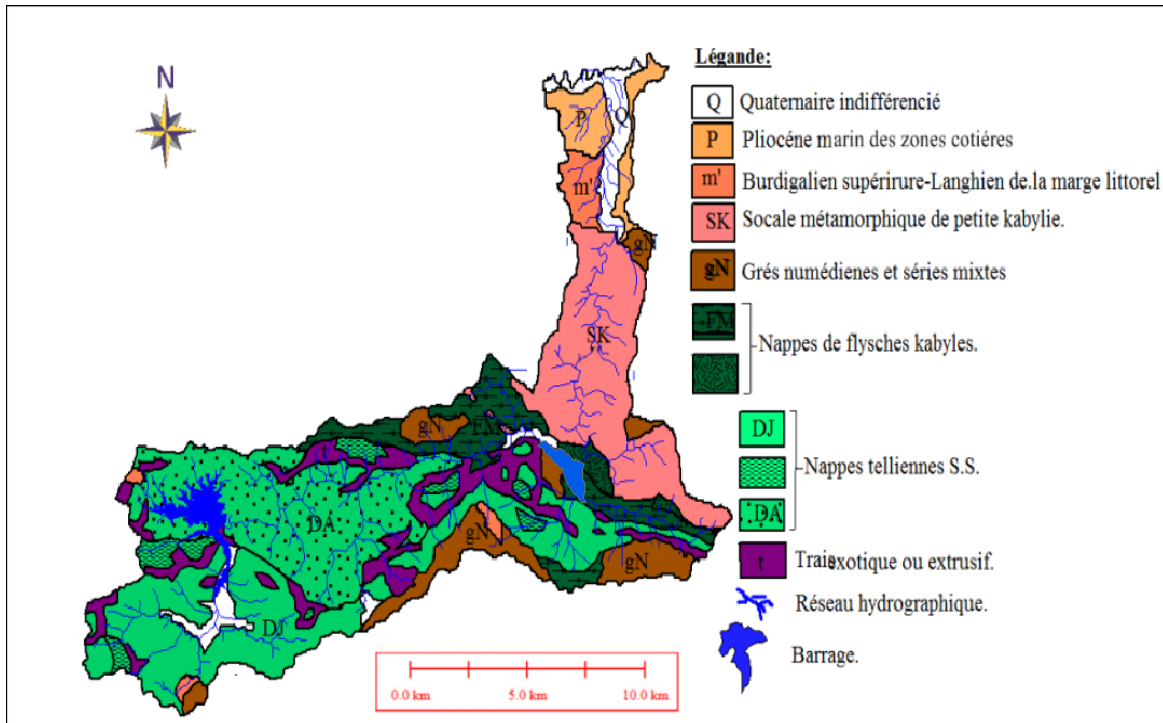


Figure I.3 : Carte géologique du bassin versant d'oued Djendjen (Vila, 1978 in Boulfrakh et Lakehel, 2017).

### I.3. Etude Climatique

Dans le but de compléter l'étude du complexe physique du bassin versant d'oued Djendjen, une analyse des facteurs climatiques s'impose. Elle permet de mettre à jour les facteurs les plus importants qui régissent le climat et d'établir un bilan hydrique de la région. L'établissement de ce dernier est nécessaire pour comprendre le fonctionnement d'un système hydrologique de surface.

#### I.3.1. Stations météorologiques

Pour analyser les paramètres climatiques, deux stations météorologiques ont été choisies : la station d'Achouat (Taher) et la station du barrage d'Erraguene, qui occupent le bassin versant de l'Oued Djendjen grâce à leur positionnement. Les séries de données utilisées concernent une période d'observation de 20 ans (Tab.I.1).

Tableau I.1 : Coordonnées géographiques des stations météorologiques.

Station Météo	Coordonnées Lambert		Altitude	Période d'observation
	X (km)	Y (km)		
Achouat	783.472	392.836	6 m	(1999-2019)
Erraguene	730.582	405.162	620 m	

### I.3.2. Facteurs climatiques

La wilaya de Jijel est soumise à un climat méditerranéen tempéré et humide avec un hiver doux et un été chaud et sec relativement, elle est caractérisée par une pluviométrie décroissante du Sud vers le Nord. Elle est assez élevée sur les monts de Texenna avec plus de 1200 mm/an (Fig.I.4), alors qu'au niveau des plaines, les valeurs varient de 900 à 1000 mm/an (Berkane, 2006).

**I.3.2.1. Les précipitations :** Les précipitations sont toutes les eaux météoriques (eau provenant de sources atmosphériques directes) qui tombent sur la surface de la terre. Les précipitations dans une région sont étroitement liées au climat de cette région et sont caractérisées par une certaine variation spatiale et temporelle.

La zone d'étude est l'une des zones les plus arrosées d'Algérie (Fig. I.4). Elle reçoit chaque année de très grandes quantités d'eau de pluie, qui se déverse généralement dans les principaux oueds de la wilaya (Boulfrakh et Lakehel, 2017), dont l'oued Djendjen, qui constitue l'objet de cette étude.

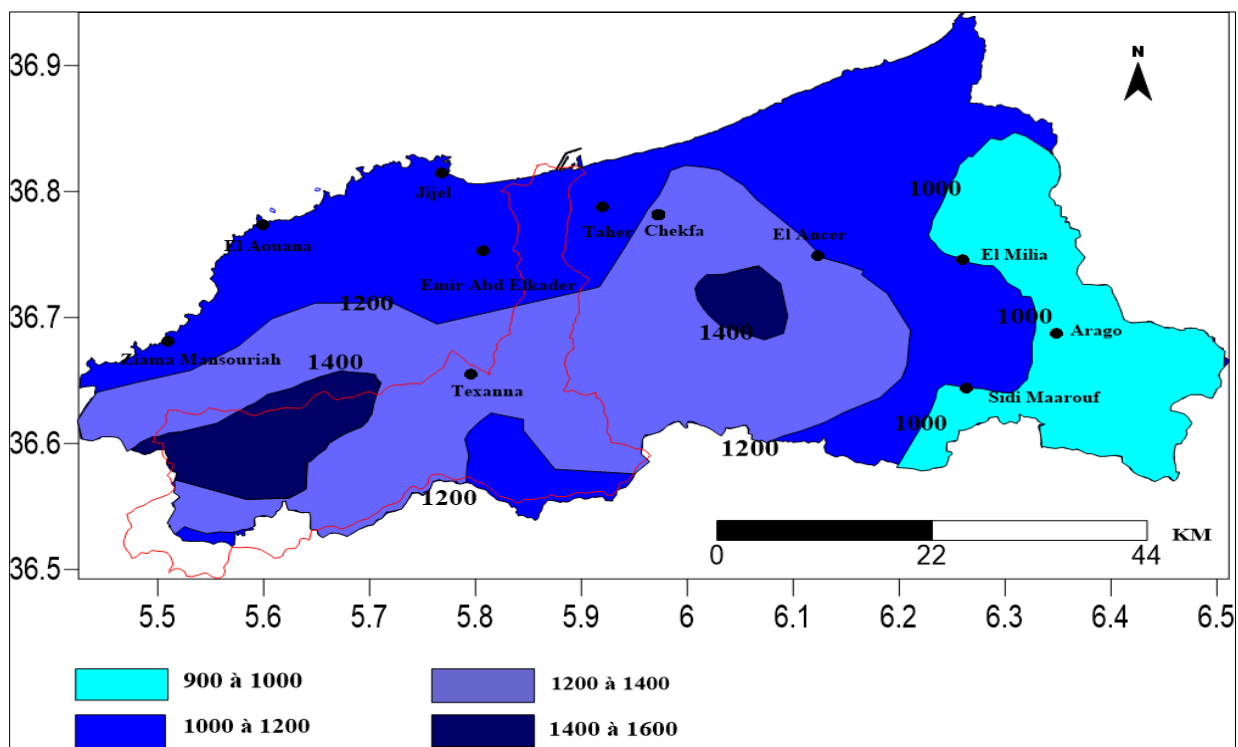


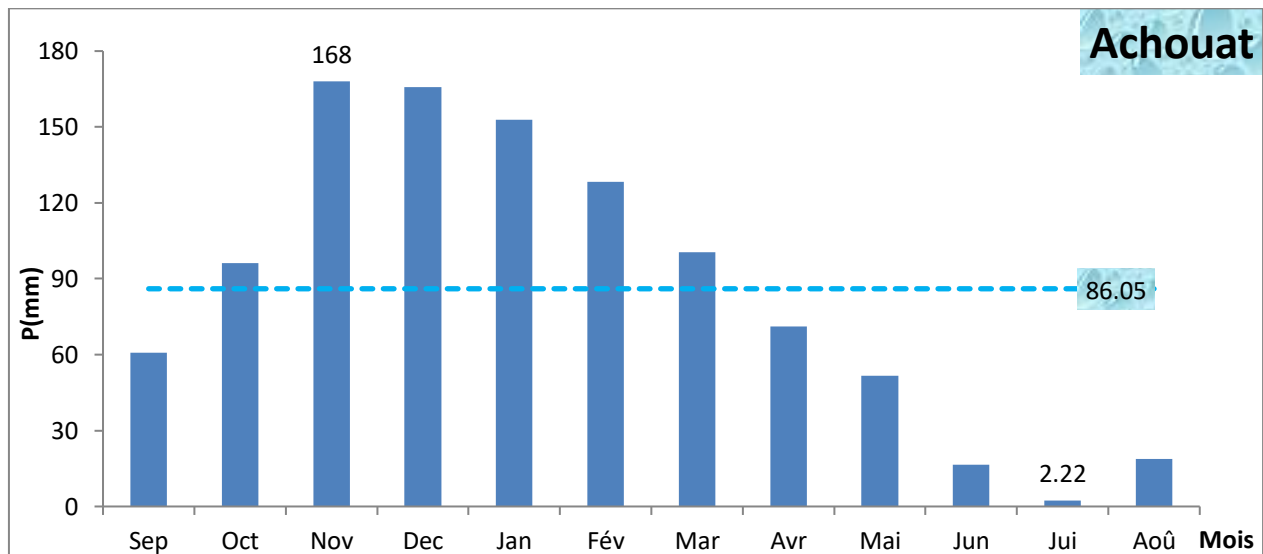
Figure I.4 : Carte pluviométrique de la wilaya de Jijel (ANRH, 1993)

**a. Précipitations moyennes mensuelles :** Le tableau suivant (Tab.I.2) présente les précipitations mensuelles moyennes obtenues à partir de l'exploitation des données climatiques des deux stations d'Achouat et d'Erraguene.

*Tableau I.2 : Précipitations moyennes mensuelles (mm) de la station d'Achouat et d'Erraguene*

Station	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aoû	somme
<b>Achouat</b>	60.77	96.07	168.00	165.66	152.95	128.23	100.41	71.25	51.70	16.63	2.22	18.75	<b>1032.62</b>
<b>Erraguene</b>	77.70	65.49	169.65	220.88	238.62	178.91	146.58	102.37	56.59	16.91	2.30	12.91	<b>1288.88</b>

L'évolution de la pluviométrie moyenne mensuelle mesurée à la station d'Achouat montre que la pluviométrie maximale est enregistrée en novembre, devenant le mois le plus pluvieux avec 168 mm (Fig. I.5). Par contre la pluviométrie minimale est enregistrée en juillet avec 2.22 mm. Pour la station d'Erraguene, la plus forte pluviométrie a été enregistrée en janvier, c'est le mois le plus humide avec 238.62 mm (Fig. I.6), alors que le mois de juillet a été le moins pluvieux avec seulement 2.30 mm.



*Figure I.5 : Précipitations moyennes mensuelles de la station d'Achouat (1999-2019)*

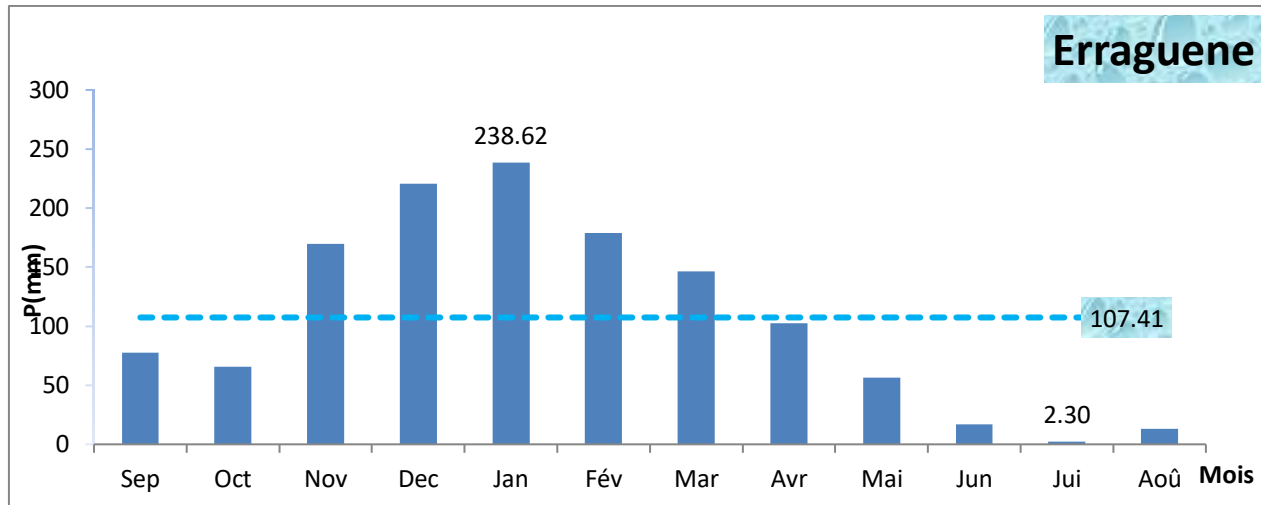


Figure I.6 : Précipitations moyennes mensuelles de la station d'Erraguene (1999-2019)

**b. Coefficient pluviométrique (H) :** Ce coefficient permet de déterminer pour une station donnée, si l'année est excédentaire ( $H > 1$ ) ou déficitaire ( $H < 1$ ). Il est défini par le rapport de la pluviométrie (P) d'une année à la pluviométrie moyenne  $\bar{P}$  d'une période d'observation (Zahi 2014). Ce coefficient est calculé selon la formule suivante :  $H = P / \bar{P}$

Avec : H : Coefficient pluviométrique.

P : Pluviométrie d'une année (mm).

$\bar{P}$  : Pluviométrie moyenne annuelle (mm)

Sachant que les hauteurs moyennes annuelles des précipitations ( $\bar{P}$ ) enregistrées durant la période d'observation sont de l'ordre de 1032.62 mm et 1288.88 mm, successivement pour les stations d'Achouat et celle de Erraguene.

L'analyse des courbes des variations du coefficient pluviométrique, montre que les années déficitaires communes pour les deux stations sont nombreuses que les années excédentaires. Les années excédentaires sont 2002-2003, 2003-2004, 2004-2005, 2007-2008, 2011-2012, 2014-2015, 2017-2018, 2018-2019 et le reste des années sont considérées comme déficitaires. L'analyse des variations des précipitations moyennes annuelles montre que l'année (2002-2003) est la plus arrosée avec 1429.4 mm pour la station d'Achouat et pour la station d'Erraguene avec 2169.4 mm. Par contre, l'année (2001-2003) la moins pluvieuse avec 655 mm et 650.75 mm, respectivement pour la station d'Achouat et Erraguene (Fig. I.7).

Tableau I.3 : Coefficient pluviométrique des stations : Achouat et Erraguene.

Année	Coefficient pluviométrique	
	Achouat	Erraguene
1999-2000	0.84	0.63
2000-2001	0.77	0.8
2001-2002	0.63	0.5
2002-2003	1.38	1.68
2003-2004	1.01	1.19
2004-2005	1.2	1.17
2005-2006	0.85	0.91
2006-2007	0.79	0.87
2007-2008	1.08	1.08
2008-2009	0.92	1.1
2009-2010	0.98	0.95
2010-2011	1	1.22
2011-2012	1.35	1.03
2012-2013	1.13	0.93
2013-2014	0.96	0.9
2014-2015	1.21	1.22
2015-2016	0.92	0.92
2016-2017	0.76	0.61
2017-2018	1.15	1.21
2018-2019	1.07	1.08

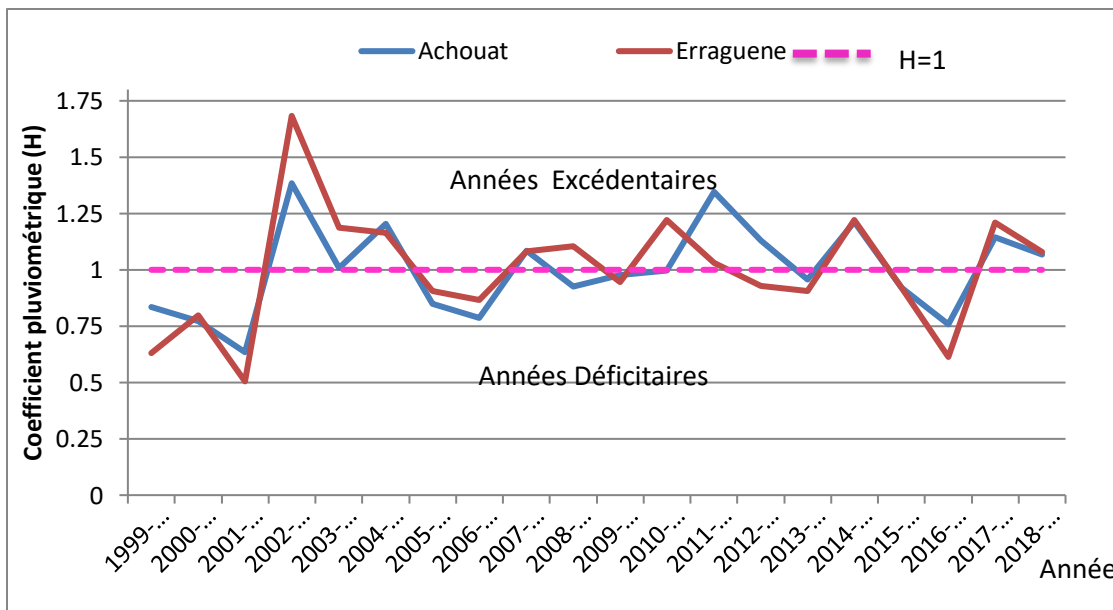
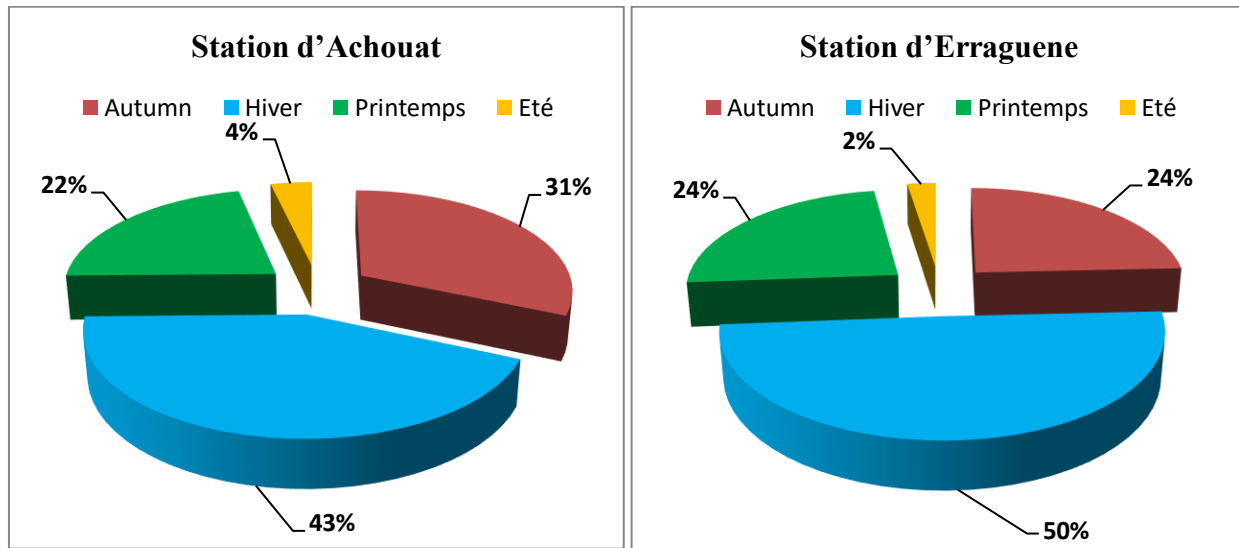


Figure I.7 : Coefficients pluviométriques pour deux les stations : Achouat et Erraguene (1999-2019)

**c. Précipitations moyennes saisonnières :** La subdivision des pluies de l'année pour chaque saison est faite suivant les quatre saisons agricoles (Fig. I.8) : l'automne (septembre, octobre, novembre), l'hiver (décembre, janvier, février), le printemps : mars, avril, mai) et l'été (Juin, juillet, août).



*Figure I.8 : Précipitations moyennes saisonnières des deux stations : Achouat et Erraguene.*

D'après la figure I.8, on constate qu'au niveau de la station d'Achouat, la saison la plus pluvieuse est la saison hivernale avec une précipitation saisonnière de 446.84 mm soit 43% de la précipitation annuelle et que la saison estivale est la moins pluvieuse avec une précipitation saisonnière de 37.60 mm soit 4% de la précipitation annuelle. En ce qui concerne la station d'Erraguene, on remarque que la saison la plus pluvieuse est la saison d'hiver avec des précipitations saisonnières de 638.40 mm soit 50% des précipitations annuelles et la saison la moins pluvieuse est la saison d'été avec des précipitations saisonnières de 32.11 mm soit 2% des précipitations annuelles.

### I.3.2.2. La température

La température représente l'état atmosphérique de l'air, c'est-à-dire le degré de froid ou de chaleur. Elle a une grande influence sur le bilan hydrique car elle est responsable de l'évaporation et de l'évapotranspiration (Bechkit, 2005). En général, il dépend de l'altitude, de la distance à la mer et de la position topographique.

**a. Températures moyennes mensuelles :** Dans le tableau ci-dessous (Tab.I.4) figurent les températures moyennes mensuelles des deux stations d'Achouat et d'Erraguene.

Tableau I.4 : Températures moyennes mensuelles des deux stations (1999-2019)

Station		Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août
T (°C)	Achouat	22.74	21.10	16.27	12.83	11.64	11.85	13.85	16.23	19.04	22.98	26.02	26.44
	Erraguene	21.21	17.88	11.83	7.72	6.43	7.19	10.88	13.41	16.46	21.44	25.21	25.17

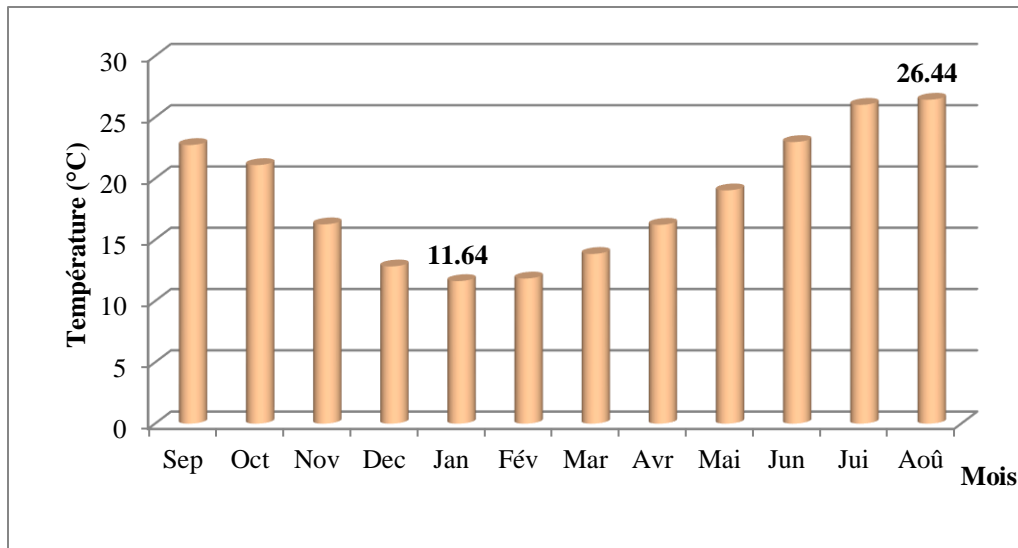


Figure I.9 : Températures moyennes mensuelles de la station d'Achouat (1999-2019)

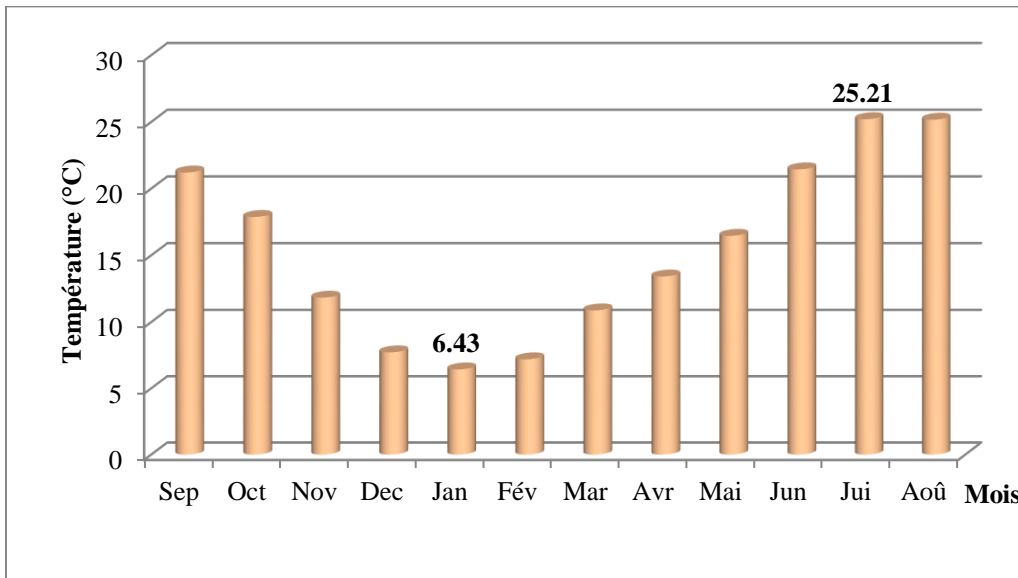


Figure I.10 : Températures moyennes mensuelles de la station d'Erraguene (1999-2019)

Les figures suivantes (Fig. I.9, Fig. I.10) représentent l'évolution des températures mensuelles enregistrées dans les deux stations. Elles révèlent qu'une période froide s'étend de novembre à avril, où la valeur minimale de température enregistrée en janvier est de 11.64 °C pour la station d'Achouat, et de 6.43 °C pour la station d'Erraguene. En revanche, une période chaude s'étend sur

la période de mai à octobre avec une valeur maximale de température de l'ordre de 26.44 °C enregistrée au mois d'août pour la station d'Achouat, et de 25.21 °C au mois de juillet pour la station d'Erraguene.

**I.3.2.3. Type de Climat (Courbe pluviométrique)**

La courbe des précipitations (combinaison de deux paramètres climatiques ; la température et les précipitations), permet de déterminer le type de climat qui règne dans une région donnée. Selon Bagnouls et Gaussen (1953), une période sèche est une période où les précipitations sont inférieures à 2 fois la température moyenne mensuelle ( $P < 2T$ ).

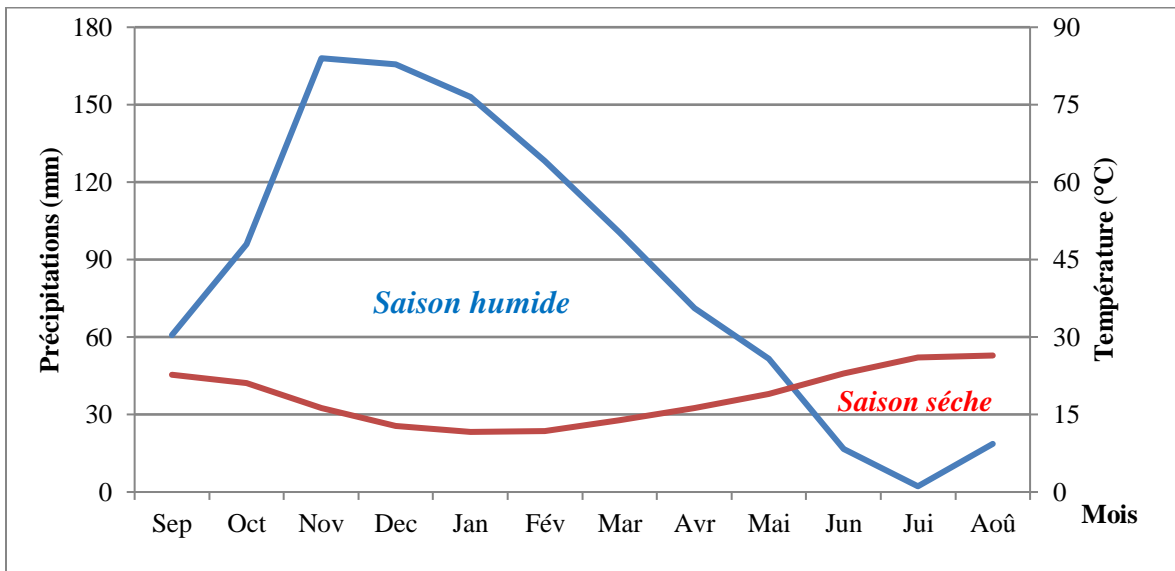


Figure I.11 : Courbe pluviométrique de la station d'Achouat (1999-2019)

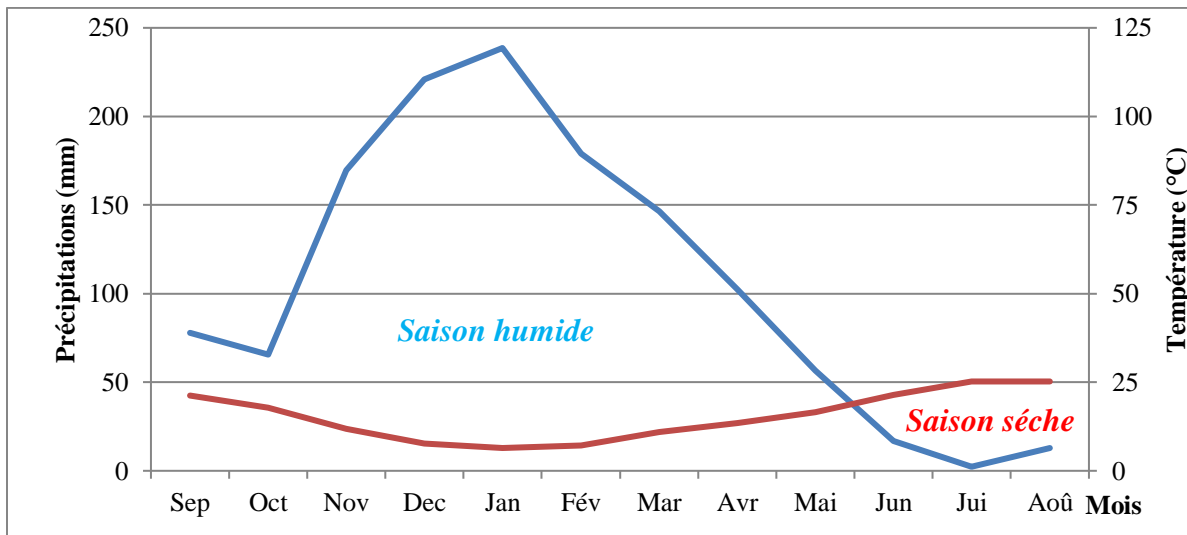


Figure I.12 : Courbe pluviométrique de la station d'Erraguene (1999-2019)



Les deux stations sont caractérisées par la succession de deux saisons : la saison humide, qui s'étend d'octobre à mai, caractérisée par une température basse et de fortes précipitations avec un maximum de 168 mm en novembre et 238.62 mm en janvier pour les stations d'Achouat et d'Erraguene respectivement. L'autre saison sèche s'étend de mai à septembre (Fig. I.11 et Fig. I.12), où la température atteint son maximum 26.44°C en août pour la première station et 25.21°C en juillet pour la seconde.

#### I.3.2.4. Bilan hydrologique

Le bilan hydrique d'une région consiste à évaluer la répartition des précipitations reçues sur une surface, entre les composantes suivantes : évapotranspiration réelle (ETR), ruissellement (R) et l'infiltration dans le sous-sol. L'étude climatique conduira à un calcul du bilan en exploitant les données météorologiques disponibles et en utilisant la méthode adaptée à la région. Le bilan hydrique est exprimé par la relation suivante :

$$P = ETR + R + I$$

Avec : **P** : Précipitations moyennes annuelles (mm).    **R** : Ruissellement en (mm).

**ETR** : Evapotranspiration réelle en (mm).    **I** : Infiltration moyenne en (mm).

##### I.3.2.4.1. L'évapotranspiration

L'évapotranspiration est la somme de l'eau utilisée dans une zone donnée par la croissance de la végétation pour assurer la transpiration et la formation des tissus et de l'eau évaporée du sol, de la neige et de la pluie retenue par le feuillage en un temps donné (Schoeler, 2003). L'évapotranspiration est donc l'ensemble des processus de transformation de l'eau en sa forme gazeuse (vapeur), à savoir l'évaporation (phénomène physique), et la transpiration du couvert végétal (phénomène biologique).

**a. L'évapotranspiration potentielle (ETP) :** L'évapotranspiration potentielle est la quantité maximale d'eau évaporée par évapotranspiration dans un climat donné par un couvert végétal bien arrosé. Elle comprend donc l'évaporation du sol et la transpiration de la végétation dans une zone donnée. On applique la méthode de C.W. Thornthwaite pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle (Tab.I.5) et (Tab.I.6). Selon cette méthode, l'estimation de l'ETP est effectuée sur la base d'une formule empirique permettant de calculer la capacité d'évaporation (en mm) pour chaque mois.

$$ETP = 16 (10T / I)^a * K$$

**ETP** : évapotranspiration potentielle (mm). **T** : température moyenne mensuelle en °C.

**I** : somme des indices thermiques mensuels (i), tel que ;  $i = (T/5)^{1.514}$

**K** : facteur de correction mensuel, fonction de la durée de la journée

**a** : exposant climatique où :  $a = 0.016 I + 0.5 = 1.920$ .  $I = \sum i = 88.789$ .

**ETPc**: Evapotranspiration potentielle corrigée (mm) :  $ETPc = ETP.k$

*Tableau I.5 : Evapotranspiration potentielle selon la méthode de Thornthwaite de station d'achouat.*

Mois	P (mm)	T (°C)	i	ETP (mm)	K	ETPc (mm)
Sep	60.77	22.74	9.90	97.24	1.03	100.15
Oct	96.07	21.10	8.85	84.22	0.97	81.69
Nov	168.00	16.27	5.96	51.04	0.86	43.90
Dec	165.66	12.83	4.16	32.34	0.84	27.16
Jan	152.95	11.64	3.59	26.79	0.87	23.31
Fév	128.23	11.85	3.69	27.73	0.85	23.57
Mar	100.41	13.85	4.68	37.46	1.03	38.59
Avr	71.25	16.23	5.94	50.80	1.10	55.88
Mai	51.70	19.04	7.57	69.08	1.21	83.58
Jun	16.63	22.98	10.07	99.25	1.22	121.08
Jui	2.22	26.02	12.15	126	1.24	156.24
Août	18.75	26.44	12.44	129.94	1.16	150.74

*Tableau I.6 : Evapotranspiration potentielle selon la méthode de Thornthwaite de station d'Erraguene.*

Mois	P (mm)	T (°C)	i	ETP (mm)	K	ETPc (mm)
Sep	77.70	21.21	8.92	96.10	1.03	98.98
Oct	65.49	17.88	6.88	72.74	0.97	70.56
Nov	169.65	11.83	3.68	37.12	0.86	31.92
Dec	220.88	7.72	1.93	18.51	0.84	15.55
Jan	238.62	6.43	1.46	13.76	0.87	11.97
Fév	178.91	7.19	1.73	16.50	0.85	14.02
Mar	146.58	10.88	3.24	32.37	1.03	33.34
Avr	102.37	13.41	4.45	45.54	1.10	50.10
Mai	56.59	16.46	6.08	63.60	1.21	76.95
Jun	16.91	21.44	9.06	97.82	1.22	119.34
Jui	2.30	25.21	11.58	127.31	1.24	157.86
Août	12.91	25.17	11.55	126.98	1.16	147.29

- **Bilan hydrique selon la formule de C.W Thornthwaite (1948)** : C'est la méthode la plus utilisée pour les climats subhumides et semi-arides, elle permet de quantifier ou d'évaluer la répartition des précipitations entre les différentes composantes du bilan hydrique (ruissellement, infiltration et évapotranspiration). Elle permet également une définition plus précise de la notion

de sécheresse. L'estimation de l'évapotranspiration réelle par la méthode de Thornthwaite est liée au volume des précipitations alors que trois cas peuvent se présenter :

- **1<sup>er</sup> Cas** : ( $P \geq ETP \Rightarrow ETR = ETP$ ) : Il y a reconstitution des réserves du sol jusqu'à saturation (un sol saturé, quand il aura absorbé une lame d'eau équivalente à une précipitation de 100 mm), le surplus représentera l'écoulement superficiel.

- **2<sup>ème</sup> Cas** : ( $P < ETP \Rightarrow ETR = P + RFU$ ) : Dans ce cas, on puisera dans les réserves du sol jusqu'à satisfaction de l'ETP.

- **3<sup>ème</sup> Cas** : ( $P < ETP$  et  $RFU = 0 \Rightarrow ETR = P$ ) : Dans ce cas, on aura un déficit qui représentera la quantité d'eau à apporter pour l'irrigation (déficit agricole)

Les tableaux suivants (Tab.I.7 et Tab.I.8) résument les calculs du bilan hydrologique pour les deux stations : Erraguene et Achouat.

- La réserve facilement utilisable (RFU) : La notion de réserve facilement utilisable correspond à la quantité d'eau stockée dans le sol. Elle est exprimée en mm, et son degré de saturation dépend de plusieurs facteurs, à savoir : la nature, la composition lithologique et l'épaisseur de la couche superficielle, la profondeur du niveau piézométrique de la nappe phréatique, le climat de la région et le type de couverture végétale. Pour notre cas et sur la base de ces facteurs, nous retenons une valeur de l'RFU égale à 100 mm.

- Le déficit agricole (DA) : représente la quantité d'eau nécessaire à l'irrigation au cours de la période de déficit, il est calculé par la formule suivante :  $DA = ETP - ETR$ .

- L'excédent EXC (ruissellement) : il s'agit de la quantité d'eau qui s'écoule après le remplissage du stock et est calculé selon la formule suivante :  $EXC = P - ETR$  (mm).

**Tableau I.7** : Bilan hydrique selon Thornthwaite dans la station d l'Achouat

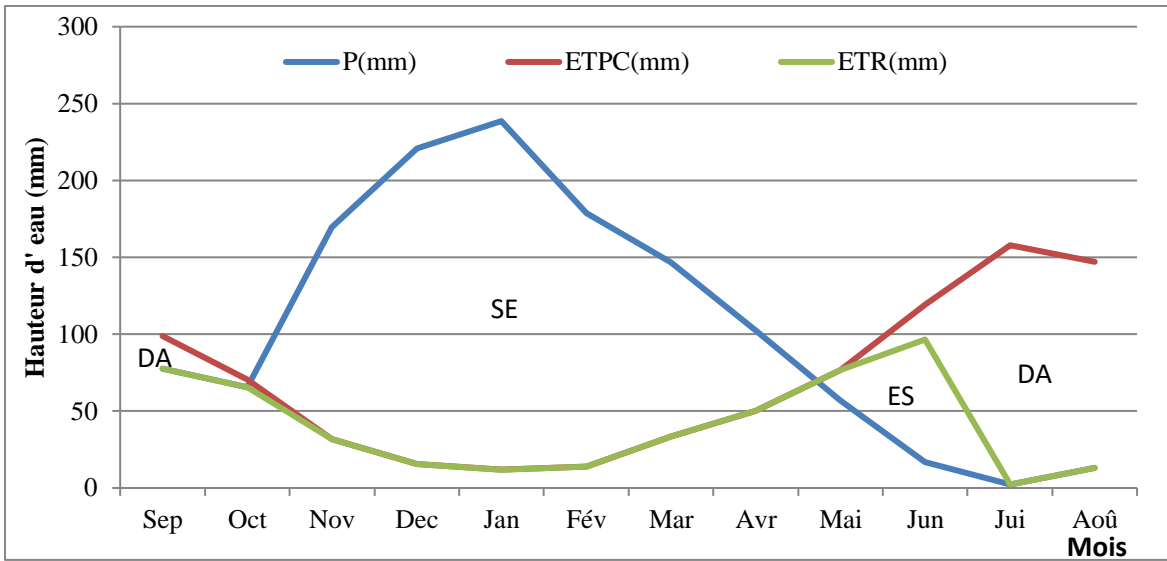
Paramètre en (mm)	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août	Total
<b>P</b>	60.77	96.07	168.00	165.66	152.95	128.23	100.41	71.25	51.70	16.63	2.22	18.75	<b>1032.62</b>
<b>ETPC</b>	100.15	81.69	43.90	27.16	23.31	23.57	38.59	55.88	83.58	121.08	156.24	150.74	<b>905.89</b>
<b>ETR</b>	60.77	81.69	43.90	27.16	23.31	23.57	38.59	55.88	83.58	84.75	2.22	18.75	<b>544.17</b>
<b>RFU</b>	0	14.38	100	100	100	100	100	100	68.12	0	0	0	/
<b>EXC</b>	0	0	38.48	138.5	129.64	104.66	61.82	15.36	0	0	0	0	<b>488.47</b>
<b>Da</b>	39.38	0	0	0	0	0	0	0	0	36.33	154.02	131.99	<b>361.72</b>

Tableau I.8 : Bilan hydrique selon Thornthwaite dans la station d'Erraguene

Paramètre en (mm)	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août	Total
<b>P</b>	77.70	65.49	169.65	220.88	238.62	178.91	146.58	102.37	56.59	16.91	2.30	12.91	<b>1288.88</b>
<b>ETPC</b>	98.98	70.56	31.92	15.55	11.97	14.02	33.34	50.10	76.95	119.34	157.86	147.29	<b>827.90</b>
<b>ETR</b>	77.70	65.49	31.92	15.55	11.97	14.02	33.34	50.10	76.95	96.55	2.30	12.91	<b>488.79</b>
<b>RFU</b>	0	0	100	100	100	100	100	100	79.64	0	0	0	/
<b>EXC</b>	0	0	37.73	205.33	226.65	164.89	113.24	52.27	0	0	0	0	<b>800.09</b>
<b>Da</b>	21.28	5.08	0	0	0	0	0	0	0	22.79	155.56	134.38	<b>339.11</b>

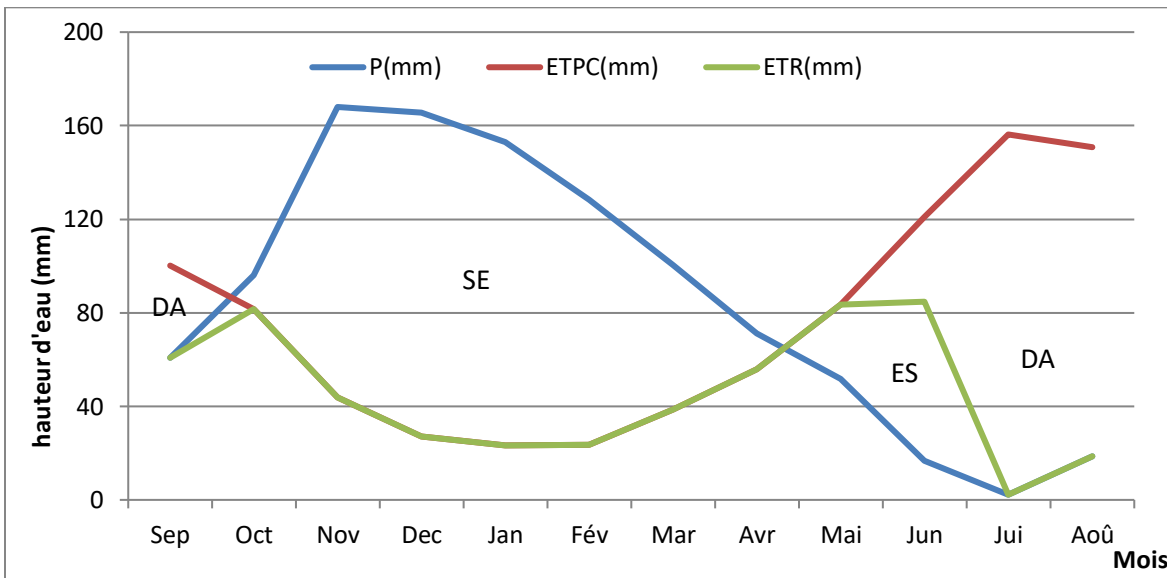
Le bilan hydrique des deux stations (Tab.I.7, Tab.I.8), révèle que les deux stations sont caractérisées par la succession de deux périodes qui se produisent successivement selon la variation des précipitations, l'évapotranspiration potentielle, et l'évapotranspiration réelle. La première représente la période de recharge et d'excédent hydrique, elle s'étend du début du mois d'octobre jusqu'à la fin du mois d'avril, elle est caractérisée par de fortes précipitations atteignant 883.47 mm, 1122.5 mm et une faible évapotranspiration de 294.1 mm, 227.46 mm respectivement pour les stations d'Achouat et d'Erraguene. La réserve commence à se recharger à partir du début du mois d'octobre, alors que le ruissellement apparaît juste au début du mois d'octobre jusqu'au mois d'avril, et sa quantité est estimée par 502.81 mm, 700.07 mm respectivement pour les stations d'Achouat et d'Erraguene. Alors que la deuxième phase représente celle de l'épuisement du stock, qui commence à baisser à partir de début mai et sera vide à la mi-juillet, ainsi que le déficit agricole qui est presque synchrone avec l'épuisement du stock et s'étend de la troisième semaine de mai jusqu'à début octobre. Cette période est caractérisée par une très faible pluviométrie, qui ne dépasse pas 150.07 mm, 166.41 mm, avec une forte évapotranspiration atteignant 476.79 mm, 600.42 mm pour les stations d'Achouat et d'Erraguene respectivement (Fig. I.13, Fig. I.14).

**b. Evapotranspiration réelle (ETR) :** L'évapotranspiration réelle est un indice issu du calcul du bilan hydrique des sols qui représente l'eau perdue sous forme de vapeur par évaporation du sol et du couvert végétal et transpiration des plantes (Thornthwaite, 1955). L'évapotranspiration réelle est l'ensemble des évaporations et de transpiration de surface de zone étudiée. On peut la calculer par plusieurs méthodes, parmi ces dernières on utilise deux seulement qui sont :



ES : Epuisement du stock, SE : Surplus d'eau, DA : Déficit Agricole

Figure I.13 : Bilan d'eau de la station d'Erraguene selon Thornthwaite



ES : Epuisement du stock, SE : Surplus d'eau, DA : Déficit Agricole

Figure I. 14 : Bilan d'eau de la station de l'Achouat selon Thornthwaite

- **Formule de Turc** : la formule de Turc s'écrit comme la suite :

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{p^2}{L^2}}}$$

Avec : **ETR** : Evapotranspiration réelle annuelle en (mm) ;

**P** : Précipitations moyennes annuelles (mm). **T** : Température moyenne annuelle en °C.

**L** : Paramètre exprimant le pouvoir évaporant de l'atmosphère :  $L = 300 + 25T + 0.05T^3$

Tableau I.9 : Evapotranspiration réelle des deux stations selon la formule de Turc

Station	P (mm)	T (°C)	L	ETR (mm)	ETR %
Achouat	1032.62	18.41	1072.23	764.9	74.07
Erraguene	1288.88	15.40	867.61	731.24	56.73

- **Formule de Coutagne** : pour calculer ETR en utilisant la formule suivante :

$$ETR = P - (\lambda * P^2)$$

Avec :  $\lambda = 1 / (0.8 + 0.14T)$

**ETR** : Evapotranspiration réelle (m/an)      **P** : Précipitations moyennes annuelles (m/an).

**T** : Température moyenne annuelle (°C).

Cette formule a une condition d'application qui est :  $1/8\lambda < P < 1/2\lambda$

Tableau I.10 : Evapotranspiration réelle des deux stations selon la formule de Coutagne

Station	T (°C)	$\lambda$	$1/8\lambda$	P (mm)	$1/2\lambda$	ETR (mm)	ETR %
Achouat	18.41	0.29	0.43	1032.62	1.72	723.76	70.13
Erraguene	15.4	0.33	0.37	1288.88	1.51	740.68	57.76

**c. Le ruissellement (R)** : c'est l'écoulement du surplus des eaux de pluie à la surface du sol, qui n'a pu s'infiltrer ou s'évaporer. La lame d'eau ruisselée est exprimée par le rapport du volume ruisselé (m<sup>3</sup>) par la surface du bassin (m<sup>2</sup>). Elle est calculée selon deux formules suivantes :

- Formule de Tixeront-Berkaloff ;  $R = P^3 / 3 * ETP^2$ , si :  $P < 600 \text{ mm}$

- Formule de Tixeront-Berkaloff modifiée par Romantchouk  $R = P^3 / 3$ , si :  $P > 600 \text{ mm}$

Avec : **R**: Ruissellement (mm).      **P**: Précipitations moyennes annuelles (mm).

**ETP**: Evapotranspiration potentielle (mm).

Le calcul du ruissellement selon la formule de Tixeront-Berkaloff modifiée par Romantchouk montre que la quantité d'eau ruisselée est estimée à 367.02 mm et 713.7 mm, soit 35.54% et 55.37% des eaux précipitées, pour les stations d'Achouat et d'Erraguene respectivement.

**d. L'infiltration** : L'infiltration est la quantité d'eau qui traverse la surface du sol, renouvelant les stocks d'eau souterraine et maintenant l'écoulement des eaux souterraines et sortantes après circulation dans les formations hydrogéologiques perméables du sous-sol. L'estimation du niveau d'eau infiltrée peut être faite à l'aide de la formule du bilan hydrique qui est appliquée dans le tableau suivant (Tab.I.11) :

$$P = R + I + ETR$$

Avec : **P**: Précipitations moyennes mensuelles (mm). **R**: Ruissellement (mm).  
**I**: Infiltration (mm). **ETR**: Evapotranspiration réelle (mm).

**Tableau I.11** : Résultats des infiltrations pour les deux stations ; Achouat et Erraguene (1999-2019)

Station	P (mm)	R (mm)	ETR (mm)	I (mm)	I %
Achouat	1032.62	367.02	544.16	121.44	11.76
Erraguene	1288.88	713.7	488.79	86.39	6.7

Selon les résultats du tableau ci-dessus (*Tab. I.11*), la quantité d'eau infiltrée est de 121,44 mm, soit 11,76% et 86,39 mm, soit 6,7% de la quantité précipitée respectivement pour les stations d'Achouat et d'Erraguene.

### Conclusion

La willaya de Jijel est située au nord-est de l'Algérie et couvre une superficie de 2398.69 km<sup>2</sup>, elle abrite des bassins versants de grande importance qui font partie des zones côtières du Constantinois. Plus particulièrement, le bassin versant de l'oued Djendjen qui est bordé par la mer Méditerranée au nord, par le bassin versant de l'oued Nil à l'est, par le bassin versant Kébir-Rhumel au sud, et du côté sud-ouest par le bassin versant de l'oued Agrioun, et enfin par le bassin versant côtier de Jijel qui borde sa partie nord-ouest.

Le bassin versant de l'Oued Djendjen fait partie de la Petite Kabylie (chaîne maghrébine), il présente une variété de formations géologiques : sédimentaires, métamorphiques et magmatiques, leur âge s'étend de l'ère primaire au quaternaire. Il est caractérisé par un climat méditerranéen, avec un hiver humide et un été sec. Il reçoit une hauteur de précipitations d'environ de 1032.62 mm/an et 1288.88 mm/an respectivement pour les stations d'Achouat et d'Erraguene. Le bilan hydrique a permis de mettre en lumière des paramètres qui ne peuvent être mesurés directement. Il montre que 52.69% des précipitations s'évaporent, ce qui correspond à un niveau d'eau de 544.16 mm pour la station d'Achouat, contre 37.92%, qui correspondent à 488.79 mm pour la station d'Erraguene. Le taux d'infiltration est de 11.76% et 6.7%, ce qui correspond à un niveau d'eau de 121.44 mm et 86.39 mm respectivement pour les stations d'Achouat et d'Erraguene. Enfin, on peut dire que le bassin versant de l'Oued Djendjen, relativement bien arrosé, est une région à potentiel hydrique important, en raison de la fréquence et de l'importance de ses précipitations.

*Chapitre II : Etude morphométrique du  
bassin versant*

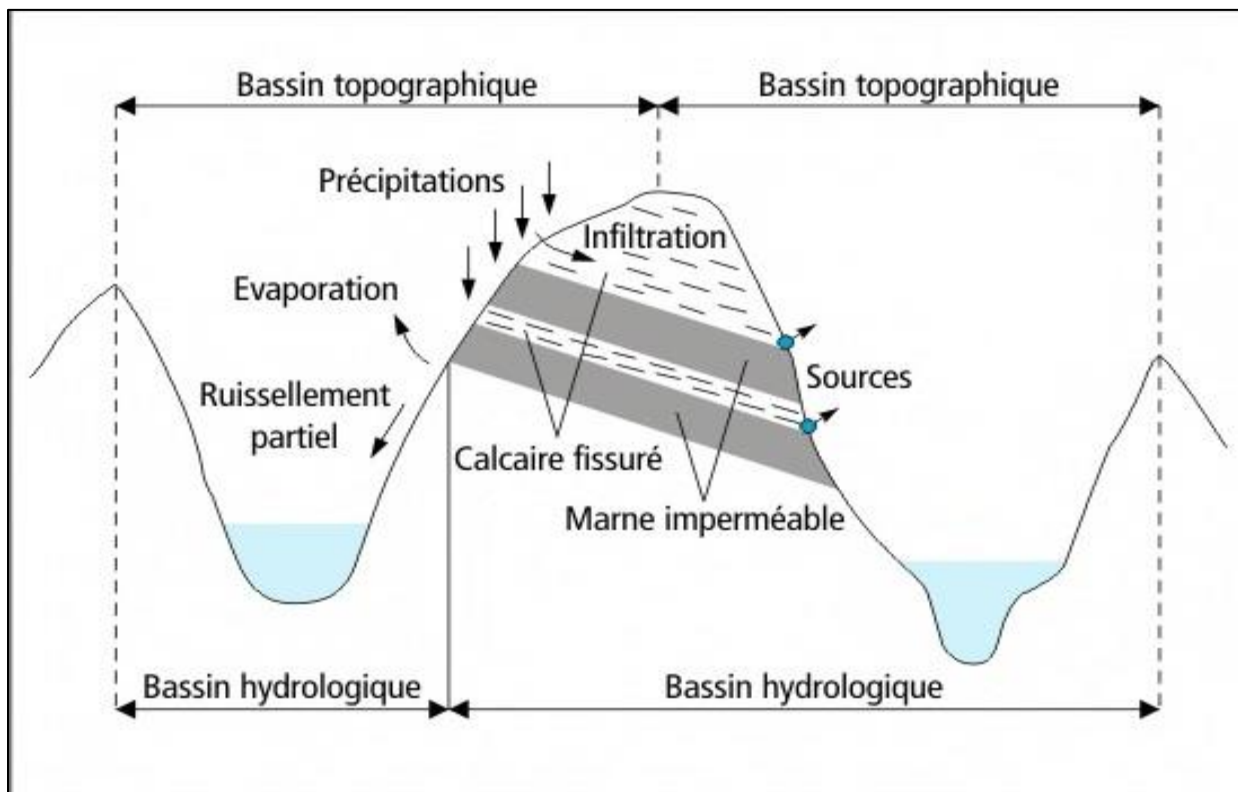


## Introduction

L'étude détaillée du bassin versant d'un cours d'eau est indispensable avant de faire une étude de leur fonctionnement hydrologique. Ce chapitre est donc l'objectif d'accéder à décrire la géométrie du bassin, d'étudier les paramètres du relief et le réseau hydrographique, et de montrer l'occupation du sol qui sont exposés à l'impact des deux barrages plantés dans le bassin versant d'oued Djendjen.

### II.1. Définitions du bassin versant

Le bassin versant est l'ensemble des territoires superficiels et souterrains qui se drainent vers le même exutoire : il correspond à l'ensemble de la surface recevant les eaux qui circulent naturellement vers un même cours d'eau ou vers une même nappe d'eau souterraine. On peut distinguer deux types de bassin à savoir ; Le bassin fonctionnel qui représente une portion de l'espace géographique dont les eaux se drainent vers un même cours d'eau (Fig.II.1). Alors que, le bassin topographique représente une portion de l'espace géographique dont les pentes convergent vers un même cours d'eau. Il peut être identique au bassin fonctionnel ou différent selon la géologie ou la perméabilité du terrain.



*Figure II.1 : Bassin hydrologique et bassin topographique (Boutaya et Chahal, 2017)*

Toutefois, la délimitation topographique nécessaire la détermination en surface du bassin versant naturel n'est pas suffisante. Lorsqu'un sol perméable recouvre un substratum imperméable, la division des eaux selon la topographie ne correspond pas toujours à la ligne de partage effective des eaux souterraines (Fig.II.1). Le bassin versant est alors différent du bassin versant délimité strictement par la topographie. Il est appelé dans ce cas bassin versant réel (Ould Fah, 2016).

## II.2. Caractéristiques physiographiques

### II. 2.1. Paramètres géométriques

Les bassins versants ont des propriétés géométriques variées qui dépendent des facteurs géologiques, géomorphologiques et climatiques de la région. Ces propriétés représentent par les caractéristiques morfo-métriques du bassin .

Pour une bonne étude de fonctionnement hydrologique du bassin versant d'Oued Djendjen, nous devons le diviser en trois parties (sous bassin), dont l'objectif de décrire la géométrie du chaque sous bassin, les paramètres du relief et le réseau hydrographique pour chacun d'eux. Le bassin versant d'Oued Djendjen se subdivise de l'amont à l'aval en trois sous bassins versant (barrage d'Erraguene, barrage de Tabellout et la plaine en aval) (Fig.II.2).

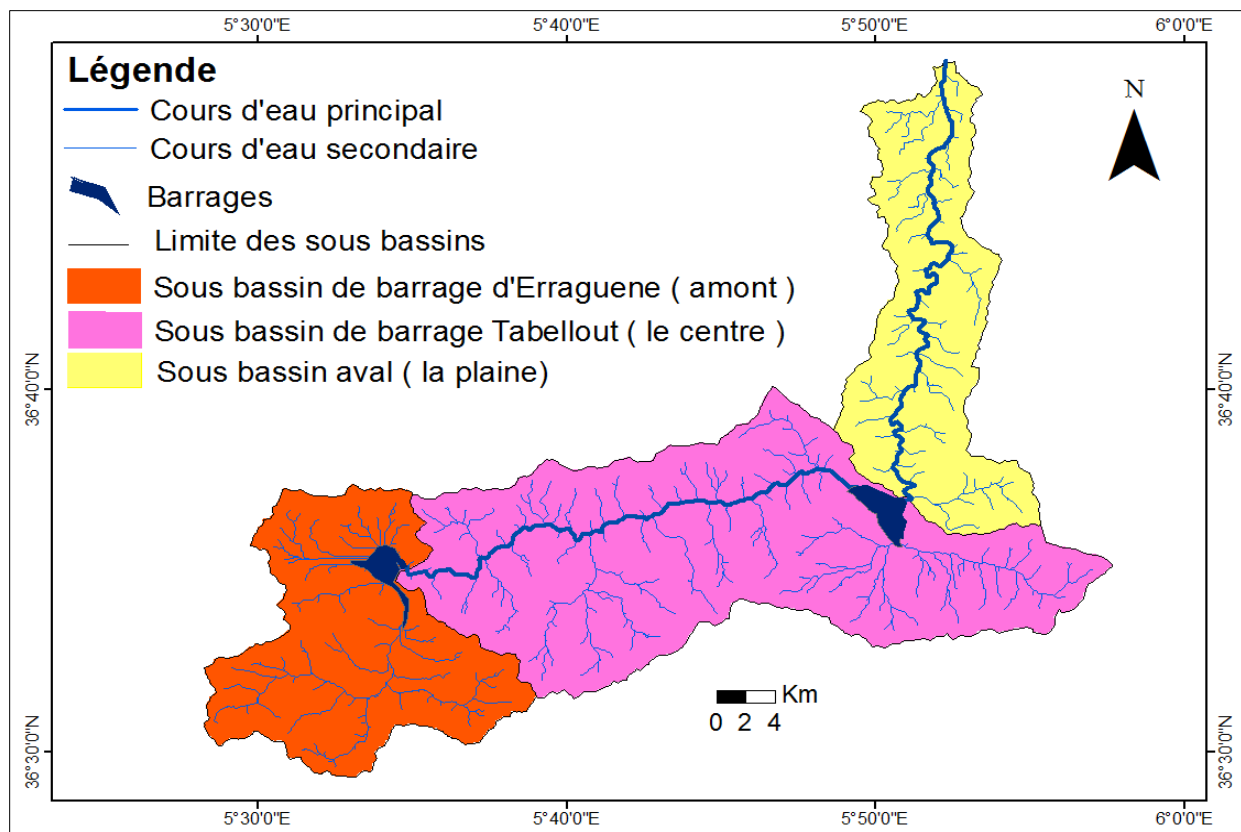


Figure II.2 : limites du bassin et des sous bassin d'oued Djendjen

- *Sous bassin de barrage d'Erraguene* : Situé au sud-ouest du bassin versant (partie amont),. Il est limité à l'Ouest par Djebel Babor et Tloundenne et se dirige dans le barrage d'Erraguene à l'est.

- *Sous bassin de barrage de Tabellout* : occupe la partie centrale du bassin versant en aval , il se dirige dans le barrage de Tabellout au nord-est.

- *Sous bassin aval (la plaine)* : occupant la plaine alluviale d'oued Djendjen,, s'étend de l'exutoire du barrage de Tabellout jusqu'à la mer méditerranée au nord.

Les caractéristiques du bassin versant d'oued Djendjen et ses sous bassins sont les suivantes :

**a. Le périmètre** : le périmètre du bassin versant représente la longueur de la ligne de partage des eaux délimitant le bassin.

*Tableau II.1 : les périmètres du bassin et des sous bassin d'oued Djendjen*

Caractéristique	Périmètre (P) (km)
Bassin versant d'Oued Djendjen	222.03
SBV de barrage d'Erraguene	69.22
SBV de barrage de Tabellout	102
SBV aval	76.53

**b. La superficie** : est défini comme la totalité de la surface topographique drainée par ce cours d'eau et ses affluents à l'amont de cette section. La nature des surfaces des bassins a un rôle fondamental sur le comportement hydrologique de ceux-ci. Les paramètres qui influencent sont la pente, la lithologie, la pédologie et la couverture végétale. Ces paramètres affectent grandement la perméabilité et la rugosité de la surface, qui conditionnent à leur tour la vitesse du ruissellement.

*Tableau II.2 : Les superficies du bassin et des sous bassin d'oued Djendjen*

Caractéristique	Superficie (S) (km <sup>2</sup> )
Bassin versant d'Oued Djendjen	530.4
SBV de barrage d'Erraguene	133.8
SBV de barrage de Tabellout	273.97
SBV aval	122.57

D'après les données représentées dans le tableau précédent (Tab.II,7), nous remarquons que le sous bassin du barrage de Tabellout occupe la plus grande partie du bassin d'Oued Djendjen (273.97 km<sup>2</sup>),

### II.2.2 Les paramètres de forme

La forme du bassin versant influence les caractéristiques de l'écoulement résultant d'une pluie donnée (Roche, 1963 ; Strahler, 1964). L'étude de la forme des bassins est importante car elle permet de mieux comprendre le fonctionnement hydrologique. Un bassin compact (presque circulaire) a une réponse hydrologique beaucoup plus vite que une réponse hydrologique pour une même pluie qu'un bassin allongé, car la plupart des points du bassin sont à une distance à peu près égale de l'exutoire. Comme il est difficile de définir la forme d'un bassin versant, deux indices sont utilisés : l'indice de compacité et le rectangle équivalent.

**a. Indice de compacité ou de Gravelius (Kc) :** Il caractérise la forme du bassin versant, et donne des informations sur la vitesse de concentration des débits, la force des crues, et l'érosion. Il s'agit du rapport entre le périmètre du bassin versant et la circonférence du cercle de même surface que le bassin versant. (Un bassin de forme circulaire aura une valeur Kc égale à 1, et tout bassin de forme allongée aura une valeur Kc supérieure à 1 et un carré aurait une valeur Kc égale à 1.12). L'indice de Gravelius est donné par la formule :

$$Kc = \frac{P}{2(\pi S)^{0.5}} = 0.28 \frac{P}{S^{0.5}}$$

Avec : **S** : surface du bassin versant. **P** : périmètre du bassin versant.

*Tableau II.3 : L'indice de compacité de Gravelius du bassin et des sous bassin d'oued Djendjen*

Caractéristique	Indice de compacité de Gravelius (Kc)
Bassin versant d'Oued Djendjen	2.69
SBV de barrage d'Erraguene	1.67
SBV de barrage de Tabellout	1.72
SBV aval	1.93

Sur la base des valeurs de l'indice de compacité de Gravelius (Kc), on peut en déduire la forme de bassin et chacun des sous bassin donc la forme de bassin total est allongé et pour chaque sous bassin de l'amont à l'aval comme suit : une forme amiboïde, puis allongé et enfin très allongé.

**b. Le rectangle équivalent :** Il est introduit pour pouvoir comparer deux bassins entre eux du point de vue de l'influence des caractéristiques et de la forme sur les écoulements. Il est un rectangle de longueur "L" et de largeur "l", qui a le même indice de compacité (Kc) et la même hypsométrie que le bassin étudié. Le calcul des dimensions de ce rectangle se fait à l'aide des relations suivantes :

$$L = [K_c * \sqrt{S} / (1.12)] [1 + \sqrt{1 - (1.12/K_c)^2}]$$

$$l = [K_c * \sqrt{S} / (1.12)] [1 - \sqrt{1 - (1.12/K_c)^2}]$$

Avec : **L**: Longueur du rectangle équivalent (Km). **l**: Largeur du rectangle équivalent (Km).

**K<sub>c</sub>**: Indice de compacité de Gravelius. **S**: Surface du bassin versant (Km<sup>2</sup>).

**Tableau II.4** : Les paramètres de rectangle équivalent du bassin et des sous bassin d'oued Djendjen

Caractéristique	Longueur du rectangle équivalent (L) (km)	Largeur du rectangle équivalent (l) (km)
Bassin versant d'Oued Djendjen	97.8	45.9
SBV de barrage d'Erraguene	30.04	4.45
SBV de barrage de Tabellout	44.71	6.12
SBV aval	34.61	3.54

### II.2.3. Paramètres du relief

L'examen de la carte topographique montre que le bassin versant de l'oued Djendjen est entouré par des monts dont l'altitude varie de 226 mètres à 1994 mètres. Au sud du bassin versant, le massif des Babors, s'élève de façon abrupte, jusqu'à 2004 mètres d'altitude. Cette chaîne montagneuse présente un relief très accidenté, compartimenté par des gorges profondes, empruntées par les Oueds (Fig.II.3.A)

Sur la base de la carte suivante (Fig.II.3.D), les altitudes de sous bassin d'Erraguene oscillant entre 631 m qu'est l'exutoire de barrage d Erraguene jusqu'à 1994 m que représente l'altitude de mont de Djebel Babor .Alors que pour le sous bassin de barrage de Tabellout, les altitudes vont de 214 m (l'exutoire de barrage de Tabellout) à 1696 m l'altitude de mont de Djebel Ch'nikra (Fig.II. 3.C). Enfin dans la partie aval, les altitudes vont de 0 m qui représente le niveau zéro de la mer méditerranée et 1540 m qui est le mont de Djebel Bouazza (Fig.II.3.B).

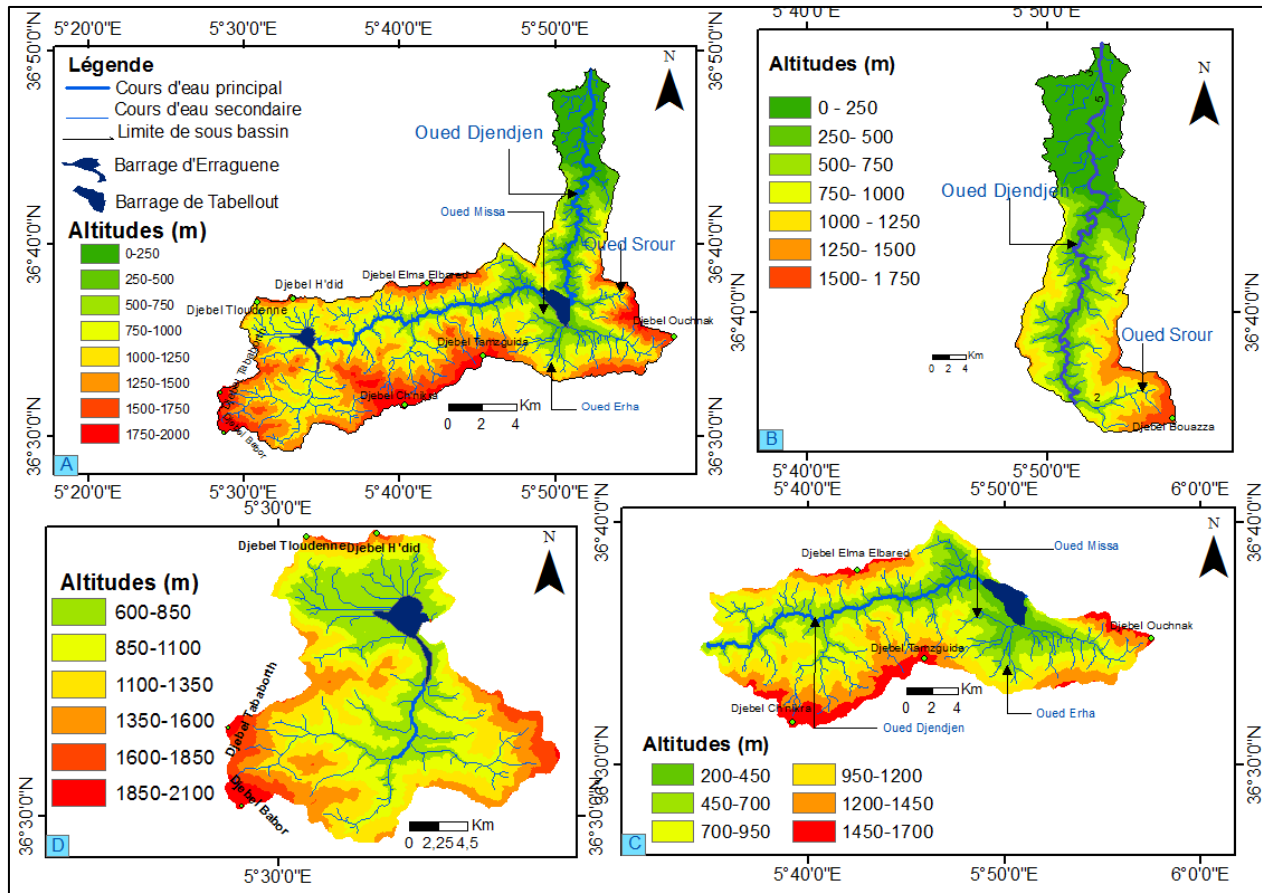


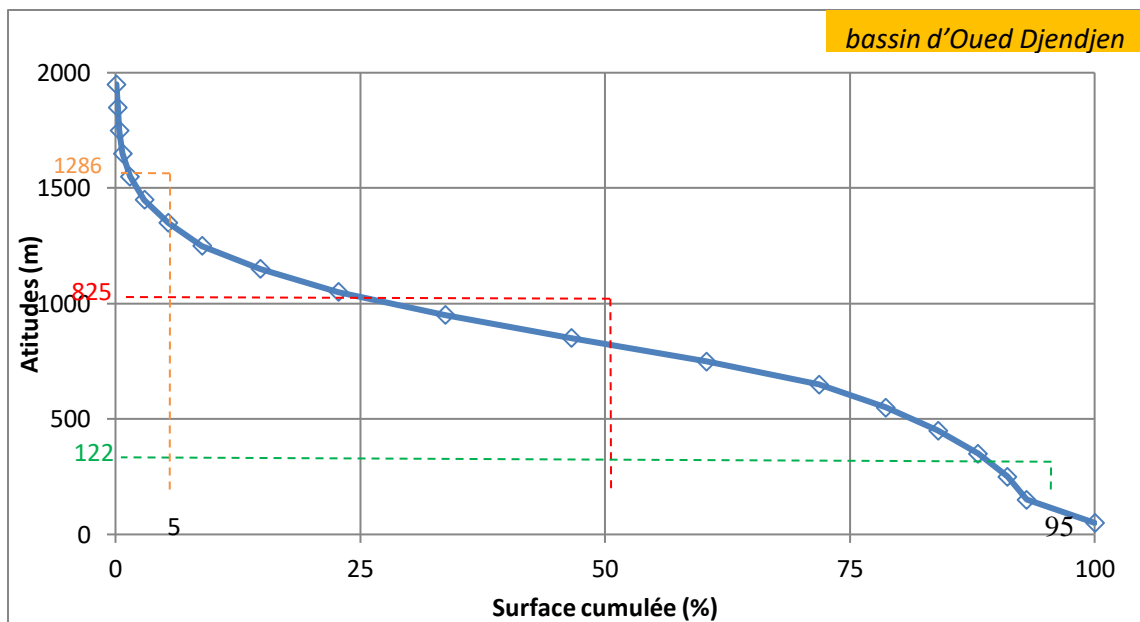
Figure II.3 : Carte du relief du bassin versant et des sous bassin d'Oued Djendjen A : bassin versant total B: S.B partie aval (la plaine) ; C : S.B. barrage de Tabellout (le centre) ; D : S.B. barrage d'Erraguene (amont).

**a. Courbe hypsométrique :** Cette courbe fait le lien entre les altitudes et les surfaces d'un bassin, sous la forme de fréquences des surfaces inférieures à un seuil déterminé. Dans un scénario d'évolution géomorphologique selon le principe de Davis, cette courbe indique le niveau de maturité d'un cours d'eau. Elle est réalisée en cumulant l'histogramme des altitudes du bassin versant et des sous bassin d'Oued Djendjen (Tab.II.1, Fig.II.4).

Tableau II.5 : Tableau définissant l'hypsométrie du bassin versant et des sous bassin d'Oued Djendjen.

Classe des altitudes (m)	bassin d'oued Djendjen		Sous bassin de barrage d'Erraguene		Sous bassin de barrage de Tabellout.		Sous bassin aval		Altitude moyenne (m)
	Surface élémentaire (km <sup>2</sup> )	Surface cumulées (%)	Surface élémentaire (km <sup>2</sup> )	Surface cumulées (%)	Surface élémentaire (km <sup>2</sup> )	Surface cumulées (%)	Surface élémentaire (km <sup>2</sup> )	Surface cumulées (%)	
0-100	36.81	100	/	/	/	/	37.29	100	50

100-200	10.41	93.06	/	/	/	/	11.06	69.58	150
200-300	15.92	91.10	/	/	5.08	100	11.37	60.56	250
300-400	21.71	88.09	/	/	11.69	98.15	10	51.28	350
400-500	28.23	84.00	/	/	17.53	93.88	10.7	43.13	450
500-600	36.23	78.68	/	/	25.54	87.48	10.05	34.4	550
600-700	61.10	71.85	0.002	100	35.47	78.16	8.71	26.2	650
700-800	72.99	60.33	25.42	81.00	40.38	65.21	7.32	19.09	750
800-900	68.22	46.57	26.02	61.56	39.19	50.48	5.77	13.11	850
900-1000	58.08	33.70	24.60	43.17	30.31	36.17	3.56	8.41	950
1000-1100	42.23	22.75	22.33	26.48	21.65	25.11	2.29	5.5	1050
1100-1200	31.58	14.79	15.35	15.01	17.6	17.21	1.85	3.63	1150
1200-1300	18.20	8.84	9.31	8.05	13.45	10.78	0.93	2.12	1250
1300-1400	12.99	5.41	4.34	4.81	8.95	5.88	0.82	1.36	1350
1400-1500	7.82	2.96	2.59	2.88	4.41	2.61	0.78	0.69	1450
1500-1600	3.97	1.48	1.27	1.93	2.14	1	0.06	0.05	1550
1600-1700	1.77	0.74	0.75	1.36	0.60	0.22	/	/	1650
1700-1800	0.86	0.40	0.65	0.88	/	/	/	/	1750
1800-1900	0.78	0.24	0.65	0.40	/	/	/	/	1850
1900-2000	0.49	0.09	0.53	0.07	/	/	/	/	1950



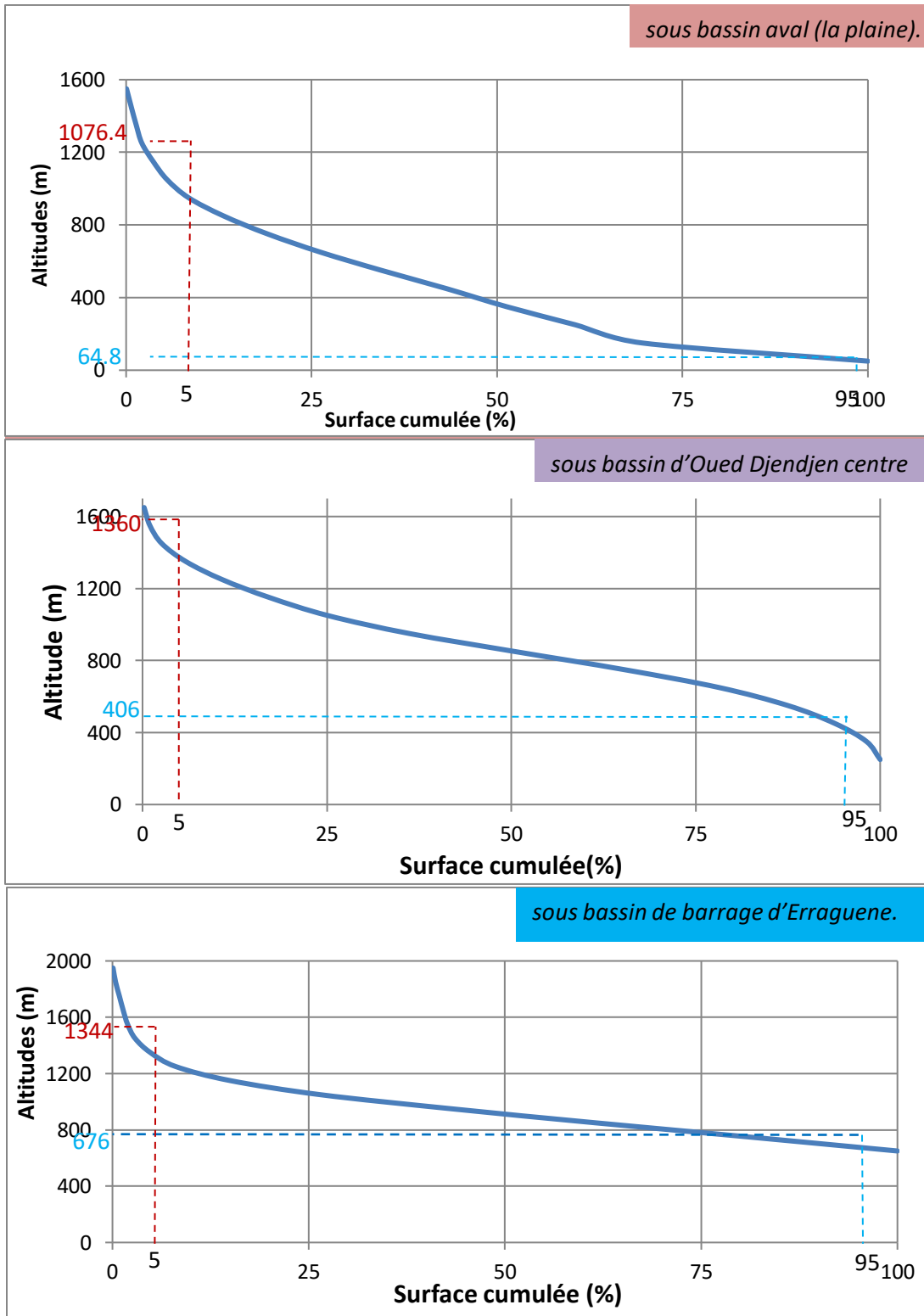


Figure II.4 : Courbes hypsométriques du bassin versant et des sous bassin d'Oued Djendjen



**b. Altitudes caractéristiques :** Les altitudes minimale et maximale sont lues directement à partir des cartes (Fig II.4) .

**-Altitude moyenne :** L'altitude moyenne se déduit directement de la courbe hypsométrique, elle est définie comme suit : 
$$H \text{ moy} = \frac{\sum Si * Hi}{S}$$

Tel que :

**Hmoy :** altitude moyenne du bassin versant. **Si :** aire comprise entre deux courbes de niveaux.

**Hi :** altitude moyenne entre deux courbes de niveaux. **S :** surface de bassin.

**c. Indice de pente globale (Ig) :** Il est d'application simple et il est donné par la relation :

$$I_g = D/L$$

Avec : **D :** dénivelée.

**L :** longueur du rectangle équivalent.

Le tableau suivant récapitule les principaux gradeurs d'altitudes ainsi l'indice de pente global

*Tableau II.6 : Altitudes caractéristiques du bassin versant et des sous bassin d'Oued Djendjen*

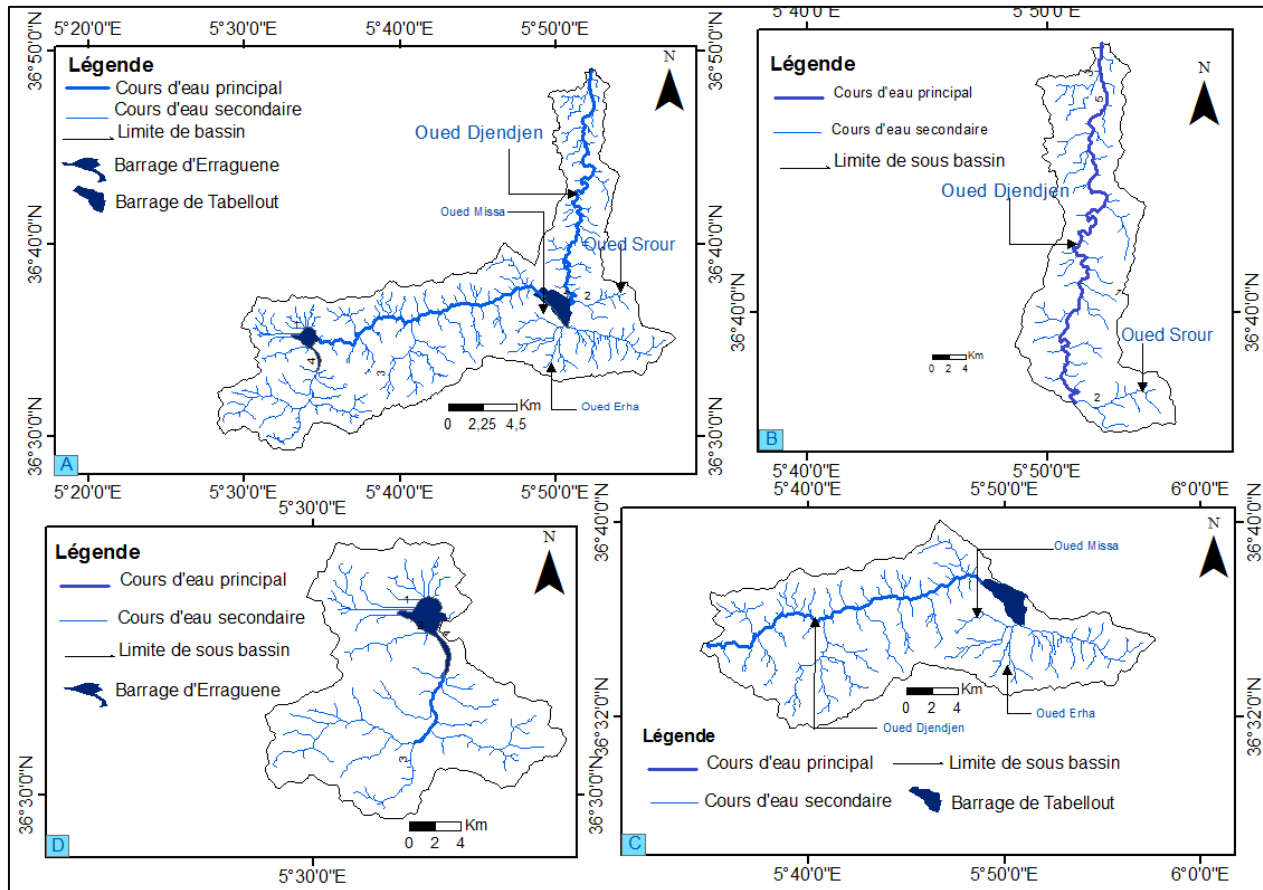
Caractéristique	Altitude maximale (Hmax) (m)	Altitude minimale (Hmin) (m)	Altitude moyenne (Hmoy) (m)	Indice de pente global (Ig) (m/km)
bassin d'Oued Djendjen.	1994	0	754.44	13.15
S.B.V de barrage d'Erraguene	1994	631	997.52	22.23
S.B.V de barrage de Tabellout	1696	214	822.33	21.33
S.B.V aval (la plaine)	1540	0	389.1	29.22

Nous remarquons que l'altitude max et min de chaque sous bassin de l'amont à l'aval et successivement 1994 m, 1696 m, 1540 m et 631 m, 214 m, 0 m. Alors que, l'indice de pente global des trois sous bassin est supérieur à 20 m/km donc on a une pente assez forte.

### II.3. Réseau Hydrographique

Le réseau hydrographique c'est l'ensemble des cours d'eau naturels permanents ou temporaires, par lesquels s'écoulent toutes les eaux de ruissellement et déplace vers un point de vidange du bassin versant (exutoire). Le bassin versant de l'Oued Djendjen occupe une superficie de 530.4 km<sup>2</sup>, il est caractérisé par un réseau hydrographique très dense marqué par un drainage assez important des eaux superficielles depuis le barrage d'Erraguene à le barrage de Tabellout jusqu'à la plaine, nous citons quelques affluents importants qui sont : Oued Missa, Oued Srour, Oued Erha. Tous ces affluents rejoignent l'Oued Djendjen qui traverse le bassin

d'amont en aval avant de se jeter dans la mer méditerranée (Fig.II.5.A). Le barrage d'Erraguene occupe la partie sud-ouest du bassin versant d'oued Djendjen, il reçoit les eaux des affluents de la partie amont (Fig.II.5.D). Ensuite dans la partie centrale, le barrage de Tabellout est alimenté par les lâcher de barrage d'Erraguene et les deux oueds Missa et Erha (Fig .II.5.C). Enfin, en aval l'Oued Djendjen traverse la plaine et draine des eaux d'Oued Srour et les lâchées du barrage de Tabellout vers la mer méditerranée au nord (Fig.II.5.B.).



**Figure II.5 :** Réseau hydrographique du bassin versant et des sous bassin d'Oued Djendjen A : bassin versant total B: S.B partie aval (la plaine) ; C : S.B. barrage de Tabellout (le centre) ; D : S.B. barrage d'Erraguene (amont).

### II.3.1. Longueurs des affluents

Des relations similaires existent pour les longueurs. La longueur des segments augmente quand l'ordre augmente. Si  $L_u$  est la longueur d'un segment d'ordre  $u$ . On a le rapport des longueurs est la moyenne des longueurs segments d'ordre. D'après l'Arc Gis les longueurs des cours d'eau du bassin versant d'Oued Djendjen sont récapitulés dans le tableau suivant (Tab.II.2) :

Tableau.II 7 Longueur et nombre de thalweg du bassin versant et des sous bassin d'Oued Djendjen

ordre	bassin d'Oued Djendjen		Sous bassin de barrage d'Erraguene		Sous bassin de barrage de Tabellout		Sous bassin aval	
	nombre	langueur (km)	nombre	langueur (km)	nombre	langueur (km)	nombre	langueur (km)
1	242	319.897	68	81.52	124	156.85	56	81.53
2	68	160.344	16	47.70	30	84.71	13	27.93
3	11	58.294	5	26.67	5	30.54	1	1.09
4	3	17.479	1	11.95	2	5.53	1	42.29
5	1	81.391	/	/	1	38.72	/	/
total	325	637.405	90	167.83	162	316.35	71	152.84

### II.3.2. Densité de drainage

Elle est définie pour un bassin de surface « S » comme la somme des longueurs totales cumulées des rivières de l'ordre « i » sur la surface drainée. Elle est donnée par :

$$DP = \frac{\sum_{i=1}^n Li}{A}$$

Avec : **Li** : longueur total cumulée des cours d'eau d'ordre i (Déterminée au curvimètre sur la carte du chevelu hydrographique), [Km].

**Dp** : densité de drainage [Km/Km<sup>2</sup>]. **i** : n° le plus élevé. **S** : surface du bassin versant (Km<sup>2</sup>).

La densité de drainage est un indicateur significatif de la géologie et du climat. Un bassin formé de matériaux hautement perméables et muni d'une couverture végétale continue aura généralement une faible densité de drainage. En comparaison, un bassin formé par des roches imperméables mais friables meubles telles que la marne ou l'argile, aura souvent une densité de drainage forte. Ceci est accentué par la présence de fortes pentes et par un climat où les précipitations sont fortes mais de courte durée.

### II.3.3. Le temps de concentration (Tc)

C'est le temps mis par la première goutte de pluie tombée sur le point le plus éloigné du bassin pour atteindre l'exutoire. Ce paramètre est généralement en heures et estimé par la formule de Giandotti.

$$Tc = \frac{4\sqrt{S} + 1.5Lp}{0.8\sqrt{Hmoy - Hmin}}$$

**Tc** : temps de concentration.

**LP** : longueur du talweg principal en (km).

**S** : surface du B.V (km<sup>2</sup>).

**Hmoy** : altitude moyenne du bassin versant en (m).

**Hmin** : altitude minimale à l'exutoire en (m)

**II.3.4. La vitesse d'écoulement de l'eau (VC)**

Elle donnée par l'expression suivante :  $VC = L / TC$

Avec : VC : Vitesse d'écoulement de l'eau en m/s.

TC : Temps de concentration en seconde.

L : Longueur du talweg principal en m.

*Tableau II.8: Caractéristiques hydrologiques du bassin versant des sous bassin d'Oued Djendjen d'oued Djendjen*

Caractéristiques	Longueur du talweg principal (Lp) (km)	Densité de drainage (Dp) (Km/Km <sup>2</sup> )	Le temps de concentration (Tc) (h)	La vitesse d'écoulement de l'eau (Vc) (m/s)
Bassin d'Oued Djendjen	81.391	1.20	9.75	2.31
S.B.V de barrage d'Erraguene	11.95	1.25	2.17	1.52
S.B.V de barrage de Tabellout	38.72	1.15	4.03	2.66
S.B.V aval (la plaine)	42.29	1.25	3.43	3.42

**II.4. Occupation du bassin versant**

La répartition spatiale des sols est conditionnée par des facteurs tels que le climat, le substratum rocheux, la topographie et la végétation. Parmi ces facteurs, le climat est important quant aux processus pédogénétiques, son influence peut être mécanique et chimique. Le taux de ruissellement de surface, le taux d'évaporation et la capacité de rétention du bassin versant dépend de la couverture végétale (notamment les forêts et les cultures) et en particulier de la nature géologique et topographique du bassin versant. Le couvert végétal est bien dense, avec d'abondantes forêts de chêne-liège qui couvrent le territoire en amont sur les massifs et sur les piémonts, et d'oliviers. Les zones alluviales de la partie aval sont le plus souvent décapées et sont utilisées pour l'agriculture des serres. Selon les données de la direction des statistiques agricoles et des enquêtes économiques de la wilaya de Jijel, on observe 3 domaines principaux (Tab.II.4).

**Tableau II.9 :** Occupation du sol de la wilaya de jijel (in Karaouat et Bourafa, 2016)

Domaines	Espèces	Superficie (ha)	Taux (%)
Domaines forestiers	Bois	13300	11.56
	Chènes liège	43700	38
	Maquis	58000	50.43
Domaines agricoles	Surface totale agricole	99024	41
	Surface utile agricole	43649	44
	Superficie irriguée	6210	14
Terre bâties	Terrains urbains	2110	9

## II.5. Les barrages de bassin versant d'oued Djendjen

Actuellement, le bassin versant d'oued Djendjen est équipé de deux grands barrages dans sa partie amont ; le barrage d'Erraguène (200 hm<sup>3</sup> de capacité) achevé en 1963, exploité à des fins d'hydroélectricité et le barrage de Tabellout (294 hm<sup>3</sup> de capacité) mis en eau en 2019.

### II.5.1. Le barrage d'Erraguene

Le barrage d'Erraguene a été réalisé dans le cadre de la production d'énergie électrique. Il est implanté sur l'Oued Djendjen situé dans la commune d'Erraguene à 76 km environ au sud-ouest de la wilaya de Jijel et à environ 30 Km au sud-est de la ville de Zياما Mansouriah. Les principaux caractéristiques du barrage sont résumés dans le tableau suivant (Tab .II.5) :

*Tableau II.10 : Caractéristiques du barrage d'Erraguene*

<b>Type de barrage</b>	Voûte multiple avec contreforts à butées active		
<b>Capacité initiale</b>	200 hm <sup>3</sup>		
<b>Capacité actuelle</b>	183.777 hm <sup>3</sup> (mai 2019)		
<b>Volume utile</b>	165 hm <sup>3</sup>		
<b>Apport moyen annuel</b>	110 hm <sup>3</sup>		
<b>Envasement (apport solide)</b>	0.74 hm <sup>3</sup> /an		
<b>Surface du bassin versant</b>	133 km <sup>2</sup>		
/	<b>cote</b>	<b>volume</b>	<b>surface</b>
<b>Retenue normale (R.N)</b>	670 m	183.777hm <sup>3</sup>	9.00 Km <sup>2</sup>
<b>Plus hautes eau (P.H.E)</b>	672 m	202.198hm <sup>3</sup>	9.44 Km <sup>2</sup>
<b>Volume mort</b>	630.26 m	7hm <sup>3</sup>	-
<b>Hauteur</b>	82 m		
<b>Longueur</b>	530 m		
<b>Déversoir</b>	1500 m <sup>3</sup> /s		
<b>Vidange de fond</b>	100 m <sup>3</sup> /s		

### II.5.2. Le barrage de Tabellout

Le barrage de Tabellout est situé sur le territoire de la Wilaya de Jijel dans la partie centrale du bassin versant d'Oued Djendjen. Il est destiné à l'alimentation de 750 000 habitants de 34 communes, 16 communes de wilaya de Sétif, 11 communes de wilaya de Mila, et 07 communes de la wilaya de Jijel par l'eau potable et l'irrigation de 20 000 ha de la plaine d'Eulma par un volume régularisé de 189 hm<sup>3</sup>.

Le barrage de Tabellout constitue le réservoir intermédiaire du système Est du projet de transfert Sétif-Hodna ; il est situé sur l'oued Djendjen, à l'aval immédiat de sa confluence en rive droite avec l'oued Raha. C'est le réservoir qui recueillera les eaux transférées gravitairement depuis la retenue amont existante d'Erraguene avant d'être acheminées par pompage dans la retenue de Draa Diss (Fiche technique de barrage Tabellout 2015 ).

Tableau II.6 : Caractéristiques du barrage de Tabellout (ANBT, 2019)

<b>Superficie</b>	402 km <sup>2</sup>
<b>Apport annuels</b>	205.5 hm <sup>3</sup>
<b>Entreprise de réalisation</b>	Groupement d'entreprise GEIE RAZEL-CMC-di RAVENA France/ITALY
<b>Bureau d'étude</b>	Groupement coyne et bellier-Safège
<b>Année de construction</b>	Juin 2015
<b>Année de Mise en eau</b>	Janvier 2019
<b>Capacité</b>	294.4 hm <sup>3</sup>
<b>Apport moyen annuel</b>	189 hm <sup>3</sup> /an
<b>Envasement annuel</b>	1.6 hm <sup>3</sup> /an
<b>Surface du bassin versant</b>	402 km <sup>2</sup>
<b>Hauteur</b>	121 m
<b>Longueur</b>	413 m
<b>Côte retenue Normale(R.N)</b>	324.75 m
<b>Côte Plus Hautes Eaux(P.H.E)</b>	329.45 m
<b>Déversoir à SEUIL LIBRE</b>	1411 m <sup>3</sup> /s
<b>Vidange de Fond</b>	230 m <sup>3</sup> /s
<b>Volume de Terrassement</b>	965 855 m <sup>3</sup>
<b>Volume de béton</b>	1 018 700 m <sup>3</sup>
<b>Injection</b>	57 070 ml

### Conclusion

Le bassin versant d'Oued Djendjen s'étend sur une superficie de 530.4 Km<sup>2</sup> avec un périmètre de 222.03 Km. Il est caractérisé par une forme allongée, ce qui lui donne un temps de concentration assez long (9.75 heures) avec une vitesse d'écoulement rapide (2.31 m/s). Ce bassin est caractérisé par un relief très fort ( $I_g = 12.57$  m/Km) avec une altitude moyenne est de 754.44 m. Le bassin versant de oued Djendjen se subdivise de l'amont à l'aval en trois sous bassin à savoir ; le sous bassin du barrage d'Erragune, le sous bassin du barrage de Tabellout et le sous bassin de la partie aval (la plaine).

## ***Chapitre III : Partie bibliographique***



**Introduction**

Ce chapitre fait à l'état et les caractéristiques de fonctionnement hydrologique d'un bassin versant. Dingman en 2002 a défini l'hydrologie comme étant : « La science de l'hydrologie étudie le cycle hydrologique global (cycle de l'eau) et les processus contrôlant la branche terrestre de ce cycle. Elle décrit et prédit les variations spatiales et temporelles de l'eau dans ses compartiments terrestres, océaniques, et atmosphériques ». C'est une méthode d'étude de l'eau du point de vue de sa répartition géographique, de ses propriétés physiques, chimiques et hydrauliques, de son utilisation par l'homme et des risques associés à sa dynamique et à ses mouvements. On peut l'utiliser pour l'analyse hydrologique d'un bassin, le traitement et le stockage des données, et le contrôle de la propagation des crues. Elle comprend plusieurs domaines d'application tels que l'irrigation, le drainage et la protection contre les inondations.

**III.1. Fonctionnement hydrologique d'un bassin versant**

Le rendement de tout bassin en mouvement est régi par certains facteurs physiques, dont la considération détaillée permet une analyse et une compréhension beaucoup plus aisées. Comme pour tout système, ce fonctionnement se manifeste par des modifications dans le temps. Dans l'espace de quelques magnitudes caractérisant les propriétés de l'environnement (Chader, 2016).

**III.1.1. Notion du Bassin Versant**

Le bassin versant en une section droite d'un cours d'eau, est défini comme la totalité de la surface topographique drainée par ce cours d'eau et ses affluents à l'amont de cette section. Tous les écoulements qui prennent naissance à l'intérieur de cette surface topographique passe obligatoirement par la section de mesure pour poursuivre leur trajet à l'aval (Touaibia, 2004).

**III.1.2. Bilan hydrologique**

Le principe du cycle de l'eau est expliqué à l'aide des trois constituants suivants : les précipitations, le ruissellement ou écoulement de surface et l'écoulement souterrain et l'évaporation. Au cours de diverses phases, on peut constater un passage de l'eau et un stockage temporaire (Chader, 2016). Ainsi, à l'aide d'une équation d'équilibre appelée "bilan hydrologique", qui correspond à l'équilibre des quantités d'eau entrant et sortant d'un système déterminé dans l'espace et dans le temps, on peut déterminer les quantités d'eau passant par chacune des étapes du cycle hydrologique. Selon Ambroise (1998), le fonctionnement hydrologique d'un bassin versant se traduit par 3 grands types de processus :



- *Processus de stockage/déstockage dans le bassin* , puisque l'eau (sous ses 3 phases vapeur , liquide , solide ) peut y être plus ou moins retenue dans différents réservoirs : couche limite de surface atmosphérique , manteau neigeux , couvert végétal (sur et dans les plantes ) , surface de sol , sol non saturé nappes , réseau hydrographique .
- *Processus de transfert aux limites du bassin*, puisque des flux d'eau (sous chacun des 3 phases) peuvent être échangés entre le bassin et son environnement : verticalement, à travers la couche limite atmosphérique (précipitations, évaporation) ; latéralement, par advection de vapeur d'eau dans la couche limite de surface, ou par des écoulements souterrains entre bassins voisins lorsque les limites hydrogéologiques ne coïncident pas avec les limites hydrographiques. Par définition même du bassin versant, les échanges latéraux en surface se limitent aux écoulements (essentiellement liquides) à l'exutoire.
- *Processus de transformation interne*, puisque l'eau présente dans le bassin peut y subir des changements de phase : condensation liquide, liquéfaction ou sublimation de l'eau solide ; et même, mais en quantité le plus souvent négligeable, y être impliquée dans des réactions biogéochimiques (photosynthèse, respiration, hydratation).

### III.1.3. Etude des processus hydrologiques

Le fonctionnement hydrologique des bassins versants est caractérisé par une grande diversité de réponses au forçage atmosphérique, tant au sein d'un même bassin que d'un bassin à l'autre, comme le démontre la variété des types d'hydro grammes de crue identifiés (Fig.III.1). Elle reste inconnue, bien que les recherches sur le terrain dans les petits bassins aient apporté des réponses incomplètes à deux des questions essentielles posées par l'hydrologie : Que devient l'eau de pluie ? D'où vient l'eau des rivières ? (Ambroise, 1998).

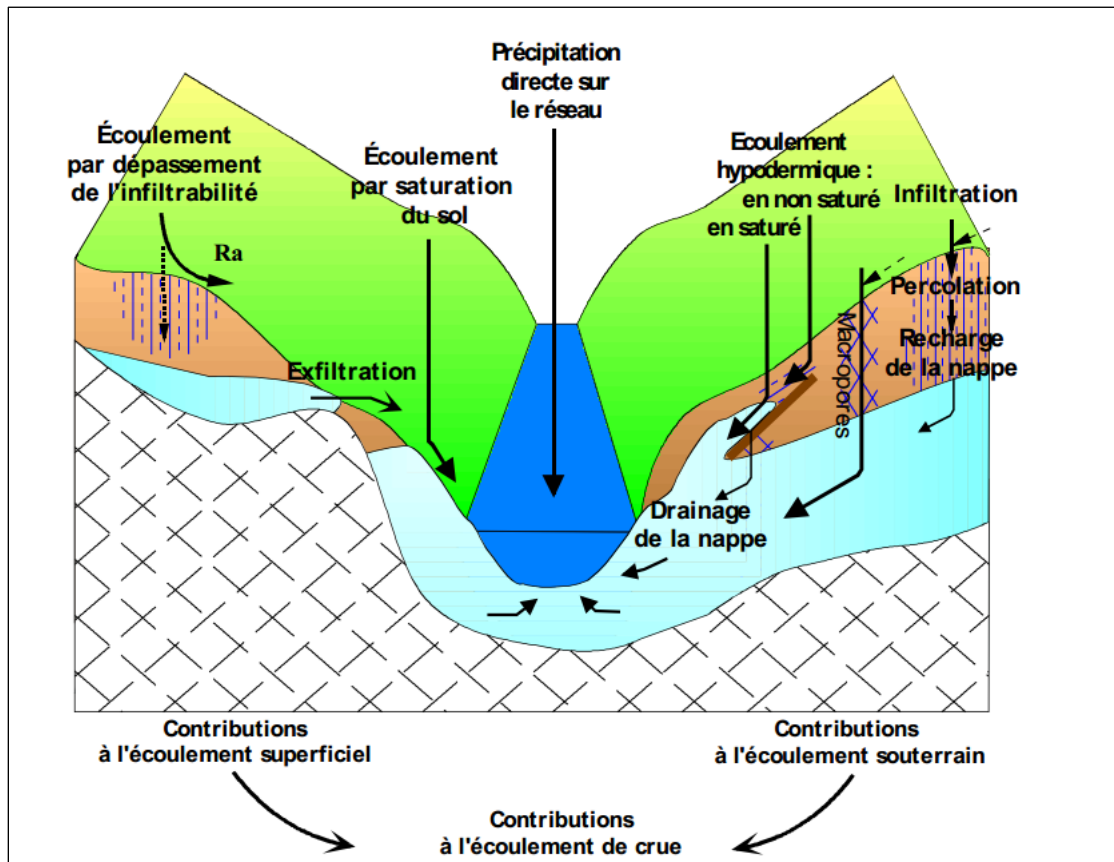


Figure III.1 : Processus de génération des débits (d'après Ambroise, 1998)

### III.1.3.1. Processus superficiels

La conception la plus connue de la genèse des débits dans les cours d'eau est celle proposée par Horton (1933) d'un partage de la pluie disponible au niveau de la surface du sol, après interception éventuelle par la végétation. Dès que l'intensité des pluies dépasse la capacité d'infiltration du sol, elle-même variable selon son humidité, il y a saturation de la surface « par le haut » ; après avoir rempli les dépressions superficielles, l'eau en excès s'écoule par ruissellement sur les versants pour former l'écoulement rapide de crue. Le reste de l'eau s'infiltrate et contribue à la recharge des nappes et au débit de base, par un écoulement lent à travers les formations superficielles (Ambroise, 1998).

**a. Les précipitations directes à la surface libre du cours d'eau :** Les cours d'eau pérennes n'occupant qu'un faible pourcentage de la surface totale de la pente, ce type de processus est souvent marginal. Étant donné que les cours d'eau pérennes occupent une petite partie de la surface totale du versant, ce type de processus est généralement marginal. La pertinence des précipitations directes s'accroît lorsque le bassin versant développe un important réseau

hydrologique suite à des précipitations de longue durée, ou lorsque ce dernier comporte d'importantes zones lacustres ou marécageuses. Les précipitations sur des surfaces saturées sont également appelées précipitations directes (Chader, 2016).

**b. Les écoulements de surface :** La théorie de ruissellement de Horton (Horton, 1933) a été pendant longtemps la théorie dominante pour expliquer la réponse rapide des bassins versants aux événements pluvieux. Celle-ci stipule que le réseau hydrographique est principalement alimenté par les processus de surface, et en particulier par le processus de ruissellement par dépassement d'infiltrabilité (Ferrah, 2017). Les nombreux modèles s'appuyant sur cette théorie se sont montrés efficaces pour prédire les débits (Sylvain, 2007).

- *Écoulement par dépassement de la capacité d'infiltration :* L'écoulement par excès d'infiltration apparaît lorsque l'intensité de la pluie dépasse la capacité maximale du sol à absorber l'eau. Cette capacité, caractérisée par la capacité d'infiltration du sol, est supposée décroissante dans le temps jusqu'à une valeur constante. Dans un sol homogène avec une nappe profonde, cette capacité finale d'infiltration peut atteindre la conductivité hydraulique à saturation (Chader, 2016 ; Ferrah, 2017).

- *Écoulement sur surfaces saturées :* L'écoulement sur surfaces saturées se produit lorsque la capacité du sol à stocker l'eau est épuisée et lorsque la capacité à transmettre latéralement le flux d'eau est dépassée. Par conséquent, la quantité d'eau supérieure à la capacité du sol au stockage et à la transmission latérale par écoulement de sub-surface ne pourra pas s'infiltrer et va s'écouler totalement en surface. Cette définition implique que l'écoulement par saturation est produit seulement par les précipitations. Toutefois, les précipitations sur les surfaces saturées représentent seulement une des composantes de cet écoulement, l'autre étant l'écoulement de retour (Chader, 2016 ; Ferrah, 2017).

### III.1.3.2. Les processus souterrains

L'idée selon laquelle les débits dans les rivières étaient principalement constitués d'eau provenant des écoulements de surface a été dominante pendant des décennies. Néanmoins, dès les années 1930-1940, des hydrologues ont observé des régimes d'écoulements dans les bassins ne pouvant s'expliquer par les concepts de ruissellement Hortonien ou de ruissellement sur surface saturée. Ils supposent alors que les écoulements souterrains, et particulièrement les écoulements de sub-surface, peuvent être dans certains cas des processus dominants d'alimentation du réseau hydrographique. L'eau des rivières n'est plus simplement de l'eau qui ruisselle à la surface mais

plutôt de l'eau qui s'infiltré et transite par le sol. Ces processus pourraient expliquer la contribution d'eau ancienne à l'hydrogramme. Ceux-ci ont été identifiés très tôt dans l'histoire de l'hydrologie mais par manque d'applicabilité et de théories sous-jacentes, cette vision de la genèse des débits a mis plus de temps à s'imposer (Sylvain, 2007). Il existe plusieurs processus souterrains de genèse des débits à savoir ;

- *Écoulement hypodermique (écoulement de subsurface)* : comprend la contribution des horizons de surface partiellement ou totalement saturés en eau ou celle des nappes perchées temporairement au-dessus des horizons argileux. Ces éléments de subsurface ont une capacité de vidange plus lente que l'écoulement superficiel, mais plus rapide que l'écoulement différé des nappes profondes (Chader, 2016 ; Ferrah, 2017).
- *Effet piston* : ce mécanisme suppose qu'une impulsion d'eau reçue par le versant est transmise à l'aide d'une onde de pression vers l'aval, provoquant une exfiltration immédiate en bas de versant. Le principe de ce phénomène peut s'expliquer par analogie avec une colonne de sol saturée sur laquelle on applique une charge d'eau. L'eau se déplace sous l'effet de la gravité en chassant celle qui se trouve à l'autre extrémité de la colonne. Dans ce scénario, il est important de distinguer la vitesse réelle de l'eau, qui est relativement lente, de l'onde de pression, qui peut être assez rapide et qui décrit la vitesse de réponse du bassin (Chader, 2016 ; Ferrah, 2017).
- *Écoulement par macropores* : Un macropore est un pore dans lequel les phénomènes capillaires n'existent pas et qui peut être causé par la faune du sol, la végétation ou la fissuration du sol. Naturellement, il existe aussi des macropores dits naturels. Le comportement hydraulique se basant par la suite sur la loi de Darcy, l'existence de macropores attachés à la surface du sol peut jouer un rôle essentiel dans le processus d'infiltration (Chader, 2016 ; Ferrah, 2017).
- *Intumescence de la nappe* : La nappe d'eau en équilibre avec un cours d'eau réagit rapidement lors des pluies dans les zones où elle est peu profonde (quelques mètres de part et d'autres d'un cours d'eau). Ce processus à lui seul peut conduire à un doublement ou un triplement temporaire du débit de base d'un cours d'eau mais guère plus (Chader, 2016 ; Ferrah, 2017).

#### III.1.4. Les facteurs de génération des débits

Plusieurs facteurs influencent la variabilité spatiale et temporelle des processus impliqués dans la genèse des crues et le mouvement des matériaux transportés par l'eau. Ambroise (1998) a montré que dans tout bassin, les processus actifs et leurs interactions ne sont pas quelconques : la

localisation, le déclenchement, l'intensité et l'arrêt de chaque processus dépendent de la combinaison d'un ensemble de facteurs, présentés ici dans un ordre de variabilité temporelle décroissante (Chader, 2016).

#### **III.1.4.1. Conditions aux limites : « forçages » atmosphériques**

L'apport essentiel d'eau à un bassin est fourni par les précipitations, immédiatement disponible dans le cas de pluie, retardé jusqu'à sa fonte dans le cas de la neige, en partie intercepté par la végétation - interception alors reprise par évaporation directe (Humbert et Najjar, 1992). Pour un événement pluvieux donné, la réponse du bassin (volume et forme de l'hydrogramme) dépend de la nature de la pluie et du volume total de l'apport mais aussi de son intensité généralement très variable et de sa durée (Chader, 2016).

#### **III.1.4.2. Conditions initiales : état hydrique et hydrologique du bassin**

L'état hydrologique initial influence grandement la réponse à un événement soudain ; cet état initial est contrôlé par l'intensité des réponses en relation avec les conditions initiales ; cette intensité est due aux différences dans les combinaisons et les intensités des processus actifs. Dans le cas de sols secs, par exemple, l'ajout d'un volume d'eau donné sert d'abord à reconstituer les réserves du sol tout en restant disponible pour l'évaporation dans le cas où le sol aurait la capacité de remplir des réservoirs ; cependant, ce même comportement n'est pas toujours le même pour des sols plus secs ou plus humides (Chader, 2016).

#### **III.1.4.3. Propriétés hydriques du milieu et variabilité spatio-temporelle**

Des apports et conditions initiales identiques n'ont pas la même réponse selon les propriétés hydriques de la végétation (densité, morphométrie, indice foliaire), de la surface (rugosité de surface, infiltrabilité) et des sols et sous-sol (rétention hydrique, conductivité hydraulique, géométrie des macropores), Et ces différents facteurs sont très significatifs et il faut en tenir compte dans la caractérisation des processus. Ces propriétés hydriques étant généralement présentes : des variations spatiales tant verticales (changement d'horizons, anisotropie...) que latérales (selon les sols, au sein d'un même horizon), des variations temporelles à court et long termes pour des raisons physiques (gonflement retrait, gel-dégel, battance...), biologiques (stades phénologiques de la végétation, développement racinaire, bioturbation par la faune...) ou anthropiques (imperméabilisation, opérations culturales...) (Gascuel et al, 1996).

#### III.1.4.4. Caractéristiques géométriques : topographie et morphométrie

Le ruissellement sur un bassin versant dépend à la fois de ses pente et forme générales qui l'entraînent, du réseau de collecteurs (rigoles fossés, sillons, traces de roues, chemins) qui le concentrent (Ludwig et al. 1996), de la micro topographie qui le freine. Ce facteur, bien que relativement stable (tout au moins dans ses grands traits) influe sur la répartition spatiale des autres facteurs (Ambroise 1998).

#### III.1.5. Evolution des apports d'eau en fonction des précipitations

Pour l'estimation des apports d'eau fonction des précipitations on utilise les méthode suivent :

**a) Les formules empiriques** on utilise ces fourmule directement (Il ne tient pas compte de la géologie et des interventions humaines)

- **TIXERONT et BERKALOFF, 1958**

$$Lr = \frac{P^3}{3E^2}$$

Lr : Lame ruisselée moyenne annuelle exprimée en m

P : Pluie annuelle exprimée en m,

E : Évaporation potentielle annuelle exprimée en m.

- **Ghorbel, 1991**

$$Lr = 0.26P + C$$

Lr : mm

P : mm.

C : coefficient de correction qui dépend essentiellement du pourcentage du quaternaire et des alluvions.

**b) La formule expérimentale (cas pas de station de jaugeages)**

L'analyse de l'évolution des apports d'eau en fonction des précipitations permettre de sélectionner les épisodes pluvieux qui peut être divisé en trois types

- -la période pluvieuse où le sol est saturé le temps de retard entre la pluie et les apports d'eau est petite
- -La période pluvieuse où l'épisode est précédé par un autre épisode pluvieux, le temps de retard est très petit
- -la période sèche, on observe un temps de retard très long et un volume d'eau moins important que celle de la période pluvieuse

L'établissement d'une corrélation entre les apports d'eau cumulés du barrage et les pluies cumulées montre une relation linéaire entre les deux variables.

Donc on obtient la formule expérimentale à partir de cette corrélation pour calculer le volume ruisselé et estimé la lame d'eau ruisselée (R) par la formule suivante :

$$R = \text{Volume ruisselé} / \text{superficie du BV}$$

### III.1.6. Rôle et Fonctionnement des barrages

Un barrage est un ouvrage artificiel construit en travers d'un cours d'eau, que celui-ci soit permanent ou non, ou d'un thalweg, et capable de retenir l'eau. Les barrages ont été construits pour répondre à des objectifs divers : contrôler les débits (laminage des crues et soutien des étiages), constituer des réserves en eau, produire de l'énergie, élever des poissons, faciliter la navigation, plus récemment créer des espaces de loisirs, etc.

L'ensemble de ces ouvrages constituent des obstacles à l'écoulement dans la mesure où ils perturbent de différentes manières le fonctionnement des rivières : Ils modifient leur régime hydrologique, perturbent les conditions écologiques à l'amont comme à l'aval de la retenue, diminuent les capacités d'autoépuration, modifient les processus d'érosion et de transport solide, stockent les sédiments et les polluants, fragmentent l'habitat des espèces aquatiques et font obstacle aux déplacements des grands migrateurs. Enfin, ils constituent un danger en cas de rupture et peuvent aggraver les risques d'inondation (Bernard, 2014).

- *Mobilisation des ressources en eau* : les précipitations sont irrégulièrement réparties dans le temps et c'est bien sûr pendant les périodes chaudes et sèches que les besoins en eau sont les plus importants. Stocker l'eau en excédent pendant les périodes humides pour pouvoir l'utiliser pendant les périodes sèches semble donc une idée logique. Ceci est d'autant plus vrai que lors des crues une partie importante des précipitations ruisselle très vite et rejoint la mer ou l'océan en quelques jours sans avoir pu contribuer à reconstituer les réserves naturelles que constituent les nappes d'eau souterraines. Intercepter ces volumes permet donc en théorie d'augmenter les ressources mobilisables sur le bassin versant (Bernard, 2014).

- *Limitation des risques d'inondation à l'aval* : un barrage permet de stocker un certain volume d'eau. Si ce volume est celui qui s'écoule pendant la période où le débit dans la rivière est le plus fort, le barrage peut donc écrêter la pointe de la crue et limiter ainsi la sévérité des inondations à l'aval. Beaucoup de barrages ont ainsi été construits avec pour objectif principal ou secondaire la protection des agglomérations contre les risques d'inondation (Bernard, 2014).

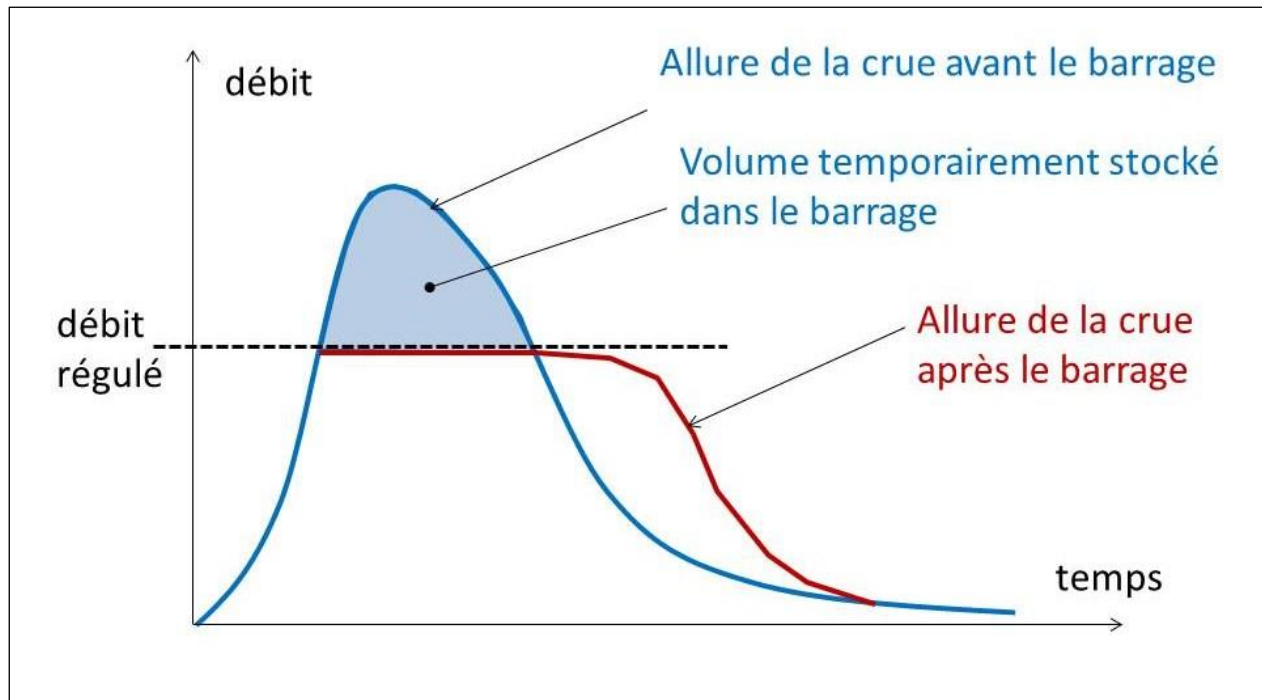


Figure III. 2 : Fonctionnement hydrologique des barrages (Bernard Chocat, 2014)

**III.1.6. 1. Les risques qui menacent les barrages :** En pratique, trois familles de risques menacent les barrages : les risques technologiques (mauvaise conception ou mauvaise réalisation de l'ouvrage ou défaut d'entretien), les risques géologiques (essentiellement séismes ou glissements de terrain) et les risques hydrologiques (crue supérieure à celle prise en compte pour le dimensionnement de l'ouvrage) (Bernard, 2014)..

**III.1.6. 2. Les perturbations provoquées par les barrages :** plusieurs effets des barrages et des seuils ont été identifiés : effets dus à la modification des flux, effets dus à la retenue, effets dus au point dur constitué par le seuil. Ces effets peuvent parfois être perçus comme positifs pour certains usages mais il s'agit malgré tout toujours de modifications qui perturbent le fonctionnement naturel de l'écosystème. Les principales perturbations sont les suivantes :

- *Modifications du régime de la rivière :* une retenue modifie évidemment la fréquence, la durée et l'importance des crues ou des périodes d'étiage à l'aval. Les barrages importants, du fait du fonctionnement des installations de production hydroélectrique, ont également un effet sur l'évolution du débit à l'échelle journalière. Ces modifications impactent les espèces présentes à l'aval du barrage, et en particulier celles qui vivent sur la berge dans la zone de marnage à la limite du niveau moyen des eaux.



- *Modification des processus d'érosion à l'amont et à l'aval* : la retenue crée un point dur et diminue les processus d'érosion latérale à l'amont avec pour conséquence une plus grande stabilité des milieux naturels. Le contrôle des crues modifie également les processus d'érosion à l'aval de la retenue.
- *Modification des processus de transport solide* : le piégeage des sédiments grossiers (galets, graviers et sables) dans la retenue réduit la recharge alluviale à l'aval ce qui a pour conséquence une érosion du lit mineur de la rivière. Ce phénomène entraîne par ailleurs un comblement de la retenue.
- *Piégeage des sédiments fins dans la retenue* : l'accumulation des sédiments fins dans la retenue se traduit généralement par un changement radical des espèces occupant le milieu. Dans le cas des barrages importants, pour éviter le comblement de la retenue et la diminution associée de la réserve d'eau, il est nécessaire d'effectuer régulièrement des chasses (on parle parfois de purges) en ouvrant les vannes de fond du barrage pour évacuer les sédiments. On envoie alors vers l'aval des flux très importants de particules fines, souvent polluées, qui peuvent avoir des effets très négatifs sur la rivière et ses usages.
- *Modification des conditions écologiques à l'amont de la retenue* : dans la retenue, la profondeur de l'eau augmente et la vitesse diminue, les habitats se transforment. Ceci a pour conséquence le remplacement des espèces naturelles par des espèces préférant les courants lents et les fortes profondeurs.
- *Modification des conditions écologiques à l'aval de la retenue* : dans la retenue, l'eau se réchauffe, parfois de plusieurs degrés, ce qui entraîne une diminution de sa concentration en oxygène. La capacité d'autoépuration du cours d'eau change. Les polluants présents dans les sédiments se relarguent par bouffées. En conséquence, la qualité de l'eau à l'aval se dégrade et les risques d'eutrophisation augmentent. Ces transformations affectent fortement l'ensemble des espèces présentes dans la rivière et en particulier les peuplements piscicoles à l'aval de la retenue.

### **Conclusion**

L'étude de fonctionnement hydrologique d'un bassin versant nous a permis de bien comprendre les trois processus indispensables de ce fonctionnement, cela est identifié les variabilités spatio-temporelles du milieu bien qu'il y ait des difficultés, et appris l'importance de connaître le niveau de débit ce qui nous aide en cas d'augmentation ou diminution de niveau d'eau à anticiper les

crues à venir. Après et contrairement à la plupart des bassins notre bassin doit être divisé en trois sous bassin et étudier les caractéristiques de chaque sous bassin séparément.

## *Chapitre IV : Estimation de ruissellement*

## Introduction

Le ruissellement est l'apport principal des eaux de surface qui fait partie de l'eau de pluie et retourne tôt ou tard dans un réseau hydrique. Il dépend de la nature du sol, de la pente, de la couverture végétale et de l'intensité des pluies. Son estimation est faite souvent par le bilan hydrique, les formules empiriques ou par la modélisation (conceptuelle ou à base physique). Le calcul du ruissellement servira à l'estimation des apports liquides des oueds et le dimensionnement des barrages. En l'absence d'une station de jaugeage, nous utiliserons les apports des barrages Tabellout et d'Erraguene qui servent à utilisés pour établir une relation expérimentale entre les apports et les précipitations.

Le Bassin versant de l'Oued Djendjen est équipé de deux grands barrages dans sa partie amont (le barrage d'Erraguène et le barrage de Tabellout). Il est caractérisé par une pluviométrie importante, avec une moyenne de 1288.88 mm dans la partie amont et de 1031.46 mm dans la partie central, un réseau hydrographique dense avec un sol à dominance des marnes une topographie majoritairement montagneuse. Cela favorisera le ruissellement et donnera aux oueds un débit important surtout durant la période pluvieuse ce qui entraîne un apport d'eau très important aux barrages de Tabellout et d'Erraguene.

### IV.1. Estimation de ruissellement

#### IV.1.1. choix des épisodes pluvieux

On choisit le début des épisodes pluvieux en fonction du début des fortes pluies et on termine quand les apports se tarissent .on divise deux épisodes pluvieux par une période dite sèche.

Pour identifier les épisodes pluvieux :

-Nous représentons les données de précipitations mensuelles mesurées aux stations climatiques et les données des apports enregistrées par les barrages (d'Erraguene, de Tabellout) dans une représentation graphique commune (une courbe graphique représentant les apports et un histogramme représentant les précipitations)(fig .IV.2).

-On définit le seuil des apports ( $A_{min}$ ) et en fonction de celui-ci on choisit les valeurs de chaque épisode des apports ( $A_i$ ) pour qu'il soit  $A_{min} < A_i$ .

En séparant un épisode d'un autre par les valeurs des apports ( $A_i$ ) qui sont inférieures à ( $A_{min}$ ).

-Lors de la sélection des épisodes des apports, on en déduit automatiquement les épisodes pluvieux, qui sont l'ensemble des colonnes correspondant aux pics des apports de chaque épisode.

Observation :

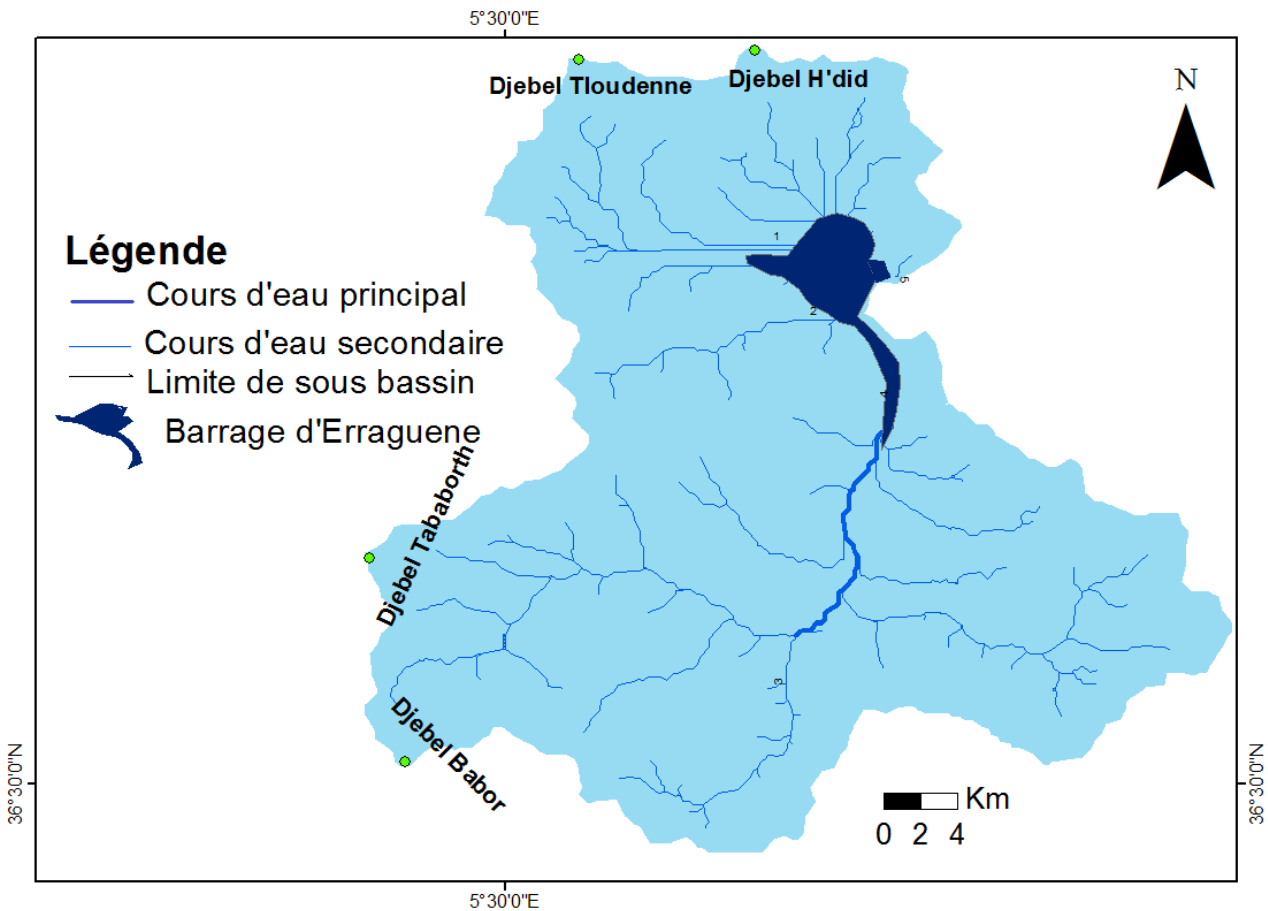
Il y a un léger décalage entre les épisodes pluvieux et les épisodes des apports, et cela est dû au fait que les données utilisées dans l'étude sont des données mensuelles et non horaires.

On peut donc maintenant définir les propriétés de chaque épisode pluvieux qui sont la date de début, la date de fin, la somme des précipitations et la somme des apports

### V.1.2.Evolution des apports d'eau en fonction des précipitations

#### IV.1.2.1.Sous bassin d'Erraguene

La zone d'étude dans le cas de sous bassin de barrage d'Erraguene est représenté par la figureIV.1 au-dessous :



*Figure IV.1 : limite et réseaux hydrographique de sous bassin d'Erraguene*

L'analyse d'évolution des volumes des apports qui rentre dans le barrage d'Erraguene en fonction des précipitations. On se basant sur les données obtenues des services gestionnaires du barrage pour la période 1999 jusqu'à 2021 a donné les résultats présentées dans l'histogramme ci-dessous (Fig. IV.2). Après la séparation des évènements pluvieux pour l'étude de la variation du volume d'apports qui rentre dans le barrage, nous avons choisi les épisodes qui donnent une réponse hydrologique claire et positive, et nous ne prenons pas en compte les épisodes qui ne produisent pas une réponse

claire. Cette dernière est due au à sa présence en période de base eau où le sol non saturé infiltré la pluie qui ne permet pas le ruissellement de se produire.

Certains épisodes ne produisent par des apports importants malgré l'importance des précipitations, ceci est dû au processus d'infiltration ou de saturation du sol surtout pour les pluies automnales. Par la suite chaque épisode a été tracé séparément, où nous avons totalisé 18 épisodes pluvieux ; Douze (12) pour les forts apports et six (6) pour les faibles apports.

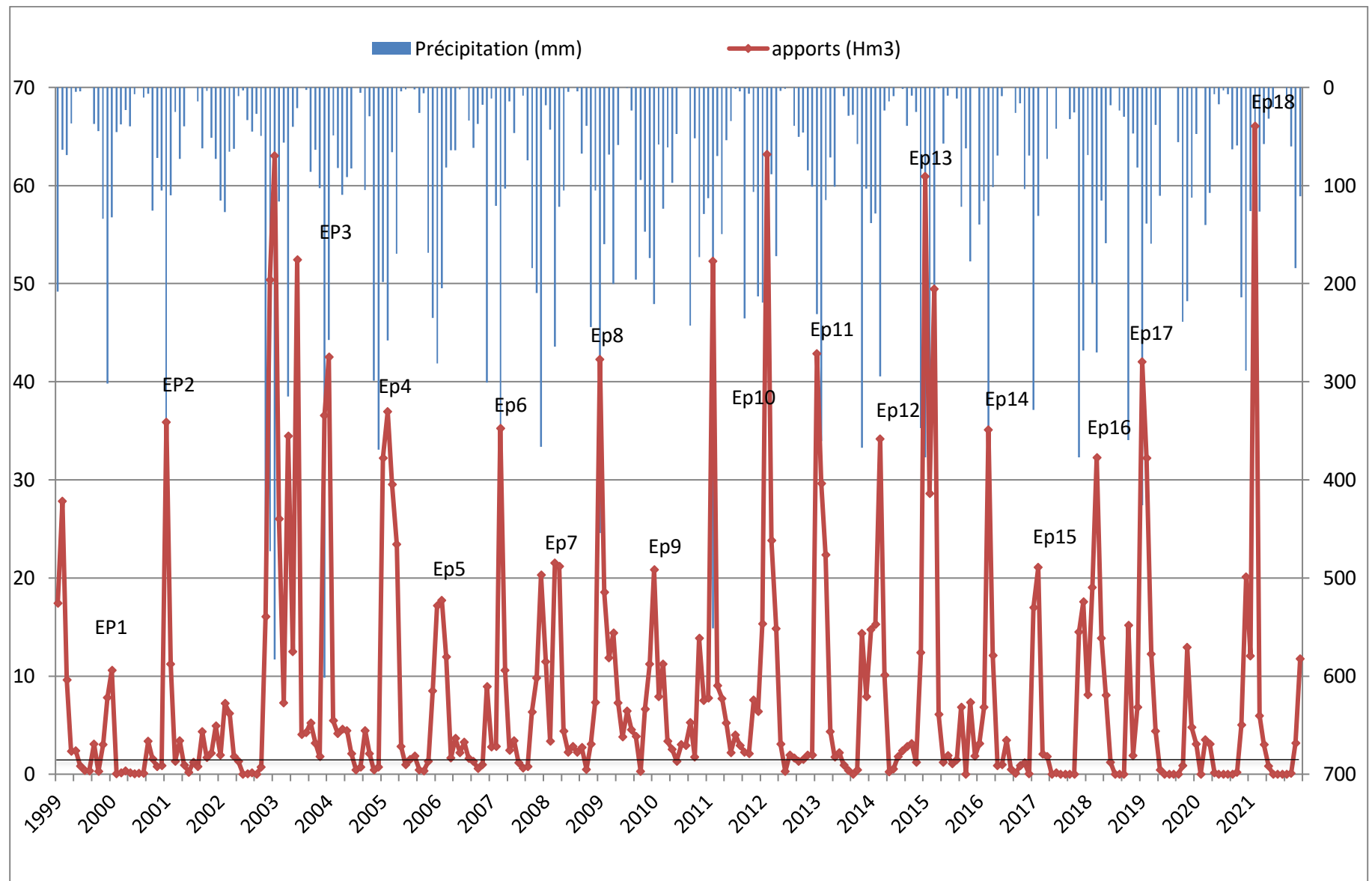
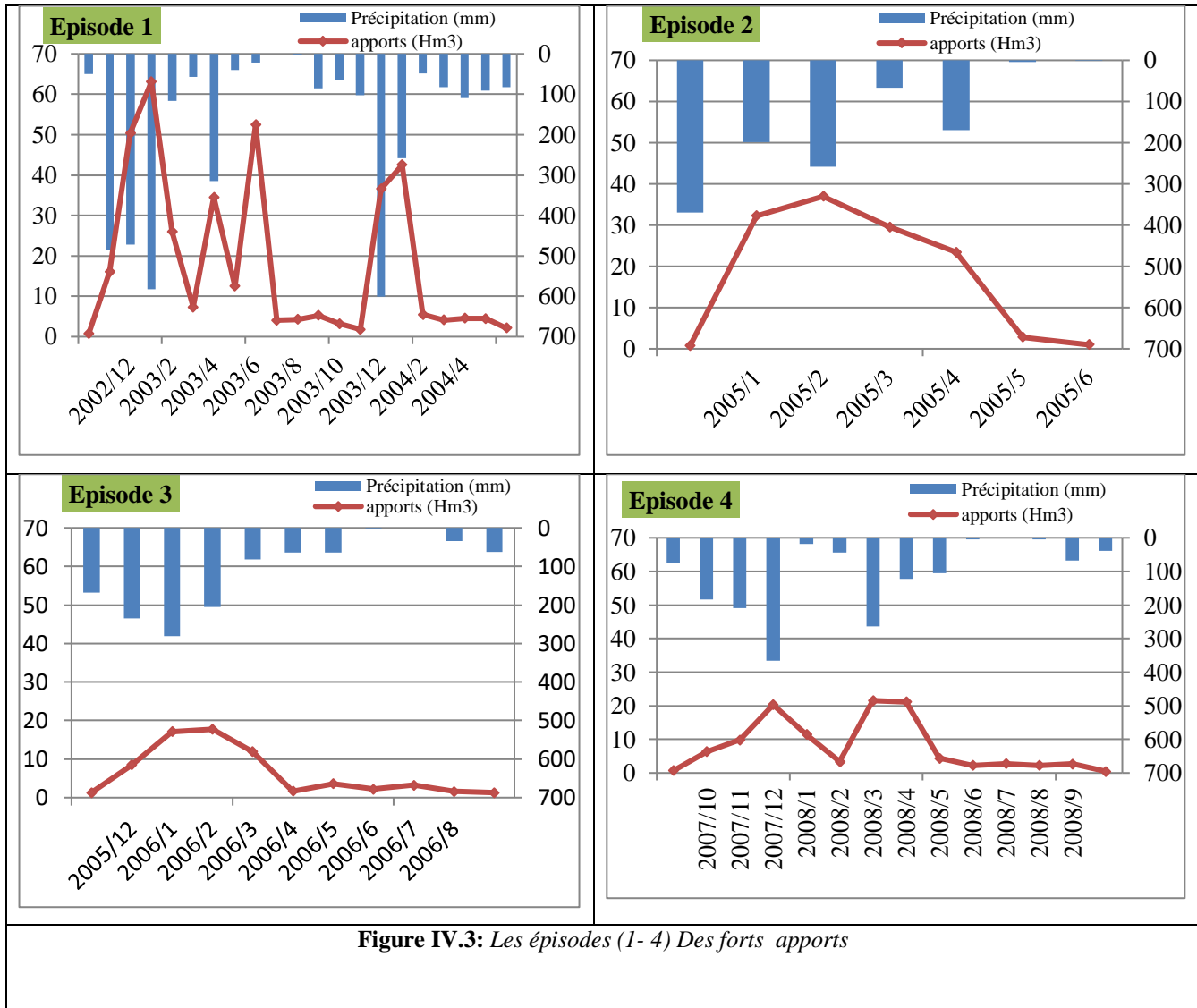


Figure IV.2 : Variation des apports par rapport aux précipitations de sous bassin d'Erraguene

**Les épisodes des forts apports (Fig. IV.3-4-5):**

Ces épisodes présentent une évolution simultanée entre les précipitations et les apports d'eau, avec un volume d'apports augmente directement après les précipitations, pour que chaque fois que tu tombes entre 3667,7 mm (Epi 1) et 1197,2 mm (Epi 12) dans le bassin nous obtenons un volume d'affluent entre 341,25 Hm<sup>3</sup> et 70,4 Hm<sup>3</sup> successivement. Ces épisodes pluvieux montrent une bonne corrélation entre les précipitations et les apports d'eau.





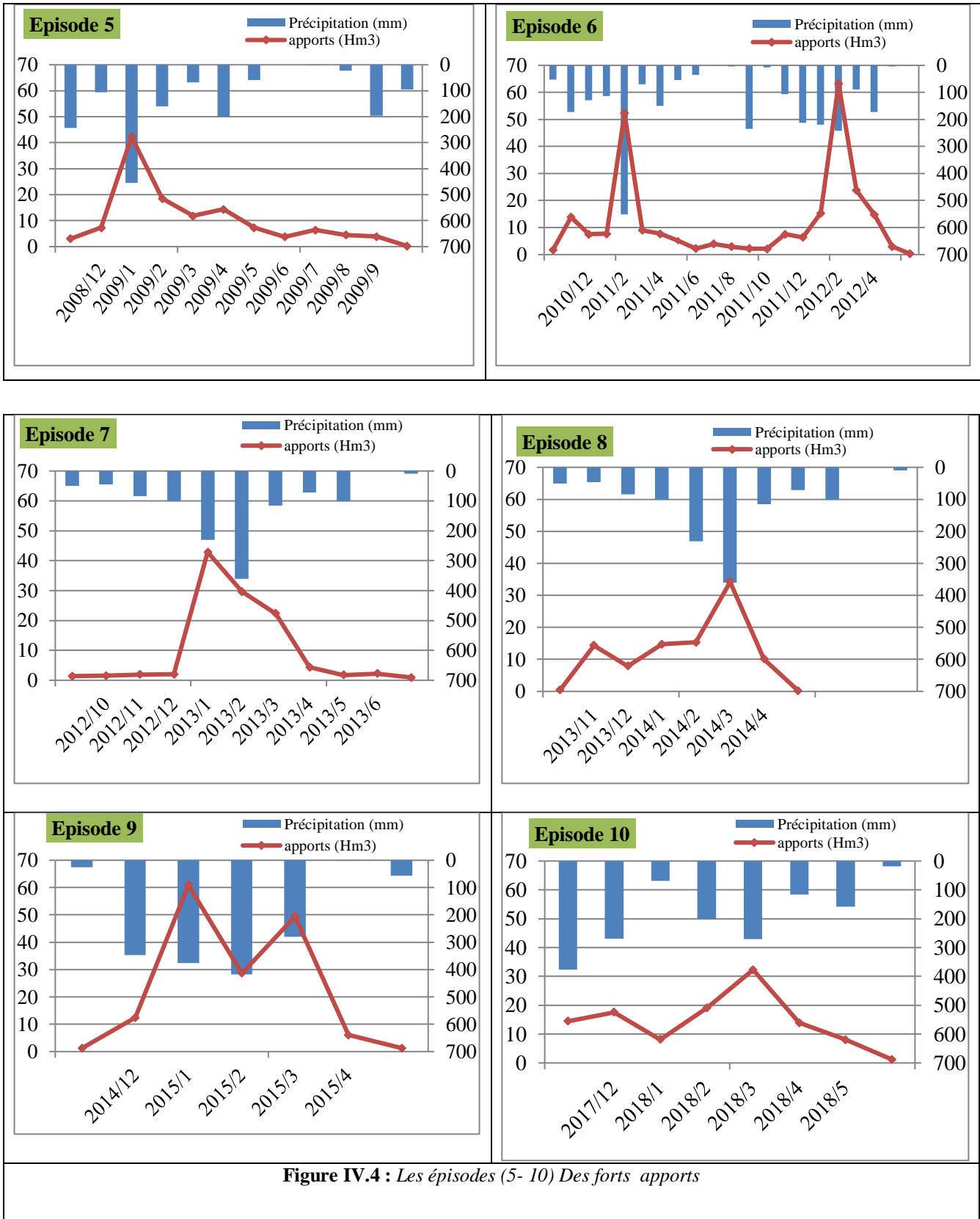


Figure IV.4 : Les épisodes (5- 10) Des forts apports

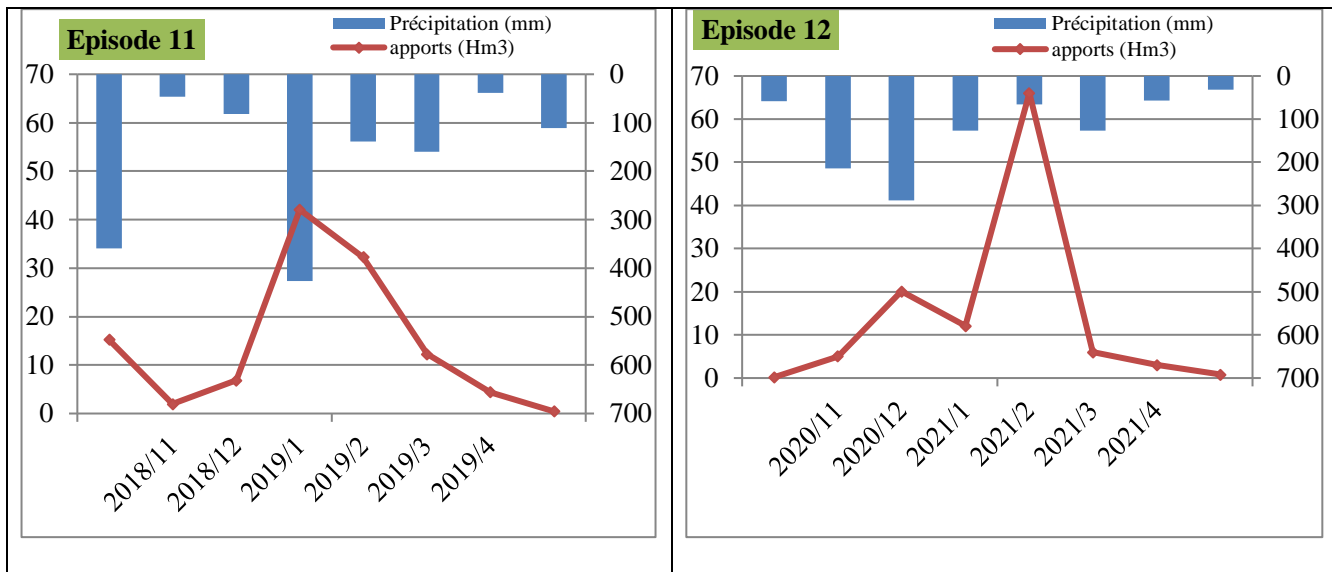


Figure IV.5 : Les épisodes (11-12) des forts apports

• Les épisodes des faibles apports :

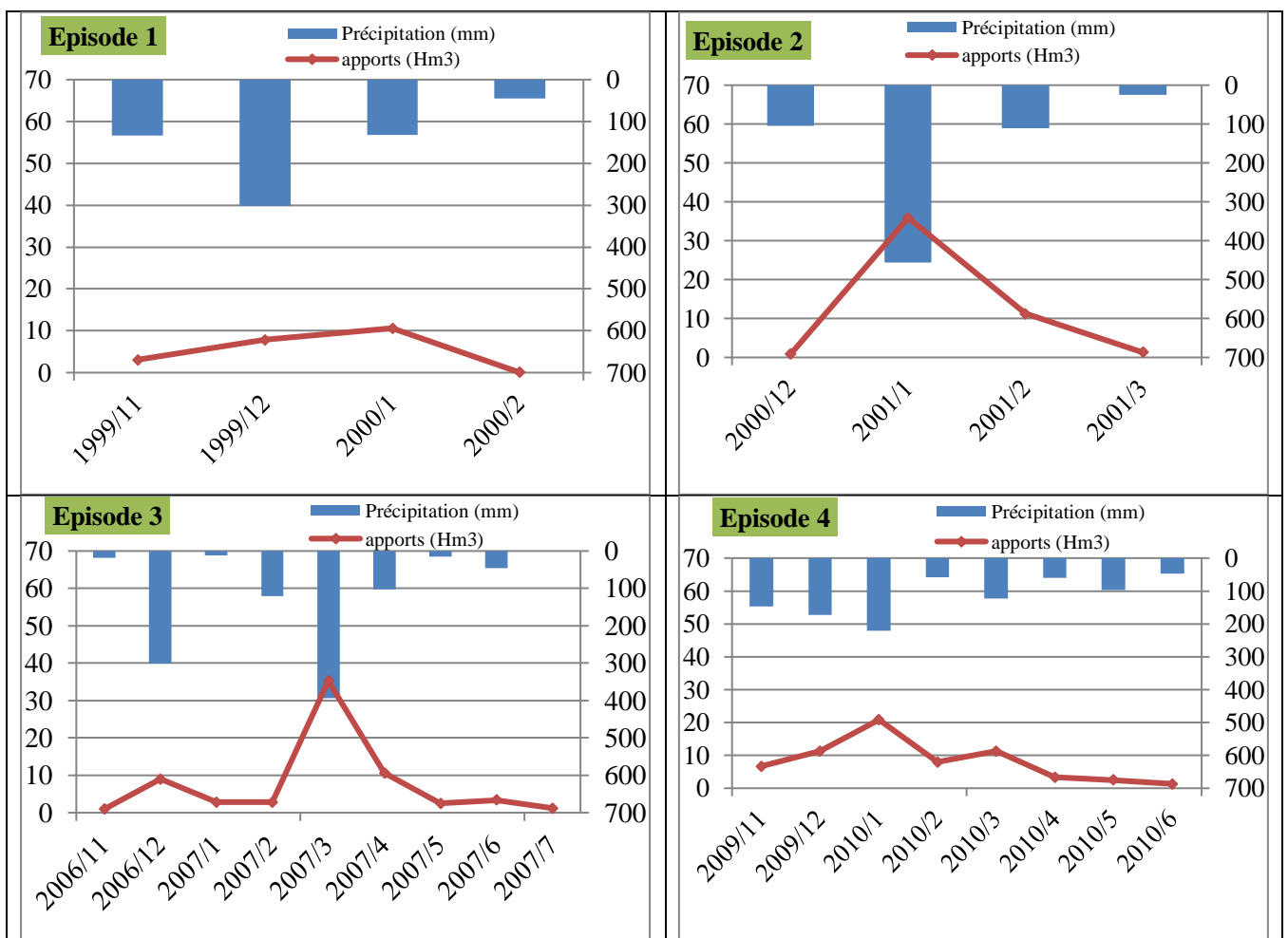


Figure IV.6 : Les épisodes (1-4) des faibles apports

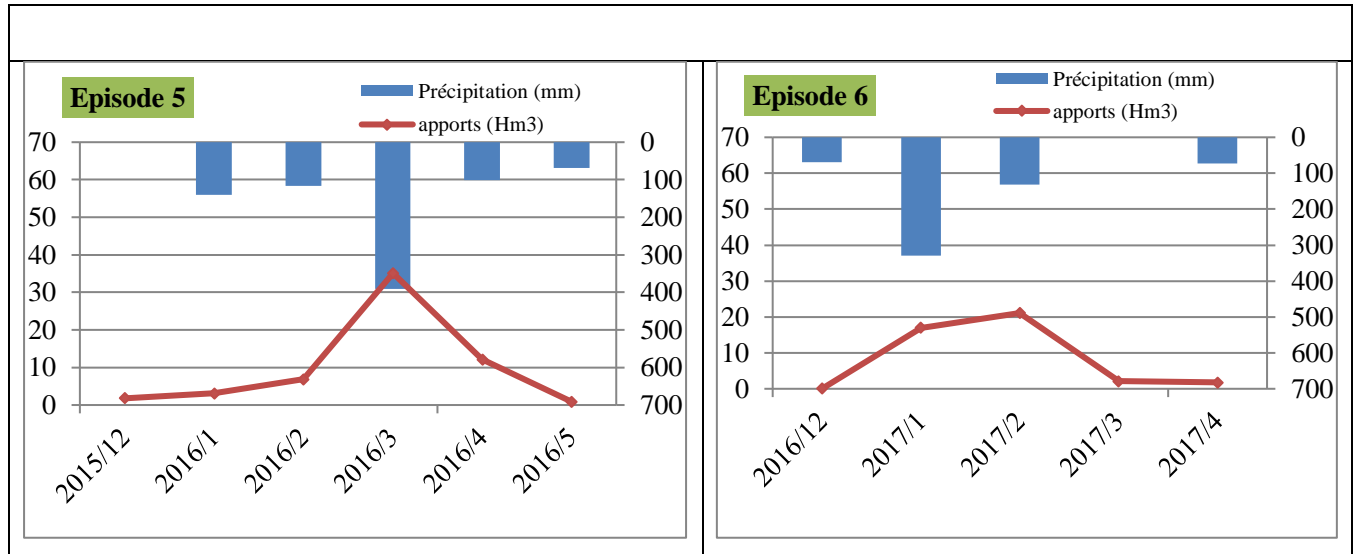


Figure IV.7 : Les épisodes (5-6) des faibles apports

Les hydrogrammes ci-dessus (Fig. IV.6-7) montrent que la faible précipitation dans ces épisodes donc suivi automatiquement d'une diminution de volume des apports, où quand il pleut entre 13.8 et 70.2 mm on enregistre une valeur de volume entre 0.81 hm<sup>3</sup> et 0.37 hm<sup>3</sup>. Nous obtenons dans ces épisodes pluvieux une bonne corrélation entre la pluie et les apports.

#### IV.1.2.1.2. Détermination de la relation pluie –apports de sous bassin d'Erraguene

L'établissement d'une corrélation entre les apports d'eau cumulés du barrage et les pluies cumulées durant des 18 épisodes pluvieux qui montre une relation linéaire entre les deux variables (Tab IV .1) . Tous les épisodes montrent une bonne corrélation, cela est dû au fait que le bassin versant pas large et la structure géologique imperméable (absence de la nappe) qui ne permet pas l'infiltration d'eau de pluie, cela permet de préserver le volume des apports d'eau en fonction des précipitations et il n'y a pas de retard dans leur arrivée à l'exutoire du bassin versant.

Tableau IV .1 : Volume des apports des différents épisodes de sous bassin d'Erraguene

Episode		Début	Fin	P (mm)	Volume apports (hm3)
Episode des forts apports	1	2002/10	2004/6	3667.70	341.26
	2	2010/10	2012/6	2619.40	253.18
	3	2014/11	2015/5	1504.30	149.92
	4	2008/11	2009/10	1605.70	123.63
	5	2018/10	2019/5	1360.90	115.31
	6	2017/11	2018/6	1476.90	114.67
	7	2012/9	2013/7	1169.50	110.79
	8	2007/9	2008/10	1501.70	109.77
	9	2004/12	2005/6	1067.30	106.75
	10	2020/10	2021/5	969.85	99.24
	11	2013/10	2014/5	1127.40	97.23
	12	2005/11	2006/9	1197.20	70.40
Episode des faibles apports	1	2006/11	2007/7	1008.30	68.39
	2	2009/11	2010/6	929.20	65.10
	3	2015/12	2016/5	817.60	59.97
	4	2000/12	2001/3	696.50	49.29
	5	2016/12	2017/4	601.60	41.98
	6	1999/11	2000/2	614.00	21.50

#### IV.1.2.1.3. La courbe de corrélation

Le diagramme de corrélation permet d'illustrer la relation entre deux phénomènes variables et observer l'influence d'une sur l'autre. Le calcul et le tracer de la droite de régression est très utile pour prévoir la valeur de Y en fonction de X. En effet, il permet exprimer sous forme mathématique la relation entre la variable X et Y, (El Atyqy, 2018).

L'utilisation du diagramme de corrélation passe par plusieurs phases :

- Déterminer les deux phénomènes a étudié (cause-effet).
- Recueille les paires de données à utiliser.
- Tracer la cause sur l'axe X et l'effet sur l'axe Y.
- Pointer, sur le graphique, les paires des données.
- Trouver l'équation de la droite de régression ( $Y = ax+b$ ), calculer le coefficient de corrélation  $R^2$  et tracer la droite de régression.
- Analyser le graphique.

La corrélation entre le volume des apports (lame ruisselée) et les précipitations pendant les épisodes pluvieux dans le bassin versant, il nous permet de trouver une relation linéaire entre les deux paramètres (Fig.IV.8).

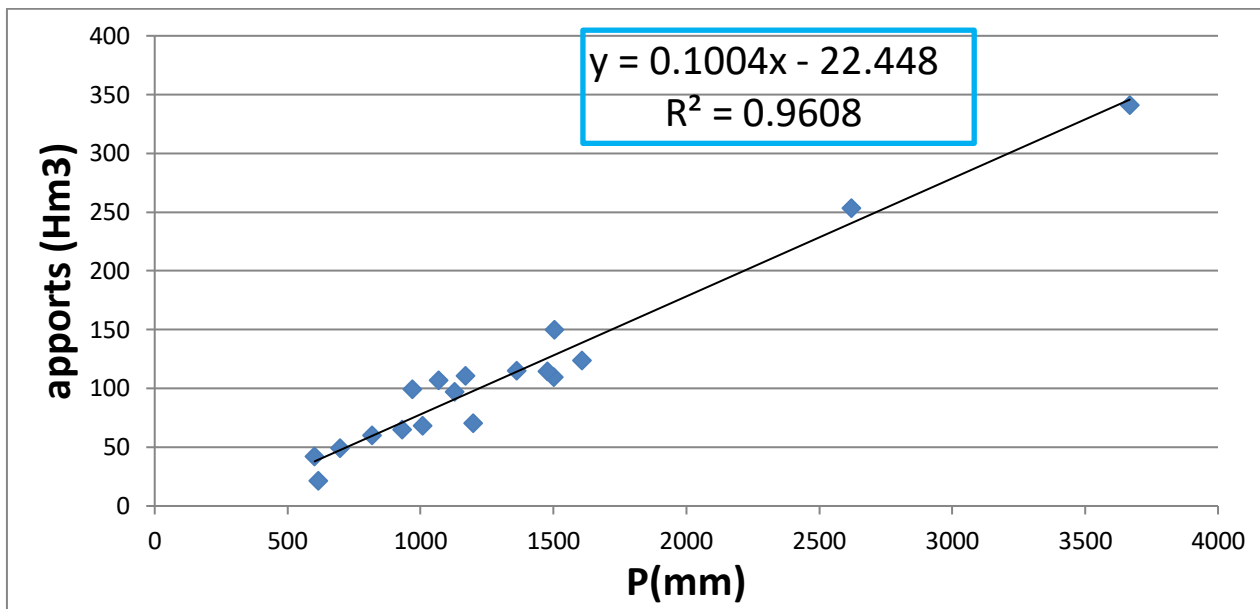


Figure IV.8 : Corrélation entre les apports et les précipitations de sous bassin d'Erraguene

La formule expérimentale obtenue à partir de cette corrélation pour calculer le volume de la lame ruisselé est la suivante :

$$\text{Volume d'apports} = 0.1004 * \text{précipitations} - 22.448 \dots\dots\dots (1)$$

**R² = 0.9608** , Où : Le volume ruisselé est en hm³ et la pluie en mm.

L'estimation de la hauteur de la lame d'eau ruisselée (R) dans le bassin versant qui exprimé en mm, il est donné par la formule suivante :

$$R = \frac{\text{Volume ruisselé}}{\text{Superficie du bv}} \dots\dots\dots (2)$$

D'après l'application de la formule précédente (2) ci-dessous nous obtenons les volumes mentionnés dans le tableau suivant (Tab IV .2) :

Tableau IV .2: Volume de lame ruisselée des épisodes par la formule expérimentale

P :préipitation,A :apports,S :surface,R ;ruisselment

Episodes	Début	Fin	P (mm)	A (Hm <sup>3</sup> )	S (km2)	R (mm)	
Episodes des forts apports	1	2002/10	2004/6	3667.70	341.26	103.8	3287.63
	2	2010/10	2012/6	2619.40	253.18		2439.08
	3	2014/11	2015/5	1504.30	149.92		1444.34
	4	2008/11	2009/10	1605.70	123.63		1191.01
	5	2018/10	2019/5	1360.90	115.31		1110.91
	6	2017/11	2018/6	1476.90	114.67		1104.75
	7	2012/9	2013/7	1169.50	110.79		1067.38
	8	2007/9	2008/10	1501.70	109.77		1057.50
	9	2004/12	2005/6	1067.30	106.75		1028.38
	10	2020/10	2021/5	969.85	99.24		960.72
	11	2013/10	2014/5	1127.40	97.23		936.73
	12	2005/11	2006/9	1197.20	70.40		678.25
Episodes des faibles apports	1	2006/11	2007/7	1008.30	68.39		658.82
	2	2009/11	2010/6	929.20	65.10		627.21
	3	2015/12	2016/5	817.60	59.97		577.78
	4	2000/12	2001/3	696.50	49.29		474.82
	5	2016/12	2017/4	601.60	41.98		404.44
	6	1999/11	2000/2	614.00	21.50		207.12

La comparaison entre les hauteurs d'eau de pluie et les hauteurs d'eau ruisselées montre une variation du plus grand volume, il y a des mois ou les précipitations sont supérieures à ruissellement cela peut indiquer l'infiltration des précipitations ou par l'évapotranspiration (généralement dans les périodes des basse eaux ).

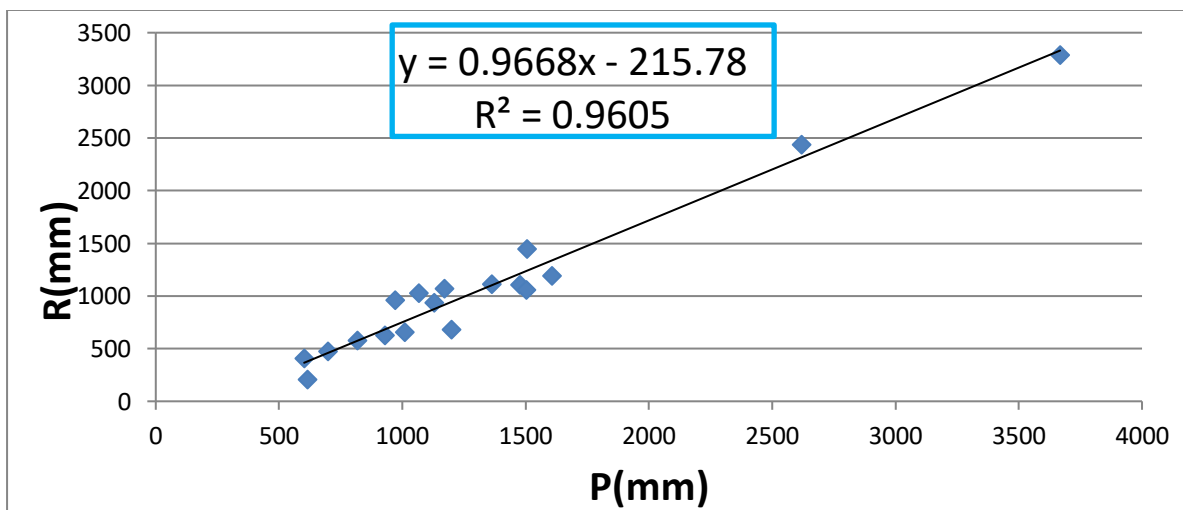
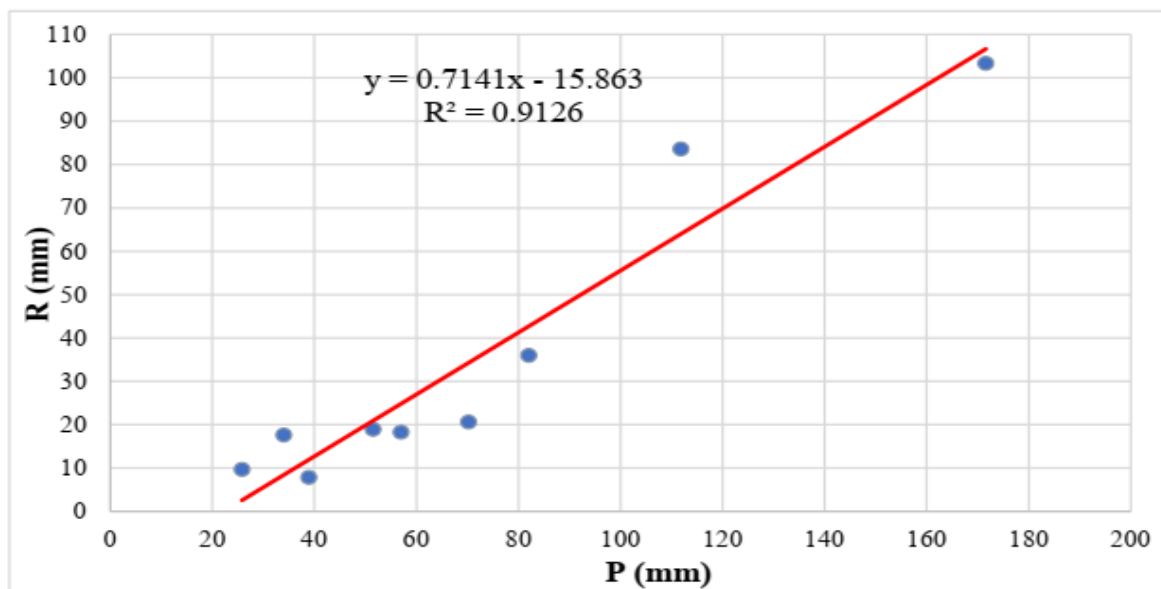


Figure IV.9: Corrélation entre les précipitations et le ruissellement durant les épisodes pluvieux de sous bassin d'Erraguene

A partir de la précipitation annuelle enregistrée à la station de barrage Erraguene nous obtenons :

$$R = 0.9668x - 215.78 \Rightarrow R = 0.9668 * 1288.88 - 215.78 \Rightarrow R = 1030.30 \text{ mm}$$

Cette résulte monter que 79.93 % des précipitations qui tombent dans le bassin contribuent dans le ruissellement. Le ruissellement dans la partie d'hydroclimatologie pour le bassin versant par l'application la formule de Tixeront Berkouff est de l'ordre de 713.7 mm. Alors que, l'application de la formule expérimentale de ruissellement trouvée par Mehidi & Mirouh (2022) pour le bassin versant d'oued El-Agrem (Fig.IV.10) sur le sous bassin versant d'Erraguene a donné un ruissellement de l'ordre de 720.70 mm



**Figure IV.10:** *Corrélation entre les précipitations et le ruissellement durant les épisodes pluvieux (Mirouh & Mhidi, 2022)*

#### IV.1.2.1.4. Comparaison entre les résultats de ruissellement trouvés par les différentes formules

La comparaison entre les valeurs de ruissellement calculées par les différentes formules a montré clairement l'utilité des formules expérimentales pour l'estimation de ruissellement, où on a trouvé une erreur de 12.2 % entre notre formule et celle de bassin versant d'oued El-Agrem, par contre cette erreur monte jusqu'à 30.69%% pour la formule de Tixeront Berkouff qui ne tiens pas compte de la nature du sol et du couvert végétale (Tab.IV.3)

Tableau IV .3: Comparaison entre les résultats de ruissellement trouvés par les différentes formules

Ruissellement en mm				
Notre formule expérimentale	Formule de Mirouh & Mhidi , 2022		Formule de Tixeron Berkalouff	
Valeur	Valeur	Erreur	Valeur	Erreur
1030.3	904.52	12.2%	713.7	30.69%

**IV.1.2.2. Sous bassin de Tabellout (sans lâchés du barrage d’Erraguene)**

La zone d’étude dans le cas de sous bassin de barrage de Tabellout (sans lachées) est représentée par la figure IV.11 au-dessous :

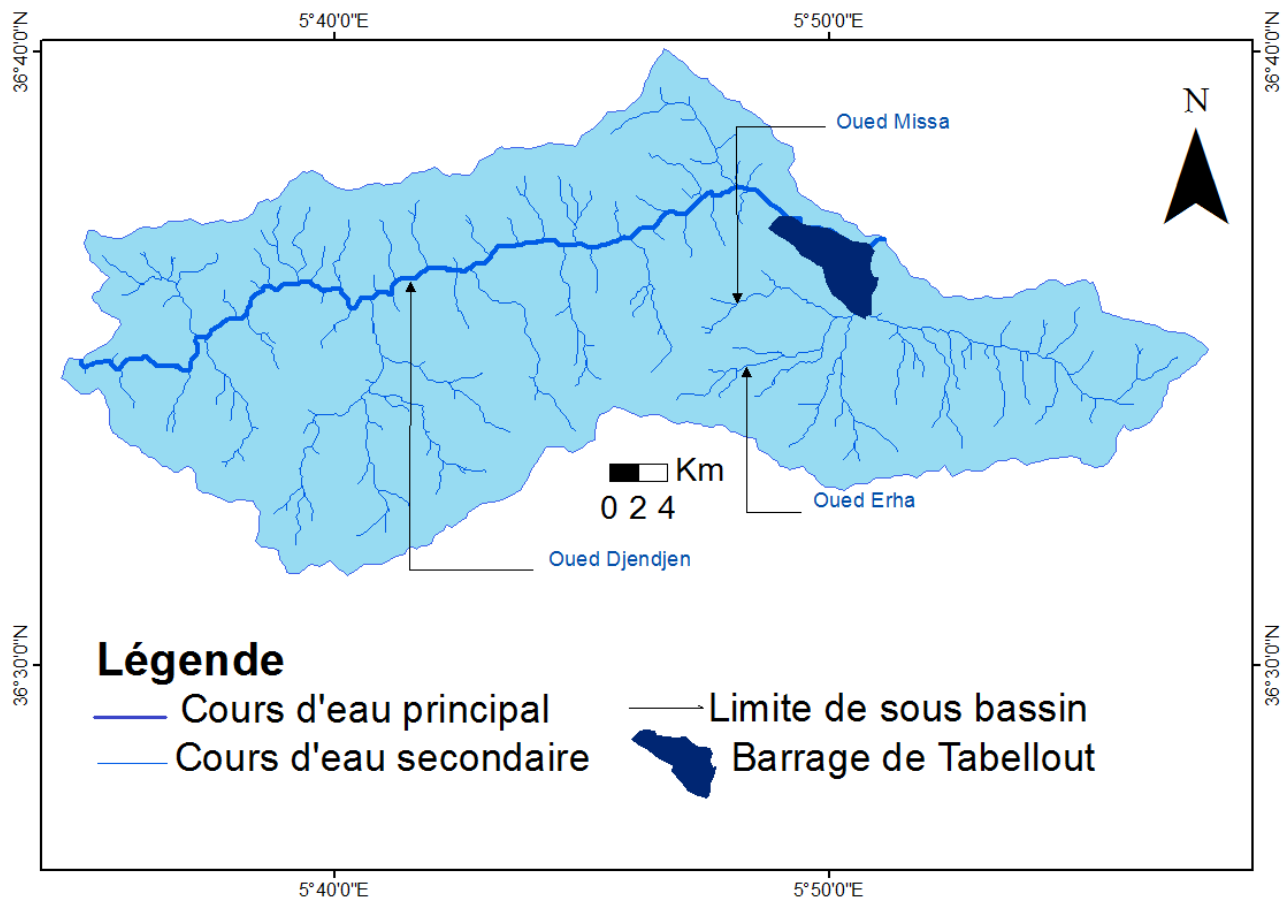


Figure IV.11 : limite et réseaux hydrographique de sous bassin de Tabellout .

**IV.1.2.2.1. Détermination de la relation pluie –apports de sous bassin de Tabellout**

Pour trouver la relation entre la pluie et le ruissellement, nous avons travaillé à l’échelle de précipitations mensuelles enregistrées au niveau du barrage de Tabellout.

Le tableau ci-dessous (Tab. IV. 4) récapitule le volume des apports du sous bassin de Tabellout sans lâchés du barrage d’Erraguene en fonction des précipitations mensuelles.



Tableau IV. 4: Apports sans lâchés du barrage d'Erraguene et précipitations mensuelles du sous bassin de Tabellout.

Années	P(mm)	A (hm <sup>3</sup> )	Années	P(mm)	A (hm <sup>3</sup> )
2019/1	402.2	64.7	2020/7	11.2	2.4
2019/2	148.6	49.23	2020/8	3	1.91
2019/3	203.6	36.72	2020/9	61.8	3.95
2019/4	61.2	15.56	2020/10	52.6	2.62
2019/5	109	13.85	2020/11	127.4	7.98
2019/6	2	5.68	2020/12	332.4	56.3
2019/7	0	1.03	2021/1	138	25.05
2019/8	15.2	1.3	2021/2	27.8	16.78
2019/9	90	1.73	2021/3	132.2	18.99
2019/10	174	9.13	2021/4	37.2	11.82
2019/11	188.8	32.06	2021/5	45.8	8.12
2019/12	103.4	25.64	2021/6	3	3.62
2020/1	1.8	4.88	2021/7	0	1.43
2020/2	2	5.36	2021/8	0	1.33
2020/3	156.4	14.01	2021/9	15.8	1.51
2020/4	92.6	10.28	2021/10	63	1.84
2020/5	1.8	4.88	2021/11	144	10.21
2020/6	17.6	3.11	2021/12	129	25.84

IV.1.2.2.2. La courbe de corrélation

Nous représentons les données (apports, précipitations) par une courbe de corrélation qui permet de trouver une relation en linéaire entre les deux paramètres. Le diagramme de corrélation (Fig.IV.12) permet d'illustrer la relation entre deux phénomènes variables et d'observer l'influence de l'une sur l'autre.

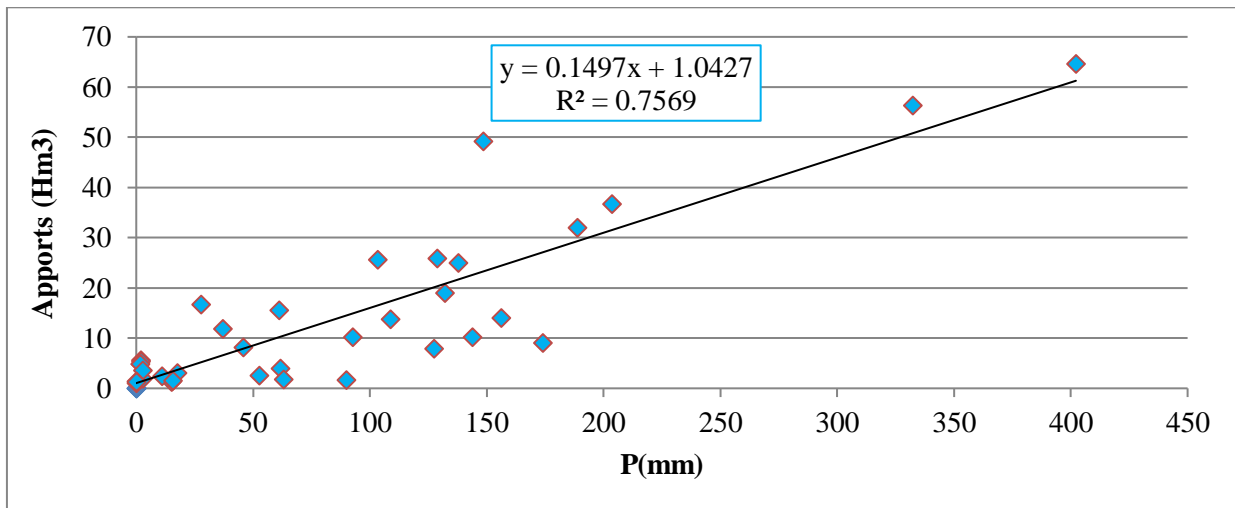


Figure IV.12 : Corrélation entre les Apports sans lâchés du barrage d'Erraguene et précipitations mensuelles du sous bassin de Tabellout.

La formule expérimentale de cette équation pour calculer le volume ruisselé est :

$$\text{Apports} = 0.1497 \text{ précipitations} + 1.0427$$

Où : Le volume ruisselé est en  $\text{hm}^3$  et la pluie en mm

L'estimation de la lame d'eau ruisselée (R) est donnée par la formule suivante :

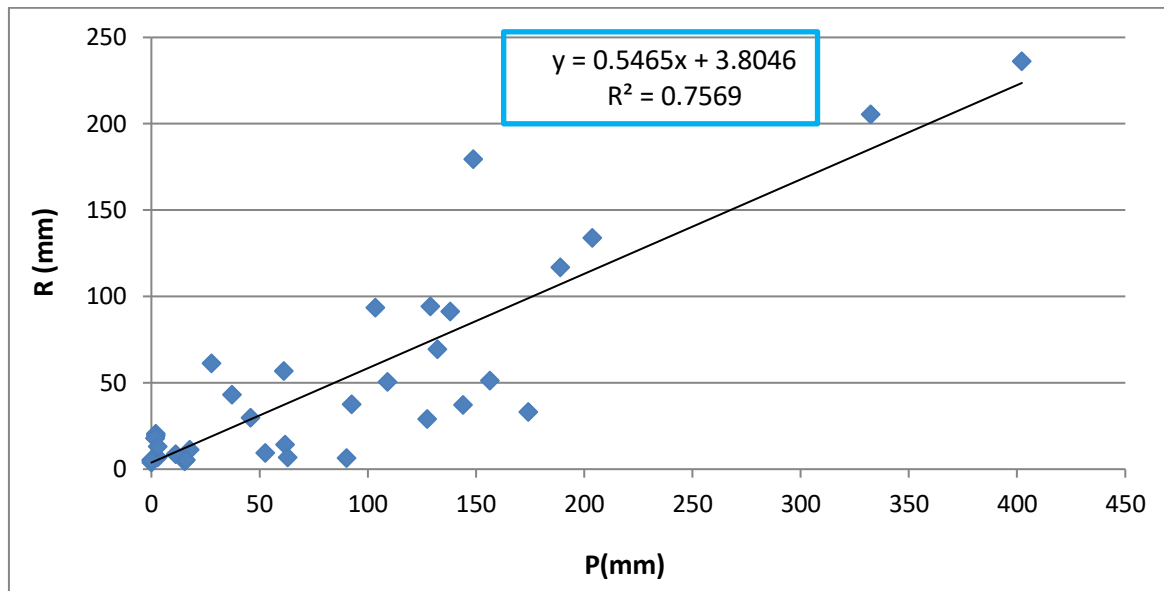
$$R = \text{apports} / \text{superficie du BV}$$

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous (Tab. IV. 5):

**Tableau IV .5:** Hauteur de lame d'eau ruisselée durant chaque mois du sous bassin de Tabellout.

Mois	P(mm)	A ( $\text{hm}^3$ )	S ( $\text{km}^2$ )	R(mm)	Mois	P(mm)	A ( $\text{hm}^3$ )	S ( $\text{km}^2$ )	R(mm)
2019/1	402.2	64.7	273.97	236.16	2020/7	11.2	2.4	273.97	8.76
2019/2	148.6	49.23	273.97	179.69	2020/8	3	1.91	273.97	6.97
2019/3	203.6	36.72	273.97	134.03	2020/9	61.8	3.95	273.97	14.42
2019/4	61.2	15.56	273.97	56.79	2020/10	52.6	2.62	273.97	9.56
2019/5	109	13.85	273.97	50.55	2020/11	127.4	7.98	273.97	29.13
2019/6	2	5.68	273.97	20.73	2020/12	332.4	56.3	273.97	205.50
2019/7	0	1.03	273.97	3.76	2021/1	138	25.05	273.97	91.43
2019/8	15.2	1.3	273.97	4.75	2021/2	27.8	16.78	273.97	61.25
2019/9	90	1.73	273.97	6.31	2021/3	132.2	18.99	273.97	69.31
2019/10	174	9.13	273.97	33.32	2021/4	37.2	11.82	273.97	43.14
2019/11	188.8	32.06	273.97	117.02	2021/5	45.8	8.12	273.97	29.64
2019/12	103.4	25.64	273.97	93.59	2021/6	3	3.62	273.97	13.21
2020/1	1.8	4.88	273.97	17.81	2021/7	0	1.43	273.97	5.22
2020/2	2	5.36	273.97	19.56	2021/8	0	1.33	273.97	4.85
2020/3	156.4	14.01	273.97	51.14	2021/9	15.8	1.51	273.97	5.51
2020/4	92.6	10.28	273.97	37.52	2021/10	63	1.84	273.97	6.72
2020/5	1.8	4.88	273.97	17.81	2021/11	144	10.21	273.97	37.27
2020/6	17.6	3.11	273.97	11.35	2021/12	129	25.84	273.97	94.32

La comparaison entre les hauteurs d'eau de pluie et les hauteurs d'eau ruisselées montre une variation du plus grand volume (Fig.IV.13), il y a des mois où les précipitations sont supérieures à ruissellement cela peut indiquer l'infiltration des précipitations par les nappes non saturées ou par l'évapotranspiration (généralement dans les périodes de basse eaux), et il y a des mois où les précipitations sont inférieures au ruissellement sous l'effet d'une nappe saturée alimente le ruissellement.



**Figure IV.13 :** *Corrélation entre la hauteur de lame d'eau ruisselée et les précipitations mensuelles*

A partir des précipitations annuelles (nous l'avons calculé par les données de station de barrage Tabellout) on va calculer le ruissellement annuel :

$$R = 0,5465x + 3,8059 \Rightarrow R = 0,5465 * 1031,47 + 3,8059 \Rightarrow R = 567.5 \text{ mm}$$

Cette résultat montre que 69.93 % des précipitations qui tombent dans le bassin contribuent dans le ruissellement. Le ruissellement dans le bassin versant obtenu dans la partie hydroclimatologie par l'application la formule de Tixeront-Berkalouff (modifiée par Romantchouk) :  $R = ((0.01 * P)^3 / 3)$ , si :  $P > 600\text{mm}$ , est de l'ordre de 432.5 mm.

L'application de la formule expérimentale de ruissellement trouvée par Mehidi & Mirouh (2022) pour le bassin versant d'oued El-Agrem (Fig.IV.10) sur le sous bassin versant de Tabellout a donné un ruissellement de l'ordre de 720.70 mm

#### **IV.1.2.2.3. Comparaison entre les résultats de ruissellement trouvés par les différentes formules**

La comparaison entre les valeurs de ruissellement calculées par les différentes formules a montré clairement l'utilité des formules expérimentales pour l'estimation de ruissellement, où on a trouvé une erreur de 74.45 % entre notre formule et celle de bassin versant d'oued El-Agrem, par contre cette erreur monte jusqu'à 14.27% pour la formule de Tixeront-Berkalouff qui ne tiens pas compte de la nature du sol et du couvert végétale.

Tableau IV.6: Résultats du ruissellement calculé par les différentes formules

Ruissellement en mm				
Notre formule expérimentale	Formule de Tixeront Berkaloouf		Formule de Mirouh & Mhidi (2022)	
Valeur	Valeur	Erreur	Valeur	Erreur
422.89	365.79	14.27%	720.70	74.45%

**IV.1.2.3. Sous bassin de Tabellout (avec les lâchées et la moyenne entre les deux bassin)**

La zone d'étude dans les deux cas de sous bassin de barrage de Tabellout (avec les lâchées) et (par la moyenne des précipitations mesurées dans les deux barrages) est représentée par la figureIV.14au-dessous :

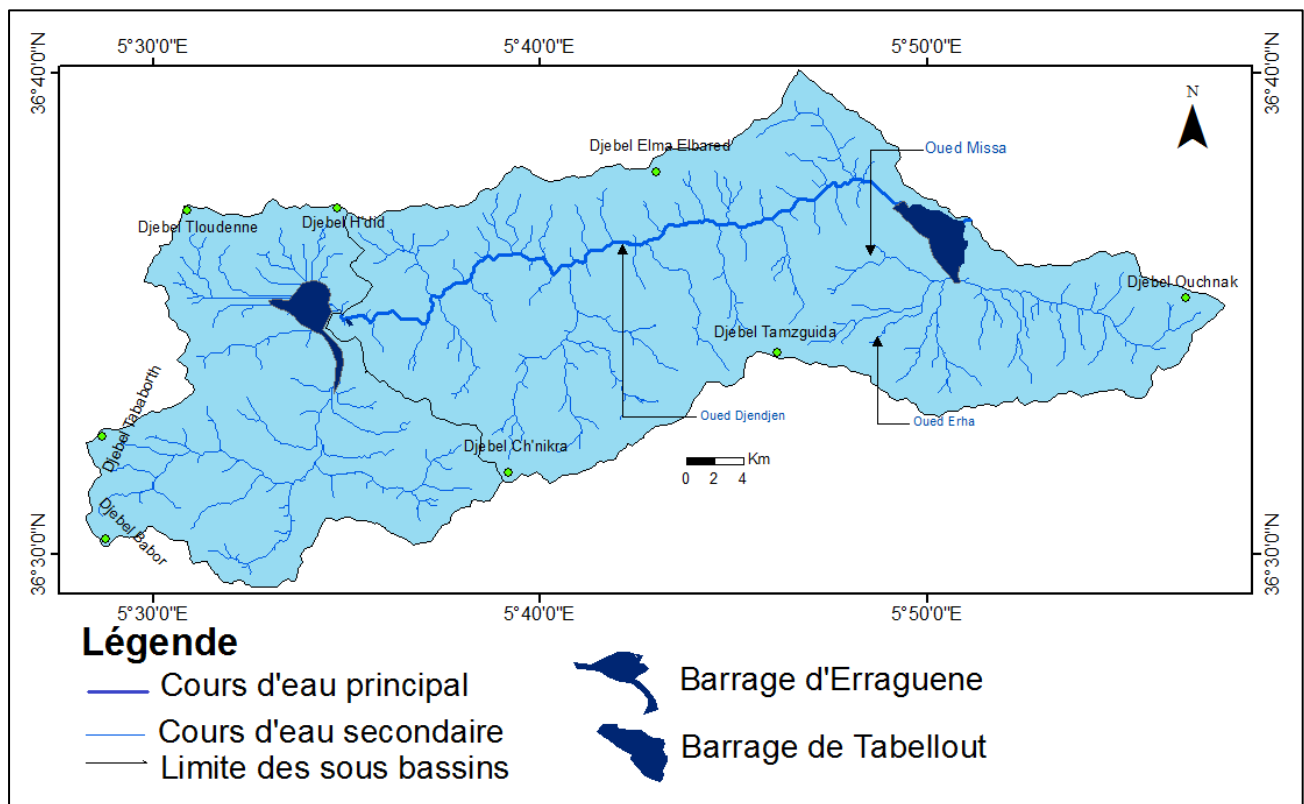


Figure IV.14 : limite et réseaux hydrographique de sous bassin de barrage de Tabellout et d'Erraguene.

**IV.1.2 .3.1 Sous bassin de Tabellout (avec les lâches du barrage d’Erraguene)**

Dans ce cas on néglige le barrage d’Erraguene et on travaille avec la somme des superficies des sous bassins versants d’Erraguene et Tabellout. Les données exploitées (les précipitations et les apports) sont celles enregistrées en aval du bassin versant, c'est-à-dire au niveau du barrage de Tabellout.

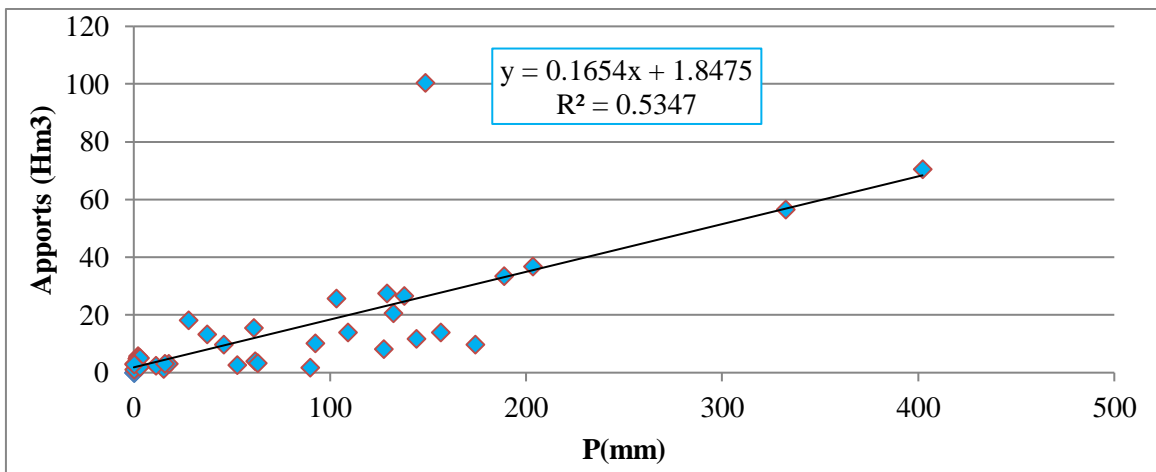
**a) Détermination de la relation pluie –apports**

Pour trouver la relation entre la pluie et le ruissellement, nous avons travaillé à l'échelle de précipitations mensuelles et les apports avec les lâchés du barrage d'Erraguene. Le tableau suivant (Tab.IV.7) résume le volume des apports en fonction des précipitations mensuelles enregistrées au niveau du barrage de Tabellout.

**Tableau IV.7 :** Apports avec lâchés du barrage d'Erraguene et précipitations mensuelles du sous bassin de Tabellout.

Mois	P(mm)	A (hm <sup>3</sup> )	Mois	P(mm)	A (hm <sup>3</sup> )
2019/1	402.2	70.46	2020/7	11.2	2.4
2019/2	148.6	100.41	2020/8	3	1.91
2019/3	203.6	36.72	2020/9	61.8	3.95
2019/4	61.2	15.56	2020/10	52.6	2.62
2019/5	109	13.85	2020/11	127.4	8.09
2019/6	2	5.68	2020/12	332.4	56.57
2019/7	0	1.03	2021/1	138	26.6
2019/8	15.2	1.3	2021/2	27.8	18.18
2019/9	90	1.73	2021/3	132.2	20.54
2019/10	174	9.66	2021/4	37.2	13.32
2019/11	188.8	33.46	2021/5	45.8	9.67
2019/12	103.4	25.64	2021/6	3	5.12
2020/1	1.8	4.88	2021/7	0	2.98
2020/2	2	5.36	2021/8	0	2.88
2020/3	156.4	14.01	2021/9	15.8	3.01
2020/4	92.6	10.28	2021/10	63	3.39
2020/5	1.8	4.88	2021/11	144	11.71
2020/6	17.6	3.11	2021/12	129	27.39

La corrélation entre la hauteur d'eau précipitée et le volume d'eau ruisselée nous a permis de trouver une relation linéaire entre les deux paramètres (Fig.IV.15).



**Figure IV.15:** Corrélation entre le volume des Apports avec lâchés du barrage d'Erraguene et précipitations mensuelles du sous bassin de Tabellout.

La formule expérimentale de cette équation pour calculer le volume ruisselé est :

$$\text{Apports} = 0.165 * \text{précipitations} + 1,8475 \Rightarrow R^2=0.5347$$

Où : Le volume ruisselé est en hm<sup>3</sup> et la pluie en mm.

L'estimation de la lame d'eau ruisselée (R) est donnée par la formule suivante :

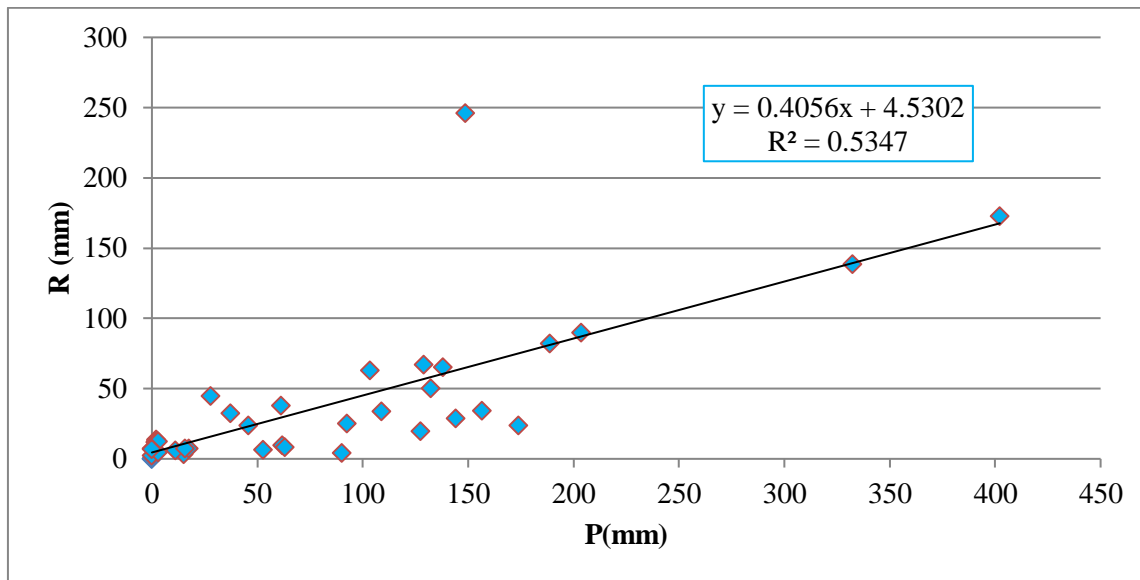
$$R = \text{apports} / \text{superficie du BV}$$

La valeur de surface que nous utiliserons dans le calcul est la somme de superficie des sous bassins d'Erraguene et Tabellout est égal à : 407.81 Km<sup>2</sup>. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous (Tab.IV.8). Par la comparaison entre les précipitations et les hauteurs de la lame ruisselée montre que les valeurs de lame ruisselée est inférieure des précipitations, cela peut indiquer qu'il y a une partie de précipitations évaporée ou infiltrée.

**Tableau IV.8:** Hauteur de lame d'eau ruisselée mensuelle du sous bassin de Tabellout (avec lâchés)

mois	P(mm)	A (hm <sup>3</sup> )	km <sup>2</sup> )	R(mm)	mois	P(mm)	A (hm <sup>3</sup> )	s (km <sup>2</sup> )	R(mm)
2019/1	402.2	70.46	407.81	172.78	2020/7	11.2	2.4	407.81	5.89
2019/2	148.6	100.41		246.22	2020/8	3	1.91		4.68
2019/3	203.6	36.72		90.04	2020/9	61.8	3.95		9.69
2019/4	61.2	15.56		38.16	2020/10	52.6	2.62		6.42
2019/5	109	13.85		33.96	2020/11	127.4	8.09		19.84
2019/6	2	5.68		13.93	2020/12	332.4	56.57		138.72
2019/7	0	1.03		2.53	2021/1	138	26.6		65.23
2019/8	15.2	1.3		3.19	2021/2	27.8	18.18		44.58
2019/9	90	1.73		4.24	2021/3	132.2	20.54		50.37
2019/10	174	9.66		23.69	2021/4	37.2	13.32		32.66
2019/11	188.8	33.46		82.05	2021/5	45.8	9.67		23.71
2019/12	103.4	25.64		62.87	2021/6	3	5.12		12.55
2020/1	1.8	4.88	11.97	2021/7	0	2.98	7.31		
2020/2	2	5.36	13.14	2021/8	0	2.88	7.06		
2020/3	156.4	14.01	34.35	2021/9	15.8	3.01	7.38		
2020/4	92.6	10.28	25.21	2021/10	63	3.39	8.31		
2020/5	1.8	4.88	11.97	2021/11	144	11.71	28.71		
2020/6	17.6	3.11	7.63	2021/12	129	27.39	67.16		

Par la comparaison entre les précipitations et les hauteurs de la lame ruisselée (tab.IV8) montre que les valeurs de lame ruisselée est inférieure des précipitations, cela peut indiquer qu'il y a une partie de précipitations évaporée ou infiltrée.



**Figure IV.16:** *Corrélation entre les précipitations et le ruissellement durant les épisodes pluvieux du sous bassin de Tabellout (avec lâchés)*

A partir des précipitations annuelles (nous l'avons calculé par les données de station de barrage Tabellout) on va calculer le ruissellement annuel :

$$R = 0,405 * x + 4.5302 \Rightarrow R = 0,4056 * 1031,46 + 4.5302 \Rightarrow R = 422.89 \text{ mm}$$

Cette résulte monter que 40.99 % des précipitations qui tombent dans le bassin contribuent dans le ruissellement. Le ruissellement dans le bassin versant par l'application la formule de Tixeron Berkalouff (modifiée par Romantchouk) :  $R = ((0.01 * P)^3 / 3, \text{ si } :P > 600\text{mm})$  est de l'ordre de 365.79 mm

L'application de la formule expérimentale de ruissellement trouvée par Mehidi & Mirouh (2022) pour le bassin versant d'oued El-Agrem (Fig IV.10) sur le sous bassin versant de Tabellout a donné un ruissellement de l'ordre de 720.70 mm.

**b) Comparaison entre les résultats de ruissellement trouvés par les différentes formules** on a trouvé une erreur de 69.74% entre notre formule et celle du bassin versant d'oued El-Agrem, cette erreur est très grande parce que il y a un dysfonctionnement dans le sous bassin causé par le barrage d'Erraguene qui arrête l'eau de ruisselle vers le sous bassin de barrage de Tabellout donc une diminution de volume des apports réels. Par contre cette erreur décline jusqu'à 14.51% pour la formule de Tixeron-Berkalouff qui ne tiens pas compte de la nature du sol et du couvert végétale.

Tableau IV.9 : Ruissellement calculé par les différentes formules

Ruissellement en mm				
Notre formule expérimentale	Formule de Tixeront Berkaloouff		Formule trouvée par Miroh & Mhidi en 2021	
Valeur	Valeur	Erreur	Valeur	Erreur
422.89	365.79	14.51%	720.70	70.42%

#### IV.1.2 .3.2.Sous bassin de Tabellout et d'Erraguene (la moyenne)

Dans ce cas nous prenons comme le barrage d'Erraguene non présent pas donc la superficie de ce bassin sera la somme de la superficie des sous bassin amont et central, pour les précipitations et les apports on utilise la moyenne entre les données enregistrées dans la station des barrages de Tabellout et Erraguene.

##### a) Détermination de la relation pluie –apports

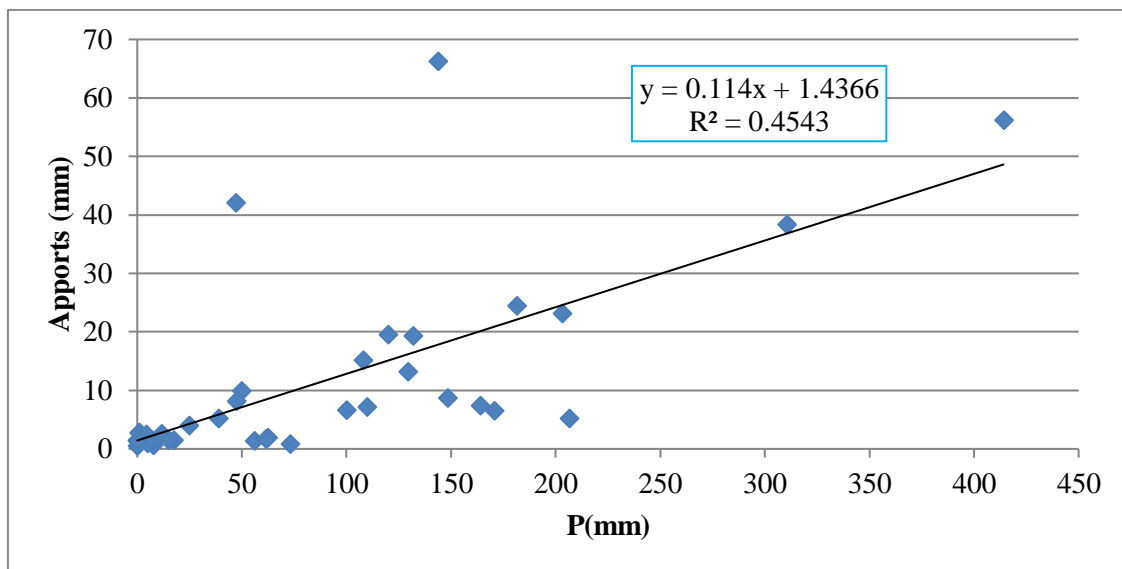
Pour trouver la relation entre la pluie et le ruissellement, nous avons travaillé à l'échelle de précipitations mensuelle, volume des apports en fonction des précipitations mensuelles (Tab.IV. 10). Dans ce cas on utilise la moyenne des apports et la moyenne des précipitations des sous bassin (Erraguene et Tabellout).

Tableau IV .10: Apports moyennes et précipitations mensuelles moyennes des sous bassins.

Mois	P(mm)	A (hm <sup>3</sup> )	Mois	P(mm)	A (hm <sup>3</sup> )
2019/1	414.1	56.26	2020/7	7.1	1.2
2019/2	143.80	66.32	2020/8	5	0.96
2019/3	181.45	24.48	2020/9	62.35	1.98
2019/4	49.75	9.97	2020/10	55.83	1.4
2019/5	109.75	7.15	2020/11	170.6	6.55
2019/6	1	2.84	2020/12	310.45	38.33
2019/7	0	0.51	2021/1	132	19.34
2019/8	7.6	0.65	2021/2	47.15	42.12
2019/9	73	0.88	2021/3	129.35	13.26
2019/10	206.5	5.26	2021/4	47.35	8.17
2019/11	203.28	23.19	2021/5	38.90	5.25
2019/12	107.95	15.22	2021/6	11.65	2.56
2020/1	24.65	3.97	2021/7	0	1.49
2020/2	1	2.68	2021/8	0	1.44
2020/3	148.33	8.77	2021/9	14.9	1.51
2020/4	100.05	6.68	2021/10	61.5	1.75
2020/5	4.4	2.51	2021/11	164	7.44
2020/6	17.3	1.56	2021/12	120	19.57



Donc on fait la corrélation à partir de tableau au dessus nous a permis de trouver une relation linéaire entre les deux paramètres (Fig.IV.17).



**Figure IV.17 :** *Corrélation entre le volume des Apports moyennes et précipitations mensuelles moyennes des sous bassins.*

La formule expérimentale de cette équation pour calculer le volume ruisselé est :

$$\text{Apports} = 0.114 * \text{précipitations} + 1,4366$$

$$R^2=0.4543$$

Où : Le volume ruisselé est en  $\text{hm}^3$  et la pluie en mm

L'estimation de la lame d'eau ruisselée (R) est donnée par la formule suivante :

$$R = \text{apports} / \text{superficie du BV}$$

La valeur de surface que nous utiliserons dans le calcul est la somme de superficie des sous bassins d'Erraguene et Tabellout est égal à :  $407.81 \text{ Km}^2$

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous (Tab IV .12):

Tableau IV .11: Hauteur de lame d'eau ruisselée de chaque mois des sous bassins.

Mois	P(mm)	A (hm <sup>3</sup> )	S(km <sup>2</sup> )	R(mm)	Mois	P(mm)	A (hm <sup>3</sup> )	S(km <sup>2</sup> )	R(mm)
2019/1	414.1	56.26	407.81	137.95	2020/7	7.1	1.20	407.81	2.94
2019/2	143.8	66.32	407.81	162.64	2020/8	5	0.96	407.81	2.34
2019/3	181.45	24.48	407.81	60.02	2020/9	62.35	1.98	407.81	4.84
2019/4	49.75	9.97	407.81	24.45	2020/10	55.825	1.40	407.81	3.43
2019/5	109.75	7.15	407.81	17.52	2020/11	170.6	6.55	407.81	16.06
2019/6	1	2.84	407.81	6.96	2020/12	310.45	38.33	407.81	93.99
2019/7	0	0.51	407.81	1.26	2021/1	132	19.34	407.81	47.42
2019/8	7.6	0.65	407.81	1.59	2021/2	47.15	42.12	407.81	103.28
2019/9	73	0.88	407.81	2.15	2021/3	129.35	13.26	407.81	32.51
2019/10	206.5	5.26	407.81	12.90	2021/4	47.35	8.17	407.81	20.04
2019/11	203.28	23.19	407.81	56.87	2021/5	38.9	5.25	407.81	12.87
2019/12	107.95	15.22	407.81	37.32	2021/6	11.65	2.56	407.81	6.28
2020/1	24.65	3.97	407.81	9.73	2021/7	0	1.49	407.81	3.66
2020/2	1	2.68	407.81	6.57	2021/8	0	1.44	407.81	3.53
2020/3	148.33	8.77	407.81	21.50	2021/9	14.9	1.51	407.81	3.69
2020/4	100.05	6.68	407.81	16.38	2021/10	61.5	1.75	407.81	4.28
2020/5	4.4	2.51	407.81	6.15	2021/11	164	7.44	407.81	18.25
2020/6	17.3	1.56	407.81	3.81	2021/12	120	19.57	407.81	48

Par la comparaison entre les précipitations et les hauteurs de la lame ruisselée (Tab.IV.11 ), on observe une faible corrélation où les valeurs de lame ruisselée sont inférieures aux précipitations (Fig.IV.18)., cela peut indiquer qu'il y a une perte d'eaux expliquer par les phénomènes d'évaporation et d'infiltration.

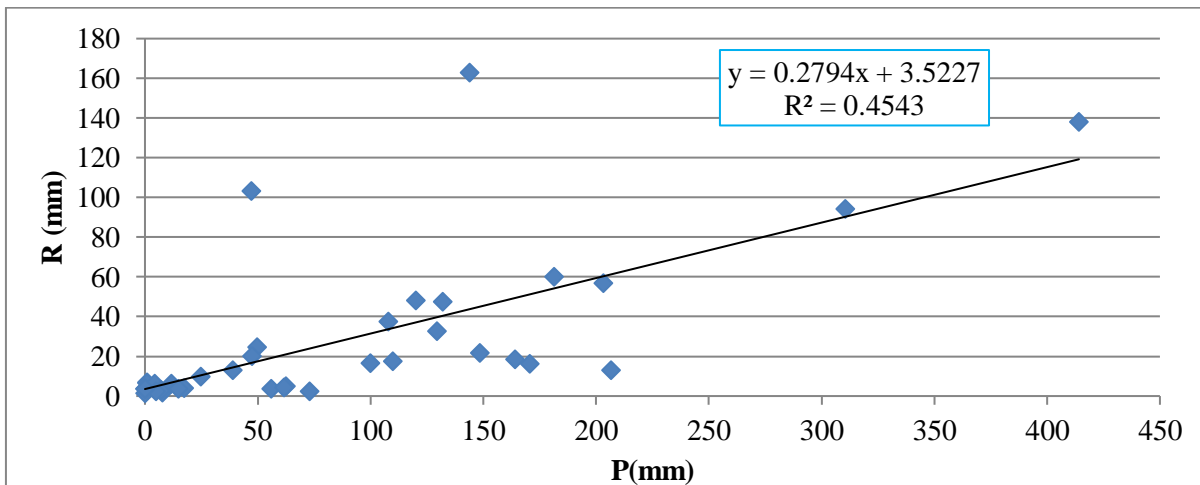


Figure IV.18 : Corrélation être les précipitations et le ruissellement durant les épisodes pluvieux des sous bassins. A partir des précipitations annuelles (la moyenne entre les données enregistrées dans la station de barrage de Tabellout et Erraguene) on va calculer le ruissellement annuel :

$$R = 0, 2794 * x + 3.5227 \Rightarrow R = 0, 2794 * 1057,34 + 3.5227 \Rightarrow R = 298.94 \text{ mm}$$

Cette résulte monter que 28.27% des précipitations qui tombent dans le bassin contribuent dans le ruissellement. Le ruissellement dans le bassin versant par l'application la formule de Tixeron Berkalouff est de l'ordre de 394.04mm. L'application de la formule expérimentale de ruissellement, appliquée par Mehidi & Mirouh (2022) pour le bassin versant d'oued El-Agrem (Fig. IV.8), sur le sous bassin versant (Tabellout + Erraguene) a donné un ruissellement de l'ordre de 739.19 mm.

**b). Comparaison entre les résultats de ruissellement trouvés par les différentes formules** on a trouvé une erreur de 147.27% entre notre formule et celle du bassin versant d'oued El-Agrem, cette erreur et très grands parce que il y a un disfonctionnement dans le sous bassin causé par le barrage d'Erraguene qui arrê l'eau de ruisselle vers le sous bassin de barrage de Tabellout donc une diminution de volume des apports réels (Tab. IV.13). Par contre cette erreur déclin jusqu'à 31.81% pour la formule de Tixeron Berkalouff qui ne tiens pas compte de la nature du sol et du couvert végétale.

**Tableau IV .12:** Comparaison entre les résultats de ruissellement trouvés par les différentes formules

Ruissellement en mm				
Notre formule expérimentale	Formule de Tixeron Berkalouff		Formule de Miroh & Mhidi (2022)	
Valeur	Valeur	Erreur	Valeur	Erreur
298.94	394.04	31.81%	739.19	147.27%

## Conclusion

Cette étude nous a permis de mesurer expérimentalement la lame d'eau ruisselée sur les Sous bassins versants et de et de confirmer la fiabilité de la formule. Tixeront Berkaloff.

Dans ce travail, nous avons divisés nos bassins à quatres sous bassins versants car la méthode de travail varie d'une à l'autre. Ou nous avons trouvé une relation linéaire entre les apports et les précipitations et comparer et permis de connaitre la possibilité d'autres sources, tout cela nous a permis d'établir les erreurs et l'effet des lachées d'une barrage sur l'autre après une comparaison entre notre formule expérimentale et celle trouvée en 2022 pour le bassin versant d'oued El-Agrem et entre notre formule et celle de Tixeron Berkalouff dans chaque sous bassins versants.

## *Conclusion générale*

## Conclusion générale

La willaya de Jijel est située au nord-est de l'Algérie et couvre une superficie de 2398.69 km<sup>2</sup>, elle abrite des bassins versants de grande importance qui font partie des zones côtières du Constantinois. Plus particulièrement, le bassin versant de l'oued Djendjen qui est bordé par la mer Méditerranée au nord, par le bassin versant de l'oued Nil à l'est, par le bassin versant Kébir-Rhumel au sud, et du côté sud-ouest par le bassin versant de l'oued Agrioun, et enfin par le bassin versant côtier de Jijel qui borde sa partie nord-ouest.

Le bassin versant de l'Oued Djendjen fait partie de la Petite Kabylie (chaîne maghrébine), il présente une variété de formations géologiques : sédimentaires, métamorphiques et magmatiques, leur âge s'étend de l'ère primaire au quaternaire. Il est caractérisé par un climat méditerranéen, avec un hiver humide et un été sec. Il reçoit une hauteur de précipitations d'environ de 1032.62 mm/an et 1288.88 mm/an respectivement pour les stations d'Achouat et d'Erraguene. Le bilan hydrique a permis de mettre en lumière des paramètres qui ne peuvent être mesurés directement. Il montre que 52.69% des précipitations s'évaporent, ce qui correspond à un niveau d'eau de 544.16 mm pour la station d'Achouat, contre 37.92%, qui correspondent à 488.79 mm pour la station d'Erraguene. Le taux d'infiltration est de 11.76% et 6.7%, ce qui correspond à un niveau d'eau de 121.44 mm et 86.39 mm respectivement pour les stations d'Achouat et d'Erraguene. Enfin, on peut dire que le bassin versant de l'Oued Djendjen, relativement bien arrosé, est une région à potentiel hydrique important, en raison de la fréquence et de l'importance de ses précipitations.

Ce bassin versant s'étend sur une superficie de 530.4 Km<sup>2</sup> avec un périmètre de 222.03 Km. Il est caractérisé par une forme allongée, ce qui lui donne un temps de concentration assez long (9.75 heures) avec une vitesse d'écoulement rapide (2.31 m/s). Ce bassin est caractérisé par un relief très fort ( $I_g = 12.57$  m/Km) avec une altitude moyenne est de 754.44 m. Le bassin versant d'oued Djendjen se subdivise de l'amont à l'aval en trois sous bassin à savoir ; le sous bassin du barrage d'Erraguene, le sous bassin du barrage de Tabellout et le sous bassin de la partie aval (la plaine).

L'étude de fonctionnement hydrologique d'un bassin versant nous a permis de bien comprendre les trois processus indispensables de ce fonctionnement, cela est identifié les variabilités spatio-temporelles du milieu bien qu'il y ait des difficultés, et appris l'importance de connaître le niveau de débit ce qui nous aide en cas d'augmentation ou diminution de niveau d'eau à anticiper les crues à venir. Après et contrairement à la plupart des bassins notre bassin doit être divisé de l'amont à l'aval (trois sous bassin à savoir ; le sous bassin du barrage

d'Erragune, le sous bassin du barrage de Tabellout et le sous bassin de la partie aval (la plaine)) bassin et étudier les caractéristiques de chaque sous bassin séparément.

Après l'estimation du ruissellement ; cette étude nous a permis de mesurer expérimentalement la lame d'eau ruisselée sur les sous bassins versants et de confirmer la fiabilité de la formule Tixeront Berkaloff.

Dans ce travail, nous avons divisés nos bassins à quatre sous bassins versants car la méthode de travail varie d'une à l'autre. Ou nous avons trouvé une relation linéaire entre les apports et les précipitations et comparer et permis de connaitre la possibilité d'autres sources, tout cela nous a permis d'établir les erreurs et l'effet des lâchées d'un barrage sur l'autre après une comparaison entre notre formule expérimentale et celle trouvée en 2022 pour le bassin versant d'oued El-Agrem et entre notre formule et celle de Tixeron Berkalouff dans chaque sous Bassins versant.

## *Références Bibliographiques*

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ambroise B., 1998.** Genèse des débits dans les petits bassins versants ruraux en milieu tempéré : 1 - Processus et facteurs *Rev. Sci. Eau*, 11(4), 471–495.
- Ambroise B., 1998.** *La Dynamique du Cycle de l'Eau dans un Bassin Versant - Processus, Facteurs, Modèles. Programme TEMPUS SJEP 09781/95 (coord. : R. Drobot, J.R Carbonnel), HGA, Bucarest (RO), 15p, 48p.*
- Bagnouls H et Gaussen F., 1953 :** Saison sèche et indice xérothermique, *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Toulouse*, 88, pp 193-240.
- Behekite M., 2005 :** Etude hydrogéologique de la plaine alluviale d'oued El Nil. *Mémoire d'ingénieur, Université de Constantine*, 181p.
- Berkane S., 2011 :** Contribution à l'étude hydrogéologique et hydrochimique de la plaine alluviale d'oued El Nil, Wilaya de Jijel. *Mémoire d'ingénieur, Université de Constantine*, 192p.
- Bernard Chocat (LGCIE – INSA Lyon) ,2014 :** Les barrages sont-ils un bien pour l'environnement ?, *Document p8.*
- Bernard Chocat., 2014.** Les barrages sont-ils un bien pour l'environnement ?. LGCIE – INSA Lyon, France. 24p.
- Bernard C ,.2014.** Les barrages sont-ils un bien pour l'environnement ?, *LGCIE – INSA Lyon*, 5-16p.
- Boucenna F., 2009 :** Cartographie par les différentes méthodes de vulnérabilité a la pollution d'une nappe côtière cas de la plaine alluviale de l'oued Djendjen (Jijel, Nord-Est Algérien). *Mémoire de magister, Université d'Annaba*, 117p.
- Boulefrakh I et Lakhel Z., 2017 :** Fonctionnement hydrodynamique et hydrochimique de la nappe alluviale d'oued Djendjen (Jijel –NE Algérien). *Mémoire de master, Université de Jijel*, 95p.
- Boulimata par la méthode DRASTIC, *Mémoire de master, Université de Bejaia*, 7p.
- Boutaya I et Chalal S., 2017 :** Etude de la vulnérabilité à la pollution de la région de
- Chader B .,** Contribution à la modélisation des débits d'un barrage cas des barrages Zerdezas (Skikda), Cheffia (El Taref) . *Mémoire de master, Ecole nationale supérieure d'hydraulique -Arbaoui Abdellah.*, 6p -12p.
- Dingman S. ,** *Physical hydrology.*, 2 eme Edition ,2002 ,p 430 .
- Durand Delga M., 1955 :** Etude géologique de l'Ouest de la chaîne numidique. *Thèse d'Etat. Paris, France*, 533 p.



- Ehrmann F., 1921** : Un important mouvement orogénique au début du Crétacé dans la Kabylie des babor. *C.I. Bruxelles, 172p.*
- El ATYQY M., 2018.** Diagramme de corrélation
- Ferrah Nadia., 2017.** Simulation des écoulements mensuels par le modèle GR2M Cas du bassin de l'Isser. *Mémoire de master, Ecole nationale supérieure d'hydraulique - Arbaoui Abdellah., 49p.*
- Horton R.E., 1933.** The rôle of infiltration in the hydrological cycle. *Trans. Amer. Geophys. Union, 14, 446-460.*
- Humbert J., Najjar G., 1992.** Influence de la forêt sur le cycle de l'eau en domaine tempéré - Analyse de la littérature francophone. *CEREG-ULR Strasbourg, 85 p.*
- Karaouet A et Bourafa S., 2016** : Caractérisation Hydrogéologique et Hydrochimique de la nappe alluviale de l'oued Djendjen (Jijel-NE Algérien). *Mémoire de Master. Univ. Jijel, 8P.*
- Later L et Terki T., 1998** : Contribution à l'étude hydrogéologique et modélisation de la plaine de l'oued Djendjen (wilaya de Jijel). *Mémoire d'ingénieur, Université de Constantine, 176 p.*
- MIROUH H., MEHIDI N., 2022.** Etude de fonctionnement hydrologique du bassin versant d'oued El-Agrem (jijel). *Mémoire de master, université de jijel. 55p -59p.*
- Ould Fah M ., 2016** : Etude hydrologique du bassin versant de la Soummam. *Mémoire de master, Université de M'sila, 5p.*
- Roche ., 1963:** hydrologie de surfaces. *Gauthier-villars et ORSTOM, Paris, France, 430p*
- Schoeller H., 1962** : Les eaux souterraines, hydrologie dynamique et chimique, recherche, exploitation et évaluation des ressources, *Masson, Paris, 642 p.*
- Strahler., 1964:** Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. *In Chow, V.T. (ed.) Handbook of Applied Hydrology, McGraw-Hill, New York, pp 439-476.*
- Sylvain W., 2007.** Modélisation des échanges surface/subsurface à l'échelle de la parcelle par une approche darcéenne multi domaine, *Thèse de Doctorat, Ecole des Mines de Paris, 12p, 9p.*
- Thorntwaite C.W., Mather J.R., 1955:** The water balance. *Laboratory of Climatology, Publication in Climatology. n°8, 104 p.*
- Touaibia B ., 2004** :Manuel pratique d'hydrologie , Blida , 3p.

**Zahi F., 2014 :** Contribution à l'étude hydrochimique du sous bassin versant du lac Fetzara (Nord-Est Algérien). Approche géochimique et fonctionnement des sols et des eaux. *Thèse de Doctorat, Université de Annaba, 21p.*

## Annexe

**Tab :** Précipitation annuelle de la station de barrage d'Erraguene

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aoû	somm anne
<b>1999- 2000</b>	37.00	44.50	134.00	302.00	132.50	45.50	37.50	23.00	39.50	7.00	0.00	10.50	813.00
<b>2000- 2001</b>	6.50	125.50	72.00	105.00	456.50	110.00	25.00	73.00	39.50	0.00	0.00	14.50	1027.50
<b>2001- 2002</b>	62.00	3.50	51.50	72.75	115.50	127.00	65.50	62.50	9.00	3.00	33.50	45.00	650.75
<b>2002- 2003</b>	27.00	49.50	486.00	472.60	583.00	116.50	56.50	314.80	40.00	21.00	0.00	2.50	2169.40
<b>2003- 2004</b>	86.00	63.50	102.50	601.50	257.50	49.00	82.00	109.50	91.30	82.50	0.00	5.50	1530.80
<b>2004- 2005</b>	104.50	29.50	299.00	369.30	198.50	258.00	66.00	169.50	4.00	2.00	0.00	2.00	1502.30
<b>2005- 2006</b>	26.00	6.00	168.40	235.10	281.50	204.80	81.50	64.00	64.10	2.00	0.00	34.00	1167.40
<b>2006- 2007</b>	61.80	37.30	17.50	301.00	11.50	120.50	393.50	103.30	14.50	46.50	0.00	8.30	1115.70
<b>2007- 2008</b>	74.30	184.00	209.50	366.30	18.00	43.30	264.50	121.50	105.30	4.50	0.00	4.00	1395.20
<b>2008- 2009</b>	67.50	39.00	244.00	105.30	454.40	160.00	68.50	200.50	58.50	0.00	0.80	23.50	1422.00
<b>2009- 2010</b>	195.90	94.30	147.00	173.80	221.00	58.00	123.80	61.00	97.30	47.30	0.00	0.00	1219.40
<b>2010- 2011</b>	243.00	51.80	173.00	129.00	113.00	551.30	69.80	149.30	53.80	34.30	1.80	3.80	1573.90
<b>2011- 2012</b>	235.30	6.50	106.50	213.00	219.50	242.50	88.30	171.80	3.30	1.80	0.00	39.00	1327.50
<b>2012- 2013</b>	50.30	45.80	84.80	101.00	231.00	360.30	115.00	71.30	101.00	0.00	9.00	29.00	1198.50
<b>2013- 2014</b>	27.80	57.50	367.50	103.30	138.50	128.30	294.30	23.50	14.50	9.00	0.00	1.50	1165.70
<b>2014- 2015</b>	39.30	8.50	25.00	347.50	377.00	417.00	279.50	1.00	57.30	8.50	0.80	11.50	1572.90
<b>2015- 2016</b>	121.50	62.00	177.50	0.00	140.00	115.80	391.00	101.50	69.30	8.80	0.00	0.00	1187.40
<b>2016- 2017</b>	26.20	16.00	103.50	69.30	328.50	131.00	0.00	72.80	0.00	42.00	0.00	0.00	789.30
<b>2017- 2018</b>	32.30	25.50	377.00	268.30	69.00	200.30	270.00	115.30	159.00	18.00	0.00	23.50	1558.20
<b>2018- 2019</b>	29.80	359.50	46.80	81.50	426.00	139.00	159.30	38.30	110.50	0.00	0.00	0.00	1390.70
<b>MOY MOIS</b>	77.70	65.49	169.65	220.88	238.62	178.91	146.58	102.37	56.59	16.91	2.30	12.91	1288.88

**Tab : Température mensuelle de station de barrage d'Erraguene**

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aoû
1999-2000	22.42	19.52	10.51	7.02	4.57	7.90	10.99	14.01	18.30	20.90	25.02	25.36
2000-2001	21.56	15.99	11.86	8.67	7.77	7.14	13.29	12.64	15.83	22.09	24.90	25.14
2001-2002	21.51	19.56	10.88	6.17	6.11	7.75	11.11	12.96	15.56	21.95	24.15	23.92
2002-2003	20.88	17.32	12.18	8.92	6.56	6.20	10.43	13.35	16.35	23.68	26.85	26.83
2003-2004	21.47	18.18	11.90	6.73	6.93	8.42	10.29	12.33	14.21	20.21	24.32	25.66
2004-2005	21.39	19.31	9.88	7.41	4.21	4.78	10.13	13.08	17.56	21.87	31.54	23.89
2005-2006	20.59	17.84	13.44	6.42	5.28	6.52	11.00	15.17	18.48	21.68	25.26	24.00
2006-2007	20.87	19.36	13.05	8.04	7.95	9.43	9.69	13.05	16.69	21.50	24.39	24.91
2007-2008	21.18	16.80	10.13	7.04	7.02	8.05	10.10	13.85	16.66	20.50	25.35	25.08
2008-2009	21.60	17.30	10.21	6.34	6.69	6.49	9.76	11.45	17.26	21.69	26.34	25.21
2009-2010	20.11	16.40	16.25	8.87	7.42	8.89	10.87	13.65	15.16	20.00	24.88	24.31
2010-2011	20.75	16.48	11.14	7.91	6.81	6.65	10.27	14.46	16.37	20.31	24.93	25.05
2011-2012	21.88	16.72	12.14	7.61	6.31	4.42	15.52	12.99	16.75	23.27	25.48	26.79
2012-2013	21.42	18.11	12.77	7.73	6.87	5.93	11.47	13.39	15.23	19.18	24.29	24.12
2013-2014	20.71	20.21	10.64	7.09	7.94	8.74	9.48	13.88	16.04	21.05	24.14	25.01
2014-2015	23.37	18.61	13.68	7.44	6.33	6.19	10.19	13.89	17.77	21.15	25.44	25.56
2015-2016	21.67	17.93	11.57	7.82	8.50	9.05	10.05	14.15	16.60	21.20	24.85	23.95
2016-2017	21.35	19.45	12.25	12.55	1.75	7.80	11.55	13.55	18.15	23.00	26.05	32.70
2017-2018	21.00	16.80	10.75	6.65	7.95	6.25	10.70	13.70	15.25	20.45	19.40	19.19
2018-2019	18.54	15.76	11.40	8.00	5.70	7.30	10.70	12.75	15.10	23.25	26.60	26.70

**Tab : Précipitations annuelle de la station d'Achouat**

année	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aoû
1999-2000	27.00	23.90	250.80	247.70	108.60	42.40	17.00	33.20	95.30	13.50	1.40	2.70
2000-2001	25.70	89.80	117.80	84.60	247.70	110.90	14.20	50.70	50.30	3.70	0.00	2.50
2001-2002	38.80	1.10	125.20	142.40	71.80	66.30	37.60	49.70	15.30	4.40	16.20	86.20
2002-2003	49.50	103.00	182.00	407.30	333.10	115.00	30.70	130.00	70.90	0.80	7.10	0.00
2003-2004	128.40	76.00	82.00	220.50	137.20	83.30	75.20	96.60	81.20	56.40	1.30	4.30
2004-2005	75.80	34.80	267.10	158.80	262.10	212.60	85.50	121.80	4.80	0.00	1.20	18.40
2005-2006	56.40	21.40	134.50	171.60	178.20	165.50	54.90	24.10	32.70	2.80	0.00	34.80
2006-2007	45.30	37.90	39.60	215.40	12.30	74.50	268.50	70.60	14.40	26.40	3.30	4.80
2007-2008	70.80	142.90	291.40	211.30	34.30	27.40	172.10	18.80	144.70	3.70	0.00	1.30
2008-2009	86.70	30.80	109.80	145.90	207.90	85.90	78.20	183.80	14.40	0.30	0.50	10.80
2009-2010	172.30	68.10	154.90	139.60	121.40	60.20	105.40	52.50	81.00	49.50	2.10	1.40
2010-2011	53.00	218.50	195.90	110.30	78.60	143.50	89.80	69.70	33.40	27.00	8.10	0.00
2011-2012	14.70	247.10	134.50	160.00	64.90	368.50	95.90	189.40	3.10	0.60	0.40	110.90
2012-2013	105.60	162.80	82.60	81.40	210.30	211.60	81.20	41.90	144.60	0.60	1.60	42.90
2013-2014	48.50	54.20	349.90	125.20	133.70	85.10	154.00	13.10	7.10	13.90	0.20	4.10
2014-2015	24.90	49.00	182.90	338.10	170.95	268.98	119.00	2.00	25.75	68.00	0.00	3.87
2015-2016	89.00	132.00	148.00	1.00	119.00	118.00	214.00	67.00	53.00	8.00	0.00	1.00
2016-2017	45.00	33.00	180.00	94.00	281.00	55.00	2.00	54.00	2.00	38.00	0.00	0.00
2017-2018	35.00	60.00	210.00	231.00	51.00	190.00	199.00	79.00	79.00	14.00	1.00	34.00
2018-2019	23.00	335.00	121.00	27.00	235.00	80.00	114.00	77.00	81.00	1.00	0.00	11.00

**Tab :** Température mensuelle de station d'Achouat

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aoû
1999-2000	24.8	22.9	14.7	12.2	9.5	11.9	13.6	16.3	19.7	21.9	25.9	26.6
2000-2001	23.5	19.4	15.4	13.4	12.5	11.2	17.0	15.2	18.0	23.4	24.9	26.1
2001-2002	22.9	22.6	15.1	10.7	10.7	11.7	14.0	15.1	18.4	22.4	24.5	25.0
2002-2003	22.8	19.5	16.7	13.9	11.6	11.0	13.7	16.0	18.4	25.3	27.7	28.3
2003-2004	24.0	21.1	16.1	12.0	11.4	12.3	13.6	14.9	17.2	21.7	24.8	26.7
2004-2005	24.1	22.0	14.0	12.8	9.0	9.2	13.0	16.0	19.8	23.5	26.2	25.5
2005-2006	23.7	21.0	15.7	11.8	10.9	11.3	14.2	17.8	20.8	23.4	26.1	25.4
2006-2007	23.4	22.1	17.9	13.6	12.3	13.9	13.2	16.7	19.8	22.8	25.1	26.8
2007-2008	23.5	20.0	14.9	12.3	12.4	13.1	9.0	16.6	18.9	22.3	25.9	26.0
2008-2009	24.2	20.3	15.0	11.9	11.9	11.6	13.2	15.2	20.8	23.6	27.4	27.0
2009-2010	23.4	20.1	16.5	14.7	12.5	13.9	14.4	16.4	18.0	21.5	25.5	25.5
2010-2011	23.3	20.1	19.8	13.2	11.9	11.8	14.4	17.2	19.6	22.5	26.4	26.3
2011-2012	24.4	20.5	17.0	13.1	11.5	8.7	13.9	16.3	19.2	24.9	26.4	27.9
2012-2013	23.1	21.1	17.1	13.0	11.9	10.5	15.2	16.4	18.1	20.9	25.2	25.4
2013-2014	23.7	22.8	15.4	12.5	13.3	13.6	13.4	17.1	18.9	23.2	25.5	26.3
2014-2015	26.2	22.2	18.8	13.1	11.7	11.4	14.6	16.6	20.3	23.3	27.1	27.2
2015-2016	24.6	21.3	16.2	13.1	13.3	13.6	13.8	16.7	19.0	22.9	25.9	25.3
2016-2017	0.2	22.9	17.6	14.2	10.9	13.7	14.8	16.3	20.3	24.9	27.0	27.9
2017-2018	23.5	19.7	15.0	12.0	12.5	10.9	14.4	16.5	17.9	22.3	26.4	26.2
2018-2019	25.4	20.4	16.4	13.1	11.0	11.6	13.6	15.2	17.6	22.9	26.4	27.3

**Tab :** Précipitation annuelle de la station de barrage de Tabellout

	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
2019	402.2	148.6	203.6	61.2	109.0	2.0	0.0	15.2	90.0	174.0	188.8	103.4
2020	1.8	2.0	156.4	92.6	1.8	17.6	11.2	3.0	61.8	52.6	127.4	332.4
2021	138.0	27.8	132.2	37.2	45.8	3.0	0.0	0.0	15.8	63.0	144.0	129.0

**Tab :** Température mensuelle de station de barrage de Tabellout

	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
2019	8.49	10.25	12.25	17.71	17.37	21.30	28.29	27.61	23.75	20.35	13.46	14.30
2020	10.32	12.28	13.24	16.61	19.93	23.86	22.55	27.83	22.36	17.88	16.22	11.75
2021	12.00	15.00	14.00	19.00	21.00	25.00	27.00	29.00	26.00	18.00	15.00	23.00



## Résumé

Le bassin versant de l'Oued Djendjen fait partie de la wilaya de Jijel, située au nord-est de l'Algérie. Il est équipé de deux grands barrages dans sa partie amont ; le barrage d'Erraguène (capacité de 200 hm<sup>3</sup>) achevé en 1963, exploité à des fins hydroélectriques et le barrage de Tabellout (capacité de 294 hm<sup>3</sup>) mis en eau en 2019. Ces dernières années, ces deux barrages ont provoqué des perturbations et des dysfonctionnements hydrologiques dans la partie aval du bassin versant (plaine alluviale de l'Oued Djendjen). L'objectif de ce travail est d'étudier le fonctionnement hydrologique de ce bassin versant à partir de deux méthodes, l'une empirique et l'autre expérimentale. La formule expérimentale dans laquelle nous utilisons les apports en eau et les précipitations mesurés dans les deux barrages, car ils sont équipés de stations de mesures hydrométriques et pluviométriques automatiques à l'échelle mensuelle.

L'analyse de ces données nous a permis de trouver une relation linéaire entre les apports et les précipitations à l'échelle des épisodes pluvieux pour chacun des sous-bassins. Les résultats obtenus nous ont permis d'estimer les erreurs de calcul et l'effet des lâchers d'un barrage à l'autre après une comparaison entre notre formule expérimentale et celle trouvée en 2022 par Miroh et Mhidi pour le bassin versant de l'oued El-Agrem et entre notre formule et celle de Tixeron Berkalouff dans chaque sous-bassin.

Mots clés : Bassin versant, épisode pluvieux, ruissellement, précipitations, Oued Djendjen..

## Abstract

The wadi Djendjen watershed is part of the wilaya of Jijel, located in the north-east of Algeria. It is equipped with two large dams in its upstream part; the Erraguène dam (capacity of 200 hm<sup>3</sup>) completed in 1963, exploited for hydroelectric purposes, and the Tabellout dam (capacity of 294 hm<sup>3</sup>) impounded in 2019. Recently, these two dams have caused hydrological disturbances and dysfunctions in the downstream part of the watershed (alluvial plain of wadi Djendjen). The objective of this work is to study the hydrological functioning of this watershed using two methods, one empirical and the other experimental. The experimental formula in which we use water inputs and rainfall measured in the two dams, as they are equipped with automatic hydrometric and rainfall measurement stations on a monthly scale.

The analysis of these data allowed us to find a linear relationship between inflows and precipitation on the scale of rainfall episodes for each of the sub-basins. The results obtained allowed us to estimate the calculation errors and the effect of releases from one dam to another after a comparison between our experimental formula and the one found in 2022 by Miroh et Mhidi for the wadi El-Agrem watershed and between our formula and the one of Tixeron Berkalouff in each sub-basin.

Key words : Watershed, Rainy episode, Runoff, Precipitation, Wadi Djendjen.

## ملخص

تمثل مستجمعات المياه لوادي جنجن جزء من ولاية جيجل الواقعة في شمال شرق الجزائر. هذا الحوض يحتوي في جزئه العلوي على سدين كبيرين؛ في عام 1963 تم بناء سد إراقن (بسعة 200 هكـم<sup>3</sup>)، وتم استغلاله لأغراض الطاقة الكهرومائية، كما تم بناء سد تبلوط (بسعة 294 هكـم<sup>3</sup>) في عام 2019 تسبب هذان السدان مؤخرًا في حدوث اضطرابات واختلالات هيدرولوجية في الجزء السفلي من مجرى المياه (سهل وادي جنجن). (إن الهدف من هذا العمل هو دراسة الأداء الهيدرولوجي لمستجمع المياه هذا باستخدام طريقتين، واحدة نظرية والأخرى تجريبية. الصيغة التجريبية التي نستخدم فيها امدادات المياه وحجم الأمطار المقاسة في السدين، حيث تم تجهيزهما بمحطات قياس هيدرومترية وأتوماتيكية وقياس هطول الأمطار على نطاق شهري كما سمح لنا تحليل هذه البيانات بإيجاد علاقة خطية بين التدفقات الداخلة للسدين وهطول الأمطار على مقياس فترات هطول الأمطار لكل من الأحواض الفرعية. سمحت لنا النتائج التي تم الحصول عليها بتقدير أخطاء الحساب وتأثير الإطلاقات من سد إلى آخر بعد المقارنة بين الصيغة التجريبية الخاصة بنا والصيغة التي تم العثور عليها في عام 2022 من طرف ميروح و مهيدي لمستجمع مياه وادي العقرم وبين صيغتنا وصيغة تيكسيرون بيركلوف في كل حوض فرعي الكلمات المفتاحية: مستجمعات المياه، حلقة الأمطار وادي جنجن، هطول الأمطار، الجريان السطحي