



جامعة القاضي عياض  
UNIVERSITÉ CADI AYYAD

كلية العلوم والتقنيات  
مراكش

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES  
MARRAKECH

*DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE*

**Département  
des Sciences  
de la Terre**

*Licence en Sciences et Techniques  
Eau et Environnement*

# **Diagnostic de la situation des ressources en eau superficielle dans le bassin versant de Tensift. Marrakech, (Maroc)**

Réalisé par : **AJDI Sara & BOUZKIF Karima**

Soutenu : **Le 20 Juin 2018**

Devant le jury composé de :

**Mr. Mohamed El Mehdi Saidi: FST-Marrakech (Encadrant)**

**Mme. Yamina Bourgoini: FST-Marrakech (Examineur)**

**ANNEE UNIVERSITAIRE : 2017-2018**

# *Dédicace*

---

**Nous dédions ce mémoire :**

**A nos Pères, nos Mères, nos Sœurs et nos Frères.**

**A toute la famille Ajdi et la famille Bouzkif.**

**A tous nos meilleurs amis.**

**A tous ceux qui représentent beaucoup pour nous et qui nous aiment très fort.**

**A tous qui sont pour nous une source d'encouragement et de soutien, qu'ils voient dans ce travail la récompense de leurs endurance et de leurs nombreux sacrifices.**

# *Remerciements*

---

Avant de commencer la présentation de ce travail, nous tenons à remercier **Dieu**, qui nous a donné la santé et la patience pour mener à terme notre formation de licence et pouvoir réaliser ce travail de recherche.

Nous remercions également **Mme. Yamina Bourgeoini** qui nous a donné l'occasion de passer notre stage de fin d'études au sein du département des sciences de la terre, de nous offrir le sujet de recherche et aussi d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous souhaitons également passer nos sincères remerciements à notre grand et respectueux encadrant **Mr. SAIDI Mohamed El Mehdi** pour son soutien tout au long de ce projet de fin d'études, son assistance et sa bonne humeur nous ont souvent aidé et encouragé.

Nos remerciements s'étendent également à tous nos professeurs de licence «Eau et Environnement » ainsi que nos collègues de licence.

Nous terminons en remerciant tout particulièrement les membres du jury qui ont honoré par leur présence, pour venir juger ce travail.

# SOMMAIRE

---

<i>Dédicace</i> .....	2
<i>Remerciements</i> .....	3
<i>Sommaire</i> .....	4
Liste des figures.....	6
Liste des tableaux.....	9
Introduction.....	10
<b>Chapitre I : Cadre générale de la zone d'étude</b> .....	<b>11</b>
I.1- Présentation du bassin versant de Tensift.....	<b>12</b>
I.1.1- Situation géographique et délimitation du bassin versant.....	<b>12</b>
I.1.2- Cadre géologique et lithologique du bassin.....	<b>15</b>
I.1.3-Topographie.....	<b>16</b>
I.1.4- Climatologie .....	<b>16</b>
a. Température.....	<b>17</b>
b. Précipitations.....	<b>17</b>
c. Evaporation.....	<b>17</b>
d. Vents.....	<b>17</b>
I.2- Généralités sur les ressources en eau dans le bassin de Tensift.....	<b>18</b>
I.2.1- Eaux souterraines.....	<b>18</b>
I.2.2- Eaux superficielles.....	<b>21</b>

<b>Chapitre II : Les eaux superficielles du bassin de Tensift.....</b>	<b>22</b>
II.1- Introduction.....	23
II.1.1- Ouvrages majeurs de stockage des eaux superficielles.....	24
II.2- Qualité des eaux superficielles du bassin.....	28
II.3- L'hydrologie des rivières.....	30
a. Les régimes des débits.....	30
b. Les crues et inondations.....	31

<b>Chapitre III : Relation Pluies-débits (Partie pratique).....</b>	<b>34</b>
III.1- Introduction.....	35
III.2- Le régime pluviométrique.....	36
III.2.1- Précipitations moyennes mensuelles.....	37
III.2.2- Précipitations annuelles.....	41
III.2.3- Précipitations saisonnières.....	45
III.3- Le régime des débits.....	49
III.3.1- Débits mensuels.....	49
III.3.2- Débits annuels.....	50
III.3.3- Débits saisonniers.....	51
III.4- La corrélation entre Pluies-Débits.....	53
III.4.1- Corrélation mensuelle.....	53
III.4.2- Corrélation annuelle.....	56
III.4.3- Corrélation saisonnière.....	60
<b>Conclusion.....</b>	<b>62</b>
Références bibliographiques.....	63
Webographie.....	65

## Liste des figures

---

<b>Figure1</b> : Situation géographique du bassin Tensift(Maroc).....	<b>13</b>
<b>Figure2</b> : Géologie du bassin Tensift(Maroc).....	<b>15</b>
<b>Figure3</b> : Les nappes du bassin hydraulique de Tensift(Maroc).....	<b>19</b>
<b>Figure4</b> : Les eaux de surface et principaux barrages du bassin Tensift(Maroc).....	<b>21</b>
<b>Fig.5</b> : Les différents aménagements hydrauliques du bassin Tensift(Maroc) d’après l’ABHT.....	<b>25</b>
<b>Figure6</b> : Répartition des stations du bassin versant de Tensift (Maroc)par niveau de qualité.....	<b>28</b>
<b>Figure7</b> : sous bassins versants de l’oued Tensift (Maroc) contributifs aux débits du cours d’eau principal.....	<b>35</b>
<b>Figure8</b> : Précipitations mensuelles à Abadla (Maroc) (2000-2017).....	<b>37</b>
<b>Figure9</b> : Précipitations mensuelles à Aghbalou (Maroc) (2000-2017).....	<b>37</b>
<b>Figure10</b> : Précipitations mensuelles à Marrakech (Maroc) (2000-2017).....	<b>38</b>
<b>Figure11</b> : Précipitations mensuelles à Chichaoua (Maroc) (2000-2017).....	<b>38</b>
<b>Figure12</b> : Précipitations mensuelles à Illoudjane (Maroc) (2000-2017).....	<b>38</b>
<b>Figure13</b> : Précipitations mensuelles à Tahanaout (Maroc) (200-2017).....	<b>39</b>
<b>Figure14</b> : Précipitations mensuelles à Taferiat (Maroc) (2000-2017).....	<b>39</b>
<b>Figure15</b> : Précipitations mensuelles à Sidi-Rahal (Maroc) (2000-2017).....	<b>39</b>
<b>Figure16</b> : Précipitations mensuelles à Immin-El-Hammam (Maroc) (2000-2017).....	<b>40</b>

<b>Figure17</b> : Précipitations mensuelles à Sidi-Bouathmane (Maroc) (2000-2017).....	<b>40</b>
<b>Figure18</b> : Précipitations annuelles à Abadla (Maroc) (2000-2017).....	<b>41</b>
<b>Figure19</b> : Précipitations annuelles à Taferiat (Maroc) (2000-2017).....	<b>42</b>
<b>Figure20</b> : Précipitations annuelles à Chichaoua (Maroc) (2000-2017).....	<b>42</b>
<b>Figure21</b> : Précipitations annuelles à Aghbalou (Maroc) (2000-2017).....	<b>42</b>
<b>Figure22</b> : Précipitations annuelles à Immin-El-Hammam (Maroc) (2000-2017).....	<b>43</b>
<b>Figure23</b> : Précipitations annuelles à Tahanaout (Maroc) (2000-2017).....	<b>43</b>
<b>Figure24</b> : Précipitations annuelles à Sidi-Rahal (Maroc) (2000-2017).....	<b>43</b>
<b>Figure25</b> : Précipitations annuelles à Illoudjane (Maroc) (2000-2017).....	<b>44</b>
<b>Figure26</b> : Précipitations annuelles à Marrakech (Maroc) (2000-2017).....	<b>44</b>
<b>Figure27</b> : Précipitations annuelles à Sidi-Bouathmane (Maroc) (2000-2017).....	<b>44</b>
<b>Figure28</b> : Précipitations saisonnières à Abadla (Maroc) (2000-2017).....	<b>45</b>
<b>Figure29</b> : Précipitations saisonnières à Aghbalou (Maroc) (2000-2017).....	<b>45</b>
<b>Figure30</b> : Précipitations saisonnières à Chichaoua (Maroc) (2000-2017).....	<b>46</b>
<b>Figure31</b> : Précipitations saisonnières à Illoudjane (Maroc) (2000-2017).....	<b>46</b>

<b>Figure32</b> : Précipitations saisonnières à Marrakech (Maroc) (2000-20017).....	<b>46</b>
<b>Figure33</b> : Précipitations saisonnières à Sidi-Bouathmane (2000-2017).....	<b>47</b>
<b>Figure34</b> : Précipitations saisonnières à Taferiat (2000-2017).....	<b>47</b>
<b>Figure35</b> : Précipitations saisonnières à Tahanaout (2000-2017).....	<b>47</b>
<b>Figure36</b> : Précipitations saisonnières à Immin-El-Hammam (2000-2017).....	<b>48</b>
<b>Figure37</b> : Précipitations saisonnières à Sidi-Rahal (Maroc) (2000-2017).....	<b>48</b>
<b>Figure38</b> : Débits mensuels à Abadla, Aghbalou, Chichaoua et Talmest (Maroc) (2000-2017).....	<b>49</b>
<b>Figure39</b> : Débits annuels à Abadla, Aghbalou, Chichaoua et Talmest (Maroc) (2000-2017).....	<b>50</b>
<b>Figure40</b> : Débits saisonniers à Abadla Aghbalou Chichaoua et Talmest (Maroc) (2000-2017).....	<b>52</b>
<b>Figure41</b> : Corrélacion entre les débits mensuels et les pluies mensuelles de la station Abadla (Maroc) (2000-2017).....	<b>53</b>
<b>Figure42</b> : Corrélacion entre les débits mensuels et les pluies mensuelles de la station Aghbalou (Maroc) (2000-2017).....	<b>54</b>
<b>Figure43</b> : Corrélacion entre les débits mensuels et les pluies mensuelles de la station Chichaoua (Maroc) (2000-2017).....	<b>55</b>
<b>Figure44</b> : Corrélacion entre les débits annuels et les pluies annuelles de la station Abadla (Maroc) (2000-2017).....	<b>56</b>
<b>Figure45</b> : Corrélacion entre les débits annuels et les pluies annuelles de la station Aghbalou (Maroc) (2000-2017).....	<b>57</b>
<b>Figure46</b> : Corrélacion entre les débits annuels et les pluies annuelles de la station Chichaoua (Maroc) (2000-2017).....	<b>59</b>
<b>Figure47</b> : Corrélacion entre les débits saisonniers et les pluies saisonnières de la station Abadla (Maroc) (2000-2017).....	<b>60</b>

**Figure48** : Corrélation entre les débits saisonniers et les pluies saisonnières de la station Aghbalou (Maroc) (2000-2017).....60

**Figure49** : Corrélation entre les débits saisonniers et les pluies saisonnières de la station Chichaoua (Maroc) (2000-2017).....61

## Liste des tableaux

---

<b>Tableau1</b> : Bilan des principales nappes du bassin hydraulique Tensift (ABHT).....	20
<b>Tableau2</b> : La qualité des ressources en eau superficielle du bassin Tensift.....	29
<b>Tableau3</b> : Les coordonnées des stations étudiées.....	36
<b>Tableau4</b> : Les pluies et les débits mensuels à Abadla (2000-2017)....	53
<b>Tableau5</b> : Les pluies et les débits mensuels à Aghbalou (2000-2017).....	54
<b>Tableau6</b> : Les pluies et les débits mensuels à Chichaoua (2000-2017).....	55
<b>Tableau7</b> : Les pluies et les débits annuels à Abadla (2000-2017).....	56
<b>Tableau8</b> : Les pluies et les débits annuels à Aghbalou (2000-2017).....	57
<b>Tableau9</b> : Les pluies et les débits annuels à Chichaoua (2000-2017).....	58
<b>Tableau10</b> : Les pluies et les débits saisonniers à Abadla (2000-2017).....	60
<b>Tableau11</b> : Les pluies et les débits saisonniers à Aghbalou (2000-2017).....	60
<b>Tableau12</b> : Les pluies et les débits saisonniers à Chichaoua (2000-2017).....	61

# Introduction

---

La région du bassin Tensift est située dans un contexte climatique aride à semi-aride dont le bassin hydrographique est composé de deux grandes entités morphologiques l'une est l'ensemble montagneux très élevé, et l'autre est une vaste plaine alluviale. Le massif montagneux que représente le Haut Atlas de Marrakech, est caractérisé par des altitudes élevées pouvant dépasser 4000 mètres. Par contre la plaine du Haouz qui occupe la partie Nord du bassin à une altitude qui est voisine de 500 m. Le Haut atlas est un véritable château d'eau pourvoyeur de l'essentiel des écoulements normaux et extrêmes vers la plaine de Tensift avec la quantité de l'eau disponible est faible et variable dans l'espace et dans le temps. Cette région est également caractérisée par une irrégularité importante des précipitations du régime de l'oued et une grande variabilité de recharge de la nappe. En outre Les ressources en eaux sont caractérisées par une pénurie, qui s'accroît avec la croissance démographique.

Dans ce cadre, notre projet de fin d'études consiste à élaborer une étude de la situation des ressources en eau superficielle dans le bassin versant de Tensift.

De ce fait nous avons choisi de présenter notre travail en trois chapitres:

- Le premier chapitre est consacré à la présentation du cadre générale du bassin principalement la situation géographique du bassin, la géologie, la climatologie et l'hydrologie de la région.
- Le deuxième chapitre, présentera la qualité des eaux superficielles et le régime pluviométrique du bassin.
- Le troisième chapitre, s'intéressera à l'étude de la relation pluies-débits qui représente la partie pratique de notre projet de fin d'étude.

## **Chapitre I : Cadre générale de la zone d'étude**

## **I.1- Présentation du bassin versant de Tensift**

Le bassin versant de Tensift est considéré comme l'un des bassins les plus importants au Maroc. Il est caractérisé par une très grande concentration des activités socioéconomiques basées essentiellement sur l'agriculture et l'élevage.

### *I.1.1- Situation géographique et délimitation du bassin versant :*

Le bassin versant de Tensift est situé au centre Ouest du Maroc entourant la région de Marrakech, il occupe une superficie de 20450 km<sup>2</sup>. Ce bassin est situé entre les latitudes 32° 10' et 30° 50' Nord et les longitudes 9° 25' et 7° 12' Ouest. Ce large domaine continental est limité au Sud par la ligne de crête de la chaîne du Haut Atlas, au Nord par le massif de petites montagnes nommé « Jbilet » avec des altitudes inférieures à 1000 mètres, à l'Est par la ligne de partage des eaux, peu marquée, séparant le bassin du Tensift de celui du Tessaout, affluent d'Oum Er R'bia et à l'Ouest par l'océan Atlantique où se situe son exutoire. Les altitudes sont donc très contrastées, varient de 0 mètre au niveau de son exutoire à 4167 mètres au Jbel Toubkal.

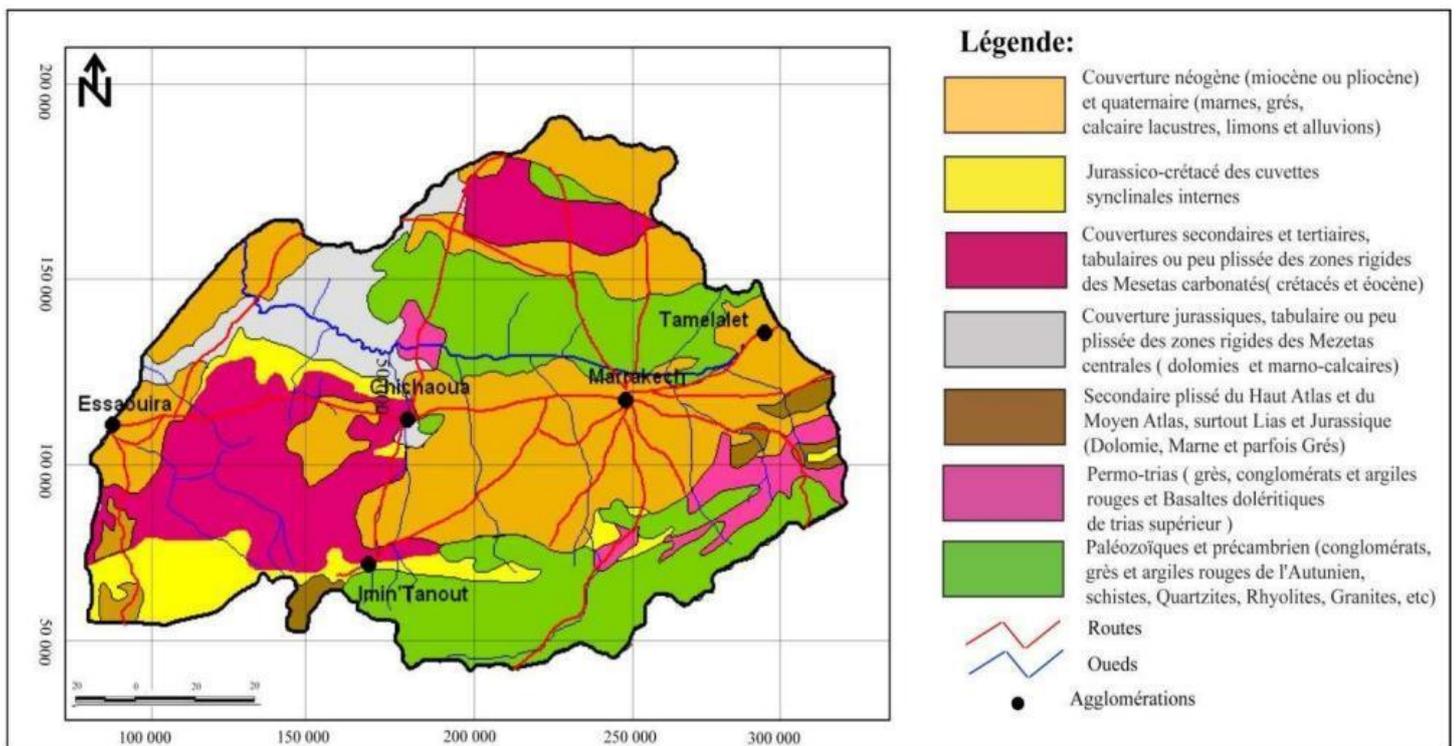
(Agence Japonaise de coopération internationale(JICA), Mars2008)



Le bassin versant de Tensift peut être subdivisé en deux parties :

- ✓ Montagnes du Haut Atlas : constituent la zone de production des eaux caractérisée par une hydrologie de surface très active et des précipitations importantes. Sous l'effet de l'altitude, les précipitations sont sous deux formes, liquide et solide.  
Les oueds qui drainent ces versants Nord des montagnes atlasique constituent la seule source de l'alimentation des nappes dans la plaine du Haouz. A cet effet, ces montagnes constituent donc un véritable château d'eau pour la région.
- ✓ Plaine centrale semi-aride du Haouz : C'est une zone de transit et de consommation des eaux. L'irrigation y consomme plus de 85 % des ressources en eau disponibles.

## 1.1.2- Cadre géologique et lithologique du bassin :



**Figure2: Géologie du bassin versant de Tensift. Maroc**

Les formations constituant le bassin de Tensift sont diversifiées. Dans la plaine, qui se présente sous forme d'une dépression, on trouve des formations détritiques issues du démantèlement de la chaîne atlasique. Elles sont accumulées au Néogène et au Quaternaire récent, recouvrant ainsi les formations primaires secondaires et tertiaires.

Les schistes sont largement répandus dans les Jbilet avec des faciès et de couleurs très variés. On y distingue des schistes sombres souvent lités, des schistes argileux et des schistes gréseux avec des bancs épais de grès ou de quartzites.

Par ailleurs, d'autres formations moins étendues peuvent être distinguées notamment des conglomérats, des affleurements calcaires et siliceux, des roches éruptives comme les granites et les gabbros. Dans la chaîne atlasique, les affleurements lithologiques

sont dominés par les faciès suivants : des roches éruptives et métamorphiques précambriennes notamment les granites, diorites, dolérites, andésites et rhyolites, des schistes primaires, des formations secondaires fortement colorées en rouge et largement dominées par des calcaires, des grès, des marnes et des argiles. Bien que qualifiées d'imperméables, les formations métamorphiques ou éruptives comportent des zones d'altérations dont la capacité de rétention est significative étant donné la pérennité de plusieurs cours d'eau qui ne peut pas être attribuée au seul stock neigeux.

(Benkirane Myriam-Agouzol Sana, 2015)

### *1.1.3- Topographie:*

La région du Tensift, présente généralement un aspect topographique assez irrégulier et contrasté.

Elle est caractérisée au point de vue altimétrique par l'existence de deux pentes:

\* ***une pente transversale*** sensiblement **sud-nord** entre le massif montagneux de l'Atlas et les Djebilettes. Elle est importante vers le massif axial. Elle s'atténue à mesure que l'on s'en éloigne vers l'Ouest. Mais elle reste relativement importante et supérieure.

\* ***une pente longitudinale d'est en ouest***. Elle est moins accusée mais elle reste néanmoins moyenne. (Sirtou Mohammed.1995)

### *1.1.4- Climatologie :*

Le climat de la zone d'étude est de type aride à semi-aride à influence océanique près des côtes. En raison de son étendue et de son relief.

Le bassin versant de Tensift se caractérise par un climat très différencié d'une zone à l'autre. Ainsi, le climat est :

\* semi-aride influencé par le courant froid des Canaries dans la zone côtière.

\* semi-aride chaud dans les Jbilet.

\* continental de type aride dans le Haouz et le Mejjat.

\* semi humide dans la zone du bassin du Tensift Est qui est influencée par la présence du relief montagneux le Haut Atlas. (Zakaria Smaij, Juin 2011)

### ➤ **Température**

Les températures moyennes mensuelles varient entre 17°C et 20°C. Les mois les plus chauds sont généralement Juillet et Août « 25.5°C à 29°C sur l'Atlas et dans la plaine du Haouz de 19°C à 24°C dans les zones côtières ».

Le mois le plus froid est Janvier « 12°C sur l'Atlas et dans la plaine du Haouz et 13 à 14.5°C dans les zones côtières ».

### ➤ **Précipitations**

Les précipitations sur la région de Tensift sont caractérisées par une grande variabilité spatio-temporelle et généralement faible.

La région de Tensift est caractérisée par l'occurrence de périodes de sécheresse plus ou moins longues.

### ➤ **Evaporation**

L'évaporation moyenne annuelle varie de 1800mm sur le versant atlasique à plus de 2500mm dans la plaine du Haouz. L'évaporation minimale est enregistrée pendant le mois de Janvier alors que la maximale intervient pendant les mois d'été. (D'après, Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau)

### ➤ **Vents**

La région du bassin versant de Tensift est dominée par trois types de vent :

- le Chergui soufflant de l'Est
  - le vent du Sud qui chaud et sec
  - le Gharbi humide et porteur de pluie soufflant de l'Ouest.
- (Zakaria Smaij, Juin 2011)

## **I.2-Généralités sur les ressources en eau dans le bassin versant de Tensift**

Les ressources en eau dans le bassin versant de Tensift sont inégalement réparties.

Les oueds les plus importants prennent tous naissance dans le Haut Atlas. Sur ce relief montagneux à structures et natures géologiques hétérogènes, se produisent des ruissellements à caractère torrentiel, collectés par le Tensift qui les évacue à l'Océan. (Sinan. M, 2000)

### I.2.2- Eaux souterraines

Les ressources en eaux souterraines concernent les réservoirs dans lesquels s'accumulent ou transitent les eaux pluviales infiltrées sont, eux aussi, d'inégale importance et leur répartition géographique dans la région est quasi analogue à celle des eaux de surface.

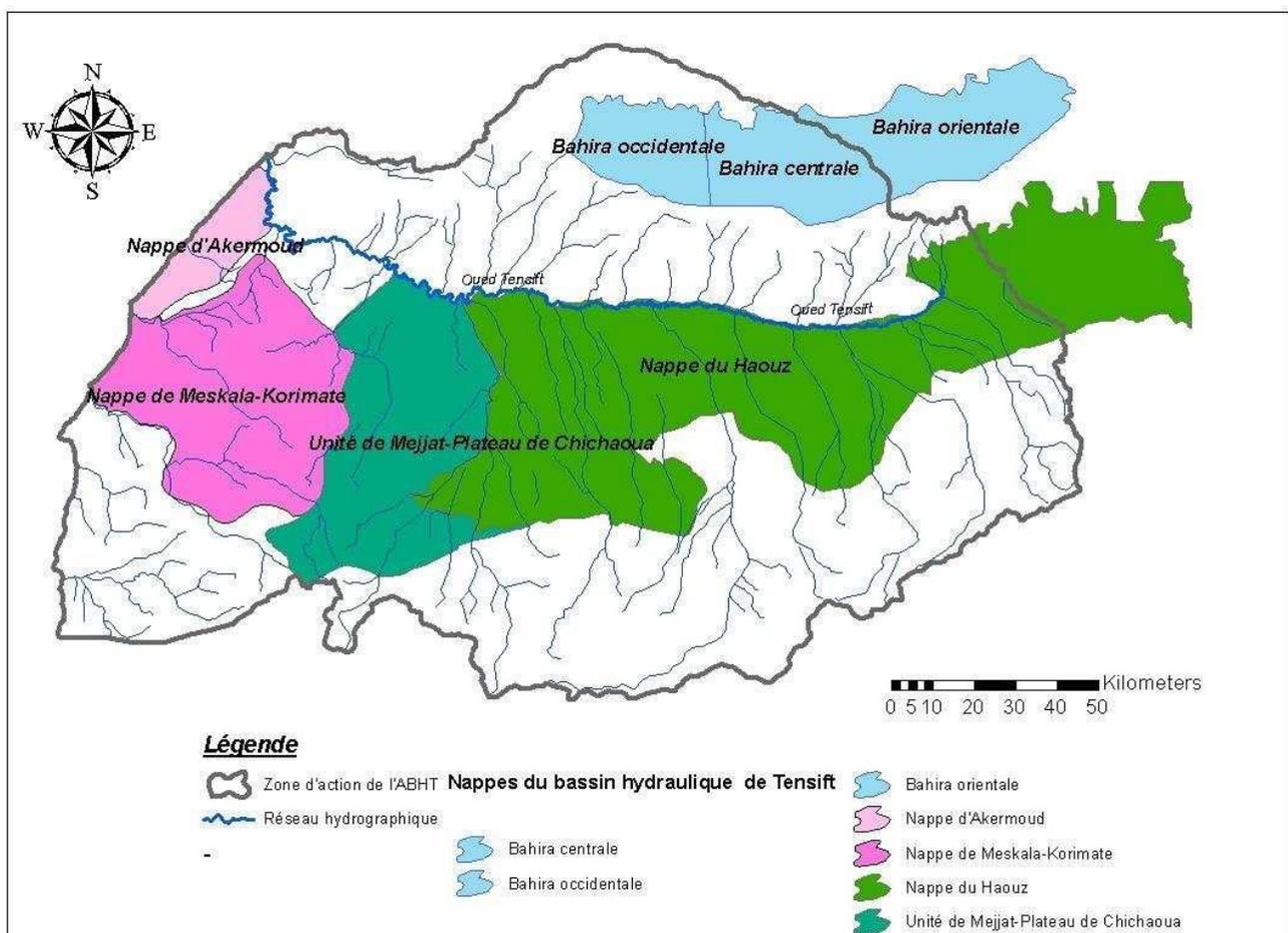
Parmi les nappes les plus importantes, on distingue:

- **La nappe du Haouz-Mejjat** : limitée par la chaîne atlasique au Sud et les chaînons des Jbilet au Nord. Elle s'étend d'Est en Ouest entre les reliefs des Jbilet et l'Oued Chichaoua sur une superficie de 6.000 km<sup>2</sup> avec une largeur moyenne de 40 km.

Les écoulements souterrains s'établissent dans les alluvions plio-quadernaires et les formations du Néogène dont la puissance globale varie entre 50 et 80 mètres et pouvant atteindre localement 120 mètres.

La surface libre de la nappe s'établit en moyenne à 30 mètres sous le niveau du sol et varie de 10 m à plus de 80m le long du piémont de l'Atlas.

- **La nappe du Bahira** : allongée de l'Est à l'Ouest entre le massif des Jbilet au Sud et les plateaux des Rehamna et du Gantour au Nord et s'étend sur une superficie d'environ 5.000 km<sup>2</sup>.



**Figure3 : Les nappes du bassin hydraulique de Tensift. Maroc**

<b>Nappe</b>	<b>Apports [Mm3]</b>	<b>Sorties [Mm3]</b>	<b>Bilan des nappes [Mm3]</b>	<b>Ressources en eau mobilisables [Mm3]</b>
Haouz-Mejjate	351	535	-184.00	351.00
Bahira (centrale et occidentale)	33	37	-4.00	33.00
Bou Sbaâ	56	52.80	3.20	46.50
Meskala Kourimate	36	38.00	-2.00	27.00
La bande côtière	40	40.20	-0.20	15.00
<b>Total</b>	<b>516</b>	<b>701</b>	<b>-187</b>	<b>472.50</b>

**Tableau1 : Bilan des principales nappes du bassin hydraulique Tensift (ABHT)\*. Maroc**

**\*ABHT** : Agence du Bassin Hydraulique de Tensift.

## I.2.1- Eaux superficielles

Les ressources en eau de surface du bassin de Tensift sont très irrégulières et inégalement réparties.

La grande partie des eaux de surface du bassin est drainée par les cours amont montagneux des affluents de rive gauche atlasiques de l'oued Tensift qui prennent naissance dans le Haut Atlas. La rive droite donne lieu à des ruissellements temporaires et de faible importance à caractère torrentiel, qui se produisent suite aux orages ou aux précipitations intenses. La zone de piedmonts et de plaines est considérée comme une zone de consommation des eaux issues des montagnes suite aux prélèvements par un réseau dense et ramifié de Canaux traditionnels d'irrigation (seguias).

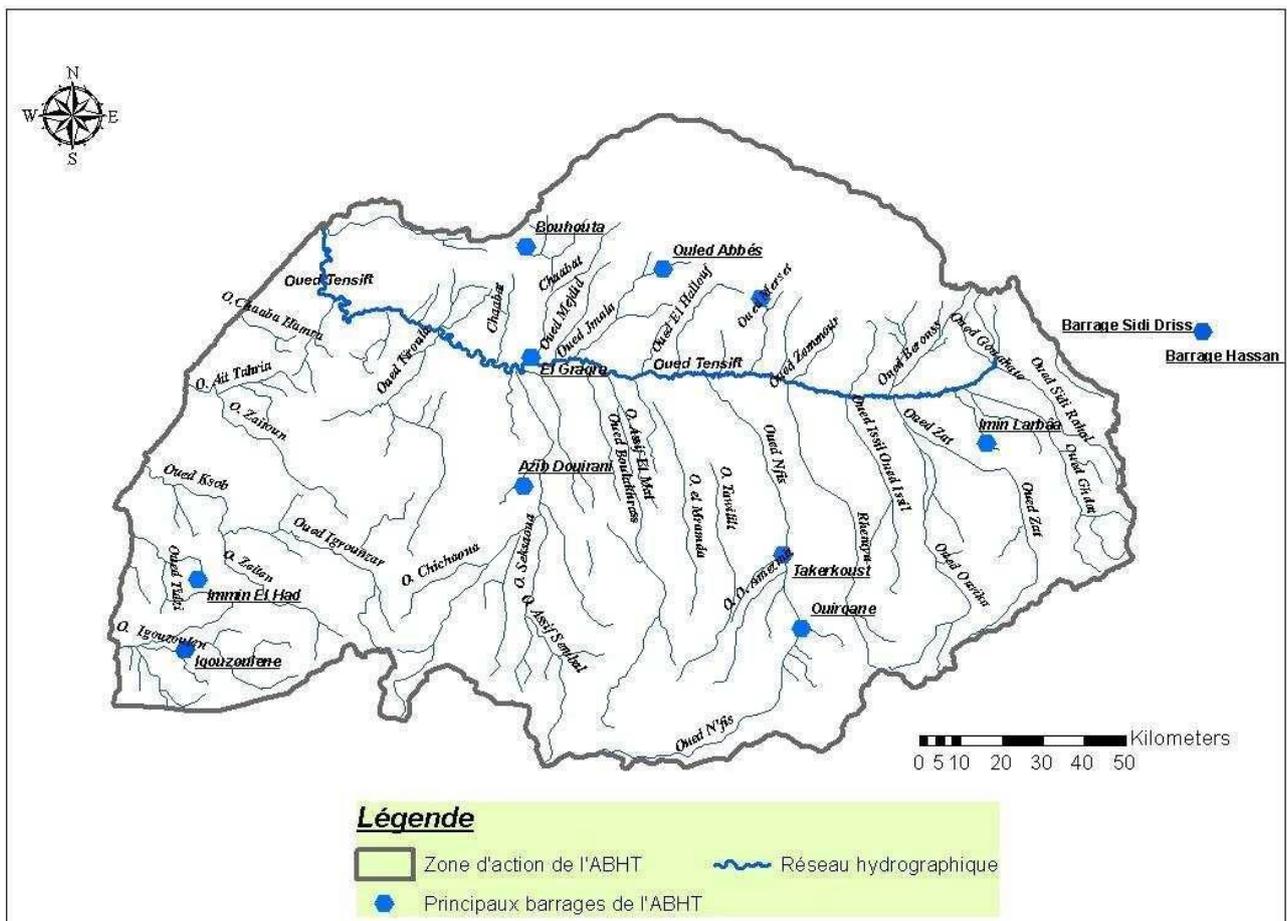


Figure4 : Les eaux de surface et principaux barrages du bassin Tensift. Maroc

**Chapitre II : Les *eaux superficielles* du bassin  
versant de Tensift**

## II.1- Introduction

Les ressources en eau de surface sont très irrégulières et inégalement réparties. Le Haut Atlas constitue le château d'eau des écoulements de surface, puisque les oueds les plus importants y prennent naissance, alors que la plaine est une zone de transition et d'utilisation de l'eau. Les ruissellements à caractère torrentiel, qui se produisent suite aux orages ou aux précipitations intenses, sont collectés par le réseau hydrographique du Tensift qui les évacue vers l'Océan.

La région peut être décomposée en trois zones, dotées de ressources en eau de surface inégalement réparties :

- \*La sous zone du cours amont de l'oued Tensift et ses affluents de la rive gauche qui constituent la partie hydrologique active du bassin, sur une superficie de 11.900 km<sup>2</sup>.
- \*La zone du bas Tensift qui englobe le cours aval de l'oued Tensift et le bassin de l'oued Chichaoua sur une superficie de 7.900 km<sup>2</sup> et dont l'activité hydrologique est très variable.
- \*La zone de Ksob-Igouzoulen: elle est composée des bassins côtiers atlantiques du Ksob et d'Igouzoulen et s'étend sur une superficie de l'ordre de 5.000 km<sup>2</sup>.

## II.1.1- Ouvrages majeurs de stockage des eaux superficielles du bassin de Tensift

Le bassin du Tensift ne comporte que deux ouvrages majeurs de stockage des eaux superficielles :

- Le barrage Lala Takerkoust avec une retenue de 56 Mm<sup>3</sup>, ce barrage permet de régulariser 82Mm<sup>3</sup>, permettant d'irriguer une superficie de l'ordre de 9 800 ha et de produire l'énergie électrique à hauteur de 15 GWh/an.

Le bassin comporte, également, des petits barrages qui permettent démobiliser 2,4 Mm<sup>3</sup> destinés essentiellement à l'irrigation et l'abreuvement du cheptel.

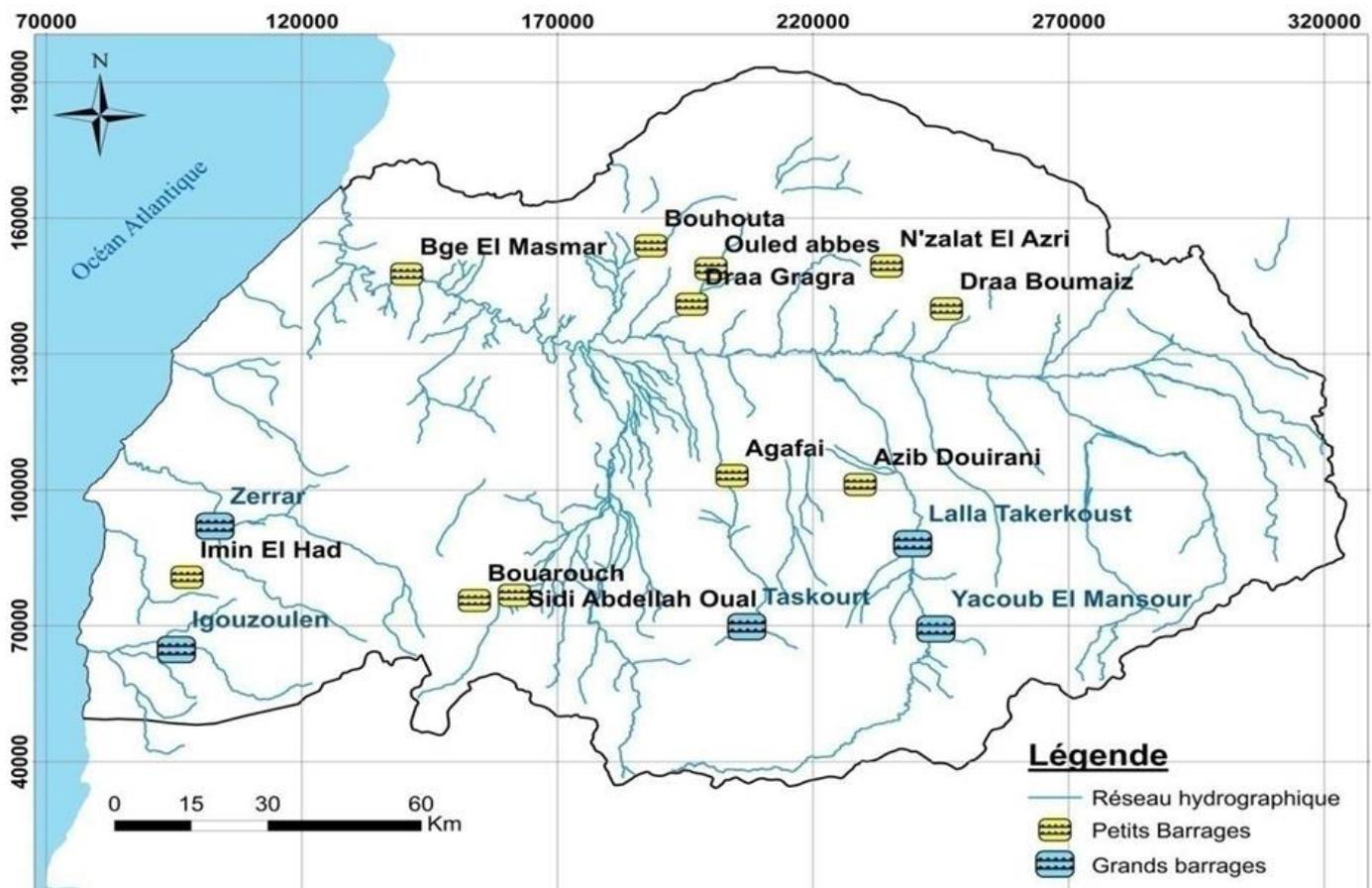
- Le barrage de Wirgane mis en service en 2008, sur le N'Fis, à l'amont du barrage Lalla Takerkoust, d'une capacité de 72 Mm<sup>3</sup>.

Ce barrage viendra renforcer l'AEP de la ville de Marrakech.

Parallèlement aux retenues de barrages, la région est dotée de grands ouvrages de transport d'eau, en particulier :

Le canal de Rocade, long de 130 km. Ce canal de capacité nominale de 300mm<sup>3</sup>/an en année moyenne, transfère les eaux du bassin de l'Oum Er R'bia destinées à l'alimentation en eau potable de la ville de Marrakech 40mm<sup>3</sup> et à l'irrigation dans le Haouz Central 260Mm<sup>3</sup>.

(Zakaria Smajj, Juin 2011)



**Figure5 : Les différents aménagements hydrauliques du bassin Tensift au Maroc d'après l'ABHT**

Les principaux affluents de la rivière de Tensift sont les oueds, parmi eux :

### **Qued Ourika**

L'oued Ourika, prend naissance dans la partie sud-ouest de l'atlas et coule au Nord Est sur une longueur de 43 km en passant le long de plusieurs villages. C'est un oued très pentu. C'est est un affluent de l'oued Hadjer lui-même affluent rive gauche du Tensift. Il draine un bassin versant de 503 km<sup>2</sup> à la station Aghbalou sur une longueur de 45.5 km.

Le bassin possède un réseau d'affluents et de chaâbats très développé.

### **Oued Zat**

L'oued Zat transite par la ville d'Ait Ourir, est situé à environ 40 Km à l'est de Marrakech.

L'oued Zat draine un bassin versant d'une superficie de 528 km<sup>2</sup> à la station d'observation hydrologique de Taferiat. Il forme avec l'oued Ourika les 2 bras principaux de l'oued Hadjar. L'oued Zat prend naissance à 3868 m d'altitude et chemine sur 94 Km avec une pente moyenne de 20%. Il se classe ainsi comme l'oued le moins pentu des oueds atlasiques.

### **Oued Rhéraya**

L'oued Rhéraya est un affluent atlassique rive gauche de l'oued Tensift. Il est constitué par la confluence de Assif Iminene et assif N'Aït Mizaine qui prennent naissance dans le haut Atlas à environ 3600 m d'altitude.

Les principaux villages implantés le long de cet oued sont : Asselda, Tamgounsi, tagadirt, Taghart, Tinitme et Armed.

L'oued Rhéraya draine un bassin versant d'une superficie de 225 km<sup>2</sup> à la station d'observation hydrologique de Tahanaout. Il se classe comme l'oued le plus pentu des oueds atlasiques.

### **Oued Chichaoua**

Le sous bassin de Chichaoua fait partie du système hydraulique de l'Oued Tensift qui comporte une dizaine de sous-bassins. Il est situé le plus à l'Ouest au niveau du bassin Haouz Mejjat. Il est délimité à l'Est par le bassin versant Assif Al Mal, au Sud par les montagnes du Haut Atlas, au Nord par Tensift et à l'Ouest par la Plaine d'Oulad Bousbaa.

L'oued Chichaoua draine une superficie de 2.696 km<sup>2</sup>.

### **Oued N'Fis**

L'oued N'Fis draine un sous bassin principal de l'oued Tensift. Ce bassin coïncide pratiquement avec la limite avale des zones de ruissellement actif.

Les principaux affluents de l'oued N'Fis sont les suivants : L'oued Amezmiz, Assif Ougdemot, Oued Ouirgane, Assif Imigdal et Assif N'Augrandis.

L'oued N'Fis draine un bassin versant d'une superficie 1686 km<sup>2</sup> au niveau du barrage LALLA TAKERKOUST dont le bassin versant coïncide pratiquement avec la limite avale des zones de ruissellement actif. Son cours d'eau mesure 152 km jusqu'à la confluence avec l'oued TENSIFT.

Le réseau hydrographique du bassin du N'Fis mesure 3322 km environ au barrage, soit une densité de drainage de 1.97 km/km<sup>2</sup>.

Le réseau de séguias se développe à l'aval du barrage Lalla Takerkoust et prélève environ 83 % des apports de l'oued.

### **Oued R'dat**

Le long de l'oued R'dat, qui coule sur une longueur de 51,8km depuis ses origines à 2200m en Atlas jusqu'à la station de Sidi R'hal, plusieurs douars sont implantés. Ceux qui sont menacés soit directement par l'oued ou ses affluents sont : Imizer, Dar el oued, Jeddint, Tabahggat, Tilnit, Adouz et Al Mahrouz.

L'oued R'dat draine un bassin versant d'une superficie de 569 km<sup>2</sup> au niveau de la station d'observation de Sidi Rahal.

L'oued R'dat est alimenté à partir de cinq principaux affluents: Tichka, Iswal, Ifradane, Imzer, et Tissert.

## II.2- Qualité des eaux superficielles du bassin Tensift

Les eaux superficielles du bassin de Tensift sont de qualité généralement excellente à moyenne, excepté les points d'eau en aval des rejets de Marrakech, Amzmiz, Imintanoutet Ait Ourir ont été de qualité mauvaise à très mauvaise. Les paramètres de déclassement de la qualité des eaux de ces derniers points sont les teneurs élevés en Ammonium, Phosphore total, matières organiques, bactéries et les teneurs, faibles à nulles, de l'oxygène dissous.

La répartition des stations par niveau de qualité, il en ressort que :

- 55 % des stations présentent une eau de qualité bonne à excellente.
- 11 % des stations échantillonnées sont de moyenne qualité.
- 34 % des stations échantillonnées sont de mauvaise à très mauvaise qualité.

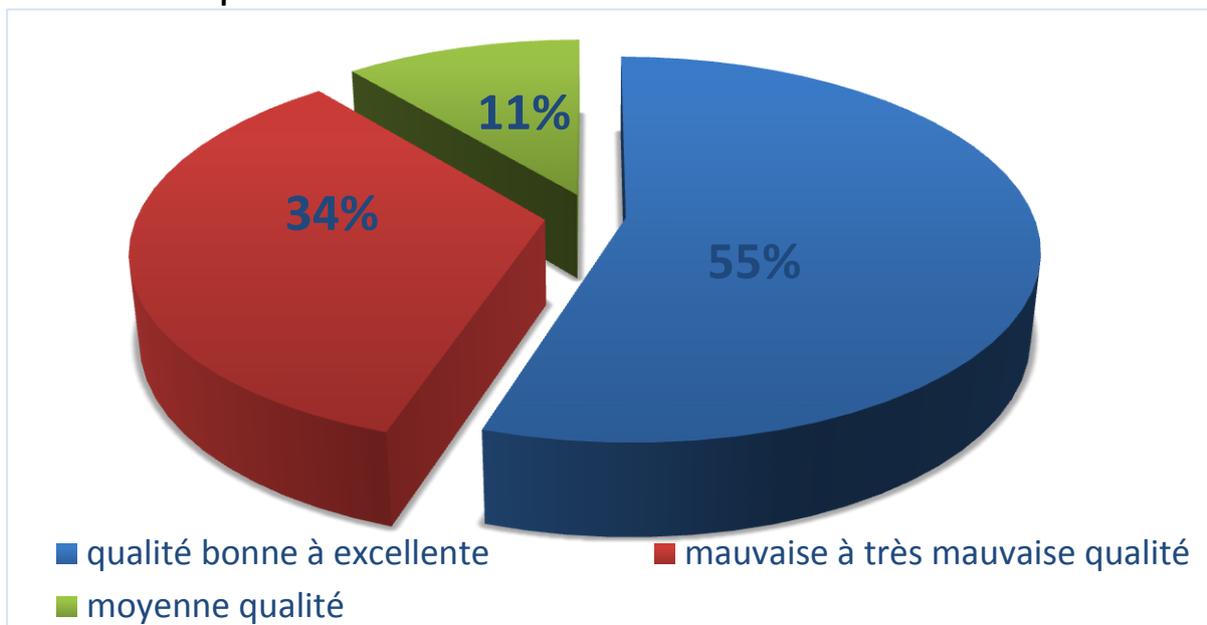


Figure6: Répartition des stations du bassin versant de Tensift (Maroc) par niveau de qualité

Oued	Qualité des eaux
Oued N’Fis	Eaux de qualité bonne à moyenne aptes à tous les usages avec un traitement normal pour l’AEP*
Oued Zat	Eaux de qualité bonne à moyenne aptes à tous les usages avec un traitement normal pour l’AEP*
Oued R’Dat	Eaux de qualité moyenne avec une salinité élevée enregistrée au niveau de la station Sidi Rahal et aval Sidi Rahal
Oued Rheraya (Tahnaout)	Eaux de qualité bonne à moyenne (problème de salinité)
Oued Ourika	Eaux de qualité bonne à moyenne aptes à tous les usages avec un traitement normal pour l’AEP*
Cours moyens et bas Tensift (Talmest et Abdalla)	Eaux fortement polluées

**Tableau2 : La qualité des ressources en eau superficielle du bassin Tensift. Maroc**

**\*AEP** : Alimentation en Eau Potable.

## **II.3- L'hydrologie des rivières**

### **II.5.1- Les régimes des débits**

Le débit de la rivière de Tensift et de ses affluents commence à augmenter en novembre, après le début des pluies.

Le débit maximum est observé de mars jusqu'en avril où la neige commence à fondre et un débit important reste mesuré en général jusqu'au mois de mai.

Le débit de ces rivières se varie d'une saison à l'autre : plus de 80% du débit total est observé de novembre à mai et il s'épuise souvent de juillet à septembre pendant la saison sèche, y compris pour la rivière de Tensift.

## II.5.2- Les crues et les inondations

Les crues des différents oueds du bassin de Tensift sont d'origine pluviale. Elles résultent généralement de fortes averses localisées ou non dans l'espace.

Le caractère le plus redoutable des crues du Haut Tensift est leur soudaineté.

Plusieurs crues ont eu des temps de montée de une à 4 heures ; d'autres des durées de 4 à 10 heures, qui est la classe la plus fréquente pour les cinq bassins versants.

Ces durées sont relativement courtes et constituent un grand risque pour les riverains et les touristes, en raison de la difficulté de déclencher à temps des alertes d'évacuation.

Ces derniers ont souvent été surpris par les montées rapides et soudaines des niveaux des eaux et des vitesses d'écoulement.

Le risque d'inondation est très présent dans le bassin versant de Tensift.

Les inondations en plaine ont un caractère particulier qui les distingue des crues en zones montagneuses.

La problématique des inondations dans le Tensift peut être différenciée selon deux catégories d'oueds qui se distinguent par des régimes hydrologiques différents :

\*La zone atlasique avec ses grandes vallées alimentées par de multitudes de petits ruisseaux et de chaâbat et ou la topographie assez raide.

\*les plaines à reliefs doux avec des oueds actifs uniquement lors de la saison pluviale ou lors des événements exceptionnels.

Dans sa partie montagneuse, il est régulièrement frappé par des inondations parfois meurtrières ; tels que les événements tragiques de l'**Ourika en août 1995**. Il fût le résultat de violents orages qui ont éclaté dans un après-midi d'été en amont des bassins versants, sur une zone restreinte comprise entre 2 000 et 3 000 m d'altitude. La crue n'a duré que 3 heures dans le bassin de l'Ourika et le temps de montée y a été particulièrement bref.

Par ailleurs, **La crue du 28 octobre 1999** a été semblable à celle du 17 août 1995 par des débits de pointe exceptionnels. Ces débits ont atteint un record pour l'oued N'Fis à Imin El hammam avec une pointe de 1575 m<sup>3</sup>/s et un temps de montée de 9 heures.

Du **20 au 30 novembre 2014**, le bassin de Tensift a connu un évènement hydrologique exceptionnel dont la séquence pluviométrique est d'une grande ampleur.

Les stations ont enregistré des hauteurs de précipitations exceptionnelles par rapport aux normes habituelles. Dans le sous bassin du N'Fis par exemple, la station d'Iguir Nkouris a enregistré un cumul de 136 mm pendant les 11 jours et 121 mm au barrage Yaacoub Elmansour.

Pendant la même période, Aremd, dans le haut bassin de la Gheraya, a eu 367 mm, puis 291 à Tazitounte et même 519 mm à Tourcht dans le sous bassin de l'Ourika. Suite à ces pluies abondantes, tous les cours d'eau du bassin ont réagi par de forts gonflements hydrologiques et des débits de plus en plus importants vers l'aval.

Ces crues violentes entraînent toujours dans leur déplacement des blocs, des galets, du sable, du limon et des branchages.

Ces matériaux forment parfois des barrages qui cèdent sous la pression des eaux. Un flot de boue, armé de charge solide fine et grossière, déferle alors en emportant champs, arbres, routes, passerelles et maisons.

(M.Saidi-O.Bennani-A.Khafaoui-F.Fniguire-A.Hiqui et Z.Belkharchach, Mai 2015)

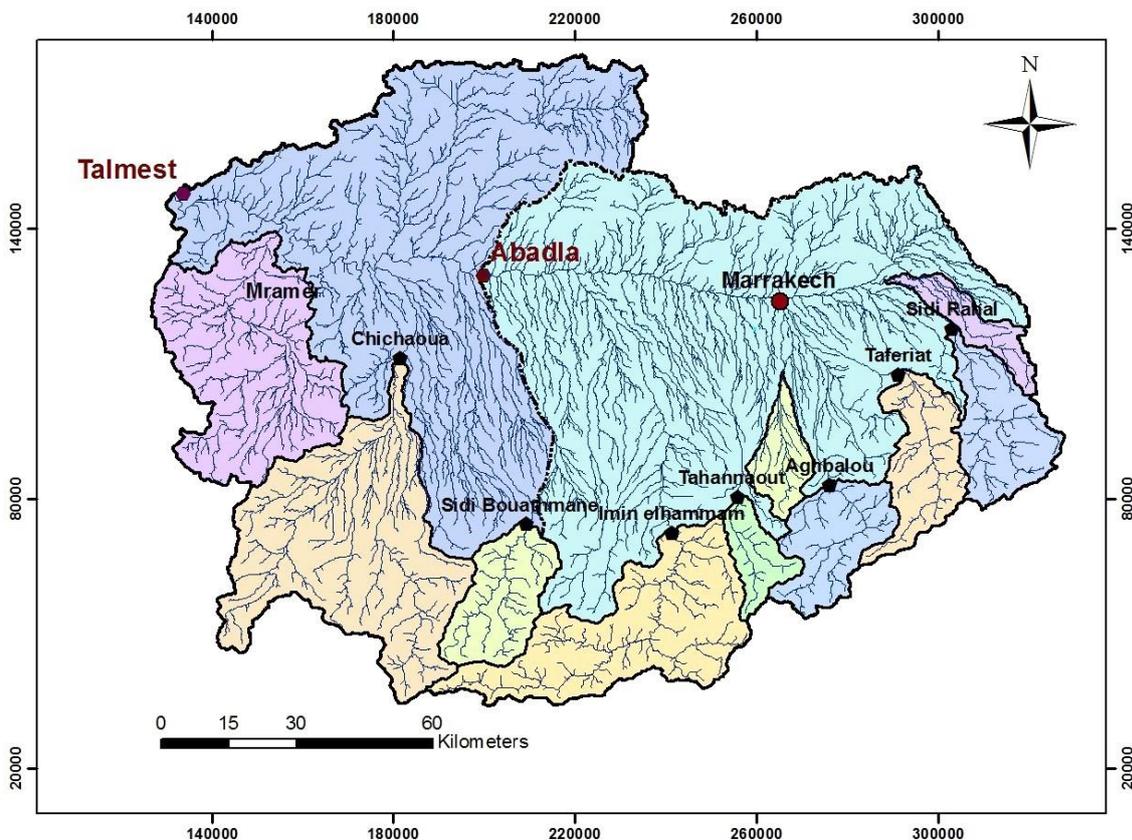
## **Chapitre III : Relation Pluies-débits** (Partie pratique)

### III.1- Introduction

La carte ci-dessous représente les sous bassins versants de l’oued Tensift dont Les stations hydrologiques situées au piémont de l’Atlas de Marrakech, comme celles d’Aghbalou, Taferiat et Sidi Rahal, sont des sous bassins montagneux, alors qu’Abadla et Talmest sont les stations de plaine qui collectent les eaux issues des sous bassins montagneux.

L’explication hydrologique des très fortes pointes de débits et des volumes d’eau observés à Talmest, repose sur le fait exceptionnel que, une fois n’est pas coutume, tous les sous bassins versants de Tensift ont contribué à gonfler les débits du cours d’eau principal.

Les débits enregistrés, de l’est à l’ouest, ont été tous importants.



**Figure7 : sous bassins versants de l’oued Tensift(Maroc) contributifs aux débits du cours d’eau principal**

## III.2- Le régime pluviométrique

Le bassin versant de Tensift se caractérise par une forte fluctuation pluviométrique aux échelles annuelle et interannuelle, ce qui influe sur l'hydrologie superficielle et souterraine et sur l'usage de l'eau.

Les données pluviométriques ont été fournies par notre encadrant Mr. SAIDI Mohamed El Mehdi.

Elles concernent les stations d'Abadla, Aghbalou, Chichaoua, Illoudjane, Marrakech, Sidi Bouathmane, Taferiat, Tahanaout, Immin El Hammam et Sidi Rahal.

Stations	X	Y	Z
Abadla	200	129.5	250
Aghbalou	276.15	83.05	1070
Chichaoua	181.53	111.2	340
Illoudjane	176.25	70.53	757
Marrakech	250	110	460
Sidi Bouathmane	209400	74300	820
Taferiat	291.25	107.5	760
Tahanaout	255.9	80.4	925
Immin El Hammam	241.4	72.4	770
Sidi Rahal	303.1	117.8	690

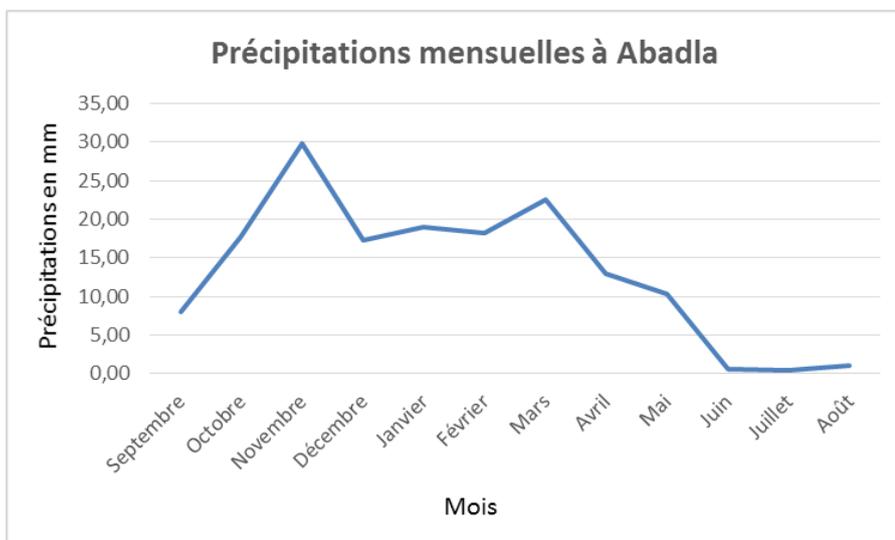
**Tableau3 : Les coordonnées des stations étudiées du bassin Tensift. Maroc**

Cette étude du régime pluviométrique a été réalisée de telle façon à tirer le maximum d'informations des données.

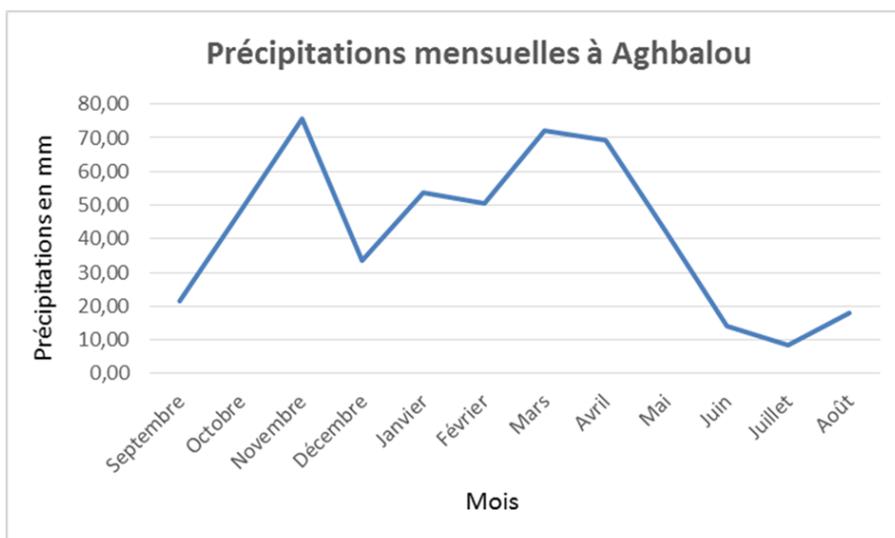
Pour le traitement de ces données pluviométriques, nous avons choisi de travailler à différents pas de temps pour aboutir à une comparaison aux échelles mensuelles, saisonnières et annuelles.

### III.2.1- Précipitations moyennes mensuelles :

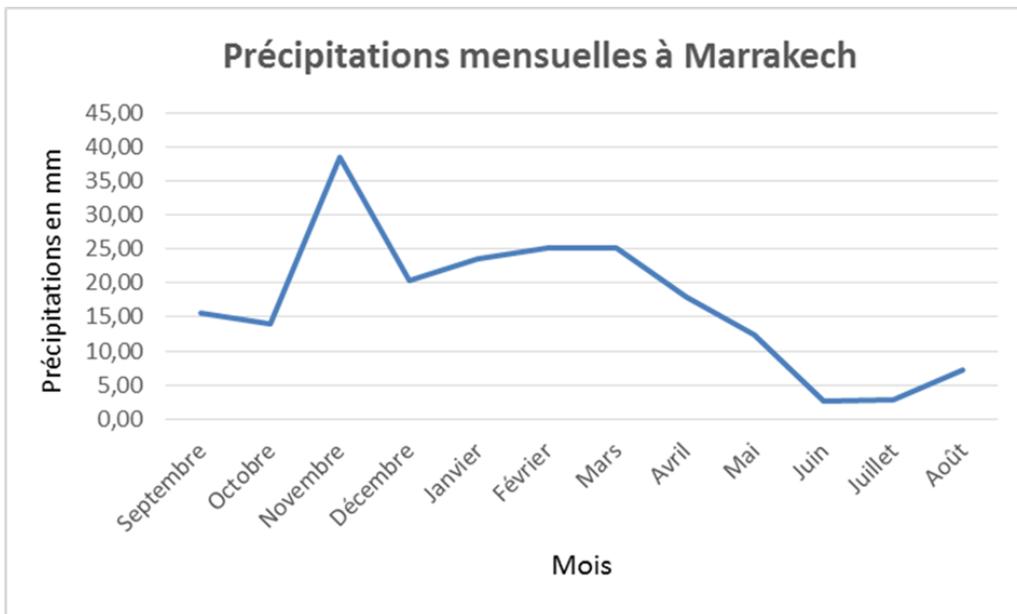
Les hauteurs de précipitations étudiées dans ces stations correspondent à des intervalles de période de [2000-2017].



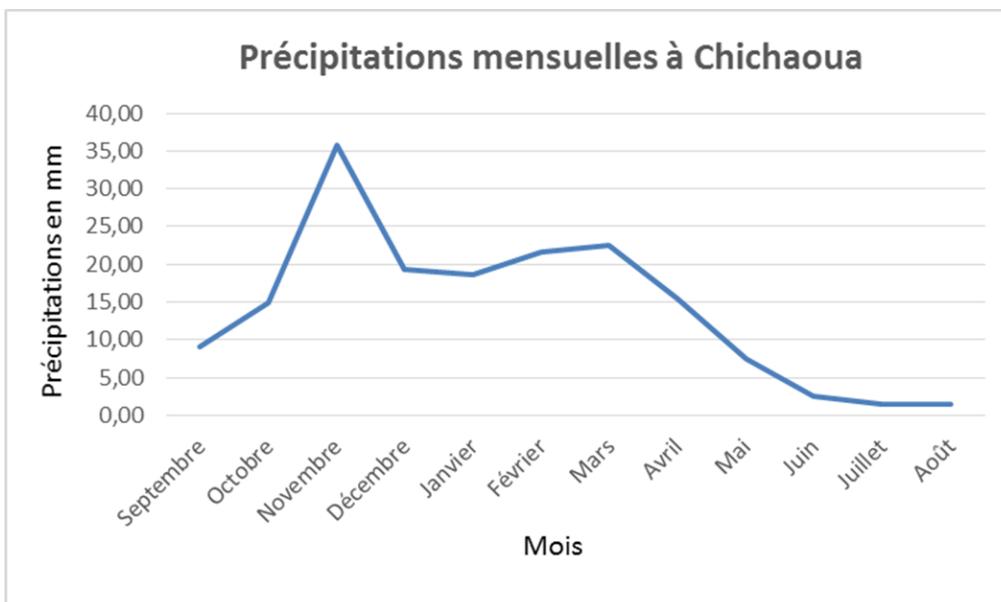
**Figure8 :**  
**Précipitations mensuelles à Abadla(Maroc) (2000-2017)**



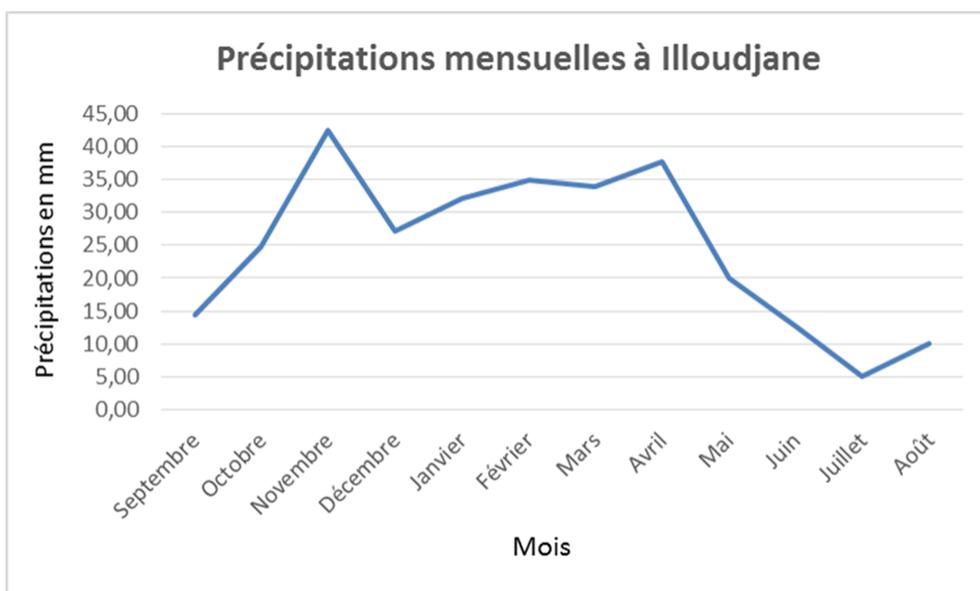
**Figure 9:**  
**Précipitations mensuelles à Aghbalou(Maroc) (2000-2017)**



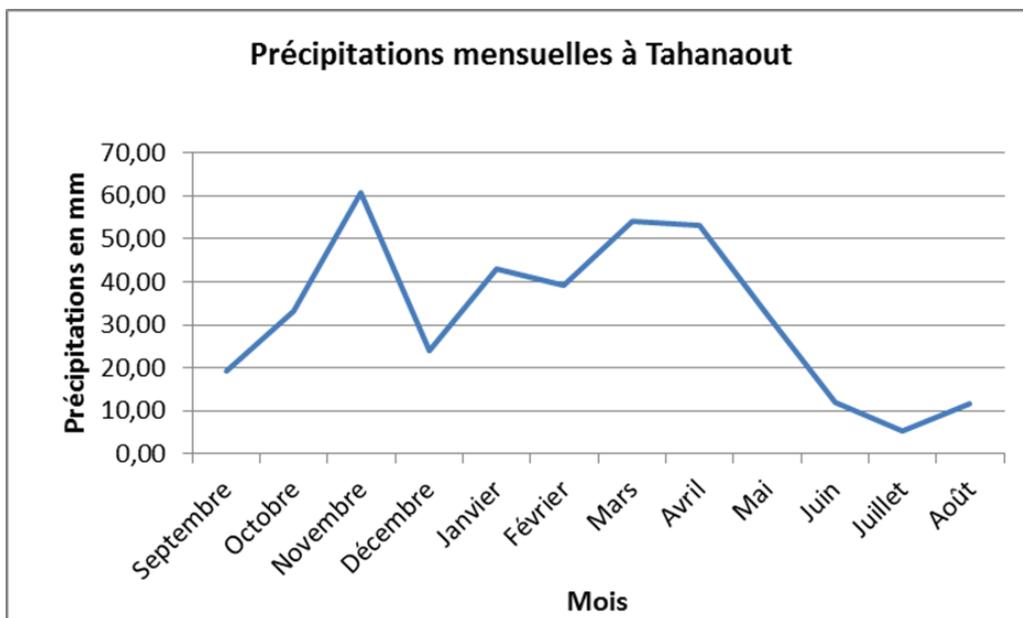
**Figure10 :**  
**Précipitations mensuelles à Marrakech (Maroc) (2000-2017)**



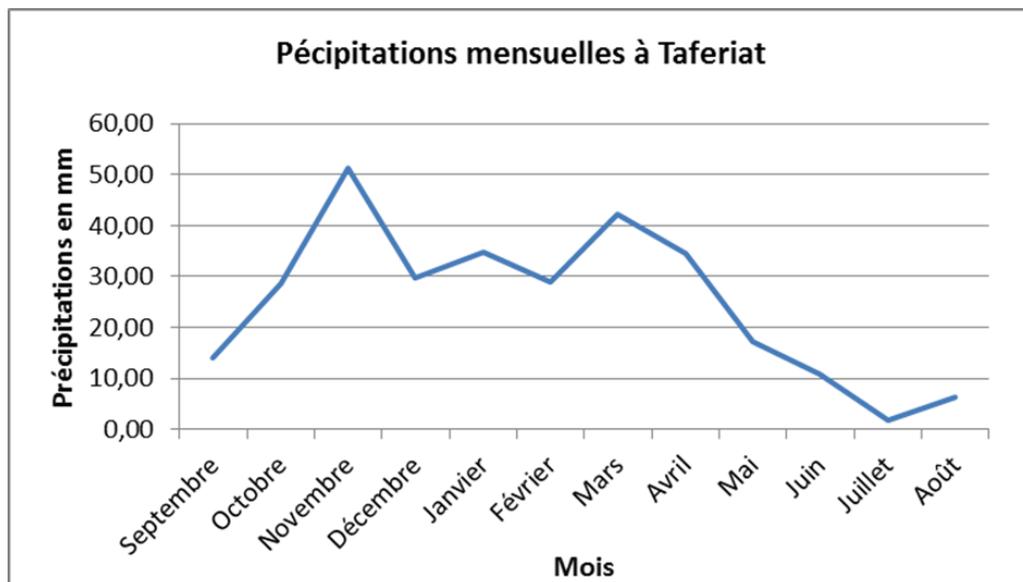
**Figure11 :**  
**Précipitations mensuelles à Chichaoua (Maroc) (2000-2017)**



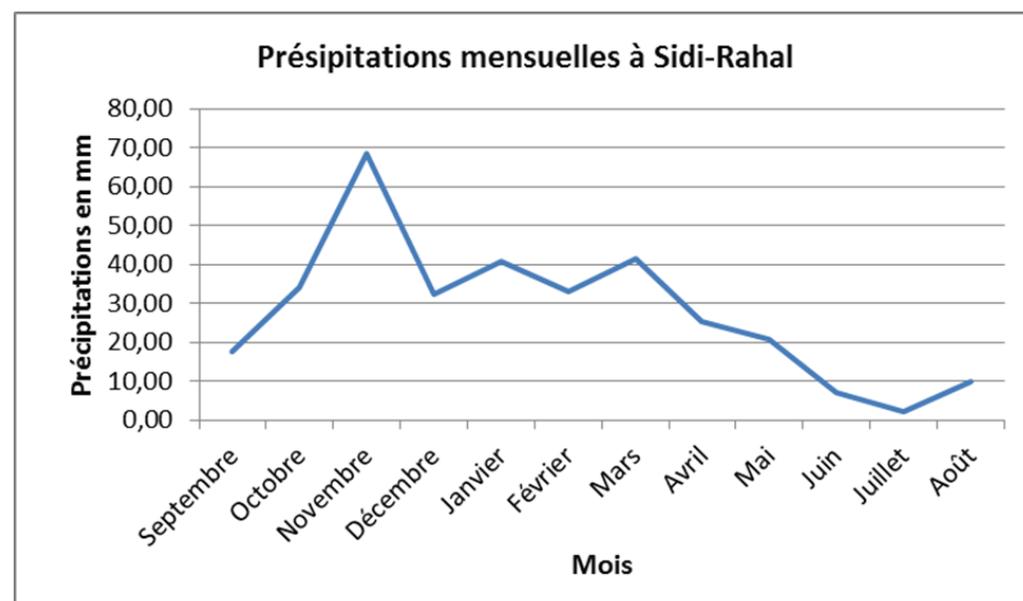
**Figure12 :**  
**Précipitations mensuelles à Illoudjane (Maroc) (2000-2017)**



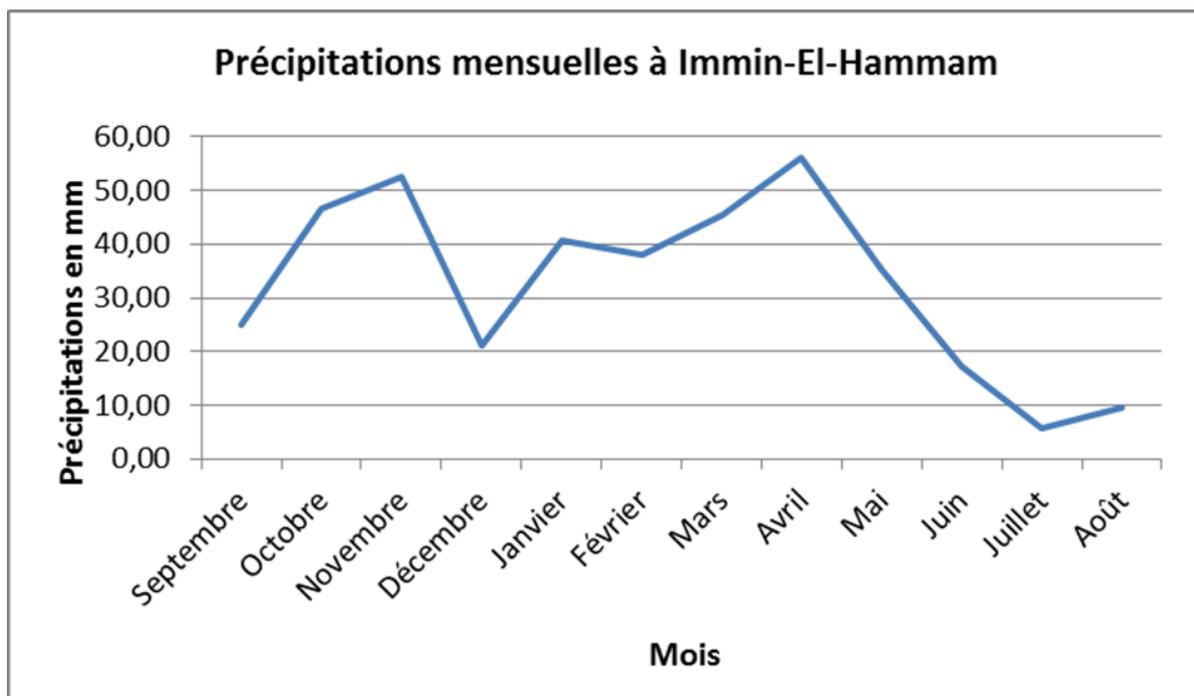
**Figure13 :**  
Précipitations mensuelles à Tahanaout. Maroc(200-2017)



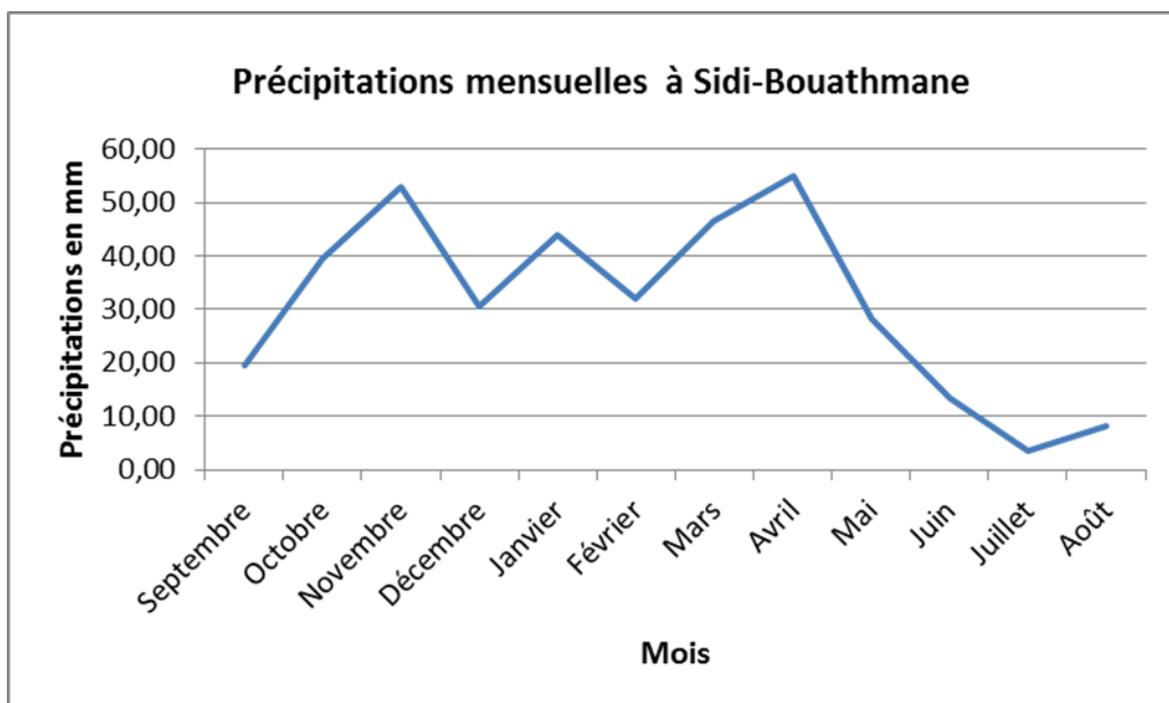
**Figure14 :**  
Précipitation s mensuelles à Taferiat. Maroc (2000-2017)



**Figure15 :**  
Précipitation s mensuelles à Sidi-Rahal. Maroc (2000-2017)



**Figure16 : Précipitations mensuelles à Immin-El-Hammam. Maroc (2000-2017)**



**Figure17 : Précipitations mensuelles à Sidi-Bouathmane. Maroc (2000-2017)**

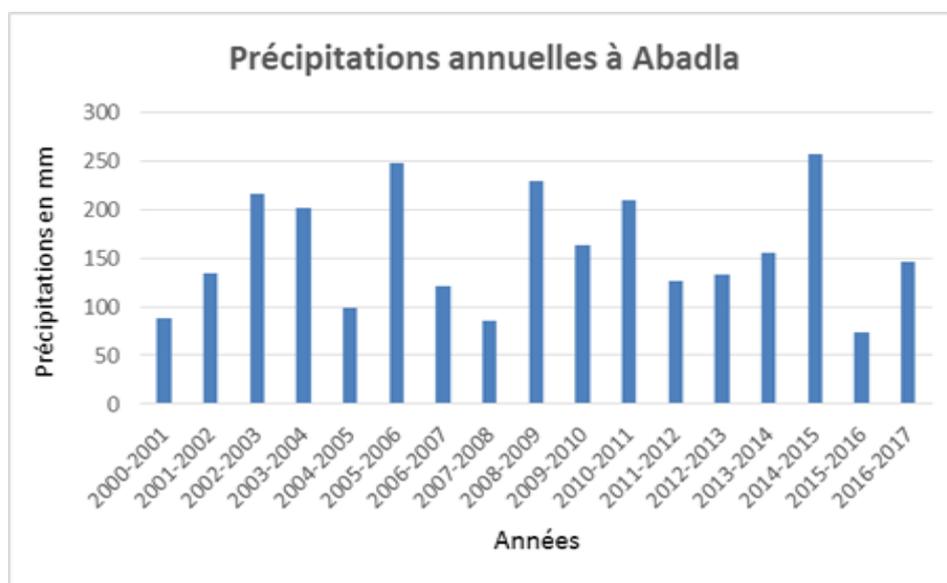
Dans un premier temps, on remarque que la variation mensuelle des pluies sur les tous stations est plus au moins semblable dont le maximum se situe aux mois de mars et avril qui dépassent de très peu le mois de février pour les stations Immin El Hammam et Sidi Bouathmane.

Pour les mois les plus humides (février, mars, avril) les précipitations mensuelles peuvent atteindre jusqu'à 50 mm. La période sèche dure 3 mois (Juin à Août) avec un minimum de précipitations établi aux mois de Juillet et Août.

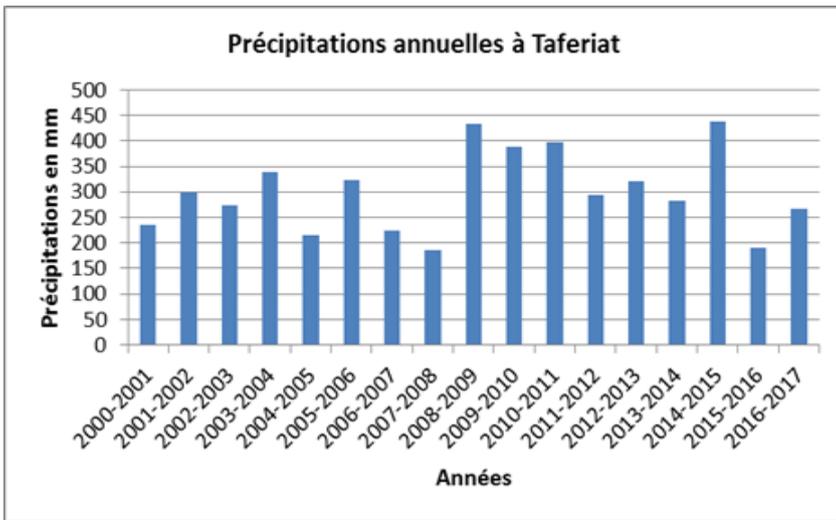
Sidi Bouathmane reste toutefois la station la plus pluvieuse à l'échelle annuelle et durant plusieurs mois.

La station Chichaoua reste la station avec la moyenne de précipitation la plus faible ce qui est parfaitement normal vue que c'est la station avec la plus faible altitude.

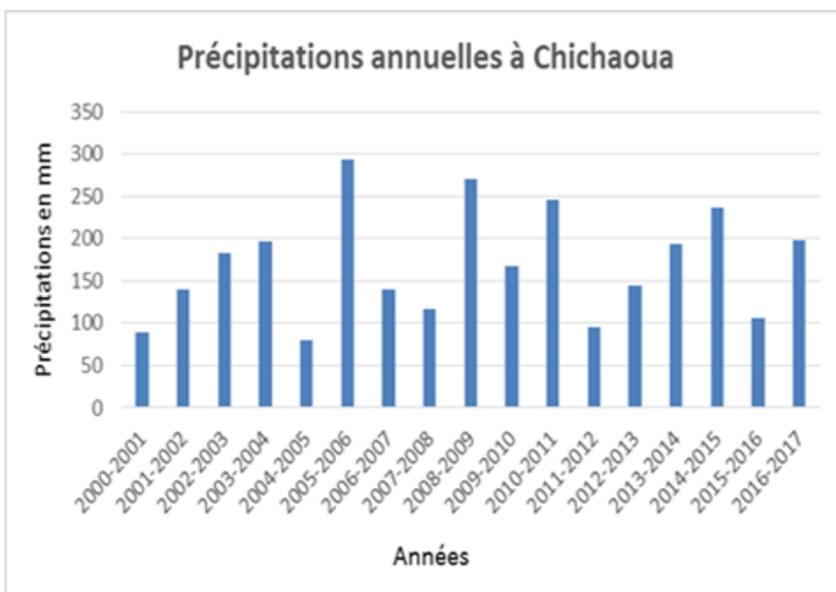
### III.2.2- Précipitations annuelles :



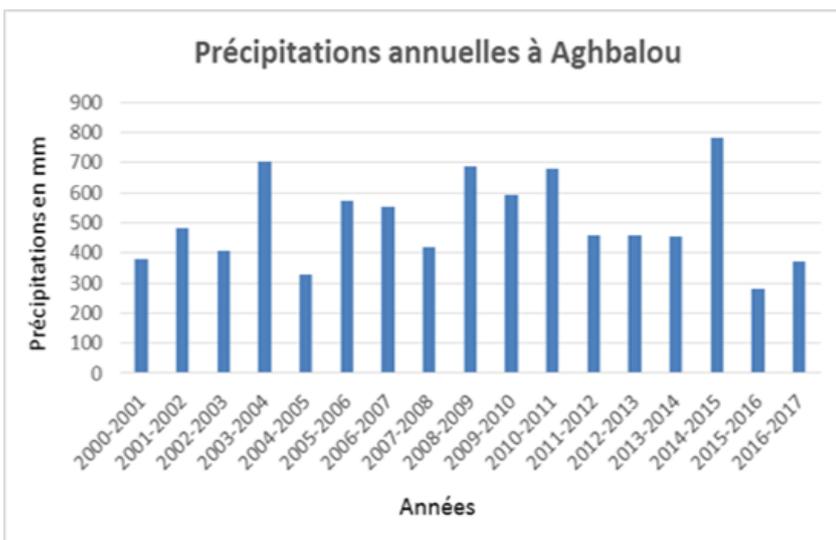
**Figure18 : Précipitations annuelles à Abadla. Maroc (2000-2017)**



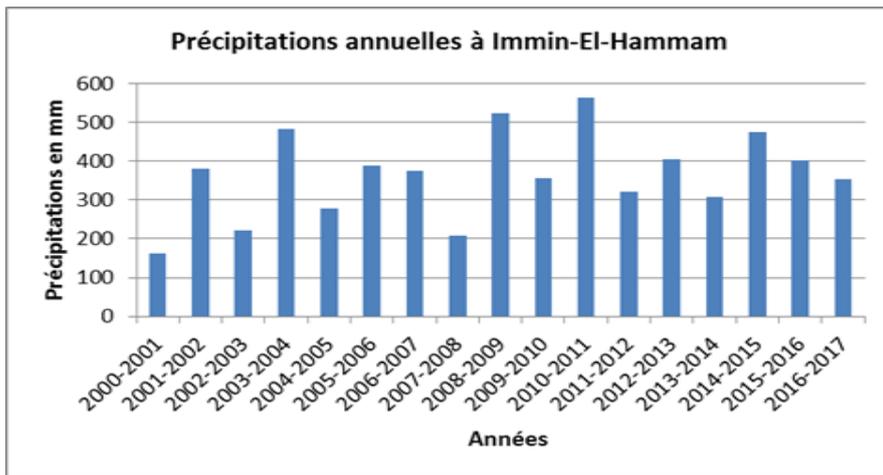
**Figure19 : Précipitations annuelles à Taferiat. Maroc (2000-2017)**



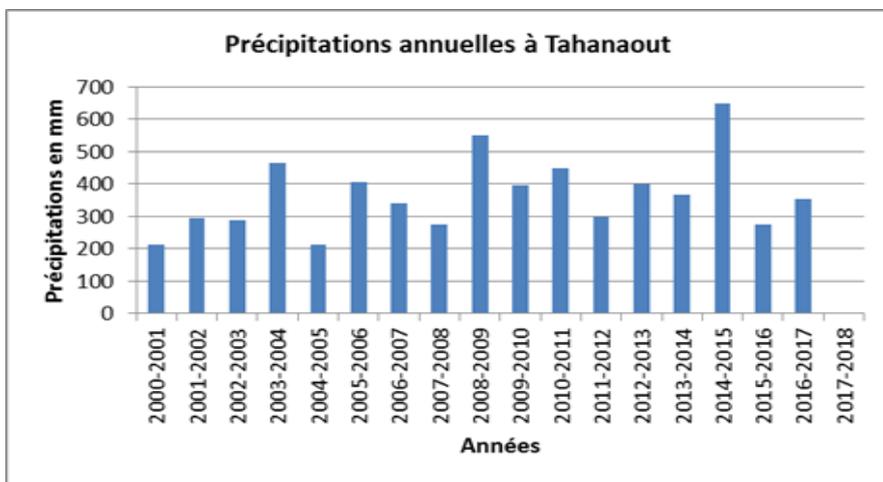
**Figure20 : Précipitations annuelles à Chichaoua. Maroc (2000-2017)**



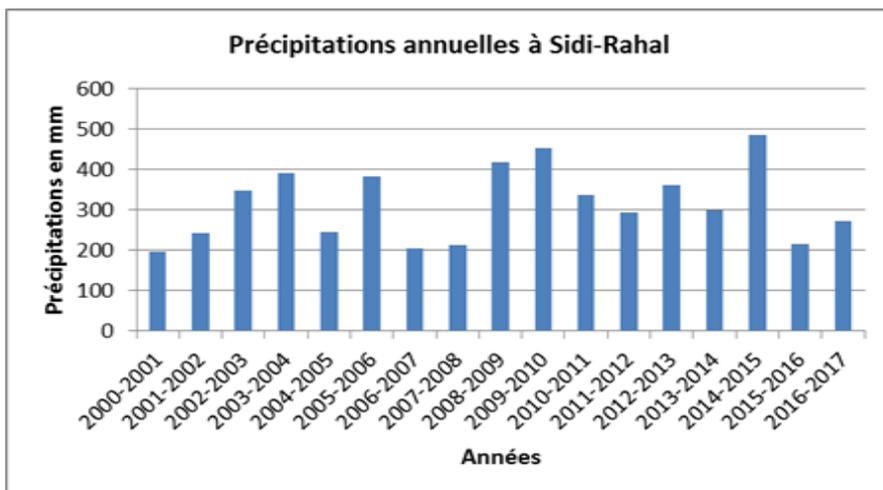
**Figure21 : Précipitations annuelles à Aghbalou. Maroc (2000-2017)**



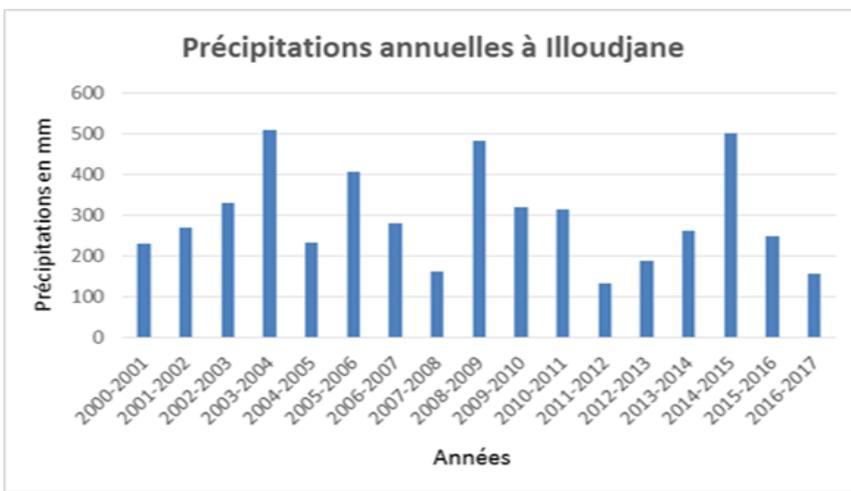
**Figure22 :**  
Précipitations annuelles  
à Immin-El-Hammam.  
Maroc (2000-2017)



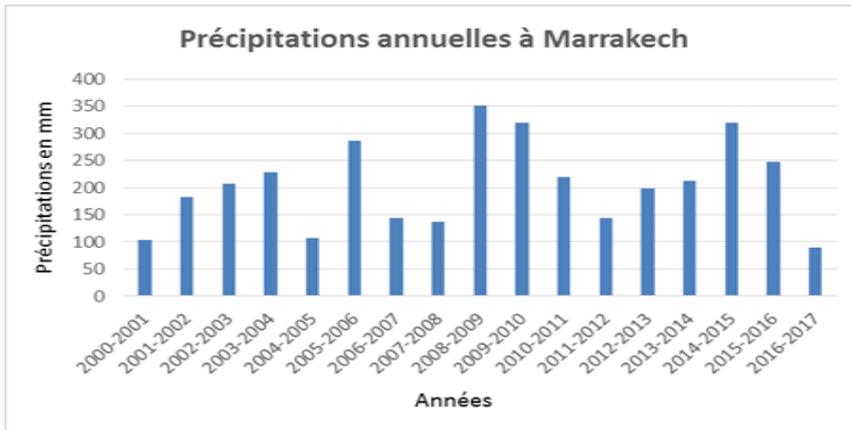
**Figure23 :**  
Précipitations annuelles  
à Tahanaout. Maroc  
(2000-2017)



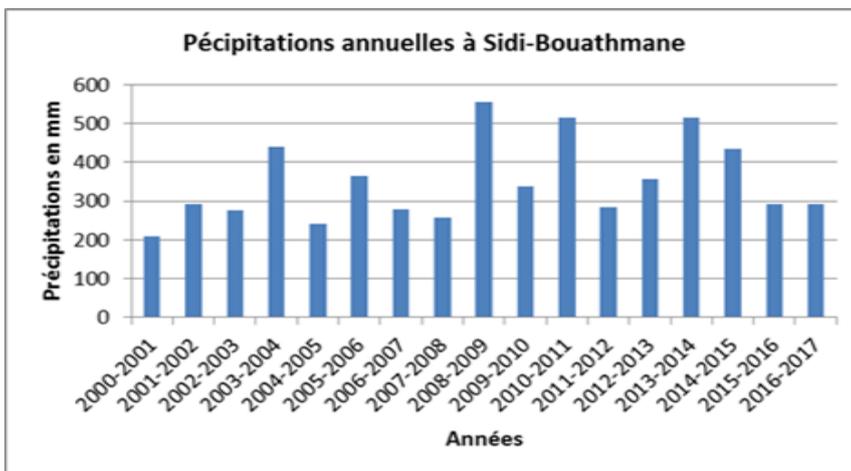
**Figure24 :**  
Précipitations annuelles  
à Sidi-Rahal. Maroc  
(2000-2017)



**Figure25 : Précipitations annuelles à Illoudjane. Maroc (2000-2017)**



**Figure26 : Précipitations annuelles à Marrakech. Maroc (2000-2017)**

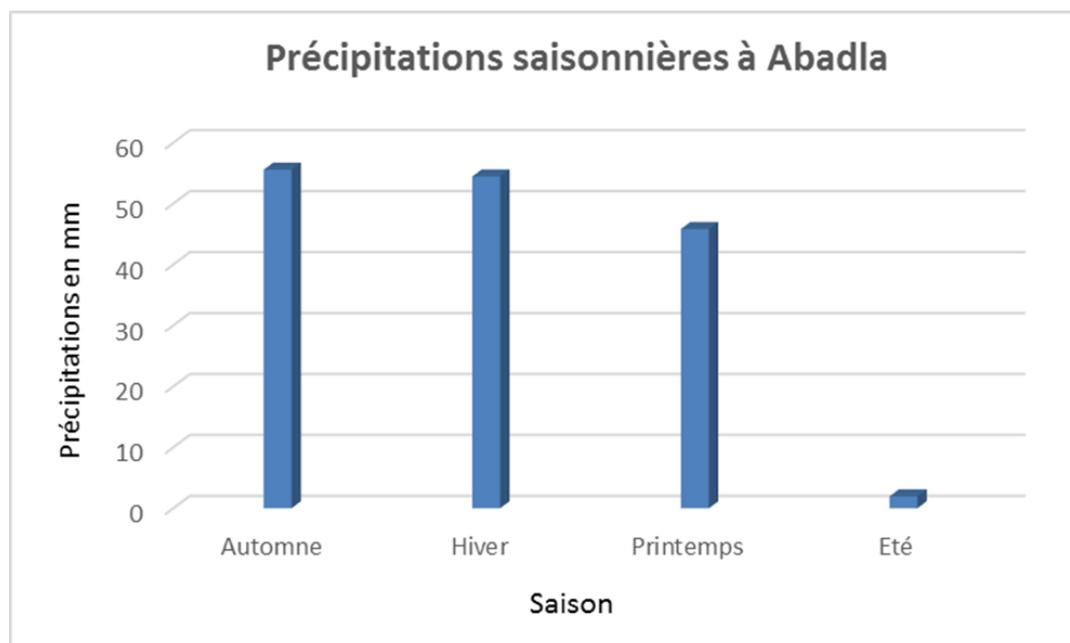


**Figure27 : Précipitations annuelles à Sidi-Bouathmane. Maroc (2000-2017)**

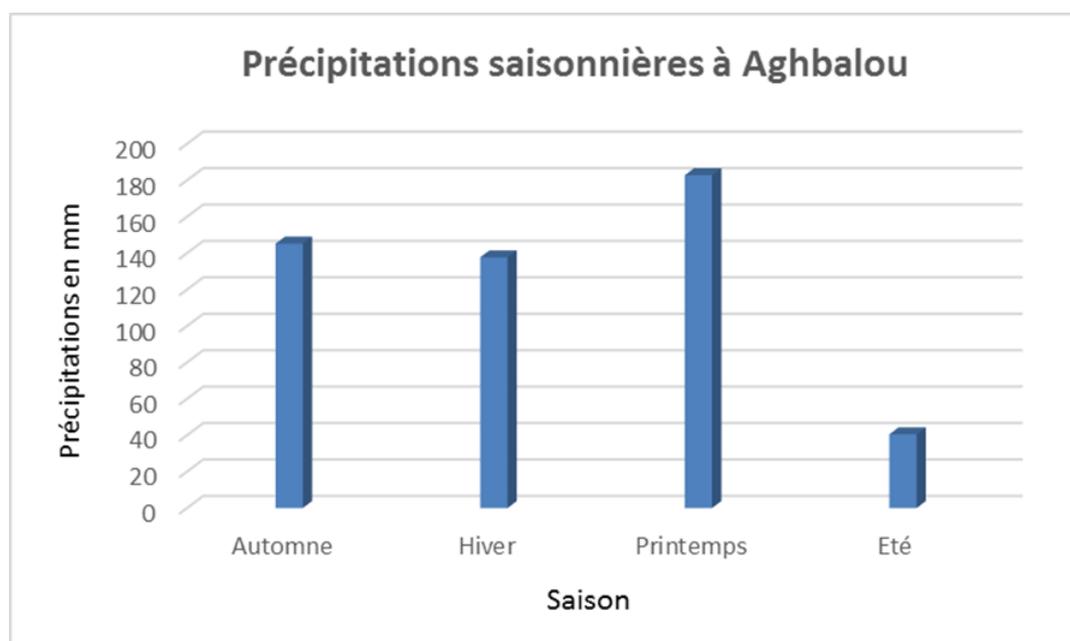
Pour une période d'observation allant de 2000/2001 à 2016/2017, les précipitations varient de façon irrégulière d'une année à l'autre pour chaque station. Pour tous les stations qu'on a, on trouve des années pluvieuses comme par exemple les années : 2003/2004, 2005/2006, 2008/2009, 2010/2011, 2014/2015, et d'autres de pluviosité très faibles telles : 2000/2001, 2004/2005. Donc les précipitations montrent une irrégularité interannuelle frappante.

### III.2.3- Précipitations saisonnières :

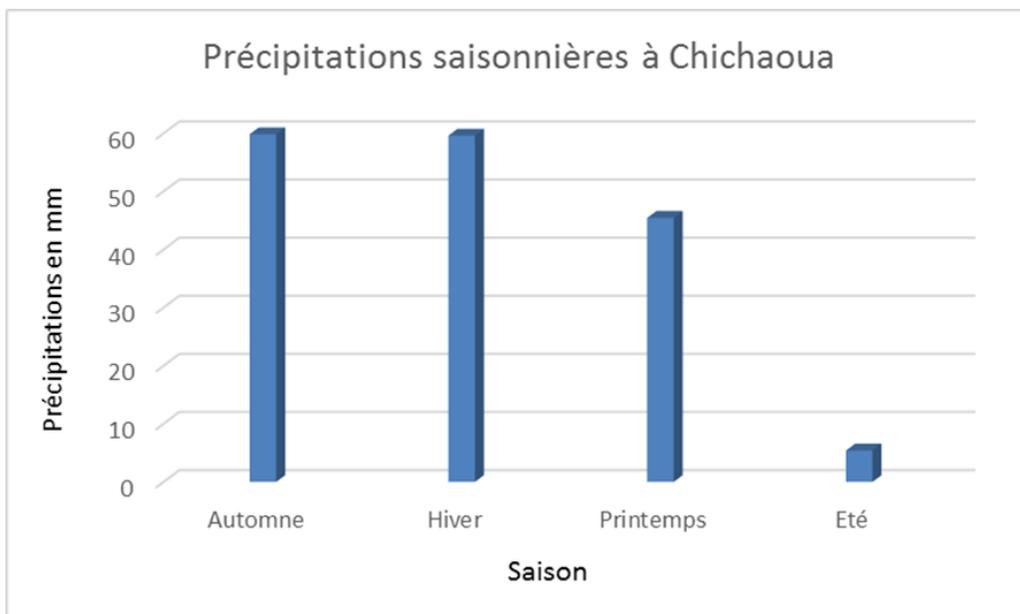
Les valeurs des précipitations saisonnières sont obtenues en calculant la somme des moyennes mensuelles sur une période de 2000-2017 pour chaque station.



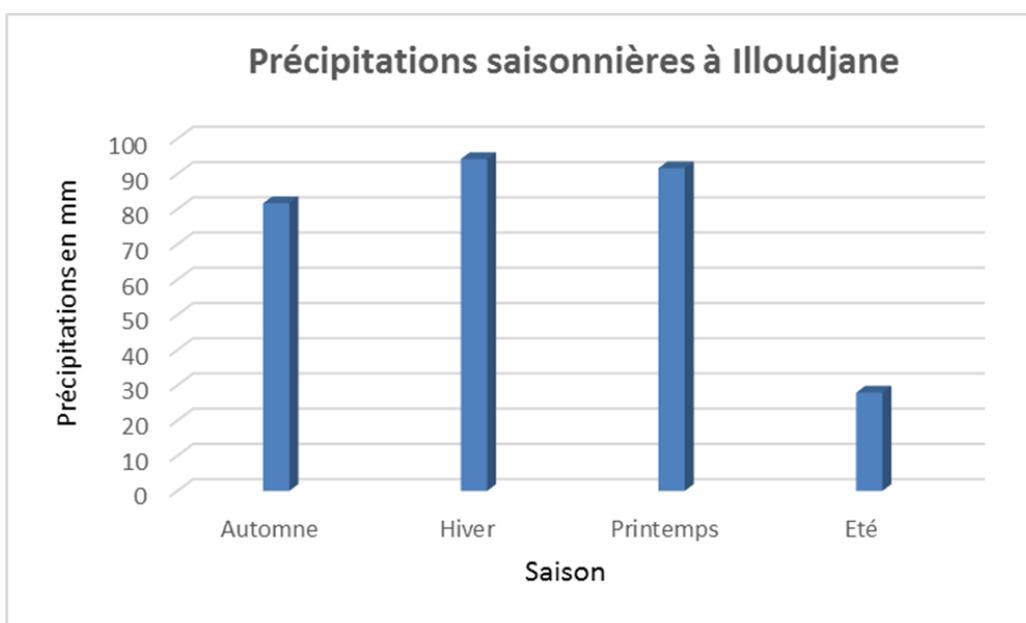
**Figure28 : Précipitations saisonnières à Abadla. Maroc (2000-2017)**



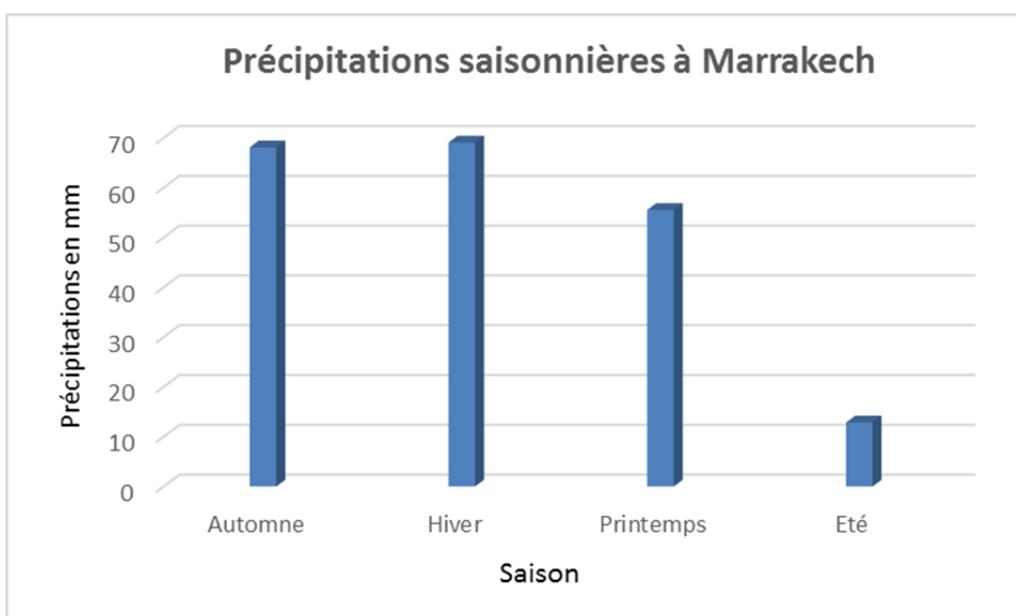
**Figure29: Précipitations saisonnières à Aghbalou. Maroc (2000-2017)**



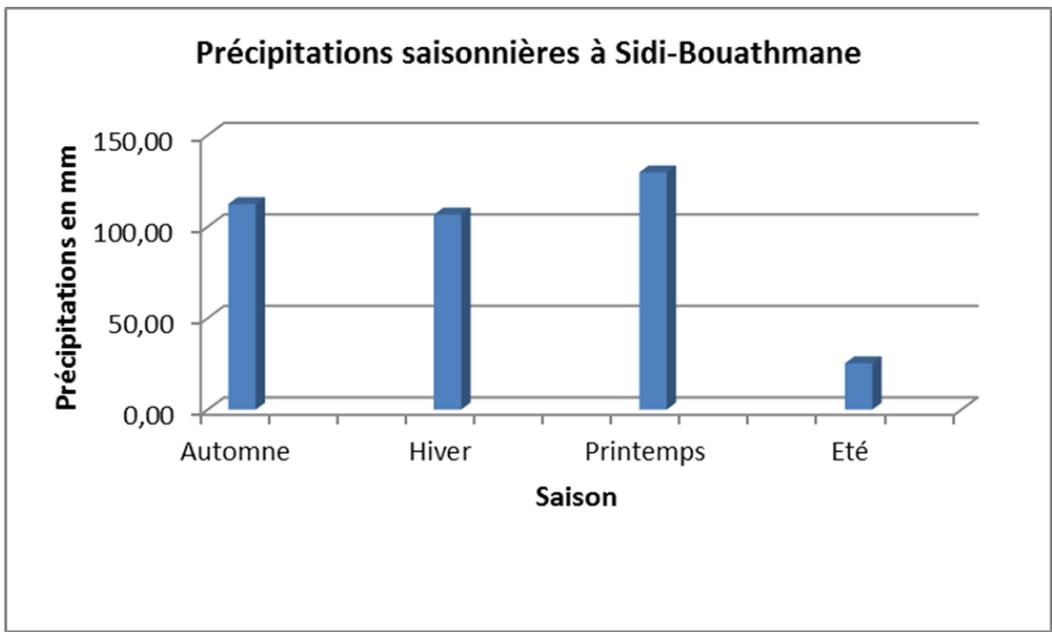
**Figure30 :**  
**Précipitations**  
**saisonnières à**  
**Chichaoua.**  
**Maroc (2000-**  
**2017)**



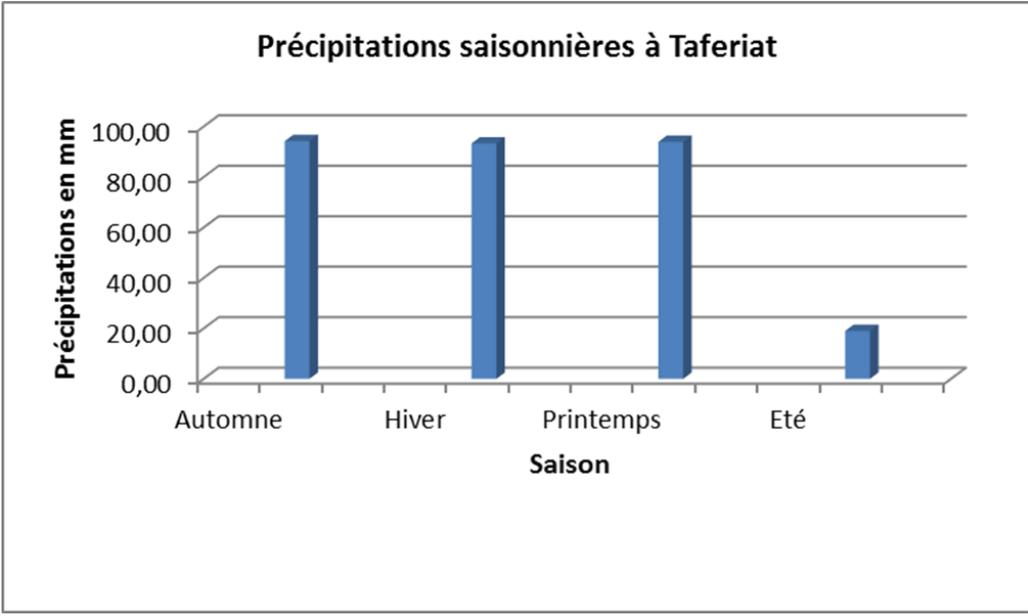
**Figure31 :**  
**Précipitations**  
**saisonnières à**  
**Illoudjane.**  
**Maroc (2000-**  
**2017)**



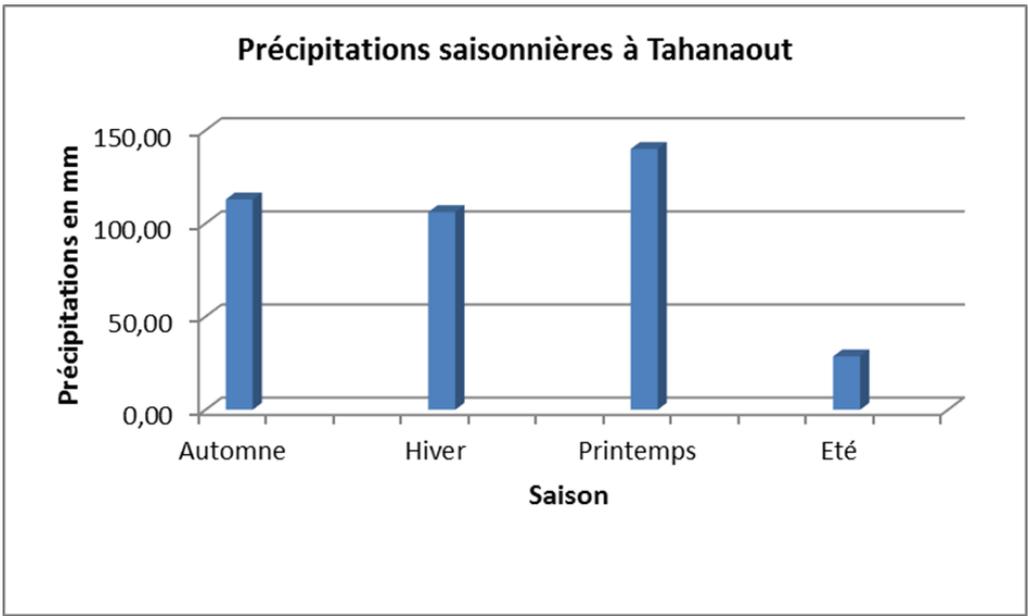
**Figure32 :**  
**Précipitations**  
**saisonnières à**  
**Marrakech.**  
**Maroc (2000-**  
**2017)**



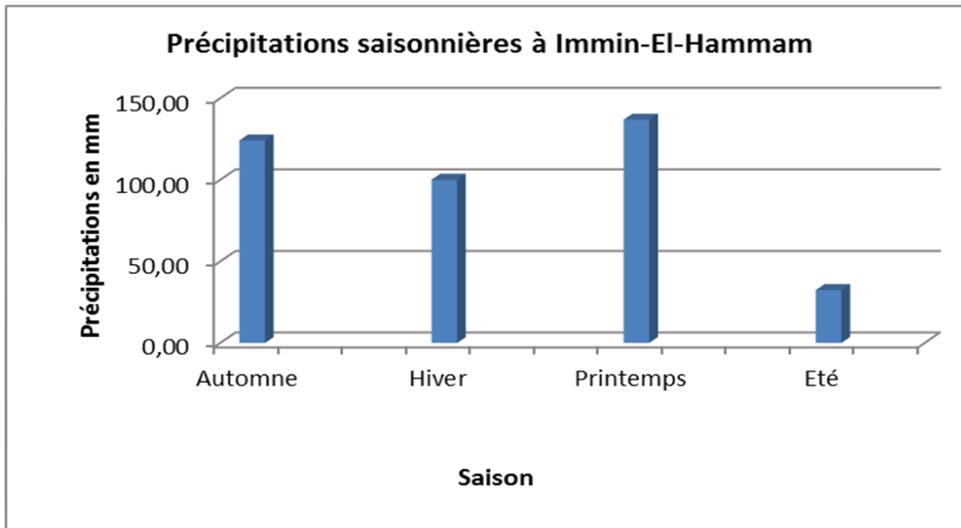
**Figure33 :**  
**Précipitations**  
**saisonnieres à**  
**Sidi-**  
**Bouathmane.**  
**Maroc (2000-**  
**2017)**



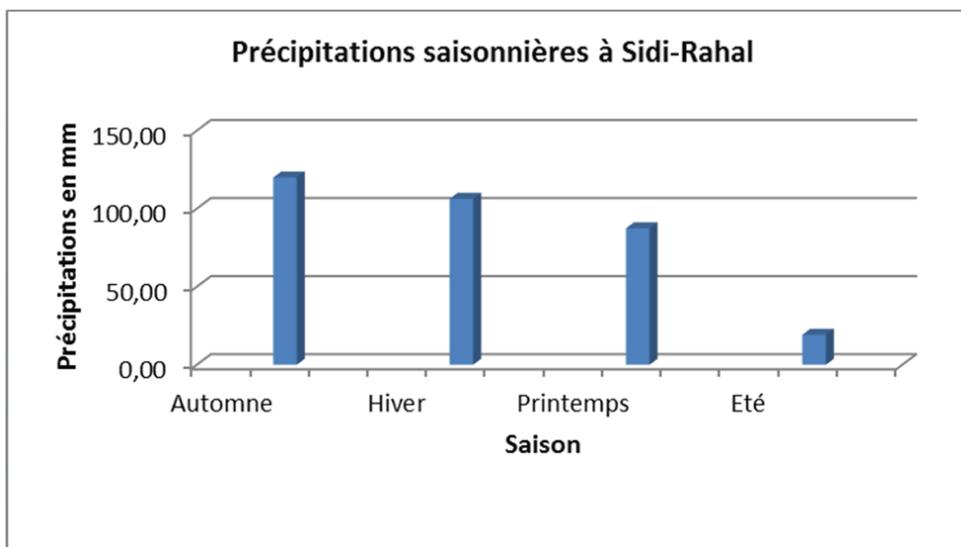
**Figure34 :**  
**Précipitations**  
**saisonnieres à**  
**Taferiat.**  
**Maroc (2000-**  
**2017)**



**Figure35 :**  
**Précipitations**  
**saisonnieres à**  
**Tahanaout.**  
**Maroc (2000-**  
**2017)**



**Figure36 :**  
**Précipitations**  
**saisonnieres à**  
**Immin-El-**  
**Hammam.**  
**Maroc (2000-**  
**2017)**



**Figure37 :**  
**Précipitations**  
**saisonnieres à**  
**Sidi-Rahal.**  
**Maroc (2000-**  
**2017)**

La variation saisonnière, paraît semblable sur l'ensemble des stations. Le printemps reste la saison la plus arrosée suivie par l'hiver et ensuite l'automne. Les pluies d'été sont très faibles, elles s'abattent généralement en amont du bassin sous forme d'orages rarement enregistrés par les stations à cause de leurs caractère très localisés.

### III.3- Le régime des débits

On dispose de données des débits pour les stations de Chichaoua, Abadla, Aghbalou et Talmest de l'année 2000 jusqu'à l'année 2017.

#### III.3.1- Débits mensuels :

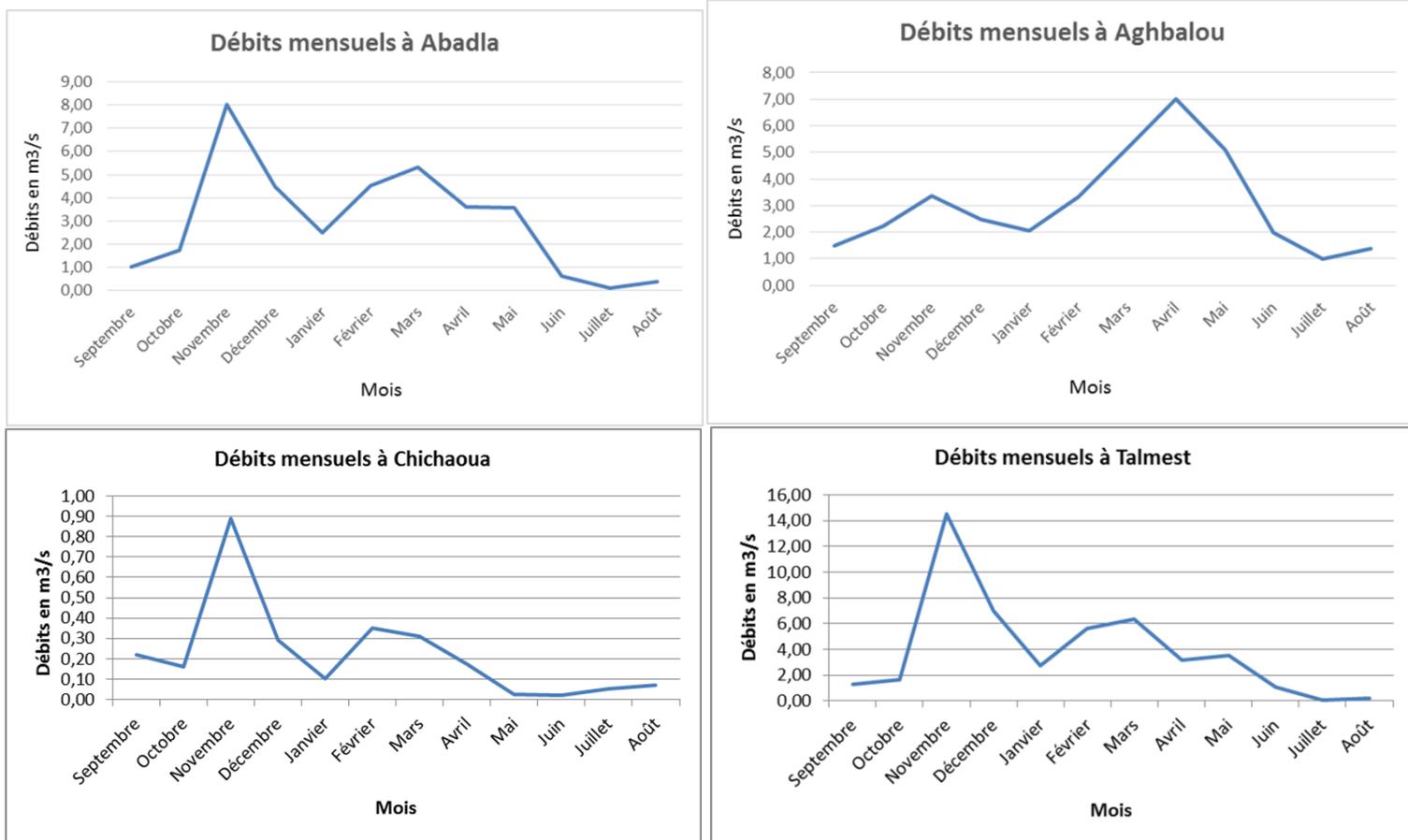
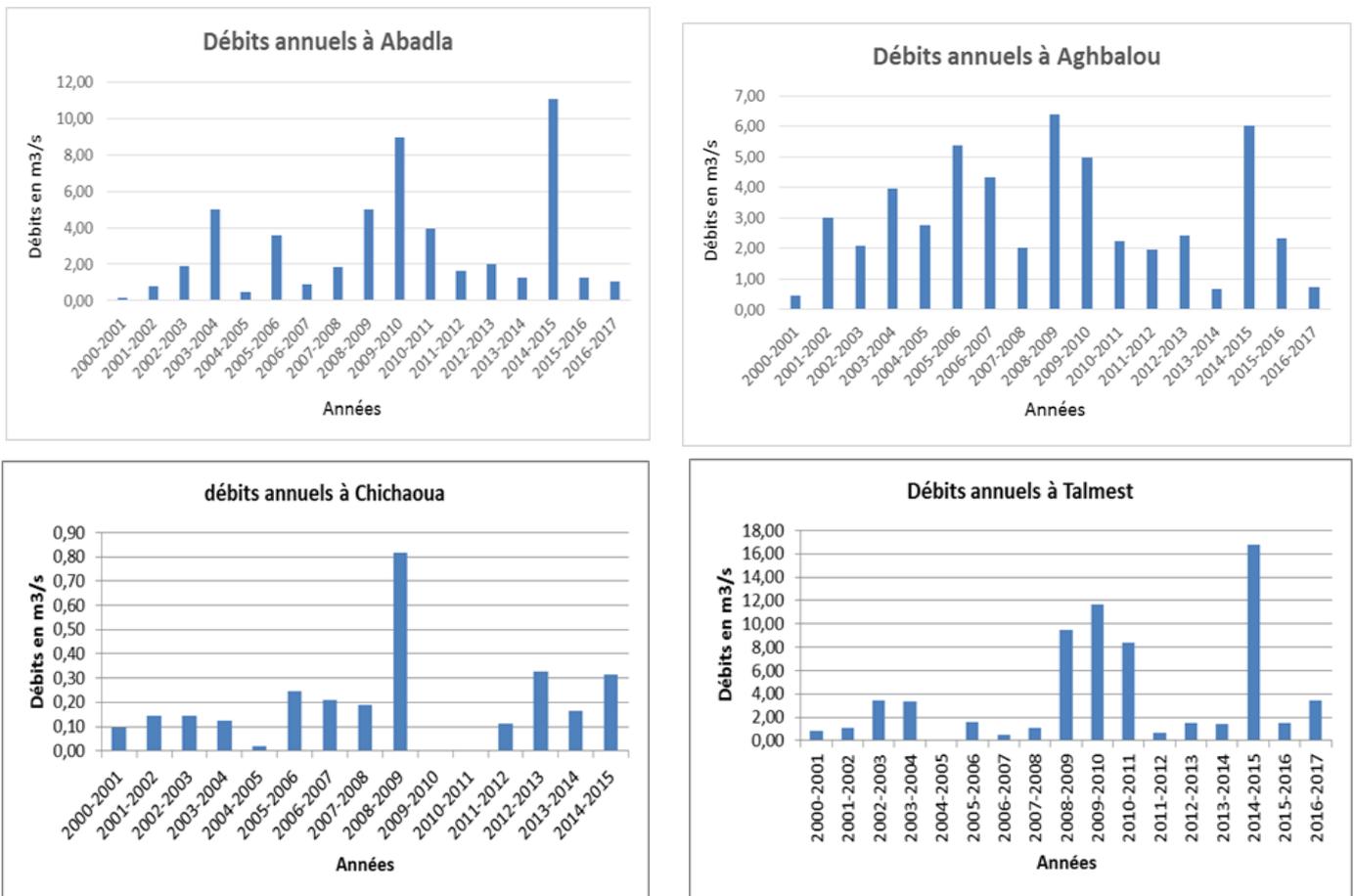


Figure 38 : Débits mensuels à Abadla, Aghbalou, Chichaoua et Talmest (Maroc) (2000-2017)

On remarque que les débits mensuels varient de façon différente pour les 4 stations, les valeurs de débits varient entre 0 et 16 m<sup>3</sup> /s. La station de Talmest est celle avec les débits qui sont élevés alors que la station de Chichaoua comprend les valeurs les plus faibles, on remarque aussi que les débits sont plus marqués dans les mois humides alors qu'ils enregistrent des valeurs faibles lors des mois secs sauf pour la station d'Aghbalou qui présente le contraire.

### III.3.2- Débits annuels :



**Figure39 : Débits annuels à Abadla, Aghbalou, Chichaoua et Talmest (Maroc) (2000-2017)**

Pour une période d'observation allant de 200/2001, à 2016/2017 soit 18 ans. D'après la figure, on note que le débit atteint 10,5 m<sup>3</sup>/s, 9m<sup>3</sup>/s respectivement pendant les années 2009/2010 et 2014/2015, puisque ces années ont connu des chutes de pluies très importantes. Le débit le moins important est enregistré lors de l'année 2000/2001 ou' il n'a pas dépassé 0,5 m<sup>3</sup>/s.

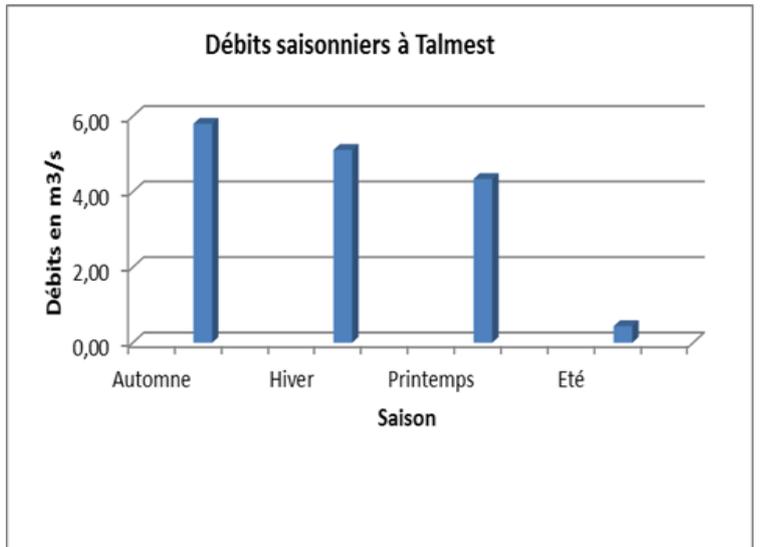
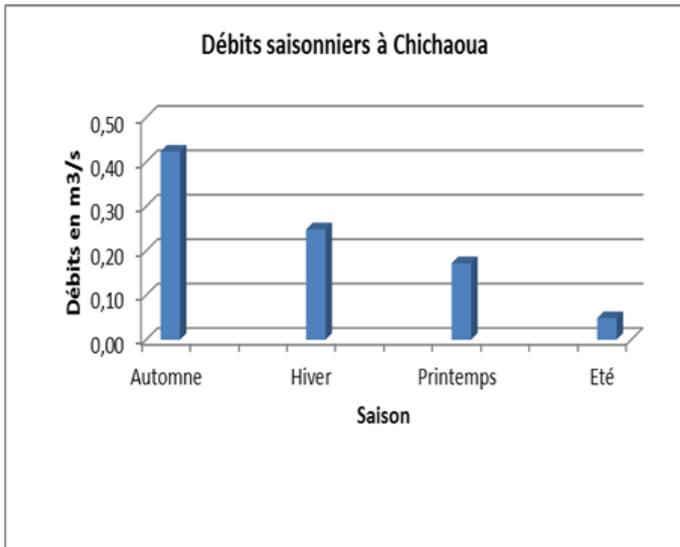
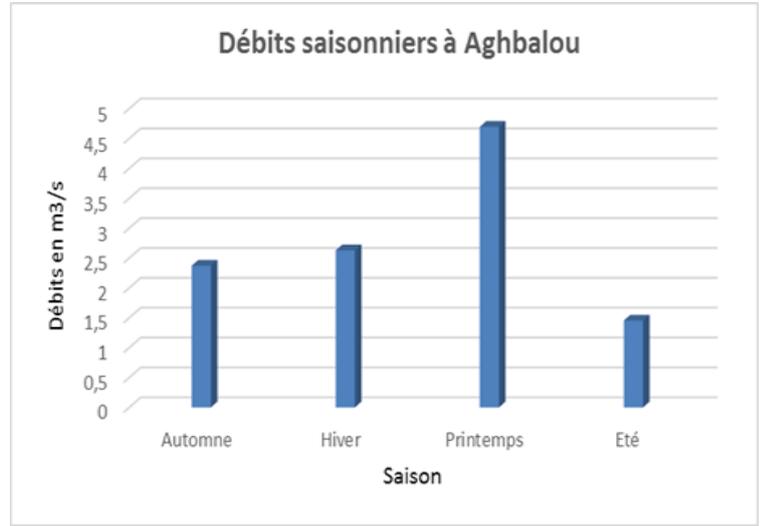
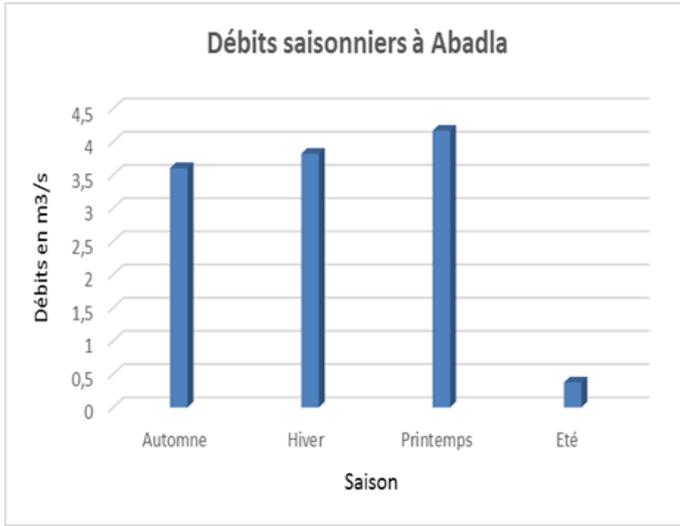
Et pour la station Aghbalou, la figure montre que le maximum a été affecté en 2008/2009, 2014/2015, et 2005/2006, avec une moyenne de 6,5 m<sup>3</sup>/s, 6 m<sup>3</sup>/s, et 5,4 m<sup>3</sup>/s. et le minimum n'a pas dépassé 0,5 m<sup>3</sup>/s en 2000/2001.

On remarque que dans la station de Chichaoua le débit atteint le maximum en 2008/2009 avec une moyenne de 0,8 m<sup>3</sup>/s, alors que à Talmest il atteint un maximum de 16,5 m<sup>3</sup>/s en 2014/2015, et un minimum ne dépasse pas 0,02 m<sup>3</sup>/s en 2004/2005 à Chichaoua et 0,5 m<sup>3</sup>/s en 2006/2007 à Talmest. Ce qui montre une irrégularité remarquable.

### III.3.3- Débits saisonniers :

D'après la figure ci-dessous, on remarque que La lame d'eau écoulee augmente de l'automne au printemps ou elle atteint une valeur maximale de 4,1 m<sup>3</sup>/s en printemps puis diminue rapidement jusqu'en été avec un maximum de 0,05 m<sup>3</sup>/s. le même comportement pour Aghbalou mais avec des écoulements plus importants dont le maximum est enregistré au printemps est de 4,5 m<sup>3</sup>/s et le minimum de 1,4 m<sup>3</sup>/s en été.

On constate que l'écoulement est plus important en automne où il représente 0,4 m<sup>3</sup>/s pour chichaoua et 5,5 m<sup>3</sup>/s pour Talmest, alors que l'été est la saison la plus sèche avec une moyenne de 0,5 m<sup>3</sup>/s à chichaoua et 0,3 m<sup>3</sup>/s à Talmest.



**Figure40 : Débits saisonniers à Abadla Aghbal ou Chichaoua et Talmest (Maroc) (2000-2017)**

## III.4- La corrélation entre Pluies-Débits

### III.4.1- Corrélation mensuelle

#### ✓ Station Abadla

Mois	Pluies	Débits
Septembre	8,06	1,01
Octobre	17,71	1,76
Novembre	29,79	8,04
Décembre	17,21	4,47
Janvier	19,06	2,48
Février	18,19	4,52
Mars	22,5	5,32
Avril	12,99	3,62
Mai	10,28	3,56
Juin	0,57	0,63
Juillet	0,35	0,12
Août	1,04	0,37

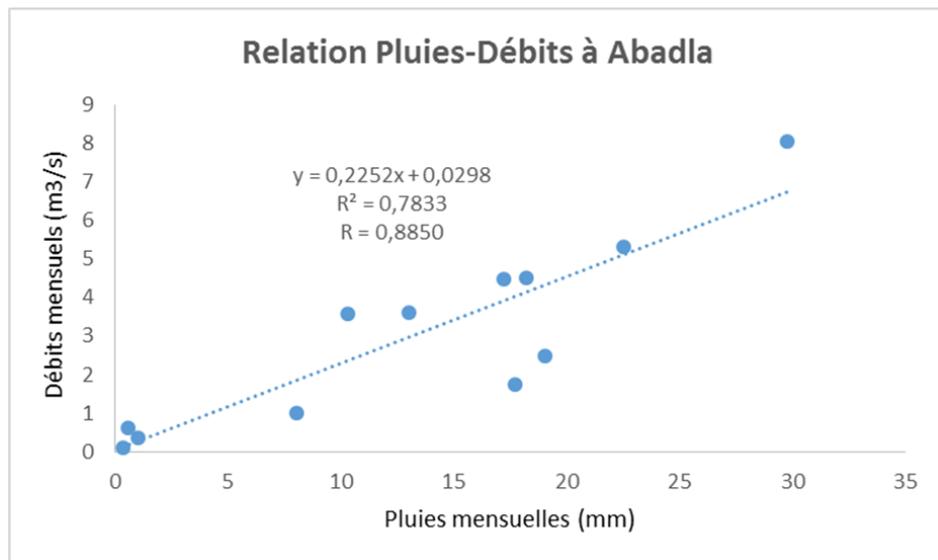


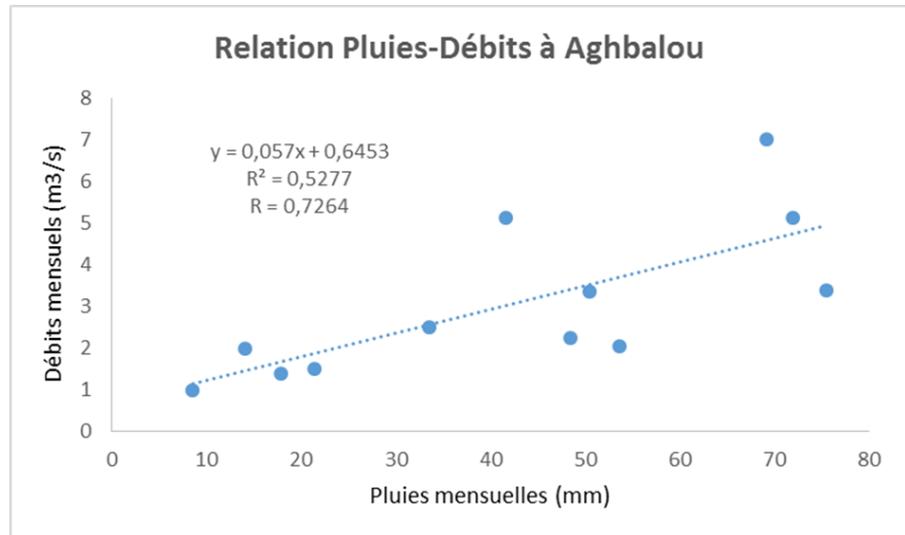
Figure41 : Corrélation entre les débits mensuels et les pluies mensuelles de la station Abadla. Maroc (2000-2017)

Tableau4 : Les pluies et les débits mensuels à Abadla. Maroc (2000-2017)

Cette figure représente la corrélation entre les débits mensuels et les pluies mensuelles de la station Abadla qui sont classés dans le tableau, on remarque que cette corrélation se caractérise avec un coefficient de corrélation de 0.8850, ce qui désigne une corrélation assez bonne.

✓ **Station Aghbalou**

Mois	Pluies	Débits
Septembre	21,36	1,49
Octobre	48,41	2,25
Novembre	75,48	3,38
Décembre	33,57	2,49
Janvier	53,59	2,05
Février	50,54	3,35
Mars	72,02	5,12
Avril	69,18	7,00
Mai	41,57	5,11
Juin	14,07	1,98
Juillet	8,55	0,99
Août	17,89	1,39



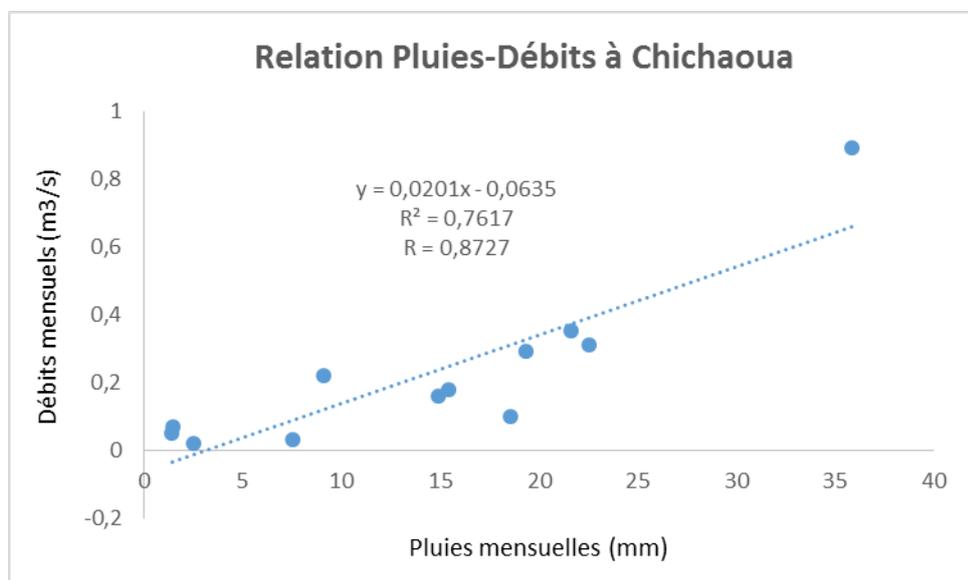
**Figure42 : Corrélation entre les débits mensuels et les pluies mensuelles de la station Aghbalou. Maroc (2000-2017)**

**Tableau5 : Les pluies et les débits mensuels à Aghbalou. Maroc (2000-2017)**

Pour la station d'Aghbalou, la variation mensuelle des pluies et des débits montre un coefficient de corrélation de l'ordre de 0,7264. Il montre également une corrélation assez bonne.

✓ Station Chichaoua

Mois	Pluies	Débits
<b>Septembre</b>	<b>9,07</b>	<b>0,22</b>
<b>Octobre</b>	<b>14,91</b>	<b>0,16</b>
<b>Novembre</b>	<b>35,86</b>	<b>0,89</b>
<b>Décembre</b>	<b>19,36</b>	<b>0,29</b>
<b>Janvier</b>	<b>18,59</b>	<b>0,10</b>
<b>Février</b>	<b>21,65</b>	<b>0,35</b>
<b>Mars</b>	<b>22,51</b>	<b>0,31</b>
<b>Avril</b>	<b>15,43</b>	<b>0,18</b>
<b>Mai</b>	<b>7,52</b>	<b>0,03</b>
<b>Juin</b>	<b>2,49</b>	<b>0,02</b>
<b>Juillet</b>	<b>1,43</b>	<b>0,05</b>
<b>Août</b>	<b>1,49</b>	<b>0,07</b>



**Figure43 : Corrélation entre les débits mensuels et les pluies mensuelles de la station Chichaoua. Maroc (2000-2017)**

**Tableau6 : Les pluies et les débits mensuels à Chichaoua. Maroc (2000-2017)**

La figure illustre une assez bonne corrélation entre les précipitations mensuelles et les débits mensuels à la station Chichaoua, avec un coefficient de corrélation de l'ordre de 0,8727.

### III.4.2- Corrélation annuelle

Années	Pluies	Débits
2000-2001	87,7	0,18
2001-2002	134,3	0,78
2002-2003	215,8	1,91
2003-2004	201,7	5,02
2004-2005	98,1	0,48
2005-2006	247,1	3,59
2006-2007	121,5	0,91
2007-2008	86	1,86
2008-2009	229	5,02
2009-2010	162,6	8,94
2010-2011	208,79	3,96
2011-2012	126	1,65
2012-2013	132,4	2,00
2013-2014	154,95	1,25
2014-2015	256,3	11,04
2015-2016	73,9	1,24
2016-2017	146,5	1,04

Tableau7 :  
Les pluies et  
les débits  
annuels à  
Abadla.  
Maroc  
(2000-2017)

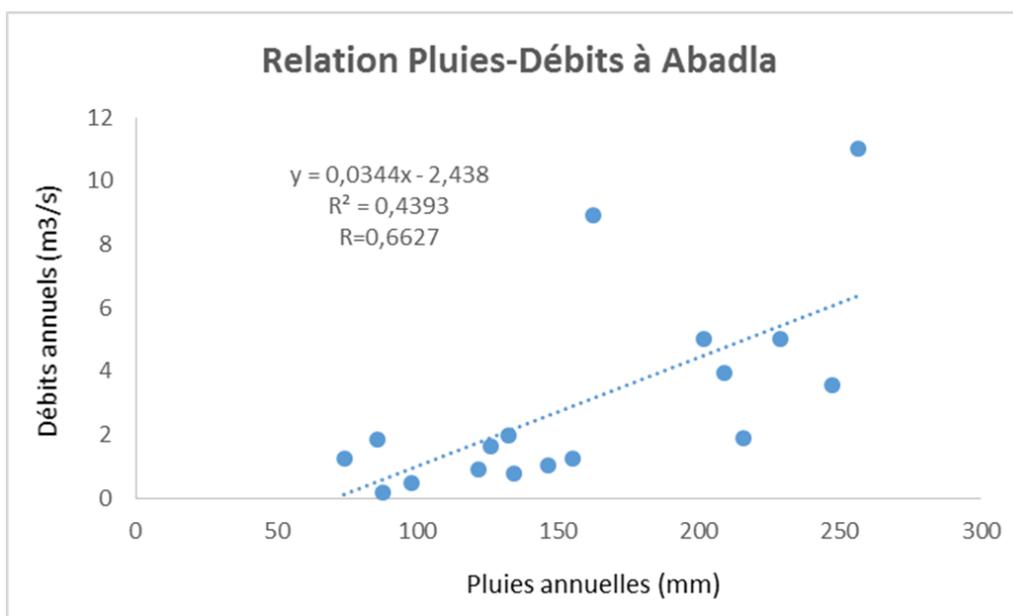
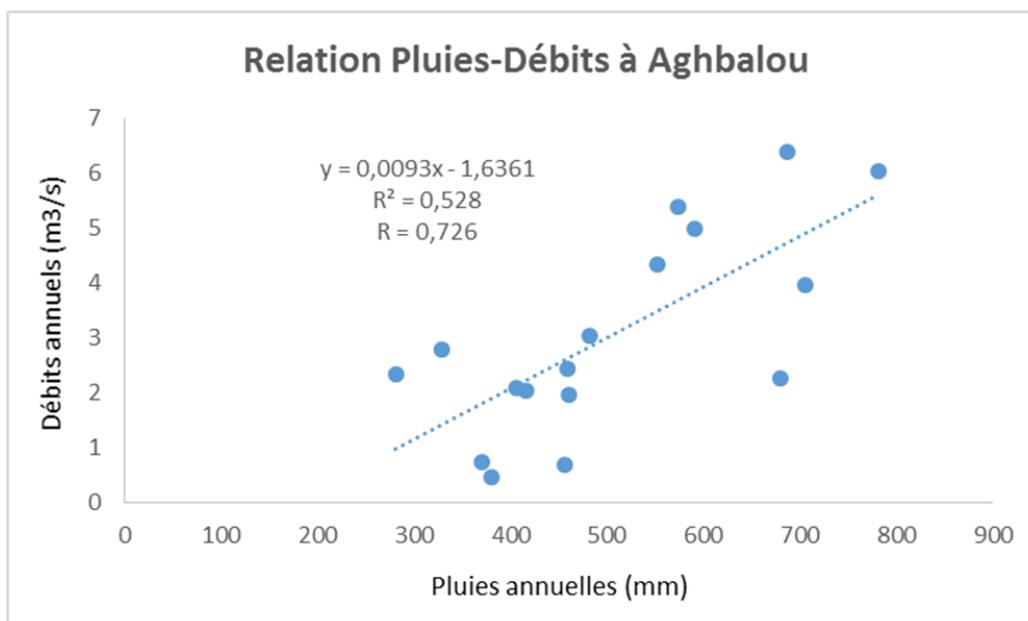


Figure44 :  
Corrélation entre  
les débits  
annuels et les  
pluies annuelles  
de la station  
Abadla. Maroc  
(2000-2017)

Années	Pluies	Débits
2000-2001	379,6	0,46
2001-2002	481,9	3,02
2002-2003	406,1	2,09
2003-2004	704,7	3,96
2004-2005	328,8	2,77
2005-2006	574,1	5,39
2006-2007	552,3	4,34
2007-2008	416,7	2,03
2008-2009	686,3	6,39
2009-2010	591	4,97
2010-2011	679,1	2,25
2011-2012	459,8	1,96
2012-2013	458,8	2,43
2013-2014	455,5	0,69
2014-2015	780,8	6,03
2015-2016	280,8	2,33
2016-2017	369,7	0,73

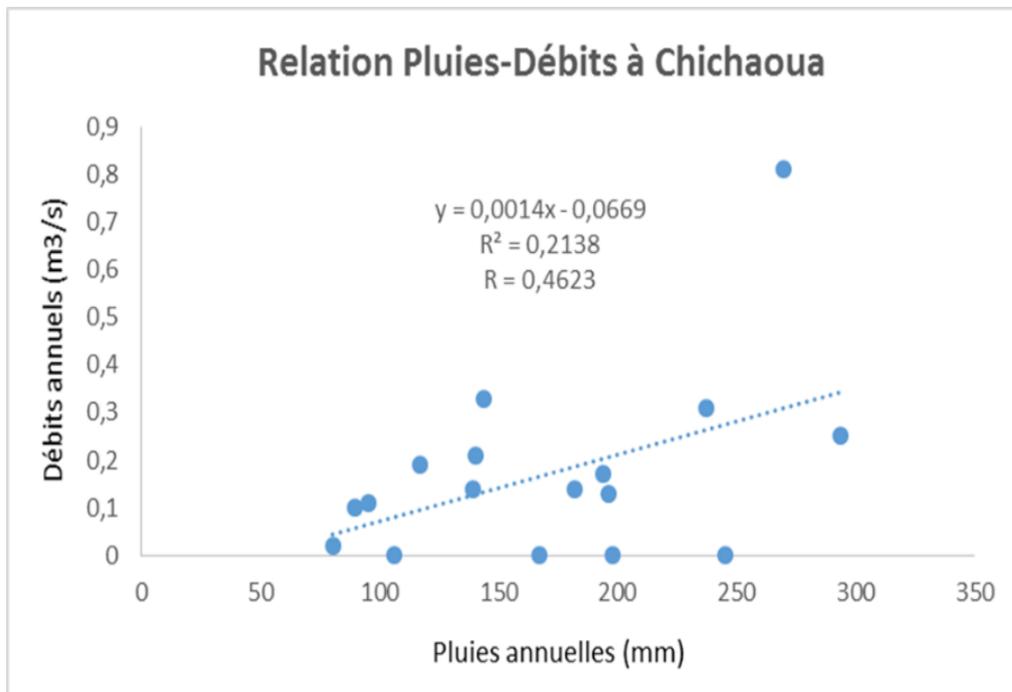
**Tableau8 : Les pluies et les débits annuels à Aghbalou. Maroc (2000-2017)**



**Figure45 :  
Corrélation entre les débits annuels et les pluies annuelles de la station Aghbalou. Maroc (2000-2017)**

Années	Pluies	Débits
2000-2001	<b>89,8</b>	<b>0,10</b>
2001-2002	<b>139,4</b>	<b>0,14</b>
2002-2003	<b>182,2</b>	<b>0,14</b>
2003-2004	<b>196,1</b>	<b>0,13</b>
2004-2005	<b>80,4</b>	<b>0,02</b>
2005-2006	<b>293,7</b>	<b>0,25</b>
2006-2007	<b>140,4</b>	<b>0,21</b>
2007-2008	<b>117,1</b>	<b>0,19</b>
2008-2009	<b>270</b>	<b>0,81</b>
2009-2010	<b>167,2</b>	<b>0,00</b>
2010-2011	<b>245,3</b>	<b>0,00</b>
2011-2012	<b>95,2</b>	<b>0,11</b>
2012-2013	<b>144</b>	<b>0,33</b>
2013-2014	<b>193,7</b>	<b>0,17</b>
2014-2015	<b>237</b>	<b>0,31</b>
2015-2016	<b>106</b>	<b>0,00</b>
2016-2017	<b>197,7</b>	<b>0,00</b>

**Tableau9 : Les pluies et les débits annuels à Chichaoua. Maroc (2000-2017)**



**Figure46 : Corrélation entre les débits annuels et les pluies annuelles de la station Chichaoua. Maroc (2000-2017)**

Les figures montrent le lien existant entre les précipitations et les débits annuels dans les stations Abadla, Aghbalou, et Chichaoua. En remarque des coefficients de corrélations de l'ordre de 0,6627 pour Abadla, 0,726 pour Aghbalou, et 0,4623 pour Chichaoua. Ce sont des coefficients un peu plus faibles, cette faiblesse peut s'expliquer par le fait que la lithologie des stations étudiées provoque l'infiltration d'une partie des eaux de précipitation ce qui est responsable de la réduction du débit annuel d'écoulements et par conséquence le coefficient de corrélation diminue.

### III.4.3- Corrélation saisonnière

Saison	Pluies	Débits
Automne	55,56	3,60
Hiver	54,46	3,82
Printemps	45,82	4,17
Eté	1,96	0,37

Tableau10 : Les pluies et les débits saisonniers à Abadla. Maroc (2000-2017)

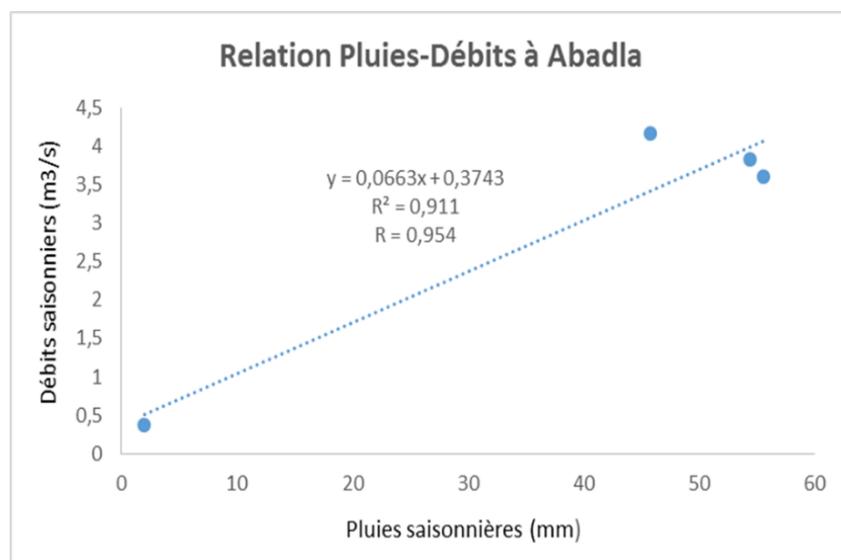


Figure47 : Corrélation entre les débits saisonniers et les pluies saisonnières de la station Abadla. Maroc (2000-2017)

Saison	Pluies	Débits
Automne	145,25	2,37
Hiver	137,69	2,63
Printemps	182,78	4,70
Eté	40,51	1,45

Tableau11 : Les pluies et les débits saisonniers à Aghbalou. Maroc (2000-2017)

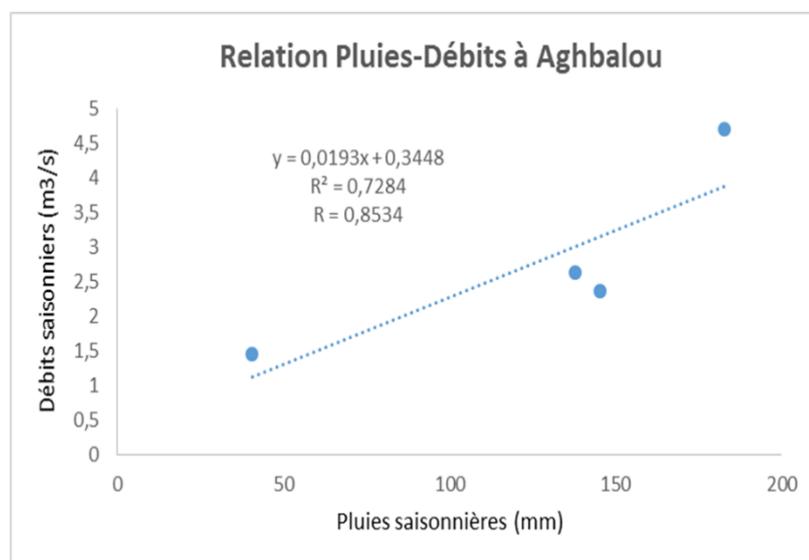
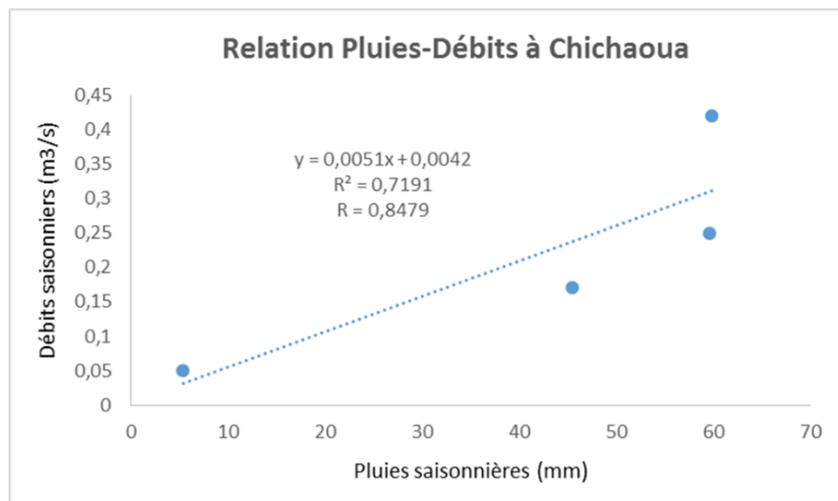


Figure48 : Corrélation entre les débits saisonniers et les pluies saisonnières de la station Aghbalou. Maroc (2000-2017)

Saison	Pluies	Débits
Automne	59,84	0,42
Hiver	59,60	0,25
Printemps	45,46	0,17
Eté	5,41	0,05



**Tableau12 : Les pluies et les débits saisonniers à Chichaoua. Maroc (2000-2017)**

**Figure49 : Corrélation entre les débits saisonniers et les pluies saisonnières de la station Chichaoua. Maroc (2000-2017)**

Les figures montrent que les coefficients de corrélation sont bons. Les précipitations et les écoulements sont étroitement liés. L'amplitude de la température saisonnière est faible pour influencer de façon remarquable l'eau évaporée, et aussi les précipitations sont plus ou moins régulières durant un mois. Prenons un exemple : pendant l'été il ne pleut presque pas et le besoin d'eau augmente pour les agriculteurs contrairement à d'autres périodes où on a des précipitations sont abondantes et il y a rechargement des nappes ainsi le taux de prélèvement diminue vu que on irrigue moins d'où cette irrégularité.

Le bassin Tensift constitue un bassin hydraulique qui offre un environnement climatique et morphologique favorable au ruissellement superficiel et au développement de crues.

Nous avons essayé à travers une approche hydrogéochimique d'appréhender et de suivre la variation de la qualité des eaux de surface dans le bassin Tensift El Haouz.

La qualité des ressources en eau dans le bassin hydraulique de Tensift montre que les eaux provenant des ressources étudiées peuvent présenter quelques diversités d'une région à l'autre, en fonction des caractéristiques hydrogéologiques de chaque région et aussi de l'impact variées des pollutions qu'elles soient : naturelles ou anthropiques, influençant la qualité de ces eaux et leurs processus de minéralisation.

Il présente une qualité moyenne des eaux de retenues de barrage, une qualité globalement mauvaise des eaux de rivière surtout le long de oued Tensift et l'aval des villes et des centres du bassin. Le bassin est caractérisé aussi par une qualité généralement mauvaise des eaux souterraines surtout dans la nappe d'Essaouira, par contre les nappes de la Bahira et du Haouz sont moyennement polluées.

## Références bibliographiques

- H.Salama et M.Tahiri, Juin 2010, «La gestion des ressources en eau face aux changements climatiques. Cas du bassin Tensift(Maroc)», Larhyss Journal, pp.127-138.
- Oumaima Tanouti et François Molle, 2013,« Réappropriations de l'eau dans les bassins versants surexploités. Cas du bassin de Tensift(Maroc) », Etudes rurales, pp.79-96.
- Souad Riad, 12(2003), «Typologie et analyse hydrologique des eaux superficielles à partir de quelques bassins versants représentatifs du Maroc », thèse université d'Agadir, 154 p.
- Nabil Limam, 2005, « Perspectives de développement des ressources en eau dans le bassin du Tensift », Rapport d'étude, 34 p.
- Agence Japonaise de coopération internationale(JICA), Mars2008, « Etude du plan de gestion intégrée des ressources en eau dans la plaine du Haouz Royaume du Maroc », Rapport d'étude, 142 p.
- Mokhtar Bzioui, Novembre2004, « Les ressources en eau au Maroc », Rapport national, 94 p.
- Zakaria Smajj, Juin 2011, « Typologie de la qualité des ressources en eaux du bassin de Tensift Al-Haouz et cadre juridique de protection et de préservation », Mémoire de fin d'études Master FST Marrakech,96 p.

- Abdelghani Boudhar, Septembre 2006 « Suivi spatio-temporel de la couverture neigeuse dans le Haut Atlas de Marrakech à l'aide des images SPOT-VEGETATION (période 1998-2005) », Mémoire de DESA-université A. Saadi Tétouan, 53 p.
- ORSTOM, Mars 1976, « Hydrologie du bassin Tensift », Rapport, 242 p.
- Chaponnière Anne, 2005, « Fonctionnement hydrologique d'un bassin versant montagneux semi-aride. Cas de bassin versant Rehraya (Haut Atlas marocain) », Thèse de l'institut agronomique de Paris-Grignon, 268 p.
- Benkirane Myriam-Agouzol Sana, 2015, « Evaluation de la qualité des ressources en eau dans la zone d'action de l'agence du bassin hydraulique Tensift El Haouz », Mémoire de fin d'études Licence FST Marrakech, 82 p.
- L.Hanich-V.Simoneaux-G.Boulet et AG.Chehbouni, 2008, « Hydrologie des bassins versants du Haut Atlas marocain », Programme d'Action Intégrée Volubilis, Gestion durable des ressources en eau dans le bassin versant de Tensift (région de Marrakech, n°MA/148/06)), 24 p.
- M.Saidi-O.Bennani-A.Khafaoui-F.Fniguire-A.Hiqui et Z.Belkharchach, Mai 2015, « Les événements hydrologiques exceptionnels de novembre 2014 au Maroc. L'exemple des crues du bassin versant de Tensift », Article de communication, 25 p.

# Webographie

- [www.eau-tensift.net/menu/nos-ressources-en-eau/eaux-superficielles/bassin-tensift.html](http://www.eau-tensift.net/menu/nos-ressources-en-eau/eaux-superficielles/bassin-tensift.html)
- [www.water.gov.ma/ressources-en-eau/agence-de-bassins-hydrauliques-abh/abh-tensift-et-cotiers-dessaouira/](http://www.water.gov.ma/ressources-en-eau/agence-de-bassins-hydrauliques-abh/abh-tensift-et-cotiers-dessaouira/)
- <https://lematin.ma/journal/2005/Gestion-des-ressources-hydriques--Un-plan-regional-pour-le-bassin-du-Tensift/52103.html>