

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique



Faculté: Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre

Département : Sciences de la Terre

Spécialité: Gestion de Resource en Eau et Environnement

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master

**Contribution à l'étude de l'impacte variabilité du transport solide**

**Présentations Par :**

BOUAICHAOUI Nadia

MEKID Tounes

**Jury**

**Président:** Mme. HALLOUZ Faiza MCB UDBKM

**Promotrice :** Melle. ZEKOUA Naima MAA UKM

**Examineurs:** Mr. ZEDAM Miloud MAA UKM

**Examineurs :** Mme. BOUAICHI Ilham MAB UKM

**Année universitaire: 2016-2017**

## *Remerciements*

*Nous tenons en premier à remercier ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la volonté, l'amour du savoir et surtout la patience pour produire ce modeste travail.*

*Nous remercions sincèrement notre promotrice M<sup>me</sup> **ZAKOUDA NAIMA** pour ses judicieux conseils. Quelques mots ne suffiront pas à exprimer notre profonde gratitude pour la confiance que vous nous avez accordée en acceptant de superviser ce travail.*

*Nous tenons à remercier : M<sup>me</sup> **HALLOUZ FAIZA**, nous sommes très honorés que vous avez venue comme une présidente du jury.*

*M<sup>me</sup> **BOUAICHI ILHAM** et Mr **ZADDAM MILOUD** au sien de l'université de Khemis Maliana pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nous tenons à remercier tous les enseignants qui ont contribué à notre formation et principalement l'ensemble des enseignants du département de science de terre, spécialité Eau et Environnement.*

*Nous remercions également les responsables de L'agence National de Ressources Hydriques (**ANRH**) Blida et Alger.*

*A tous nos collègues de la promotion de master 2017 pour les sympathiques moments qu'on a passé ensemble.*

*Que toutes personnes aient participé de près ou de loin dans l'élaboration de ce travail.*

*Trouve ci l'expression de nos très vifs remerciements.*

## *Dédicaces*

*Avant tous, je remercie ALLAH de m'avoir donné le courage et la volonté nécessaire pour atteindre mon travail.*

*Je dédie ce modeste travail :*

- ✓ *Merci ma très chère père qui s'est toujours sacrifiée pour mon éducation et qui m'a permis de continuer mes études, ainsi qu'à ma très chère mère qui souffre pour soutenir.*
- ✓ *A mes très chers frères Ahmed, Monir, Aïssa.*
- ✓ *A mes très chers sœurs Amel et Souhila.*
- ✓ *A mes très chères et meilleures amies Nadia, Nadjet, Ratiba, Kheira, Khalida, Aïcha et Assia.*
- ✓ *A mon binôme et sa famille.*
- ✓ *A tout ma famille chacun par son nom MEKID et TOUMI.*
- ✓ *A mes collègues de promotion 2017.*

*A ma promotrice M<sup>me</sup> ZAKOUDA NAÏMA pour ses conseils et ses consultations qui m'ont tout aidée à la réalisation de mon travail.*

*Tonnes*

## *Dédicaces*

*Avant tous, je remercie ALLAH de m'avoir donné le courage et la volonté nécessaire pour atteindre mon travail.*

*Je dédie ce modeste travail :*

✓ *Merci ma très chère père qui s'est toujours sacrifiée pour mon éducation et qui m'a permis de continuer mes études, ainsi qu'à ma très chère mère qui souffre pour soutenir.*

✓ *A mes très chers frères Nabil, Redah, Saleh, Anis, Mohamed et Adel.*

✓ *A mon mari Ibrahim.*

✓ *A mes très chères et meilleures amies Tounes, Halima, Sara et Iman.*

✓ *A mon binôme et sa famille.*

✓ *A tout ma famille chacun par son nom BOUAICHAOUI, MEFTAHI et BENSAAAD.*

✓ *A mes collègues de promotion 2017.*

*A ma promotrice M<sup>me</sup> ZAKOUDA NAÏMA pour ses conseils et ses consultations qui m'ont tout aidée à la réalisation de mon travail.*

*Nadia*

## Liste des figures

<b>Figure I. 1:</b> Conséquences de l'érosion hydrique.(INA 2008).....	7
<b>Figure I.2. :</b> Transport par charriage (oued Cheliff-Ghrib2009) (Mokhtari El ,2009)...	9
<b>Figure I. 3:</b> Transport en suspension (khanchoul, 2008).....	10
<b>Figure II.1.</b> représentation de la zone d'étude.....	21
<b>Figure II-2:</b> Carte géologie de la zone d'étude (A, perrodon 1597, M, Mattaour 1958).....	22
<b>Figure II.2 :</b> la carte de réseau hydrographique de Haut et Moyenne Chélif.....	27
<b>Figure II. 3 :</b> carte pluviométrique du Haut et Moyen Cheliff .source (ABHCZ, 2004).....	28
<b>Figure II.4.</b> La température moyenne mensuelle Haut et Moyen Cheliff (ANRH2004).....	29
<b>Figure II-5 :</b> Evapotranspiration potentielles moyenne mensuelle (mm) (1968/1969)-(2001/2002) de bassin de Haut et Moyen Chélif (source ANRH ,2004).....	30
<b>Figure III.1.</b> localisation des stations hydro-pluviométriques.....	34
<b>Figure III.2.</b> Variation des précipitations annuelles. (1965-2010).....	35
<b>Figure III.3.</b> Variation des précipitations mensuelles.....	36
<b>Figure III.4.</b> Variation des précipitations saisonnières.....	36
<b>Figure III.5.</b> Variation annuelle de débit liquide.....	37
<b>Figure III.6.</b> variation mensuelle de débit liquide.....	38
<b>Figure III.7</b> représente les valeurs de débit liquide à l'échelle saisonnière.....	3
<b>Figure.III.8.</b> Relation pluie-débit liquide à l'échelle annuelle.....	40
<b>Figure .III.9.</b> Relation pluie- débit liquide à l'échelle mensuelle.....	40
<b>Figure III.10.</b> Relation Ql-PJ max à l'échelle annuelle.....	41

<b>Figure III.11.</b> Relation Ql-PJ max à l'échelle mensuelle.....	<b>41</b>
<b>Figure .III.12.</b> Variation de débit solide à l'échelle annuelle.....	<b>42</b>
<b>Figure.III.13.</b> Variation mensuelle de débit solide.....	<b>43</b>
<b>Figure.III.14.</b> Variation saisonnière de débit solide.....	<b>44</b>
<b>Figure III.15.</b> Relation pluie-débit solide à l'échelle annuelle.....	<b>45</b>
<b>Figure III.16.</b> Relation débit solide-précipitant à l'échelle mensuelle.....	<b>46</b>
<b>Figure III.17 .</b> Relation Qs-PJ max à l'échelle annuelle.....	<b>46</b>
<b>Figure III.18.</b> Relation Qs-PJ max à l'échelle mensuelle.....	<b>47</b>
<b>Figure III.19.</b> Relation débit liquide-débit solide à l'échelle annuelle.....	<b>48</b>
<b>Figure III.20.</b> Relation débit liquide –débit solide à l'échelle mensuelle.....	<b>49</b>
<b>Figure IV.1.</b> Variation des deux moyennes des séries pluviométriques à l'échelle annuelle par le test de Pettit.....	<b>54</b>
<b>Figure IV.2.</b> Variation de taux de Mann-Kendall de précipitation.....	<b>54</b>
<b>Figure IV.3.</b> Représentation des moyennes de l'apport liquide.....	<b>59</b>
<b>Figure IV.4.</b> Résultats de la méthode de double cumul pluie-apport liquide.....	<b>63</b>
<b>Figure IV.5.</b> Résultats de méthode de double cumul pluie-apport solide. ....	<b>68</b>
<b>Figure IV.6.</b> Résultats de méthode de double cumul apport liquide-apport solide.....	<b>68</b>

<b>Liste des tableaux</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau I.1</b> : différentes aspect du transport des sédiments.....	<b>9</b>
<b>Tableau II.1</b> : les sous bassins de la région d'étude. ( <b>Chekhchoukh, Khadraoui 2016</b> ).....	<b>23</b>
<b>Tableau II.2</b> .les valeurs de l'indice de compacité. ( <b>Keita .M, et al2013</b> ).....	<b>25</b>
<b>Tableau II.3</b> .altitude moy de sous bassins versants de Haut et Moyen Cheliff ( <b>Mehaiguene,2006</b> ).....	<b>26</b>
<b>Tableau III.1</b> . Identification des stations pluviométriques.....	<b>33</b>
<b>Tableau III.2</b> . Identification des stations hydrométriques .....	<b>34</b>
<b>Tableau IV.1</b> . Résultat de test de Pettit de précipitation à l'échelle annuelle.....	<b>53</b>
<b>Tableau. IV.2</b> .Résultat de test de Mann-Kendall de précipitation à l'échelle annuelle....	<b>54</b>
<b>Tableau.IV.3</b> .Résultat de test de Pettit de précipitation à l'échelle mensuelle.....	<b>55</b>
<b>Tableau.IV.4</b> .Résultat de test de Mann-Kendall de précipitation à l'échelle mensuelle.....	<b>56</b>
<b>Tableau IV.5</b> .résultat de test de Pettit de précipitation à l'échelle saisonnière.....	<b>57</b>
<b>Tableau IV.6</b> .résultat de Mann-Kendall de précipitation à l'échelle saisonnière.....	<b>58</b>
<b>Tableau IV.7</b> .résultat de test de petit de l'apport liquide à l'échelle annuelle.....	<b>58</b>
<b>Tableau IV.8</b> .résultat de Mann-Kendall de l'apport liquide à l'échelle annuelle.....	<b>59</b>
<b>Tableau IV.9</b> .Résultat de test de petit d'apport liquide à l'échelle mensuelle.....	<b>60</b>
<b>Tableau IV.10</b> .Résultat de Mann-Kendall de l'apport liquide à l'échelle mensuelle....	<b>61-62</b>
<b>Tableau IV.11</b> .Résultat de test de petit de l'apport liquide à l'échelle saisonnière.....	<b>62</b>
<b>Tableau IV.12</b> .Résultat de Mann-Kendall de l'apport liquide à l'échelle saisonnière... <b>62-63</b>	<b>62-63</b>
<b>Tableau IV.13</b> : Résultat de test de petit de l'apport solide à l'échelle annuelle.....	<b>64</b>
<b>Tableau IV.14</b> : Résultat de test de Mann-Kendall de l'apport solide à l'échelle annuelle.....	<b>64</b>
<b>Tableau IV .15</b> .Résultat de test de petit de l'apport solide à l'échelle mensuelle.....	<b>65</b>
<b>Tableau IV .16</b> .Résultat de test de Mann-Kendall de l'apport solide à l'échelle mensuelle.....	<b>66</b>

**Tableau IV .17.**Résultat de test de petit de l'apport solide à l'échelle  
saisonnaire.....**66**

**Tableau IV .18.**Résultat de test de Mann-Kendall de l'apport solide à l'échelle  
saisonnaire.....**67**

## Table des matières

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : aperçue bibliographe</b>	
<b>Introduction.....</b>	<b>4</b>
<b>I.L'érosion.....</b>	<b>4</b>
<b>I.I.Types d'érosion.....</b>	<b>4</b>
<b>I.I.1.l'érosion hydrique.....</b>	<b>4</b>
<b>I.I.1.2 1'origine .....</b>	<b>4</b>
<b>I.I.1.3-Mécanisme .....</b>	<b>5</b>
<b>3.1- Erosion par l'impact (splash) .....</b>	<b>5</b>
<b>3.2-Erosion par ruissellement.....</b>	<b>5</b>
<b>I.2.1.4. Situation de l'érosion hydrique en Algérie.....</b>	<b>5</b>
<b>I.2.1.4 Les formes de l'érosion.....</b>	<b>6</b>
<b>a- Erosion en nappe.....</b>	<b>6</b>
<b>b. Erosion de type « rill-interrill » (rigole-interrigol).....</b>	<b>6</b>
<b>c. Erosion par ruissellement concentré.....</b>	<b>6</b>
<b>I.2.1.5.Les facteurs de l'érosion hydrique.....</b>	<b>6</b>
<b>A : influence du climat.....</b>	<b>6</b>
<b>B : La morphologie du terrain (la pente et longueur de la pente).....</b>	<b>6</b>
<b>C : le sol.....</b>	<b>7</b>
<b>D : Le couvert végétal.....</b>	<b>7</b>

<b>E : l'homme.....</b>	<b>7</b>
<b>I.2.1.6.Les conséquences de l'érosion hydrique.....</b>	<b>7</b>
<b>II. Le transport solide .....</b>	<b>8</b>
<b>II.1. Généralités.....</b>	<b>8</b>
<b>II.2 les types de transport solide.....</b>	<b>9</b>
<b>II.2.1.transport par charriage.....</b>	<b>9</b>
<b>II.2.2.2. Description du phénomène.....</b>	<b>9</b>
<b>II.3.Transport En Suspension .....</b>	<b>10</b>
<b>II.3.1. Description du phénomène.....</b>	<b>10</b>
<b>II.4. mode de transport.....</b>	<b>11</b>
<b>II.5. Conséquence de transport solide (l'envasement des barrages).....</b>	<b>11</b>
<b>II.5.1.L'envasement des barrages .....</b>	<b>11</b>
<b>II.5.2.Facteurs induisant l'envasement des barrages.....</b>	<b>12</b>
<b>a- Erosion des sols.....</b>	<b>12</b>
<b>b –transport solide .....</b>	<b>12</b>
<b>c- Sédimentation et envasement.....</b>	<b>13</b>
<b>III. Le changement climatique.....</b>	<b>13</b>
<b>III.1.Gaz à effet de serre.....</b>	<b>14</b>
<b>III.2.Les causes des changements climatiques.....</b>	<b>14</b>
<b>III.3. Les conséquences du changement climatique.....</b>	<b>15</b>
<b>1. Les espèces animales et végétales.....</b>	<b>15</b>
<b>1.1. Les animaux.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2. Les végétaux.....</b>	<b>15</b>

2. L'élévation du niveau des mers .....	15
3. Les conséquences pour l'homme.....	15
III.4.Les indices de changement climatique.....	16
1-Evolution des températures .....	16
2-Evolution des précipitations .....	16
3-Les extrêmes.....	16
III.5.Changement climatique en Algérie.....	17
Conclusion.....	17

## **Chapitre II : présentation la zone d'étude**

Introduction.....	20
II.1.Situation géographique .....	20
II.2.Aspect géologique.....	21
II.3.contexte pédologique.....	22
II.4.Géomorphologique.....	23
II.4.1.Limite de bassin versant.....	23
II.4.2.Etude de relief.....	24
II.4.2.1.forme du bassin.....	24
❖ Indice de compacité de GRAVELIUS.....	24
II.4.2.2.Altitudes.....	25
II.5.Etude de réseau hydrographique .....	26
II.6.Climatologie .....	28
II.6.1 pluviométrie.....	28
II.6.2.La température.....	29

II.6.3. Evapotranspiration.....	29
II.7. Végétation.....	30
Conclusion.....	31

## Chapitre III : matériel et méthode

Introduction.....	33
I .Analyse des données.....	33
II. Etude de précipitation.....	34
II.1. Variation des précipitations annuelles (1965-2010).....	34
II.2. Variation des précipitations mensuelles.....	35
II.3. Variation des précipitations saisonnières.....	36
III. Etude des débits liquide.....	37
III.1. Variation annuelle des débits liquides.....	37
III.2. Variation des débits liquides mensuels.....	38
III.3. Variation des débits liquides saisonniers.....	39
III.4. Relation débit liquide – précipitation.....	39
❖ Relation pluie-débit liquide à l'échelle annuelle.....	40
❖ Relation pluie-débit liquide à l'échelle mensuelle.....	40
❖ Relation débit liquide-PJ max à l'échelle annuelle.....	41
❖ Relation débit liquide-PJ max à l'échelle mensuelle.....	41
IV. Etude de débit solide.....	42
IV.1. Etude de variation de débit solide à l'échelle annuelle.....	42
IV.2. variation de débit solide à l'échelle mensuelle et saisonnière.....	43
IV.3. Relation pluie-débit solide.....	44
➤ Relation pluie-débit solide à l'échelle annuelle.....	44
➤ Relation pluie-débit solide à l'échelle mensuelle.....	45
➤ Relation débit solide- PJ max à l'échelle annuelle.....	46

➤ Relation débit solide- PJ max à l'échelle mensuelle.....	46
IV.4.Relation débit liquide-débit solide.....	47
➤ IV.4.1.Relation débit liquide-débit solide à l'échelle annuelle.....	47
IV.4.2.Corrélation débit liquide-débit solide à l'échelle mensuelle.....	48
Conclusion.....	49

## **Chapitre IV : discussions et résultats**

Introduction.....	51
I.1. méthode de détection de rupture dans la série chronologique.....	51
I.2.méthode de détection de tendance dans la série chronologique.....	52
Matériels et discussions .....	53
II. Etude de variabilité hydro pluviométrique.....	53
II.1.L'analyse de variabilité pluviométrique.....	53
II.1.1.La loi d'homogénéité et de tendance à l'échelle annuelle.....	53
❖ Test de Pettit.....	53
❖ Test de Mann-Kendall (tendance).....	54
II.1.2.La loi d'homogénéité et de tendance à l'échelle mensuelle.....	55
❖ Test de Pettit.....	55
❖ Test de Mann-Kendall (tendance).....	56
II.1.3.La loi d'homogénéité et de tendance à l'échelle saisonnière.....	57
❖ Test de Pettit.....	57
❖ Test de Mann –Kendall.....	58
II.2.L'analyse de variabilité hydrométrique.....	58
II.2.1.l'analyse de débit liquide.....	59

II.2.1.1. l'analyse de débit liquide à l'échelle annuelle.....	59
➤ Test de petit.....	59
➤ Test de Mann-Kendall.....	59
II.2.1.2. l'analyse de débit liquide à l'échelle mensuelle.....	60
➤ Test de petit.....	60
➤ Test de Mann-Kendall .....	61
II.2.1.3. l'analyse de débit liquide à l'échelle saisonnière.....	61
➤ Test de petit.....	61
➤ Test de Mann-Kendall.....	62
II.2.Méthode de double cumul de pluie-débit liquide (lame d'eau écoulée).....	63
II.2.2.1. L'analyse de débit solide à l'échelle annuelle.....	64
➤ Test de Pettit.....	64
➤ Test de Mann-Kendall à l'échelle annuelle.....	64
➤ Test de Pettit de débit solide.....	65
➤ Test de Mann-Kendall de débit solide.....	66
II.2.1.3. l'analyse de débit solide à l'échelle saisonnière.....	66
❖ Test de petit.....	66
❖ Test de Mann-Kendall.....	67
II.3.1.Méthode de double cumul de pluie-débit solide.....	68
II.3.2.Méthode de double cumul débit liquide-débit solide.....	69
Conclusion.....	70
Conclusion générale.....	71

## Résumé

L'Algérie est l'un des plusieurs pays qui souffre du phénomène de transport solide où l'ampleur de l'érosion touche les zones arides et semi-arides. Pour l'importance de ce phénomène, il y a plusieurs chercheurs qui ont multiplié les études pour comprendre et expliquer les mécanismes, leurs causes et conséquences de transport solide. Dans ce contexte, et à partir d'une base des données des débits liquides, débits solides et précipitations, on a étudié la relation entre les trois variables le débit solide, le débit liquide et la précipitation et pour comprendre la variation chronologique nous avons appliqués la méthode graphique de double cumulée et les tests de Pettit et Mann-Kendall sur les séries annuelles, mensuelles et saisonnière des quatre stations hydrométriques localisés dans le bassin versant du Cheliff ( la plaine de Haut et Moyen Chélif).les résultats obtenus montrent des tendances de baisse de débit liquide allant de 88% au mois d'avril pour la station d'El Abbabsa traduit par des diminution des précipitation pour la plupart des stations étudiées attient 37% et des tendances d'augmentation de transport solide pour le bassin de haut Chélif dépasse 18% dans la station d'el Abbabsa .

Dans notre étude le risque de changement montre l'existence des tendances de baisse pour séries chronologiques pluviométriques avec des tendances de hausse pour les séries chronologiques des débits solides .ces conséquences sont alarmantes, c'est pourquoi la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre l'origine du dérèglement du climat et la sensibilisation de l'effet de ce dernier pour trouver les solutions efficaces et réduire de ces effets sont devenue une préoccupation internationale.

**Mots clés :** bassin versant du Cheliff, changement climatique, débit liquide , transport solide, contribution , variabilité.

## Abstract

Algeria is one of the countries that suffer from the phenomenon of transporting solid products. This happens mostly in the barren and semi-barren grounds. As this phenomenon is important, different researchers are interested in understanding its operations through picking out its causes and effects. In this connection, we have taken into consideration some data concerning the flow of solid products and liquid as well as precipitations. In order to study the relationship between the flow of liquid and solid products; and precipitation effect on them with climate change, we have opted for graphical method, Pettit and Mann-Kendall techniques. These are applied on annual, seasonal, and monthly measurement on the four hydrometric spaces located on the Cheliff watershed (the high and middle plain Cheliff). Results show low quantity of liquid. This is estimated by 88% especially in April on El Abbabsa basin. These findings are due the decrease of precipitation, which reaches only 37%. However, there is a high transportation of solid products in (high and middle cheliff) that exceeds 18% in the resort of EL Abbabsa basin.

In our study the risk of climate change shows existence of downward trend for chronological series rainfall with a rising trend for chronological series of solid flow. These consequences are alarming, this is why fight against greenhouse gas emissions the origin of climate change the awareness of the effect of this last to find effective solutions and reduce these effects that's become international concern.

**Key words:** watershed of cheliff, Climate change, liquid flow, variability, contribution, liquid Transport.

## الملخص

الجزائر من بين الدول التي تعاني من ظاهرة نقل المواد الصلبة حيث أن معظمها يحدث في الأراضي القاحلة وشبه القاحلة، ولأهمية هذه الظاهرة هناك العديد من الباحثين الذين ضاعفوا من الدراسات لفهم وشرح آليات واسباب ونتائج هذه الظاهرة، وفي هذا السياق أخذنا المعطيات الأصلية للتدفق السائل والتدفقات الصلبة والتساقطات .

لدراسة وإثبات العلاقة بين التدفق السائل والصلب وتأثير كمية التساقط عليهما، خلال تغير المناخ قمنا بتطبيق منهجية الانتشار، وطريقة بوتيت و مان - كاندال على مجموعة المعطيات سنويا وشهريا و النتائج فصليا للمحطات الهيدرومترية الأربعة المتواجدة في حوض شلف (الأعلى و المتوسط) المتحصل عليها تثبت أن شدة التساقط تؤثر على كمية التدفق السائل والتدفق الصلب في بعض المناطق من حوض الشلف، وفي البعض الآخر طبيعة التربة و الغطاء النباتي هي العوامل الرئيسية التي تؤثر على التدفق السائل.

في منطقة دراستنا اثبت لنا خطر تغير المناخ انه يوجد نقصان في السلسلة الزمنية للتساقطات و زيادة في كمية التدفق السائل، هذه النتائج مقلقة لهذا وجب مكافحة الغازات المسببة للاحتباس الحراري التي تعد مصدر لعدم انتظام الجو، لذا وجب التحسيس بمخاطره لإيجاد الحلول الفعالة و التقليل من تأثيراته التي تعتبر انشغالات دولية.

**الكلمات المفتاحية:** التدفق الصلب – حوض الشلف – تغيير المناخ – التدفق السائل – بناءات- التغيرات.

## Introduction

L'érosion, ce phénomène très complexe, faisant intervenir plusieurs paramètres a pris beaucoup d'ampleur en algérie et menace tous les jours , les terres agricoles, les infrastructure hydrauliques, par l'arrachage, l'affouillement, le transport et le dépôt des sédiment créant des exhaussements de lits d'oueds, des sapements de berges, des inondations et envasement de barrages qu'il est parfois quasi-impossible de remédier. L'érosion hydrique pose de graves problèmes sociaux, poussant la population à l'exode rural, en réduisant la surface agricole utile et en alluvionnant le oueds etretenues(**Touaibia, 2000**)

Le transport solide relié au changement climatique indirectement où le changement climatique influe sur le couvert végétal qui joue un role très important dans la stabilité du sol, donc si le couvert végétal moins dense ou le sol nu.

## I. Erosion

Le terme érosion vient du latin « ERODERE » qui signifie « Ronger »,donc l'érosion est un phénomène spatiale et temporel, consistant en un arrachage, un transport et un dépôt des particules du sol sous l'effet d'agents externe, pluie, vent, température, action anthropiques, etc. (*Ramper, 1987 ; Touaibia, 2000*)

### I.I.Types d'érosion

L'érosion se manifeste sous deux formes, érosion hydrique et érosion éolienne (**Dutil, 1984**)

- Erosion éolienne ;
- Erosion hydrique ;

#### I.I.1. érosion hydrique

L'érosion hydrique pourrait se définir comme le processus par lequel les particules du sol sont arrachées par l'eau de leur milieu, transportées par celle-ci et déposées en un autre milieu ( **LAGACE, 1980 in IL BOUDO, 1989**).

##### I.I.1.2.origine

la pluie et le ruissellement superficiel sont à l'origine de l'arrachage du transport et du dépôt de la terre enlevée.

L'arrachage est due à la fois aux gouttes d'eau (par rejaillissement) et aux eaux de ruissellement et le transport est assuré par ces eaux (**Hadidi, 2008**)

### **I.I.1.3-Mécanisme**

#### **3.1- Erosion par l'impact (splash)**

Les sols subissent un martèlement considérable causé par les gouttes de pluie. Les premières gouttes s'infiltrent dans le sol d'autant plus aisément, cette première phase s'accompagne d'un déplacement des particules, lorsque la couche superficielle s'humidifie, trois processus se développent simultanément :

- .La dégradation de la structure ;
- La formation d'une pellicule de battance;
- L'érosion par splash ou érosion par rejaillissement (**Hadidi, 2008**)

#### **3.2-Erosion par ruissellement**

Le ruissellement agit sur le sol par des actions de détachement et de transport. (**Hadidi, A ,2008**)

### **I.2.1.4. Situation de l'érosion hydrique en Algérie**

L'érosion est un problème dont la gravité varie beaucoup d'un site à un autre( **Kanwar 1982**) a montré au congrès de l'Association Internationale des Sciences du Sol à New Delhi que sur 13.500 millions d'hectares de surface exondées dans le monde, 22 % sont cultivables et seulement 10 % sont actuellement cultivés (soit 1.500 millions d'ha). Ces dix dernières années, les pertes en terres cultivables ont augmenté jusqu'à atteindre 7 à 10 millions d'ha/an, suite à l'érosion, à la salinisation ou à l'urbanisation. A ce rythme, il faudrait trois siècles pour détruire toutes les terres cultivables. L'érosion est donc un problème sérieux à l'échelle mondiale mais il est bien plus préoccupant dans certaines régions du monde, comme c'est le cas au Magreb et plus particulièrement en Algérie. (**Mokhtari ,2008**)

Pour l'ensemble de la Communauté Economique Européenne (CEE), De Ploey (1990) estime que 25 millions d'hectares ont été gravement affectés par l'érosion. La France totaliserait 5 millions d'hectares et le coût des nuisances occasionnées par l'érosion s'élèverait à 10 milliards de FF sans compter la valeur intrinsèque des sols perdus, difficilement chiffrables. (**Mokhtari ,2008**)

L'érosion hydrique en Algérie qualifiée comme étant un fléau (Sari, 1977 in Zernouh S., 1999) a des conséquences sérieuses sur l'état des sols et une menace pour la subsistance de l'humanité. Lorsqu'on réfère aux valeurs régionales d'érosion calculées à partir des transports solides des cours d'eau, on constate que les dégradations sont souvent très élevées sous les climats tropicaux et méditerranéens ; rarement moins de 200 à 300 t/km/an, par fois 400 à 500 t/km/an, elles connaissent leurs valeurs les plus grandes dans les zones arides de ces climats, surtout en condition de pente ; l'érosion peut alors atteindre des valeurs de 600 à 700 t/km/an, soit une couche de terre de 40 à 50 centimètres d'épaisseur (Hénin et Monnier, 1956 in Zernouh S., 1999). La dégradation spécifique reste faible, moins de 100 t/km/an sous la majeure partie des climats tempérés, quand l'influence de la pente ne se fait pas sentir ; c'est seulement dans les régions de montagne que, sous ces climats, on enregistre une intensification de l'érosion, qui peut atteindre 2000, voir 3000 t/km<sup>2</sup>/an (Mokhtari, 2009)

#### **I.2.1.4 formes de l'érosion**

##### **a- Erosion en nappe**

Abaisse progressivement toute la surface du sol soumise à l'énergie cinétique des gouttes de pluie ; la battance réorganise la structure de la surface du sol, désagrège les mottes et forme des organisations pelliculaires superficielles très peu perméable.

##### **b. Erosion de type « rill-interrill » (rigole-interrigol)**

Ce type d'érosion se caractérise par la juxtaposition à faible distance de rigoles à peu près parallèles, de dimension modeste, mais très nombreuses si on se rapporte à l'unité de surface. Le détachement de matière solide est assuré à la fois par le ruissellement, au niveau des rigoles, et par les gouttes de pluie au niveau des inters rigoles d'où les particules détachées sont facilement exportées en raison de la densité du réseau d'évacuation (Young et Wiersma, 1973. in Bioffin et Monnier, 1991).

### **c. Erosion par ruissellement concentré**

Celle-ci se manifeste par l'existence d'incisions profondes et larges mais très espacées et localisées de façon systématique dans des chenaux de collecte du ruissellement d'origine topographique, ou agraire. Erosion par ruissellement concentré- Erosion par affouillement régressif correspond à de profondes entailles apparaissant au niveau du franchissement d'un talus par des écoulements plus ou moins concentrés. Creusée et déblayée par la chute d'eau, l'excavation régresse vers l'amont par effondrement progressif des parois.(INA2008)

#### **I.2.1.5. facteurs de l'érosion hydrique**

##### **A : influence du climat**

Le changement de température, la hauteur de précipitation et le vent ont des effets prépondérants sur l'altération mécanique des roches. Leur influence sur l'érosion est difficile à évaluer à cause de leur variation (Benaïcha, 2011)

##### **B : La morphologie du terrain (la pente et longueur de la pente)**

Les facteurs topographiques essentiels sont la pente du bassin versant, le relief, la densité, l'importance des reliefs et des plaines d'inondation, l'orientation et la taille du bassin.

Les fortes pentes avec un écoulement rapide sont généralement à l'origine d'une érosion excessive dont l'importance dépend de la géologie des sols et la protection de la couverture végétale (Benaïcha, 2011)

##### **C : le sol**

Les roches sont exposées à la pluie, au vent et aux forces de gravité, il peut y avoir désagrégation. La structure et la texture des sols, leur perméabilité, la présence de certains éléments chimiques et matière organique conditionnent l'érodabilité des sols (Benaïcha, 2011)

##### **D : couvert végétal**

Un bon couvert végétal limite l'érosion en dissipant l'énergie de pluie ; favorise l'influence et s'oppose à toutes les formes d'érosion.

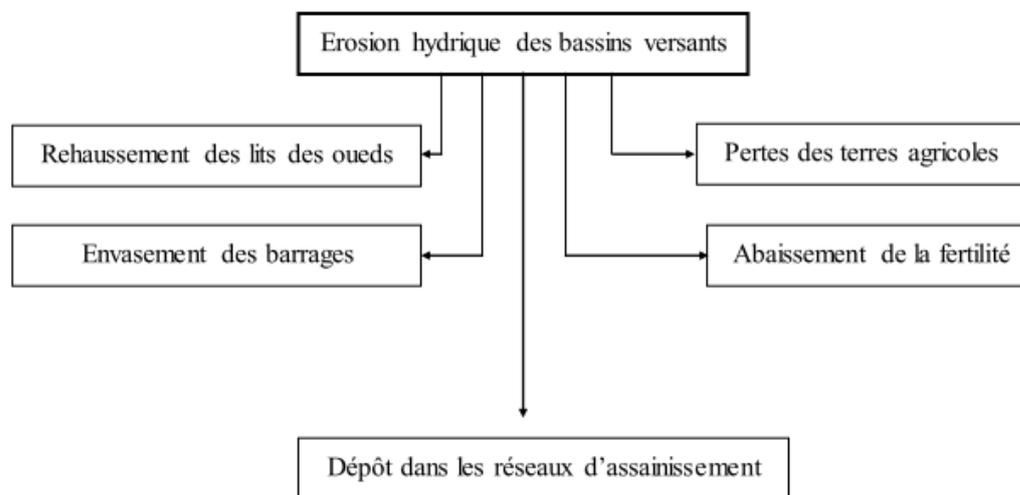
L'occupation des terres en rapport direct avec les activités humaines qui sont l'agriculture, l'élevage, les exploitations minières l'abatage du bois, la construction des

routes et l'urbanisation vu la suppression de la végétation, entourant sur les phénomènes d'érosion (**Benaïcha, 2011**)

### **E : l'homme**

L'homme peut être à l'origine de déclenchement et de l'accélération de l'érosion par des actions telles :

- défrichement du forêt ;
- Incendie et surpâturage ;
- Techniques culturales ; (**Ammari, 2012**)
- **I.2.1.6. Les conséquences de l'érosion hydrique**



**Figure I. 01:** Conséquences de l'érosion hydrique (INA ,2008)

## **II. transport solide**

### **II.1. Généralités**

Le transport solide dans un cours d'eau constitue la seconde phase de l'érosion, la dynamique des matériaux arrachés au sol et transportés par le réseau d'écoulement dépend essentiellement de la vitesse d'écoulement et de la granulométrie.

L'eau trouve la puissance nécessaire pour ce transport dans la perte de charge qu'elle subit. Le champ d'exploitation de vitesse varie tout au long du profil de l'oued d'amont en aval.

L'eau met en jeu deux types de mécanisme : le charriage et la suspension qui sont les principaux types de transport solide.

La capacité de charriage est liée à la nature granulométrique des matériaux et varie dans le temps et dans l'espace avec le débit liquide.

La répartition entre le charriage et la suspension dépend essentiellement de la dimension des matériaux rapportés à la vitesse de l'eau et à la turbulence de l'écoulement. En tout point d'une rivière, l'alimentation en débit solide est définie par les caractéristiques hydrologiques de son bassin versant. (Mokhtari, 2009)

L'Américain Geophysical Union, donne une classification des particules selon leur mode de transport (tableau 1)

Dimensions (diamètre moyen)	désignation	Zones concernées	Mode de transport	Natures des phénomènes
de 0.24 à 4 $\mu$ m	Vases	Lacs. estuaires littorale	Suspension et courant de densité	mécanique et physico- chimique
de 4 à 62 $\mu$ m	silt	Lacs .retenues de barrages, zone d'eau morte.	Suspension et courant de densité	mécanique
De 0.002 à 2mm	sable	Littoral, cours d'eau	Suspension ou charriage	mécanique
De 2 à 64 mm	graviers	Cours d'eau	charriage	mécanique
De 64 à 250 mm	galets	Plage, rivières à forte pente, torrents	charriage	mécanique
>250mm	blocs	Torrent à très forte pente	charriage	mécanique

**Tableau I.1** : différents aspect du transport des sédiments.

## II.2. types de transport solide

- Transport par charriage ;
- Transport en suspension ;

### II.2.1. transport par charriage

Le transport par charriage est l'un des principaux types de transport solide dans un cours d'eau, il concerne les plus gros matériaux qui contribuent à la formation et l'équilibre du lit, principalement la pente. Ces éléments sont transportés par le fond par roulement, glissement ou saltation. La direction du mouvement est en gros parallèle au fond et les accélérations verticales sont faibles.



Figure I.2 : Transport par charriage (oued Cheliff-Ghrib 2009) (Mokhtari, 2009)

### II.2.2.2. Description du phénomène

Sur le lit des matériaux sans cohésion, les grains isolés sont soumis aux forces de pesanteur et aux forces hydrauliques.

. Les forces de pesanteur sont des forces stabilisatrices;

.Les forces hydrauliques sont des forces déstabilisatrices dues à l'écoulement (traînée et portance). La grandeur physique explicative de ce mode de transport (charriage) est la contrainte hydrodynamique critique " $\tau_c$ ".

Donc les grains constituant l'interface solide- liquide, ayant un poids et un coefficient de frottement fini, ne peuvent être mis en mouvement par l'action du fluide que si la contrainte sur le fond " $\tau$ " dépasse la valeur de la contrainte critique " $\tau_c$ ". Ce mouvement de granulats se traduira par un transport de fond dans le sens de l'écoulement.

La contrainte sur le fond de la rivière est exprimée par :

$$\tau = \rho g R_h J \quad (\text{I.1})$$

J : Perte de charge régulière de l'écoulement;

$R_h$  : Rayon hydraulique.

Pour cela, on dit que le charriage est un phénomène à seuil et l'analyse très simplifiée pour le début de mouvement, revient à comparer directement la force déstabilisation due à l'écoulement et à la capacité de résistance au mouvement des matériaux, qui tapissent le fond.

### II.3. Transport En Suspension

Le transport par suspension est le deuxième type de transport solide dans un cours d'eau. Il concerne les éléments fins qui progressent dans le sens du courant au sein même du liquide. Ces éléments fins sont maintenus en suspension par la turbulence et la quantité de ces matériaux dépend essentiellement des éléments fins, qui proviennent de l'érosion du bassin, suite au ruissellement des eaux de pluie. (Mokhtari 2008)



Figure I. 03: Transport en suspension (khanchoul, 2008)

#### II.3.1. Description du phénomène

Au fur et à mesure que la vitesse du courant s'accroît dans le cours d'eau, l'intensité de la turbulence s'accroît également jusqu'au stade où les particules en saltation atteignent une hauteur au-dessus du fond où les forces extensionnelles fluctuantes dues à la turbulence dépassent le poids des particules.

A partir de ce moment, les particules ne suivent plus une trajectoire définie, mais elles suivent des trajectoires aléatoires dans l'épaisseur du fluide. Le critère d'apparition des phénomènes de suspension qui consiste à définir la vitesse "U" d'écoulement du liquide, par laquelle la poussée de ce dernier sur les grains de diamètre "D" permet la mise en suspension des grains quartzeux de 0,2 à 0,85 millimètres de diamètre dans des écoulements naturels de rivières est définie par la formule I.2 de W.Kresser :

$$U^2 = 360 \cdot g \cdot D \quad (\text{I. 2})$$

Avec  $U = c\sqrt{\gamma J h}$  d'où  $\tau = 360(8g/c^2) D$

$\tau$  : Tension tangentielle de l'écoulement;

$\gamma$  : Poids volumique du liquide;

C : Coefficient de Chézy;

h : Hauteur du liquide;

J : Perte de charge régulière.

Selon **Roose (1987)**, la présence d'élément solide en suspension dans un cours d'eau est due à la turbulence de l'écoulement. Les particules solides subissent l'action des composantes transversales des vitesses de turbulence qui s'opposent à la pesanteur pour maintenir les particules en suspension.

### **III. changement climatique**

Selon la convention cadre des nations unies sur le changement climatique (CCNCC), le changement climatique et le changement du climat attribué directement ou indirectement à toute activité humaine qui modifié la composition de l'atmosphère globale et qui s'ajoute à la variabilité naturelle du climat observé au cours de période de temps comparables.

Selon le GIEC (Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution de Climat), le terme de changement climatique se réfère à tout changement du climat, qu'il soit d'origine naturelle ou due aux activités humaines (**GIEC, 2001**)

#### **III.1.Gaz à effet de serre**

L'effet de serre est un phénomène naturel produit par certains gaz atmosphériques qui absorbent du rayonnement infrarouge émis par la terre partiellement réémis vers le sol. Ces gaz, lorsqu'ils sont en quantité modérée, participe en maintien d'une température moyenne au sol à 15 C° au lieu de 18 C°. Ce phénomène prend de l'ampleur du fait des activités humaines, en particulier de la combustion des produits carbonés fossiles, les transports, les industries manufacturières et énergétiques, l'agriculture, le secteur résidentiel et tertiaire. Il semble y avoir aujourd'hui un consensus sur le fait que l'on assiste à une augmentation continue en teneur de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère, en particulier du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et de méthane (CH<sub>4</sub>) , dont la croissance annuelle moyenne fluctuerait 0.5 et 1 % par an(**Mostfaoui, 2011**)

#### **III.2. causes des changements climatiques**

Les causes des variations du climat de la Terre sont multiples.

Certaines sont naturelles :

- ✓ Variations de l'insolation dues à la perturbation de l'orbite que la Terre décrit autour du soleil.
- ✓ Changements du flux d'énergie solaire.
- ✓ Injections de poussières volcaniques dans la stratosphère.
- ✓ Changements de la circulation globale de l'océan ou développement d'instabilités des calottes glaciaires.

D'autres sont liées aux activités humaines. Depuis le début de l'ère industrielle, les émissions de gaz à effet de serre et d'aérosols perturbent significativement le bilan radiatif de l'atmosphère. On observe un accroissement sensible des concentrations atmosphériques en gaz carbonique, en méthane et en oxyde nitreux ; le taux de CO<sub>2</sub> est passé de 280 ppm à près de 380 ppm. Ces variations dépassent largement celles observées au cours des 400 000 dernières années, lorsque les cycles biogéochimiques ne subissaient que des variations naturelles. (Y. EL MEDDAHI et al, 2011)

### **III.3. conséquences du changement climatique**

#### **1. espèces animales et végétales**

Les conséquences de ce changement climatique sont : la modification de l'habitat des animaux ainsi que des végétaux, ce qui provoquera un déséquilibre de la répartition des espèces et perturbera les écosystèmes.

En écologie, un écosystème est l'ensemble formé par des êtres vivants et leur environnement.

##### **1.1. animaux**

Chez les animaux, la conséquence du changement climatique est une migration de certaines espèces vers les pôles ou en altitude ce qui les fait entrer en compétition avec d'autres espèces. Cette compétition pourra surement provoquer l'élimination d'une espèce par une autre.

## **1.2. végétaux**

Chez les espèces végétales, la conséquence du changement climatique est qu'elles se déplaceraient vers le nord pour la plupart ou mourraient à cause de leur incapacité à migrer (à cause de diverses raisons).

## **2. élévation du niveau des mers**

L'élévation du niveau des mers sera une autre conséquence provoquée principalement par la fonte des glaciers aux pôles et par la dilatation thermique de l'eau (plus l'eau est chaude, plus elle occupe un volume important). Certains deltas, lagunes et régions littorales pourraient être submergés.

## **3. conséquences pour l'homme**

De nombreuses contraintes sont à prévoir pour l'homme :

-Un déplacement des populations dû à l'augmentation du niveau des mers (risques d'inondations)

-Un développement des maladies.

-Des difficultés à se procurer de l'eau et de la nourriture à cause de l'augmentation de la sécheresse.

-Une augmentation des catastrophes naturelles ( cyclones, sécheresse, inondations...)

## **4. conséquence sur le débit solide.**

Les débits d'écoulement étant en baisse, les débits de charriage moyens tendront à diminuer, mais il faut toujours prendre en compte les conditions locales. Les maxima des débits de charriage saisonniers se déplaceront de l'été vers le printemps. Il n'est pas possible de faire des pronostics au sujet des débits de charriage en cas de crues.

## **III.4. indicateur de changement climatique**

Pour connaître qu'il y a un changement climatique dans certain endroit, il faut étudier les paramètres suivantes :

### **1-Evolution des températures**

Le suivi des températures, en Algérie, pour deux périodes de 30 ans (1931-1960) et (1960-1990) met en évidence :

- ✓ Une hausse de température moyenne sur l'ensemble du pays au cours des saisons d'hiver et d'automne.
- ✓ Une hausse nette des températures minimales et maximale sur l'ensemble des stations de l'Algérie du nord depuis la décennie 70 et se prolongeant jusqu'à nos jours  
durant ces dernières 20 ans, les températures maximales moyennes mensuelles ont augmenté plus que le minimale ; cette augmentation est environ de 2°. (**Laib, 2015**).

### **2-Evolution des précipitations**

L'évolution des précipitations pour la même période (1931-1960 et 1960-1990) montrent :

- ✓ Qu'en automne et en hiver, il y a diminution des pluies sur le nord.
- ✓ Qu'au printemps, la pluviométrie est plus importante à l'Ouest, au centre et au sud du pays et qu'il y a diminution des précipitations à l'est.

Il y a environ 10% de baisse des précipitations ces 20 dernières années. (**Laib, 2015**).

### **3-Les extrêmes:**

Les fréquences des crues et des sécheresses sont très incertaines. Les deux continueront à se produire, avec ou sans un changement climatique. Les connaissances actuelles des effets des changements climatiques sur la fréquence des sécheresses et des crues sont, en effet, trop limitées pour permettre une analyse quantitative valable; ce qui semble le plus probable est que la fréquence des sécheresses s'intensifiera, en particulier dans les zones arides, tout comme celle des crues. (**Y. EL MEDDAHI, et al, 2011**)

### **III.5.Changement climatique en Algérie**

En Algérie, l'évolution récente du climat montre que le réchauffement est plus important que la moyenne. En effet, si au niveau mondial la hausse de température au 20<sup>ième</sup> siècle a été de 0.74°C, celle sur le Maghreb s'est située entre 1.5 et 2°C selon les régions, soit plus du double que la hausse moyenne planétaire. Quant à la baisse des précipitations, elle

varie entre 10 et 20% .D'autre part, de nombreuses études montrent que les projections climatiques, élaborées par les modèles de circulation générale (MCG) actuels, sous-estiment la hausse des températures et la baisse des précipitations sur le Maghreb. Ce qui montre que les pays du Maghreb vont subir, plus que d'autres, les effets du changement climatique qui constitue, désormais, une préoccupation majeure pour la région.

On constate ainsi depuis 1973 :

- une occurrence plus grande des sécheresses : 1 année sur trois ;
- un nombre croissant de vagues de chaleur en toutes saisons ;
- une intensification des inondations. (EL MEDDAHI, et al, 2011)

### **Conclusion**

L'érosion, transport solide et l'envasement sont des phénomènes complexes intimement reliés dont l'érosion hydrique est une conséquence de l'intensité de pluie et la résistance de milieu (sol, couvert végétal, techniques culturales) et la topographie.

Le transport solide est causé plusieurs dégâts, l'un de ces dégâts est l'envasement des barrages qui influe sur la capacité du barrage et sa stabilité.

Pour ces dégâts causés il faut améliorer la résistance du sol et créer des obstacles au ruissellement en amont du barrage et le reboisement le bassin du barrage.

L'impact du changement climatique sur le couvert végétal est favorisé la dégradation des sols qui induit l'érosion hydrique (transport solide).

## Introduction

Le Cheliff est une exception notable parmi les oueds Nord-Africains, c'est le seul oued en Algérie qui draine une partie des hauts plateaux, c'est l'un de ceux qui possèdent le cours le plus long et le débit le plus important. Il doit ses caractères à la structure profonde des régions qu'il traverse.

Le but de ce chapitre est de faire une étude sur le milieu physique de notre région du bassin versant de haut et moyen Chélif, la localisation géographique, les caractéristiques climatiques et la morphologie.

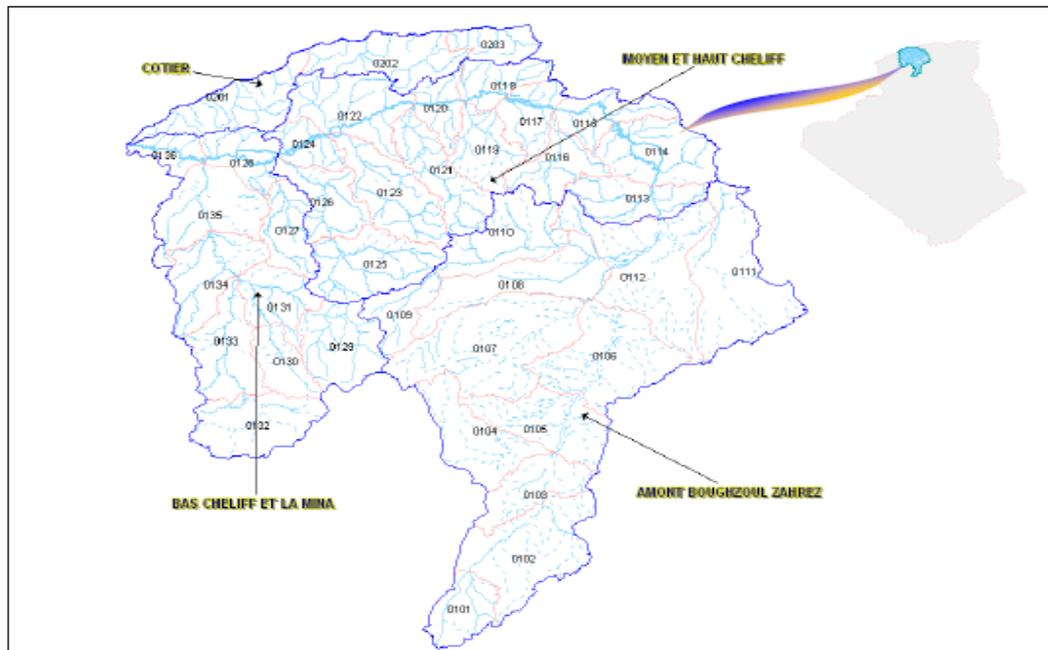
### II.1.Situation géographique

Le bassin du Chélif est situé dans l'atlas tellien de l'Algérie occidentale. Il est constitué par une succession de plaines, plateaux et collines orientés suivant une direction E-W à NE-SW. Au nord, les collines bordières élevées 650m sont adossées aux monts de l'atlas tellien, le Dahra et le Boumaâd d'altitude moyenne 800m et 1000m. Au sud, elles butent contre les monts de l'Ouarsenis 1985m. la grande étendue du bassin, 500km d'Est en Ouest et 25km du Nord au Sud, à nécessité de sa subdivision en Haut, Moyen et Bas Chélif. **(Chekhchoukh,et Khadraoui, 2016)**

Le bassin de Cheliff attribué du code **01** selon l'ANRH, est d'une superficie de **43750km<sup>2</sup>**; Le bassin de Cheliff est lui-même composé par 03 grandes unités hydrographiques ou sous bassins principaux :

- Amont de Boughezoul (cours supérieur de l'oued Cheliff)
- Sous bassin haut et moyen du Cheliff (Moyen et haut Cheliff)
- Bas Cheliff, et sous bassin de l'oued Mina (bas Cheliff et la Mina) **(Kara, 2014)**

Notre zone d'étude (haut et moyen Cheliff) est située dans le centre ouest du nord Algérien, elle est limitée au Nord par la mer méditerranée, à l'Est par le bassin hydrographique Algérois-Hodna-Soummam, à l'Ouest par le bas Cheliff, au Sud par les monts de l'Ouarsenis et Djelfa. **(AISSAT, 2006) et (Ikhelef, 2006)**



**Figure II.1.** Localisation de la zone d'étude.

## II.2. Aspect géologique

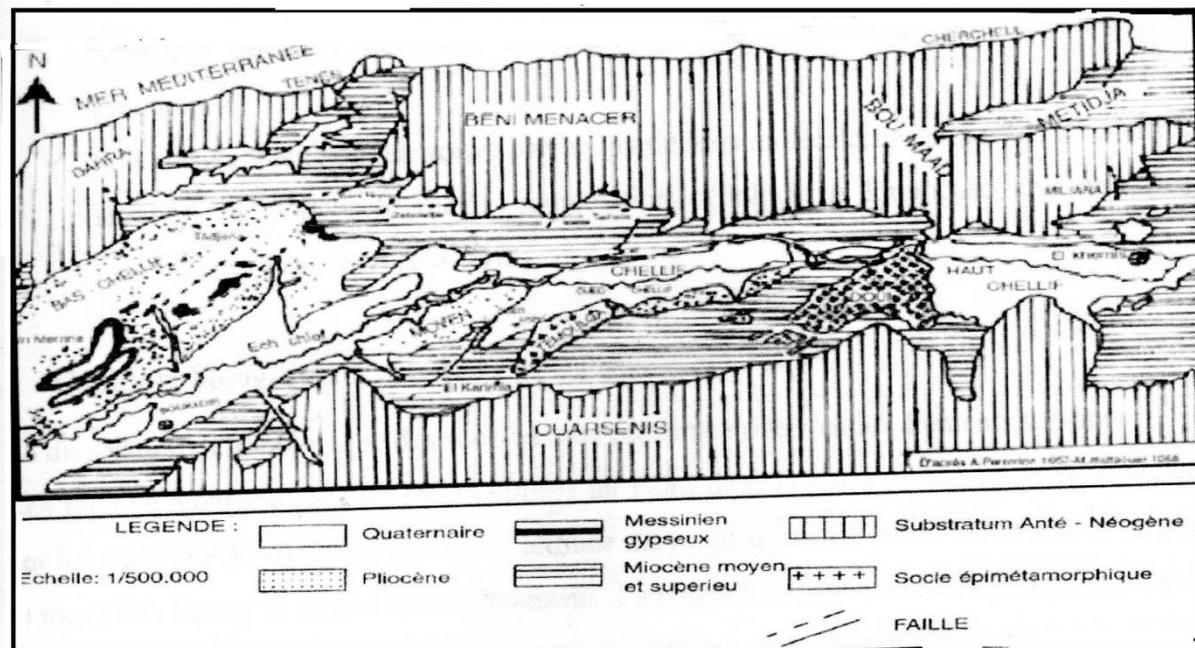
Les formations supérieures et inférieures de la zone d'étude ont un rôle capital dans le processus de l'écoulement. Ils constituent le domaine spatial des échanges entre la surface du sol et le débit à l'exutoire d'un bassin versant.

Le bassin de Chelif appartient aux bassins sédimentaires sublittoraux allongés Est-Ouest et mis en place après la dernière phase alpine tectonique tangentielle.

Au Nord, cette dépression est séparée de la mer par le tell septentrional représenté par une suite de reliefs parallèles formés essentiellement des terrains jurassico-crétacés que l'on retrouve aussi dans la plaine (Dahra et massifs épi-métamorphiques et schistosités de Doui, Rouina et Temoulga)

Au sud, le bassin du Chelif est limité par le tell méridional représenté par un ensemble de massifs montagneux où le substratum est principalement marno-calcaire et correspond à l'allochtone tellien avec ses différentes nappes. (**Bouzada ,2013**)

La carte suivante est représentée la nature géologique de notre zone d'étude.



**Figure II-2:** Carte géologique de la zone d'étude (perrodon 1597, M, Mattaour 1958)

### II.3. contexte pédologique

D'après (Boulaine 1956-1957 ; Daoud 1983) la composition du sol de la plaine est formé par des alluvions, ce sont des sols en majorité peu différents.

D'après la carte pédologique des sols de Carnot, on constate également que l'unité hydrogéologique de la région est caractérisée par une couverture pédologique de dominance alluvionnaire. (Yuri et al, 2015)

Au périmètre de Haut Cheliff, on distingue :

- Les sols alluviaux de la terrasse moderne du Cheliff, qui sont peu évolués, profonds et perméables.
- Les sols alluviaux de texture limoneuse de la terrasse récente du Cheliff, qui sont faiblement argileux.
- Les sols des terrasses anciennes, qui sont rouges sur tuf ou sur croûte décalcifiée en surface.

Alors que des sols du périmètre de Moyen Cheliff sont caractérisés par :

- Les sols d'apport colluvial se trouvant à la lisière de la plaine et sont profonds.
- Les sols hydromorphes se trouvent pour la plupart dans les vallées de la Merdja et de l'oued Fodda.

- Les sols salés se localisent dans la partie Ouest du périmètre, surtout dans la région de Bled Souala (**Bouzada, 2013**)

## II.4.Géomorphologique

La disposition morphologique des sous-bassins est caractérisée par les éléments suivants : Les régions montagneuses du Dahra situés au Nord dont la partie méridionale représentée par les monts de Medjadja présente une altitude moyenne qui varie entre 400 et 500m et par le massif de Zaccar et au sud djebel Ouarsenis. La cote altimétrique varie de 200m au niveau de la plaine à 1000 m au niveau des sommets. La plaine a une pente relativement faible (15%)

Elle est bordée au nord par des cônes de déjection qui constituent la zone de transition entre la vallée et la montagne. Au centre, les plaines de l'oued Cheliff qui forme une étroite bande d'une dizaine de kilomètre de largeur. Au sud, les collines qui constituent les piémonts de l'imposant massif de l'Ouarsenis se dressent en range dispersés ne sont pas très étendues (5 à 10 kilomètre de large. (**Cekhchoukh, Khadraoui 2016**)

### II.4.1.Limite de bassin versant

D'après le tableau II.01 suivant le bassin du haut et moyen Cheliff regroupe quatorze (14) sous bassins hydrographiques du 0113 au 0126

**Tableau(I) : les sous bassins de la région d'étude. (Cekhchoukh, Khadraoui, 2016)**

N°	Bassin versant	Code(ANRH)	Superficie (km <sup>2</sup> )
1	Oued Cheliff djellil	0113	1085
2	Oued Cheliff Ghrib	0114	137.8
3	Oued cheliff harbil	0115	780
4	Oued deurdeur	0116	851
5	Oued cheliff harreza	0117	754
6	Oued ebda	0118	660
7	Oued rouina zeddine	0119	890
8	Oued cheliff teghzel	0120	581
9	Oued fodda	0121	1152
10	Oued ras ouahrane	0122	1435
11	Oued sly	0123	1400
12	Oued Cheliff ouarizane	0124	564.72
13	Oued tiguiguest	0125	513.02

14	Oued rhiou tleta	0126	928.45
----	------------------	------	--------

### II.4.2. Etude de relief

Les reliefs jouent un rôle très important dans les calculs de l'infiltration et le ruissellement ; pour des reliefs de forte pente le ruissellement sera très rapide (torrentiel) et l'infiltration sera faible (le temps de concentration est très court)

Plusieurs études ont montré l'existence d'une relation directe entre la quantité de pluie tombée dans un endroit et l'altitude de ce point. L'augmentation des pluies avec l'altitude dépend également de l'orientation du relief par rapport aux flux pluvieux.

#### II.4.2.1. Forme du bassin

##### ➤ Indice de compacité de GRAVELIUS.

L'indice de compacité ( $k_c$ ) s'établit en comparant le périmètre stylisé du bassin (P) à celui d'un cercle qui aurait la même surface (A) :

$$\text{Soit : } k_c = P / \sqrt{\pi A} = 0.28P / \sqrt{A} \dots \dots \dots \text{ (II.1)}$$

$k_c$  est égal à 1 pour un bassin circulaire et croît d'autant plus que la compacité diminue (Mehaiguene ,2001)

Avec :  $k_c$  : indice de compacité de Gravelius.

A : surface du bassin versant (km<sup>2</sup>)

P : périmètre du bassin versant (km)

Plus le rapport ( $k_c$ ) s'approche de l'unité, plus le bassin le bassin serait ramassé et le temps de concentration serait plus court.

D'après le tableau(II.2) des valeurs de l'indice de compacité montrent que tous les bassins sont allongés, donc l'indice de forme reste élevé variant entre 1,33 et 1,78

Bassin	code sous bassin	Nom sous bassin	Superficie (km)	Périmètre (km)	Indice de compacité (kc)	
Cheliff à l'aval de Boughazoul	Haut et moyenne Cheliff	0114	Oued Cheliff Ghrib	1383,69	176,81	1,33
		0115	Oued Cheliff Harbil	767,29	167,95	1,70
		0116	Oued Deurdeur	857,64	185,65	1,78
		0117	Oued Cheliff Haraza	743,97	142,68	1,46
		0118	Oued Ebdda	680,55	141,10	1,51
		0119	Oued Rouina Zeddine	898,54	173,69	1,62
		0121	Oued Fodda	1161,32	212,75	1,75
		0122	Oued Ras Ouahrane	1437,44	224,12	1,50
		0123	Oued Sly	1405,47	225,12	1,68

**Tableau II.2.**les valeurs de l'indice de compacité. (Mehaigane,2006)

#### II.4.2.2.Altitudes.

Plus on s'éloigne de la plaine vers le Nord et vers le Sud plus l'altitude augmente, aussi elle diminue d'Est et Ouest .l'influence géographique à l'échelle du bassin versant est généralement appréciée par l'établissement de la courbe hypsométrique, donc par la répartition d'altitude en fonction des pourcentages cumulées des superficies ; cette courbe permet de calcule l'altitude moyenne et l'indice de pente globale. (Chekhchoukh, Khadraoui, 2016)

Le tableau ci –dessous donne les valeurs des altitudes moyennes des sous bassins versants étudiés (tableau II.3)

**Tableau II.3.**altitude moy de sous bassins versants de Haut et Moyen Cheliff (Keita, et al 2013)

Bassin		Nom	Code sous bassin	Altitude moyenne (m)
Cheliff à l'aval de Boughezoul	Haut et Moyen Cheliff	Oued Cheliff Ghrib	0114	690
		Oued Cheliff Harbil	0115	585
		Oued Deurdeur	0116	892
		Oued Cheliff Haraza	0117	471
		Oued Ebdda	0118	593
		Oued Rouina Zeddine	0119	628
		Oued cheliff teghzel	0120	581
		Oued Fodda	0121	800
		Oued Ras Ouahrane	0122	375
		Oued Sly	0123	659
		Oued CheliffOuarizane	0124	295
		Oued Tiguiguest	0125	740
		Oued Rhiou Tleta	0126	398

## II.5. Etude de réseau hydrographique

La plaine du Cheliff située entre les montagnes du Dahra au Nord et l'Ouarsenis au Sud, est une région principalement à vocation agricole traversée par l'oued le plus important d'Algérie, L'oued Cheliff coule sur **759 km**.

Dans la plaine du Haut Cheliff, l'oued Cheliff partage ce périmètre en deux rives : la rive droite couvre 11303 ha tandis que la rive gauche ne fait que 9730 ha, les principaux oueds qui convergent vers la plaine d'El-khemis sont :

**Oued Souffay** : qui draine le secteur Nord-est des monts du Zaccar et reçoit les eaux usées de la ville d'El-khemis.

**Oued Boutane** : qui collecte des eaux usées de l'ouest de la ville, puis traverse la plaine où il présente, par endroit des intercommunications avec la nappe alluviale, avant de rejoindre l'oued Cheliff à l'ouest de la plaine.

**Oued Deurdeur** : qui prend sa source dans les amonts d'Ouarsenis au Sud de secteur d'étude. Il traverse la plaine sur plusieurs km, avant de confluer avec l'oued Cheliff.

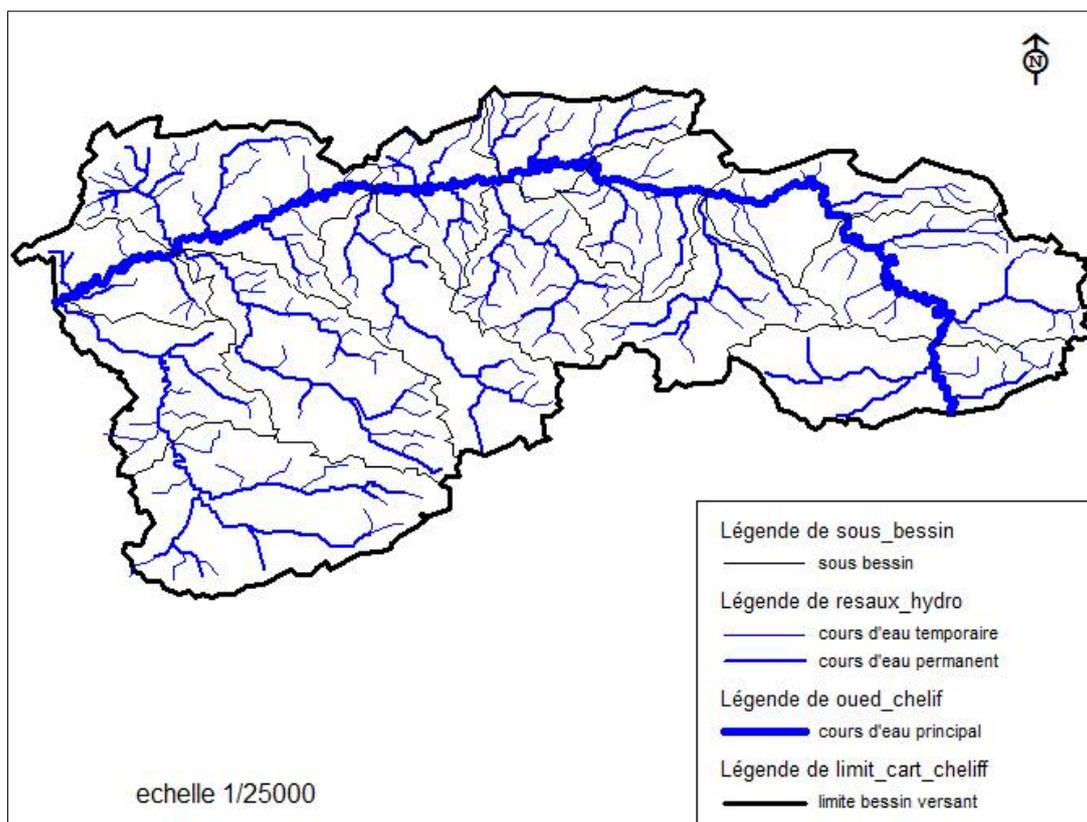
**Oued Harrera** : est également un oued du Sud (Ouarsenis), il est caractérisé par un débit élevé du fait de l'importance de sa surface d'impluvium. Dans sa partie aval, il s'écoule dans la plaine où il présente un inféoflux en relation avec la nappe alluviale et rejoint, plus en aval l'oued de Cheliff.

La plaine du Moyen Cheliff occidentale est drainée par un réseau hydrographique bien marqué dont les ramifications principales sont :

**Oued Ouahran et oued Ras :** Deux affluents situés sur la rive droite, issus des monts de Dahra présentent des bassins versants, de taille modeste et de débit nuls à l'étiage.

**Oued Sly, oued Tsighaout et oued Fodda :** sont des affluents sur la rive gauche, ils ont des bassins plus étendus, dont la partie supérieure est formée par les reliefs montagneux de l'Ouarsenis. Les principaux (oued Sly et oued Fodda) qui bénéficient d'un régime hydrologique favorable, ont fait l'objet d'aménagement de leurs ressources en eau (barrage de oued Fodda et sidi Yakoub). (Bouzada, 2013) .

La carte suivante représente le réseau hydrographique de Haut et Moyenne Chélif (Chekhchoukh, Khadraoui, 2016)



**Figure II.3 :** la carte de réseau hydrographique de Haut et Moyenne Chélif

## II.6.Climatologie

Avec un climat semi-aride de type méditerranéen, le Haut et Moyen Chéiff ; est caractérisé par des étés très chauds et des hivers tièdes et ce malgré la proximité de la mer (à environ 120km) (ABHCZ ,2004) .les paramètres climatiques sont les suivants :

### II.6.1 pluviométrie

La figure II.03 indique que le bassin du haut et Moyen Chéiff est équipé d'un réseau pluviométrique de 57 postes , dont (53) sont opérationnels ,soit une densité de (05)postes pour 1000km<sup>2</sup> .la pluviométrie moyenne interannuelle dans le bassin varie de 227 à700mm, elle est concentrée sur les versants sud des mont de Dahra et du Zaccar ,avec une moyenne interannuelle maximale de 700mm dans la station de SIDI MIDJA(011803)commune de ben Allal (wilaya de AIN DEFLA )et deux autres valeurs de plus de 600mm enregistrées dans les deux stations EL ANEB(011806)commune EL AMRA (wilaya de AIN DEFLA) ainsi qu'à la station Médéa –secteur(011509) , localisation au sud de l' ATAF BLIDEEN.les précipitations diminuent dans la station de vallée du Cheliff ou elles varient entre 300et400mm , une moyenne interannuelle minimale de 227mm est enregistrée dans la station de Sidi Slimane (012119) commune de Sidi Slimane (wilaya de TISSEMSILT) (ABHCZ,2004).

La figure II.4 représente la pluviométrie de Haut et Moyenne Cheliff (ABH CZ 2004)

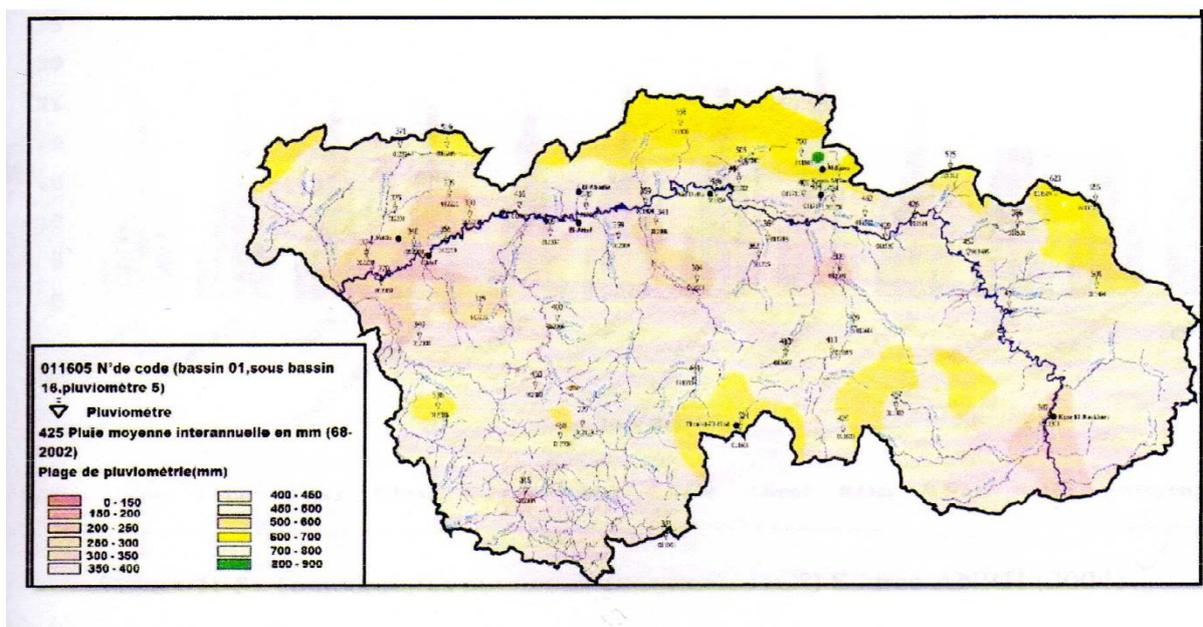
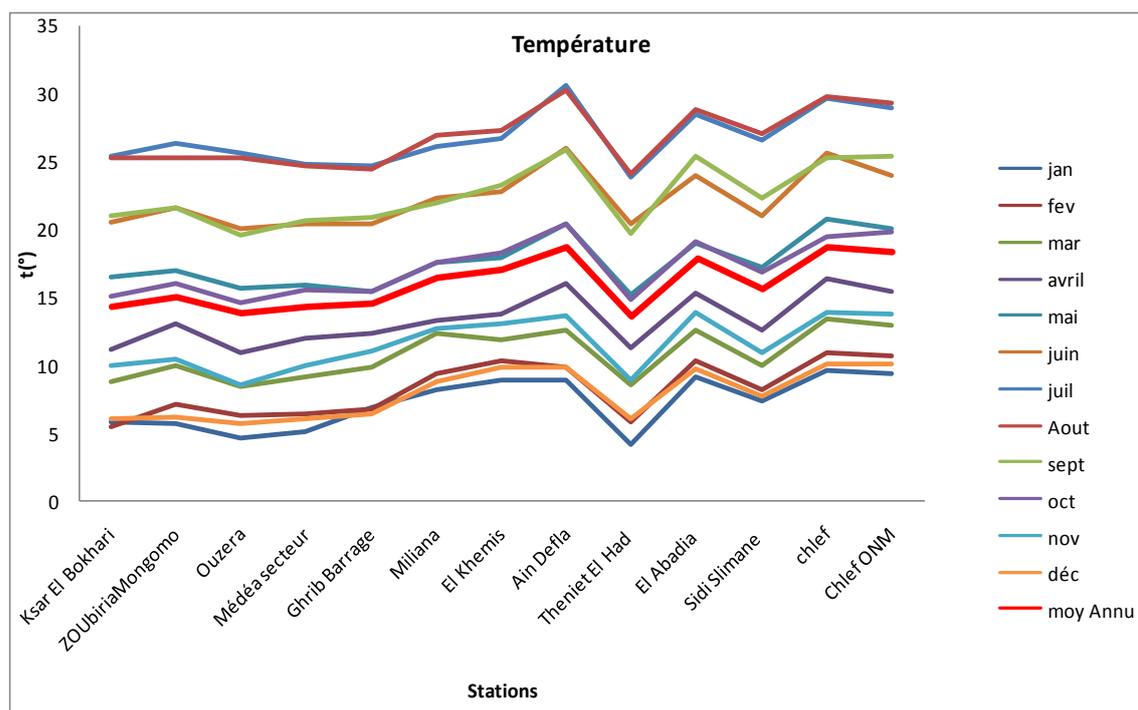


Figure II. 4: carte pluviométrique du Haut et Moyen Cheliff .source (ABHCZ, 2004)

### II.6.2. température

le bassin du haut et moyen Cheliff est caractérisé par une température moyenne interannuelle de 13 à 20°C , avec un maximum mensuel de plus de 30,6°C au mois de juillet a la station d'Ain Defla et un minimum mensuel de 4,6° au mois de janvier à la station de Médéa (ANRH ,2004).(Kara ,2014).

La figure II.4 représente la température moyenne mensuelle Haut et Moyen Cheliff.

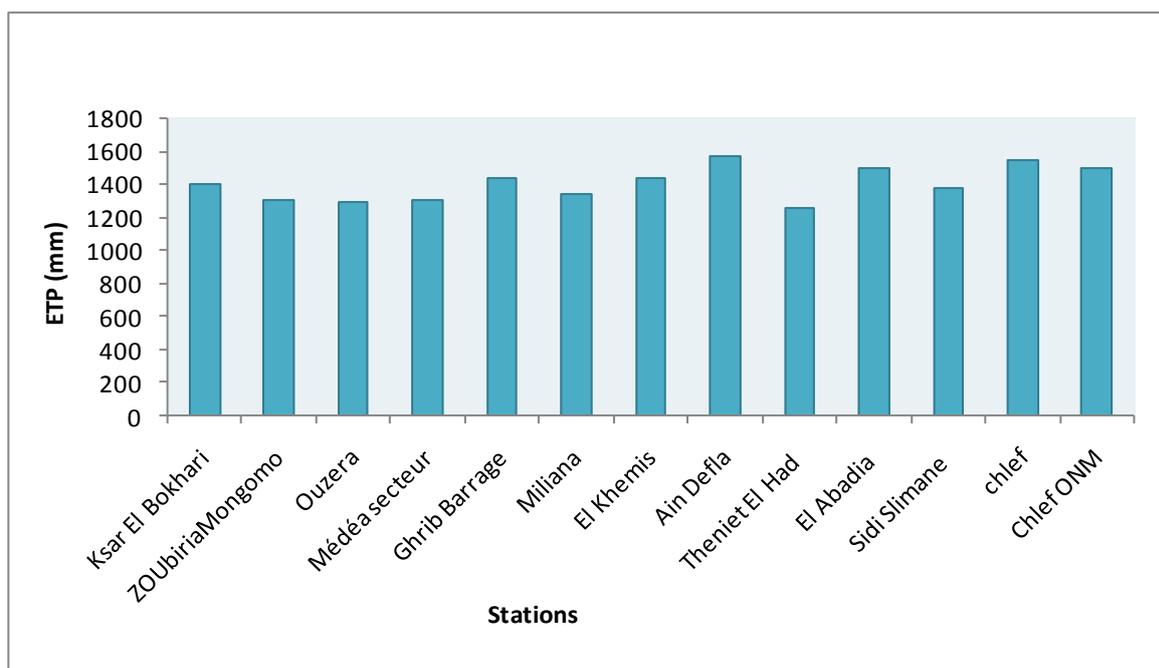


**Figure II.4.** La température moyenne mensuelle Haut et Moyen Cheliff (ANRH,2004)

### II.6.3.Evapotranspiration

Les données de l'évapotranspiration présentées dans la Figure (II.5) ci-dessous sont relevées à partir des cartes de l'évapotranspiration mensuelle et annuelle éditées par le service de l'ANRH. D'après la carte de l'évapotranspiration présentée ci-contre, on observe de fortes valeurs dans la vallée du Haut et Moyen Cheliff. Elle atteint une valeur maximale de 1570mm dans les piémonts du bassin du Haut et Moyen Cheliff. Le potentiel total annuel de l'évapotranspiration varie de 1200mm à 1600mm, soit plus du double du total de la pluviométrie. En saison froide, l'ETP mensuelle décroît progressivement jusqu'à atteindre des valeurs inférieures à celles des précipitations.

Par ailleurs, elles sont fortement supérieures durant la saison chaude. (ABHCZ ,2004)



**Figure II-5 :** Évapotranspiration potentielles moyenne mensuelle (mm) (1968-2002) de bassin de Haut et Moyen Chéouf (**source ANRH ,2004**)

## II.7. Végétation

La végétation est un facteur déterminant de la rapidité du ruissellement superficiel, du taux d'évaporation et de la capacité de rétention du bassin. Donc la présence de végétation va jouer le rôle de « Régulateur » dans le régime d'écoulement. L'occupation végétale a une influence directe sur l'écoulement fluvial aussi bien que facteurs orographiques et climatiques. La résistance à l'écoulement est d'autant plus grande que le couvert végétal est plu dense. Cette influence de la forêt sur le régime des eaux en domaine méditerranéen a un rôle considérable

- Cultures et terres irriguées : Elles déterminent les zones de cultures intensives, liées à des surfaces irriguées. Cette classe comprend aussi tous les terrains qui, au moment de l'obtention de l'image, présentaient une grande activité photosynthétique, telles que toutes les prairies associées à des rives d'oued ou à des terrains inondés.
- Terres de jachère : Elles se trouvent généralement mélangées et proches des terrains irrigués, et elles correspondent à des parcelles qui ont été récemment labourées. Pour des analyses postérieures, cette unité pourra être associée à celle de cultures et de terres irriguées dans toutes les zones de plaine cultivée.

➤ Roche et sol nu : C'est une des classes les plus nombreuses de tout le territoire de l'étude. Elle représente toutes les zones de roche nue, ainsi que toutes les surfaces érodées ou dont la couverture végétale est très dégradée. (Aissaoui , Messaoudi , 2015).

### Conclusion

Dans ce chapitre, nous pouvons conclure, que notre zone d'étude possède un climat semi-aride de type méditerranéen, ainsi elle est caractérisée par des étés chauds et des hivers tièdes.

Il est caractérisé par un chevelu hydrographique très denses, avec un réseau de l'ordre de 2200 km d'oueds permanant et 5600 km d'oueds temporaire.

La zone d'étude est caractérisée par des reliefs fortes et très fortes qui favorisent le phénomène de l'érosion et par conséquence le transport solide. Elle est caractérisée aussi par un sol nu et rocheux dont la couverture végétale est très dégradée.

## Introduction

Pour connaître l'ampleur et le risque d'un phénomène naturel, il faut passer par des dispositifs d'observation de terrain, collecte et traitement des données (**Duband 1989**).

Dans ce contexte et à partir de ce chapitre on expose l'analyse statistique du principal variable hydro-pluviométrique (précipitation, débit liquide et débit solide) à l'échelle annuelle, mensuelle et saisonnière.

### I. Analyse des données

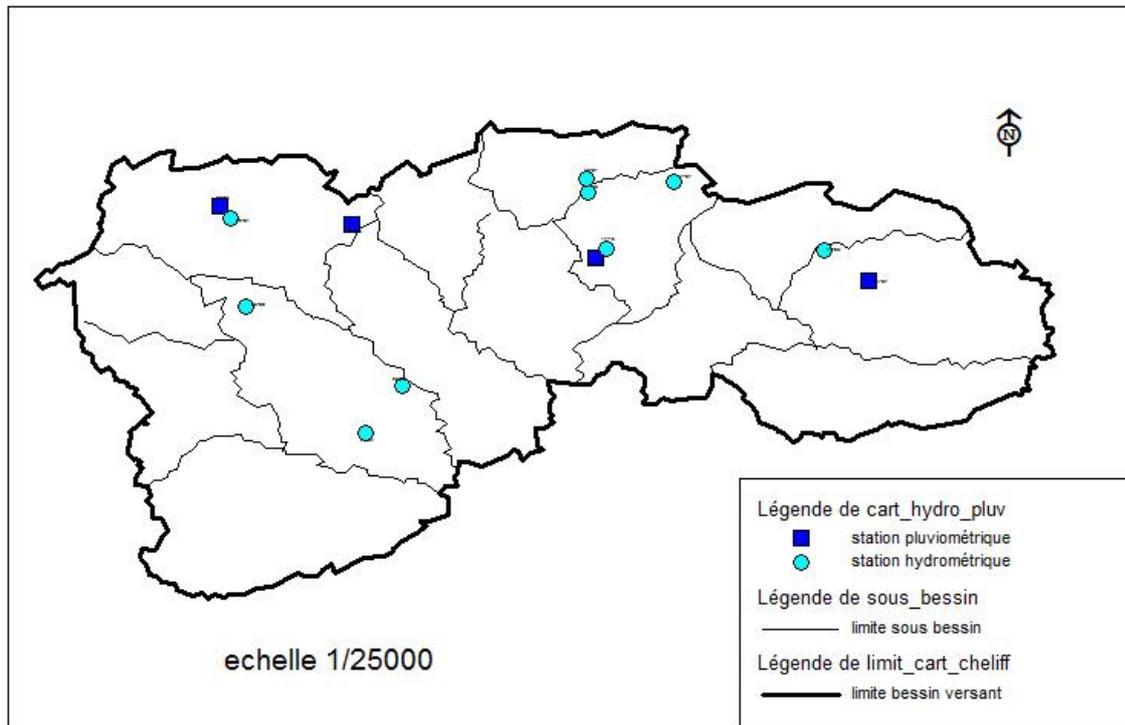
Pour effectuer notre étude selon la problématique proposée nous avons collecté une base des données hydro-pluviométrique émanant de 9 stations (tableau 1) et 3 stations hydrométriques (tableau 2) relatives à la zone d'étude (haut et moyen Chélif) (figure III.1) qui ont été fournies par ANRH de Blida et Alger.

**Tableau III.1.** Identification des stations pluviométriques

Nom de station	Ghrib bge	Larbat ouled fares	Ouled ben AEK	EL Abbabsa	Souk El Had	Arib Cheliff	Oued Abda	Oued Sly	Miliana
Code station	011405	012201	012308	011715	012304	011702	011801	012309	011707

**Tableau III.2.** Identification des stations hydrométriques

Nom de station	El Abbabsa	Ouled fares	Ghrib bge	Ponteba defluent
Code station	011715	012201	011405	012203



**Figure II.1.**localisation des stations hydro-pluviométriques.

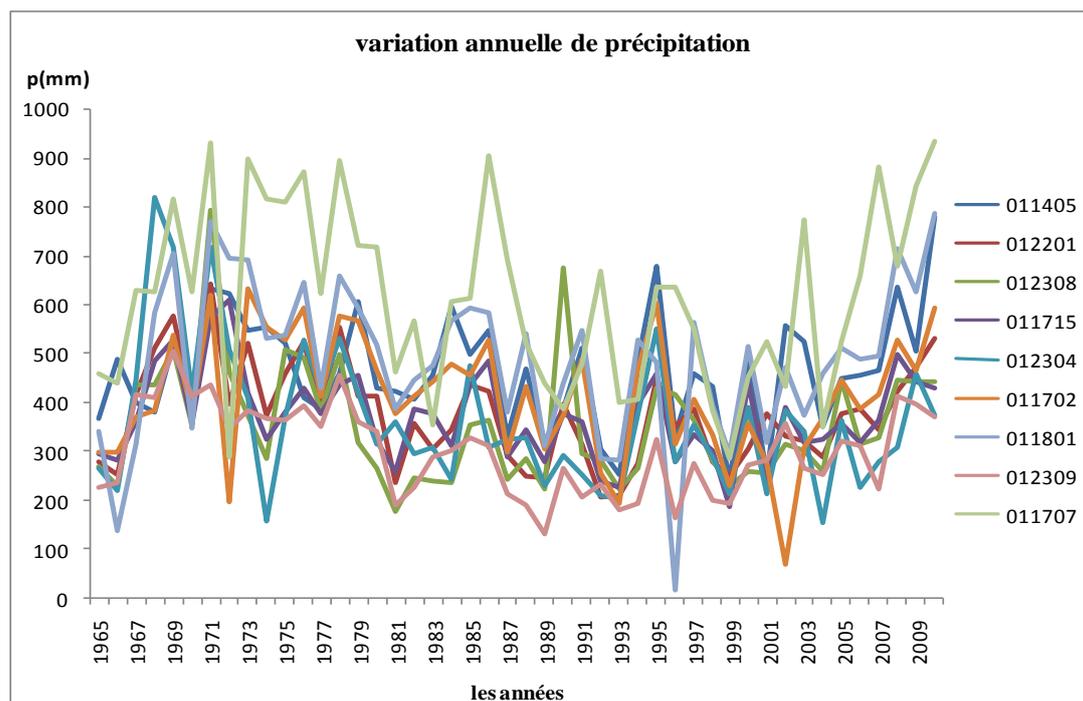
## II. Etude de précipitation

Les données utilisées pour l'étude des précipitations (pluies, neige, grêle, gèle) sont collectés par les membres des ANRH aux niveaux des stations pluviométriques qui se trouve dans notre zone d'étude (haut et moyen Cheliff).

### II.1. Variation des précipitations annuelles (1965-2010)

D'après la figure III.2 on remarque que l'ensemble des graphes représente le même sens de disposition mais à des différentes amplitudes. Les années les plus pluvieuses (excédentaires) sont les années 1971 et 2010 à des précipitations dépassent 900 mm au niveau de la station de Miliana (011707) et 770 mm au niveau de la station de Ghib bge (011405).

Par contre, les années sèches (moins pluvieuses) sont les années 1981 et 2004 successivement à des précipitations ne dépassent que 170 mm au niveau de la station de Ouled Ben Aek (012308) et 150 mm de précipitation au niveau de la station (012304).



**Figure III.2.** Variation des précipitations annuelles. (1965-2010)

## II.2. Variation des précipitations mensuelles.

Selon la figure III.3 on remarque qu'il y a des périodes humides et des périodes sèches, la période humide est enregistrée de mois d'octobre jusqu'à mois de mai où les précipitations les plus fortes enregistrées dans les mois décembre, janvier et février (la saison hivernale). par contre, la période sèches est prolongés de juin à septembre avec des précipitations nul ou quasiment nul au mois de juillet.

La précipitation la plus élevée est enregistrée au niveau de la station de Miliana (011707) au mois décembre à des précipitations dépassent 90 mm, par contre, la station de Oued Sly (012309) indique les précipitations les plus faibles dont leur précipitation maximale a été au mois décembre égale à 45 mm.

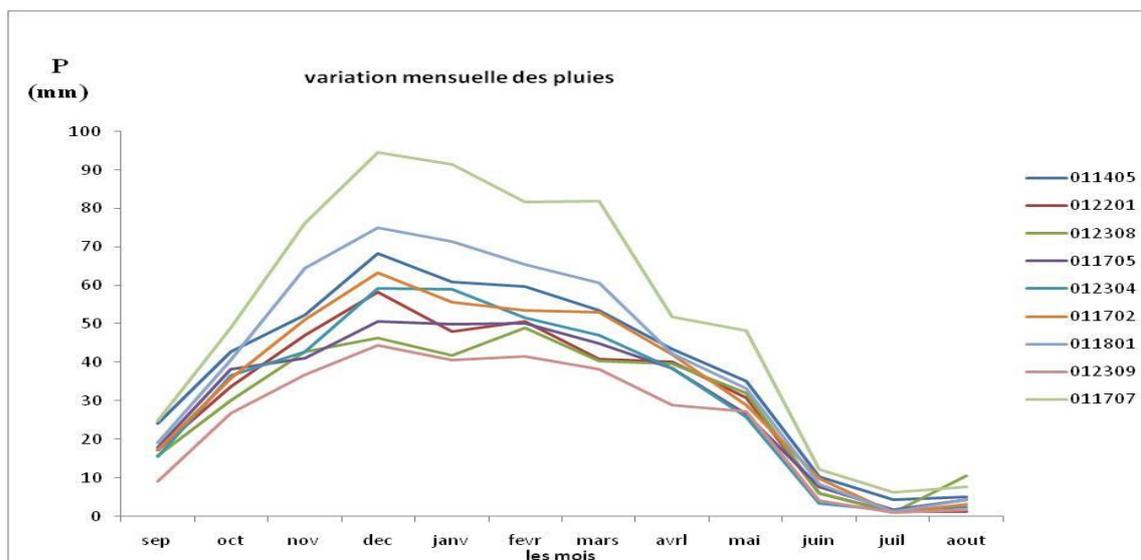


Figure III.3. Variation des précipitations mensuelles.

### II.3. Variation des précipitations saisonnières.

D’après la figure III.4 on remarque que l’hiver représente les plus grandes valeurs pour toutes les stations avec un maximum égal à 89 mm à la station de Miliana (011707), suivi le printemps, l’automne et à la fin l’été par des valeurs presque nulles (3 mm dans la station Larbat Ouled Fares 012201).

La figure III.4 est une représentation de variation des précipitations à l’échelle saisonnière

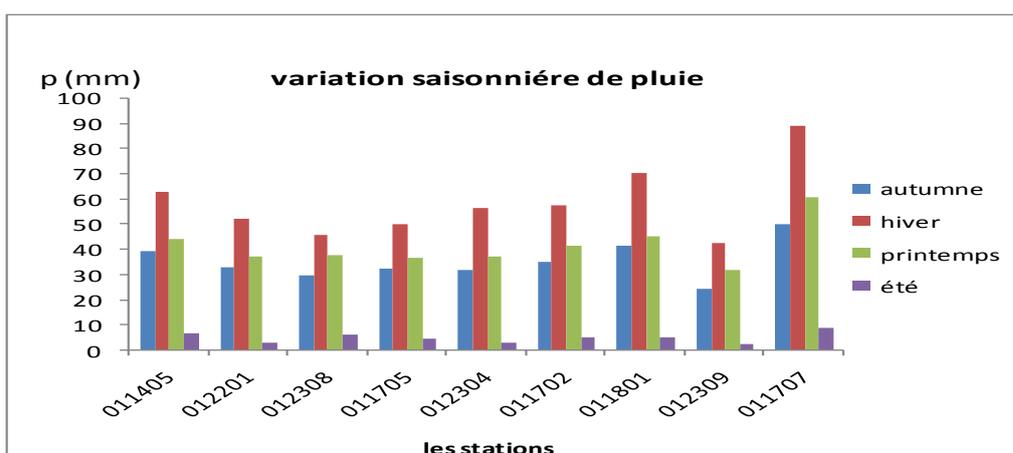


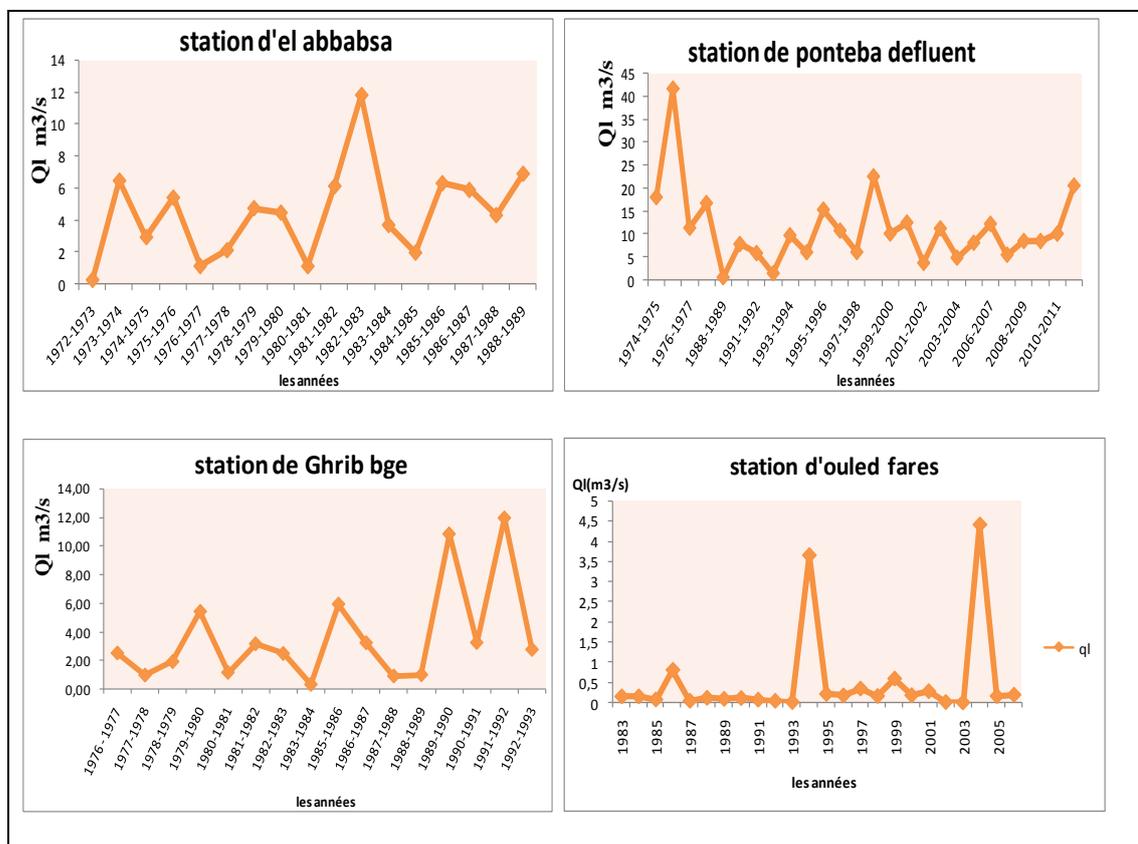
Figure III.4. Variation des précipitations saisonnières

**III. Etude des débits liquide**

Pour étudier le débit liquide on a choisi 4 stations hydrométriques comme une source des données pour établir les courbes sur la période qui s'étale entre 1971 jusqu'à 2011, notant que les données sont insuffisantes pour représenter toutes les années de la période cité.

**III.1.Variation annuelle des débits liquides**

Pour exprimer les variations annuelles de débits liquides, nous avons établis les histogrammes représentés dans la figure III.5 qui montre l'évolution de débit liquide dans les (04 ) stations hydrométriques.



**Figure III.5.** Variation annuelle de débit liquide.

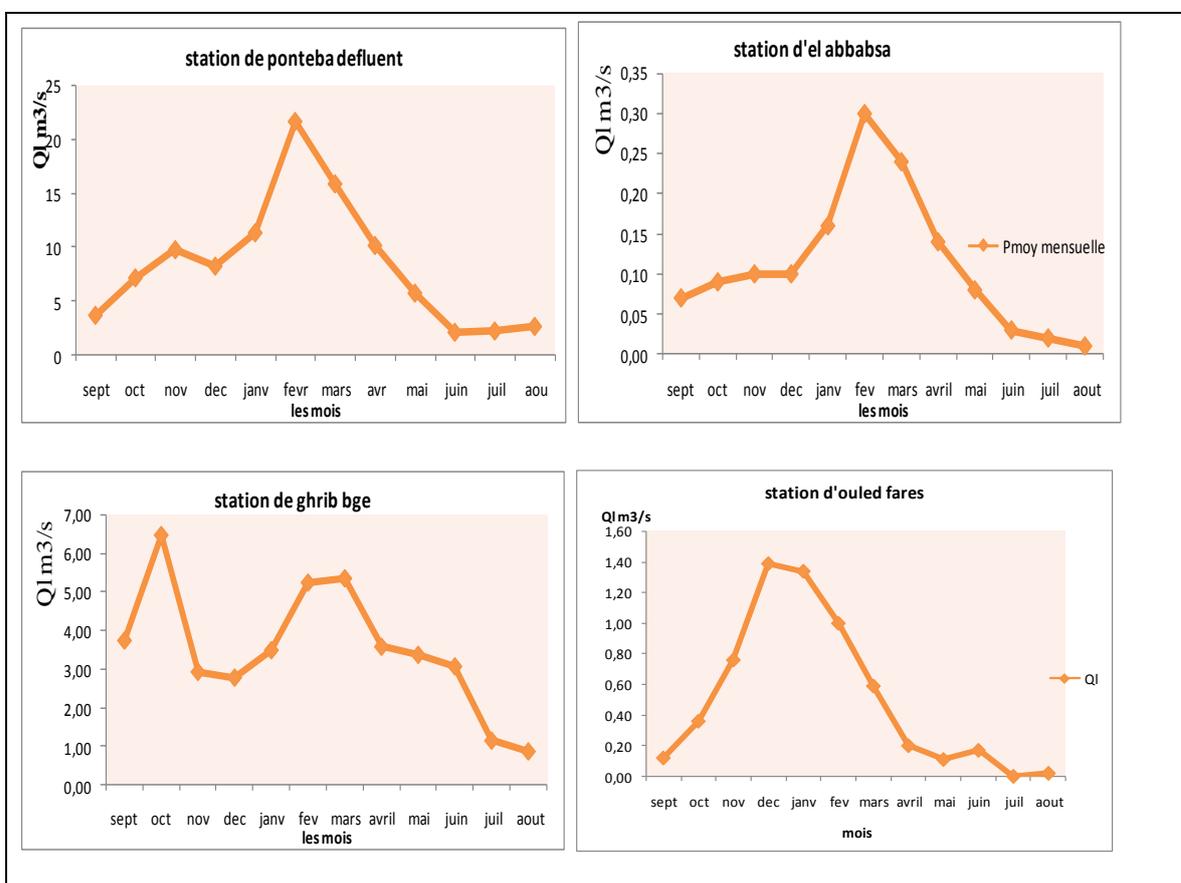
D'après la figure III.5 nous constatons que le débit liquide annuel présente une variabilité interannuelle important, et que les années les plus excédentaire correspond **1983** et **1992** successivement concernant la station d'**EL ABBABSA** et la station de **Ghib Bge** avec  $Q_l = 12 \text{ m}^3/\text{s}$ , par contre, les années les plus faibles valeurs sont les années **1993** concernant la

station **LARBAT OULED FARES** avec un débit liquide égale à **0.01m<sup>3</sup>/s** et en **1984** on a enregistré un faible débit égal à **0.34 m<sup>3</sup>/s** dans la station de **GHRIB BGE**.

### III.2. Variation des débits liquides mensuels

D'après la figure **III.6** on constate que le débit le plus important est dans les stations de Ghrif bge et de Ponteba défluent respectivement où le débit dépasse **20m<sup>3</sup>/s** durant les mois de février .

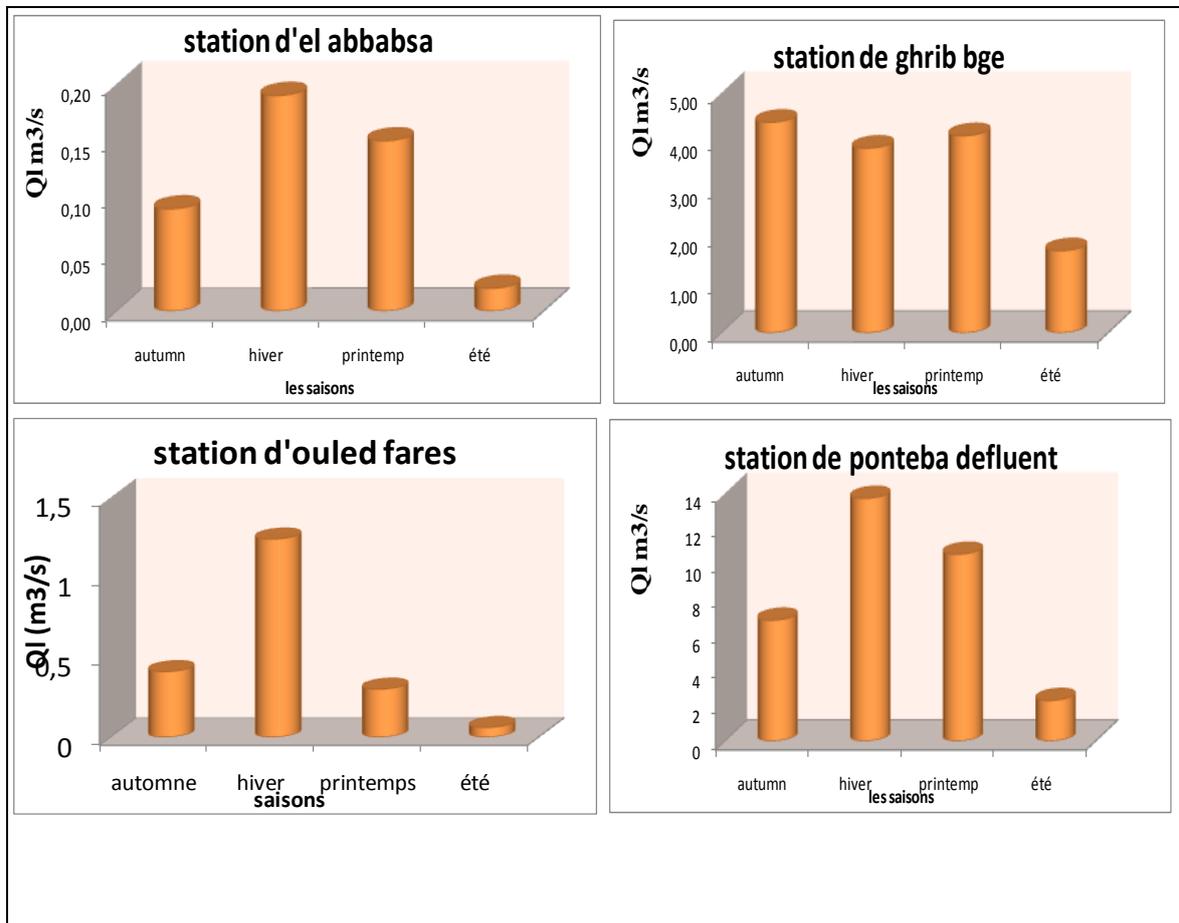
Par contre, le débit liquide le plus faible a été enregistré durant les mois estival (juin, juillet et aout) ce qui est concerné les stations d'El Abbabsa et Ponteba défluent où  $Q_1$  ne dépasse pas **0.05 m<sup>3</sup>/s** au niveau de station d'El Abbabsa avec moins de 0.025m<sup>3</sup>/s



**Figure III.6.**variation mensuelle de débit liquide.

### III.3. Variation des débits liquides saisonniers

La figure III.7 représente les valeurs de débit liquide à l'échelle saisonnière.



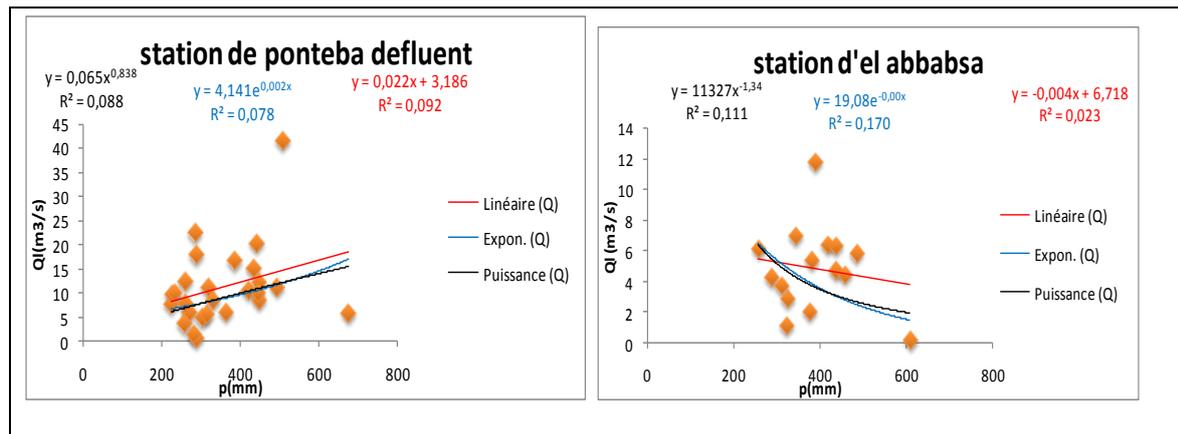
**Figure III.7.** Variation saisonnière de débit liquide.

La figure III.7 représente la variation saisonnière des débits liquides où les résultats sont complètement différents pour les quatre stations. Les stations d'El Abbabsa et Ponteba defluent sont montrées que la période de haute eau est l'hiver et le printemps caractérisés par un débit enregistré respectivement  $0.19 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $13.72 \text{ m}^3/\text{s}$  en hiver et  $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $10.56 \text{ m}^3/\text{s}$  en printemps. Par contre, concernant la station de Ghib bge la période de haute eau est localisée d'automne et le printemps avec un débit enregistré successivement  $Q_L=4.39 \text{ m}^3/\text{s}$  et  $Q_L=4.11 \text{ m}^3/\text{s}$ . Concernant la station d'Ouled fares, on a enregistré un débit plus important durant la saison d'hiver égale à  $1.4 \text{ m}^2/\text{s}$ .

### III.4. Relation pluie – débit liquide.

Pour comprendre la relation entre la précipitation et la réponse hydrologique (le débit), on a réalisé les corrélations entre les précipitations et les débits liquides à l'échelle annuelle et mensuelle concernant les stations d'EL ABBABSA et PONTEBA DEFLUENTE

#### ❖ Relation pluie-débit liquide à l'échelle annuelle.



**Figure.III.8.**Relation pluie-débit liquide à l'échelle annuelle

D'après la figure III.8 nous observons que la meilleure valeur de le déterminant  $R^2$  enregistrés a été marquée à la station d'ABBABSA où  $R^2$  égale (0.23à 0.29) pour les trois modèles (linéaire, exponentielle et puissance), après la comparaison entre les deux stations on trouve que la régression puissance c'est le meilleur résultat trouvé pour expliquer la relation entre le débit solide et la précipitation.

❖ Relation pluie-débit liquide à l'échelle mensuelle.

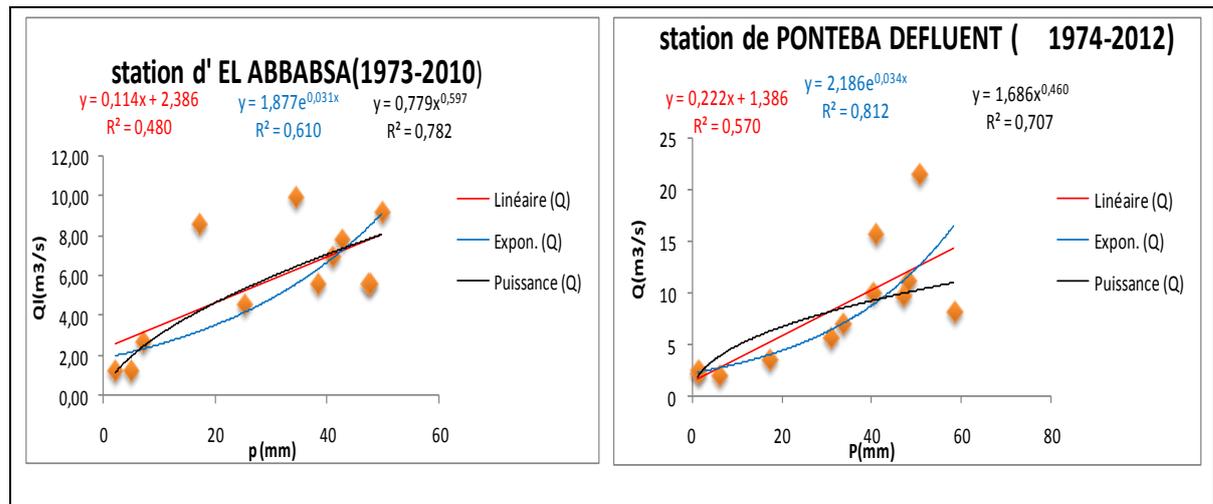


Figure III.9.Relation pluie- débit liquide à l'échelle mensuelle.

La corrélation débit liquide –précipitation à l'échelle mensuelle est donne une amélioration du coefficient de déterminant  $R^2$  dont la loi de régression puissance a présente des coefficients de corrélation les plus élevés atteints 0.78 pour la station d'EL ABBABSA et concernant la station de PONTEBA DEFLUENTE la régression exponentielle est la meilleure par rapport aux autres régressions où  $R^2$  égale 0.81

❖ relation débit liquide-PJ max à l'échelle annuelle.

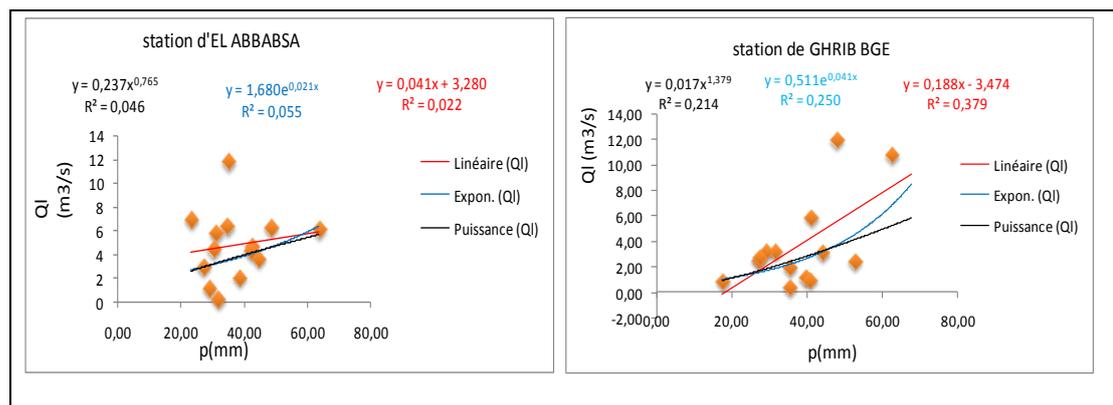
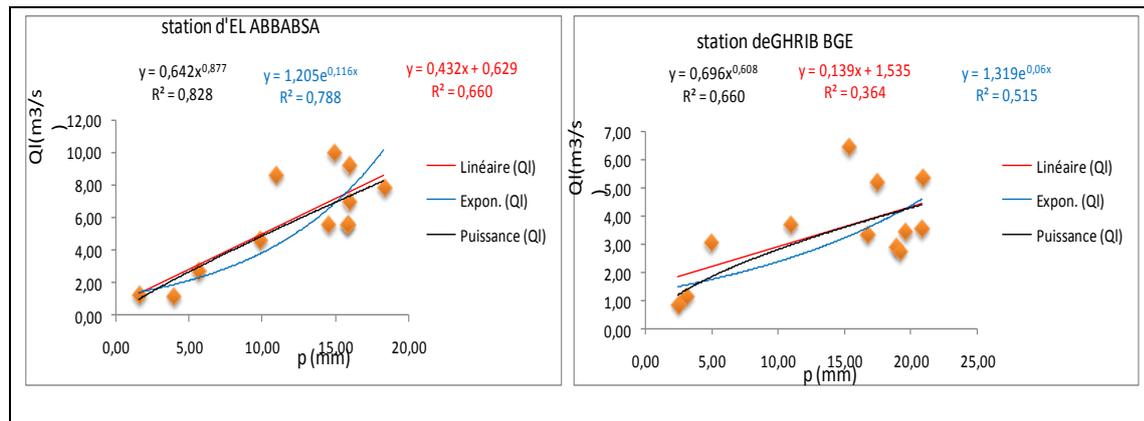


Figure III.10.Relation Ql-PJ max à l'échelle annuelle.

D'après cette figure III.10 on remarque qu'il y a une mauvaise relation traduit par les faibles valeurs du  $R^2$  à la station d'EL ABBABSA notant que la régression linéaire dans la station de GHRIB BGE donne  $R^2=0.37$ .

❖ **Relation débit liquide-PJ max à l'échelle mensuelle.**

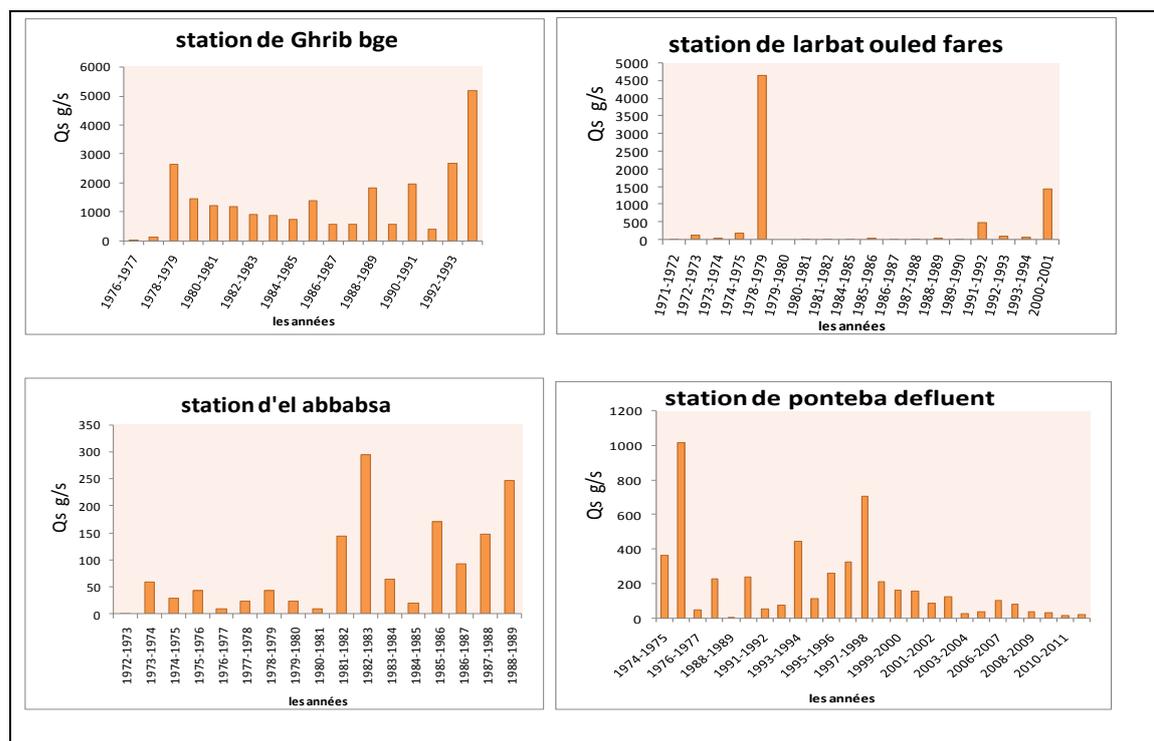
**Figure III.11.** corrélation  $Q_1$ -PJ max à l'échelle mensuelle.

Après l'analyse de la figure III.11, on constate que la meilleure valeur de  $R^2$  a été marquée à la station d'EL ABBABSA où  $R^2$  égale à (0.66, 0.78 et 0.82) pour les trois modèles linéaire, exponentielle et puissance. Après la comparaison les deux stations on trouve que la régression puissance c'est la meilleure donc on peut dire qu'il y a une forte relation entre  $Q_1$  et PJ max à l'échelle mensuelle que annuelle.

#### IV. Etude de débit solide

Pour étudier le débit solide on a choisi 4 stations hydrométriques et nous avons établi les histogrammes sur la période s'étale de 1971 jusqu'à 2011, notant que la période ne couvre pas toutes les stations selon la disponibilité des données.

### IV.1. Etude de variation de débit solide à l'échelle annuelle.



**Figure .III.10.** Variation de débit solide à l'échelle annuelle.

D'après la figure III.10 on a observé que le transport solide montre une variation interannuelle où nous avons remarqué une augmentation au début des années 80 jusqu'à les débuts des années 2000, avec des valeurs maximales enregistrées dans les stations (012201 et 011407) avec un  $Q_s$  dépassant 4000 g/s.

### IV.2. variation de débit solide à l'échelle mensuelle et saisonnière.

D'après les analyses des résultats de la variation mensuelle et saisonnière de transport solide, on remarque que le débit solide le plus élevé est enregistré au cours de la période automnale concernant les stations (011407 et 011715). Par contre, le débit solide  $Q_s$  max pour les deux stations de Ouled fares et Ponteba defluent le débit le plus élevé enregistré au printemps (Mars et Avril).

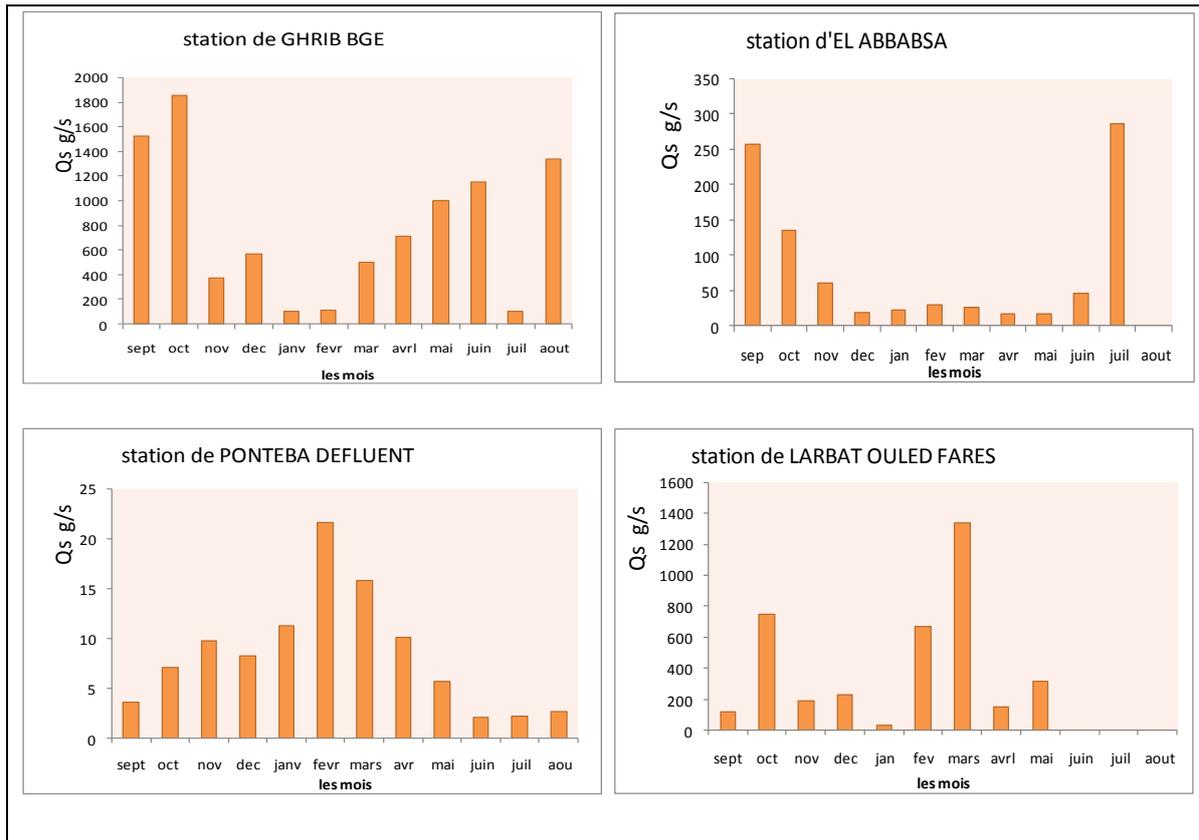


Figure.III.11. Variation mensuelle de débit solide

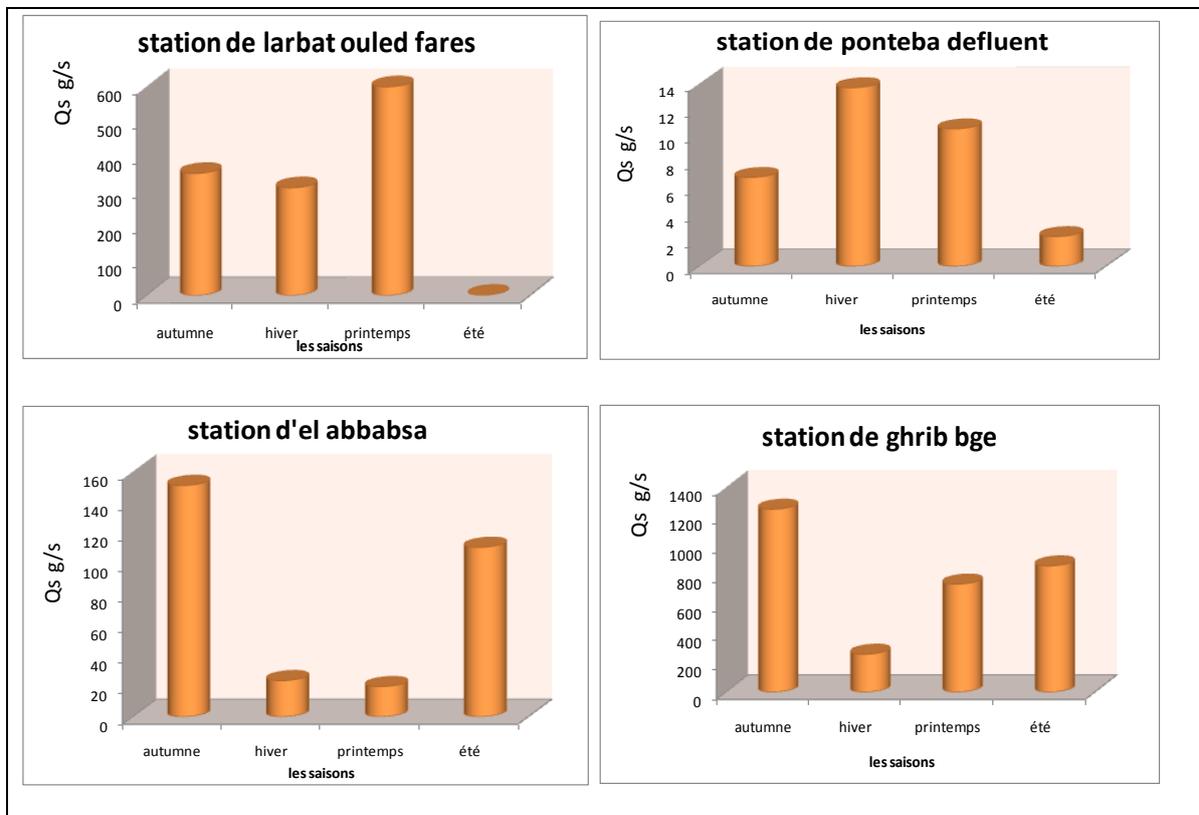


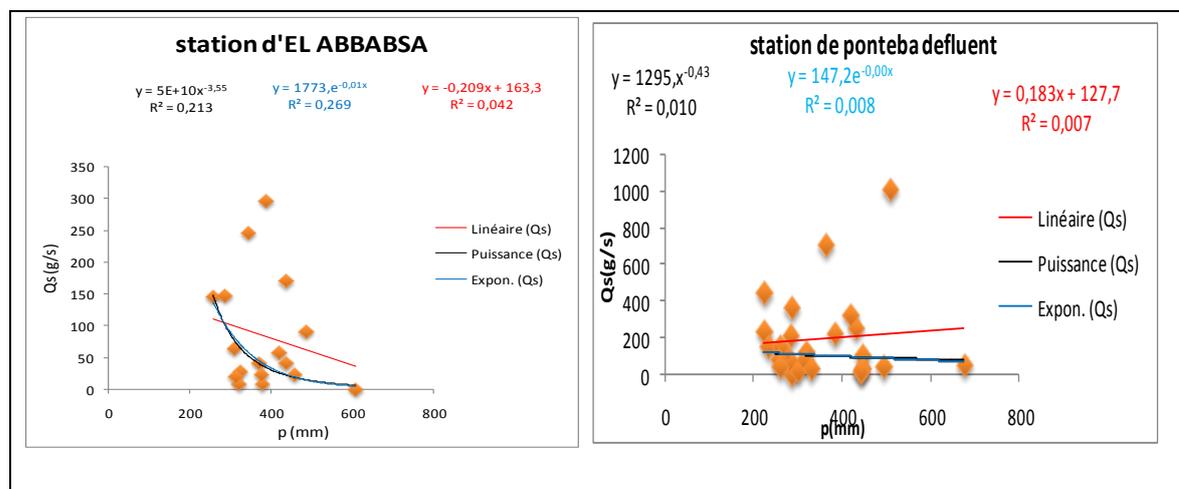
Figure.III.12. Variation saisonnière de débit solide

### IV.3.Relation pluie-débit solide

Pour constater la relation qu'il existe entre la pluie et le débit solide, on a réalisé des graphes à partir des régressions linéaire, exponentiel et puissance.

#### ➤ Relation pluie-débit solide à l'échelle annuelle.

Pour estimer le type de corrélation existé entre le débit solide (g/l) et la quantité des précipitations on a effectué les nuages des points ci-dessous dans la station d'el Abbabsa et Ponteba défluant.



**Figure III.13.**Relation pluie-débit solide à l'échelle annuelle.

D'après la figure III.13 nous observons que la meilleure valeur de le déterminant  $R^2$  enregistrés dans la station d'ABBABSA où  $R^2$  égale (0.21à 0.26) pour les régressions (exponentielle et puissance), et la comparaison entre les deux stations on trouve que la régression puissance c'est la meilleure régression pour exprimer la relation entre le débit liquide et la précipitation (totaux).

➤ Relation pluie-débit solide à l'échelle mensuelle.

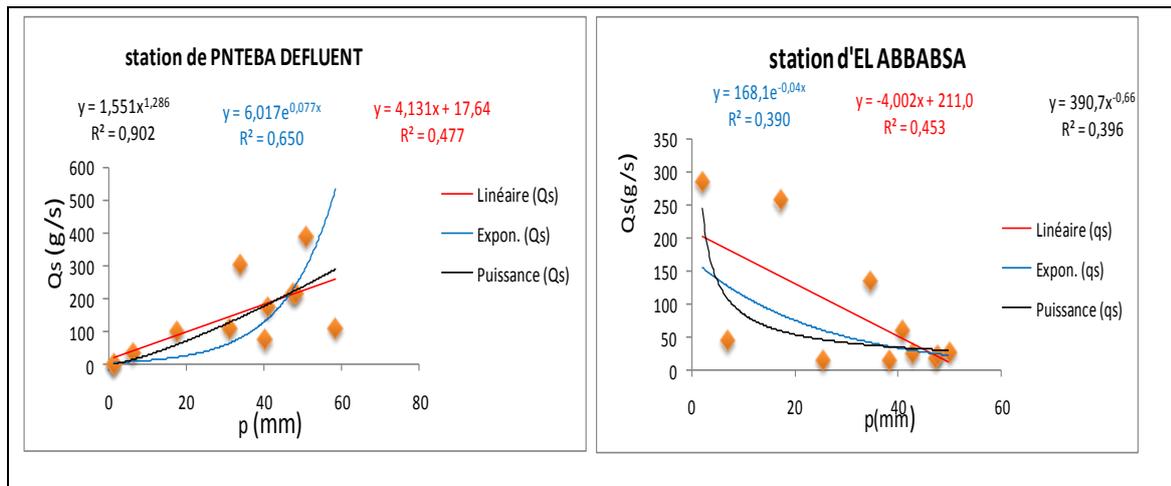


Figure III.14. relation débit solide-précipitation à l'échelle mensuelle.

La corrélation débit solide –précipitation à l'échelle mensuelle indique un très faible coefficient de détermination  $R^2$  égale 0,390 pour la régression exponentiel, 0,453 pour la régression linéaire et 0,39 pour la régression puissance concernant la station d'el Abbabsa.

Si en revient à la station de Ponteba défluant, on remarque des augmentations dans les corrélations par rapport de la première station.

➤ Relation débit solide- PJ max à l'échelle annuelle.

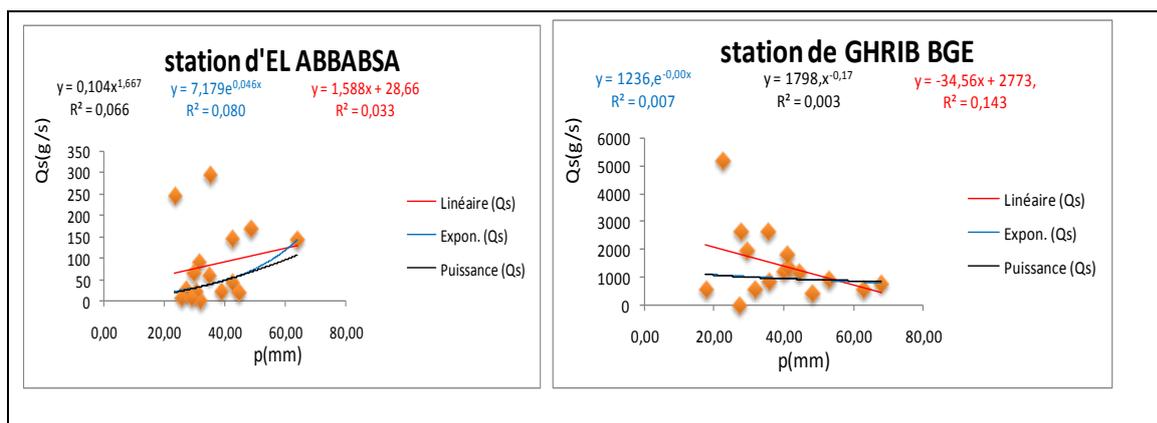
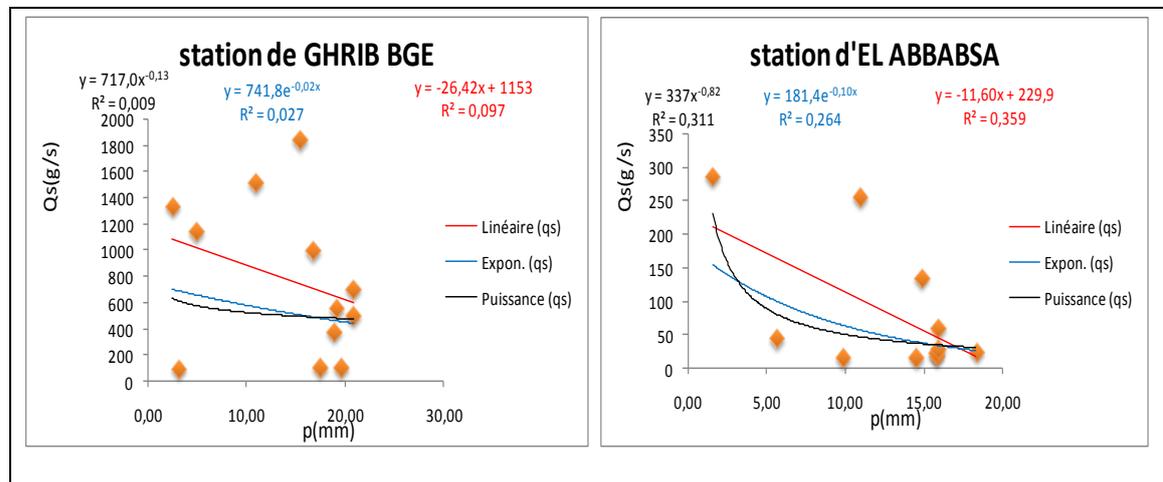


Figure III.17 .relation Qs-PJ max à l'échelle annuelle.

D'après la figure III.17 on remarque qu'il y a une mauvaise relation entre le débit solide et les précipitations lisant par les faibles valeurs du  $R^2$  à la station d'EL ABBABSA,

notant que la régression linéaire dans la station de GHRIB BGE montre un  $R^2$  égale à 0.37.

➤ **Relation débit solide- PJ max à l'échelle mensuelle.**



**Figure III.18.** relation Qs-PJ max à l'échelle mensuelle.

D'après la figure III.18, on remarque une très faible corrélation entre le débit solide et les précipitations au niveau des deux stations où le  $R^2$  ne dépasse pas 0.35.

**IV.4.Relation débit liquide-débit solide.**

Dans cette partie on veut déterminer la corrélation entre le débit liquide et le débit solide pour faire ressortir la nature de la relation entre ces deux variables.

➤ **IV.4.1.Relation débit liquide-débit solide à l'échelle annuelle.**

Pour identifier la relation entre le débit solide et le débit liquide nous avons réalisés la figure III.15 qui représente la corrélation entre  $Q_S$  et  $Q_L$  selon les régressions linéaire, exponentielle et puissance. D'après cette figure on remarque qu'il y a une faible relation exprimé par les faibles valeurs du coefficient de déterminant  $R^2$  concernant les stations de LARBAT OULED FARES et la station de GHRIB BGE, notant que la régression linéaire dans la station de PONTEBA DEFLUENTE montre un  $R^2$  égale 0.39, tandis la station d'EL ABBABSA indique une forte relation par le modèle puissance où le coefficient de déterminant égale à 0.89.

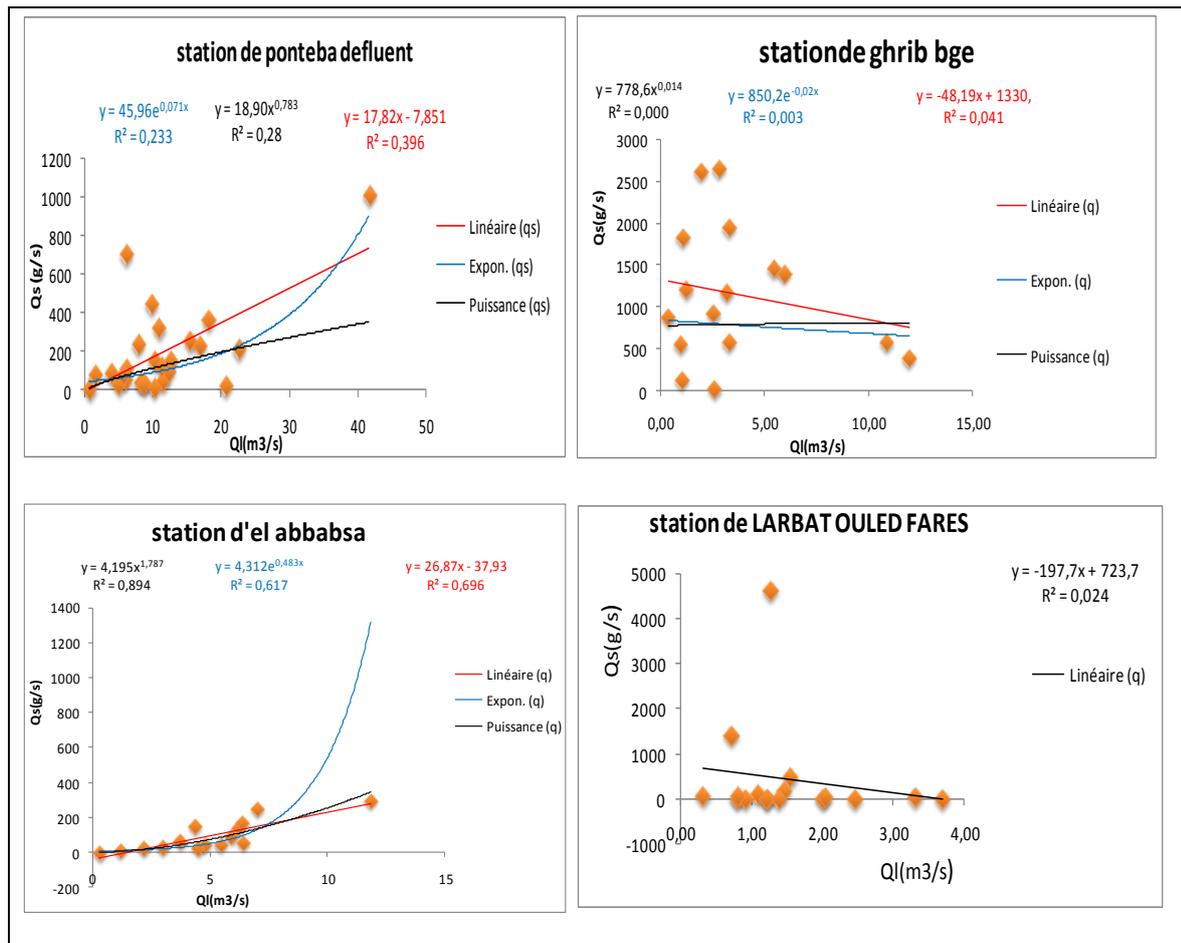


Figure III.15. Corrélation débit liquide-débit solide à l'échelle annuelle.

#### IV.4.2. Corrélation débit liquide-débit solide à l'échelle mensuelle.

D'après la figure III.16 qu'il représente la corrélation débit liquide –débit solide à l'échelle mensuelle nous constatons que la corrélation linéaire indique la plus forte valeur de  $R^2$  qu'il explique la relation entre le débit liquide et le débit solide où la valeur de  $R^2$  dans la station de PONTEBA DEFLUENT égale à 0.62.

La comparaison entre le résultat de la corrélation à l'échelle mensuelle et celle annuelle, on observe qu'il y a une diminution de  $R^2$  pour la corrélation linéaire.

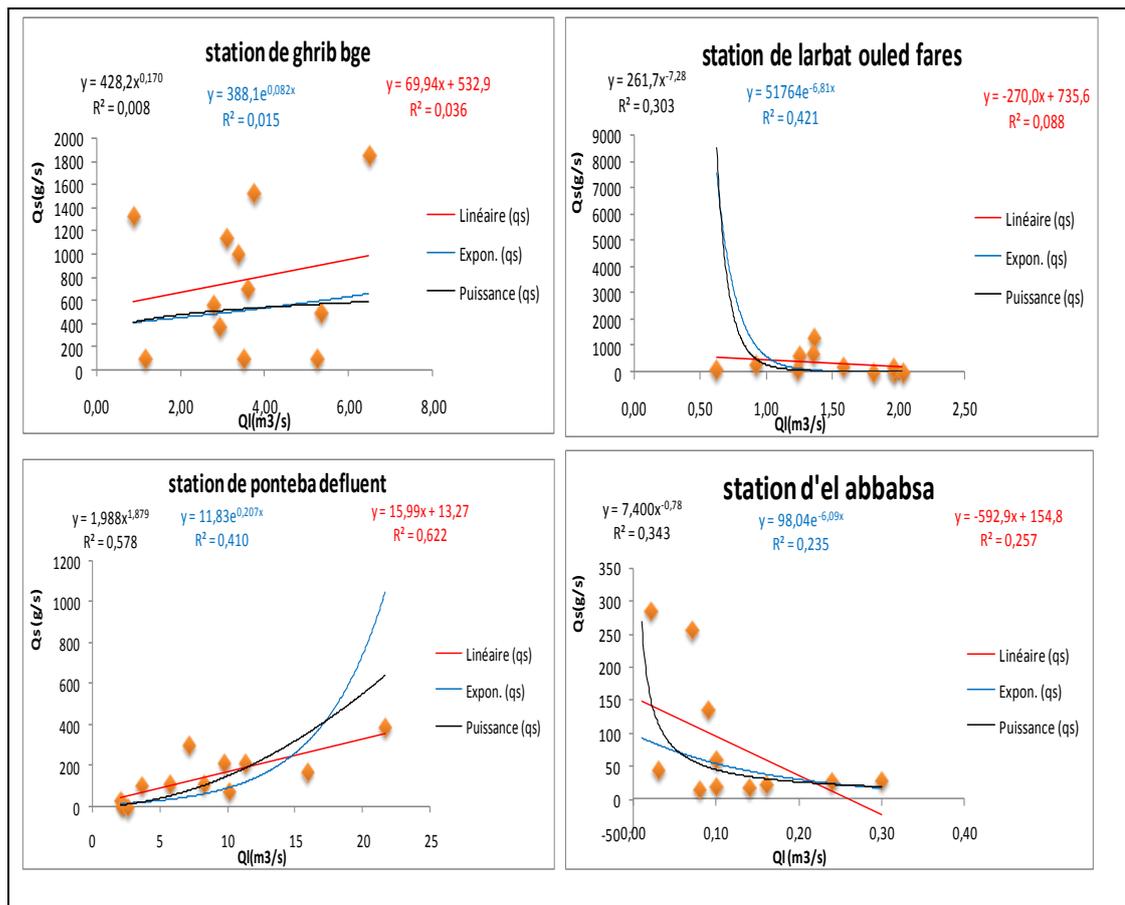


Figure III.16. Relation débit liquide –débit solide à l’échelle mensuelle.

### Conclusion

D’après les analyses statistiques des données hydro-pluviométriques à l’échelle mensuelle, annuelle et saisonnière, on conclure que notre zone d’étude (haut et moyen Cheliff) est caractérisé par une irrégularité spatio-temporelle des précipitations avec une variation de débit liquide et débit solide où le débit solide est plus important de l’Automne que les autre saisons.

A partir de la corrélation on trouve une bonne corrélation entre débit liquide-précipitations pour les échelles mensuelle et annuelle concernant la régression puissance où le coefficient de détermination  $R^2$  est dépasse 0.78. Tandis cette relation a été identique pour la corrélation Ql-Qs.

La corrélation Qs-PJ max indique une bonne corrélation ce qui donne une idée sur l’influence de la précipitation journalière maximale sur le transport solide

## Introduction

Le changement climatique est un phénomène très complexe qui modifie les paramètres statistiques du climat. Ce changement peut être dû à des processus intrinsèque à la nature et aux activités humaines.

En Algérie, il y a plusieurs points ont été touchés par les inondations(les crues qui favorise le phénomène de transport solide) tandis qu'un autre subit de terribles sécheresses.

Dans ce contexte nous avons fait ce chapitre pour détecter est ce que les séries hydro-pluviométriques ainsi que les séries du débit solide sont influes par le changement climatique ou non, à partir de l'utilisation des tests statistiques pour déterminer la tendance de cette variabilité par le test de Mann-Kendall Pettit et la méthode double cumulée dans la région d'étude de haut et moyen Cheliff).

### I. Méthodes et matériels

Pour pouvoir effectuer cette étude de manière fiable, il était cependant nécessaire de disposer de suffisamment de données hydro-climatiques (P, Ql, Qs) qui ont été bien montrées dans le chapitre précédent. Étude des variations chronologiques de ces derniers ont été fait par le logiciel xlstat (version d'essai 2014)

**XLSTAT** est un logiciel de statistiques et d'analyse de données développé depuis 1993 qui vient renforcer les capacités analytiques de Microsoft Excel.

Ce logiciel a été utile dans la mise en œuvre des procédures statistiques mentionnées ci-dessous. Il permet notamment de visualiser et de stocker les résultats sous format numérique mais aussi graphique.

#### I.1. méthode de détection de rupture dans la série chronologique

Selon **H.LUBES(1994)**, une "rupture" peut être définie de façon générale par un changement dans la loi de probabilité d'une série chronologique à un moment donné le plus souvent inconnu. Une telle rupture marque une modification du régime pluviométrique ou hydrologique.de la stationnarité des séries pluviométriques annuelles, appliquée à chaque série chronologique de chaque sous bassin, est un outil d'identification du régime hydrométrique incidenté dans le bassin du haut et moyen Chélif.

➤ Le test de Pettit (1979) : l'hypothèse nulle est l'absence de rupture, pour un seuil de confiance de 95%, l'année de rupture est donnée par la probabilité de dépassement à une valeur critique du test. une étude statistique est définie à partir des deux sommes ainsi déterminées, et testé sous l'hypothèse nulle d'appartenance des deux sous échantillons à la même population.

La formulation de Mann-Whitney modifié par Pettit (Pettit, 1979) est la suivante :

L'hypothèse nulle de test est l'absence de rupture dans la série.

La mise en œuvre du test suppose que pour tout instant  $t$  variant de 1 à  $N$ , les séries  $(X_i)$ ,  $i=1, t$  et  $(X_i)$ ,  $i=t+1, N$  appartiennent à la même population.

Soit  $D_{ij} = \text{sgn}(X_i - X_j)$  avec  $\text{sgn}(X) = 1$  si  $X > 0$ ,  $0$  si  $X = 0$ ,  $-1$  si  $X < 0$ .

On considère la variable  $U_{t,N} = i - 1 - t \sum_{j=t+1}^N D_{ji}$

Soit  $K_N$  la variable définie par la maximum en valeur absolue de  $U_{t,N}$  pour  $t$  variant de 1 à  $N-1$ .

Si  $K$  désigne la valeur de  $K_N$  prise sur la série étudiée sous l'hypothèse nulle, la probabilité de dépassement de la valeur  $K$  est donnée approximativement par :

$\text{Prob}(K_N > K) \approx 2 \exp(-6 K^2 / (N^3 + N^2))$  pour un risque  $\alpha$  de première espèce donné. Si  $\text{Prob}(K_N > K)$  est inférieur à  $\alpha$ , l'hypothèse nulle est rejeté.

But de test de Pettit : il est déterminé la formation sur les dates de rupture avec un niveau de confiance qui traduit l'importance réelle ou non d'un changement de la moyenne de la série.

➤ La statistique de Buishand : l'hypothèse nulle est l'absence de rupture, pour un seuil de confiance donné de 95%. ce test fait référence au modèle simple qui suppose un changement de moyenne de la série.

## I.2.méthode de détection de tendance dans la série chronologique

Les tests de tendance sont des tests qui permettent de dégager ou d'estimer par le biais de certaines méthodes l'existence ou non d'une tendance dans série chronologique avec un niveau de signification donné.

Dans le but essentiel de savoir, objectivement s'il existe un changement systématique significatif dans la série pluviométrique à étudier nous avons choisi le test de Mann-Kendall.

➤ Test de Mann-Kendall : est un test statistique de tendance non paramétrique utilisé pour la détection de la présence de la tendance monotone croissante ou décroissante au sein de la

série pluviométrique par l'intermédiaire de nombre statistique de Kendall, s'intéresse à la distribution asymptotique du couple (pluviométrie, année). Le test non paramétrique de Mann-Kendall (Mann 1945, Kendall 1975) permet d'étudier la présence ou l'absence de tendance dans une série chronologique donnée. Soit la série  $X_t=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , cette méthode définit la normale standard multi variable UMK comme :  $UMK = s/\sqrt{\text{var}(s)^n}$ .

Où  $s$  désigne la relation entre le nombre de paires d'observation, et  $n$  est le nombre total d'échantillons. Une série temporelle a une tendance claire, définie au niveau définie au niveau de signification de 5%. Dans ce test l'hypothèse nulle  $H_0$  « absence de tendance » est accepté si la Pvalue est supérieur à 5 %. Dans ce cas la série chronologique étudiée ne présente pas de tendance. Si la Pvalue est inférieur à 5%, alors la variable étudiée présente une tendance. Le sens de la tendance est à la hausse, mais si  $U$  est négatif, alors la tendance est à la baisse. (Azzozi, A. Zaher B, Z ,2015).

## II. Résultats et discussions

### II.1. Etude de variabilité hydro pluviométrique

Pour évaluer le régime hydro-pluviométrique et sa variation spatio-temporelle on traite des données disponibles avec l'utilisation de test de Pettit de chaque année hydro-pluviométrique.

#### II.1.1. L'analyse de variabilité pluviométrique.

La variabilité pluviométrique est dépend au type de climat ou du microclimat dominée dans la zone d'étude et les stations pluviométrique.

##### II.1.1.1. La loi d'homogénéité et de tendance à l'échelle annuelle.

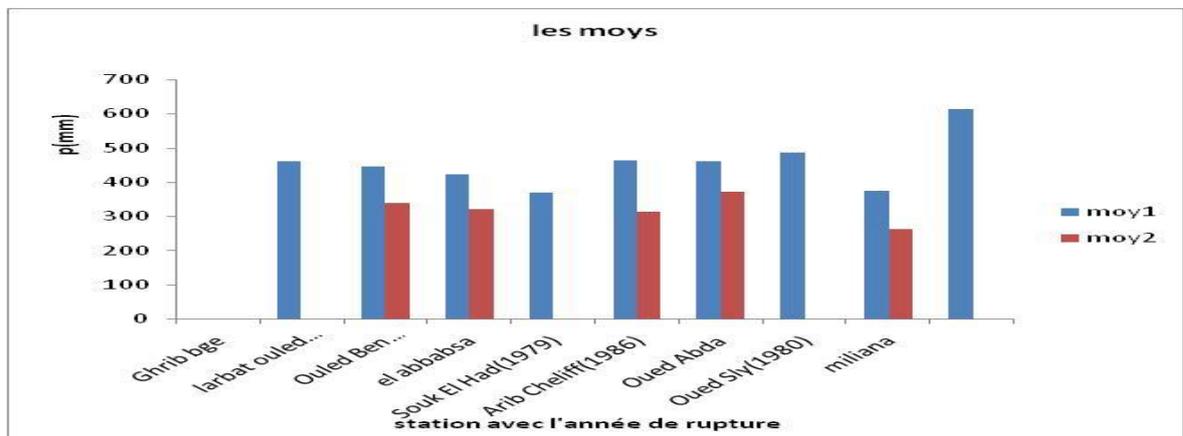
###### ❖ Test de Pettit.

**Tableau IV.1.** Résultat de test de Pettit de précipitation à l'échelle annuelle

station	année de rupture	Niveau de signification (%)	Taux
011407	/	/	/
012201	1980	1	-0,23
012308	1979	5	-0.24
011715	/	/	/
012304	1979	1	-.32

011702	1986	10	-0.19
011801	/	/	/
012309	1980	1	-0.30
011707	/	/	/

Les résultats de test de Pettit qui sont représentées dans le tableau IV.1 indiquent une grande variabilité des séries pluviométriques dont la plupart de rupture situent dans l'année 1979/1980 où le taux d'augmentation est inférieur à 1 donc on peut dire qu'il y a une diminution dans la quantité des précipitations à partir le début de l'année 80.



**Figure IV.1.** Variation des deux moyennes des séries pluviométriques à l'échelle annuelle par le test de Pettit.

❖ **Test de Mann-Kendall (tendance)**

station	011407	012201	012308	011715	012304	011702	011802	012309	011707
niveau de signification	/	/	/	/	1	/	/	1	/
taux de Kendall	0.1	-1.81	-0.75	-1.18	-3.82	-1.7	-1.37	-2.74	-1.85

**Tableau. IV.2.** Résultat de test de Mann-Kendall de précipitation à l'échelle annuelle.

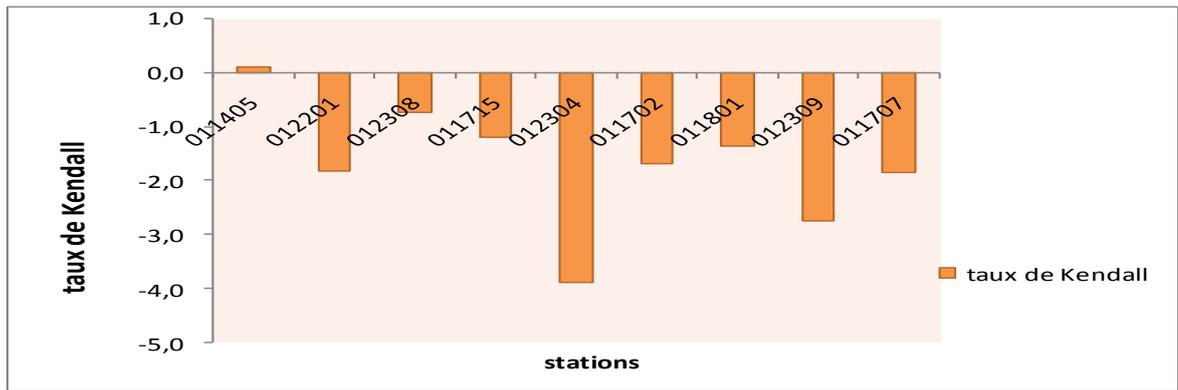


Figure IV.2. variation de taux de Mann-Kendall.

Le test de Mann-Kendall montre l'existence des tendances de baisse pour la majorité des séries pluviométrique annuelles selon les valeurs du taux de Kendall qui sont variés de 0,12 dans la station 011405 à une valeur extrême de -3.89 enregistré dans la station 012304, mais ce dernier tourne autour des valeurs rapprochées pour les autres stations.

### II.1.1.2. La loi d'homogénéité et de tendance à l'échelle mensuelle.

#### ❖ Test de Pettit

	Septembre			décembre			mars		
station	année	NS(%)	Taux	année	NS(%)	Taux	année	NS(%)	Taux
011405	1992	10	0.40	/	/	/	1995	5	-0.43
012201	/	/	/	1988	10	-0.37	1995	5	-0.41
012308	1992	5	1.52	/	/	/	/	/	/
011715	/	/	/	1982	/	/	1991	10	-0.38
012304	1991	1	1.19	1981	5	-0.58	1985	5	-0.49
011702	1993	10	1.12	/	/	/	1991	10	-0.41
011801	/	/	/	/	/	/	/	/	/
012309	/	/	/	/	/	/	/	/	/
011707	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	Avril			juin			juil		
station	année	NS(%)	Taux	année	NS(%)	Taux	année	NS(%)	Taux
011405	/	/	/	1991	5	-0.56	/	/	/
012201	/	/	/	1991	10	-0.72	/	/	/
012308	/	/	/	1976	5	-0.53	/	/	/
011715	/	/	/	1991	1	-0.60	1991	5	-0.99
012304	1981	5	-0.43	1998	/	/	/	/	/
011702	1980	10	-0.41	1995	5	-0.78	/	/	/
011801	/	/	/	1996	1	-0.79	/	/	/
012309	1980	10	-0.51	1995	/	/	/	/	/
011707	/	/	/	1997	5	-0.65	/	/	/
	Aout								
station	011405	012201	012308	011715	012304	011702	011801	012309	011707

<b>année</b>	/	1995	/	/	/	/	/	/	/
<b>Ns</b>	/	5	/	/	/	/	/	/	/
<b>Taux</b>	/	12.30	/	/	/	/	/	/	/

**Tableau IV.3.** résultat de test de Pettit de précipitation à l'échelle mensuelle.

D'après le test de petit, les précipitations **d'octobre, Novembre, Janvier, Février et Mai** sont stationnaires .les mois **septembre** et **aout** ont montrés des déficits très importants égale successivement 2.52 % et 13.30% dans les années 1992 et 1993 concernant les stations 012308 et 012201.

### ❖ Test de Mann-Kendall (tendance)

**Tableau IV.4.** Résultat de test de Mann-Kendall de précipitation à l'échelle mensuelle.

station	septembre		octobre		novembre		Décembre	
	NS(%)	Taux de Kendall	NS(%)	Taux de Kendall	NS(%)	Taux de Kendall	NS(%)	Taux de Kendall
011405	1	0.3	/	0.096	/	0.805	/	0.114
012201	/	0.132	/	-0.089	/	0.467	/	-0.52
012308	/	0.345	/	-0.181	/	0.363	/	-0.343
011715	/	0.175	/	-0.1	/	0.325	/	-0.374
012304	1	0.374	/	-1.32	/	0.267	/	-1.107
011702	5	0.185	/	0.093	/	0.578	/	-0.21
011801	/	0.15	/	0.185	/	0.547	/	-0.154
012309	/	0.068	/	0	/	0.21	/	-0.432
011707	/	0.065	/	0.015	/	0.673	/	0.239
station	janvier		février		mars		Avril	
	NS(%)	Taux de Kendall	NS(%)	Taux de Kendall	NS(%)	Taux de Kendall	NS(%)	Taux de Kendall
011405	/	0.516	/	0.042	/	-0.715	/	0.245
012201	/	-0.054	/	0.111	/	-0.478	/	-0.2
012308	/	0.065	/	-0.066	/	-0.379	/	-0.4
011715	/	0.094	/	0.11	/	-0.5	/	-0.268
012304	/	-0.424	/	-0.193	/	-0.669	/	-0.6
011702	/	0.048	/	0.167	/	-0.559	/	-0.29
011801	/	0.143	/	0.406	/	-0.291	/	0.248
012309	/	-0.039	/	0.094	/	-0.56	/	-0.3
011707	/	-0.279	/	-0.199	/	-0.747	/	-0.425

station	mai		juin		juil		Aout	
	NS(%)	Taux de Kendall						
011405	/	-0.05	/	-0.207	10%	0	/	0.024
012201	/	-0.293	/	-0.057	/	0	/	0
012308	/	-0.283	/	0	/	0	/	0
011715	/	0.557	/	-0.165	/	0	/	0
012304	/	-0.118	/	0	/	0	/	0
011702	/	-0.089	/	-0.186	/	0	/	0
011801	/	-0.378	/	-0.104	/	0	/	0
012309	/	-0.56	/	0	/	0	/	0
011707	/	-0.311	/	-0.133	/	-0.012	/	-0.007

Les analyses des résultats de test de Mann- Kendall indiquent que les taux de Kendall sont positifs en mois **septembre** et **novembre** (0.065-0.37) signifiant une augmentation de précipitation durant les deux mois. Tandis que les mois de **mars**, **mai** et **juin** ont montrés des tendances négatives indiquant une baisse dans les précipitations.

### II.1.1.3. La loi d'homogénéité et de tendance à l'échelle saisonnière.

#### ❖ Test de Pettit

Tableau IV.5.résultat de test de Pettit de précipitation à l'échelle saisonnière.

Saison	station	011407	012201	012308	011715	012304	011702	011801	012309	011707
Automne	année	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	NS(%)	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	Taux	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Hiver	année	/	1986	/	/	1981	/	/	/	/
	NS(%)	/	10	/	/	1	/	/	/	/
	Taux	/	-0.27	/	/	-0.42	/	/	/	/
printemps	année	1979	1977	1978	1979	1984	1980	1980	1979	1978
	NS(%)	5	5	1	10	1	1	5	1	5
	Taux	-0.28	-0.37	-0.40	-0.14	-0.37	-0.37	-0.30	-0.47	-0.29
Eté	année	/	/	/	1991	/	1996	/	/	/
	NS(%)	/	/	/	10	/	5	/	/	/
	Taux	/	/	/	-0.44	/	-0.70	/	/	/

D'après le tableau IV.5 qui représente les résultats de test de petit à l'échelle saisonnière, on remarque une absence totale des ruptures durant la saison d'**automne**. Avec une stationnarité concernant la saison hivernale et estivale pour la majorité des stations à l'exception les stations (012304 et 012201) qui enregistre une rupture durant les années 1981 et 1986 successivement avec une diminution de -0.42% et -0.27% représentant **l'hiver** tandis que les deux stations (011715, 011702) ont marqués une rupture en 1991, 1996 successivement avec diminution de -0.44% et -0.70% enregistrés en **été**. Par contre, on a trouvé selon la saison de **printemps** des ruptures de baisse situent dans les années 1977, 1978, 1979, 1980 et 1984 sont variés de -0.28% jusqu'à -0.47%.

### ❖ Test de Mann –Kendall

**Tableau IV.6.** résultat de Mann-Kendall de précipitation à l'échelle saisonnière.

Saison	station	011407	012201	012308	011715	012304	011702	011801	012309	011707
<b>automne</b>	NS(%)	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	Taux de Kendall	0.62	0.45	0.65	0.37	0.43	0.61	0.78	0.17	0.46
<b>Hiver</b>	NS(%)	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	Taux de Kendall	0.8	-0.85	-0.283	-0.17	-2.58	-0.39	0.16	-0.54	-0.42
<b>printemps</b>	NS(%)	10	5	5	5	1	1	/	1	5
	Taux de Kendall	-0.012	-1,31	-1,1	-1.04	-1,36	1,44	-1,44	-1,6	-1,74
<b>Eté</b>	NS(%)	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	Taux de Kendall	-0.088	0	0	-0.12	0	-0.17	-0.065	0	-0.028

D'après le tableau IV.6 on remarque que les séries sont stationnaires avec des tendances de diminution pour les quatre saisons et dans la plus part des stations.

### II.2.L'analyse de variabilité hydrométrique.

Pour mieux comprendre la relation entre les facteurs climatiques et leur apport dans l'évolution du transport solide, on est besoin d'appliquer les tests d'homogénéité et de tendance sur les séries chronologiques des apports solide et liquide.

**II.2.1.l'analyse d'apport liquide.**

L'évolution des apports liquides pour les différents pas du temps (annuel, mensuel, saisonnier) sont représentés dans les tableaux suivants :

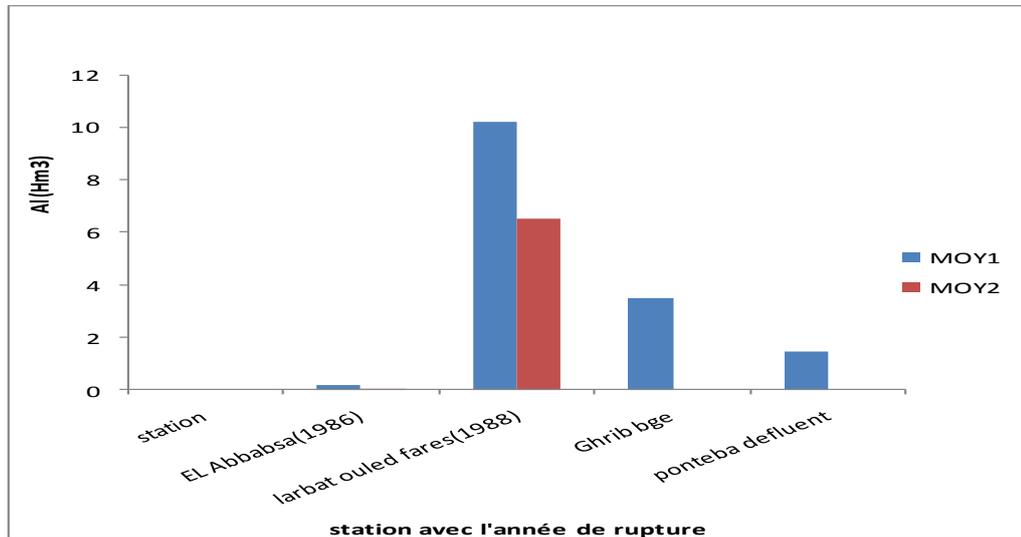
**II.2.1.1. l'analyse de l'apport liquide à l'échelle annuelle.**

➤ **Test de petit**

**Tableau IV.7.** résultat de test de petit d'apport liquide à l'échelle annuelle.

Station	011407	011715	012201	012203
Année	1988	1986	1998	1988
NS(%)	/	1	/	1
Taux	/	-0.68	/	-0.35

Le tableau IV.7 représente les résultats de test de petit appliqué sur les séries de l'apport liquide annuel, où nous avons illustré des ruptures de baisse à la fin des années 80 pour les stations d'el Abbabsa (011715) et ponteba defluent (012203), qui sont exprimé par le déficit de pluviométrie comme un changement naturel. Tandis les stations de Ghrib bge et larbat ouled fares sont stationnaires dans le temps.



**Figure IV.3.**représentation des moyennes de l'apport liquide.

➤ **Test de Mann-Kendall.**

**Tableau IV.8.** résultat de Mann-Kendall de l'apport liquide à l'échelle annuelle

Station	011407	011715	012201	012203

NS(%)	/	1	/	1
Taux de Kendall	0.095	-0.004	-0.009	-0.073

Le tableau IV.8 représente les résultats de test de Kendall, où nous avons remarqué l'existence des tendances très significative (1%) concernant les stations d'el Abbabsa et ponteba defluent, les stations de Ghrib bge et larbat ouled fares sont stationnaire avec des tendances de baisse.

### II.2.1.2. l'analyse de l'apport liquide à l'échelle mensuelle.

#### ➤ Test de Pettit.

A partir le tableau IV.9, les résultats de test de petit montre les tous mois indique une absence du rupture pour la station de **larbat ouled fares** sauf le moi d'aout où nous avons illustré une rupture en 2000 avec un seuil de signification de 5%, par contre la station de **Ghrib bge** on a trouvé une rupture significative (10%) détecter dans les mois (novembre 1984, février 1983, mai 1988 et juillet 1987)et au septembre avec un niveau de signification de 5%, dont le taux changement de débit est varie entre 1.67et 35.7%. Au niveau de la station d'**el Abbabsa** les ruptures sont très significatives aux mois de janvier, février, mars et avril où le niveau de signification est varie entre-0.63et -0.88% et pour les mois mai et juin le niveau de significative est 10 % à successivement (1985,1990) et on note qu'il y a aucune rupture pour les mois automnaux. Concernant la station **ponteba defluent**, on remarque une absence de rupture pour tous les mois à l'exception les mois décembre et mai où la rupture est très significative successivement sont 1 à 5 %.

**Tableau IV.9.**Résultat de test de petit d'apport liquide à l'échelle mensuelle.

Station	septembre			octobre			novembre			Décembre		
	année	NS(%)	Taux	année	NS(%)	Taux	année	NS(%)	Taux	année	NS(%)	Taux

011407	1985	5	1.67	/	/	/	1984	10	2.86	/	/	/
011715	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1986	5	-0.70
012201	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
012203	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1988	5	-0.53
	janvier			février			Mars			Avril		
Station	Année	NS(%)	Taux	année	NS(%)	Taux	année	NS(%)	Taux	année	NS(%)	Taux
011407	1988	/	/	1983	10	3.85	/	/	/	/	/	/
011715	1986	1	-0.63	1986	1	-0.80	1990	1	-0.71	1980	1	-0.88
012201	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
012203	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	mai			juin			Juillet			Aout		
Station	année	NS(%)	Taux	année	NS(%)	Taux	année	NS(%)	Taux	Année	NS(%)	Taux
011407	1988	10	5.33	7	/	/	1987	10	35.70	/	/	/
011715	1985	10	-0.73	1990	10	-0.70	1989	5	-0.82	/	/	/
012201	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2000	5	-0.59
012203	1991	1	-0.32	/	/	/	/	/	/	/	/	/

### ➤ Test de Mann-Kendall

A partir du tableau IV.10 on remarque la présence des tendances significative (5% ) concernant les stations de **Ghrib bge** au mois de septembre et la station d'**el Abbabsa** aux mois hivernaux (décembre, janvier et février), alors que les stations de **larbat ouled fares** et **ponteba defluent** aucune tendance significative n'a été enregistré pour à l'exception les 3 mois de novembre, décembre et janvier qui sont quasi- significative à un niveau de signification égale 10% concernant la station de ponteba defluent et ouled fares et on a enregistré une tendance très significative au niveau de la station d'**el Abbabsa** durant les mois mars, avril, juin et juillet avec un de seuil de 1% , et en outre station de ponteba defluent le mois de mai indique une non stationnarité est très significative égale 1%.

**Tableau IV.10.**Résultat de Mann-Kendall de l'apport liquide à l'échelle mensuelle.

	septembre		octobre		novembre		Décembre		janvier		Février	
Station	NS (%)	Taux de Kendall	NS (%)	Taux de Kendall	NS (%)	Taux de Kendall	NS (%)	Taux de Kendall	NS (%)	Taux de Kendall	NS (%)	Taux de Kendall
011407	5	0,158	/	0,153	/	0,159		0,074	/	0,04	/	0,184
011715	/	0	/	-1,165E-4	/	-6,182E-4	5	-0,002	5	-0,003	5	-0,005
012201	/	-0,009	/	0,001	/	0,019	/	-2,251E-4	/	-0,006	10	0,049
012203	/	0	/	0	/	/	/	/	/	/	/	/
	mars		avril		mai		Juin		juillet		Aout	
Station	NS (%)	Taux de Kendall	NS (%)	Taux de Kendall	NS (%)	Taux de Kendall	NS (%)	Taux de Kendall	NS (%)	Taux de Kendall	NS (%)	Taux de Kendall
011407	/	0,141	/	0,12	/	0,14	/	0,106	/	0,028	/	0,029
011715	1	-0,008	1	-0,004	10	-9,670E-4	1	-4,702E-4	1	-8,948E-5	/	0
012201	/	0,01	/	0,012	/	0,018	/	0,007	/	-0,038	10	-0,043
012203	/	0	/	0	1	-0,002	/	0	/	0	/	0

### II.2.1.3. l'analyse de l'apport liquide à l'échelle saisonnière.

#### ❖ Test de petit

**Tableau IV.11.**Résultat de test de petit de l'apport liquide à l'échelle saisonnière.

saison	station	011407	011715	012201	012203
automne	année	1988	1979	1993	1988
	NS(%)	/	/	/	10
	Taux	/	/	/	-0,41
Hiver	année	1984	1986	2007	1988
	NS(%)	/	1	/	1
	Taux	/	-0,74	/	-0,43
printemps	année	1988	1980	1993	1992
	NS(%)	/	1	/	5
	Taux	/	-0,79	/	-0,31
Eté	année	1988	1990	2001	1978
	NS(%)	/	/	/	/
	Taux	/	/	/	/

Les quatre stations indiquent des stationnarités pour les saisons d'été et d'automne sauf la station de ponteba defluent où nous avons remarqué une rupture en 1988 avec un niveau de signification de 10% à l'automne (tableau IV.11 montre). Concernant les saisons hivernale et printanière nous avons illustré un niveau très significatif égale 1 % pour les stations d'el Abbabsa et de ponteba defluent, alors que les autres stations sont stationnaires dans les deux saisons (hiver et printemps).

➤ **Test de Mann-Kendall**

**Tableau IV.12.** Résultat de Mann-Kendall de l'apport liquide à l'échelle saisonnière.

Saison	Station	011407	011715	012201	012203
Automne	NS(%)	5	/	/	10
	Taux de Kendall	0.218	-0,001	0.006	-0.004
Hiver	NS(%)	/	1	/	1
	Taux de Kendall	0.117	-0,006	0.004	-0,157
Printemps	NS(%)	/	1	/	5
	Taux de Kendall	0.092	-0,005	0.025	0
Eté	NS(%)	/	5	/	/
	Taux de Kendall	0.057	-2,794E-4	-0.041	0

Le résultat illustré dans le tableau IV.12 indique une tendance très significative au niveau de la station d'el Abbabsa pour les saisons d'hiver, printemps et été avec un niveau de significativité égale à 1%, cette significativité est variée entre 1% à 10% concernant la saison d'hiver, de printemps et d'automne relatif à la station de ponteba defluent. Tandis que, on remarque une stationnarité au niveau de les stations de **larbat ouled fares** et **Ghrib bge** pour les quatre saisons à l'exception la saison automnale pour la station de **Ghrib bge** où le niveau de signification égale à 5%.

### II.3.Méthode de double cumul de pluie-apport liquide.

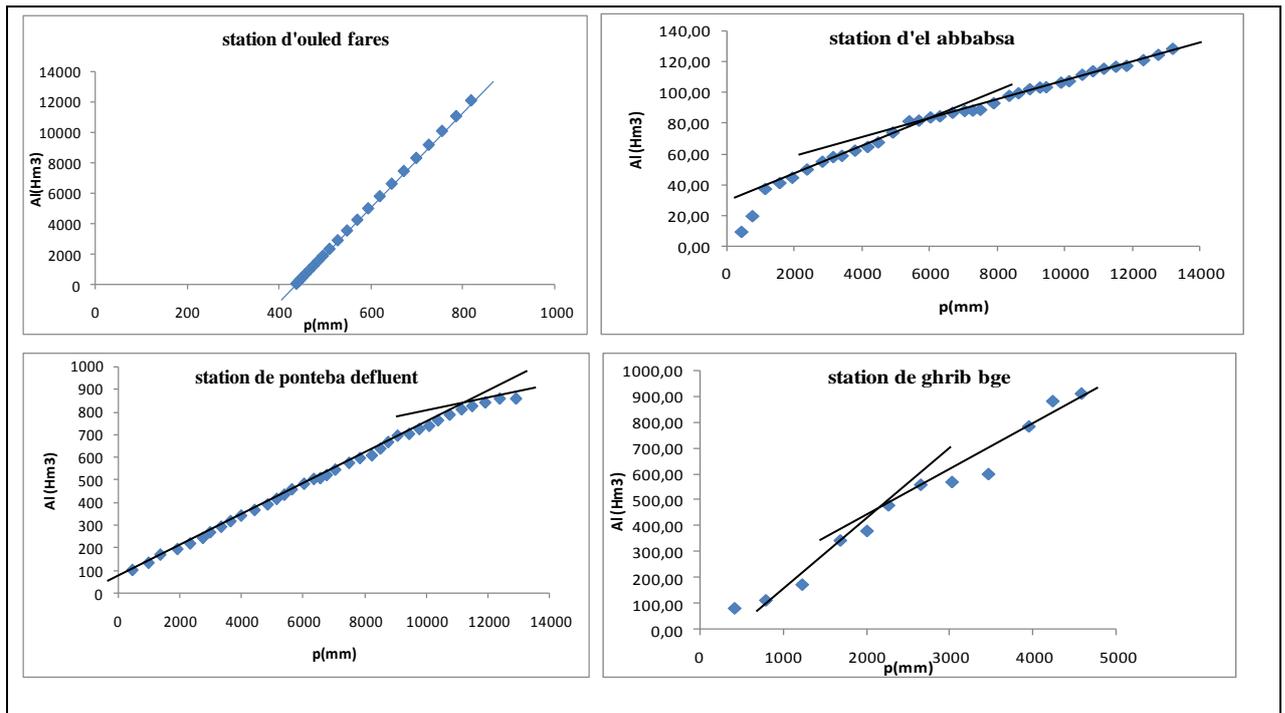


Figure IV.4. résultat de la méthode de double cumul pluie-apport liquide.

D'après la méthode graphique de double cumulée, nous avons enregistré une tendance de baisse concernant les stations d'el Abbabsa en 1988 et ponteba defluent localisée en 2008. Au niveau de la station de Ghrif bge on a enregistré une augmentation au début des années 80. Par contre, on a enregistré une stationnarité au niveau de station d'ouled fares.

### II.2.2.1. L'analyse de l'apport solide à l'échelle annuelle.

#### ➤ Test de Pettit

Tableau IV.13: Résultat de test de Pettit de l'apport solide à l'échelle annuelle.

station	011715	012201	012203	011407
Année de rupture	1981	1990	2000	1983
NS(%)	1	5	1	/
Taux	0.180	-.016	-0.55	/

le tableau IV.13 Représente les résultats de test de Pettit à l'échelle annuelle de transport solide. on note une tendance très significative 1% concernant les stations d'el Abbabsa et Ponteba défluent, égale à 5% mais à la station de Ouled fares aucune tendance significative n'a été enregistré.

#### ➤ Test de Mann-Kendall

**Tableau IV.14:** Résultat de test de Mann-Kendall à l'échelle annuelle

station	011715	012201	012203	011407
NS(%)	1	/	1	/
Taux de Kendall	-2.981	0.321	-2.899	-0.603

L'application du test du Mann –Kendall (Tableau IV.14) confirme les résultats trouvés par le test de petit où les tendances sont de baisse très significative de 1% dans les stations d'el Abbabsa et ponteba defluent .tandis que les stations de Ghrib bge et larbat ouled fares sont stationnaire où le taux de Kendall varie de -63% à 32 %.

### II.2.2.2. L'analyse de l'apport solide à l'échelle mensuelle.

Les résultats qui sont représentés dans le tableau IV.15 montrent que l'application du test de petit sur les séries mensuelles de l'apport solide indique l'absence des ruptures à la station d'el Abbabsa pour la majorité des mois à l'exception novembre et février dont le niveau de signification atteint 10% et la station de larbat ouled fares montre une stationnarité à 8 mois où les 4 que de septembre, mai, juin et juillet ont enregistré des ruptures avec des niveau de signification varie de 1% à5% .

**Tableau IV .15.**Résultat de test de petit de l'apport solide à l'échelle mensuelle.

station	Septembre			Octobre			Novembre			Décembre		
	année	NS(%)	Taux	année	NS(%)	Taux	année	NS(%)	Taux	année	NS(%)	Taux
011407	1987	/	/	1987	/	/	1987	10	-0.84	1984	10	-0.83
011715	1975	/	/	1979	/	/	1979	10	2.51	1986	/	/
012201	1989	1	1.38	2006	/	/	1974	/	/	1992	/	/
012203	1997	/	/	2001	/	/	1988	/	/	1988	10	-0.57
	Janvier			Février			Mars			Avril		
station	année	NS(%)	Taux	année	NS(%)	Taux	année	NS(%)	Taux	année	NS(%)	Taux
011407	1990	10	-0.98	1988	10	-0.78	1986	1	-0.95	1989	5	-0.88
011715	1978	/	/	1985	10	2.96	1977	/	/	1981	/	/

012201	1976	/	/	2006	/	/	1984	/	/	1993	/	/
012203	1988	1	-0.47	2001	/	/	1988	5	-0.67	1997	1	-0.73
	<b>Mai</b>			<b>Juin</b>			<b>Juillet</b>			<b>Aout</b>		
<b>station</b>	<b>année</b>	<b>NS(%)</b>	<b>Taux</b>	<b>année</b>	<b>NS(%)</b>	<b>Taux</b>	<b>année</b>	<b>NS(%)</b>	<b>Taux</b>	<b>année</b>	<b>NS(%)</b>	<b>Taux</b>
011407	1981	/	/	1983	/	/	1991	/	/	1983	/	/
011715	1987	/	/	1987	/	/	1983	1	/	1973	1	/
012201	1988	5	1.19	1988	1	0	1975	5	-0.99	1988	/	/
012203	1988	10	0.76	1988	10	20.65	1988	1	-0.46	1977	/	/

Pour la station de ponteba defluent le niveau de signification atteint 10% au mois de Décembre , Mai et Juin, et 1% aux mois de Janvier, Avril et Juillet .par ailleurs, la station de Ghrib bge enregistre une signification dans les mois de novembre jusqu'à avril avec un niveau de signification varie de 1 à 10%.

➤ **Test de Mann-Kendall.**

**Tableau IV .16.**Résultat de test de Mann-Kendall d'apport solide à l'échelle mensuelle.

	<b>Septembre</b>		<b>Octobre</b>		<b>Novembre</b>		<b>Décembre</b>		<b>Janvier</b>		<b>Février</b>	
<b>Station</b>	NS (%)	Taux de Kendall	NS (%)	Taux de Kendall	NS (%)	Taux de Kendall	NS (%)	Taux de Kendall	NS (%)	Taux de Kendall	NS (%)	Taux de Kendall
011407	/	0	/	0	/	-2.259	5	-42.861	5	-4.51	/	-4.816
011715	/	0	10	6.335	10	1.625	/	0	/	0.299	/	1.332
012201	0	0	/	0	/	0	/	0	/	0	/	/
012203	/	0	/	0	10	0	5	-0.954	1	-9.764	/	0
	<b>Mars</b>		<b>Avril</b>		<b>Mai</b>		<b>Juin</b>		<b>Juillet</b>		<b>Aout</b>	
<b>Station</b>	NS (%)	Taux de Kendall	NS (%)	Taux de Kendall	NS (%)	Taux de Kendall	NS (%)	Taux de Kendall	NS (%)	Taux de Kendall	NS (%)	Taux de Kendall
011407	1	-31.29	/	-9.726	/	0	/	0	/	0	/	0
011715	10	1.476	/	0	/	0	/	0	1	0	/	/

012201	/	0	/	0	/	0	1	0	/	0	1	0
012203	1	-9.458	1	-5.292	/	0	5	-0.001	1	0	/	0

D’après le tableau IV.16, on marque qu’il existe une stationnarité dans la plus part des mois et pour les quatre stations sauf les mois de mars, juin et juillet où le niveau de signification varie de 1% à 10% des stations de larbat ouled fares et ponteba defluent. Le mois de juillet nous enregistré une tendance significative égale à 1%. Dans la station de Ghrib bge les niveaux de signification tendances sont étalés de 1% à 5% représentant les mois de décembre, janvier et mars.

**II.2.2.3. l’analyse de l’apport solide à l’échelle saisonnière.**

**❖ Test de petit**

Selon le tableau IV.17, on remarque que toutes les stations sont stationnaire au automne et au printemps à l’exception de la station d’el Abbabsa et ponteba defluent où le niveau de signification égale 5%, 1% successivement enregistré en 1999. En hiver et en été, nous avons enregistre des ruptures étalées au début jusqu’à la fin des années 80 avec un niveau de signification varie de 1% à 5%.

**Tableau IV .17.**Résultat de test de petit d’apport solide à l’échelle saisonnière.

saison	station	011407	011715	012201	012203
automne	année	1987	1979	1979	2000
	NS(%)	/	5	/	/
	Taux	/	0.69	/	/
Hiver	année	1984	1985	2005	2001
	NS(%)	5	5	/	10
	Taux	-0.72	2.66	/	-0.64
printemps	année	1986	1976	1984	1999
	NS(%)	/	/	/	1
	Taux	/	/	/	-0.67
été	année	1983	1983	1988	1988
	NS(%)	/	5	1	/

	Taux	/	73.60	-1	/
--	------	---	-------	----	---

### ❖ Test de Mann-Kendall

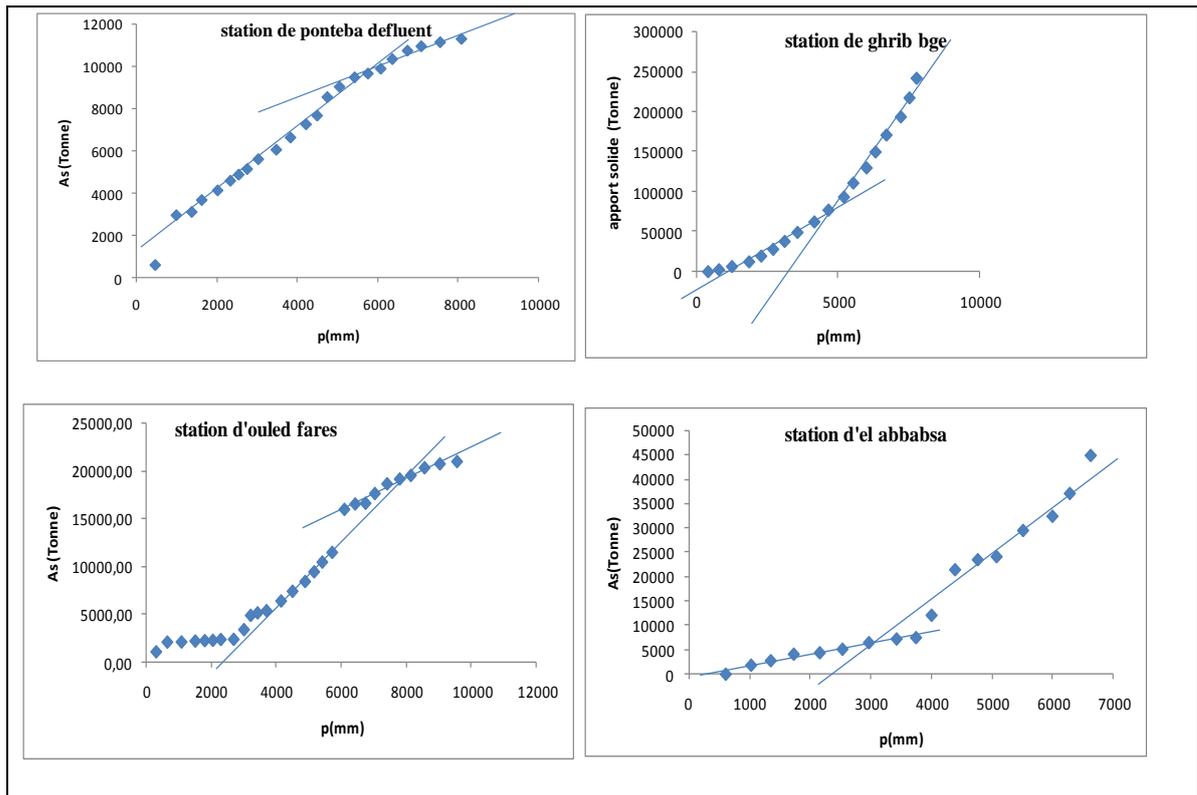
**Tableau IV .18.**Résultat de test de Mann-Kendall d'apport solide à l'échelle saisonnière.

saison	station	011407	011715	012201	012203
automne	NS(%)	/	/	/	/
	Taux de Kendall		4.215	0	0
hiver	NS(%)	/	/	/	10
	Taux de Kendall	/	0.823	0	-2.188
printemps	NS(%)	/	/	/	1
	Taux de Kendall	/	0.828	0	-6.788
Eté	NS(%)		/	1	/
	Taux de Kendall	/	5.114E-5	0	0

On remarque d'après le tableau IV.18 qui représente les résultats de Mann-Kendall, des tendances non significatives pour toutes les stations et pour les quatre saisons sauf au niveau de la station de ponteba defluent où on a enregistré des tendances significatives concernant les l'hiver et le printemps avec un niveau de signification varie de 1 et 10 %, et la station de larbat ouled fares qui indique une tendance très significative de 1% pour la saison de l'été.

### II.3.1.Méthode de double cumulée de pluie-apport solide

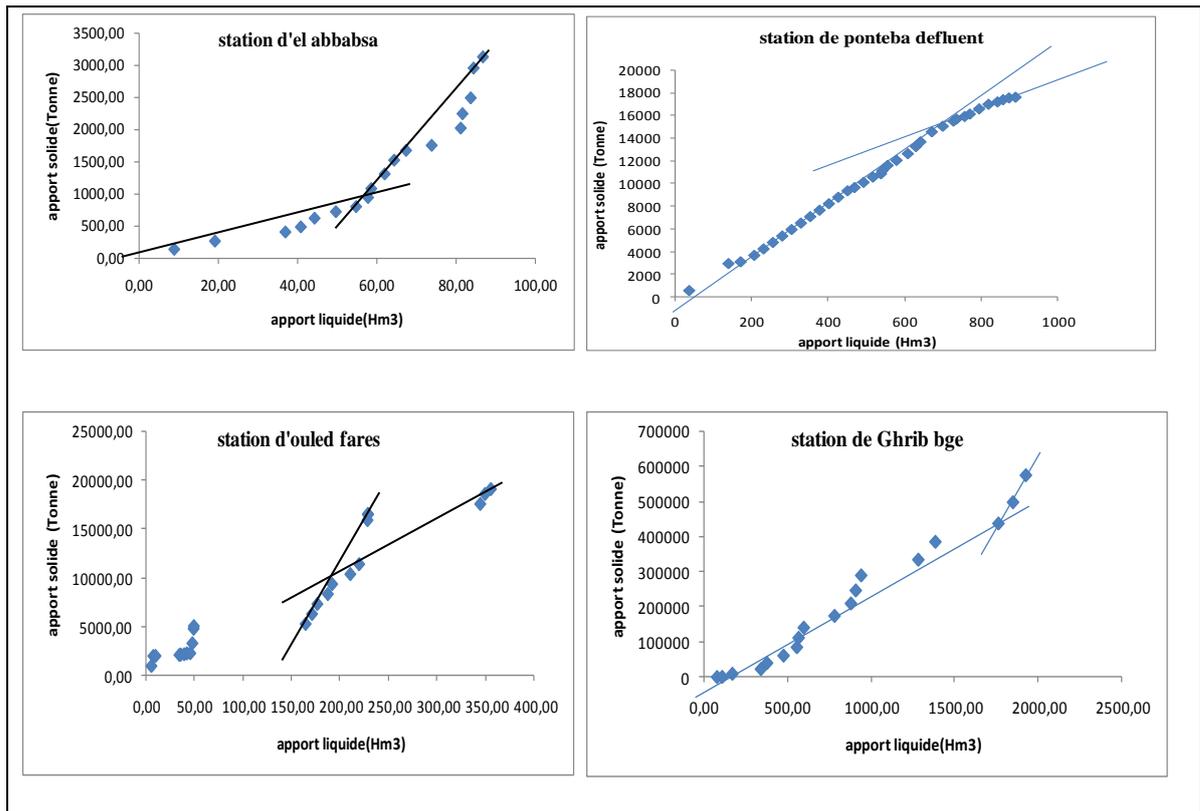
D'après la figure IV.4, on remarque qu'il y a une rupture dans les stations d'el Abbabsa, Ghrib bge, ponteba et ouled fares durant les années 1981/1983/2000/1990 successivement où nous avons enregistré une rupture augmentation pour les séries du As selon la variation de précipitation où nous avons trouvé que cette dernière est indique des tendances de diminution pour la plupart des stations étudiées.



**Figure IV.5.** résultats de méthode de double cumul pluie-apport solide.

### II.3.2. Méthode de double cumul apport liquide-apport solide.

À la station d'El Abbabsa la rupture se manifeste au 1979 avec une tendance plus forte que celle de ponteba. Par contre on a enregistré une diminution dans la station d'ouled fares et Ponteba defluent cette diminution on peut l'exprimer par l'augmentation de couvert végétal et les aménagements des bassins versants.



**Figure IV.6.** Résultats de méthode de double cumul apport liquide-apport solide.

## Conclusion

L'évolution des précipitations et les apports liquides sont similaires, indiquent des tendances de baisse notant que dans les périodes sèches (été) les apports liquides sont presque nuls.

Utilisations des tests statistiques de petit et Mann-Kendall et même la méthode graphique (double cumulée), appliquées sur les séries des apports solides montrent en générale que les averses contribuent significativement à la production des sédiments (apports solides) par des tendances d'augmentation ( 69% au niveau de la station d'el Abbabsa durant l'automne ), bien que les précipitations indiquent des tendances de baisse pour la plupart des stations et pour les trois échelles étudiées (annuelles, mensuelles et saisonnières).

À la lumière des résultats obtenus, on peut conclure que le changement du comportement de la pluviométrie et l'accroissement à l'aridité ont substantiellement augmenté le potentiel érosif et la production des sédiments dans le bassin versant de haut et moyen Chélif.



## Conclusion générale

---

### Conclusion générale

L'objectif de ce travail est étudié dans le cadre de changement climatique l'évolution des séries chronologique du apports solide et leur relation avec les apports liquide avec le premier générateur du transport solide la précipitation dans le bassin versant du Cheliff (la plaine du haut et moyen Cheliff).

Nous pouvons conclues, que notre zone d'étude possède un climat semi-aride de type méditerranéen, ainsi elle est caractérisée par des étés chauds et des hivers tièdes. Elle est caractérisé aussi par un chevelu hydrographique très denses, avec un réseau de l'ordre de 2200 km d'oueds permanant et 5600 km d'oueds temporaire

L'étude hydro pluviométrique montre que notre zone d'étude (haut et moyen Cheliff) est caractérisée par une irrégularité spatio-temporelle des précipitations où la variation des débits liquides et débits solides sont importants à l'Automne par rapport autre saisons.

Analyse des résultats des tests statistiques de petit et Mann-Kendall ainsi que la méthode graphique (double cumulée), appliquées sur les séries des apports solides montrent en générale que les averses contribuent significativement à la production des sédiments (apports solides) par des tendances d'augmentation ( 69% au niveau de la station d'el Abbabsa durant l'automne ), bien que les précipitations indiquent des tendances de baisse pour la plupart des stations et pour les trois échelles étudiées (annuelles, mensuelles et saisonnières).

À la lumière des résultats obtenus, on peut conclure que le changement du comportement de la pluviométrie et l'accroissement à l'aridité ont substantiellement augmenté le potentiel érosif et la production des sédiments dans le bassin versant de haut et moyen Chéiff.

Donc, le changement climatique influe sur le transport solide, pour cela il faut prendre des solutions efficaces pour réduire les émissions des gaz à effet de serre, et aussi diminuer les actions anthropiques telles que la déforestation, les feux de forêts et il est important de prendre tous les moyenne pour casser la torrentialité des écoulements dans le cadre des aménagements sur les bassins versants et d'aller vers une réorientation de reboisement des terrains nus dans les bassins versants pour augmenter la stabilité du sol.

## Références bibliographiques

**ABDELI, 2007.** Problématique et enjeu de l'envasement l'expression. Du 05 septembre 2007.

**ABHCZ ,2004.** « Agence du Bassin Hydrographique Cheliff- Zahrez », cadastre hydraulique du bassin Cheliff aval du barrage de Boughazoul, premier partie. «Haut et moyen Cheliff».

**AILA. ; O, 2010.** L'envasement des retenues de barrages au Maroc, royaume du Maroc.

**Aissaoui A, Messaoudi N 2015** Caractéristique temporelle de régime pluviométrique de la plaine du Moyen Cheliff

**ANRH., 2017.** Données pluviométriques et hydrométriques, fichier Excel, agence national des ressources hydriques Blida et Alger.

**Ammari ., A, 2012.** Etude des processus des transports et solide et leur impact sur l'alluvionnement des barrages, mémoire de magister en hydraulique, université hadj lakhdar Batna.

**Benaicha., A, (2010 -2011).** Mémoire de magister en hydraulique, étude des processus des transports solides et leur impact sur l'alluvionnement des barrages.

**Bouzada Nacera ,2013.**caractérisation géochimique des eaux souterraines utilisée dans l'irrigation dans les plaines du Cheliff. Thèse de magister, université de Hassiba Ben Bouali Cheliff.

**Cekhchoukh F, khadraoui A, 2016.** Contribution de quantification de transport solide par l'approche de régression (cas de bassin du haut et moyen Cheliff), université de Djilali Bounaama khemis Miliana.

**Duband D, 1989.** Statistique appliquées. Polycopie de cours de l'Ecole National Supérieur d'Hydraulique, Grenoble, France. p 207.

**Dutil, 1984.** Erosion en grand culture, revue technique des agriculteurs dynamiques. P 169, France.

## Références bibliographiques

---

**Hadidi ., A ,2008.** Une nouvelle approche de la détermination de taux d'envasement des barrages, mémoire de magister en hydraulique, université aboubeker belkaid.

**Ikhelef., S, (2005-2006).** Mémoire de magister « étude de la pollution de la nappe alluviale du haut Chélif par les nitrates».

**INA., 2008.** Institut national agronomie

**Joao. Yuri et al, 2015.** Contribution à l'étude hydrogéologique de la région de moyen Cheliff

**Kara Dalila, 2014.** contribution à la quantification du transport solide de l'oued Cheliff, mémoire de master, université de Djilali Bounaama khemis Miliana.

**Keita .M, et al 2013.** Mémoire de fin d'étude, étude des variations hydroclimatique du bassin de moyen et haut Cheliff dans le cadre du changement climatique.

**Laib Aissa, 2015.** L'impact du changement climatique sur les hydro systèmes constantinois, mémoire de magistère, université de Constantine1.

**M.AISSAT.D ,2006.** Thèse de magister en hydraulique option aménagement et mise en valeur, « crues et sécheresses en Algérie, impact sur l'environnement cas de moyen Cheliff ».

**Meddi.M, et al, 2010.** Etude des crues dans le bassin du Cheliff .application de la méthode du Gradex.

**Mehaiguene., M ,2001.** Bilan hydrologie de surface et ressources en eau de surface du bassin Cheliff-Zahrez. Thèse de magister.

**Mokhtari el Hadj,** contribution à l'étude du transport solide en suspension bassin de l'oued Cheliff-Ghrib. Thèse de magister université Badji Mokhtar –Annaba, 2008/2009.

**Mostfaoui H., 2011.** Etude d'impact de changement climatique sur la productivité du blé dur en zone semi-aride cas du bassin de Cheliff. Thèse de magister, université Hassiba Ben Bouali, Cheliff.

**Oliveros carlos (1996)**-transport solide : modèles et conditions d'application en région PACA, rapport BRGM R 39474, décembre 1996.

## **Références bibliographiques**

---

**Perrodon, A, 1597.** « Étude géologique des bassins néogènes sub-littoraux de l'Algérie occidentales » Publication, service carte géologique de l'Algérie, bulletin numéro 12.

**Ramper, 1987.** Sédimentation et barrage : Erosion et transport : les dépôts dans les barrages, CEMAGREF Groupement d'Antony. Division de Mécanique des sols et génie.

**Remini 2003.** La sédimentation dans les barrages de l'Afrique du nord. Lorrys Journal, ISSN1112-3680, n° 04, 69-80.

**Touaibia.,B,2000.** Erosion –transport solide-envasement des barrages. Cas du bassin versant de l'oued mina, thèse de doctorat, ina. Algérie.

**Y. El meddahi, A. Issaadi, A. Habbar, M. Tahar Abbas.M.Remoun,** changement climatique : cas du bassin du moyen Cheliff occidental, 23-24 novembre 2011. Université de Hassiba benbouali.