



Analyse des tendances pluviométriques dans la ville de Khénifra dans un contexte de variabilité climatique (Rainfall trend analysis in Khenifra city in a context of climate variability)

M. El Ghachi¹, F.Z. Morchid¹

¹*Département de Géographie, Université Sultan Moulay Slimane, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Béni Mellal, Maroc.*

*Corresponding author. E-mail: elghachi_mohamed@yahoo.fr; Tel: (00212669860348)

Résumé

Les inondations ont constitué durant ces dix dernières années un risque majeur pour le territoire national, surtout pour les villes situées au pied de la montagne. La ville de Khénifra est un exemple de ces villes qui connaissent en permanence des inondations; dites parfois catastrophiques (dégâts matériels, pertes en vie humaine); avec une fréquence d'une année sur cinq (F1/5). Il faut reconnaître que la ville de Khénifra est confrontée au risque d'inondation, du fait de sa situation de cuvette, entourée par quatre grandes montagnes et traversée par l'oued Oum Er Rbia; l'un des fleuves les plus importants du Maroc; et ses affluents (9 Châabats) et vue son climat favorable (hiver humide et orages en été). Ce phénomène est certainement lié à l'augmentation des entrées pluviométriques sur l'ensemble de la ville, ce qui provoque le débordement des eaux de l'oued Oum Er Rbia et le ruissellement des châabats. La présente étude consiste à analyser les variations des événements pluvieux à travers une analyse statistique des données pluviométriques de la station de Tarhat pour une chronique de 27 ans (1985-2011). L'objectif principal est d'extraire l'ensemble des informations qui peuvent nous renseigner sur les caractéristiques pluviométriques de cette période, de déterminer les tendances pluviométriques, d'extraire les variabilités pluviométriques, d'identifier les extrêmes pluviométriques qui sont à l'origine de toutes les catastrophes qui se sont produites dans la ville de Khénifra et de définir le rôle des hauteurs pluviométriques, pour apporter des explications concernant les inondations que connaît la ville.

Mots clés : Maroc – Khénifra – Variabilités pluviométriques – Analyse des tendances – Inondations.

Abstract

The floods have made over the past ten years a major threat to the country, especially in the towns at the foot of the mountain. City Khénifra is an example of the cities that are constantly flooding, sometimes called catastrophic (damage, loss of life) with a frequency of one year to five (F1/5). Admittedly City Khénifra faces the risk of flooding due to its bowl situation, surrounded by four big mountains and crossed by the Oum Er Rbia; one of the most important rivers of Morocco; and its tributaries (9 châabats) and for its favorable climate (wet winter and thunderstorms in summer). This is certainly linked to the increase in rainfall inputs throughout the city, causing the water overflow the Oum Er Rbia and runoff châabats. This study is to analyze the variations of rainfall events through a statistical analysis of rainfall data of Tarhat station for chronic 27 years (1985-2011). The main objective is to extract all the information that can inform us about the rainfall characteristics of this period, to determine rainfall patterns, extract rainfall variability, identify rainfall extremes that are the source of all the disasters that have occurred in the city of Khénifra and define the role of rainfall amounts, to provide explanations for the floods that knowledge.

Keywords: Morocco – Khenifra – Variability rainfall - Trend Analysis – Floods.

1. Introduction

Du fait de sa situation en position de cuvette et entre quatre grandes montagnes et surtout au cœur d'un espace central, considéré comme le château d'eau du Maroc avec un oued et ses nombreux affluents, la ville de Khénifra est soumise à des risques d'inondations. La ville de Khénifra est traversée par l'oued Oum Er-Rbia et des chaâbats qui présentent pour elle un danger réel. Et malgré les efforts effectués pour lutter contre le risque d'inondation, la ville de Khénifra a connu des inondations catastrophiques engendrant des dégâts matériels et des pertes en vie humaine (exemples : Décembre 2003 : crue d'hiver, Février et mars 2010 : crue du printemps qui s'étale sur deux mois, Aout 2011 : crue d'été, lié à un orage et seulement un jour pluvieux provoque une inondation catastrophique), pour cette raison on a opté de travailler sur cette problématique que connaît la ville de Khénifra. Vu le manque des données des débits au niveau des chaâbats, nous ne pouvons pas extraire les débits responsables des inondations, pour cela nous proposons de déterminer les tendances climatiques, d'extraire les variabilités pluviométriques, d'identifier les extrêmes pluviométriques qui sont à l'origine de toutes les catastrophes qui se sont produites dans la ville de Khénifra et de définir le rôle des hauteurs pluviométriques, pour apporter des explications concernant les inondations que connaît la ville [1]. Nous avons utilisé les données de la station Tarhat, qui est la seule station située dans le Haut et Moyen Oum Er Rbia et la plus proche de la ville de Khénifra. La période utilisée s'étend de l'année 1985 jusqu'à l'année 2011.

2. Présentation du domaine de l'étude

La ville de Khénifra appartient à la région de Meknès-Tafilalt; elle est le chef lieu de la province de Khénifra qui s'inscrit à la fois dans la dépression orientale du Plateau Central, et le Moyen Atlas (Fig. 1).

La ville de Khénifra est située au pied du Moyen Atlas à 47 Km des sources d'Oum Er Rbia et elle couvre une superficie de 1062 ha. Elle est traversée par la route nationale n°8 à 160 Km de Fès, 150 km de Béni Mellal, et à 350 Km de Marrakech.

La ville de Khénifra est traversée par l'Oued Oum Rbia du Nord au Sud. Plusieurs chaâbats (10 chaâbats) déversent sur la ville, la traversent pour se jeter dans l'oued. Ces chaâbats drainent les bassins versants de Jbel Ba Moussa à l'Ouest et Akellal à l'Est. Ces zones montagneuses sont caractérisées par des précipitations journalières importantes et des pentes élevées. Même si les superficies des bassins versants ne sont pas grandes, elles réagissent rapidement et provoquent des inondations [2, 3, 4].

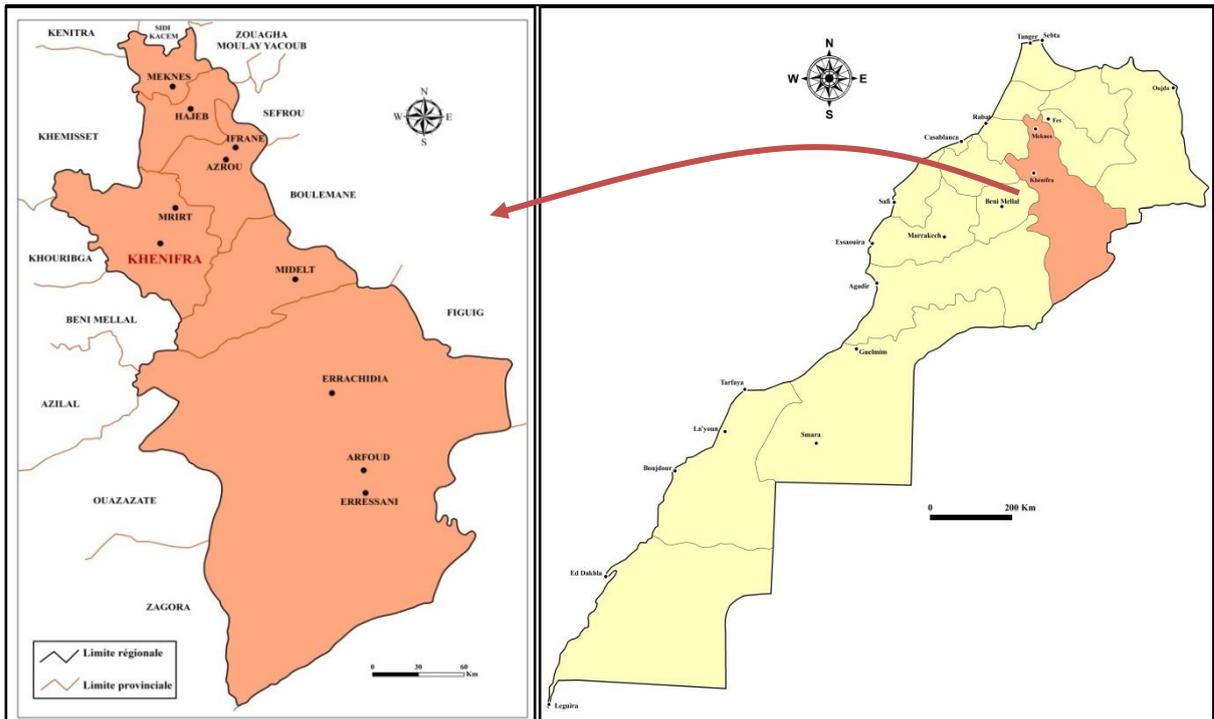
La ville de Khénifra est une ville située au pied du Moyen Atlas marocain, le climat est continental ce qui influe sur les amplitudes thermiques saisonnières, voire journalières. À un hiver rigoureux succède un été chaud. La pluviométrie varie selon les régions entre 400 et 700 mm/an en moyenne.

La ville de Khénifra, située à une altitude assez élevée, a un climat continental, froid en hiver et chaud et sec en été. Les pluies sont assez abondantes. Il en est de même des orages qui sont assez fréquents, en occasionnant des dégâts sérieux. Ce climat a connu depuis les années quatre-vingt une certaines perturbations. La carte de la figure 2 été extraite d'une carte de répartition spatiale des précipitations à l'échelle du Moyen Atlas produite en procédant à des extrapolations et des corrections diverses pour arriver à établir une carte des précipitations annuelles.

En termes des résultats, nous constatons que la partie amont du Bassin Oum Erbia (Fig. 2) est bien arrosée par rapport à l'ensemble du bassin.

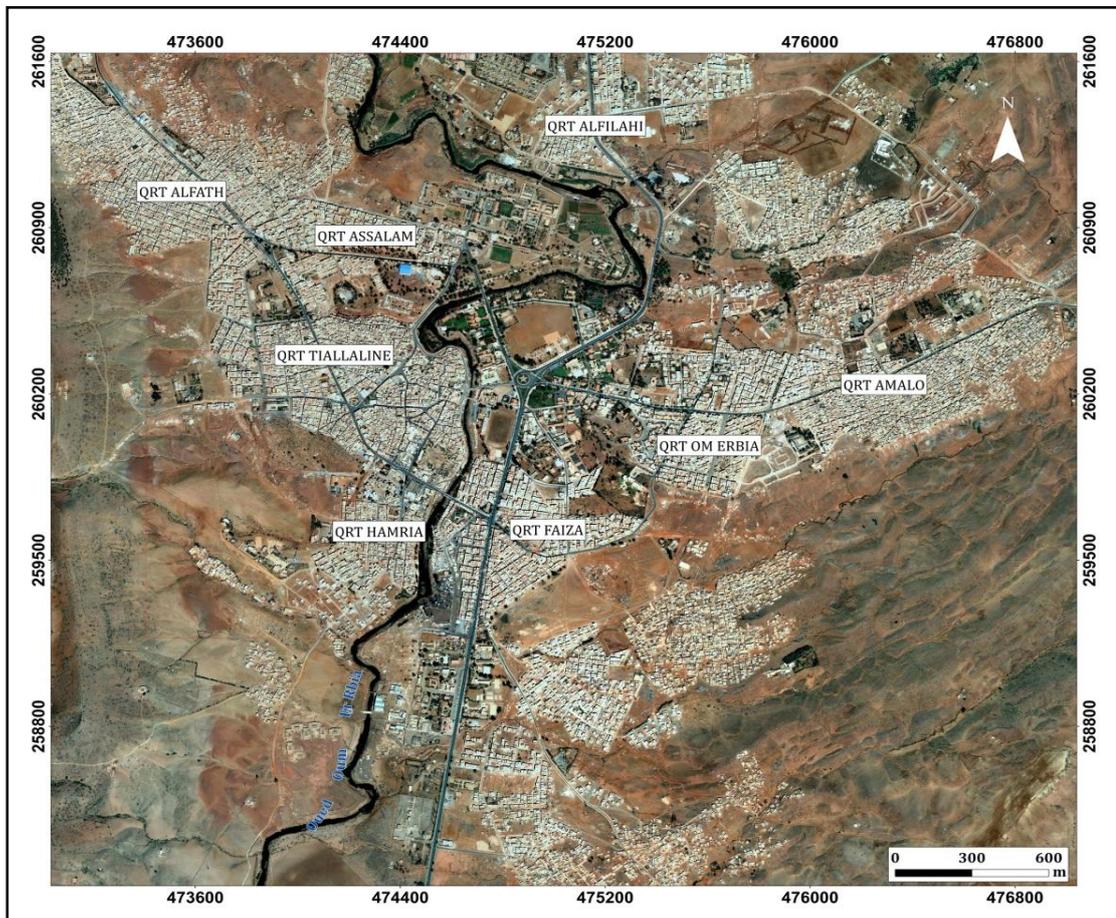
3. Méthodologie

Pour définir précisément les caractéristiques statistiques de la chronique étudiée (1985-2011) de la station Tarhat, nous appliquerons une série de tests statistiques [6, 7] permettant d'identifier les différentes situations extrêmes qu'a connu la ville lors de cette chronique, ainsi d'extraire l'ensemble des informations qui peuvent nous renseigner sur les caractéristiques climatiques de cette période [3, 4]. Nous avons traité les données des précipitations enregistrées au niveau de la station Tarhat à l'échelle annuelle, mensuelle, saisonnière et journalière, par Excel pour extraire les différentes graphiques représentatifs et les analyser par la suite [4]. Ainsi nous avons fait une analyse fréquentielle des précipitations à l'échelle annuelle et journalière [1, 9], un calcul des périodes de retour [10,11], une extraction des jours pluvieux et nous avons aussi déterminé les pluies exceptionnelles [5, 7].



Situation de la province de Khénifra

Situation de la Région Meknès-Tafilalt par rapport au Royaume du Maroc



La ville de Khénifra (image Google Earth 2007)

Figure 1 : localisation de la ville de Khénifra à l'échelle nationale et régionale

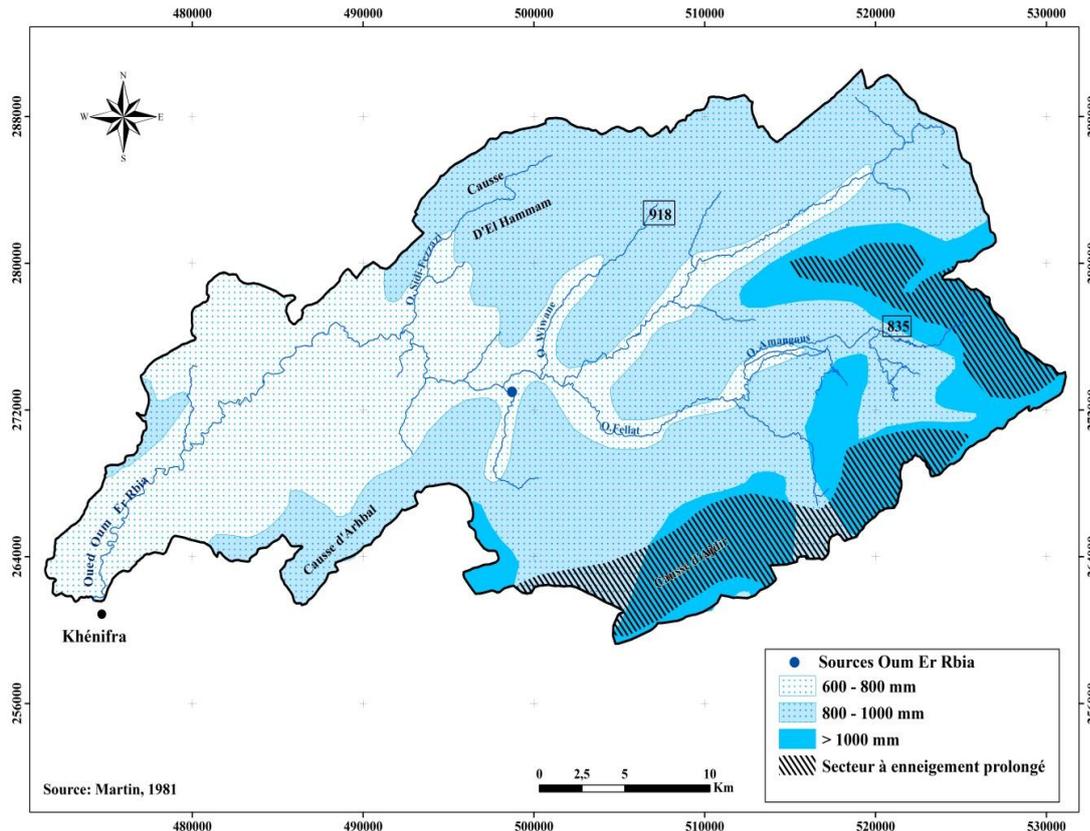


Figure 2 : spatialisation des précipitations dans le bassin versant amont d'Oum Erbia (Martin. J, 1981)

3.1 Analyse statistique des précipitations enregistrées à l'échelle annuelle, mensuelle, saisonnière et journalière

- Analyse des apports pluviométriques annuels ;
- Les entrées pluviométriques à l'échelle mensuelle ;
- Identification des hauteurs maximums des précipitations mensuelles ;
- Traitement des variations saisonnières des précipitations moyennes ;
- Analyse des précipitations à l'échelle journalière ;
- Extraction des pluies maximums journalières ;
- Apparition des hauteurs pluviométriques journalières.

3.2 Analyse fréquentielle des précipitations annuelles et journalières

L'analyse fréquentielle est une méthode statistique de prédiction consistant à étudier les événements passés, caractéristiques d'un processus donné (climatique ou autre), afin d'en définir les probabilités d'apparition future [5]. Quant à nous, nous allons faire une analyse fréquentielle des hauteurs pluviométriques annuelles pour la période 1985-2011, afin de déterminer la répartition de ces hauteurs sur la chronique et leur apparition. Plusieurs lois ont été testées pour déterminer celle qui s'ajuste au mieux avec les valeurs pluviométriques de la station Tarhat pour la période 1985-2011. Après plusieurs tests, c'est la loi Gumbel et la loi Ln- Normale qui sont les plus adaptées aux précipitations annuelles de la station Tarhat à Khénifra. D'un point de vue méthodologique, cette étude fréquentielle caractéristique passe d'abord par l'arrangement des valeurs de pluies par ordre croissant en donnant à chaque variable son rang dans la série. Ensuite nous calculerons les fréquences empirielles à partir de la formule suivante :

$$F = (r - 0.3) / (N + 0.4)$$

Avec : r : le rang de chaque valeur. N : l'effectif de l'échantillon

Enfin nous cherchons les logs de ces valeurs calculées. Les résultats obtenus sont présentés dans les figures n°5 et n°14.

3.3 Calcul des périodes de retour des précipitations annuelles

La période de retour, ou temps de retour [12] caractérise le temps statistique entre deux occurrences d'un événement naturel d'une intensité donnée. Ce terme est très utilisé pour caractériser les risques naturels. Le calcul des fréquences d'apparition des pluies annuelles avec la loi Ln-Normal fournit des indications intéressantes pour les gestionnaires de l'aménagement [6].

3.4 Extraction des jours pluvieux

L'objectif de ce test est de déterminer le nombre de jours pluvieux dans la station Tarhat pour la même période (1985-2011), qui sont responsables des différentes catastrophes liées à un excès d'eau [4, 7].

3.5 Détermination des pluies exceptionnelles

Il s'agit de déterminer à partir de quelle hauteur pluviométrique nous pouvons considérer que la ville de Khénifra est sous des pluies exceptionnelles qui peuvent déclencher des inondations [11].

4. Résultats

Nous proposons d'analyser le climat les précipitations de la ville de Khénifra pour une chronique de 27 ans (1985-2011). L'objectif principal est de déterminer les tendances climatiques, d'extraire les variabilités pluviométriques et thermiques, d'identifier les extrêmes pluviométriques qui sont à l'origine de toutes les catastrophes qui se sont produites dans la ville de Khénifra et de définir le rôle des hauteurs pluviométriques, pour apporter des explications concernant les inondations que connaît la ville.

4.1 Analyse des apports pluviométriques annuels

4.1.1 Mise au point des caractéristiques pluviométriques

Les précipitations annuelles connaissent une forte variabilité, l'écart entre le maximum (1243,4 mm) et le minimum (262,7 mm) atteint les 980,7 mm, ce qui explique le grand contraste pluviométrique (Fig. 3).

L'analyse montre que les apports pluviométriques maximums se situent dans les années 1996, 1997, 2002, 2009 et 2010 (Fig. 4). Le maximum de ces valeurs pluviométriques atteints les 377,7 mm enregistrés en 1996.

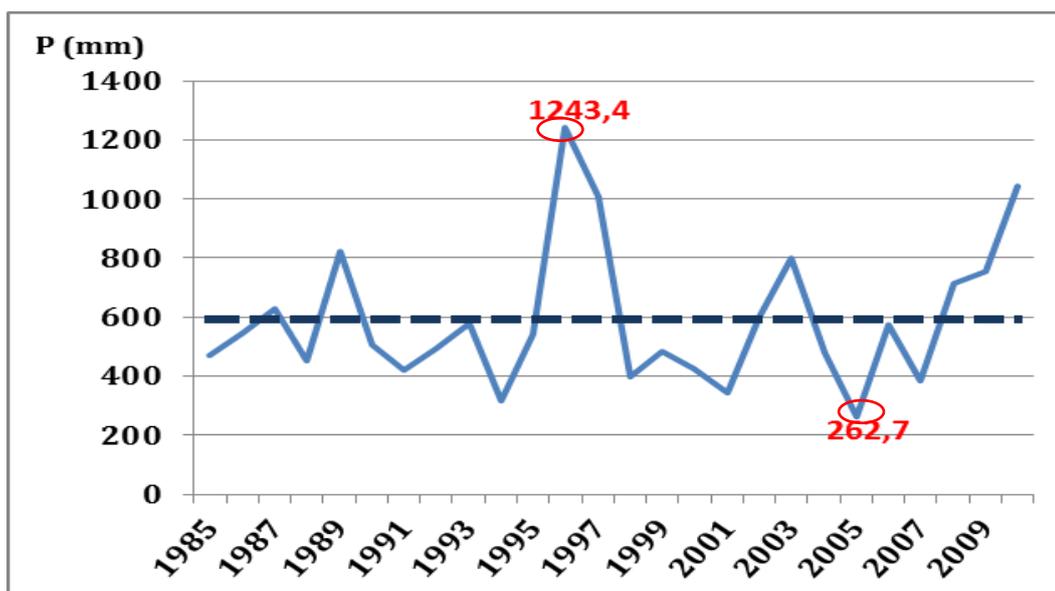


Figure 3: Précipitations annuelles de la station Tarhat par rapport à la moyenne (1985-2011)

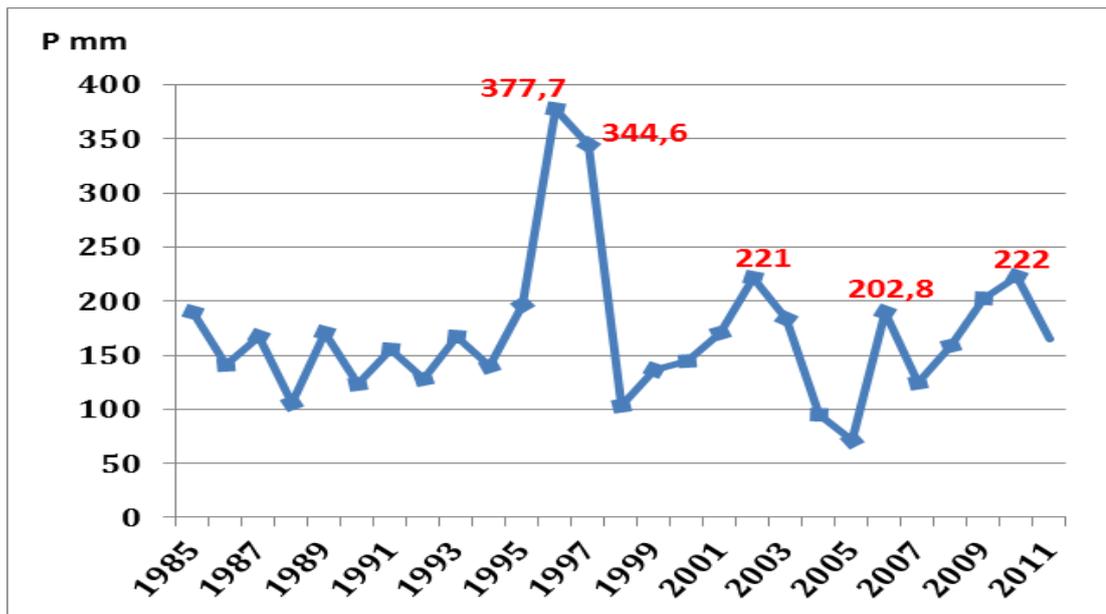


Figure n°4 : les maximums des précipitations annuelles de la station Tarhat (1985-2011)

4.1.2 Analyse fréquentielle des précipitations annuelles de la station Tarhat (1985-2011)

Selon cette répartition des précipitations annuelles à la loi Gumbel, nous constatons une organisation des hauteurs pluviométriques en trois paquets (Fig. 5) :

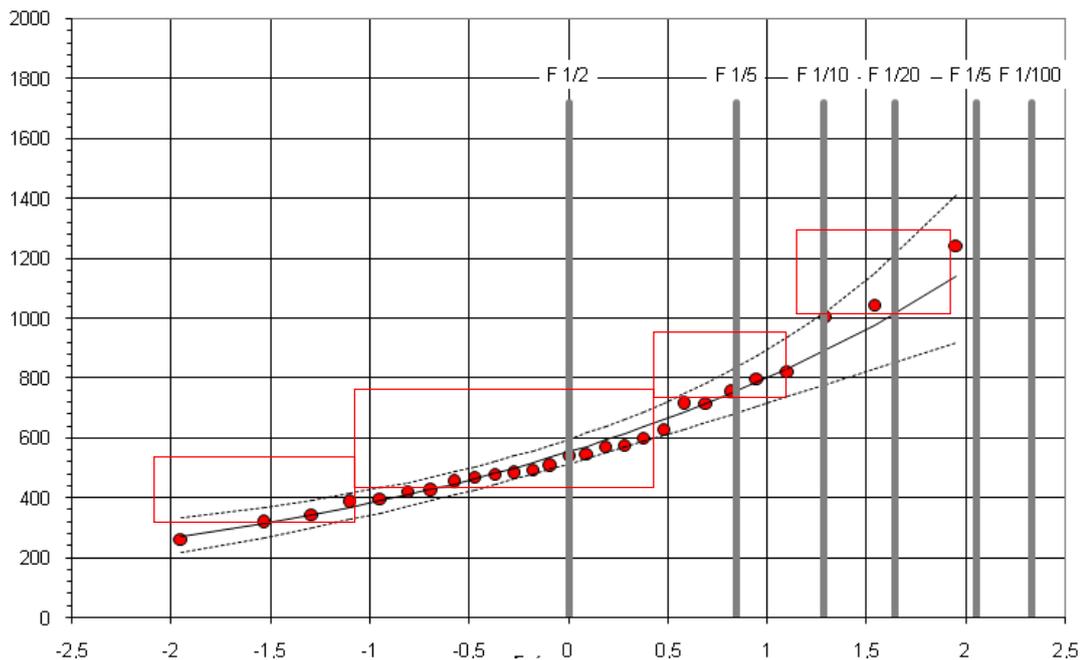


Figure 5: Ajustement des précipitations de Tarhat à la loi In-Normal 1985-2011

L'ajustement des hauteurs pluviométriques à la loi Ln-Normal donne l'apparition de quatre paquets :

- ✓ 1^{er} paquet regroupe 3 années qui sont les plus humides (1996, 1997 et 2010) caractérisées par des valeurs pluviométriques très fortes.
- ✓ 2^{ème} paquet se compose de 5 années (1989, 2003, 2009, 2011 et 2008), caractérisées par des hauteurs pluviométriques fortes.
- ✓ 3^{ème} paquet regroupe 15 années, caractérisées par des précipitations maximums moyennes.
- ✓ 4^{ème} paquet se compose de 4 ans, ce sont des années de pluviométrie faible.

4.1.3 Calcul des périodes de retour des précipitations annuelles de la station Tarhat (1985-20011)

D'après (Tab. 1) les valeurs obtenues, on note que la moyenne de la période 1985–2011 (592,7mm) correspond à une fréquence 1/2 (Tab.1). La valeur la plus faible de la chronique (262,7 mm, 2005) correspond à une fréquence de 1/50.

Tableau 1 : périodes de retour pour les précipitations de la station de Tarhat selon la loi ln-Normal 1985-2011

Fréquence	Vers le sec				1/2	Vers l'humide			
	1/50	1/20	1/10	1/5		1/5	1/10	1/20	1/50
Période de retour	50ans	20ans	10ans	5ans	2ans	5ans	10ans	20ans	50ans
Station Tarhat	262,7	318,2	344,7	396,4	592,7	752,4	821	1043,3	1243,4

La valeur maximum (1243,4 mm, 1996) correspond à une fréquence de 1/50. L'écart pluviométrique entre une année humide de fréquence 1/5 et une année sèche de même fréquence atteint 356 mm et il augmente avec les autres fréquences.

Donc pour les inondations qui sont déclenchées par des précipitations moyennes (592,7 mm), il faut noter qu'elles vont apparaître tous les deux ans.

4.2 Les entrées pluviométriques à l'échelle mensuelle

Le but de cette analyse est d'avoir une idée sur la distribution des pluies à l'échelle mensuelle. En effet la variation mensuelle des pluies permet de mieux comprendre la répartition temporelle des entrées du bassin amont d'Om Erbia.

4.2.1 Le régime pluviométrique à la station Tarhat, 1985-2011

L'analyse de la figure ci-dessous (Fig. 6) met en évidence une forte variabilité pluviométrique mensuelle. En effet, on peut classer deux périodes distinctes qui contrastent fortement en termes de précipitations.

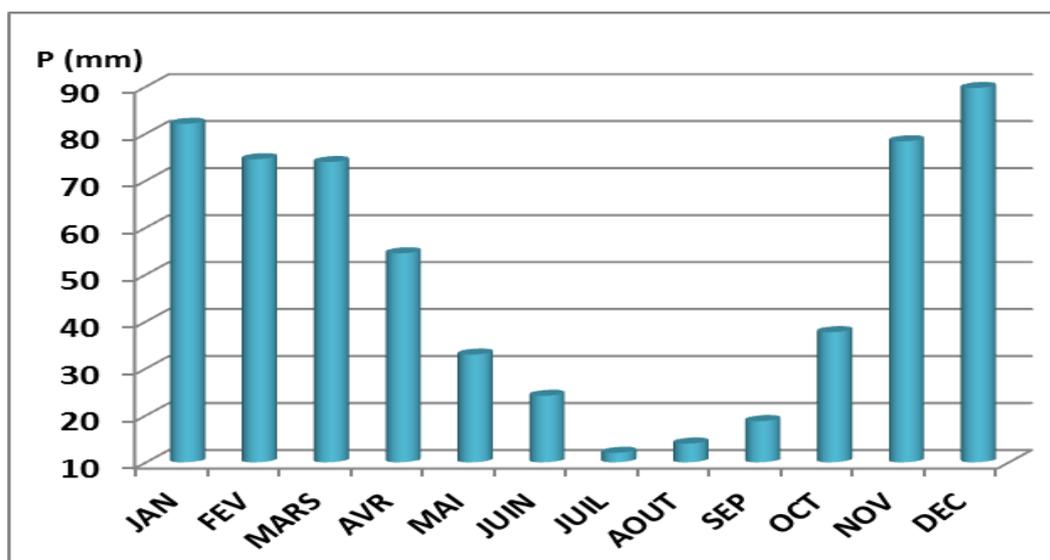


Figure n°6 : les précipitations moyennes mensuelles à la station Tarhat (1985-2011)

-Période Octobre - Mai : C'est la période où la pluviométrie locale est la plus forte (89,7 mm en moyenne mensuelle pour le mois Décembre (1985-2011), c'est presque toujours le mois le plus pluvieux), ce qui entraîne un stockage majoritaire des précipitations sous forme de neige.

-Période Juin-Septembre : Les précipitations y sont beaucoup plus faibles que lors de deux autres périodes (18,8 mm pour le mois Septembre, 1985-2011), comme elles peuvent être nulles (0 mm, par exemple : Juillet 1988, 1997, 2011). Au cours de cette période les précipitations sont essentiellement dues à des phénomènes orageux locaux.

4.2.2 Le coefficient mensuel de la précipitation (CMP)

Le coefficient mensuel de la précipitation nous permet de faire un découpage pour déterminer la période hivernale et estivale [7]. Il est le rapport des valeurs mensuelles sur la moyenne de la chronique (Tab. 2).

Tableau 2 : les valeurs du coefficient mensuel des précipitations de Tarhat 1985-2011

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre
MP	0,14	0,13	0,13	0,09	0,06	0,04	0,02	0,02	0,03	0,06	0,13

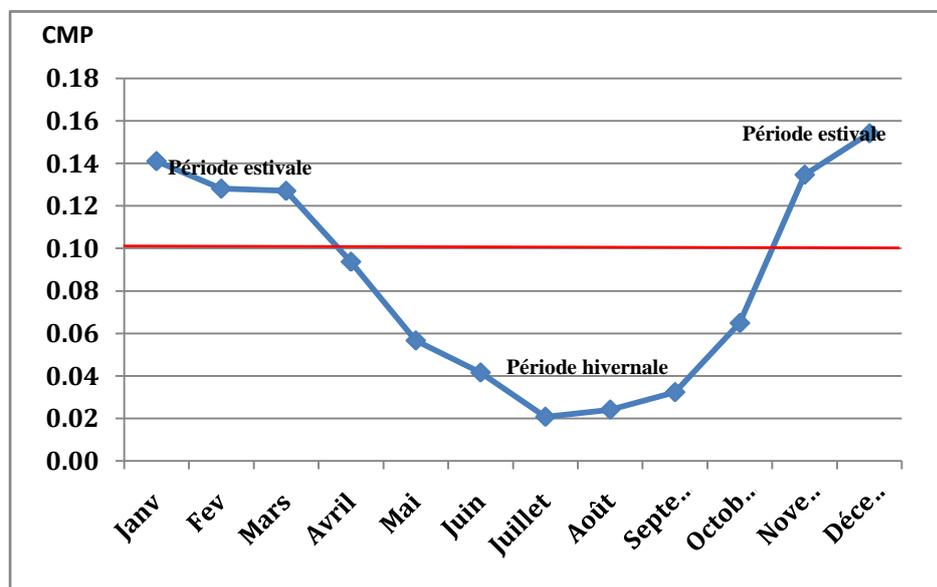


Figure 7 : Coefficient mensuel des précipitations de Tarhat, 1985-2011

L'analyse de la figure 7 montre l'existence de deux périodes par rapport à la valeur de référence (0.1) :

- La période hivernale : elle est la plus arrosée qui démarre en novembre jusqu'au mois de mars.
- La période des faibles précipitations qui se situe pendant la période estivale, elle commence en avril jusqu'au mois d'octobre.

4.2.3 Identification des hauteurs maximums des précipitations mensuelles à la station Tarhat (1985-2011)

L'écart entre le maximum et le minimum atteint les 330,5 mm, ce qui montre clairement le contraste pluviométrique entre l'hiver et l'été (Fig. 8). Ce qui est étonnant, c'est la période estivale qui enregistre des valeurs très intéressantes (91,3 mm en Juin 1996 et 91,8 mm en Juillet 2010) qui sont essentiellement liées au phénomène d'orage que connaît la ville pendant cette période.

4.3 Traitement des variations saisonnières des précipitations moyennes à la station Tarhat, 1985-2011

L'hiver à la station Tarhat est la saison la plus pluvieuse (Fig. 9). Et on note une grande différence entre le printemps et l'automne, et que l'été a enregistré aussi une valeur importante (76,77 mm, 1985-2011) liée essentiellement aux orages.

Les précipitations sont présentées durant toute l'année, ce qui explique le caractère inondable de la ville de Khénifra même pendant la période estivale.

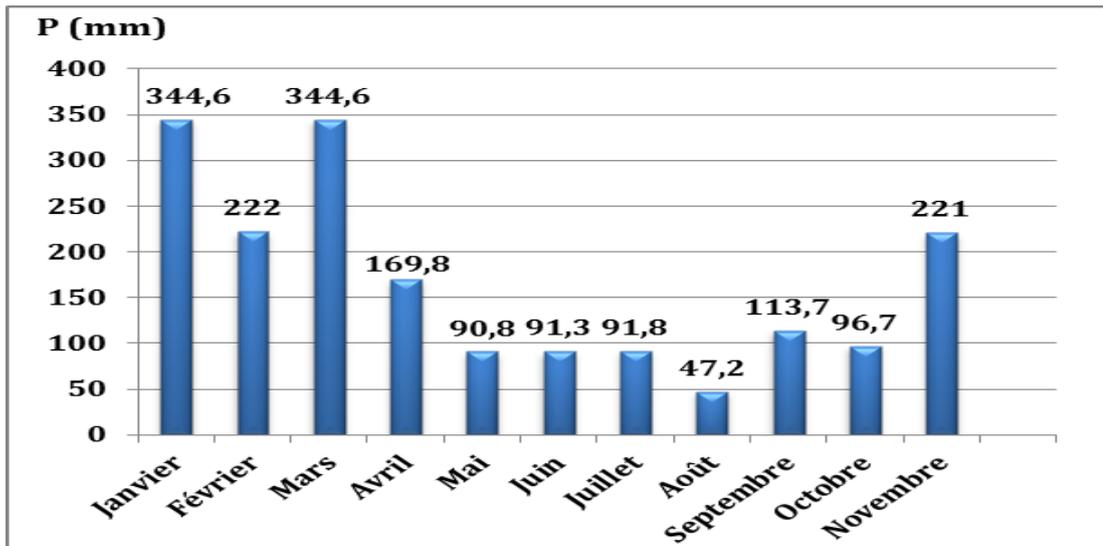


Figure n°8 : Les maxima des précipitations mensuelles de la station Tarhat 1985-2011

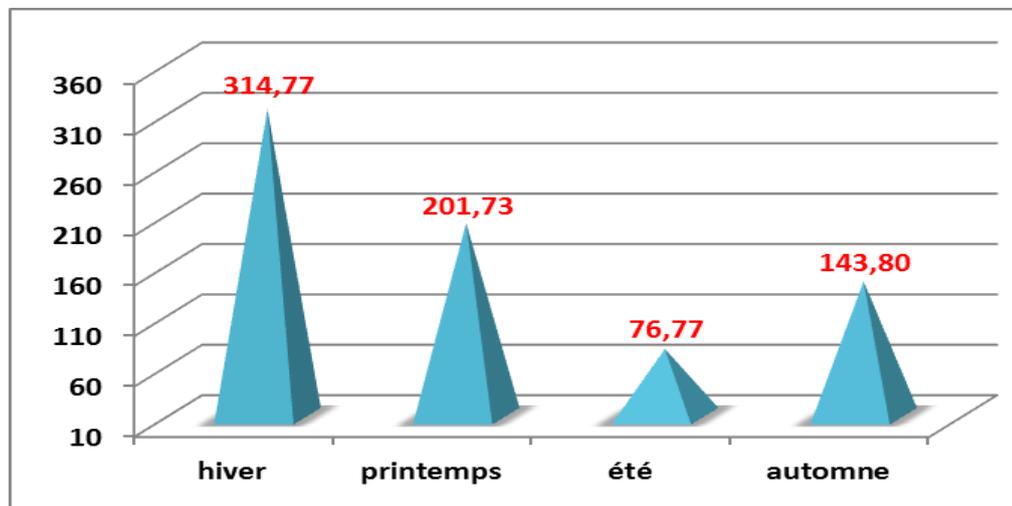


Figure n°9 : Distribution des précipitations moyennes à l'échelle saisonnière de la station Tarhat 1985-2011

4.4 Analyse des précipitations à l'échelle journalière

L'objectif principal de cette analyse est de faire une mise au point sur les caractéristiques des hauteurs pluviométriques journalières et d'évaluer leur intensité.

4.4.1 Extraction des pluies maximums journalières de la station Tarhat

Le but est d'extraire les pluies maximums journalières, de déterminer leurs apparitions et ensuite de réaliser une analyse fréquentielle afin de déterminer enfin les pluies exceptionnelles de la station de Tarhat et d'extraire les épisodes pluvieux de la chronique étudiée [8].

L'analyse des précipitations journalières de la station Tarhat pour cette chronique (Fig. 10), montre une irrégularité interannuelle caractérisée par une forte variabilité au niveau des hauteurs pluviométriques enregistrées [9]. En termes de résultats, on doit noter les écarts significatifs entre les précipitations maximums journalières enregistrées à la station. Si le maximum atteint les 71,5 mm en 2002, il existe des maxima qui n'atteignent même pas les 30 mm en 1991, 2004, 2005 et 2006 qui ont un caractère sec.

4.4.2 Apparition des hauteurs pluviométriques journalières

Contrairement aux maxima mensuels qui apparaissent en décembre, les maxima journaliers apparaissent en Novembre (71,5 mm). Les mois de juin et juillet connaissent aussi des valeurs très importantes essentiellement liées aux orages (Fig. 11).

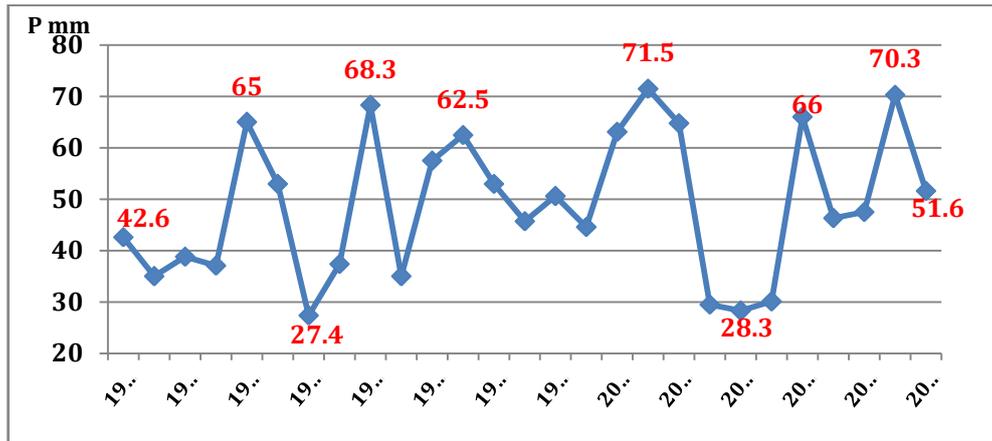


Figure 10: Les maximums des précipitations journalières, de la station Tarhat 1985-2011

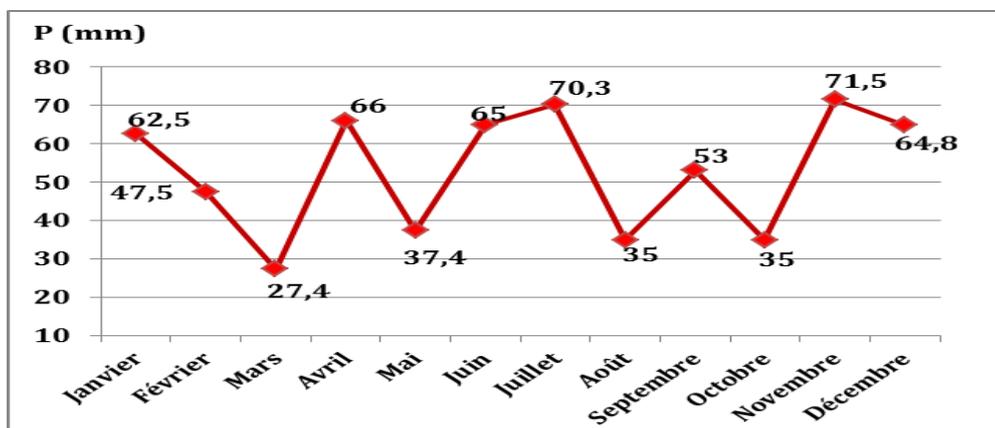


Figure 11: Les précipitations journalières maximums à Tarhat 1985-2011

Si l'apparition de ces hauteurs maximums en Novembre est tout à fait normale, ce qui est surprenant c'est le mois d'avril qui se caractérise aussi par l'apparition de ces hauteurs pluviométriques importantes.

4.4.3 Extraction des jours pluvieux dans la station Tarhat (1985-2011)

Selon la figure 12, le nombre de jours pluvieux se diffère d'une année à l'autre (années humides et années sèches), ce nombre s'élève à 113 jours en 1996 et 107 jours en 2010 (années humides), contre une diminution de 39 jours en 2001 (année sèche).

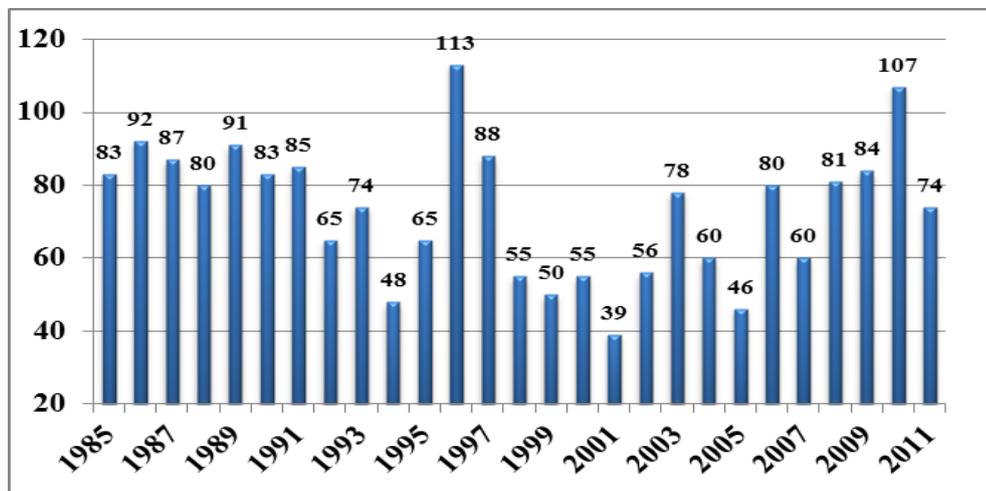


Figure 12: Extraction des jours pluvieux à l'échelle annuelle, station Tarhat (1985-2011)

Il est clair que la variation de ces jours pluvieux montre les probabilités de l'apparition des phénomènes d'inondations.

D'un point de vue statistique (Fig. 13), sur les 27 années, 324 mois ou 9855 jours étudiés, seulement 1/4 des jours sont pluvieux (1979 jours). On note que seulement quatre mois de la chronique étudiée dépassent les 200 jours pluvieux (décembre 233 jrs, février 230 jrs, mars et janvier 207 jrs) et appartiennent à la période hivernale et printanière. La période estivale se caractérise aussi par un nombre assez important de jours pluvieux (112 jours en juin, 90 jrs en août et 77 jrs en juillet).

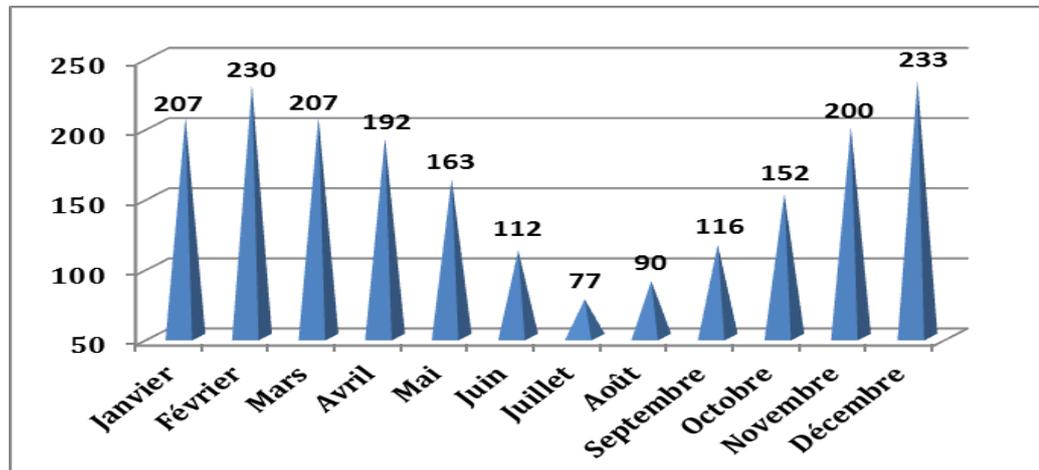


Figure 13: Extraction des jours pluvieux (mensuels) à la station Tarhat, 1985-2011

4.4.4 Analyse fréquentielle des précipitations maximums journalières

A la première lecture de la figure 14, on note une bonne distribution des hauteurs maximums sauf pour les années 1996, 2001, 2002 et 2006 qui se positionnent vers le haut et le bas de la droite.

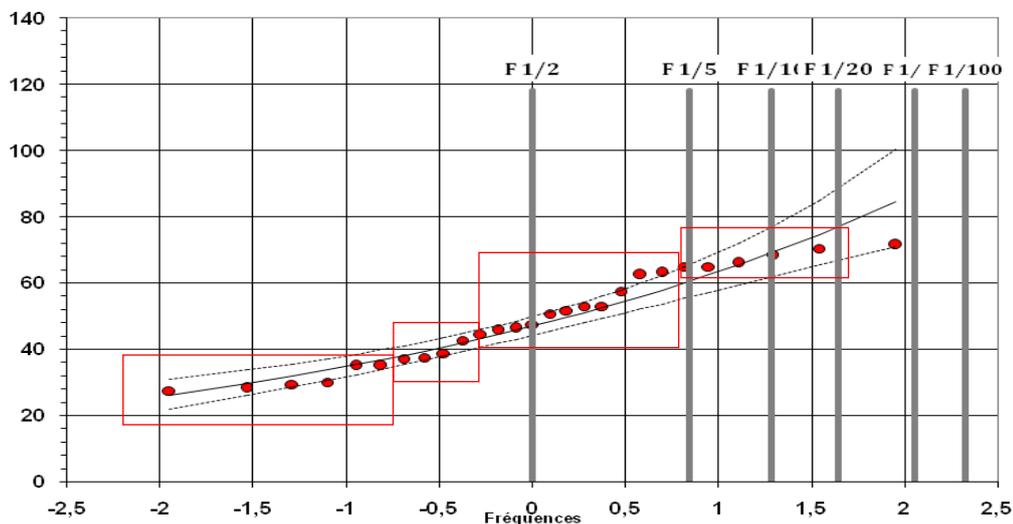


Figure 14: Ajustement des précipitations maximums journalières à la loi ln-Normal

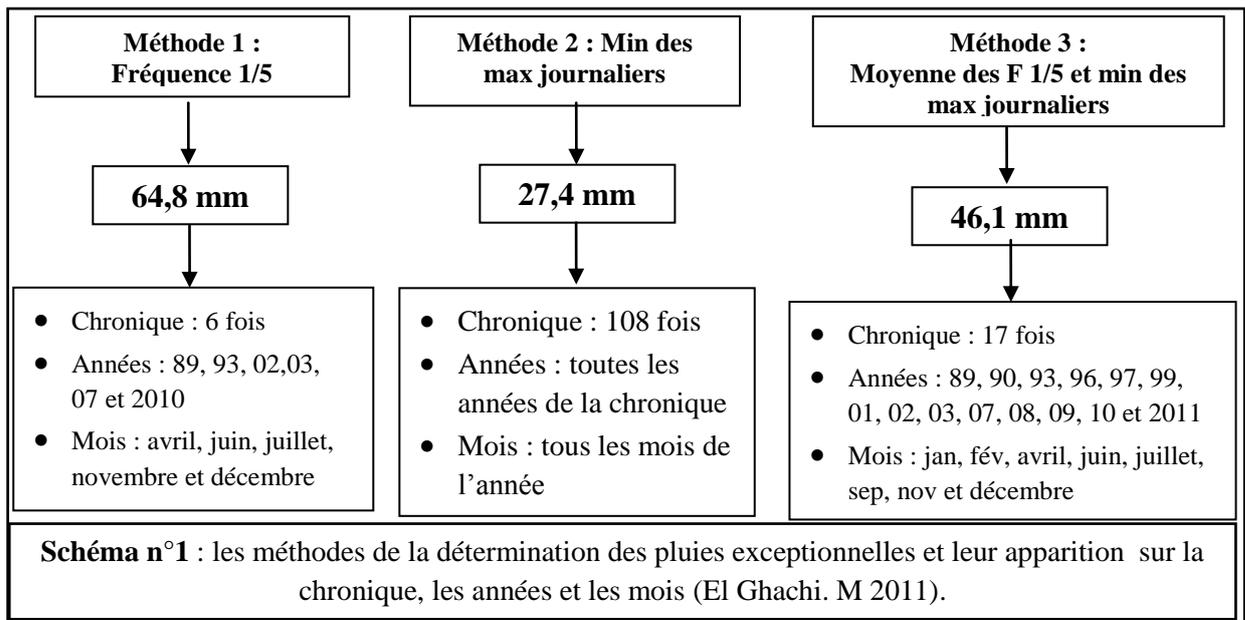
Néanmoins, on peut classer les années ajustées en quatre paquets :

- Le premier paquet se compose de 4 années, caractérisées par des valeurs pluviométriques maximums faibles.
- Le deuxième paquet se compose de 10 années, caractérisées par des hauteurs maximums moyennes faibles.
- Le troisième paquet se compose aussi de 5 années, caractérisées par des précipitations maximums moyennes fortes.
- Le quatrième paquet ne se compose que de 8 années avec des hauteurs pluviométriques très fortes

4.5 Détermination des pluies exceptionnelles de la station Tarhat (1985-2011)

Si nous considérons que 64,8 mm est une valeur des précipitations exceptionnelles, on note seulement 6 fois des précipitations qui sont responsables des inondations (Schéma 1). Hors, lors de notre visite sur le terrain les témoignages confirment l'existence supérieure à 6 fois pour les 27 ans d'étude. Ce qui nous pousse à considérer cette valeur comme P exceptionnelle mais qui est responsable des grandes inondations [7].

Si nous retenons la valeur de la deuxième méthode 27,4 mm, nous constatons que cette valeur apparaît presque pendant toutes les années étudiées, ce qui est encore contradictoire avec les informations recueillies du terrain. Pour cette raison nous prenons cette valeur avec une prudence.



Enfin, si nous prenons la valeur de la troisième méthode correspond à 46,1 mm, son apparition de 17 fois sur 27 et son croisement avec les informations du terrain, nous constatons que c'est la valeur la plus pertinente et qui est responsable de la plupart des phénomènes d'inondations que connaît la ville de Khénifra.

Globalement, toutes ces valeurs restent considérables, mais ce qui paraît très important, c'est de savoir leur impact sur la ville de Khénifra et leurs mois d'apparition puisque ces valeurs en hiver auront plus d'impact qu'en été.

4. Discussion

Dans ce travail, il a été démontré que dans ce nouveau contexte climatique, la ville de khénifra connu une variabilité climatique qui se constate sur les trois niveaux :

A l'échelle temporelle, l'analyse des précipitations annuelles de la station Tarhat pour la période 1985-2011 montre une irrégularité temporelle qui se caractérise par une forte variabilité, donc les précipitations annuelles peuvent varier assez fortement d'une année à l'autre. Aussi l'analyse des hauteurs maximums montrent que les entrées pluviométriques peuvent atteindre des valeurs très significatives, qui peuvent jouer un rôle très important dans la ressource en eaux dans la ville de Khénifra, mais qui peuvent aussi apporter un excès d'eau ce qui favorise la circulation d'eau, ce qui sort de cette analyse, c'est que les valeurs des précipitations maximums, sont toutes supérieures à 100 mm sauf pour deux années (2005 et 2006), ce qui montre l'abondance pluviométrique dans la zone d'étude. Cette abondance pluviométrique contribue à l'apparition du phénomène d'inondation.

Au niveau mensuel et saisonnier, la ville de Khénifra reçoit des précipitations durant toute l'année, avec un hiver plus pluvieux (314,77 mm) et un printemps un peu moins arrosé (210,73 mm), et des orages en été (76,77 mm), ce qui explique le caractère inondable de la ville de Khénifra même pendant la période estivale. Donc, d'après les hauteurs maximums, on note que dans le domaine d'étude l'apparition des phénomènes d'inondations tout au long de l'année est une situation normale voire habituelle.

A l'échelle journalière, la station Tarhat a enregistré des précipitations maximums significatives, qui peuvent atteindre parfois les 71,5 mm. Ces valeurs journalières qui paraissent importantes sont à l'origine de la ressource en eau et aussi des catastrophes d'inondations, lorsque ces valeurs arrivent ou dépassent les valeurs des pluies exceptionnelles (64,8 mm, 46,1 mm ou 27.4 mm), et quand il pleut à torrent.

Les hauteurs pluviométriques qui atteignent les 70 mm qui vont s'abattre sur la ville de Khénifra pendant la période hivernale après une saturation des sols, auront des conséquences parfois dramatiques puisque elles vont accélérer le processus d'érosion et favoriser les inondations de l'oued Oum Er Rbia et des chaâbats.

Conclusion

Cette étude climatique est très importante, puisqu'elle a permis de caractériser le climat de la ville de Khénifra avec ses variations spatio-temporelles, et de montrer les écarts qui peuvent se produire entre une année humide caractérisée par un excès d'eau, et une année sèche dominée par un déficit d'eau.

Du fait du climat qui règne dans la ville de Khénifra, de sa situation de cuvette et l'existence de l'oued Oum Er Rbia qui la traverse du nord au sud et les châabats situées sur les deux côtés de l'oued, la période hivernale présente des conditions favorables pour les inondations, ainsi que les orages de l'été.

Références

1. Agence du Bassin Hydraulique de l'Oum Er Rbia, *Etude de Protection contre les inondations, étude hydraulique et propositions d'aménagement. Rapport d'étude* (2002) 51p.
2. Agence du Bassin Hydraulique de l'Oum Er Rbia, *Etude de délimitation des zones Inondables dans les provinces de Khénifra et Midelt, rapport d'étude* (2010) 35p.
3. Alison Theobald, Hamish McGowan, Johanna Speirs., *Trends in synoptic circulation and precipitation in the Snowy Mountains region, Australia, in the period 1958–2012. Atmospheric Research*, 169, Part B, (2016) 434-448.
4. Adrianos Retalis, Dimitrios Katsanos, Silas Michaelides., *Precipitation climatology over the Mediterranean Basin — Validation over Cyprus. Atmospheric Research*, 169, Part B, (2016) 449-458
5. Baazi H., Akakba A., Khentouche A., Haoues Ch., Kalla M., Derias T., *1st Internat. Symp. On Petroleum and Geological Ressources in the Tethys Realm, Cairo University, Giza, Egypt* (2001).
6. Boukhari K., Er-Rouane S., Gouzrou A., *Larhyss Journal* 3 (2004) 49-62.
7. El Ghachi M., Aafir M., Bouberria A., *Analyse des tendances pluviométriques dans la ville de Taza dans un contexte de variabilité climatique, Publications des actes du colloque* (2011) 16.
8. El Ghachi M., Corbonnois J., *Actes du colloque de Fès, Maroc*, (2005) 449-572.
9. Ferguson R., *In: Richards. K. (Ed). River channels. Environment and process. Bassil Blackwell* (1987) 129-158.
10. François D., Gille E., Zumstein J.F., *L'eau, la terre et les hommes. P.U. Nancy* (1993) 137-146.
11. Sachin Patade, Sonali Shete, Neelam Malap, Gayatri Kulkarni, T.V. Prabha., *Observational and simulated cloud microphysical features of rain formation in the mixed phase clouds observed during CAIPEEX*. 169, Part A (2016) 32-45

(2015) ; <http://www.jmaterenvironsci.com>