

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الجيلالي بونعامة- خميس مليانة-

UNIVERSITE DJILALI BOUNAAMA- KHEMIS-MILIANA



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

Département : Sciences de la Terre

Spécialité : Hydrogéologie

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention de diplôme de Master

Thème

Modélisation des écoulements et adéquation des approches de  
prévision des crues pour le bassin du Haut Cheliff

## Thème

**Encadré par :**

Mr Sadeuk Ben Abbas Abdelkader

**Présenté par :**

- TIAEB Mohammed

- SEMMAR Khedidja Fella

Soutenu devant le Jury :

**Président : Bensada Mohamed** ..... MCB - UDBKM

**Examineur : Gharbi Ben Youcef**..... MCB - UDBKM

**Encadreur : Sadeuk Ben Abbas Abdelkader**..... MCB - UDBKM

**Co-Encadreur: Renima Mohamed**..... Dr – UNIVR Chlef

Année universitaire : 2021/2022

## ***Remerciements***

Tout d'abord, nous remercions Dieu Tout-Puissant qui nous a permis d'atteindre ce niveau. Nous adressons nos sincères remerciements et notre appréciation à notre encadrant Mr Sadeuk Ben Abbas Abdelkader qui nous a donné de bons et de précieux conseils, et qui a mis toute sa confiance en nous et à notre travail « merci d'avoir été là pour nous – symbole d'un père et ami en chemin ».

Un grand merci à tous les membres de ma famille pour leurs présences, leurs préoccupations, leurs encouragements, leur suivis avec patience du déroulement de mon projet.

Que Dieu lui accorde santé et succès continus dans sa carrière. Nous exprimons également notre plus grand respect et nos remerciements à tous ceux qui ont contribué à atteindre ce niveau et cette réalisation, y compris les enseignants du département des Sciences de la terre en général et de spécialité hydrogéologie en particulier pour mentionner. Mr Bensaada, Mr Gharbi, Mr Bouderbala, Mr Zedam, Mr Boucofiane, Mr Gunfoude, Mr Saïd Ramdane, Mme Baouche, Mme Chouchane, Mme Hadj mohammed. Nos remerciements vont également à Mme Ben Ismaili, Mr Ben Enaya D, Mr Bousalhi

Merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la préparation de ce mémoire qui, nous l'espérons, sera du niveau requis.

## *Dédicace*

Je dédie ce modeste travail,

En mémoire de mes chers parents, reposez en paix et soyez  
assurés que vous serez tous les deux toujours en vie .

A ceux qui m'ont donné la vie, la tendresse, qui s'est sacrifiés pour  
mon bonheur et ma réussite

A mes chers frères Ahmed, Abdellah, Djilali, Faycel, Bilale

A mes chères sœurs et ma fiancée

A Mes cousins Abdellah, Abderahmane, Abdessalam, Nouredinne

A tout ma famille Taieb, Djebbar A mon binôme Khedidja

A mes chers amis : Hicham, Lakhdar, Yacine, Aymen , Aissa, Abdelkader a tout  
mes amis sans exception

MOHAMED

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail,*

Spécialement à ma très chère mère pour ces sacrifices, son amour, son aide et son soutien.

Très cher maman, je ne vous remercierai jamais assez pour vous actes.

A mon très cher père qui a toujours été la pour moi et qui m'a donnée un magnifique modèle du labeur et de persévérance .

A ma chère petite sœur Nour El Houda.

A mes oncles maternelles mohamed et mouloud.

A mes cher tante Zoubida, Nacira, Salima, Saïda.

A mes meilleurs Amel, Youcef, Youcera, Khaled, Amira, Assil.

A mon binôme Mohamed

tous mes chers collègues et amis sans exception de la promotion de  
HYDROGEOLOGIE 2021-2022.

**KHEDIDJA**

## **Résumé**

Les résultats obtenus sont dus à la série d'observation des crues, plus que la série considérée est longue plus que les résultats seront représentatifs, ainsi que le débit choisi influence directement sur la tendance des quantiles pour des périodes de retour. Donc, les études de probabilité de fréquence ne sont possibles que lorsque l'on dispose d'un corpus de données significatif, elles soient d'autant plus sûres que ce corpus est important. Le problème, dans l'utilisation de ces données, provient pourtant de ce que les relevés sont effectués à heure fixe tous les jours, tous les 24 heures, et que ce découpage diffère du découpage correspondant au débit max .

D'une manière générale, l'utilisation de l'approche Débit Modèle Période de retour (QMP), nous paraît bien adaptée. Elle est capable de prendre en compte le débit maximum, notion indispensable lorsque l'on parle de crues, elle considère donc des différentes lois statistiques. Notons aussi que la loi la plus adaptée à cette région, est celle d'Exponentielle (Maximum de vraisemblance), suivi par la loi de Log-normale (Maximum de vraisemblance).

## **Abstract**

The results obtained are due to the series of observation of the floods, the more the series considered is long the more the results will be representative, as well as the flow chosen influences directly on the tendency of the quantiles for periods of return. Therefore, frequency probability studies are only possible when a significant corpus of data is available, and they are all the more reliable as this corpus is large. The problem in using these data, however, comes from the fact that the readings are taken at a fixed time every day, every 24 hours, and that this division differs from the division corresponding to the maximum flow.

In general, the use of the Flow. Model. Return Period (QMP) approach seems to us to be well adapted. It is able to take into account the maximum flow, an essential notion when we talk about floods, and it considers different statistical laws. Let us also note that the most adapted law to this region is the Exponential law (Maximum likelihood), followed by the Log-normal law (Maximum likelihood).

## **La liste des abréviations**

**ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques**

**GEV : Généralisation Extrem Valeur**

**NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration**

**ONM : Office Nationale de Météologie**

**QMF : Débit Modèle Fréquence**

**T: Temperatures**

## Table des matières

Introduction Générale .....	01
-----------------------------	----

### CHAPITRE I : Geomorphologies

I.Situation géographique.....	03
-------------------------------	----

I.1 Introduction .....	03
------------------------	----

I.2 Situation géographique de la région d'étude .....	03
---	----

II Géomorphologie.....	03
------------------------	----

II.1 Introduction .....	03
-------------------------	----

II.2 Les caractéristiques de formes.....	04
--	----

A. Indice de compacité $K_c$ .....	04
------------------------------------	----

B. Relief .....	05
-----------------	----

C.Le rectangle équivalent ou rectangle de Roche.....	07
--	----

D. Les indices de pente globale .....	08
---------------------------------------	----

E. Indices de pente moyenne .....	09
-----------------------------------	----

F. Dénivelée spécifique $D_s$ .....	09
-------------------------------------	----

II.3 Les caractéristiques du réseau hydrographique.....	10
---	----

A les facteurs physiographiques du bassin versant.....	10
--	----

A.1 Densité de drainage.....	10
------------------------------	----

II.4 Conclusion.....	12
----------------------	----

### Chapitre II: Hydroclimatologie

I. Les précipitations.....	13
----------------------------	----

I.1 Les précipitations moyennes annuelles.....	13
--	----

I.2 Les précipitations mensuelles .....	14
---	----

II La Temperature.....	15
------------------------	----

I.1 Diagramme Ombrothermique.....	15
-----------------------------------	----

III Vent.....	16
---------------	----

IV La grêle.....	17
------------------	----

V La gelée blanche.....	17
-------------------------	----

<b>VI Humidité relative.....</b>	<b>18</b>
<b>VII Évaporation.....</b>	<b>18</b>

### **Chapitre III : Aperçu géologique**

<b>I Introduction.....</b>	<b>20</b>
<b>II La lithologie du Haut Cheliff.....</b>	<b>20</b>
<b>III Stratigraphie .....</b>	<b>22</b>
<b>IV La tectonique.....</b>	<b>26</b>
<b>V Conclusion.....</b>	<b>26</b>

### **Chapitre IV: Ajustement et Analyse Frementielle des écoulement**

<b>I.1 Introduction.....</b>	<b>28</b>
<b>I.2 Base des données.....</b>	<b>28</b>
<b>I.3 Méthodologie de travail.....</b>	<b>28</b>
<b>I.3.1 Test d'adéquation.....</b>	<b>29</b>
<b>I.3.2 Test de Kendall (turning points test) (1976) .....</b>	<b>29</b>
<b>I.4 Les Ecoulements Moyens et Maximaux et Leurs Variabilités .....</b>	<b>29</b>
<b>II les débits max annuels :( variabilité et durée de récurrence) .....</b>	<b>30</b>
<b>II.1 Station d'Arib Cheliff: 011702.....</b>	<b>30</b>
<b>a) Les fluctuations interannuelles.....</b>	<b>31</b>
<b>III Ajustement de la série d'observation selon les lois sélectionnées.....</b>	<b>33</b>
<b>III.1 Introduction.....</b>	<b>33</b>
<b>III.1.1 Loi Exponentielle : (Maximum de vraisemblance).....</b>	<b>33</b>
<b>III.1.2 Loi Généralisation Extrem Valeur (GEV): (Maximum de vraisemblance).....</b>	<b>34</b>
<b>III.1.3 Loi Gumbel: (Maximum de vraisemblance) .....</b>	<b>35</b>
<b>III.1.4 Loi Normale: (Maximum de vraisemblance).....</b>	<b>37</b>
<b>III.1.5 Loi Lognormale: (Maximum de vraisemblance).....</b>	<b>38</b>
<b>III.1.6 Comparaison des ajustements.....</b>	<b>39</b>
<b>III.2 Station de Djenane Ben Ouadah (011514).....</b>	<b>41</b>
<b>a. Les fluctuations interannuelles.....</b>	<b>41</b>

b. Les fluctuations intermensuelles.....	41
III.2.1 Loi Exponentielle : (Maximum de vraisemblance) .....	43
III.2.2 Loi Généralisation Extrem Valeur (GEV): (Maximum de vraisemblance).....	44
III.2.3 Loi Gumbel: (Maximum de vraisemblance) .....	45
III.2.4 Loi Normale: (Maximum de vraisemblance).....	46
III.2.5 Loi Lognormale: (Maximum de vraisemblance) .....	47
III.2.6 Comparaison des ajustements.....	48
III.3 Station El Abbabsa (011715) .....	51
a) Les fluctuations intermensuelles.....	51
b) Les fluctuations interannuelles.....	51
III.3.1 Loi Exponentielle : (Maximum de vraisemblance) .....	52
III.3.2 Loi Généralisation Extrem Valeur (GEV): (Maximum de vraisemblance).....	53
III.3.3 Loi Gumbel: (Maximum de vraisemblance) .....	54
III.3.4 Loi Normale: (Maximum de vraisemblance) .....	55
III.3.5 Loi Lognormale: (Maximum de vraisemblance).....	56
III.3.6 Comparaison des ajustements.....	58
III.4 Station Arib Ebda 011801 .....	59
III.4.1 Loi Exponentielle : (Maximum de vraisemblance) .....	61
III.4.2 Loi Généralisation Extrem Valeur (GEV): (Maximum de vraisemblance).....	62
III.4.3 Loi Gumbel: (Maximum de vraisemblance) .....	63
III.4.4 Loi Normale: (Maximum de vraisemblance) .....	64
III.4.5 Loi Lognormale: (Maximum de vraisemblance) .....	66
III.4.6 Comparaison des ajustements.....	67
IV Résultats des analyses statistiques sur les crues maximales annuelles.....	69

## Liste des figures

<b>Figure 01: Carte de localisation du Bassin versant du Haut Cheliff.....</b>	<b>03</b>
<b>Figure N° 02 : Bassin versant représentatif de la région d'étude.....</b>	<b>06</b>
<b>Figure N° 03 : La courbe hypsométrique du bassin versant du Haut Cheliff.....</b>	<b>07</b>
<b>Figure N° 04 : carte des précipitations moyennes annuelles.....</b>	<b>13</b>
<b>Figure N° 05 : Évolution des précipitations annuelles (1968-2017) .....</b>	<b>14</b>
<b>Figure N° 06 : Précipitations moyennes mensuelles (1968-2017) .....</b>	<b>14</b>
<b>Figure N°07: variation de la température moyenne mensuelle de la station de Khemis Miliana ANRH (1981- 2018) .....</b>	<b>15</b>
<b>Figure N°08: Diagramme Ombrothermique de Gaussen (P=2T) de la station de Khemis Miliana (ANRH 1981-2018) .....</b>	<b>16</b>
<b>Figure N°09 : Variation de vitesse moyenne mensuelle du vent au niveau de la station de Khemis Miliana (1981-2018) .....</b>	<b>17</b>
<b>Figure N° 10 : Évaporation moyenne mensuelle (Période 1986-2017) .....</b>	<b>18</b>
<b>Figure N° 11 : Évaporation moyenne annuelle (Période 1986-2017) .....</b>	<b>19</b>
<b>Figure N° 12: Coupe géologique à travers le bassin du Haut Cheliff. D'après (M..MATTAOUER et APERODON) .....</b>	<b>21</b>
<b>Figure N° 13 : La coupe interprétative transversale de la plaine du Haut Cheliff (Carte hydrogéologique du Nord d'Algérie 1/200 000) .....</b>	<b>22</b>
<b>Figure N° 14 : Log litho stratigraphique de la région du Haut Cheliff.....</b>	<b>24</b>
<b>La figure N°15: fluctuations intermensuelles des débits max.....</b>	<b>31</b>
<b>figure N°16 : fluctuations interannuelles des débits max.....</b>	<b>31</b>
<b>Figure N°17: variation des débits max observés en fonction de la fréquence (FND) .....</b>	<b>33</b>
<b>Figure N°18: Ajustement des débits max selon la loi Exponentielle (Maximum de vraisemblance).....</b>	<b>34</b>
<b>figure N°19: Ajustement des débits max selon la loi GEV (Maximum de vraisemblance).....</b>	<b>35</b>
<b>Figure N°20: Ajustement figure 5: Ajustement des débits max selon la loi Gumbel (Maximum de vraisemblance) .....</b>	<b>36</b>
<b>Figure N°21: Ajustement des débits max selon la loi Normale (Maximum de vraisemblance) .....</b>	<b>38</b>
<b>Figure N°22: Ajustement des débits max selon la loi Lognormale (Maximum de vraisemblance) .....</b>	<b>39</b>
<b>Figure N°23: comparaisons graphique des lois d'ajustements Station.....</b>	<b>39</b>
<b>Figure N°24 : Courbe Débit. Modèle. Période de retour (QMF). ARIB CHELLIF.....</b>	<b>41</b>
<b>figure N°25: fluctuations interannuelles des débits maximums.....</b>	<b>42</b>
<b>Figure N°26: fluctuations intermensuelle des débits maximums.....</b>	<b>42</b>
<b>Figure N°27: variation des débits max observés en fonction de la fréquence (FND) .....</b>	<b>43</b>

<b>Figure N°28:Ajustement des débits max selon la loi Exponentielle (Maximum de vraisemblance) .....</b>	<b>44</b>
<b>Figure N°29:Ajustement des débits max selon la loi GEV (Maximum de vraisemblance) .....</b>	<b>46</b>
<b>Figure N°30:Ajustement des débits max selon la loi Gumbel (Maximum de vraisemblance) .....</b>	<b>47</b>
<b>Figure N°31:Ajustement des débits max selon la loi Normale (Maximum de vraisemblance) .....</b>	<b>48</b>
<b>Figure N°32: Comparaisons graphique des lois d'ajustements.....</b>	<b>49</b>
<b>Figure N° 33 : Courbe Débit. Modèle. Période de retour(QMF).Djennane Ben ouadah.....</b>	<b>50</b>
<b>figure N°34:fluctuations intermensuelle des débits maximums.....</b>	<b>51</b>
<b>figure N°35: fluctuations interannuelles des débits maximums.....</b>	<b>51</b>
<b>Figure N°36: variation des débits max observés en fonction de la fréquence (FND) .....</b>	<b>53</b>
<b>Figure N°37:Ajustement des débits max selon loi Exonentielle (Maximum de vraisemblance) .....</b>	<b>54</b>
<b>Figure N°38:Ajustement des débits max selon la loi GEV (Maximum de vraisemblance) .....</b>	<b>55</b>
<b>Figure N° 39:Ajustement des débits max selon la loi Gumbel (Maximum de vraisemblance) .....</b>	<b>56</b>
<b>Figure N°40:Ajustement des débits max selon la loi Normale (Maximum de vraisemblance) .....</b>	<b>57</b>
<b>Figure N° 41:Ajustement des débits max selon la loi Logormale (Maximum de vraisemblance) .....</b>	<b>58</b>
<b>Figure N° 42: Comparaisons graphique des lois d'ajustements.....</b>	<b>59</b>
<b>...</b>	
<b>Figure N° 43 :Courbe Débit. Modèle. Période de retour (QMF).EL ABABSA.....</b>	<b>60</b>
<b>figure N°44: fluctuations interannuelles des débits maximums.....</b>	<b>61</b>
<b>figure N°45: fluctuations intermensuelle des débits maximums.....</b>	<b>61</b>
<b>Figure N°46: variation des débits max observés en fonction de la fréquence (FND) ...</b>	<b>62</b>
<b>Figure N°47:Ajustement des débits max selon la loi Exonentielle (Maximum de vraisemblance) .....</b>	<b>63</b>
<b>Figure N°48:Ajustement des débits max selon la loi GEV (Maximum de vraisemblance) .....</b>	<b>64</b>
<b>Figure N°49:Ajustement des débits max selon la loi Gumbel (Maximum de vraisemblance) .....</b>	<b>65</b>
<b>Figure N°50:Ajustement des débits max selon la loi Normale (Maximum de vraisemblance) .....</b>	<b>66</b>
<b>Figure N°51:Ajustement des débits max selon la loi Lognormale (Maximum de vraisemblance) .....</b>	<b>68</b>
<b>Figure N°52: Comparaisons graphique des lois d'ajustements.....</b>	<b>68</b>
<b>Figure N°53 :Courbe Débit. Modèle. Période de retour (QMF).ERIB EBDA.....</b>	<b>69</b>

## Liste des Tableaux

<b>Tableau N° 01 : Altitudes et les pourcentages cumulés des superficies.....</b>	<b>05</b>
<b>Tableau N° 02 : Tableau récapitulatif des caractéristiques hydromorphologiques du bassin versant du Haut Cheliff.....</b>	<b>12</b>
<b>Tableau N°03: températures moyennes mensuelles de la station de Khemis Miliana (ANRH 1981- 2018) .....</b>	<b>15</b>
<b>Tableau N°04: Précipitations et températures moyennes mensuelles de la station de Khemis Miliana. Source (ANRH 1981-2018) .....</b>	<b>16</b>
<b>Tableau N°05: Moyennes mensuelles des vitesses de vent (m/s), station de Khemis Miliana.....</b>	<b>17</b>
<b>Tableau N°06 : les fréquences de la grêle pour une période de deux ans (90/91) ...</b>	<b>17</b>
<b>Tableau N°07 : Nombres de jours de gelée sur une période d'observation de 30 ans (1975-2005) .....</b>	<b>18</b>
<b>Tableau N°08 : Les valeurs de l'humidité relative de l'air sur une période de 30 ans (1975-2005).....</b>	<b>18</b>
<b>Tableau N° 09 : Caractéristiques des stations hydrométriques.....</b>	<b>28</b>
<b>Tableau N°10 : Caractéristiques statistiques des stations hydrométriques.....</b>	<b>30</b>
<b>Tableau N°11 : Test de stationnarité (Kendall) .....</b>	<b>32</b>
<b>Tableau N°12 : Les observations testées par les lois d'ajustements.....</b>	<b>32</b>
<b>Tableau N°13: Les paramètres estimés.....</b>	<b>33</b>
<b>Tableau N°14 : paramètres de teste d'adéquation selon Kendall.....</b>	<b>33</b>
<b>Tableau N°15 : quantiles d'ajustements d'après la loi Exponentielle (95%).....</b>	<b>34</b>
<b>Tableau N°16 : Paramètres estimés.....</b>	<b>34</b>
<b>Tableau N°17 : paramètres de teste d'adéquation selon Kendall.....</b>	<b>35</b>
<b>Tableau N°18 : quantiles d'ajustements d'après la loi GEV (95%)...<sup>2</sup>.....</b>	<b>35</b>
<b>Tableau N°19 : Paramètres estimés.....</b>	<b>36</b>
<b>Tableau N°20 : paramètres de teste d'adéquation selon Kendall.....</b>	<b>36</b>
<b>Tableau N°21 : quantiles d'ajustements d'après la loi Gumbel(95%).....</b>	<b>36</b>
<b>Tableau N°22 : Paramètres estimés.....</b>	<b>37</b>
<b>Tableau N°23 : paramètres de teste d'adéquation selon Kendall.....</b>	<b>37</b>
<b>Tableau N°24: quantiles d'ajustements d'après la loi Normale(95%).....</b>	<b>37</b>
<b>Tableau N°25:Paramètres estimés.....</b>	<b>38</b>
<b>Tableau N°26: paramètres de teste d'adéquation selon Kendall.....</b>	<b>38</b>
<b>Tableau N°27 : quantiles d'ajustements d'après la loi Lognormale(95%).....</b>	<b>39</b>
<b>Tableau N°28 : comparaison des lois selon Critères BIC et AIC .....</b>	<b>40</b>

<b>Tableau N°29: critères de comparaison.....</b>	<b>40</b>
<b>Tableau N°30 : Débit Modèle et fréquence (QMF) .....</b>	<b>40</b>
<b>Tableau N°31: Test de stationnarité (Kendall) .....</b>	<b>43</b>
<b>Tableau N°32 :Les observations testées par les lois d'ajustements.....</b>	<b>43</b>
<b>Tableau N°33 : Paramètres estimés.....</b>	<b>44</b>
<b>Tableau N°34 : paramètres de teste d'adéquation selon Kendall</b>	<b>44</b>
<b>Tableau N°35 : quantiles d'ajustements d'après la loi Exponentielle (95%)</b>	<b>44</b>
<b>Tableau N°36 : Paramètres éstimés.....</b>	<b>45</b>
<b>Tableau N°37: paramètres de teste d'adéquation selon Kendall.....</b>	<b>45</b>
<b>Tableau N°38 : quantiles d'ajustements d'après la loi GEV (95%).....</b>	<b>46</b>
<b>Tableau N°39: Paramètres estimés.....</b>	<b>46</b>
<b>Tableau N°40: paramètres de teste d'adéquation selon Kendall</b>	<b>46</b>
<b>Tableau N°41 : quantiles d'ajustements d'après la loi Gumbel (95%)</b>	<b>47</b>
<b>Tableau N°42 : Paramètres estimés.....</b>	<b>47</b>
<b>Tableau N°43 : paramètres de teste d'adéquation selon Kendall.....</b>	<b>47</b>
<b>Tableau N°44 : quantiles d'ajustements d'après la loi Normale (95%).....</b>	<b>48</b>
<b>Tableau N°45 : Paramètres estimés.....</b>	<b>48</b>
<b>Tableau N°46 : paramètres de teste d'adéquation selon Kendall.....</b>	<b>49</b>
<b>Tableau N°47 : quantiles d'ajustements d'après la loi Lognormale (95%).....</b>	<b>49</b>
<b>Tableau N°48: comparaison des lois selon Critères BIC et AIC.....</b>	<b>50</b>
<b>Tableau N°49 : critères de comparaison.....</b>	<b>50</b>
<b>Tableau N°50 : Débit Modèle et Fréquence (QMF) .....</b>	<b>50</b>
<b>Tableau N°51: Test de stationnarité (Kendall) .....</b>	<b>52</b>
<b>Tableau N°52: Les observations testées par les lois d'ajustements.....</b>	<b>52</b>
<b>Tableau N°53 : Paramètres estimés.....</b>	<b>53</b>
<b>Tableau N°54 : paramètres de teste d'adéquation selon Kendall.....</b>	<b>53</b>
<b>Tableau N°55 : quantiles d'ajustements d'après la loi Exponentielle (95%).....</b>	<b>54</b>
<b>Tableau N°56 : Paramètres estimés.....</b>	<b>54</b>
<b>Tableau N°57 : paramètres de teste d'adéquation selon Kendall.....</b>	<b>55</b>
<b>Tableau N°58 : quantiles d'ajustements d'après la loi GEV (95%).....</b>	<b>55</b>
<b>Tableau N°59 : paramètres estimées.....</b>	<b>56</b>
<b>Tableau N°60: paramètres de teste d'adéquation selon Kendall.....</b>	<b>56</b>
<b>Tableau N°61 : quantiles d'ajustements d'après la loi Gumbel (95%).....</b>	<b>56</b>

<b>Tableau N°62 : paramètres estimées.....</b>	<b>57</b>
<b>Tableau N°63 : paramètres de teste d'adéquation selon Kendall.....</b>	<b>57</b>
<b>Tableau N°64 : quantiles d'ajustements d'après la loi Normale (95%).....</b>	<b>57</b>
<b>Tableau N°65 : Paramètres estimés.....</b>	<b>58</b>
<b>Tableau N°66: paramètres de teste d'adéquation selon Kendall.....</b>	<b>58</b>
<b>Tableau N°67 :quantiles d'ajustements d'après la loi Lognormale (95%).....</b>	<b>58</b>
<b>Tableau N°68 : Tableau: comparaison des lois selon Critères BIC et AIC.....</b>	<b>59</b>
<b>Tableau N°69: critères de comparaison.....</b>	<b>59</b>
<b>Tableau N°70: Modèle QMF.....</b>	<b>60</b>
<b>Tableau N°71: Test de stationnarité (Kendall) .....</b>	<b>61</b>
<b>Tableau N°72 : les observations testées par les lois d'ajustement.....</b>	<b>62</b>
<b>Tableau N°73: Paramètres estimés.....</b>	<b>62</b>
<b>Tableau N°74: paramètres de teste d'adéquation selon Kendall.....</b>	<b>63</b>
<b>Tableau N°75 : quantiles d'ajustements d'après la loi Exponentielle (95%).....</b>	<b>63</b>
<b>Tableau N°76 : paramètres estimées.....</b>	<b>64</b>
<b>Tableau N°77: paramètres de teste d'adéquation selon Kendall.....</b>	<b>64</b>
<b>Tableau N°78 : quantiles d'ajustements d'après la loi GEV (95%).....</b>	<b>64</b>
<b>Tableau N°79 : paramètres estimées.....</b>	<b>65</b>
<b>Tableau N°80: paramètres de teste d'adéquation selon Kendall.....</b>	<b>65</b>
<b>Tableau N°81 : quantiles d'ajustements d'après la loi Gumbel (95%).....</b>	<b>65</b>
<b>Tableau N°82 : paramètres estimées.....</b>	<b>66</b>
<b>Tableau N°83 : paramètres de teste d'adéquation selon Kendall.....</b>	<b>66</b>
<b>Tableau N°84 : quantiles d'ajustements d'après la loi Normale (95%).....</b>	<b>66</b>
<b>Tableau N°85 : paramètres estimés.....</b>	<b>67</b>
<b>Tableau N°86 : paramètres de teste d'adéquation selon Kendall.....</b>	<b>67</b>
<b>Tableau N°87 : quantiles d'ajustements d'après la loi Lognormale (95%).....</b>	<b>67</b>
<b>Tableau N°88 : Critères de comparaison des lois.....</b>	<b>68</b>
<b>Tableau N°89: critères de comparaison.....</b>	<b>69</b>
<b>Tableau N°90: Modèle QMF.....</b>	<b>69</b>
<b>Tableau N°91: Débits caractéristiques estimés par les différents modèles.....</b>	<b>71</b>

# *Introduction Générale*

### **Introduction Générale:**

Au cours de ces dernières années plusieurs régions Algérien ont connu des fortes précipitations ayant provoqué de nombreuses crues qui ont engendré des inondations catastrophiques dans les zones urbaines et agricoles. Les cours d'eau coulent au moins une fois par année. Ces ampieurs varient sensiblement, ils ne dépendent pas de la quantité de pluie tombée localement, mais de l'importance de l'événement pluviométrique qui se produit bien à l'amont soit au niveau des hauteurs proximités.

Pour éviter ce genre de dégât, il est indispensable de mener des études relatives aux facteurs responsables de ces situations. Ces facteurs sont la pluie et les crues, nous allons travailler sur la relation fonctionnelle qui existe entre ces deux entités. La connaissance de cette relation permettra dans l'avenir de prévoir les crues et leurs intensités par conséquent les éventuelles inondations et leurs effets néfastes sur le plan économique et social.

Donc, la prévision de ces crues représente une tâche nécessaire et indispensable pour une gestion efficace de ces crues et pour permettre une réaction adéquate et rapide dans les pareilles situations de crise. Dans les contextes de prévision des crues, la modélisation est l'outil privilégié pour des applications opérationnelles, mais, si un consensus existe sur leur efficacité, les avis divergent sur les approches choisies pour la représentation des processus au sein du bassin, le problème qui se pose est la comparaison entre ces approches ainsi que la performance du modèle a abordé.

La complexité de la problématique augmente encore si l'on tient compte des interactions entre les variabilités spatiales et temporelles. Dans ce travail, il sera question de traiter et préciser les caractéristiques des crues afin de pouvoir établir des modèles de prévision de ces derniers, et d'apporter une contribution sur les points suivants :

- Quelles hétérogénéités spatiales doit-on prendre en compte en prévision des débits et à quelle échelle sont-elles pertinentes ?
- Comment caractériser ces variabilités aux différentes échelles spatiales ?
- Y-a-t-il des relations entre la pertinence des variabilités spatiales et le pas de temps du modèle ?

Actuellement, une étude d'hydrologie ne peut être définitive au sens précis du terme; puisque chaque année, chaque nouvelle série de mesures peut considérablement changer les conclusions acquises en un temps donné, ainsi que les prévisions qu'on peut tirer.

Il existe un nombre important de méthodes empiriques conceptuelles et stochastiques de prévisions des débits à court, moyen et long terme. Il en est ressorti que les modèles pouvaient fournir des solutions plus simples, mais s'il est important de choisir un modèle en fonction du problème et de l'information disponible, il ne faut pas négliger la possibilité de combiner plusieurs modèles pour améliorer la prévision.

# *Chapitre I : Géomorphologie*

## I. Situation géographique:

### I.1 Introduction :

La région d'étude correspond à la vallée du Cheliff. La continuité occidentale du djebel Zaccar (**1578 m** d'altitude), constitué au Nord de la plaine, au Sud les contreforts de l'Ouarsenis qui culminent plus de **200 m** près de Bordj- Bounaama, à l'Est elle est limitée par djebel Gountas et à l'Ouest par le mont de djebel Doui.

### I.2 Situation géographique de la région d'étude :

La plaine alluviale du Haut Cheliff (Figure N° 01) d'une superficie de **370 Km<sup>2</sup>** et de **270 m** d'altitude moyenne, est située à **100 Km** au Sud-Ouest d'Alger, limité par :

- ◆ Le massif du Zaccar au Nord.
- ◆ Le massif de l'Ouarsenis au Sud.
- ◆ Le massif de Gountas à l'Est.
- ◆ Le massif du Doui à l'Ouest.



Figure 01: Carte de localisation du Bassin versant du Haut Cheliff.

## II Géomorphologie:

### II.1 Introduction :

Le bassin versant est défini comme l'étendue drainée par un cours d'eau et ses affluents et est limité par une ligne de partage des eaux (ANDRE M et CHRISTOPHE H 2003).

Au point de vue hydrologique, le bassin versant du Haut Cheliff se draine par l'Oued principal de Cheliff qui reçoit les affluents qui constituent les zones d'alimentation de la nappe alluviale, il s'agit de Oued Souffay, Oued Raihene, Oued Boutane dans le Nord du bassin versant et Oued Deurdeur, Oued Massine, Oued Djellida et Oued Harraza dans la partie Sud du bassin versant.

Dans ce chapitre on va présenter les caractéristiques géomorphologiques du bassin versant du Haut Cheliff qui va nous permettre de déterminer la forme et la pente de ce bassin, ce dernier à pour but de déterminer la tendance d'écoulement ou l'infiltration des eaux.

## II.2 Les caractéristiques de formes :

Le bassin versant du Haut Cheliff (Figure N° 02) est caractérisé par une superficie de **1935 Km<sup>2</sup>** et un périmètre de **220 Km** (*revue hydrogéologique 2008 « ANRH de Khemis Miliana »*).

Les caractéristiques de forme principales sont comme suit:

- Indice de compacité ;
- Relief, caractérisé par la courbe hypsométrique ;
- Rectangle équivalent ;
- Indice de pente.

### A) Indice de compacité **K<sub>C</sub>**:

L'indice de compacité **K<sub>C</sub>** de Gravelius, est défini comme le rapport du périmètre du bassin versant au périmètre du cercle ayant la même surface (ANDRE M, CHRISTOPHE H 2003), soit :

$$K_c = 0.282 \times \frac{P}{\sqrt{S}} \dots\dots\dots (01)$$

Où :

**K<sub>C</sub>** : Indice de compacité de Gravelius ;

**P** : Périmètre du bassin versant en Km ;

**S** : Surface du bassin versant en Km<sup>2</sup>

Après l'application numérique de la formule N ° 01 on a trouvé que **K<sub>C</sub> = 1.41** (**K<sub>C</sub> > 1**) ce qui signifie que le bassin versant du Haut Cheliff a une forme allongée, ce qui a pour effet des temps d'acheminement de l'eau à l'exutoire plus important et par conséquent d'accroître l'infiltration au dépend du ruissellement dans la mesure où la lithologie est perméable.

**B) Relief :**

La caractéristique la plus significative du bassin versant et la nature du relief constituent la courbe hypsométrique, cette courbe est obtenue comme suit :

- En coordonnées, l'altitude considérée ;
- En abscisses, le pourcentage de superficies cumulées;

La courbe hypsométrique est tracée à l'aide du tableau N° 01 :

**Tableau N° 01** : Altitudes et les pourcentages cumulés des superficies.

Altitude (m)	H <sub>moy</sub> (m)	Surface partielle		Surface cumule %	H <sub>moy. S<sub>i</sub></sub>
		S <sub>i</sub> (Km <sup>2</sup> )	% S <sub>i</sub>		
200-400	300	898,20	46,4	100	269462,9
400-600	500	528,7	27,3	53,64	264330,2
600-800	700	277,2	14,3	26,32	194013,3
800-1000	900	148,8	7,7	12	133961,5
1000-1200	1100	51,3	2,7	4,3	56458,9
1200-1500	1350	30,8	1,6	1,6	41574,3

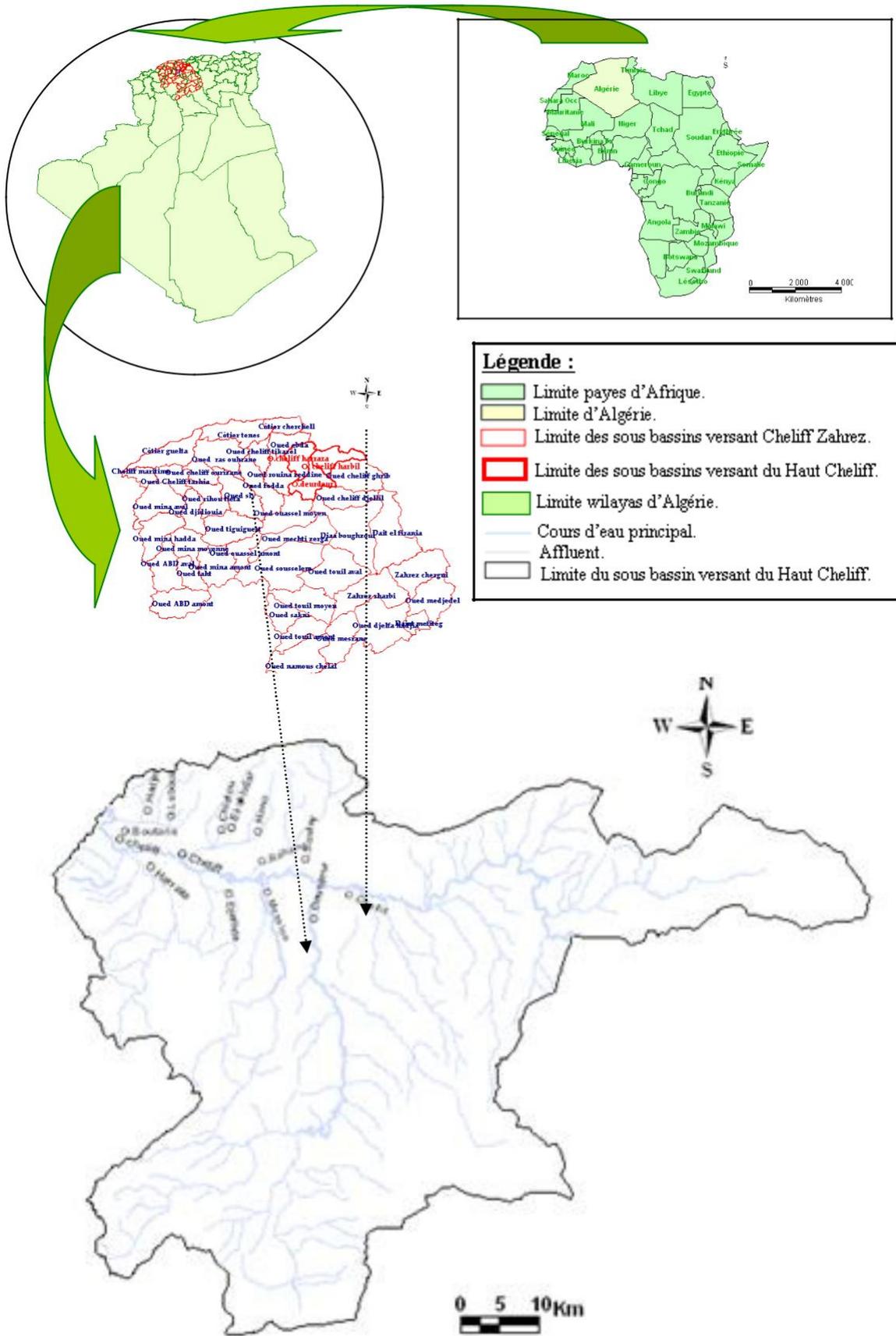


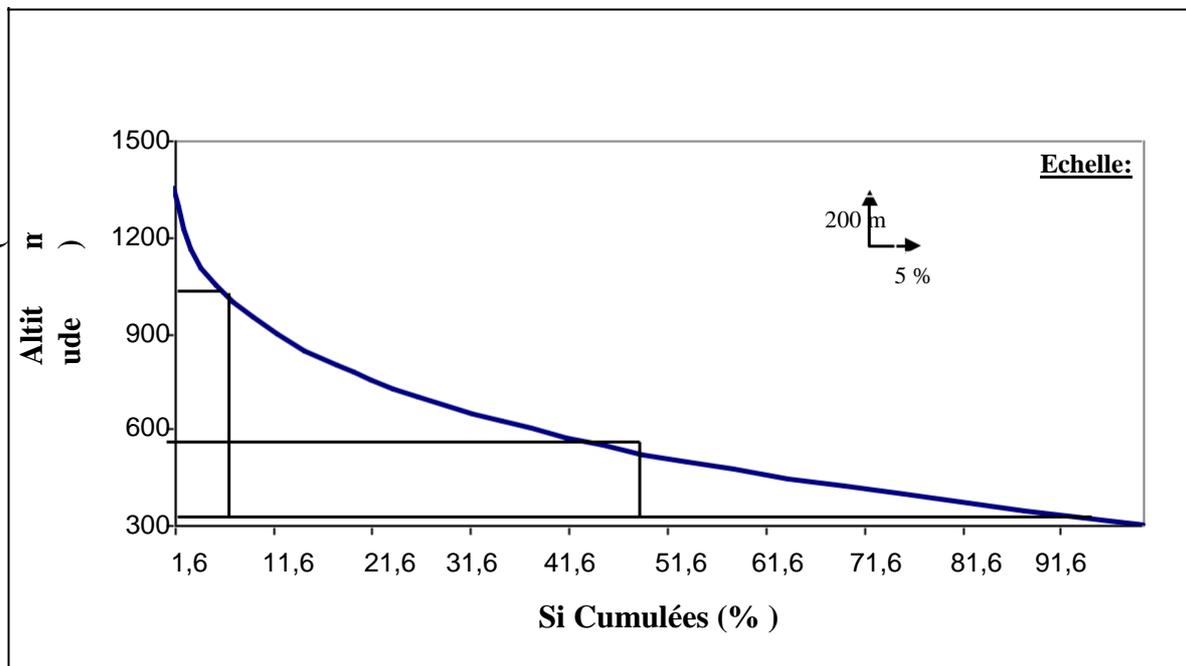
Figure N° 02 : Bassin versant représentatif de la région d'étude.

A partir de cette courbe, on détermine :

- L'altitude à 95 % de la surface, **H<sub>95%</sub> = 300 m** ;
- L'altitude à 5 % de la surface, **H<sub>5%</sub> = 1050 m** ;
- L'altitude médiane, **H<sub>50%</sub> = 500 m**

$$H = \frac{\sum S_i \times H_i}{S} \dots\dots\dots (02)$$

L'altitude moyenne est ainsi définie : **H = 496.04 m**



**Figure N° 03** : La courbe hypsométrique du bassin versant du Haut Cheliff

**C Le rectangle équivalent ou rectangle de Roche:**

Le rectangle équivalent est nécessaire dans le calcul de la pente, cette méthode permet de comparer facilement des bassins versants entre eux en ce qui concerne l'influence de leurs caractéristiques sur l'écoulement. (ANDRE M, CHRISTOPHE H 2003).

$$L = \frac{K \sqrt{S}}{1.12} \left( 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{1.12}{Kc} \right)^2} \right) \dots\dots\dots (03)$$

$$l = \frac{K \sqrt{S}}{1.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{1.12}{Kc} \right)^2} \right) \dots\dots\dots (04)$$

La détermination de la longueur et de la largeur du rectangle équivalent s’effectue à l’aide des équations suivantes :

Où:

**L** : Longueur du rectangle équivalent (Km) ;

**l** : Largeur du rectangle équivalent (Km);

**S** : Surface de bassin versant (Km<sup>2</sup>) ;

**Kc** : Indice de compacité de Gravelius ;

Après le calcul on a trouvé **L= 89.06 Km** et **l = 22.15 Km** ce qui montre que la longueur **L** correspond à quatre (04) fois la largeur **l** et confirme ainsi l’allongement du bassin versant.

**D Les indices de pente globale :**

L’indice de pente globale basé sur la fonction de répartition des altitudes du bassin versant (courbe hypsométrique), est l’indice de pente globale défini par : (ANDRE M, CHRISTOPHE H 2003)

$$I_g = \Delta / L_r \dots\dots\dots (05)$$

Où :

$$\Delta = H_{5\%} - H_{95\%}$$

La dénivelée totale est égale à **750 m** ;

**L<sub>r</sub>** : Longueur du rectangle équivalent

Pour le bassin versant du Haut Cheliff, on a donc : **I<sub>g</sub> = 8.42 m/Km**

**E Indices de pente moyenne :**

La pente moyenne du cours d'eau détermine la vitesse avec laquelle l'eau se rend à l'exutoire du bassin donc le temps de concentration. Cette variable influence donc le débit maximal observé. Une pente abrupte favorise et accélère l'écoulement superficiel, tandis qu'une pente douce ou nulle donne à l'eau le temps de s'infiltrer, entièrement ou en partie, dans le sol. Site Internet : <http://echo2.epfl.ch/e-drologie/chapitres/chapitre2/chapitre2.html>

$$I_m = \frac{\Delta H}{L} = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L} \dots\dots\dots (06)$$

**I<sub>m</sub> = 0.0145 Ou 1.45 %**

**F Dénivelée spécifique D<sub>s</sub> :**

La dénivelée spécifique permet d'utiliser la classification de l'IRD (Ex O.R.O.S.T.O.M) (tableau N° 02) qui permet de définir les différents types de relief des bassins versants quelque soient leurs superficies (SARI A 2002) . Elle est calculée comme suit :

On a :

$$D_s = I_g \sqrt{S} \dots\dots\dots (07)$$

Où :

- D<sub>s</sub>** : Dénivelée spécifique ;
- I<sub>g</sub>** : Indice de pente ;
- S** : Superficie du bassin versant. Ce qui implique que **D<sub>s</sub>=370.4 m.**

D'après la classification de l'IRD (Ex O.R.O.S.T.O.M), le tableau N° 02 dans l'annexe, le bassin versant du Haut Cheliff présente un relief fort (R<sub>5</sub>), car : **250 < D<sub>s</sub> < 500m.**

**II.3 Les caractéristiques du réseau hydrographique :**

Les eaux issues des principaux affluents représentés par les Oueds Souffay, Boutane et Raihane au Nord et les Oueds Derdeur, Massine et Harraza au Sud (Figure N° 02), sont

collectées au centre de la plaine avec l'Oued Cheliff qui constitue l'axe de drainage principale de la plaine vers l'exutoire au niveau de Mostaganem. (BOUZIANE R 2006)

**A les facteurs physiographiques du bassin versant :**

**A.1 Densité de drainage :**

C'est le rapport entre la longueur totale de tous les cours d'eau et la superficie du bassin versant :

$$D_d = \frac{\sum L_i}{S} \dots\dots\dots i \text{ (08)}$$

**D<sub>d</sub>** : Densité de drainage ;

**L<sub>i</sub>** : Longueur totale de tous les cours d'eau ;

**S** : Superficie totale du bassin versant ;

Pour le bassin versant du Haut Cheliff, L<sub>i</sub> = 1037 Km, donc : D<sub>d</sub> = 0.54Km / Km<sup>2</sup>

**A-2) Temps de concentration des eaux :**

C'est le temps nécessaire à l'eau pour s'écouler du point hydrologique le plus éloigné en amont du bassin versant jusqu'à l'exutoire (SARI A 2002) . Pour le déterminer on utilise la formule de GIANDOTTI :

$$T_c = \frac{1.5L + 4\sqrt{S}}{0.8 \sqrt{H_{\text{moy}} - H_{\text{min}}}} \dots\dots\dots \text{ (09)}$$

**Où :**

**L** : Longueur du cours d'eau principal (L = 70.17Km) ;

**S** : Surface totale du bassin versant Km<sup>2</sup> ;

**H<sub>moy</sub>** : Altitude moyenne (496.04m) ;

**H<sub>min</sub>** : Altitude minimale (200 m).

Après calcul on a trouvé que le temps de concentration des eaux dans le bassin versant du Haut Cheliff est de **20.43 heures**

A-3) Vitesse de ruissellement :

Elle est calculée par la formule suivante :

$$V_r = \frac{L_p}{T_c} \dots\dots\dots (10)$$

$$V_r = 2,4 \text{ Km/H}$$

Où :

**V<sub>r</sub>** : Vitesse de ruissellement ;

**L<sub>p</sub>** : Longueur de thalweg principal en Km (48.6 Km) ;

**T<sub>c</sub>** : Temps de concentration en heures.

Les caractéristiques du bassin versant du Haut Cheliff sont récapitulées dans le tableau n° 02 :

**Tableau N° 02** : Tableau récapitulatif des caractéristiques hydromorphologiques du bassin versant du Haut Cheliff.

<b>Paramètre</b>	<b>Symboles</b>	<b>Unité</b>	<b>Les résultats</b>
<b>Surface du bassin versant</b>	S	Km <sup>2</sup>	1935
<b>Périmètre du bassin versant</b>	P	Km	220
<b>Indice de compacité</b>	K <sub>c</sub>	-	1.41
<b>Longueur du rectangle équivalent</b>	L	Km	89.06
<b>Largeur du rectangle équivalent</b>	l	Km	22.15
<b>Altitude maximale</b>	H <sub>max</sub>	m	1500
<b>Altitude minimale</b>	H <sub>min</sub>	m	200
<b>Altitude moyenne</b>	H <sub>moy</sub>	m	496.04
<b>Altitude à 5 % de la surface</b>	H <sub>5 %</sub>	m	1050
<b>L'altitude à 95 % de la surface</b>	H <sub>95%</sub>	m	300
<b>L'altitude médiane</b>	H <sub>50%</sub>	m	500
<b>Indice de pente globale</b>	I <sub>g</sub>	m/Km	8.42
<b>Indice de pente moyenne</b>	I <sub>m</sub>	%	1.45
<b>Dénivelée spécifique</b>	D <sub>s</sub>	m	370
<b>Densité de drainage</b>	D <sub>d</sub>	Km/Km <sup>2</sup>	0.54
<b>Temps de concentration</b>	T <sub>c</sub>	h	20.43
<b>Vitesse de ruissellement</b>	V <sub>r</sub>	Km/H	2,4

#### II.4 Conclusion :

D'après l'étude géomorphologique, nous constatons que le bassin versant du Haut Cheliff a une forme allongée, ce qui a pour effet que le temps d'acheminement de l'eau à l'exutoire est plus important et par conséquent l'infiltration s'accroît.

Ainsi après la détermination des différents paramètres du relief on trouve que le bassin du Haut Cheliff a une pente faible ce qui favorise l'infiltration des eaux

## **Chapitre II: Hydroclimatologie**

## I Les précipitations:

### I.1 Les précipitations moyennes annuelles:

Les grands traits de la variabilité pluviométrique dans la région d'étude sont principalement déterminés en se basant sur la carte pluviométrique établie pour le bassin hydrographique du Haut Chélif. (Bendjelloul M, Belkhir M 2021)

Du Nord au Sud les isohyètes se disposent en bandes plus ou moins parallèles et valeurs décroissantes. Aussi, il présente des altérations au niveau de chaînes telliennes où intervient le rôle important de l'altitude.

En ce qui concerne la région la plus pluvieuse, elle se situe dans les massifs de Zaccar qui est plus proche de la mer avec plus de 700 mm à la station de Sidi Mejahed.

Par contre, sur les Monts de l'Ouarsenis, plus au Sud, on enregistre des pluies moins élevées, plus de 400 mm à la station de Bordj El Amir Khaled. Dans la plaine, les pluies sont moins importantes. Elles varient de 300mm à 400mm

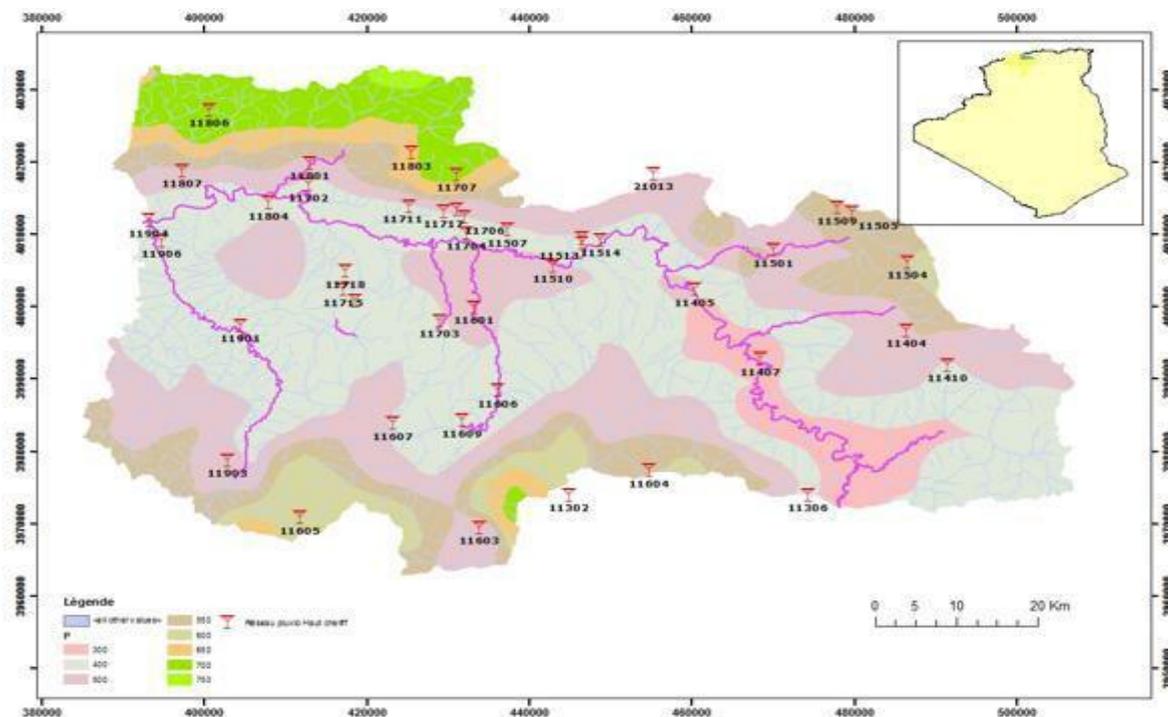


Figure N° 04 : carte des précipitations moyenne annuelle.

L'analyse des données pluviométriques annuelles des stations (Ain Defla, El Khemis ANRH et Harreza Barrage), enregistrées durant la période 1968 à 2017, montre que la région du Haut Chélif est caractérisée par des séries pluviométriques quasiment identiques pour l'ensemble des stations, néanmoins, elles présentent une grande déviation de pluviosité dans le temps, avec des différences minimales dans le temps et dans l'espace (Figure 05).

L'ensemble des stations enregistre un moyen de 420.6 mm. En 1971, la station d'Arif Chélif enregistre une valeur crête de 721,4mm

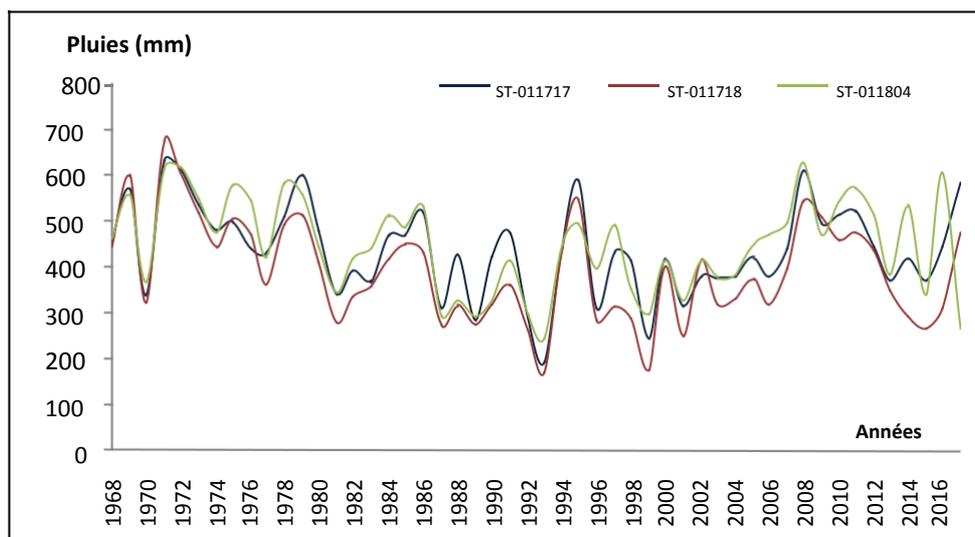


Figure N° 05 : Évolution des précipitations annuelles (1968-2017)

## I.2 Les précipitations mensuelles

L'analyse des précipitations moyennes mensuelles pour la période d'étude et d'enregistrement des données, au niveau des stations (El Khemis ANRH, Ain Defla, Harreza Barrage) montre que l'ensemble des stations pluviométriques présentent une saison pluvieuse allant de Novembre à Avril avec une valeur maximale enregistrée en février, où les précipitations atteignent les 67,3 mm, les faibles précipitations sont enregistrées durant les mois de juillet et Août.

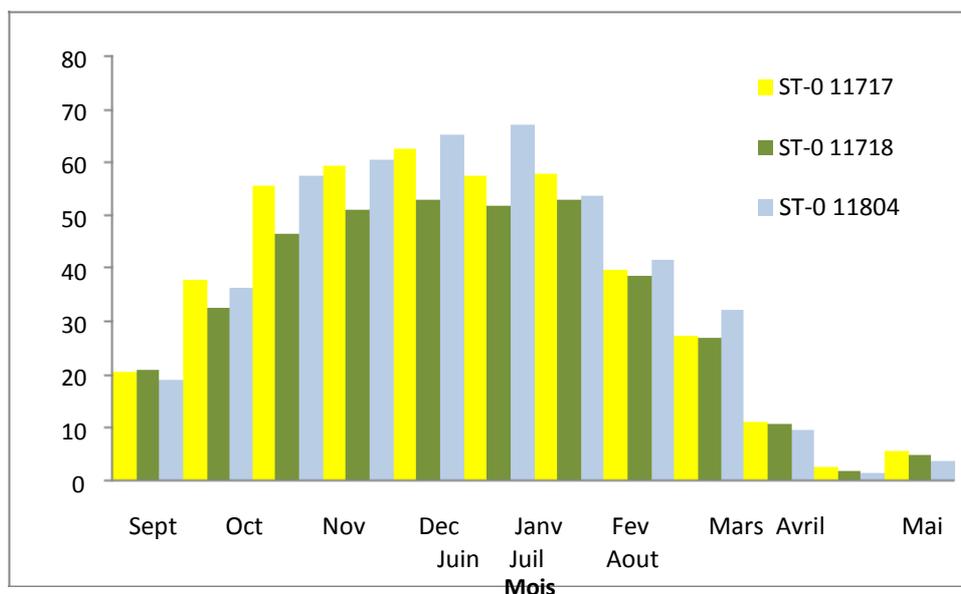


Figure N° 06 : Précipitations moyennes mensuelles (1968-2017).

## II La Temperature:

La temperature est l'un des éléments fondamentaux dans l'établissement du bilan hydrologique et dans la détermination du caractère climatique d'une région. Les données existantes sont celles des stations gérées par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH).

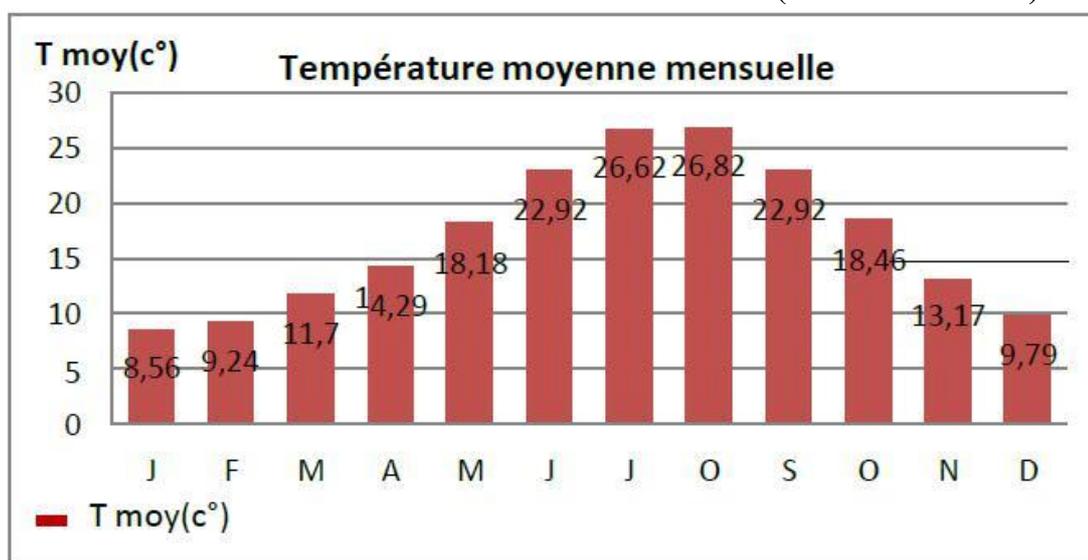
Les températures moyennes annuelles les plus élevées (maximum) sont enregistrées dans la plaine du Haut Cheliff, dans la période (1981-2018) elles varient 26.82°C au Mois d'août qui reste le mois le plus chaud de l'année, dans la station de Cheliff-Harraza.

Et une température Les plus basses (minimum) sont enregistrées dans les Altitudes Nord et Sud ; elles varient 8.56°C. Les températures moyennes mensuelles minimales est enregistré durant le mois de Janvier une valeur 4.92°C. Et des températures maximales est enregistré durant dans le Mois d'août une valeur 33.38°C (Tableau n°03)

**Tableau N°03:** températures moyennes mensuelles de la station de Khemis Miliana ANRH 1981- 2018 (MOHAMMEDI A, FELLAHI K 2021)

Mois	J	F	M	A	M	J	JU	A	S	O	N	D
Tmax(c°)	13.38	14.28	17.17	19.95	24.07	29.29	33.33	33.38	28.95	24.13	18.19	14.46
Tmin(c°)	4.92	5.20	7.05	9.15	12.66	17.79	20.21	20.92	17.84	14.00	9.34	6.37
Tmoy(c°)	8.56	9.24	11.70	14.29	18.18	22.29	26.62	26.82	22.92	18.46	13.12	9.79

Source (ANRH 1981-2018)



**Figure N°07:** variation de la température moyenne mensuelle de la station de Khemis Miliana ANRH (1981-2018)

### I.1 Diagramme Ombrothermique:

Le Diagramme Ombrothermique de Gaussen (1953) ou le diagramme pluviométrique de Gaussen est une représentation graphique de variation de précipitation et de température en fonction du temps (mois) qui nous permet de déterminer la période sèches et humides d'une région.

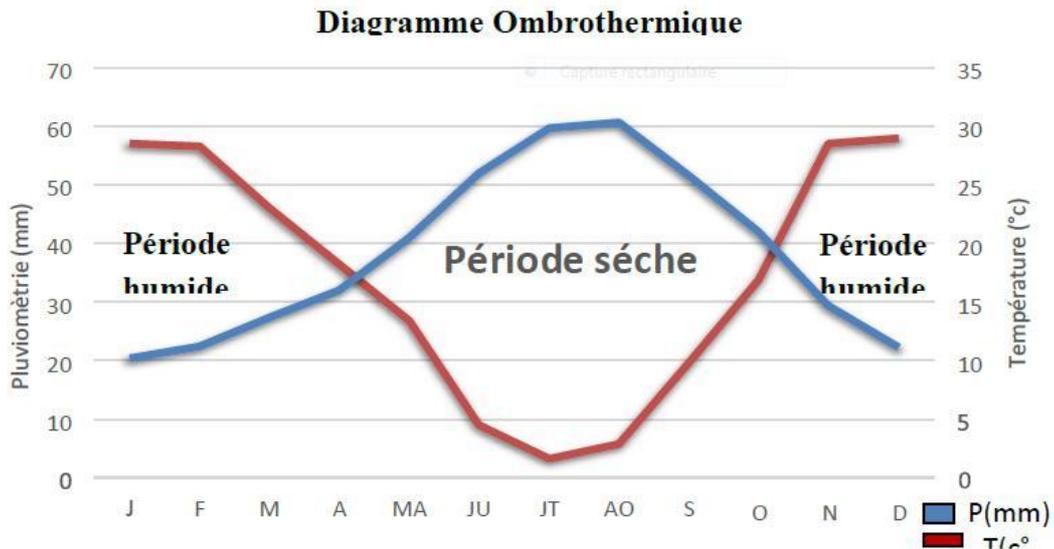
Bagnoles et Gaussen (1953) ont caractérisé un mois sec par la relation  $P \leq 2T$ , avec  $\triangleright$  P : moyenne mensuelle des précipitations en (mm)

$\triangleright$  T : moyenne mensuelle des températures en (°C) avec  $T = (M + m)/2$ .

## [Chapitre II: hydroclimatologie]

**Tableau N°04:** Précipitations et températures moyennes mensuelles de la station de Khemis Miliana. Source (ANRH 1981-2018).

Mois	J	F	M	A	M	J	JU	A	S	O	N	D
<b>T (c°)</b>	8.56	9.24	11.70	14.29	18.18	22.92	26.2	22.92	18.46	13.12	9.79	6.93
<b>P(mm)</b>	67.18	62.98	58.62	51.57	41.85	14.32	4.48	12.41	29.44	44.60	67.05	64.06



**Figure N°08:** Diagramme Ombrothermique de Gaussen ( $P=2T$ ) de la station de Khemis Miliana (ANRH 1981-2018).

D'après les résultats de Diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnoles de la Station d'ANRH entre 1981 et 2018, on remarque une longue période de Sécheresse. Elle s'étale sur sept mois allant du mois de mai au mois de novembre.

Le diagramme Ombrothermique a établie à la Cheliff Harraza montre que le mois de février représente le mois le plus pluvieux durant une longue période (1981-2018) de 62.98mm. On constate que la période sèche s'étale du mois, mais au mois de novembre représente le mois le plus sec. La période humide s'étale du mois janvier au mois d'avril.

### III Vent :

Les vents soufflent fréquemment dans des directions instables et à différentes Intensités en fonction des saisons. Mesurer à la station de Khemis Miliana par l'anémogirouette, la variation de la vitesse de vent (m/s) au cours de l'année est représentée dans le tableau (N°9), et illustrée par la figure (N°09).

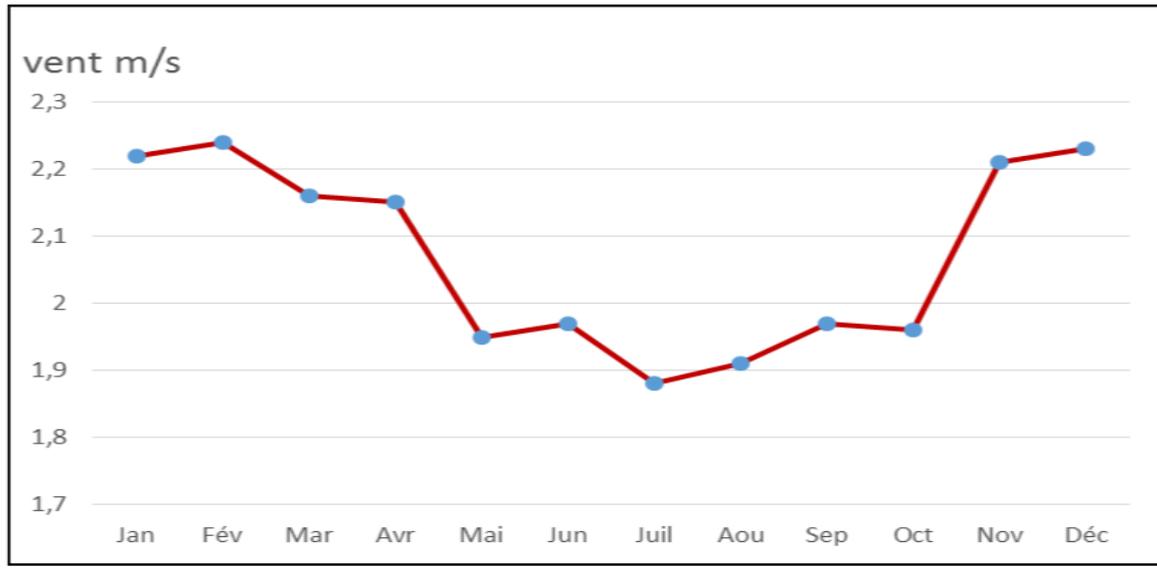
Les vents dominants, surtout à partir de 1000 m d'altitude, sont les vents d'Ouest (Evydal., 2012). Les données enregistrées au niveau de la station montrent que les vents prédominants sont d'une vitesse moyenne qui varie de 1.87 à 2.24 m/s pour une moyenne annuelle de 2.06 m/s.

## [Chapitre II: hydroclimatologie]

**Tableau N°05:** Moyennes mensuelles des vitesses de vent (m/s), station de Khemis Miliana. (MOHAMMEDI A, FELLAHI K 2021)

Mois	J	F	M	A	M	J	JU	A	S	O	N	D
V Moye (m /s)	2.22	2.24	2.16	2.15	1.95	1.97	1.98	1.91	1.97	1.96	2.21	2.23

Source NOAA (1981-2018)



**Figure N°09 :** Variation de vitesse moyenne mensuelle du vent au niveau de la station de Khemis Miliana (1981-2018).

### IV La grêle :

La grêle a des effets négatifs sur l'agriculture, surtout pour les petites plantes, à Khemis Miliana, les fréquences les plus élevées sont remarquées en janvier, février et mars.(1,6. 1,8. 1,4).( Mr SOUAIKEUR Djaber 2016)

**Tableau N°06 :** les fréquences de la grêle pour une période de deux ans (90/91)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Khemis Miliana	1,6	1.8	1.4	1.1	0.7	0.4	0	0	0.1	0.1	0.3	0.5	7.9

(Source : ONM alger)

### V La gelée blanche :

Les gelées commencent du mois de novembre jusqu'au mois d'avril, le maximum du nombre de jour de gelées est au mois de janvier. (Mr SOUAIKEUR Djaber 2016).

## [Chapitre II: hydroclimatologie]

**Tableau N°07 :** Nombres de jours de gelée sur une période d'observation de 30 ans 1975-2005).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Nombre de jours	0	0	1.3	4.6	5.4	2.4	1.00	0.40	0	0	0	0

(Source : station météorologique d'El Khemis)

### VI Humidité relative :

L'humidité relative moyenne annuelle de l'air est de 67%. La plus grande humidité relative de l'air pendant la période hivernale atteint la valeur de 86.3%, et la plus petite valeur pendant la période estivale atteint 40.7%. (Mr SOUAIKEUR Djaber 2016).

**Tableau N°08 :** Les valeurs de l'humidité relative de l'air sur une période de 30 ans (1975-2005).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Humidité %	79,6	81,9	77	68,46	71,66	60,93	44,03	52,33	71,33	75,53	83,03	89,3

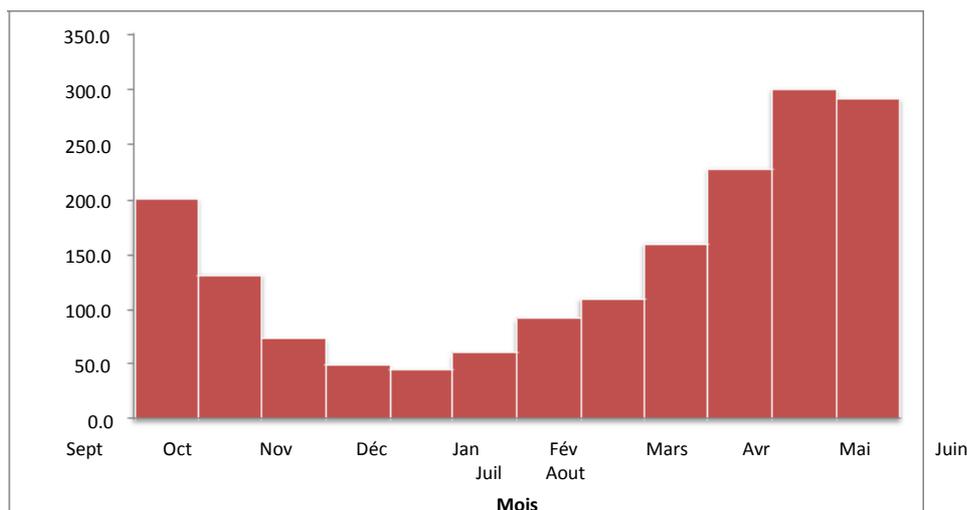
(Source : Station météorologique d'El KHEMIS)

### VII Évaporation

Le potentielle hydrique d'une région ou d'un bassin versant est liée directement à l'évaporation c.à.d. la quantité d'eau restituée à l'atmosphère sous forme de vapeur.

La variation de l'évaporation mensuelle suit la même tendance de variation de celle des températures et des précipitations. Durant la période 1986-2017 à la station de Harreza,

- Une période d'évaporation très élevée allant du mois Mai au Mois d'Octobre dont elle atteint une valeur maximale de 300.7mm.
- Une période de faible évaporation allant du mois de Novembre au mois d'Avril ou elle atteint une valeur minimale de 44,2 mm (Figure 10). (Bendjelloul M, Belkhir M 2021)



**Figure N° 10 :** Évaporation moyenne mensuelle (Période 1986-2017).

A l'échelle annuelle, une période de faible évaporation est enregistrée durant la période allant de 1986 à 2017 avec des valeurs crêtes minimale et maximale enregistrées en 2009 et 1988 avec des valeur de 75,5 mm et 193,6 mm respectivement (Figure 11).

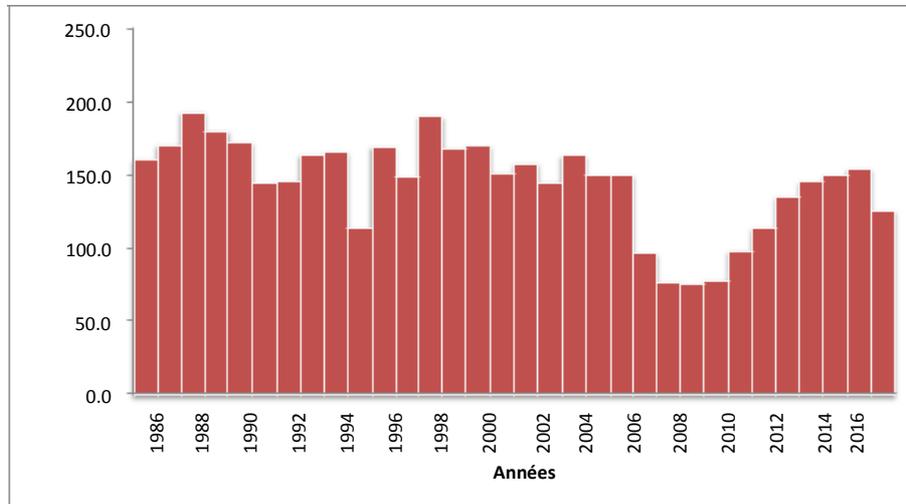


Figure N° 11 : Évaporation moyenne annuelle (Période 1986-2017)

# **Chapitre III : Aperçu géologique**

## Chapitre III : Aperçu géologique

### I Introduction :

La zone d'étude située dans le Haut Cheliff (plaine de Khemis-Miliana) correspond à une dépression subsidente constituée essentiellement par des alluvions quaternaires représentant les terrasses de l'oued Cheliff, entourée au Nord et au Sud par les massifs primaires et jurassiques du Zaccar et du Doui oriental. (Figure N° 10)

Le Haut Cheliff, situé au nord de l'Ouarsenis, est allongé grossièrement d'Est en Ouest, sur plus de 60 Km de long et une moyenne de 25 Km de large. (BENMERIDJA A 2004)

La plaine du Haut Cheliff, s'inscrit dans l'ensemble des terrains de l'Atlas Tellien, elle correspond à un synclinorium Néogène reposant sur le substratum Crétacé du sillon subsidient Tellien, entre le massif de Boumaad et les contreforts du Ouarsenis.

Cet ensemble est dû à la superposition de plusieurs phases de plissements et de déformations d'âge Primaire, Secondaire et Tertiaire.

Les terrains qui forment le cœur de synclinal sont du Miocène supérieur, ils constituent une couche gréseuse au sommet et passent vers le bas à des terrains plus argileux. Les principaux affleurements du Miocène, sont au niveau du Djebel Gantas et à l'Est d'Ain Sultan (Figure N° 12).

Les terrains Quaternaires qui occupent le centre de la plaine, sont essentiellement représentés par des dépôts alluvionnaires de l'Oued Cheliff, dont la partie supérieure est représentée par des limons très argileux d'une quinzaine de mètres d'épaisseur. Ces alluvions s'étendent sur des superficies de 241.2 km<sup>2</sup> dans la plaine du Haut Cheliff. (Figure N°13) (BOUZIANE ERRAHMANI A 2005)

### II La lithologie du Haut Cheliff :

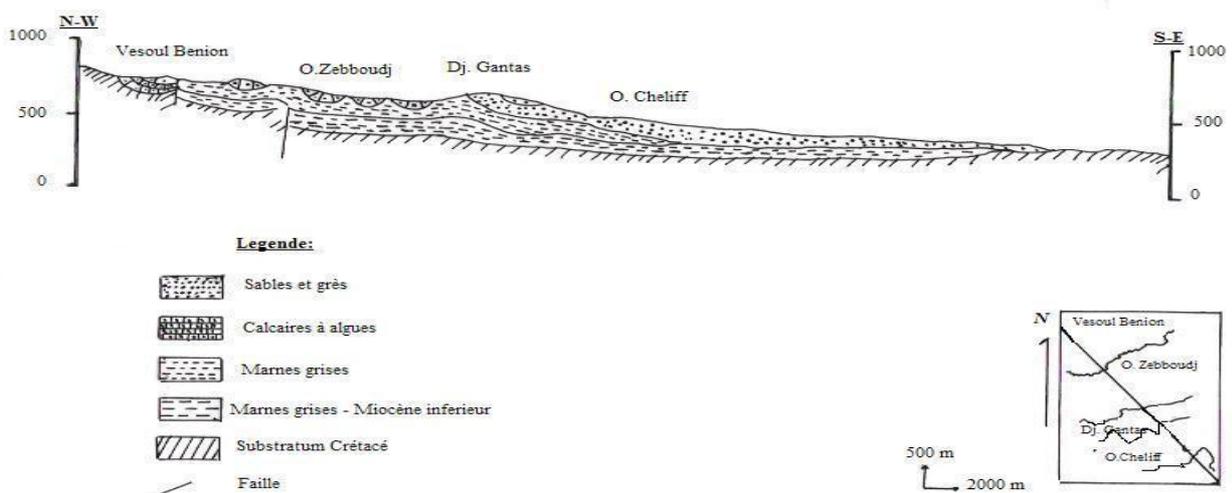
Les coupes lithologique transversale effectuée dans la plaine du Haut Cheliff (Figures N° 12,13 ), fait apparaître la dépression subsidente et l'allure en synclinal des différentes formations constituant le sous-sol ; on peut observer de bas en haut :

- Le Crétacé inférieur, imperméable et s'étalant sur toute la largeur de la plaine ; il a servi de fond étanche lors de la réalisation du barrage de Ghrib ;
- Surmonté par un Miocène, mais n'affleurant pas ou très peu en surface ;

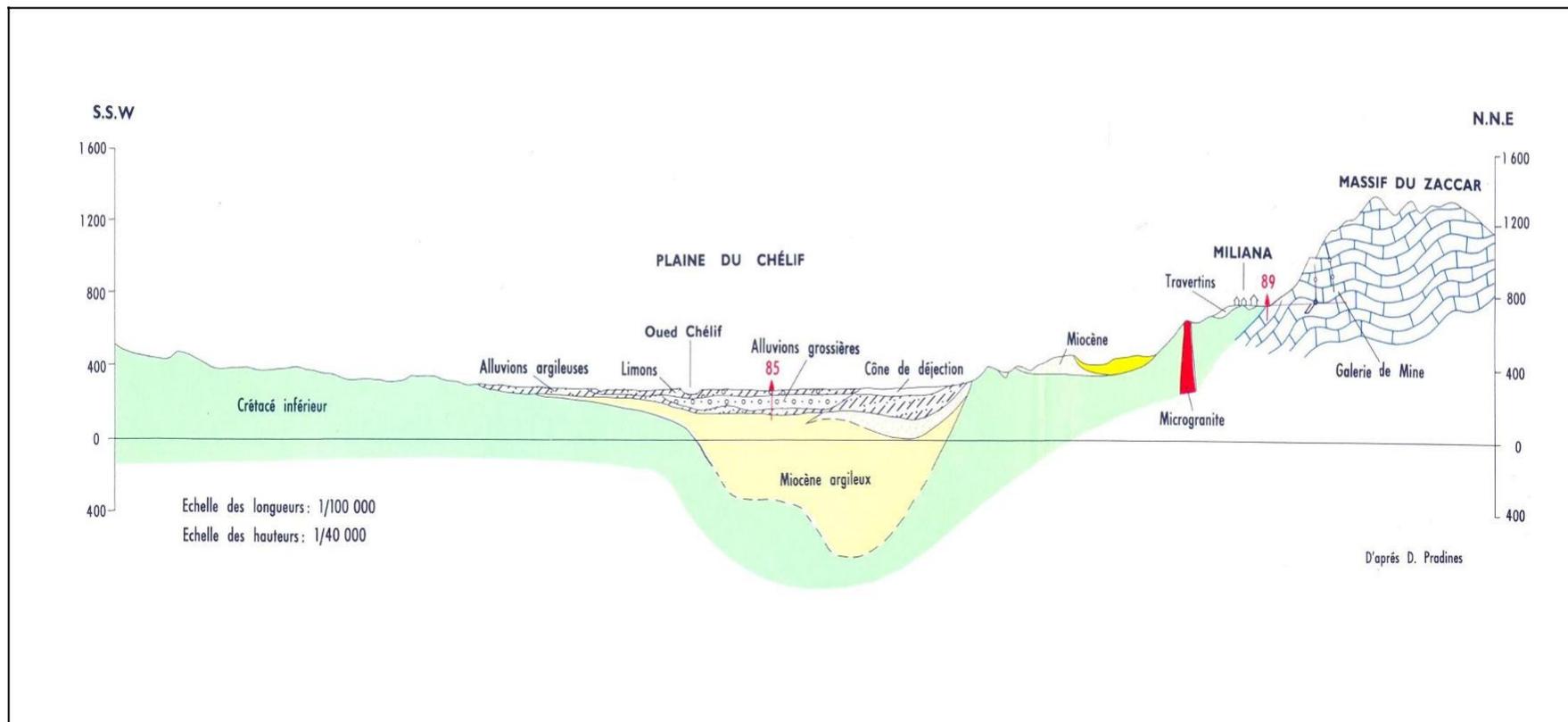
### Chapitre III : Aperçu géologique

- Les dépôts alluvionnaires du Oued Cheliff ; en premier lieu, étant en contact avec la formation argileuse du Miocène, forment une couche d'alluvions argileuses, d'une épaisseur moyenne de 32 mètres ;
- Les dépôts alluvionnaires grossiers du Cheliff proprement dit, formant le plus important aquifère de la région ; leurs épaisseurs peuvent dépasser les 70 mètres ;
- Aux bordures de l'Oued Cheliff, le contact argile du Miocène et dépôts alluvionnaire, forment des lentilles d'alluvions argileuses ;
- Finalement, un recouvrement limoneux, surmonte le tout ; observé essentiellement au centre de la plaine, il rend l'aquifère captive dans quelques endroits.

L'étude géophysique établis par la compagne générale de géophysique (C.G.G), et les forages effectués ont mis en évidence au voisinage du cours actuel du Cheliff un chenal à remplissage grossier (gros galets et graviers) qui constitue le principal réservoir aquifère de la plaine. Son épaisseur varie entre 100 à 150 m. Le reste du remplissage est constitué d'alluvions sablo argileuses, dont l'épaisseur diminue au fur et à mesure que l'on se rapproche des bordures. L'ensemble est recouvert par des limons grisâtres de 10 à 20 m. (BENMERIDJA A 2004)



**Figure N° 12:** Coupe géologique à travers le bassin du Haut Cheliff.  
D'après (M..MATTAOUER et APERODON)



**Figure N° 13** : La coupe interprétative transversale de la plaine du Haut Cheliff  
(Carte hydrogéologique du Nord d'Algérie 1/200 000).

### III Stratigraphie :

Les séries stratigraphiques du Haut Cheliff s'étalent de Primaire au Quaternaire (Figure N° 14)

- ◆ **Le Primaire:** est constitué d'une alternance des schistes noirs graphiteux et des bancs de quartzites et d'argiles.
- ◆ **Le Trias :** est généralement constitué des dolomies et des calcaires dolomitiques, il affleure dans le massif de Doui et de Zaccar.
- ◆ **Le Jurassique :** il est constitué dans le massif du Zaccar par des calcaires massifs, compactés, fracturés et karstiques, surmontés par des schistes gréseux et des marno-calcaires. L'ensemble de la série atteint une épaisseur de 700 m environ.

Dans le Djebel Doui, le Jurassique est représenté essentiellement par des niveaux de calcaires dolomitiques d'épaisseur avoisinant à 80 m.

- ◆ **Le Crétacé :** le Crétacé affleure sur les bordures latérales de la plaine, il est représenté de la base au sommet par :
  - Des argiles schisteuses du Néocomien, d'une épaisseur de 800 m environ au Nord et à l'Ouest du Zaccar.
  - Des faciès flyschs de l'Albien qui se développent dans le massif de Boumaad.
  - Des marnes avec des intercalations des bancs de calcaire d'âge Sénonien.
- ◆ **Le Miocène :** le Miocène peut atteindre 300 m d'épaisseur, il est constitué de la base au sommet par :
  - **Le Miocène inférieur (Burdigalien) :** repose sur des terrains plus Anciens Eocène et Crétacé, qui débutent par une formation conglomératique d'épaisseur environ 220 m. Cette formation est constituée essentiellement par des conglomérats polygéniques à des éléments de taille très variables, mal triés, avec des niveaux sableux ou gréseux mal stratifiés parfois gypsifères.

Au sommet, les niveaux conglomératiques deviennent plus fins et passent progressivement à des marnes gréseuses rouge à brune verdâtre.

  - **Le Miocène supérieur (Vindobonien) :** est une série qui représente de base au sommet : des niveaux conglomératiques épais de 1 à 2 m, à ciment sablo-marneux, surmontés par un

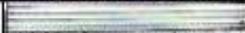
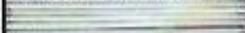
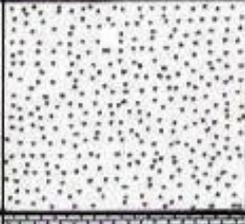
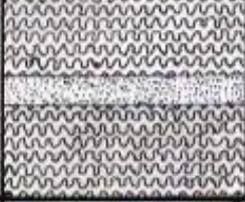
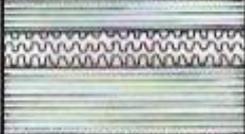
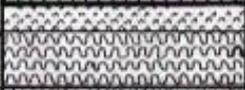
E (m)	Log	Lithologie	Age	Comportement hydrogéologique
100		Limons Alluvions	Quaternaire	perméable
100		Argiles	Pliocène	impénétrable
100		Grès et Conglomérats		perméable
100		Grès et poudingues	Miocène sup (Vindobonien)	impénétrable
200		Argiles		perméable
	 	Grès et poudingues Calcaires		
300		Marnes		impénétrable
1000		Grès et poudingues Calcaires	Miocène inf (Burdigalien)	perméable
20	 	Grès quartzitiques Argiles et Schistes	Eocène	perméable impénétrable
50		Marnes et calcaires marneux	Sénomien	impénétrable
50		Calcaires et marnes	Cénomarien	
1000		Schistes et bancs de quartzites	Albien	impénétrable
900		Argiles schisteuses	Néocomien	impénétrable
1000		Calcaires	Jurassique	perméable
		Argiles gypseuses	Trias	impénétrable
300		Schistes et quartzites	Pérmo-Trias	impénétrable

Figure N° 14 : Log litho stratigraphique de la région du Haut Cheliff.

## [Chapitre III: Aperçu Géologique]

---

niveau marneux de couleur bleu, d'une épaisseur d'environ 50 m ; des marnes blanches alternant avec quelques bancs siliceux couronnés par un dépôt de grès et de sable, d'une épaisseur de 100 m environ.

Une formation marneuse de couleur bleue, présentant un faciès argileux, parfois gypseux d'environ 90 m d'épaisseur.

- **Le Mio-Pliocène** : le Mio-Pliocène est constituée par des galets Quartzeux, des conglomérats, des grès et des argiles détritiques, ainsi que le Travertin ancien déposé au niveau des sources du Zaccar.

◆ **Le Pliocène** : on distingue un Pliocène continental et un Pliocène marin :

- **Le Pliocène inférieur (Pliocène marin)** : est représenté par une série Marneuse qui débute par des niveaux détritiques gréseux ou sableux et parfois conglomératiques, ensuite on a un passage progressif dans la partie supérieur à des marnes sableuses et sables argileux, formant tous les termes de passage aux grès Astien. Les grès, avec une épaisseur d'une centaine de mètres, constituent une bande continue depuis l'Ouest d'Abaddia vers le versant Sud du Dahra.

- **L'Astien** : est représenté par une série marine finement sableuse ou Gréseuse de couleur jaune fauve. Les grès sont souvent à ciment calcaire, localement passer à des calcaires gréseux.

- **Le Pliocène supérieur (Villafranchien)** : le Pliocène continental est formé de conglomérats à éléments gréseux à grésocalcaires et des sables, non consolidés.

Les dépôts sableux rouges à stratifications entre croisées qui succèdent aux conglomérats précédents appartiennent au Villafranchien. Ces dépôts reposent le plus souvent sur des limons grés. Parfois les conglomérats du Pliocène supérieur n'existent pas, et les formations rouges du Villafranchien se trouvent alors en contact avec des grès Astiens ; d'ailleurs, au Sud de Cheliff sur la bordure de l'Ouarsenis, le Pliocène disparaît complètement. A ce niveau, le Quaternaire recouvre directement les grés du Miocène.

◆ **Le Quaternaire** : les dépôts quaternaires sont continentaux ; on distingue un Quaternaire ancien et un récent.

- **Le Quaternaire ancien** : est représenté essentiellement par des alluvions conglomératiques : galets, graviers et sables. Les alluvions du Quaternaire ancien sont observées au pied du

## [Chapitre III: Aperçu Géologique]

---

massif du Zaccar, et en particulier à l'Est de Sidi- Lakhdar ; elles forment les vastes collines en bordure Sud de la plaine du Haut Cheliff.

- **Le Quaternaire récent** : le Quaternaire récent est formé essentiellement de limon, dont l'épaisseur varie de 25 à 200 m, on y distingue de haut en bas :

\* Des limons bruns à rouges, les niveaux les plus anciens sont discordants sur le Quaternaire ancien. Ces limons recouvrent la presque totalité de la dépression sous forme d'alternance sablo- gréseuse.

\* Des grés, visibles surtout sur les berges des oueds, forment des accumulations des niveaux très fins dont les épaisseurs peuvent atteindre les cinq mètres, ce sont d'anciens vases asséchés. Ces formations proviennent de l'érosion des reliefs avoisinants.

\* Des alluvions actuelles formées par des limons, des sables, des galets et des cailloutis au fond des talwegs et dans les zones de confluences des oueds et des méandres abandonnés.

(KAHILA A, ACHOUR K 2008)

### **IV La tectonique :**

La partie Nord Ouest de Djebel Guellala est occupée par la masse de Djebel Gontas, formant ainsi un large synclinal central. Toute cette région est affectée de failles importantes orientées NE – SO, s'alignant sur les grandes directions des plis anté-Miocènes. Les plissements Miocènes de cette région semblent commander par des accidents du substratum. Le synclinal de Gontas est bordé au S-E par un anticlinal faisant affleurer largement les marnes du Miocène inférieur au Nord Ouest sur le substratum Crétacé (KAHILA A, ACHOUR K 2008).

### **V Conclusion :**

La synthèse géologique de la région, argumentée par une description lithologique et structurale et en s'appuyant sur l'examen de la série stratigraphique a permis de ressortir les niveaux aquifères suivants :

➤ **Les calcaires jurassiques :**

Avec une épaisseur considérable (jusqu'à 400 m et plus), ils constituent un important réservoir karstique, caractérisé par une fissuration distinctive très importante qui favorise la libre circulation de l'eau souterraine. Leurs structures internes est mal connue, ce qui pose un grand problème lors de l'implantation des forages en raison des directions préférentielles que peuvent prendre les filets d'eau lorsqu'ils sont sollicités par un captage; des essais de traçage et des études spéléologiques seront d'un grand intérêt hydrogéologique.

➤ **L'aquifère du Miocène :**

Ce sont des conglomérats plus ou moins argileux et sableux. Les calcaires du Miocène affleurent le long de la limite Sud de la vallée, ils sont très développés intérieurement en raison de la dissolution des carbonates et de la vitesse de circulation de l'eau souterraine dans les chenaux et les fissures.

➤ **L'aquifère du Pliocène :**

Ce sont essentiellement les grés sableux jaunâtres de l'Astien, qui vont voir leur sommet se transformer en sables à Hélix. L'épaisseur est très variable atteignant quelquefois les 100 m au centre de la plaine et quelques mètres aux affleurements.

➤ **Les aquifères alluvionnaires du Quaternaire :**

Lors de l'examen des données de forages (cuttings et sondages électriques), on s'est aperçu de l'importante épaisseur des formations quaternaires (sables, graviers ou grés), qui varie de quelques mètres à plus de 150 m, ce qui fait que cet aquifère est considéré comme étant le plus volumineux et le plus intéressant à étudier, vu l'importance socio-économique qu'il présente.

# **Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements**

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

### I.1 Introduction :

Cette partie est consacrée à l'étude des écoulements extrêmes, crue et étiages, en se limitant à leurs fréquences et leur potentiel hydrologique (leurs contributions aux apports annuels).

L'observation statistique permet de classer les crues suivant leur importance. Cette démarche fait apparaître une relation inverse entre fréquence et intensité : un événement rare est intense et inversement. Pourtant, l'expérience montre que l'on peut subir des événements intenses dans des occurrences rapprochées. La croyance populaire conduit à ne redouter une crue centennale qu'une fois tous les cent ans. Par définition une crue dite centennale a une chance sur cent de se produire en moyenne chaque année. Cela est vérifié à condition de considérer une très longue période. Mais elle peut aussi, sur de courtes périodes (quelques années, parfois une seule), se répéter plusieurs fois.

La prévision des crues, qui s'appuie sur l'exploitation d'informations spatio-temporelles, nécessite la réalisation d'études plus ou moins approfondies.

Actuellement, on peut prévoir, mais rarement plus de 24 heures à l'avance, l'arrivée d'une perturbation très active, susceptible de donner des précipitations orageuses intenses, voire exceptionnelles sur tel ou tel secteur géographique. Mais on ne sait pas identifier les bassins qui seront touchés, sachant qu'en montagne les bassins sont très nombreux et de taille relativement restreinte.

### I.2 Base des données :

Le bassin du Haut Cheliff disposait de plusieurs stations hydrométriques fonctionnant à l'heure actuelle dont la majorité sont influencés par les ouvrages hydraulique (Barrages, retenus,...). Parmi ces dernières, nous avons retenu quelques stations qui nous semblent représentatives (Tableau n°09).

La répartition géographique des postes hydrométriques est illustrée dans la figure n°1,

La plupart de ces stations ont été choisies dans des sites à l'abri des obstacles pour la simple raison de commodité. L'ensemble de ces postes est géré par l'A.N.R.H.

**Tableau N° 09** : Caractéristiques des stations hydrométriques.

Code de la station	Nom de la station	Superficiés contrôlée (km <sup>2</sup> )	Cordoned			Dupree observation
			X (m)	Y (m)	Z (m)	
011514	DJENAN BEN OUADAH	22580	475518	325173	336	1968-2003
011702	ARIB CHELIFF	24520	440021	333140	246	1968-2004
011715	EL ABBABSA	102	443260	317158	479	1973-2007
011801	ARIB EBDA	270	439650	335550	275	1983-1994

### I.3 Méthodologie de travail :

Nous avons adoptés cinq lois d'ajustement telle que :

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

Exponentielle, GEV ,Gumbel , Normale ,Lognormale.

Pour avoir quel est la loi la plus adéquate pour chaque station pour ce là nous avons ressortire toutes les caractéristique statistique de la série d'observation, après nous avons finis par une comparaison graphique et critères entres les différentes lois grâce à la méthode de vraisemblance.

Cette méthode nous permis de classés les lois des adéquation selon les Critères informations Bayésiens et les Critères d'informations Akaiques, pour mieux sélectionnée les Lois d'ajustement il faut passé par les tests d'adéquations .

### I.3.1 Test d'adéquation:

Les Tests que nous pouvons appliquer dans cette étude sont d'ordre quatre (Kendall, Wilcoxon, Wald-wolfowitz) parmi ces derniers nous avons choisi celui de Kendall.

### I.3.2 Test de Kendall (turning points test) (1976) :

Le test d'indépendance de Kendall (1976) peut être utilisé pour tester la stationnarité d'une série de données (Ouarda et al. 1996). Il consiste à assigner une valeur de 1 à chacune des observations  $X_i$  supérieure ou inférieure à l'observation, la précédente et à l'observation la suivante (Srikanthan et al, 1983) .

Si  $\{X_i > X_{i-1}; X_i > X_{i+1}\}$  ou  $\{X_i < X_{i-1}; X_i < X_{i+1}\}$ ; alors on assigne une valeur de 1 à  $X_i$ ;

Sinon, on assigne une valeur de 0 à  $X_i$  Soit la variable  $K$  telle que:  $K =$  nombre de valeurs de 1 obtenues par le critère ci-haut.

### I.4 Les Ecoulements Moyens et Maximaux et Leurs Variabilités

Dans un premier temps, nous allons essayer de faire ressortir les crues annuelles qui ont marqué le bassin et observées au niveau des différentes stations entre 1968 et 2004, connaître leur variabilité temporelle et la place qu'occupent les débits de pointes vis-à-vis les écoulements moyens tant au niveau annuel qu'au mensuel. Nous allons tenter de comprendre l'évolution des écoulements moyens et extrêmes en fonction des pluies qui leur sont temporellement associées.

On a jugé plus rationnel sur le plan méthodologique de commencer ce chapitre par l'étude de l'écoulement pour bien montrer l'amplitude du phénomène des crues dans le bassin puis, aborder l'analyse des pluies entant que facteur explicatif de l'écoulement.

À partir des données hydrométriques journalières pour une période disponible de 36 ans : 1968– 2004, nous avons réalisé l'inventaire de toutes les crues annuelles (valeurs des débits maximaux journaliers et instantanés de l'année) afin de détecter les crues exceptionnelles et leur rapport avec les écoulements moyens par :

Les valeurs observées annuelles.

Les valeurs récurrentielles des écoulements.

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

**Tableau N°10** : Caractéristiques statistiques des stations hydrométriques

paramètres	Djenane Ben Ouadh	ARIB CHELLIF	EL ABBABSA	ARIB EBDA
Nombre d'observations	12	34	23	12
Minimum	13.0	10.0	1.00	20.0
Maximum	173	562	70.0	175
Moyenne	73.4	162	27.2	82.8
Ecart-type	49.5	153	19.2	51.1
Médiane	58.0	110	24.0	71.5
Coefficient de variation (Cv)	0.674	0.942	0.705	0.617
Coefficient d'asymétrie (Cs)	1.01	1.25	0.626	0.456
Coefficient d'aplatissement (Ck)	2.27	3.20	2.21	1.65

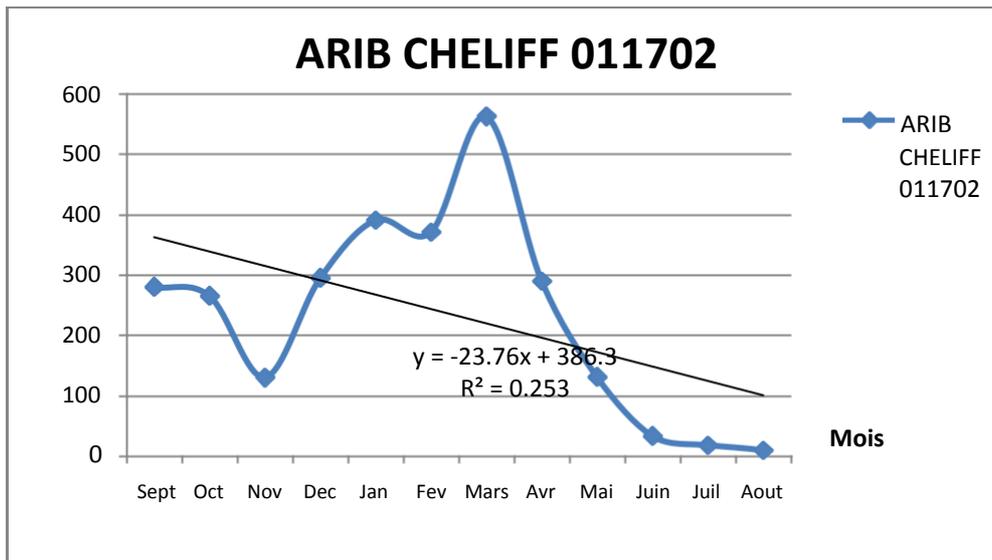
### II les débits max annuels :( variabilité et durée de récurrence)

#### II.1 Station d'Arib Cheliff: 011702

D'après la figure n°15 en effet, la période humide allant de Janvier à Avril est la plus abondante en écoulement moyen maximal et d'autre période allant de Septembre à Décembre, le régime moyen du bassin du Arib Cheliff à une alimentation essentiellement pluviale présente un maximum au mois d'Mars ( $562,2\text{m}^3/\text{s}$ , suivi de près par Janvier ( $390,7\text{ m}^3/\text{s}$ ).

Cependant, les écoulements moyens ne correspondent pas forcément aux écoulements maximaux, où on trouve la concentration des écoulements de pointe en deux mois pics : Décembre en premier lieu ( $295,4\text{ m}^3/\text{s}$ ) , suivi du mois de Octobre ( $280,8\text{ m}^3/\text{s}$ ) .

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements



La figure N°15: fluctuations intermensuelle des débits

### max a) Les fluctuations interannuelles :

La figure n°16 représente les variations interannuelles des débits annuels : moyens, maximaux journaliers pour la station Arib Cheliff. Avec une nette irrégularité interannuelle des débits moyens absolus. Le débit interannuel est de l'ordre de 162 m<sup>3</sup>/s, valeur dépassée seulement 10 fois pendant toute la période. Où l'année 1973 a battu le record avec 562,2m<sup>3</sup>/s de débit moyen, ainsi que l'année 1979 avec 537,2 m<sup>3</sup>/s. les caractéristiques statistiques de la série d'observation sont consignés dans le tableau n°10.

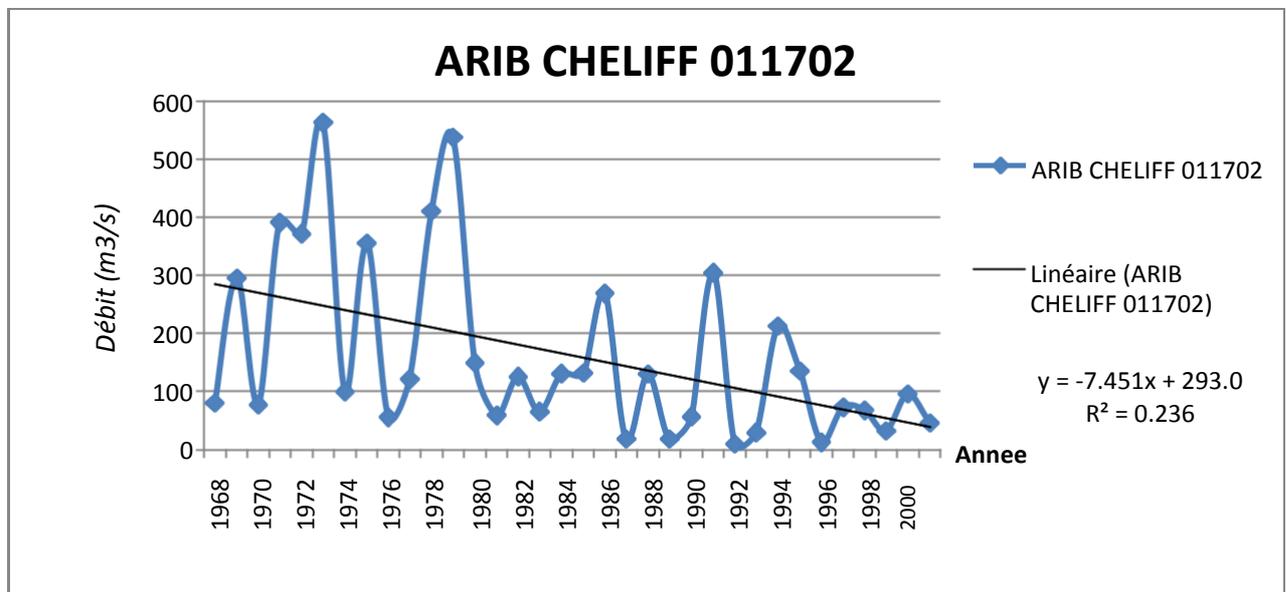


figure N°16 : fluctuations interannuelles des débits max

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

**Tableau N°11 : Test de stationnarité (Kendall)**

H0	Il n'y a aucune tendance dans les observations
H1	Il y a une tendance dans les observations
Valeur de la statistique	$ K  = 1.34$
p-value	$p = 0.179$
Nombre d'observations	34
alpha	156.878788
ù	5.385918

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5 % d'après les résultats de test de Kendall

**Tableau N°12 : Les observations testées par les lois d'ajustements**

Observation	Identificateur	Probabilité empirique
80	42	0.4269
295	4	0.7778
77	58	0.3977
390	7	0.8947
371	N/D	0.8655
562	2	0.9825
99	56	0.4854
355	N/D	0.8363
55	8	0.2222
121	N/D	0.5146
409	9	0.9240
537	2	0.9532
149	8	0.6901
59	25	0.2807
125	5	0.5439
65	6	0.3099
131	N/D	0.6023
132	N/D	0.6316
268	8	0.7485
18	86	0.0760
130	N/D	0.5731
18	9	0.1053
56	88	0.2515
304	N/D	0.8070
10	3	0.0175
29	22	0.1345
213	N/D	0.7193
135	2	0.6608
12	7	0.0468
72	6	0.3684
67	64	0.3392
32	6	0.1637
95	8	0.4561
46	3	0.1930

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

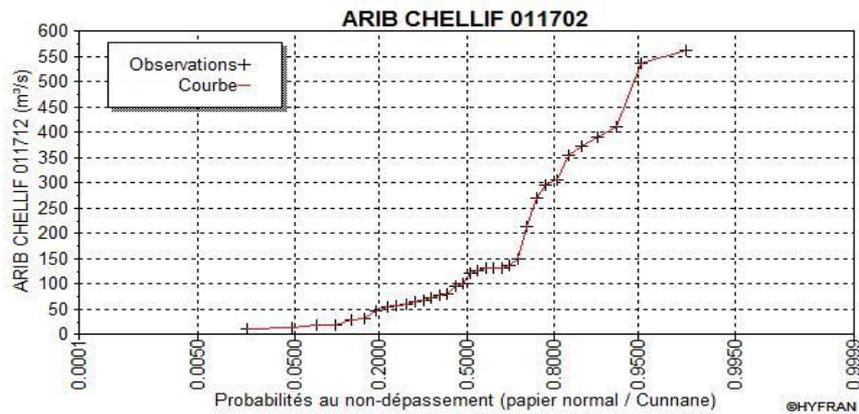


Figure N°17: variation des débits max observés en fonction de la fréquence (FND)

### III Ajustement de la série d'observation selon les lois

#### sélectionnées III.1 Introduction :

Dans cette partie nous avons essayé d'ajuster les données de différentes stations hydrométriques à des lois d'ajustement afin de sortir tous les paramètres permettant d'estimer les quantiles des crues pour différentes périodes de retour ainsi que les tests d'adéquation sont utilisés. Ensuite nous allons faire une comparaison entre les lois pour les classer par ordre d'adéquation.

#### III.1.1 Loi Exponentielle : (Maximum de vraisemblance)

La fonction de la loi de répartition Exponentielle est notée dans la formule suivante

$$f(x) = \alpha e^{-\alpha x} \quad (11)$$

Les résultats d'ajustement sont notés dans les tableaux et les figures suivantes.

Tableau N°13: Les paramètres estimés :

Nombre d'observations	34
alpha	156.879
m	5.38592

a- **Test d'adéquation** : La série d'observation doit être examinée par le test de Kendall

Tableau N°14 : paramètres de test d'adéquation selon Kendall

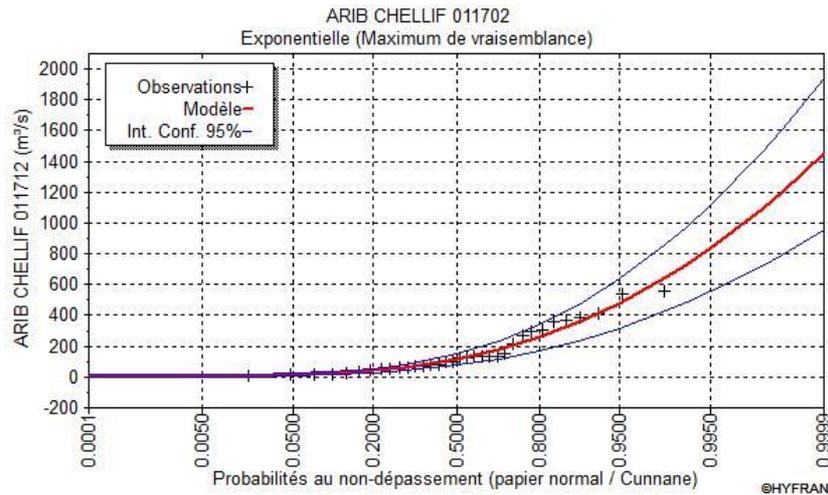
H0	L'échantillon provient d'une loi Exponentielle
H1	L'échantillon ne provient pas d'une loi Exponentielle
Résultat de la statistique	$X^2=7.88$
p-value	$p = 0.1628$
Degrés de liberté	5
Nombre de classes	8

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5 %

Tableau N°15 : quantiles d'ajustements d'après la loi Exponentielle (95%)

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

T (période de retour)	Q (quantile)	XT(valeur théorique)	Ecart-type
100.0	0.9900	728	125
50.0	0.9800	619	106
20.0	0.9500	475	81.1
10.0	0.9000	367	62.2
5.0	0.8000	258	43.4
3.0	0.6667	178	29.6
2.0	0.5000	114	18.7



**Figure N°18:** Ajustement des débits max selon la loi Exponentielle (Maximum de vraisemblance)

### III.1.2 Loi Généralisation Extrem Valeur (GEV): (Maximum de vraisemblance)

La fonction de la loi de répartition GEV est motionnée dans la formule suivante

$$F(x) = \frac{1}{1 - \left( \frac{x - u}{\alpha} \right)^{-k}} \quad \dots\dots\dots(12)$$

Les résultats d'ajustement sont motionnées dans les tableaux et les figures

suivantes. **Tableau N°16 :** Paramètres estimés

Nombre d'observations	34
alpha	69.722764
k	-0.539314
u	74.187225

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

**Test d'adéquation:** La série d'observation doit être examinée par le teste de Kendall

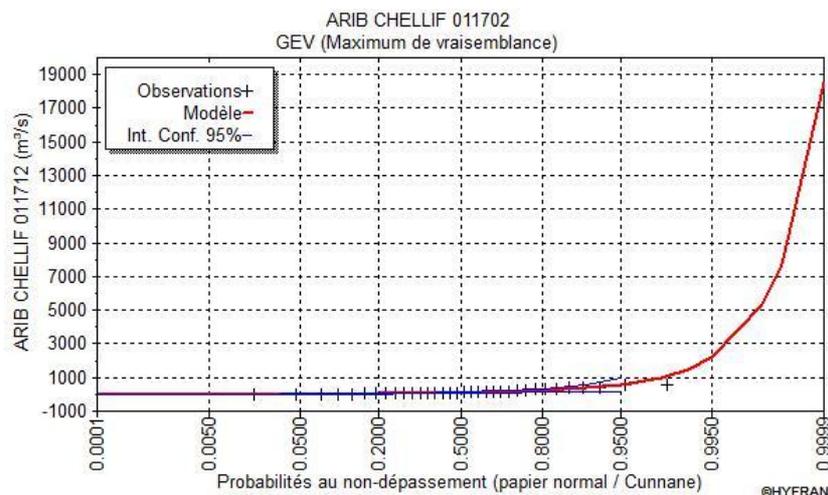
**Tableau N°17 :** paramètres de teste d'adéquation selon Kendall

H0	L'échantillon provient d'une loi GEV
H1	L'échantillon ne provient pas d'une loi GEV
Résultat de la statistique	$X^2=7.88$
p-value	$p = 0.0960$
Degrés de liberté	4
Nombre de classes	8

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5 %

**Tableau N°18 :** quantiles d'ajustements d'après la loi GEV (95%)

T (période de retour)	Q (quantile)	XT(valeur théorique)	Ecart-type
100.0	0.9900	1490	854
50.0	0.9800	1010	477
20.0	0.9500	586	207
10.0	0.9000	380	104
5.0	0.8000	235	49.3
3.0	0.6667	155	28.1
2.0	0.5000	102	17.9



**figure N°19:** Ajustement des débits max selon la loi GEV (Maximum de vraisemblance)

### III.1.3 Loi Gumbel: (Maximum de vraisemblance)

La fonction de la loi de répartition Gumbel est motionnée dans la formule suivantes.

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

$$= \frac{1}{-1} - \frac{1}{-1-1} - \dots - (-)^{1/} \dots\dots(13)$$

Les résultats d'ajustement sont motionnées dans les tableaux et les figures suivante.

**Tableau N°19 :** Paramètres estimés

Nombre d'observations	34
u	96.303320
alpha	100.303744

**a. Test d'adéquation:** La série d'observation doit être examinée par le teste de Kendall

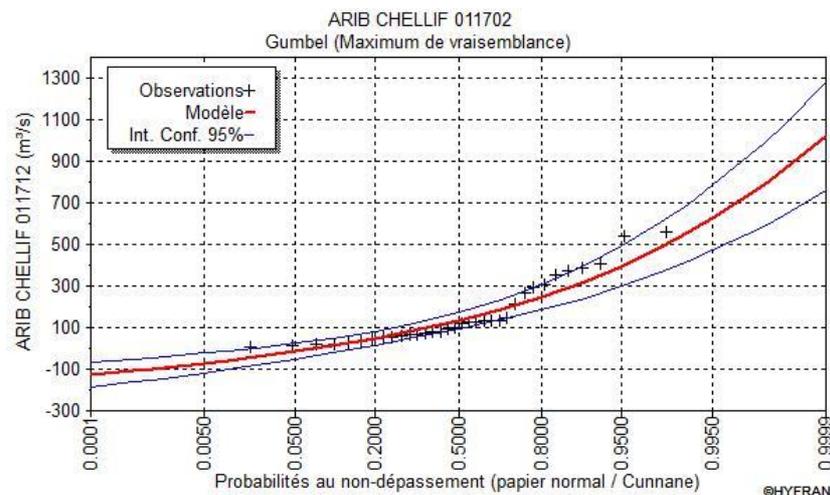
**Tableau N°20 :** paramètres de teste d'adéquation selon Kendall

H0	L'échantillon provient d'une loi Gumbel
H1	L'échantillon ne provient pas d'une loi Gumbel
Résultat de la statistique	X <sup>2</sup> =8.82
p-value	p = 0.1163
Degrés de liberté	5
Nombre de classes	8

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5 %

**Tableau N°21 :** quantiles d'ajustements d'après la loi Gumbel (95%)

T (période de retour)	Q (quantile)	XT(valeur théorique)	Ecart-type
100.0	0.9900	558	70.7
50.0	0.9800	488	61.5
20.0	0.9500	394	49.3
10.0	0.9000	322	40.2
5.0	0.8000	247	31.2
3.0	0.6667	187	24.8
2.0	0.5000	133	20.1



**Figure N°20:** Ajustement figure 5: Ajustement des débits max selon la loi Gumbel (Maximum de vraisemblance)

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

### III.1.4 Loi Normale: (Maximum de vraisemblance)

La fonction de la loi de répartition Normale est motionnée dans la formule suivante

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \dots\dots\dots(14)$$

résultats d'ajustement sont motionnées dans les tableaux et les figures suivantes.

**Tableau N°22 : Paramètres estimés**

Nombre d'observations	34
mu	162.264706
sigma	152.794635

**Test d'adéquation:** La série d'observation doit être examinée par le teste de Kendall

**Tableau N°23 : paramètres de teste d'adéquation selon Kendall**

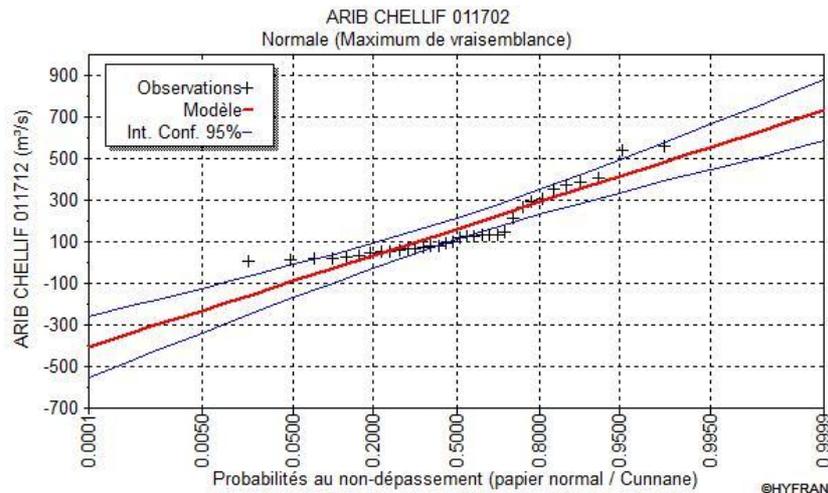
H0	L'échantillon provient d'une loi Normale
H1	L'échantillon ne provient pas d'une loi Normale
Résultat de la statistique	$\chi^2 = 23.41$
p-value	$p = 0.0003$
Degrés de liberté	5
Nombre de classes	8

Nous devons REJETER H0 au niveau de signification de 1 %

**Tableau N°24: quantiles d'ajustements d'après la loi Normale (95%**

T (période de retour)	Q (quantile)	XT(valeur théorique)	Ecart-type
100.0	0.9900	518	51.0
50.0	0.9800	476	46.7
20.0	0.9500	414	40.5
10.0	0.9000	358	35.6
5.0	0.8000	291	30.6
3.0	0.6667	228	27.4
2.0	0.5000	162	26.2

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements



**Figure N°21:** Ajustement des débits max selon la loi Normale (Maximum de vraisemblance)

### III.1.5 Loi Lognormale: (Maximum de vraisemblance)

La fonction de la loi de répartition Lognormale est motionnée dans la formule suivante

$$f(x) = \frac{1}{x} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln x - \mu}{\sigma}\right)^2\right) \dots\dots\dots(15)$$

résultats d'ajustement sont motionnées dans les tableaux et les figures suivants.

**Tableau N°25:** Paramètres estimés

Nombre d'observations	34
mu	4.610927
sigma	1.074885

**a. Test d'adéquation:** La série d'observation doit être examinée par le teste de Kendall

**Tableau N°26:** paramètres de teste d'adéquation selon Kendall

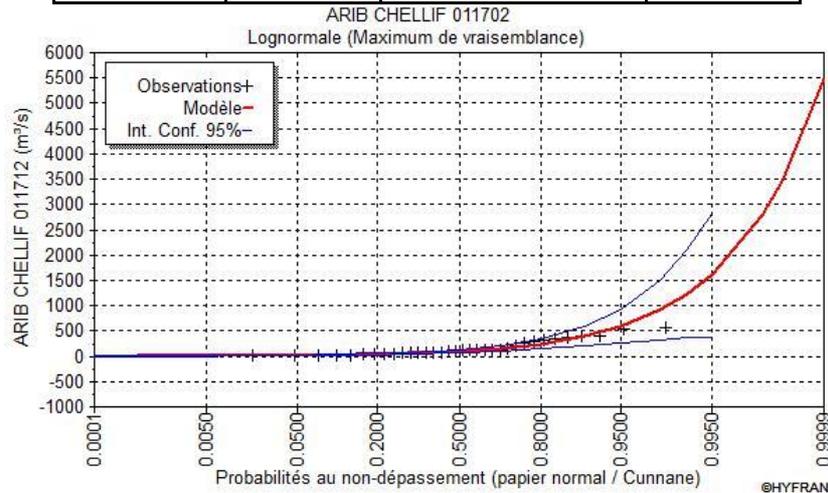
H0	L'échantillon provient d'une loi Lognormale
H1	L'échantillon ne provient pas d'une loi Lognormale
Résultat de la statistique	X <sup>2</sup> =5.53
p-value	p = 0.3547
Degrés de liberté	5
Nombre de classes	8

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5 %

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

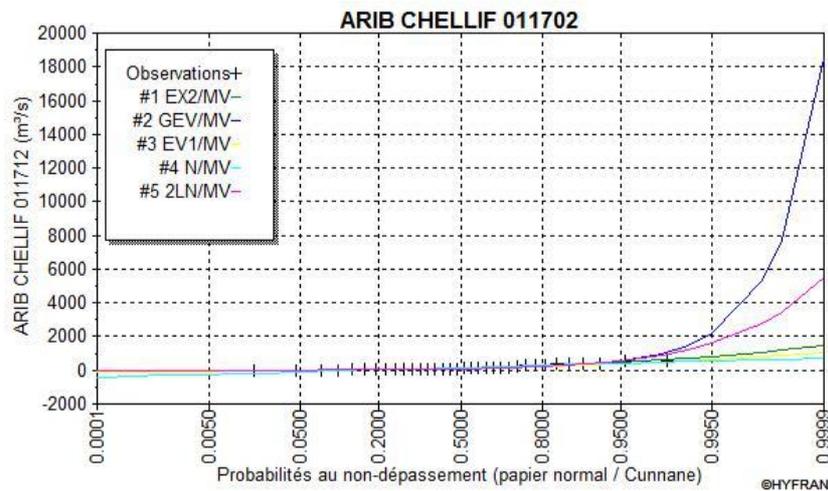
**Tableau N°27 :** quantiles d'ajustements d'après la loi Lognormale (95%)

T (période de retour)	Q (quantile)	XT(valeur théorique)	Ecart-type
100.0	0.9900	1230	440
50.0	0.9800	915	300
20.0	0.9500	590	168
10.0	0.9000	399	99.9
5.0	0.8000	248	53.5
3.0	0.6667	160	30.8
2.0	0.5000	101	18.5



**Figure N°22:** Ajustement des débits max selon la loi Lognormale (Maximum de vraisemblance)

### III.1.6 Comparaison des ajustements



**Figure N°23:** comparaisons graphique des lois d'ajustements Station

**Tableau N°28 :** comparaison des lois selon Critères BIC et AIC

Modèle	Nb Paramètre	XT	P (Mi)	P (Mi/x)	BIC	AIC
Exponentielle(Maximum de	2	727.839	20.00	73.62	418.825	415.772

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

vraisemblance)						
Lognormale (Maximum de vraisemblance)	2	1226.54	20.00	24.89	420.994	417.941
GEV (Maximum de vraisemblance)	3	1490.10	20.00	1.38	426.782	422.202
Gumbel (Maximum de vraisemblance)	2	557.716	20.00	0.12	431.743	428.690
Normale (Maximum de vraisemblance)	2	517.785	20.00	0.00	444.519	441.466

**Tableau N°29:** critères de comparaison

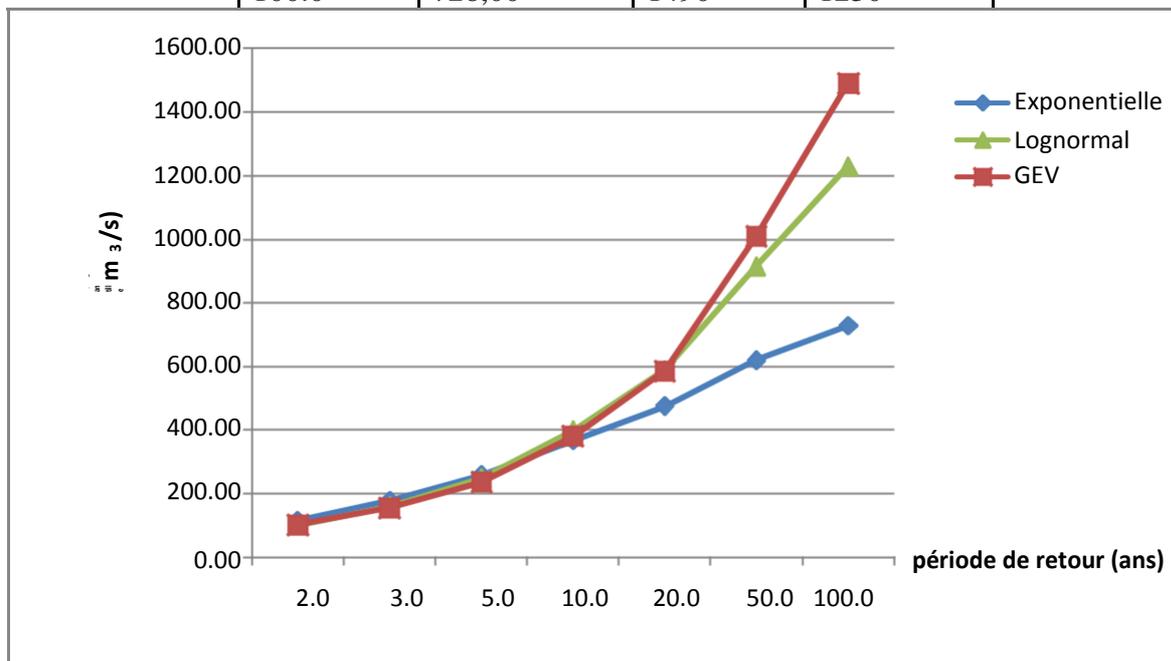
P (Mi)	Probabilité a priori
P (Mi/x)	Probabilité a posteriori
BIC	Critère d'information Bayésien
AIC	critère d'information Akaike
Moyenne pondérée par la probabilité des quantiles	862,2553

A partir de tableau n°28 nous avons remarqué que la loi Exponentielle est la plus adéquate suivie par la loi log-normale et la loi de GEV est classée en troisième position.

Pour cela nous n'avons sélectionné que les trois premières lois pour l'estimation des quantiles théoriques en fonction des périodes de retour.

**Tableau N°30 :** Débit Modèle et fréquence (QMF)

T (période de retour)	XT(valeur théorique)		
	Exponentielle	GEV	Lognormale
2.0	114,00	102	101
3.0	178,00	155	160
5.0	258,00	235	248
10.0	367,00	380	399
20.0	475,00	586	590
50.0	619,00	1010	915
100.0	728,00	1490	1230



**Figure N°24 :** Courbe Débit. Modèle. Période de retour (QMF). ARIB CHELLIF

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

D'après cette figure n°24 on remarque que les ajustements tendent tous à se croiser en un même point vers les très faibles périodes de retour. Cette première hypothèse énoncée, une seconde, plus forte, est envisagée, appuyée également par les observations : les lois de probabilité théoriques relatives aux différentes périodes se déduisent les unes des autres par affinité orthogonale et la droite définissant cette affinité est parallèle à l'axe des T, et passe par le point de convergence des distributions théoriques. Les plus fortes quantiles (dépassent les  $1400 \text{ m}^3/\text{s}$ ) sont estimés par le modèle GEV par contre le modèle Log-Normale estime des quantiles moins de  $1200 \text{ m}^3/\text{s}$  pour une période de retour de 100ans, alors que le modèle Exponentiel donne un quantile de  $700 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### III.2 Station de Djenane Ben Ouadah (011514)

#### a) Les fluctuations interannuelles :

La figure n°25 représente les variations interannuelles des débits annuels : moyens, maximaux journaliers pour la station Djenane Ben Ouadah. Avec une nette irrégularité interannuelle des débits moyens absolus. Le débit interannuel est de l'ordre de  $73,4 \text{ m}^3/\text{s}$ , valeur dépassée seulement 05 fois pendant toute la période. Où l'année 1991 a battu le record avec  $173,4 \text{ m}^3/\text{s}$  de débit moyen, ainsi que l'année 2000 avec  $154,052 \text{ m}^3/\text{s}$ . Les caractéristiques statistiques de la série d'observation sont consignés dans le tableau n°10.

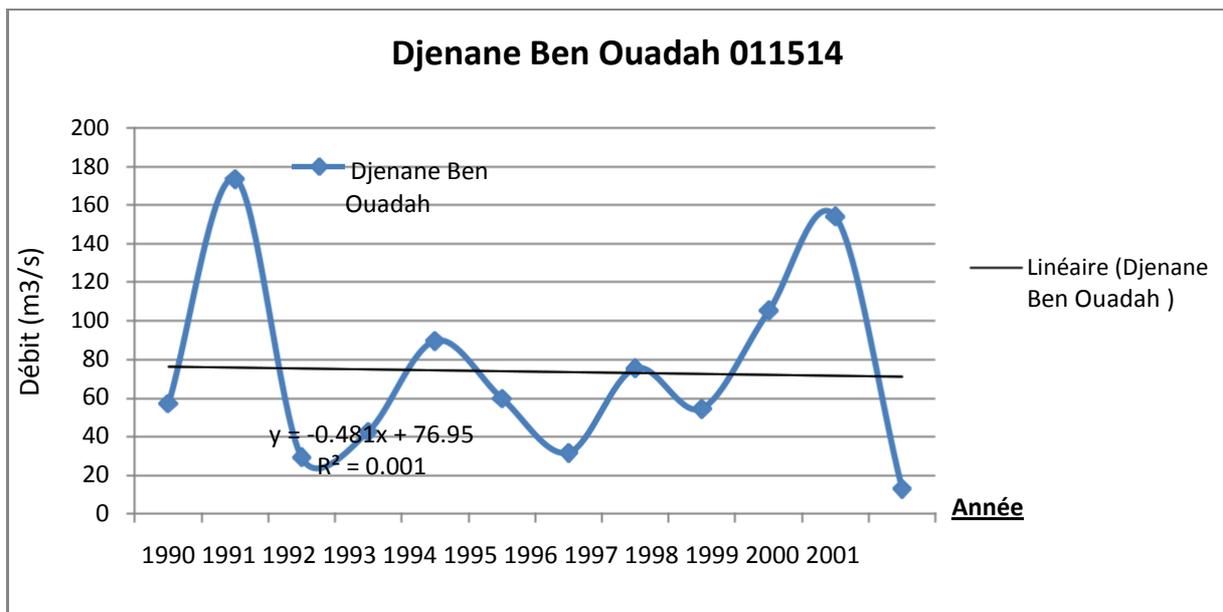


figure N°25: fluctuations interannuelles des débits maximums

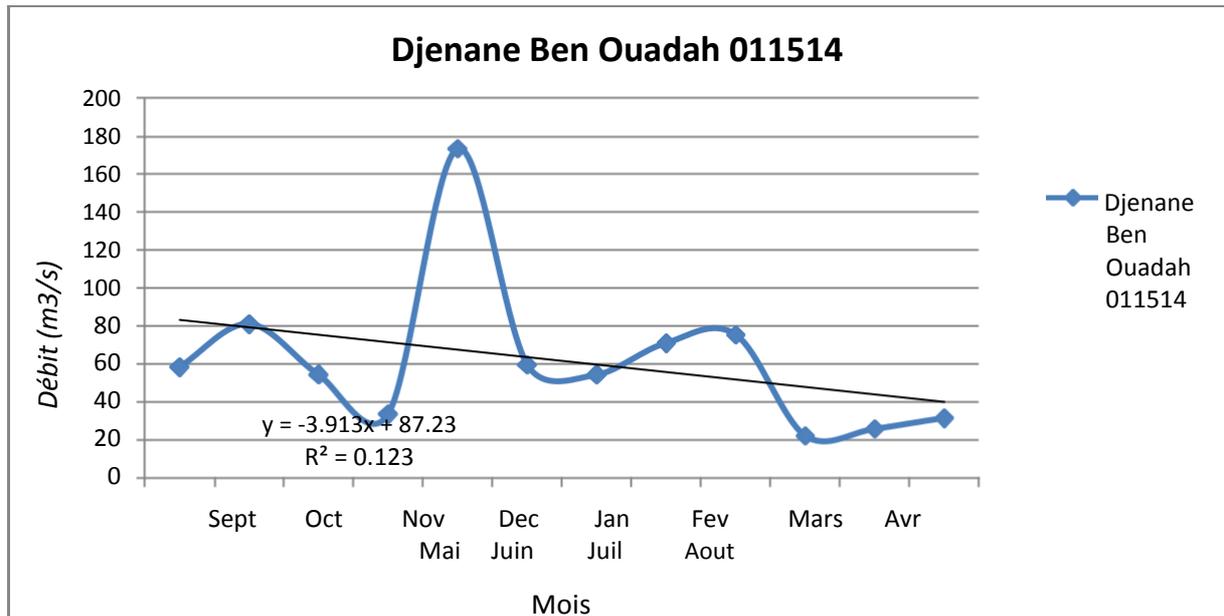
#### (b) Les fluctuations mensuelle :

La figure N°26 En effet, la période humide allant de Octobre à Janvier est la plus abondante en écoulement moyen maximal et d'autre période allant de février à Mai, le régime moyen du bassin du Djenane Ben Ouadah à une alimentation essentiellement pluviale présente un maximum au mois janvier ( $173,4 \text{ m}^3/\text{s}$ ), suivi de près par Octobre ( $81 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

Cependant, les écoulements moyens ne correspondent pas forcément aux écoulements maximaux, où on trouve la concentration des écoulements de pointe en deux mois pics : Mai en premier lieu  $75,4 \text{ m}^3/\text{s}$ , suivi du mois de Avril ( $71,08 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

. Les caractéristiques statistiques de la série d'observation sont consignées dans le tableau n°10.



**Figure N°26:** fluctuations intermensuelle des débits maximum

**Tableau N°31:** Test de stationnarité (Kendall)

H0	Il n'y a aucune tendance dans les observations
H1	Il y a une tendance dans les observations
Nombre d'observations	12
Valeur de la statistique	$ K  = 0.00$
p-value	$p = 1.000$

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5 % d'après les résultats de test de Kendall:

**Tableau N°32 :** Les observations testées par les lois d'ajustements

Observation	Identificateur	Probabilité empirique
57	1	0.4590
173	4	0.9508
29	38	0.1311
42	6	0.2951
89	63	0.7049
59	7	0.5410
31	6	0.2131
75	4	0.6230
54	5	0.3770
105	483	0.7869
154	42	0.8689
13	N/D	0.0492

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

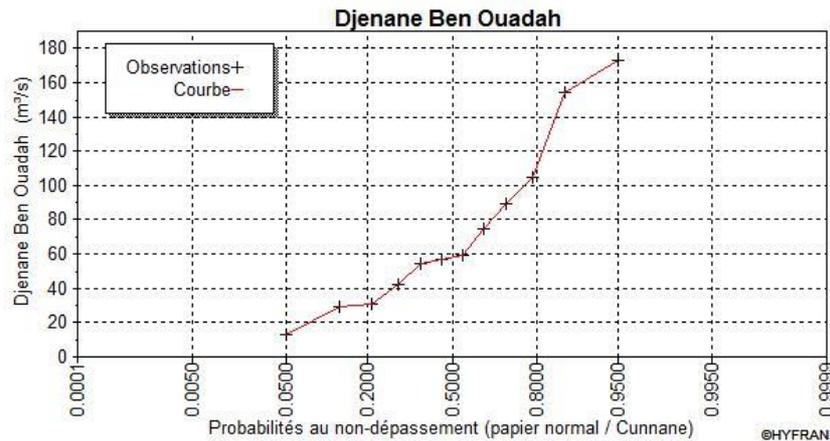


Figure N°27: variation des débits max observés en fonction de la fréquence (FND)

### III.2.1 Loi Exponentielle: (Maximum de vraisemblance)

La fonction de la loi de répartition Exponentielle est motionnée dans la formule suivante

$$f(x) = \frac{1}{m} e^{-\frac{x}{m}} \quad \dots\dots\dots(16)$$

résultats d'ajustement sont motionnées dans les tableaux et les figures

suivantes. **Tableau N°33** : Paramètres estimés

Nombre d'observations	12
alpha	65.909091
m	7.507576

a. **Test d'adéquation:** La série d'observation doit être examinée par le teste de Kendall

**Tableau N°34** : paramètres de teste d'adéquation selon Kendall

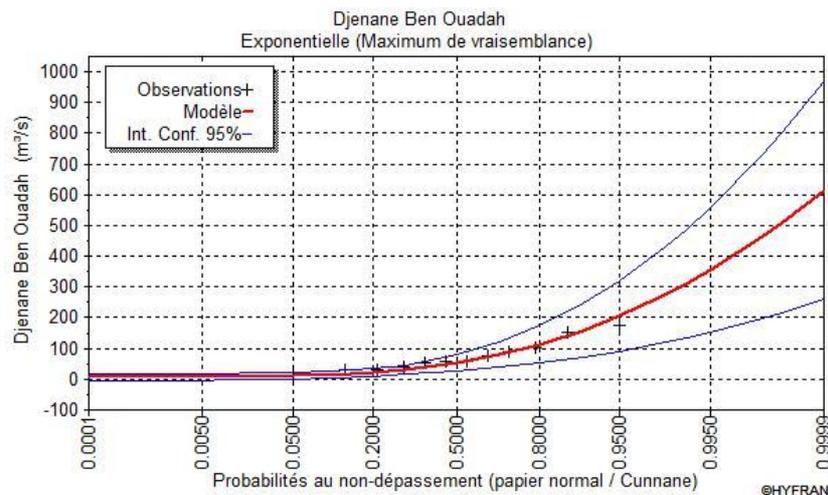
H0	L'échantillon provient d'une loi Exponentielle
H1	L'échantillon ne provient pas d'une loi Exponentielle
Résultat de la statistique	$\chi^2=2.17$
p-value	$p = 0.3385$
Degrés de liberté	2
Nombre de classes	5

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5 %

**Tableau N°35** : quantiles d'ajustements d'après la loi Exponentielle (95%)

T (période de retour)	Q (quantile)	XT(valeur théorique)	Ecart-type
100.0	0.9900	311	90.0
50.0	0.9800	265	76.3
20.0	0.9500	205	58.1
10.0	0.9000	159	44.4
5.0	0.8000	114	30.8
3.0	0.6667	79.9	20.9
2.0	0.5000	53.2	13.3

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements



**Figure N°28:** Ajustement des débits max selon la loi Exponentielle (Maximum de vraisemblance)

### III.2.2 Loi GEV: (Maximum de vraisemblance)

La fonction de la loi de répartition GEV est motionnée dans la formule suivante

$$F(x) = 1 - \exp\left\{-\left[\frac{x-u}{\alpha}\right]^k\right\} \quad (17)$$

résultats d'ajustement sont motionnés dans les tableaux et les figures suivantes. **Tableau N°36 :** Paramètres éstimés

Nombre d'observations	12
alpha	32.079292
k	-0.168871
u	49.085822

**a. Test d'adéquation:** La série d'observation doit être examinée par le teste de Kendall

**Tableau N°37:** paramètres de teste d'adéquation selon Kendall

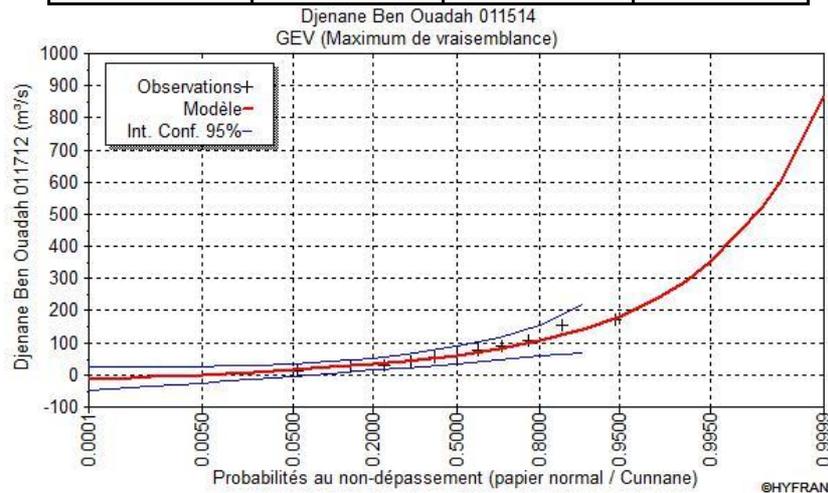
H0	L'échantillon provient d'une loi GEV
H1	L'échantillon ne provient pas d'une loi GEV
Résultat de la statistique	$X^2=1.33$
p-value	$p = 0.2482$
Degrés de liberté	1
Nombre de classes	5

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5 %

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

**Tableau N°38 :** quantiles d'ajustements d'après la loi GEV (95%)

T (période de retour)	Q (quantile)	XT(valeur théorique)	Ecart-type
100.0	0.9900	272	138
50.0	0.9800	226	94.5
20.0	0.9500	173	54.2
10.0	0.9000	137	34.3
5.0	0.8000	104	21.6
3.0	0.6667	80.4	15.7
2.0	0.5000	61.2	12.3



**Figure N°29:** Ajustement des débits max selon la loi GEV (Maximum de vraisemblance)

### III.2.3 Loi Gumbel: (Maximum de vraisemblance)

La fonction de la loi de répartition Gumbel est motionnée dans la formule suivante

$$F(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)^\beta\right) \quad (18)$$

résultats d'ajustement sont motionnées dans les tableaux et les figures

suivantes **Tableau N°39:** Paramètres estimés

Nombre d'observations	12
u	50.839138
alpha	37.197054

**a. Test d'adéquation:** La série d'observation doit être examinée par le teste de Kendall

**Tableau N°40:** paramètres de teste d'adéquation selon Kendall

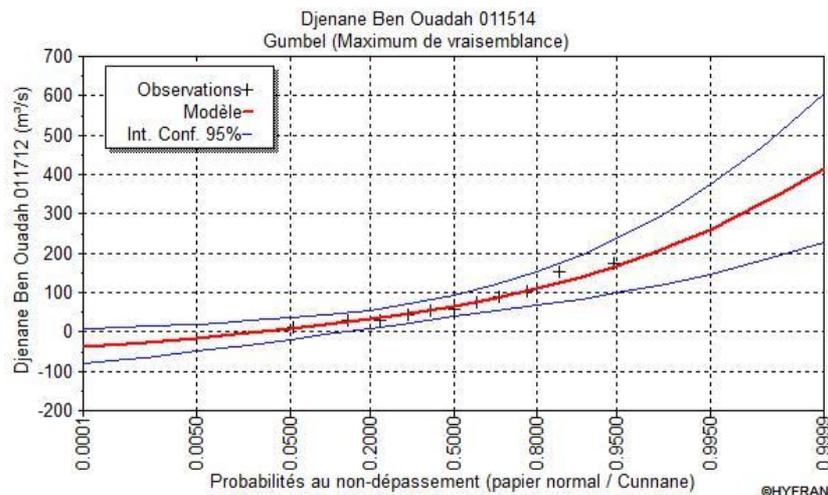
H0	L'échantillon provient d'une loi Gumbel
H1	L'échantillon ne provient pas d'une loi Gumbel
Résultat de la statistique	$X^2=0.50$
p-value	$p = 0.7788$
Degrés de liberté	2
Nombre de classes	5

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5 %

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

**Tableau N°41** : quantiles d'ajustements d'après la loi Gumbel (95%)

T (période de retour)	Q (quantile)	XT(valeur théorique)	Ecart-type
100.0	0.9900	222	45.6
50.0	0.9800	196	39.6
20.0	0.9500	161	31.6
10.0	0.9000	135	25.6
5.0	0.8000	107	19.7
3.0	0.6667	84.4	15.5
2.0	0.5000	64.5	12.5



**Figure N°30**: Ajustement des débits max selon la loi Gumbel (Maximum de vraisemblance)

### III.2.4 Loi Normale: (Maximum de vraisemblance)

La fonction de la loi de répartition Normale est motionnée dans la formule suivante

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (19)$$

Résultats d'ajustement sont motionnées dans les tableaux et les figures

suivantes **Tableau N°42** : Paramètres estimés

Nombre d'observations	12
mu	73.416667
sigma	49.467084

**a. Test d'adéquation:** La série d'observation doit être examinée par le teste de Kendall

**Tableau N°43** : paramètres de teste d'adéquation selon Kendall

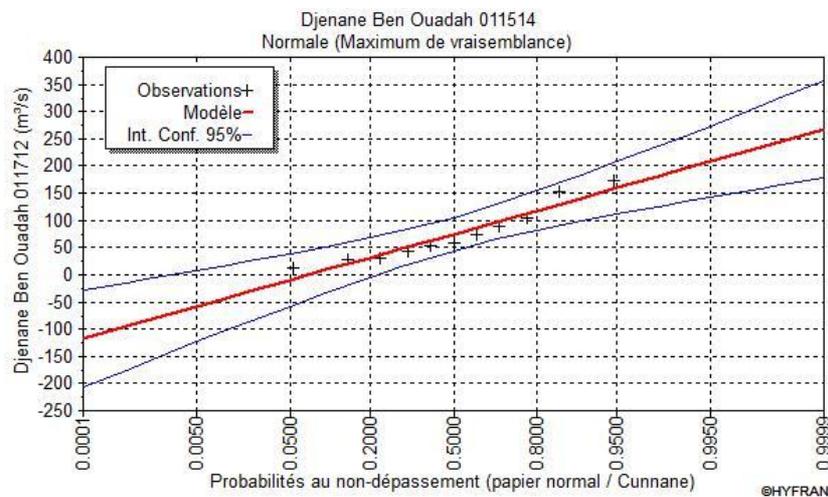
H0	L'échantillon provient d'une loi Normale
H1	L'échantillon ne provient pas d'une loi Normale
Résultat de la statistique	$X^2=2.17$
p-value	$p = 0.3385$
Degrés de liberté	2
Nombre de classes	5

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5 % **Tableau**

**N°44** : quantiles d'ajustements d'après la loi Normale (95%)

T (période de retour)	Q (quantile)	XT(valeur théorique)	Ecart-type
100.0	0.9900	189	28.4
50.0	0.9800	175	25.9
20.0	0.9500	155	22.5
10.0	0.9000	137	19.7
5.0	0.8000	115	16.8
3.0	0.6667	94.7	15.0
2.0	0.5000	73.4	14.3



**Figure N°31:** Ajustement des débits max selon la loi Normale (Maximum de vraisemblance)

### III.2.5 Loi Lognormale (Maximum de vraisemblance)

La fonction de la loi de répartition Lognormale est motionnée dans la formule suivante.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma x} \exp\left(-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) \dots\dots\dots(20)$$

Résultats d'ajustement sont motionnées dans les tableaux et les figures

suivantes. **Tableau N°45** : Paramètres estimés

Nombre d'observations	12
mu	4.071984
sigma	0.736531

**a. Test d'adéquation:** La série d'observation doit être examinée par le teste de Kendall

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

**Tableau N°46** : paramètres de teste d'adéquation selon Kendall

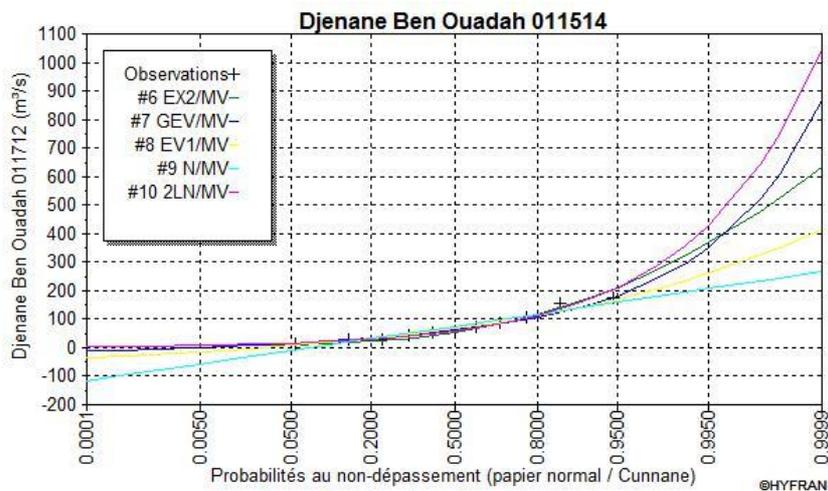
H0	L'échantillon provient d'une loi Lognormale
H1	L'échantillon ne provient pas d'une loi Lognormale
Résultat de la statistique	$X^2=1.33$
p-value	$p = 0.5134$
Degrés de liberté	2
Nombre de classes	5

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5 %

**Tableau N°47** : quantiles d'ajustements d'après la loi Lognormale (95%)

T (période de retour)	Q (quantile)	XT(valeur théorique)	Ecart-type
100.0	0.9900	326	138
50.0	0.9800	266	103
20.0	0.9500	197	65.9
10.0	0.9000	151	44.2
5.0	0.8000	109	27.3
3.0	0.6667	80.6	18.0
2.0	0.5000	58.7	12.5

### III.2.6 Comparaison des ajustements



**Figure N°32**: Comparaisons graphique des lois d'ajustements

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

**Tableau N°48:** comparaison des lois selon Critères BIC et AIC

Modèle	Nb par am	XT	P (Mi)	P (Mi/x)	BIC	AIC
Lognormale(Maximum de vraisemblance)	2	325.621	20.00	35.47	128.413	127.443
Gumbel(Maximum de vraisemblance)	2	221.951	20.00	26.89	128.967	127.997
Exponentielle (Maximum de vraisemblance)	2	311.030	20.00	20.71	129.488	128.519
GEV (Maximum de vraisemblance)	3	272.211	20.00	9.92	130.961	129.506
Normale (Maximum de vraisemblance)	2	188.516	20.00	7.01	131.656	130.686

**Tableau N°49 :** critères de comparaison

P (Mi)	Probabilité a priori
P (Mi/x)	Probabilité a posteiori
BIC	Critère d'information Bayésien
AIC	Critère d'information Akaike
Moyenne pondérée par la probabilité des quantiles	279,8166

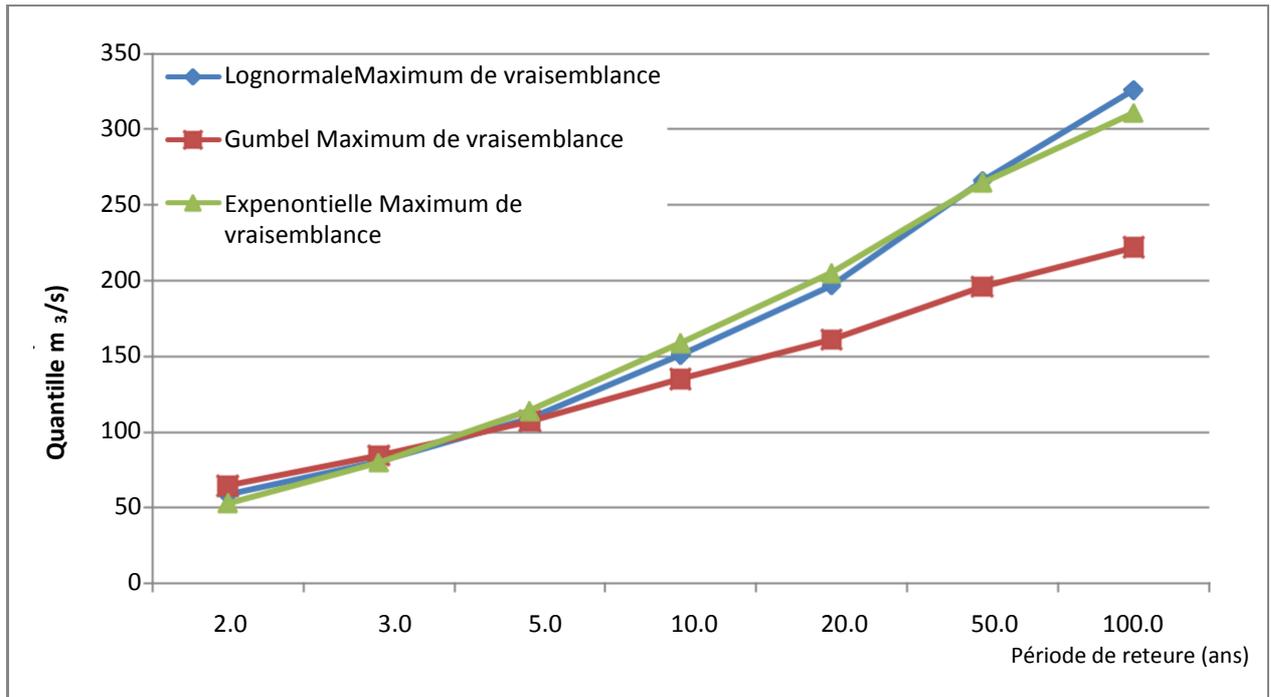
A partir de tableau n°48 nous avons remarqué que la loi Lognormale est la plus adéquate suivé par la loi Gumbel et la loi de Exponentielle est classée en troisième position.

Pour cela nous n'avons sélectionné que les trois premières lois pour l'estimation des quantiles théoriques en fonction des périodes de retour.

**Tableau N°50 :** Débit Modèle et Fréquence (QMF)

T (période de retour)	XT(valeur théorique)		
	Expenontielle	Gumbel	Lognormal
2.0	53.2	64.5	58.7
3.0	79.9	84.4	80.6
5.0	114	107	109
10.0	159	135	151
20.0	205	161	197
50.0	265	196	266
100.0	311	222	326

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements



**Figure N° 33 :** Courbe Débit. Modèle. Période de retour(QMF).Djennane Ben ouadah

D'après la figure n°33 nous avons la même remarque que la station de Arib Chelif. Les fortes quantiles sont estimés par le modèle Lognormale et exponentiel avec une valeur de  $300\text{m}^3/\text{s}$  qui dépasse tous les 100ans.

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

### III.3 Station El Abbabsa 011715 :

#### a) Les fluctuations intermensuelle :

La figure N°34 En effet, la période humide allant de Septembre à novembre est la plus abondante en écoulement moyen maximal et d'autre période allant de Janvier à Avril , le régime moyen du bassin du Abbabsa à une alimentation essentiellement pluviale présente un maximum au mois novembre ( $92,68\text{m}^3/\text{s}$ .) suivi de près par Octobre ( $62,99\text{m}^3/\text{s}$ ).

Cependant, les écoulements moyens ne correspondent pas forcément aux écoulements maximaux, où on trouve la concentration des écoulements de pointe en deux mois pics : Avril en premier lieu  $63,62\text{m}^3/\text{s}$ ), suivi du mois de février ( $50,43\text{m}^3/\text{s}$ ).

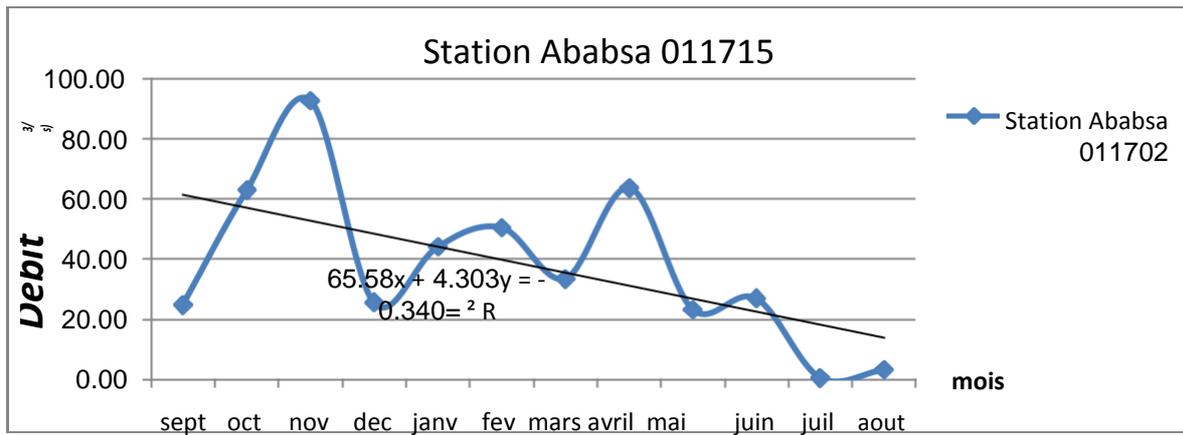


Figure N°34: fluctuations intermensuelle des débits maximum

#### b) Les fluctuations interannuelles :

La figure n°35 représenté les variations interannuelles des débits annuels : moyens, maximaux journaliers et maximaux instantanés pour la station d'El Abbabsa. Avec une nette irrégularité interannuelle des débits moyens absolus. Le débit interannuel est de l'ordre de  $27.2\text{m}^3/\text{s}$ , valeur dépassée seulement 08 fois pendant toute la période. Où l'année 1994 a battu le record avec  $70\text{m}^3/\text{s}$  de débit moyen, ainsi que l'année 1990 avec  $58\text{m}^3/\text{s}$  , les caractéristiques statistiques de la série d'observation sont consignés dans le tableau n°10.

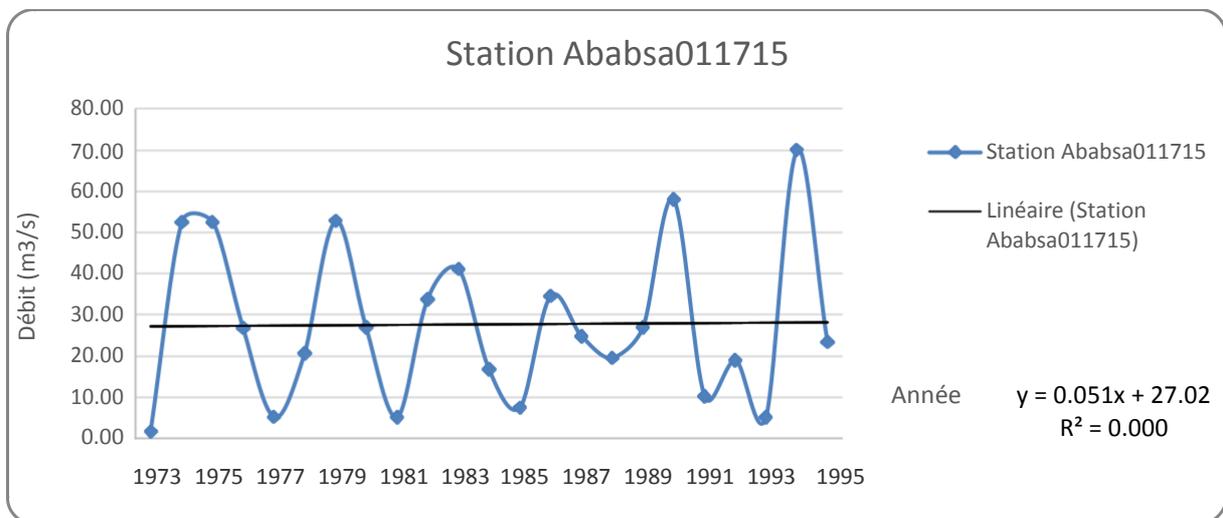


figure N°35: fluctuations interannuelles des débits maximums

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

**Tableau N°51:** Test de stationnarité (Kendall)

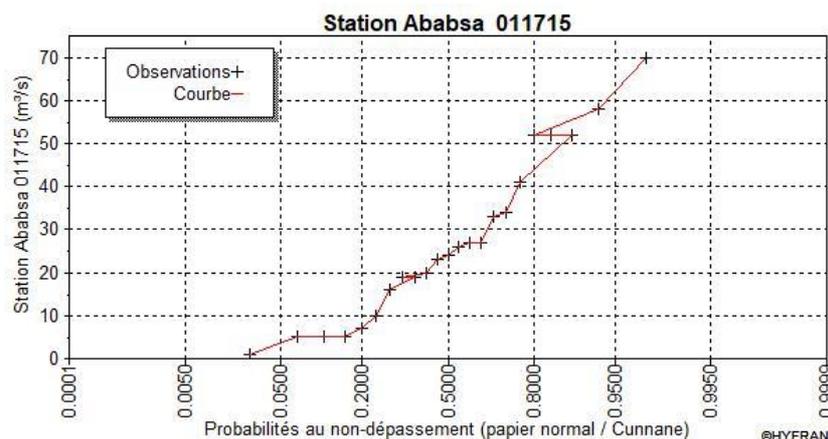
H0	Il n'y a aucune tendance dans les observations
H1	Il y a une tendance dans les observations
Valeur de la statistique	$ K  = 1.14$
p-value	$p = 0.256$

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5 % d'après les résultats de test de Kendall:

**Tableau N°52:** Les observations testées par les lois d'ajustements

Observation	Identificateur	Probabilité empirique
1	75	0.0259
52	50	0.8017
52	50	0.8448
26	80	0.5431
5	30	0.0690
20	70	0.4138
52	80	0.8879
27	N/D	0.5862
5	21	0.1121
33	80	0.6724
41	10	0.7586
16	80	0.2845
7	53	0.1983
34	60	0.7155
24	80	0.5000
19	60	0.3276
27	N/D	0.6293
58	N/D	0.9310
10	30	0.2414
19	N/D	0.3707
5	19	0.1552
70	N/D	0.9741
23	40	0.4569
1	75	0.0259
52	50	0.8017
52	50	0.8448
26	80	0.5431
5	30	0.0690
20	70	0.4138
52	80	0.8879
27	N/D	0.5862
5	21	0.1121
33	80	0.6724

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements



**Figure N°36:** variation des débits max observés en fonction de la fréquence (FND)

### III.3.1 Loi Exponentielle: (Maximum de vraisemblance)

La fonction de la loi de répartition Exponentielle est motionnée dans la formule suivante

$$f(x) = \frac{1}{T} e^{-\frac{x}{T}} \quad \dots\dots\dots(21)$$

Résultats d'ajustement sont motionnées dans les tableaux et les figures suivantes.

**Tableau N°53 :** Paramètres estimés

Nombre d'observations	23
Alpha	27.409091
m	-0.191700
q	F(X) (probabilité au non-dépassement)
T	1/ (1-q)

a. **Test d'adéquation:** La série d'observation doit être examinée par le teste de Kendall

**Tableau N°54 :** paramètres de teste d'adéquation selon Kendall

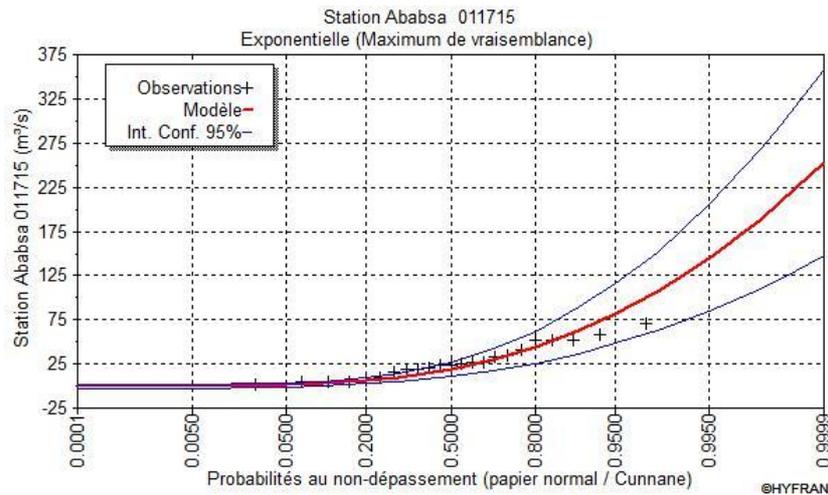
H0	L'échantillon provient d'une loi Exponentielle
H1	L'échantillon ne provient pas d'une loi Exponentielle
Résultat de la statistique	$X^2 = 7.13$
p-value	0.1292
Degrés de liberté	4
Nombre de classes	7

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5 %

**Tableau N°55 :** quantiles d'ajustements d'après la loi Exponentielle (95%)

T	Q	XT	Ecart-type
100.0	0.9900	126	26.7
50.0	0.9800	107	22.6
20.0	0.9500	81.9	17.3
10.0	0.9000	62.9	13.3
5.0	0.8000	43.9	9.23
3.0	0.6667	29.9	6.28
2.0	0.5000	18.8	3.98

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements



**Figure N°37:** Ajustement des débits max selon la loi Normale (Maximum de vraisemblance)

### III.3.2 Loi GEV: (Maximum de vraisemblance)

La fonction de la loi de répartition GEV est motionnée dans la formule suivante

$$F(x) = \frac{1}{1 - \exp\left\{-\left[1 + \frac{\alpha}{u} \left(\frac{x-u}{T}\right)\right]^{-1}\right\}} \quad \dots\dots\dots(22)$$

Résultats d'ajustement sont motionnées dans les tableaux et les figures suivant

**Test d'adéquation:** La série d'observation doit être examinée par le teste de Kendall

**Tableau N°56 :** Paramètres estimés

Nombre d'observations	23
alpha	14.857315
u	18.300138
q =	F(X) (probabilité au non-dépassement)
T	1/(1-q)

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

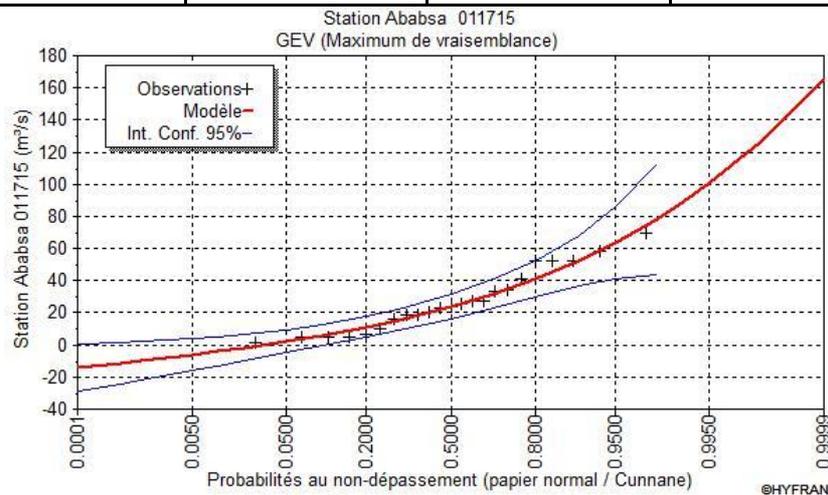
**Tableau N°57 :** paramètres de teste d'adéquation selon Kendall

H0	L'échantillon provient d'une loi GEV
H1	L'échantillon ne provient pas d'une loi GEV
X <sup>2</sup>	5.30
p-value	0.1508
Degrés de liberté	3
Nombre de classes	7

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5 %

**Tableau N°58 :** quantiles d'ajustements d'après la loi GEV (95%)

T	q	XT	Ecart-type
100.0	0.9900	89.2	23.9
50.0	0.9800	78.1	17.7
20.0	0.9500	63.5	11.3
10.0	0.9000	52.3	7.98
5.0	0.8000	40.9	5.73
3.0	0.6667	31.8	4.61
2.0	0.5000	23.8	3.88



**Figure N°38:** Ajustement des débits max selon la loi GEV (Maximum de vraisemblance)

### III.3.3 Loi Gumbel: (Maximum de vraisemblance)

La fonction de la loi de répartition Gumbel est motionnée dans la formule suivante:

$$F(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)^\alpha\right) \quad \dots\dots(23)$$

Résultats d'ajustement sont motionnées dans les tableaux et les figures suivantes:

**Test d'adéquation:** La série d'observation doit être examinée par le teste de Kendall

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

**Tableau N°59 : paramètres estimés**

Nombre d'observations	23
U	18.172114
Alpha	15.496782
Q	F(X) (probabilité au non-dépassement)
T	1/(1-q)

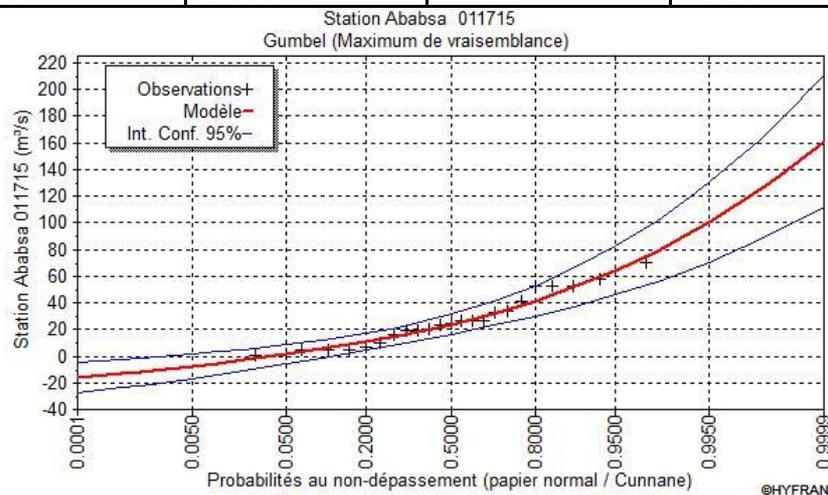
**Tableau N°60: paramètres de teste d'adéquation selon Kendall**

H0	L'échantillon provient d'une loi Gumbel
H1	L'échantillon ne provient pas d'une loi Gumbel
Résultat de la statistique	$X^2=6.52$
p-value	0.1634
Degrés de liberté	4
Nombre de classes	7

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5 %

**Tableau N°61 : quantiles d'ajustements d'après la loi Gumbel (95%)**

T	q	XT	Ecart-type
100.0	0.9900	89.5	13.4
50.0	0.9800	78.6	11.6
20.0	0.9500	64.2	9.32
10.0	0.9000	53.0	7.59
5.0	0.8000	41.4	5.87
3.0	0.6667	32.2	4.65
2.0	0.5000	23.9	3.77



**Figure N° 39: Ajustement des débits max selon la loi Gumbel (Maximum de vraisemblance)**

### III.3.4 Loi Normale: (Maximum de vraisemblance)

La fonction de la loi de répartition Normale est notée dans la formule suivante:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (24)$$

Résultats d'ajustement sont notées dans les tableaux et les figures suivantes:

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

**Test d'adéquation:** La série d'observation doit être examinée par le teste de Kendall

**Tableau N°62 :** paramètres estimés

Nombre d'observations	23
mu	27.217391
sigma	19.195067
Q	F(X) (probabilité au non-dépassement)
T	1/(1-q)

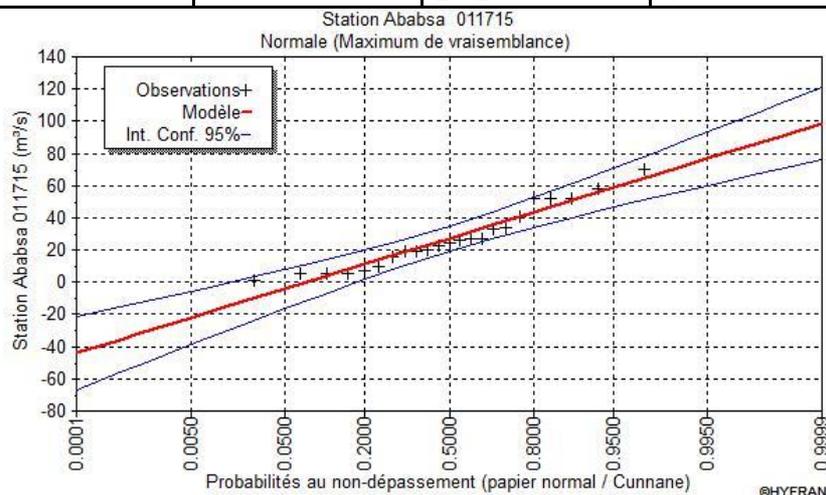
**Tableau N°63 :** paramètres de teste d'adéquation selon Kendall

H0	L'échantillon provient d'une loi Normale
H1	L'échantillon ne provient pas d'une loi Normale
Resultant de la statistique	$X^2 = 3.48$
p-value	$p = 0.4812$
Degrés de liberté	4
Nombre de classes	7

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5 %

**Tableau N°64 :** quantiles d'ajustements d'après la loi Normale (95%)

T	q	XT	Ecart-type
100.0	0.9900	71.9	7.83
50.0	0.9800	66.6	7.17
20.0	0.9500	58.8	6.22
10.0	0.9000	51.8	5.46
5.0	0.8000	43.4	4.68
3.0	0.6667	35.5	4.19
2.0	0.5000	27.2	4.00



**Figure N°40:** Ajustement des débits max selon la loi Normale (Maximum de vraisemblance)

### III.3.5 Loi Lognormale: (Maximum de vraisemblance)

La fonction de la loi de répartition Lognormale est motionnée dans la formule suivante:

$$f(x) = \frac{1}{x} \exp\left(-\frac{(\ln x)^2}{2\sigma^2}\right) \dots\dots\dots(25)$$

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

Résultats d'ajustement sont motionnées dans les tableaux et les figures suivantes:

**Test d'adéquation:** La série d'observation doit être examinée par le teste de Kendall

**Tableau N°65 : Paramètres estimés**

Nombre d'observations	23
Mu	2.947671
Sigma	1.025045
Q	F(X) (probabilité au non-dépassement)
T	1/(1-q)

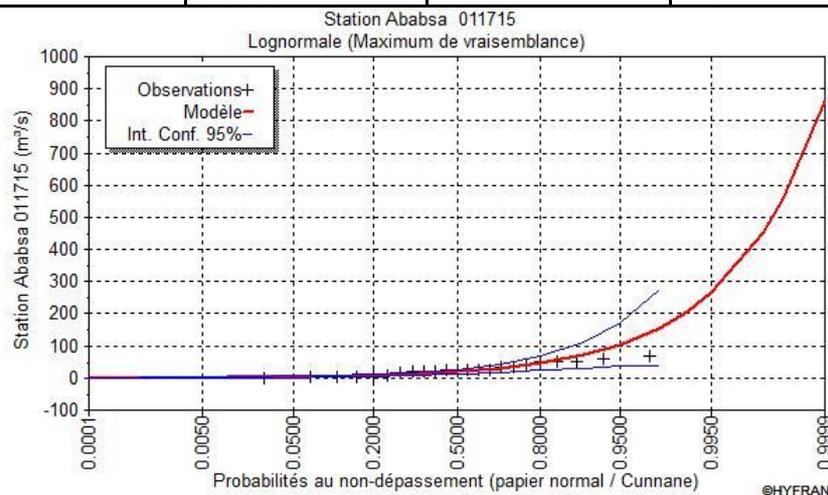
**Tableau N°66:** paramètres de teste d'adéquation selon Kendall

H0	L'échantillon provient d'une loi Lognormale
H1	L'échantillon ne provient pas d'une loi Lognormale
Résultat de la statistique	$X^2=8.96$
p-value	$p = 0.0622$
Degrés de liberté	4
Nombre de classes	7

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5 %

**Tableau N°67 :** quantiles d'ajustements d'après la loi Lognormale (95%)

T	q	XT	Ecart-type
100.0	0.9900	207	86.6
50.0	0.9800	157	59.9
20.0	0.9500	103	34.2
10.0	0.9000	70.9	20.7
5.0	0.8000	45.2	11.3
3.0	0.6667	29.6	6.63
2.0	0.5000	19.1	4.07



**Figure N° 41:** Ajustement des débits max selon la loi Logormale (Maximum de vraisemblance)

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

### III.3.6 Comparaison des ajustements :

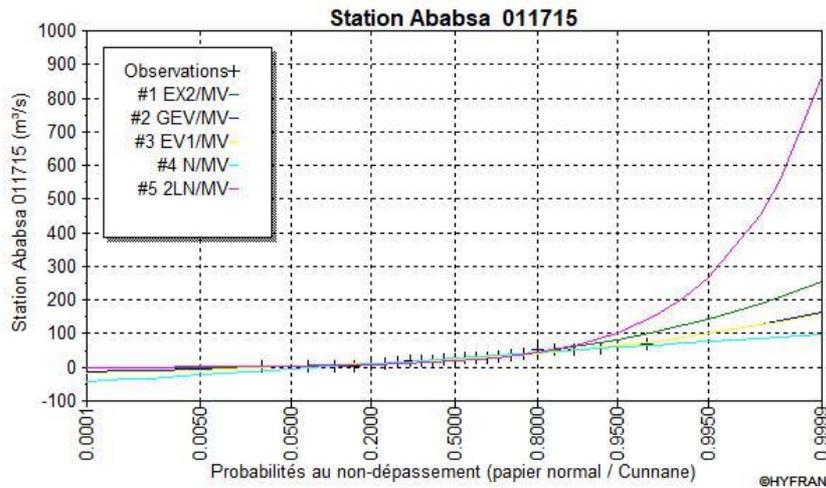


Figure N° 42: Comparaisons graphique des lois d'ajustements

Tableau N°68 : Tableau: comparaison des lois selon Critères BIC et AIC

Modèle	Nb parameters	XT	P (Mi)	P (Mi/x)	BIC	AIC
Gumbel (Maximum de vraisemblance)	2	89.460	20.00	42.68	203.811	201.540
Exponentielle (Maximum de vraisemblance)	2	126.032	20.00	29.18	204.571	202.300
Normale (Maximum de vraisemblance)	2	71.880	20.00	11.37	206.456	204.185
GEV (Maximum de vraisemblance)	3	89.185	20.00	9.21	206.877	203.470
Lognormal(Maximum de vraisemblance)	2	207.002	20.00	7.56	207.273	205.002

Tableau N°69: critères de comparaison

P (Mi)	Probabilité a priori
P (Mi/x)	Probabilité a posteriori
BIC	Critère d'information Bayésien
AIC	critère d'information Akaike
Moyenne pondérée par la probabilité des quantiles	106.9912

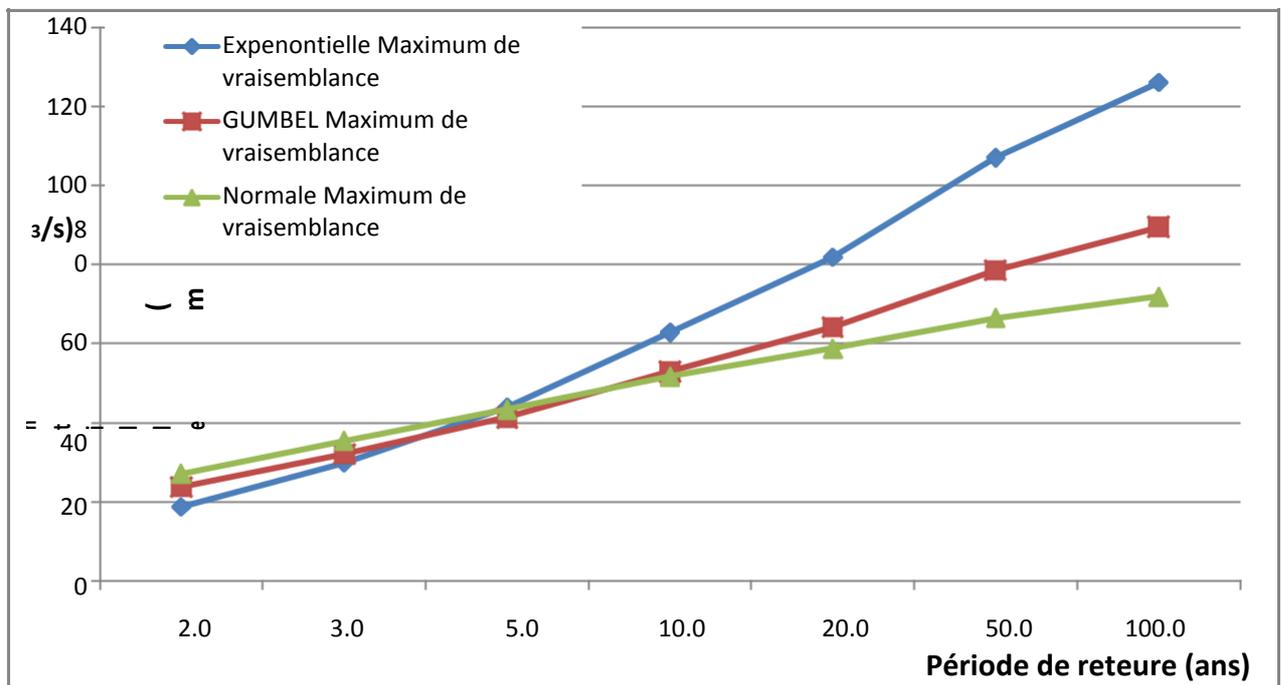
A partir de tableau n°68 nous avons remarqué que la loi Gumbel est la plus adéquate suivie par la loi Exponentielle et la loi de Normale est classée en troisième position.

Pour cela nous n'avons sélectionné que les trois premières lois pour l'estimation des quantiles théoriques en fonction des périodes de retour.

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

**Tableau N°70: Modèle QMF**

T (période de retour)	XT(valeur théorique)		
	Exponentielle	Gumbel	Normale
2.0	18.8	23.9	27.2
3.0	29.9	32.2	35.5
5.0	43.9	41.4	43.4
10.0	62.9	53.0	51.8
20.0	81.9	64.2	58.8
50.0	107	78.6	66.6
100.0	126	89.5	71.9



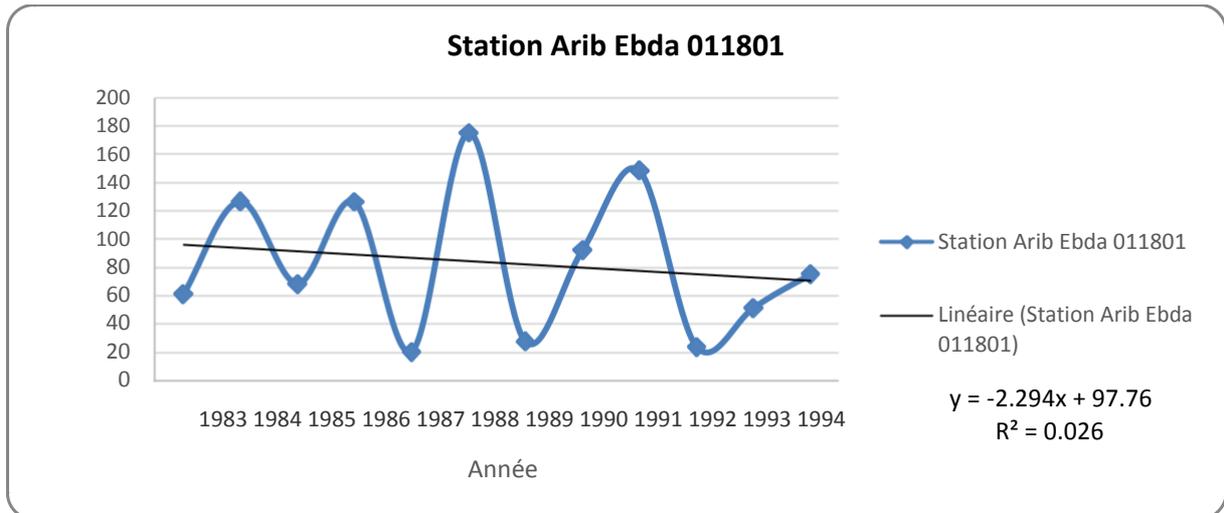
**Figure N° 43 : Courbe Débit. Modèle. Période de retour (QMF). EL ABABSA**

D'après la figure n°43 nous avons la même remarque que la station de Arib Chelif. Les fortes quantiles sont estimés par le modèle exponentielle et Gumbel avec une valeur de  $80\text{m}^3/\text{s}$  qui dépasse tous les 100ans.

### III.4 Station Arib Ebda 011801 :

La figure n°44 représenté les variations interannuelles des débits annuels : moyens, maximaux journaliers et maximaux instantanés pour la station d'El Arib Ebda. Avec une nette irrégularité interannuelle des débits moyens absolus. Le débit interannuel est de l'ordre de  $82,8\text{ m}^3/\text{s}$ , valeur dépassée seulement 05 fois pendant toute la période. Où l'année 1988 a battu le record avec  $175\text{ m}^3/\text{s}$  de débit moyen, ainsi que l'année 1991 avec  $148\text{ m}^3/\text{s}$ , les caractéristiques statistiques de la série d'observation sont consignés dans le tableau n°10.

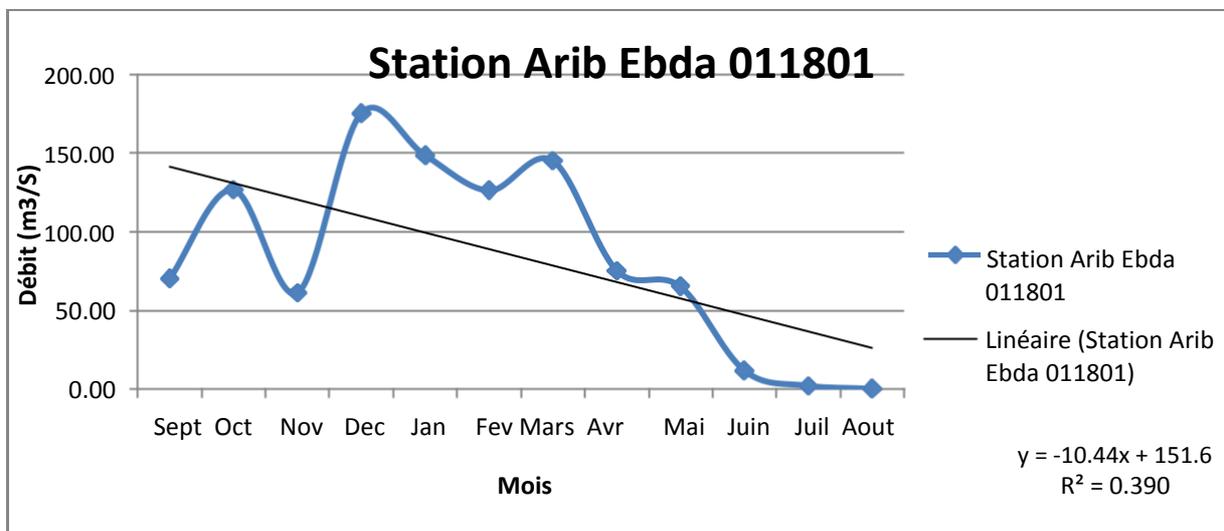
## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements



**figure N°44:** fluctuations interannuelles des débits maximums

la figure n°45 en effet, la période humide allant de décembre à février est la plus abondante en écoulement moyen maximal et d'autre période allant de Septembre à novembre, le régime moyen du bassin du Arib Ebda à une alimentation essentiellement pluviale présente un maximum au mois décembre ( $175\text{m}^3/\text{s}$ , suivi de près par Janvier ( $148\text{m}^3/\text{s}$ ).

Cependant, les écoulements moyens ne correspondent pas forcément aux écoulements maximaux, où on trouve la concentration des écoulements de pointe en deux mois pics : Octobre en premier lieu ( $126\text{m}^3/\text{s}$ ), suivi du mois de Octobre ( $70\text{m}^3/\text{s}$ ).



**figure N°45:** fluctuations intermensuelle des débits maximums

**Tableau N°71:** Test de stationnarité (Kendall)

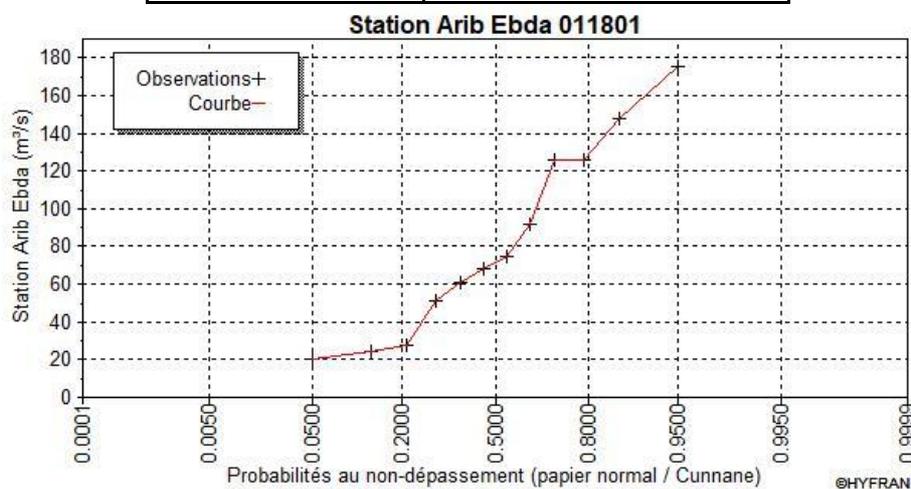
H0	Il n'y a aucune tendance dans les observations
H1	Il y a une tendance dans les observations
Valeur de la statistique	$ K  = N/D$
p-value	$p = N/D$

Taille d'échantillon insuffisante pour appliquer le test d'ares les résultats de test de kendall

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

**Tableau N°72 :** les observations testées par les lois d'ajustement

Observation	Probabilité empirique
61	0.3770
126	0.7049
68	0.4590
126	0.7869
20	0.0492
175	0.9508
28	0.2131
92	0.6230
148	0.8689
24	0.1311
51	0.2951
75	0.5410



**Figure N°46:** variation des débits max observés en fonction de la fréquence (FND)

### III.4.1 Loi Exponentielle: (Maximum de vraisemblance)

La fonction de la loi de répartition Exponentielle est motionnée dans la formule suivante:

$$f(x) = \frac{1}{T} e^{-\frac{x}{T}} \quad \dots\dots\dots(26)$$

Résultats d'ajustement sont motionnées dans les tableaux et les figures suivantes:

**Test d'adéquation:** La série d'observation doit être examinée par le teste de Kendall

**Tableau N°73:** Paramètres estimés

Nombre d'observations	12
alpha	68.545455
m	14.287879
q	F(X) (probabilité au non-dépassement)
T	1/(1-q)

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

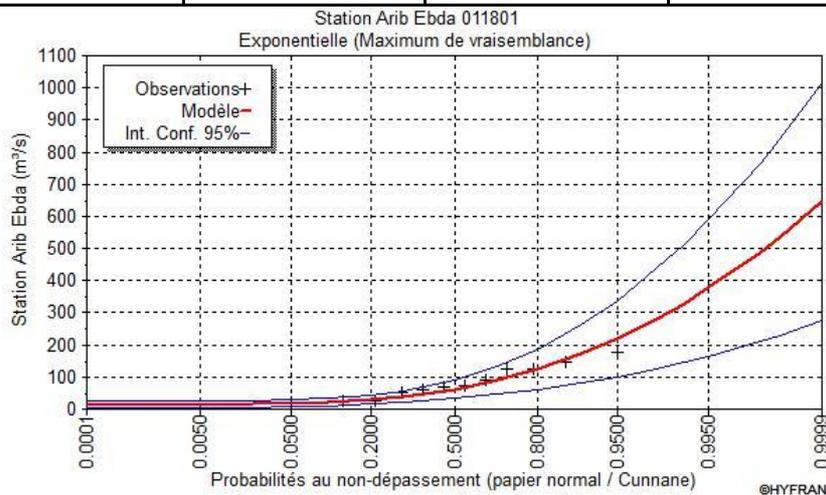
**Tableau N°74:** paramètres de teste d'adéquation selon Kendall

H0	L'échantillon provient d'une loi Exponentielle
H1	L'échantillon ne provient pas d'une loi Exponentielle
Résultat de la statistique	$X^2=5.50$
p-value	$p = 0.0639$
Degrés de liberté :	2
Nombre de classes :	5

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5 %

**Tableau N°75 :** quantiles d'ajustements d'après la loi Exponentielle (95%)

T	q	XT	Ecart-type
100.0	0.9900	330	93.6
50.0	0.9800	282	79.3
20.0	0.9500	220	60.5
10.0	0.9000	172	46.2
5.0	0.8000	125	32.1
3.0	0.6667	89.6	21.7
2.0	0.5000	61.8	13.8



**Figure N°47:** Ajustement des débits max selon la loi Exonentielle (Maximum de vraisemblance)

### III.4.2 Loi GEV: (Maximum de vraisemblance)

La fonction de la loi de répartition GEV est motionnée dans la formule suivante:

$$F(x) = 1 - \exp\left\{-\left[1 + \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x - \mu}{\beta}\right)\right]^{-\beta}\right\} \quad (27)$$

Résultats d'ajustement sont motionnées dans les tableaux et les figures suivantes:

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

**Test d'adéquation:** La série d'observation doit être examinée par le teste de Kendall

**Tableau N°76 :** paramètres estimés

Nombre d'observations	12
alpha	40.402247
k	0.029225
u	60.120417
q	F(X) (probabilité au non-dépassement)
T	1/(1-q)

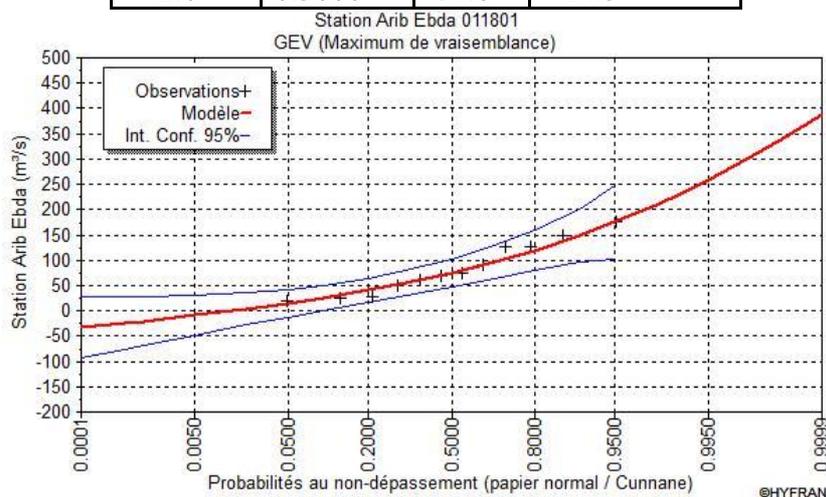
**Tableau N°77:** paramètres de teste d'adéquation selon Kendall

H0	L'échantillon provient d'une loi GEV
H1	L'échantillon ne provient pas d'une loi GEV
Résultats de la statistique	$X^2 = 2.17$
p-value	$p = 0.1410$
Degrés de liberté	1
Nombre de classes	5

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5 %

**Tableau N°78 :** quantiles d'ajustements d'après la loi GEV (95%)

T	q	XT	Ecart-type
100.0	0.9900	234	73.8
50.0	0.9800	209	55.8
20.0	0.9500	175	37.1
10.0	0.9000	148	27.0
5.0	0.8000	119	20.1
3.0	0.6667	96.1	16.7
2.0	0.5000	74.8	14.3



**Figure N°48:** Ajustement des débits max selon la loi GEV (Maximum de vraisemblance)

### III.4.3 Loi Gumbel: (Maximum de vraisemblance)

La fonction de la loi de répartition Gumbel est motionnée dans la formule suivante:

$$f(x) = \frac{1}{T} \left( \frac{x - u}{k} \right)^{T-1} \exp\left(-\left(\frac{x - u}{k}\right)^T\right) \dots\dots\dots(28)$$

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

Résultats d'ajustement sont motionnées dans les tableaux et les figures suivantes:

**Test d'adéquation:** La série d'observation doit être examinée par le teste de Kendall

**Tableau N°79 :** paramètres estimés

d'observations	12
U	58.126560
Alpha	42.718947
q	F(X) (probabilité au non-dépassement)
T	1/(1-q)

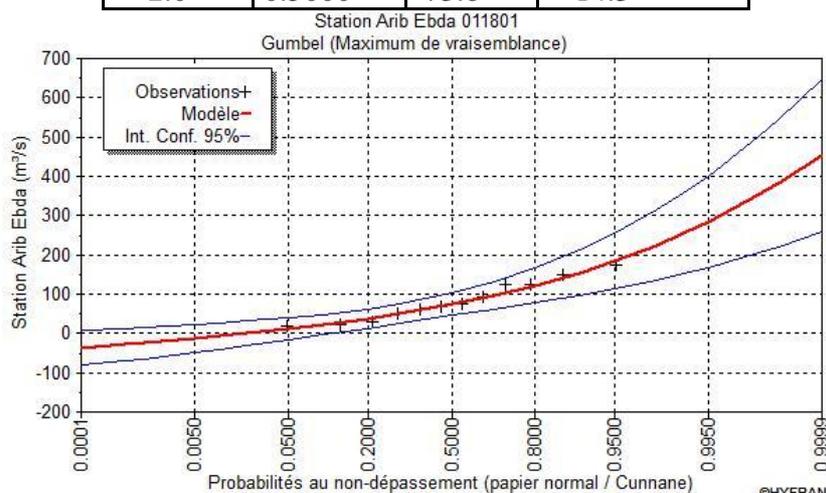
**Tableau N°80:** paramètres de teste d'adéquation selon Kendall

H0	L'échantillon provient d'une loi Gumbel
H1	L'échantillon ne provient pas d'une loi Gumbel
Résultat de la statistique	$X^2=2.17$
p-value	$p = 0.3385$
Degrés de liberté	2
Nombre de classes	5

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5 %

**Tableau N°81 :** quantiles d'ajustements d'après la loi Gumbel (95%)

T	q	XT	Ecart-type
100.0	0.9900	255	52.4
50.0	0.9800	225	45.4
20.0	0.9500	185	36.3
10.0	0.9000	154	29.4
5.0	0.8000	122	22.6
3.0	0.6667	96.7	17.8
2.0	0.5000	73.8	14.3



**Figure N°49:** Ajustement des débits max selon la loi Gumbel (Maximum de vraisemblance)

### III.4.4 Loi Normale: (Maximum de vraisemblance)

La fonction de la loi de répartition Normale est motionnée dans la formule suivante:

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

$$() = \frac{1}{\dots} - \frac{-2}{\dots} \dots\dots(29)$$

Résultats d'ajustement sont motionnées dans les tableaux et les figures suivantes:

**Test d'adéquation:** La série d'observation doit être examinée par le teste de Kendall

**Tableau N°82 :** paramètres estimées

Nombre d'observations	12
Mu	82.833333
Sigma	51.114548
q	F(X) (probabilité au non-dépassement)
T	1/(1-q)

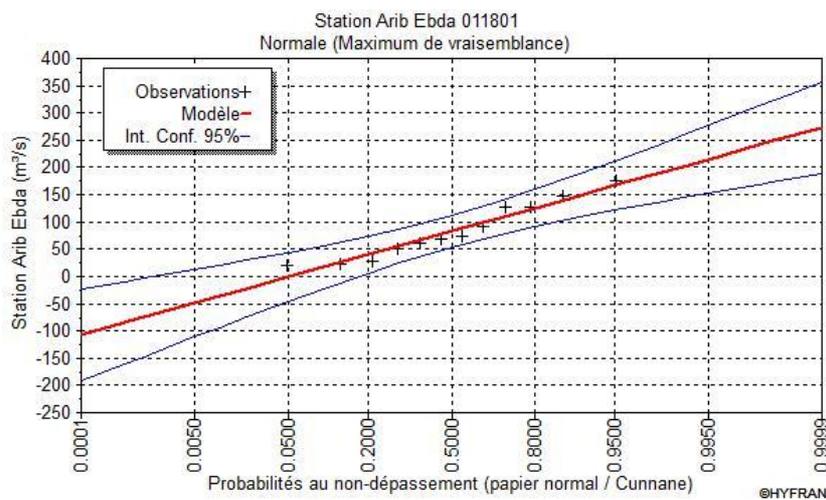
**Tableau N°83 :** paramètres de teste d'adéquation selon Kendall

H0	L'échantillon provient d'une loi Normale
H1	L'échantillon ne provient pas d'une loi Normale
Résultat de la statistique	X <sup>2</sup> =3.83
p-value	p = 0.1471
Degrés de liberté	2
Nombre de classes	5

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5 %

**Tableau N°84 :** quantiles d'ajustements d'après la loi Normale (95%)

T	q	XT	Ecart-type
100.0	0.9900	202	29.3
50.0	0.9800	188	26.8
20.0	0.9500	167	23.2
10.0	0.9000	148	20.3
5.0	0.8000	126	17.4
3.0	0.6667	105	15.5
2.0	0.5000	82.8	14.8



**Figure N°50:** Ajustement des débits max selon la loi Normale (Maximum de vraisemblance)

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

### III.4.5 Loi Lognormale: (Maximum de vraisemblance)

La fonction de la loi de répartition Lognormale est motionnée dans la formule suivante:

$$f(x) = \frac{1}{x} \exp\left(-\frac{(\ln x)^2}{2\sigma^2}\right) \dots\dots\dots(30)$$

Résultats d'ajustement sont motionnées dans les tableaux et les figures suivantes:

**Test d'adéquation:** La série d'observation doit être examinée par le teste de Kendall

**Tableau N°85 : paramètres estimés**

Nombre d'observations	12
Mu	4.203503
Sigma	0.727462
q	F(X) (probabilité au non-dépassement)
T	1/(1-q)

**Tableau N°86 : paramètres de teste d'adéquation selon Kendall**

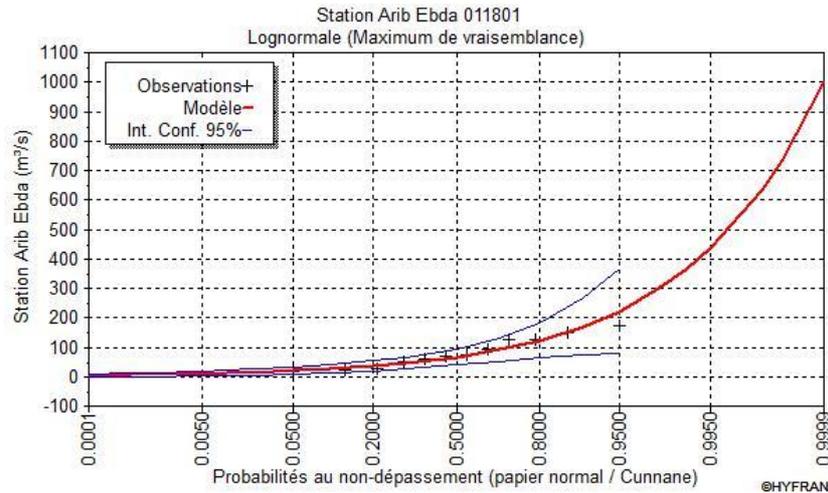
H0	L'échantillon provient d'une loi Lognormale
H1	L'échantillon ne provient pas d'une loi Lognormale
Résultat de la statistique	X <sup>2</sup> =3.00
p-value	p = 0.2231
Degrés de liberté	2
Nombre de classes	5

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5 %

**Tableau N°87 : quantiles d'ajustements d'après la loi Lognormale (95%)**

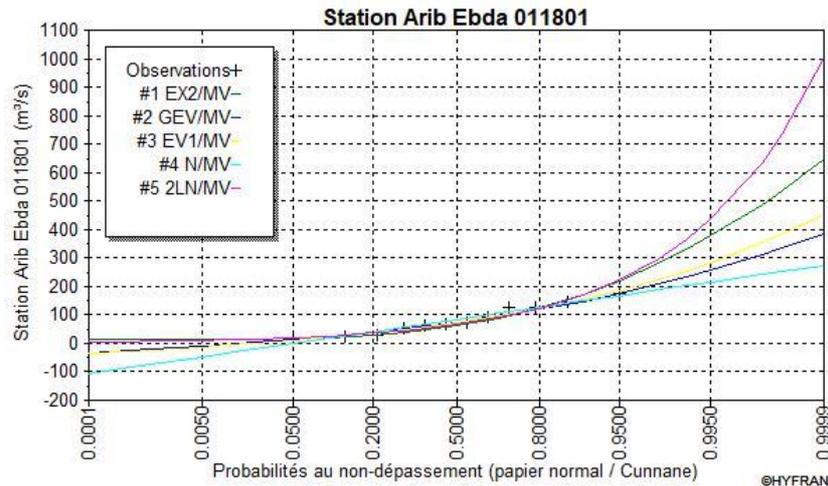
T	q	XT	Ecart-type
100.0	0.9900	364	152
50.0	0.9800	298	114
20.0	0.9500	221	73.2
10.0	0.9000	170	49.2
5.0	0.8000	123	30.5
3.0	0.6667	91.5	20.2
2.0	0.5000	66.9	14.1

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements



**Figure N°51:** Ajustement des débits max selon la loi Lognormale (Maximum de vraisemblance)

### III.4.6 Comparaison :



**Figure N°52:** Comparaisons graphique des lois d'ajustements

**Tableau N°88 :** Critères de comparaison des lois

Modèle	Nb param	XT	P (Mi)	P (Mi/x)	BIC	AIC
Exponentielle(Maximum de vraisemblance)	2	329.951	20.00	36.36	130.430	129.460
Lognormale(Maximum de vraisemblance)	2	363.636	20.00	27.87	131.272	130.302
Gumbel(Maximum de vraisemblance)	2	254.640	20.00	20.24	131.602	130.632
Normal (Maximum de vraisemblance)	2	201.766	20.00	13.30	131.442	131.472
GEV (Maximum de vraisemblance)	3	234.025	20.00	6.24	133.956	132.502

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

**Tableau N°89:** critères de comparaison

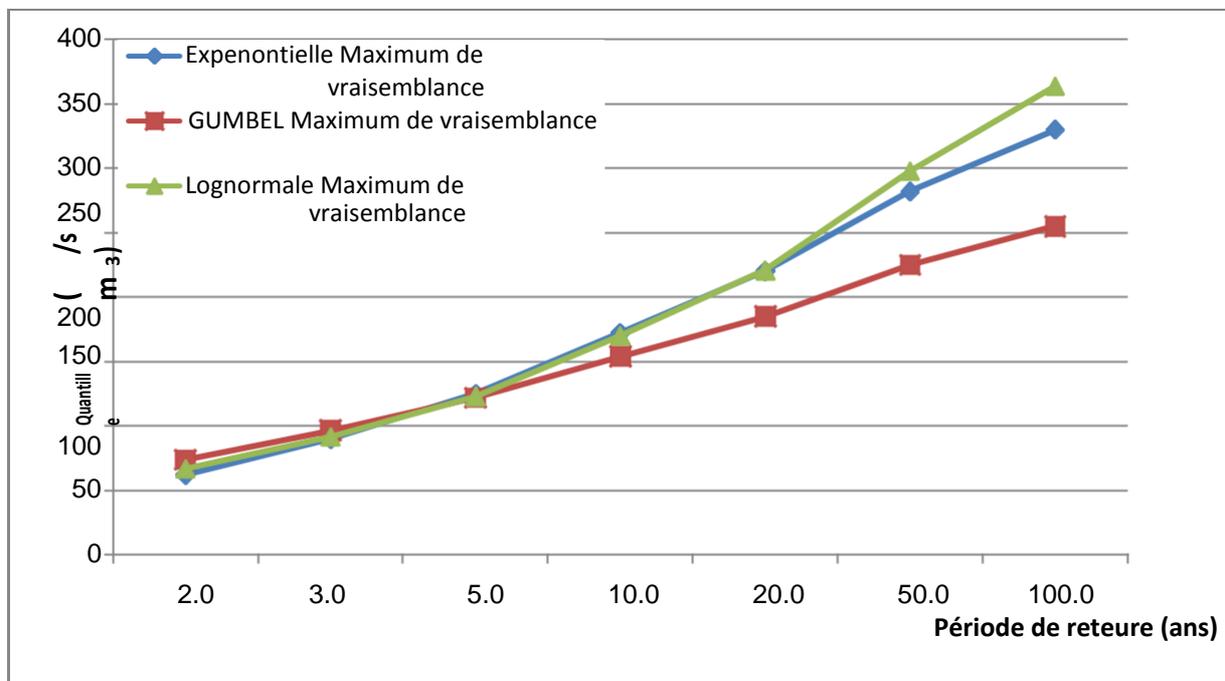
P (Mi)	Probabilité a priori
P (Mi/x)	Probabilité a posteriori
BIC	Critère d'information Bayésien
AIC	critère d'information Akaike
Moyenne pondérée par la probabilité des quantiles	299.7259

A partir de tableau n°88 nous avons remarqué que la loi Exponentielle est la plus adéquate suivie par la loi Lognormale et la loi de Gumbel est classée en troisième position.

Pour cela nous n'avons sélectionné que les trois premières lois pour l'estimation des quantiles théoriques en fonction des périodes de retour.

**Tableau N°90:** Modèle QMF

T (période de retour)	XT(valeur théorique)		
	Exponentielle	Gumbel	Lognormale
2.0	61,8	73,8	66,9
3.0	89,6	96,7	91,5
5.0	125	122	123
10.0	172	154	170
20.0	220	185	221
50.0	282	225	298
100.0	330	255	364



**Figure N°53 :** Courbe Débit. Modèle. Période de retour (QMF).ERIB EBDA

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

D'après la figure N°50 nous avons la même remarque que la station de Arib Chelif. Les fortes quantiles sont estimés par le modèle Lognormale et exponentiel avec une valeur de  $300\text{m}^3/\text{s}$  qui dépasse tous les 100ans.

### IV Résultats des analyses statistiques sur les crues maximales annuelles :

Pour chaque station , nous indiquons les résultats qui ont satisfait. Bien que toutes les lois soient acceptées, nous ne gardons que les meilleures distributions. Nous avons ensuite adopté, pour chaque période de retour, on prend la valeur du débit de crue qui apparaît la plus proche de la valeur réelle, qui n'est pas forcément la moyenne des quatre distributions restantes, mais celle qui correspond généralement à la meilleure distribution. Pour notre exemple, la loi qui semble la plus adaptée est la loi exponentielle (maximum de vraisemblance).

Les résultats obtenus par la méthode débit modèle. Période de retour (QMF) montrent que les plus faibles quantiles sont observés au niveau de la station de Abbabsa "01-17-15" avec un débit maximum estimé de  $126\text{m}^3/\text{s}$  pour une période de retour de 100ans et de  $107\text{ m}^3/\text{s}$  pour une période de retour de 50ans, cette faible valeur peut s'expliquer par l'existence d'un seul affluent au niveau de cette région. Au niveau de la station Arib Cheliff "01-17-02" le débit maximum estimé est de l'ordre de  $1490\text{m}^3/\text{s}$  pour une période de retour de 100ans et de  $1010\text{ m}^3/\text{s}$  pour une période de retour de 50ans. Au niveau de la station de Arib Ebda "01-18-01" le maximum est de l'ordre de  $364\text{m}^3/\text{s}$  pour une période de retour de 100ans et  $298\text{ m}^3/\text{s}$  pour une période de retour de 50ans. Au niveau de la station de Djenane Ben Ouadah "01-15-14" le maximum est de l'ordre de  $326\text{m}^3/\text{s}$  pour une période de retour de 100ans et  $266\text{m}^3/\text{s}$  pour une période de retour de 50ans, on note que a ce niveau là, où nous avons la série la plus courte, ce qui influe directement sur les résultats obtenu pour les périodes supérieur à 50ans, mais d'après l'analyse statistique et l'extrapolation des débits d'observation a des périodes de retour à partir des différentes modèles, il parait que ces résultats sont acceptables, malgré que la déférence des quantiles marquée entre les lois et de l'ordre de  $40\text{m}^3/\text{s}$  a la station d'El Abbabsa .et de  $200\text{m}^3/\text{s}$  a la station d'Arib Cheliff pour une période de retour de 100 ans ,d'une façon générale le débit maximum pour chaque station ont chaine d'apprration dans les 20 ans

## Chapitre IV: Ajustement et Analyse Fréquentielle des écoulements

**Tableau N°91:** Débits caractéristiques estimés par les différents modèles

station	Q max	Q estimé	Période de retour	modèle	Modèle Adéquat
Djenane Ben Ouadh	173	196	50	Gumbel	Gumbel
		197	20	GUV	
		205	20	Exponentielle	
Erib chellif	562	586	20	GEV	GEV
		590	20	Lognormale	
		619	50	Exponentielle	
EL ABBABSA	70	81.9	20	Exponentielle	Gumbel
		78.1	50	GEV	
		78.6	50	Gumbel	
		71.9	100	normal	
		70.9	10	Lognormale	
ARIB EBDA	175	185	20	Gumbel	Gumbel
		220	20	Exponentielle	
		221	20	GEV	

# Conclusion générale

# Conclusion générale

## Conclusion générale

La région d'étude est une région intra-montagneuse, elle est subdivisée en trois grands bassins versants qui appartiennent au grand bassin hydrographique dans le nord d'Algérie. Elle occupe une superficie de 43 750 Km<sup>2</sup> avec une forme allongée indiquée par les paramètres de forme de l'ensemble des sous bassins versants tel que, l'indice de compacité de gravilius et le rectangle équivalent. Concernant le relief, la région est classée parmi les reliefs forts à très fort avec un indice de pente moyenne de 13.94 %.

Le réseau hydrographique est caractérisé par un réseau très dense dont les chevelus hydrographiques ont une longueur moyenne de 18495km représenté par les oueds temporaires et 5 468 km caractérise les oueds permanent.

Ces oueds sont alimentés bien sûr par un pluviomètre dont la pluviométrie moyenne interannuelle est de 600 mm, dont 83 % reprisent par l'évapotranspiration, d'où le classement de la région dans les zones arides à Semi-arides. La température moyenne annuelle est de 13 à 20° C.

Concernant l'étude de la prévision des crues dans la région d'étude, le travail consiste à déterminer les caractéristiques de chaque station par son régime hydrologique

Les résultats obtenus montrent que les plus faibles quantiles sont observés au niveau de la station d' El Abbabsa avec un débit maximum estimé à 128 m<sup>3</sup>/s pour une période de retour de 100 ans. La plus forte crue observée au niveau de la station de Arib Chellif, dont le débit maximum estimé est de l'ordre de 1490m<sup>3</sup>/s pour une période de retour de 50 ans, les quantiles moyens sont observés au niveau de la station Arib Ebda avec un maximum de 364m<sup>3</sup>/s pour une période de 100 ans. Ces résultats sont tributaires de la durée de la crue: plus la durée considérée est longue plus les résultats sont représentatifs. Ainsi, le débit choisi influe directement sur la tendance des quantiles pour des périodes de retour.

Les études de probabilité de fréquence ne sont possibles que lorsque l'on dispose d'un corpus de données significatif et sont d'autant plus sûres que ce corpus est important. Le problème dans l'utilisation de ces données est du essentiellement aux relevés qui sont effectués à heure fixe tous les jours, toutes les mois, et au découpage qui diffère du découpage correspondant au débit maximal en 24 heures. L'autre difficulté peut venir de ce que les débits de types différents n'appartiennent pas à la même population statistique, et ne répondent alors pas aux mêmes lois de probabilité.

# Conclusion générale

D'une manière générale, l'utilisation de l'approche débit-modèle-fréquence, nous paraît bien adaptée dans la même où elle est capable de prendre en compte la fréquence, notion indispensable lorsque l'on parle de crues, elle considère donc des "périodes de retours variables". En ce qui concerne les périodes de regroupement de l'analyse fréquentielle, l'approche adoptée est celle de la méthode de l'échantillonnage par valeur maximum à une période de retours variables. Notons aussi que les plus forts quantiles observés à partir des quatre stations montrent que les crues se concentrent dans les régions Arib Chellif soumises à un risque d'inondation.

Pour mieux cerner le problème de la prévision des crues et de l'inondation, plusieurs voies d'amélioration sont envisageables, pour ce là ; nous recommandons ce qui suit : Tester le gain d'un découpage en régions hydrologiquement homogènes. Et non plus en secteurs hydrographiques. Nous pouvons noter une variabilité des courbes adimensionnelles autour de la forme moyenne sur chacun de secteurs. L'effet d'un découpage plus soigné serait de déduire la dispersion autour de la courbe régionale.

La marge de progression pour l'estimation des paramètres est grande. Il s'agira de revoir les méthodes. Ici, nous avons choisi la simplicité. Nous pourrions envisager de mettre en œuvre des méthodes plus complexes, en lien ou non avec le découpage en régions hydrologiquement homogènes et avec d'autres variables descriptives du bassin versant et de sa climatologie. Nous pensons qu'introduire la surface hydrologique sur les secteurs karstiques (ceci serait possible en estimant les quantiles de débits influencés par le karst uniquement à partir d'un réseau de surface non perturbée) et un indicateur de perméabilité dans une des phases de la procédure d'interpolation pourrait améliorer in fine les estimations. Une autre voie d'amélioration serait certainement de prendre en compte l'effet structurant du réseau hydrographie.

La prévision des crues ne pose plus de problèmes techniques particuliers et requiert des efforts pour automatiser les mesures hydrométriques et pluviométriques, leur transmission, l'utilisation de modèles de prévision et les réseaux d'alerte.

La prévision de la cote des plus hautes eaux pose quelques difficultés. En effet, si la modélisation des écoulements fluviaux soulève de moins en moins de difficultés techniques, les résultats et la satisfaction qu'on peut en avoir dépendent de la précision du relevé topographique de la totalité des lits en amont comme en aval. Ainsi les rivières à fond (ou à lit) mobile doivent être suivies et les modèles adaptés.

# Conclusion générale

Pour les gestionnaires et aménageurs, les eaux de surface restent « une problématique » à canaliser, dirigé, régulé. Lieu de déversement organisé de nos déchets liquides, elles doivent dès lors être elles-mêmes nettoyées à grands frais. Susceptible de débordements, leurs sautes d'humeur doivent être surveillées de près et contenues par des travaux importants et coûteux. Le temps n'est pas encore au modus vivendi entre humains et cours d'eau, basé sur le respect et la connaissance des premiers, la vitalité et la liberté des seconds. L'heure est toujours à la « gestion physique » développée sur base d'un « monitoring » permanent et sophistiqué.

Évolution toutefois positive, les différents aspects des cours d'eau sont désormais pris peu à peu en compte : activités économiques, intérêt écologique, aspects hydrauliques.

L'existence de risque naturel prévisible, sur une région, doit conduire les décideurs à interdire ou à admettre, sous conditions certains modes d'occupation ou d'utilisation des sols. Également prévoir si nécessaire, la réalisation de mesures collectives de sauvegarde et de protection. Les dispositions préventives à retenir visent à assurer d'une part, une meilleure maîtrise de l'aléa inondation, d'autre part une limitation de la vulnérabilité des personnes, des biens et des activités exposés.

L'observation fine vise même à mieux cibler les priorités dans les décisions à prendre, bassin par bassin, cours d'eau par cours d'eau, tronçon par tronçon. Remettre la rivière au cœur de notre imaginaire et de notre perception environnementale, renouer un lien sensible entre l'humain et l'eau, est sans doute à ce prix.

# **Référence Bibliographique**

## Référence Bibliographique

---

**ANDRE MUSY, CHRISTOPHE HIGY (2003)** : Hydrologie une science de la nature.

**Bendjelloul Mohammed Taha , Belkhir Mohammed Lakhder** : Approche intégrée pour l'évaluation et la mise en valeur des ressources en eaux souterraines dans le bassin versant du haut Cheliff Khemis Miliana) 2020/2021

**BENMERIDJA AHMAD (2004)** : Base de données, système d'information géographique et modélisation tridimensionnelle de la géologie, de l'hydrodynamisme et de la pollution des eaux souterraines à l'échelle locale : approche intégrée appliquée à la région du Haut Cheliff, plaine de Khemis-Miliana. (mémoire d'ingénieur- Centre universitaire de Khemis Miliana).

**BOUZIANE ERRAHMANI A (2005)** : Contribution à l'étude de la protection de la nappe Alluvial du Haut Cheliff (mémoire d'ingénieur- Centre universitaire de Khemis Miliana).

**BOUZIANE RAHMANI (2006)** : Vulnérabilité à la pollution de la nappe alluviale du Haut Cheliff (application de la méthode « DRASTIC » assistée par le système d'information géographique « SIG ») (mémoire d'ingénieur- Ecole National Supérieur de l'Hydraulique ARBAOUI Abdellah ).

**KAHILA ASMA, ACHOUR KENZA (2008)** : Contribution à l'étude de la qualité des eaux souterraines de la plaine du Haut Cheliff. (rapport du projet de synthèse de licence en système (L.M.D)- Centre universitaire de Khemis Miliana).

**MOHAMMEDI Asma, FELLAHI Khawla** : L'effet de l'ombrage sur le système eau -sol - plante. Cas de la pomme de terre (variété locale) Khemis Miliana 2020/2021

**SARI AHMED (2002)** : Initiation a l'hydrologie de surface « cours ».

**SOUAIKEUR Djaber.** Estimation du risque érosif dans le bassin du haut cheliff. ECOLE NATIONALE SUPRIEURE D'HYDAULIQUE –ARBAOUI ABDELLAH. 2016