



République Algérienne Démocratique ET Populaire

Ministre de L'Enseignement Supérieure

ET De La Recherche Scientifique

Université d'Oran 02 Mohamed Ben Ahmed

Faculté Science de La Terre ET L'inverse

Département Géologie

MEMOIRE

Présente pour l'obtention du diplôme de

Master II en GEOLOGIE

Option : Hydrosystème ET Ressources en Eau

*Synthèse sur l'évolution des courbes intensités des pluies
au niveau de l'Afrique septentrionale et de l'ouest*

Présenté par : **BRIKI AHLAM**

Devant le jury composé

BOUZID Rabah	Professeur	Président
SAFA Aissa	Professeur	Examineur
BAKRITI Amal	Professeur	Encadreur

Année 2021/2022

Remerciements

« Tout d'abord nous remercions le Dieu pour le modeste savoir qu'il nous a permis d'acquérir. ». Ces lignes sont consacrées pour exprimer mes remerciements les plus chaleureux et ma reconnaissance la plus profonde.

J'aimerais remercier **Mme BAKHTI** pour m'avoir fait l'honneur de m'encadrer et de m'avoir conseillé, pour ses sages recommandations, et pour sa disponibilité pour toutes les sollicitations, son soutien et ses encouragements. C'est un petit peu difficile d'exprimer mes remerciements et ma reconnaissance en quelques mots ou quelques lignes, merci du fond du cœur !

Tout d'abord, je souhaite m'adresser plus particulièrement aux membres de jury qui ont accepté de juger ce travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Je remercie particulièrement et chaleureusement mes chers parents qui m'ont apportée beaucoup de soutien psychologique et financier, pour leur patience, leur encouragement et leur fierté de moi ... Merci infiniment ! Je remercie aussi ma famille pour son soutien et bien évidemment sans oublier mes frères ***Naimi** et **Ahmed Khatir*** et mes sœurs ***Fatima** et **Siham*** ainsi que mon amie **Fatima Zohra !**

Je tiens également à remercier tous mes enseignants (es) de l'Université d'Oran

Faculté de Sciences de la Terre et de l'Univers, en particulier celles et ceux qui m'ont enseignée et surtout **Mme belkhir. Mr Safa** et **Mr Benali**.

En fin, je termine par remercier les personnels d'administration de FSU pour leurs disponibilités administratives en particulier **Mr.Rafik**, ainsi que les personnels de notre bibliothèque et également l'informaticien **Mr. Nabil**.

Sommaire

Sommaire	
Liste des Figures	
Liste des Tableaux	
Introduction générale	08

CHAPITRE I : Généralités

I. Contexte général de la zone etudie	10
II. 1 Localisation des bassins	11
A. Bassin versant oued Khémis	11
B. Bassin versant Zio	13
I. 2 Synthèse géologique	14
II.2.2.1 Cadre géologique	14
A. Bassin versant oued khemis	14
B. Bassin versant Zio	20
I. 3. Synthés Géomorphologie	20
A. Bassin Versant oued Khémis.....	22
B. Bassin Versant Zio.....	23
I. 4. Aperçu climatologique.....	23
A. Bassin Versant oued Khémis.....	24
B. Bassin Versant Zio.....	25

CHAPITRE II : etude comparative des bassins de l'afrique centrale et du nord a travers les méthodes des intensités des pluies

II-La partie occidentale de l'afrique.....	27
II-1-Analyse climatique des bassins étudiés.....	28
A-1-etude des paramètres climatiques	29
A.1.1- etude de précipitations annuelles, mensuelles et saisonnières :	30
A.1.2 Etude des températures moyennes annuelles et moyennes mensuelles.....	32
Conclusion	33
III. synthèse générale des bassins étudiés.....	34
III.1 présentation de la méthode IDF.....	34
III.5 Synthèse et interprétation des résultats de oued khemis et zio	38
5.1 Mise en œuvre de la methode IDF.....	39
Conclusion :	44

Conclusion générale	45
Références bibliographiques	46
Annexe	49

LISTE DES FIGURES

Figure.1 : Localisation des bassins étudiés.....	10
Figure.2 : Localisation du secteur d'étude et les communes drainées.....	11
Figure.3 : Situation géographique et géologique des Monts de Rhar-Roubane (D'après Marko & Matias, 2012 modifié).....	12
Figure.4 : présentation du TOGO.....	13
Figure5 : Localisation de la zone d'étude.....	14
Figure.6 : Carte structurale schématique des Monts de Rhar-Roubane et des régions voisines. (A) Carte structurale des Mont de Rhar-Roubane avec régions voisines ; (B) carte structural des Monts de Rhar-Roubane.....	15
Figure.7 : Carte géologique de la wilaya de Tlemcen (extrait de la carte géologique d'Algérie, Ech. 1/500 000 ; modifiée).....	16
Figure.8 : Carte structurale de l'Oranie nord –occidentale (Thomas, 1985).....	19
Figure.9 : Cartes géologiques du Togo.....	21
Figure.10 : Géomorphologie du bassin de la Tafna.à gauche carte des pentes (%), à droite topographie du bassin et réseau de thalwegs (in Ba kreti 2014)	22
Figure.11 : Géomorphologie du TOGO.....	22
Figure12 : carte de climat général de deux bassins étudiés.....	24
Figure 13 : représente la partie occidentale de l'afrique.....	27
Figure14 : situation des bassins etudier oued khemis et zio.....	28
Figure15 : carte représente des précipitations et des températures de les zones etudier.....	29
Figure16 : variation des précipitations moyennes annuelles, mensuelles et saisonnières à la station de Zahra durant la période 1990-91 à 2012-13.....	30
Figure17 : Courbe ombrothermique de la station de Kouma-Konda (1981 - 2013)(Source : Données de la station météorologique de Kouma Konda)	31
Figure.18 : Variations des températures moyennes annuelles et mensuelles à la station de Beni Bahdel durant la période 1990-91 à 2012.....	32
Figure.19 : Représentation schématique des courbes IDF.....	35
Figure.20 : Courbe de variable réduite de Gumbel.....	37

Figure.21: Répartition des précipitations en fonction du nombre de jour 1977-1981 et de 1982-1986.....	38
Figure22 : Répartition des précipitations des stations étudiées du Bassin versant de ZIO.....	38
Figure23 : Distribution de Gumbel pour la station d'Oued Khémis.....	39
Figure24 : Distribution de Gumbel pour la station de Tsévié.....	40
Figure25 : Calcul des lames précipitées et des intensités d'oued khemis.....	41
Figure26 : Calcul des lames précipitées ET des intensités	41
Figure.27 : Représentation des courbes IDF et des lames précipitées d'oued khemis.....	42
Figure28 : Représentation des courbes IDF et des lames précipitées de zio.....	42

LISTE DES TABLEAUX

Tableau1 : caractéristique de la station de Zahra et la station de Kouma-Konda.....29

Résumé

Oued Khémis et la rivière Zio sont deux cours d'eau que nous avons choisis dans le but de les comparer à travers les changements climatiques auxquels ils sont exposés et qui peuvent provoquer des catastrophes naturelles. Notamment, les inondations, en raison de l'intensité des précipitations dans les bassins. Nous avons donc dû les étudier à l'aide de la technique intensité-durée Fréquence, qui sont des courbes qui caractérisent les précipitations et représentent les relations entre l'intensité, la durée et la fréquence. Elles sont utilisées dans la conception des systèmes de drainage et la protection des villes contre les inondations Pour cela, nous avons analysé et étudié les précipitations sous forme de graphiques, en fonction du nombre de jours de pluie, puis créé des courbes intensité-durée.

Les mots clés

Précipitations – comparaison – Idf – Tafna – Oued Khemis – Zio – Togo

Abstract

Oued Khémis and the Zio river are two rivers that we have chosen with the aim of comparing them through the climatic changes to which they are exposed and which can cause natural disasters, and the most important of them are floods, due to the intensity of precipitation in the basins. , so we had to study them using the IDF technique, which is an intensity-duration curve Frequency, which are curves that characterize precipitation and represent the relationships between intensity, duration and frequency. They are used in the design of drainage systems and the protection of cities against flooding for this; we analyzed and studied the precipitation in the form of graphs, according to the number of rainy days, and then created intensity-duration curves.

Keywords

Precipitation – comparison – Idf – Tafna – Oued Khemis – Zio – Togo.

Introduction générale.

Les précipitations sont un phénomène naturel avec de grandes fluctuations dans la nature, et c'est le facteur climatique le plus important pour la population et les écosystèmes. Par conséquent, l'intérêt qu'elles suscitent a incité de nombreux scientifiques et chercheurs à mener des recherches approfondies afin de les étudier et de les contrôler dans la meilleure voie dans son cycle et sa modélisation, et à travers laquelle plusieurs sciences ont émergé, dont La science de l'hydrologie, qui traite de l'origine et de la distribution de l'eau dans la nature. Ainsi, une structure hydrologique a été conçue pour éviter les dommages et les risques météorologiques qui conduisent à la démolition, un dysfonctionnement ou une augmentation de la capacité excessive de la structure. Ainsi, dans le cas des infrastructures de gestion des eaux pluviales, les dimensions des différents composants du système (tels que les canalisations, les bassins de stockage, etc.) sont déterminées en fonction de l'intensité de la pluie et de sa période de retour. Elle est souvent exprimée sous la forme de courbes intensité-durée-fréquence obtenues par l'étude statistique enregistrée dans un bassin versant particulier.

Par conséquent, nous avons choisi deux régions pour les étudier et les comparer, à savoir Tlemcen (oued Khemis), qui se caractérise par un climat semi-aride, et le Togo (bassin versant Zio), qui a un climat sub-climatique.

Le but principal de ce travail est de présenter des courbes intensité- durée- fréquence (IDF) des précipitations pour les stations du bassin versant de Zio et oued khemis afin de déterminer les zones où l'intensité de pluie est forte, pour dimensionner les ouvrages de protection et protéger cette région des inondations.

Après l'introduction générale et la conclusion, notre mémoire a été organisé en deux chapitre :

Chapitre 1 : contexte général des zones étudiés

Ce chapitre est réservé à la présentation du bassin versant de Zio et oued khemis dans son localisation, synthèse géologique, aspects géomorphologique et synthèse climatique

Chapitre 2 : etude comparative des bassins de l'afrique centrale et du nord a travers les méthodes des intensités des pluies

Ce chapitre est présenté la partie occidental de l'afrique, faire des analyses climatique pour les bassins etudier et faire la comparaison des intensités des pluies avec la méthode IDF.

Chapitre I

Généralités

I-Contexte général de la zone étudié

Une étude a été faite sur les bassins versants en Afrique du nord exactement dans le sous-bassin de l'oued Khémis, qui appartient à l'oued Tafna dans l'état de Tlemcen qui a été étudié par (BAKRETI, 2004) ainsi qu'en Afrique d'ouest exactement dans le bassin de zio qui appartient au Togo qui a été étudié par (Mme Agbossoumonde Afi Florentine).

Dans ce chapitre, nous exposons plusieurs caractéristiques liées à ces bassins versants notamment :

- Localisation des bassins.
- Synthèse géologique.
- Aspects géomorphologique
- Synthèse climatique.

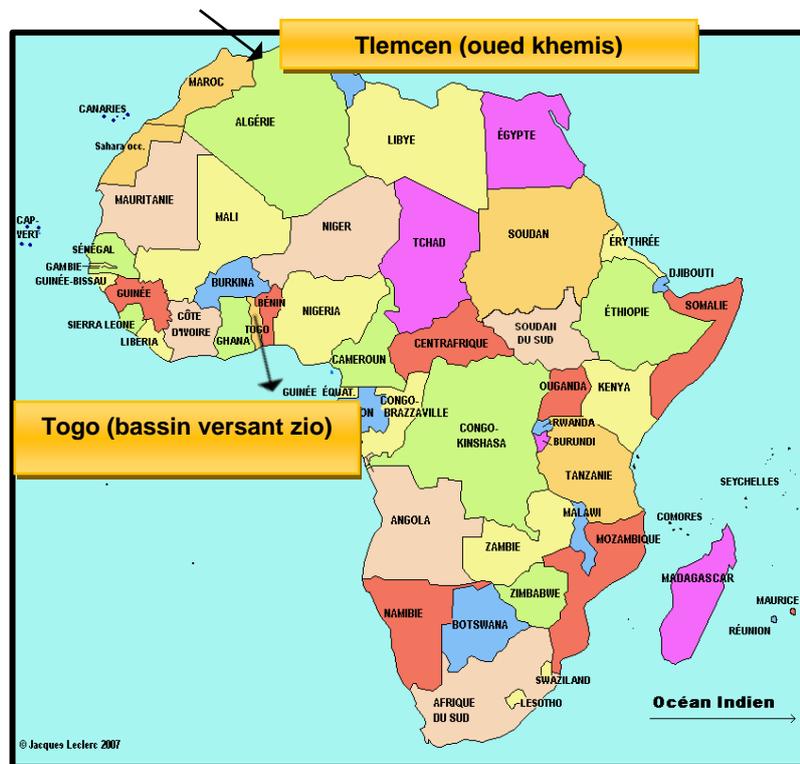


Figure1 : Localisation générale des bassins étudiés

I-1 Localisation des bassins

A- BASSIN VERSANT DE L'OUED KHEMIS

Un vaste bassin versant bien représentatif de l'Ouest algérien comme celui de la Tafna a fait l'objet depuis une décennie d'innombrables études en relation avec l'hydrologie. Situé au Nord-ouest du territoire algérien (**fig.1**), Il couvre une superficie de **7245 km²**.

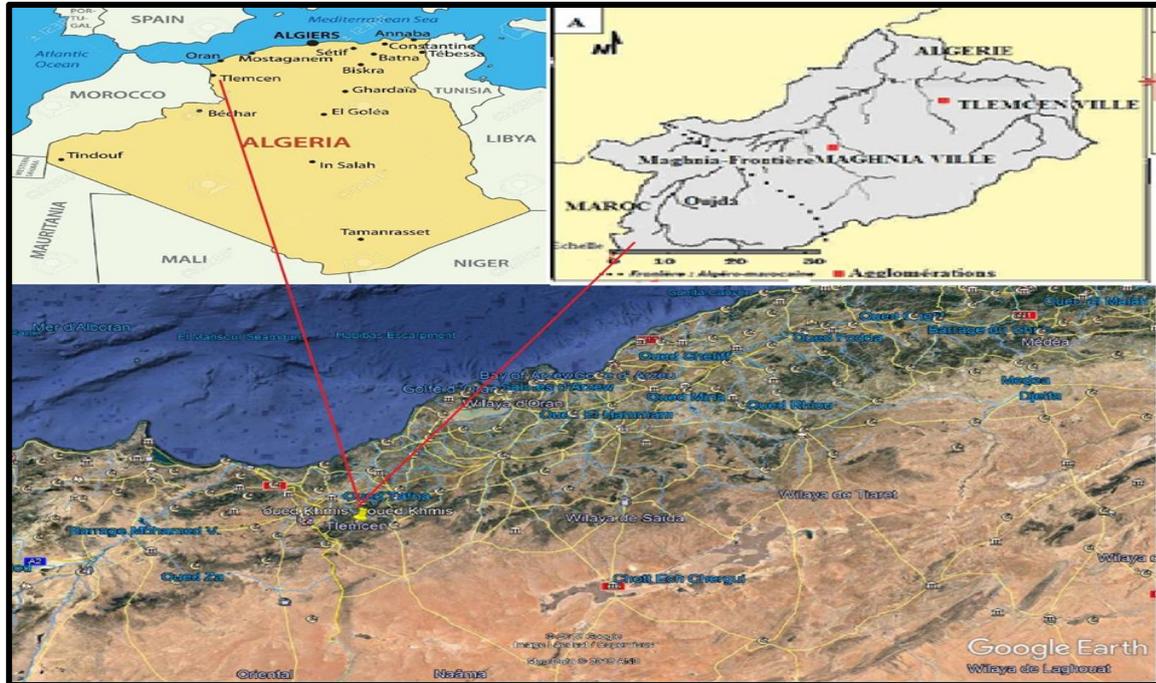


Figure2 : Localisation du secteur d'étude et les communes drainées

Les plaines du bassin de la Tafna s'étendent aux pieds des monts de Tlemcen en avant des massifs des Traras et du Tessala, elles sont entourées de massifs aux reliefs élevés dessinant un édifice régulier formé essentiellement de terrains mésozoïques et cénozoïques (**Hayane, SM, 1983**).

Selon la nouvelle structuration des unités Hydrologiques en Algérie, le bassin versant de la Tafna appartient à l'ensemble de l'Oranie-Chott Cherguis (**fig.2**).

Notre secteur d'étude fait partie de ce grand bassin et se situe au niveau de la région de Khémis. Il représente la rive gauche de la partie dite de la haute Tafna.

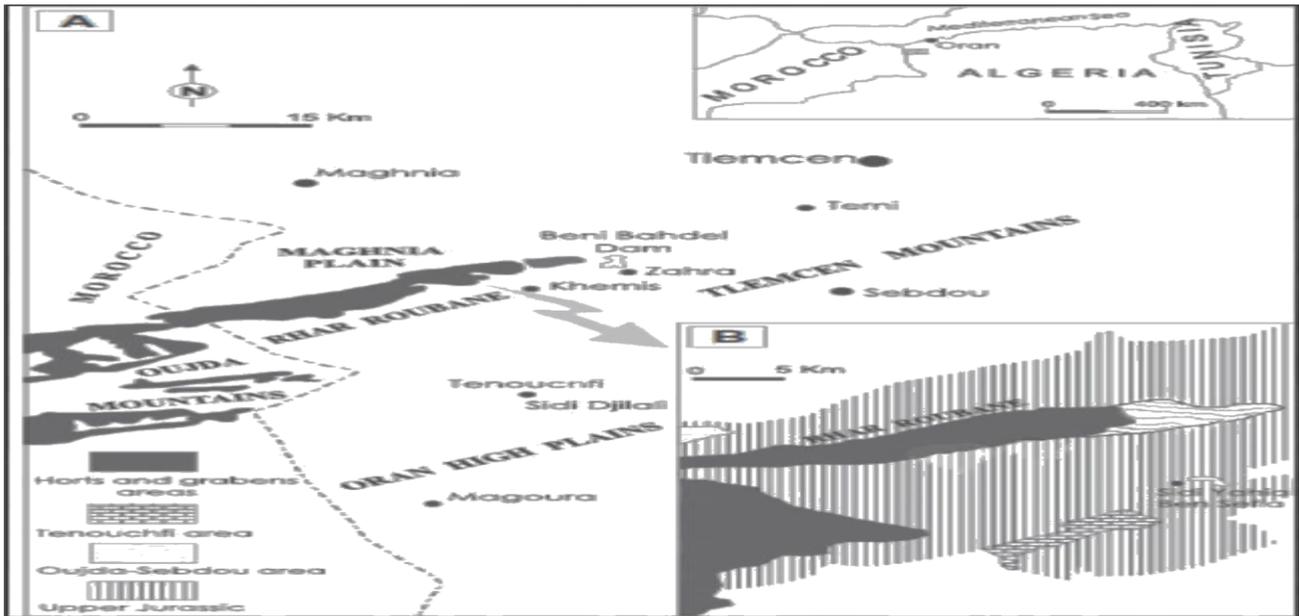
Il est limité par les coordonnées Lambert suivantes :

$$165 \text{ Km} > x > 138 \text{ Km}$$

$$118 \text{ Km} > y > 88 \text{ Km}$$

-L'Oued Khémis prend sa source à une altitude **1700 m**, aux environs du Djebel Dehar Azouj, il coule selon une direction SSW-NNE (**Fig.3**), en atteignant une altitude de **650m** au barrage Beni-Bahdel. Le bassin versant couvre une superficie de **350 km²**, il est limité par :

- 1 - Le Horst de Rhar-Roubane (**1014m**) et Ras-Asfour (**1532m**), à l'Ouest
- 2 -Sidi Medjahed et la plaine de Maghnia, au Nord
- 3 - les Djebels El Rhar (**1523m**), Djebel Herhour et Nif el Ogab (**1467m**), et Guern Zahra (**1292m**), à l'Est.



Figur3 : Situation géographique et géologique des Monts de Rhar-Roubane (D'après Marko & Matias, 2012 modifié).

Oued Khémis est un affluent de la rive gauche de l'oued Tafna, son écoulement permanent est alimenté essentiellement par la rencontre de plusieurs affluents : Ouled Belkasssem, Oued Mazer ET Oued Tadert, Oued Tirheza, Oued Boulefane Oued.Chadli.

B-BASSIN VERSANT ZIO

Le Togo est située entre 6° et 11° de latitude Nord et 0° et $1^{\circ}40'$ de longitude Est. Il couvre une superficie de 56600 km^2 . Il est assimilé à un corridor qui s'étire sur 650 km de long et dispose d'une côte d'environ 50 km . Sa plus grande largeur est de 150 km . Cette configuration explique la grande diversité spatiale, climatique, économique, humaine et biologique. Le Togo est limitée à l'Ouest par le Ghana, à l'Est par le Bénin, au Sud par l'Océan Atlantique et au Nord par le Burkina Faso. (Atlas des zones à hauts potentiels aquacoles du Togo ; FAO 2014)

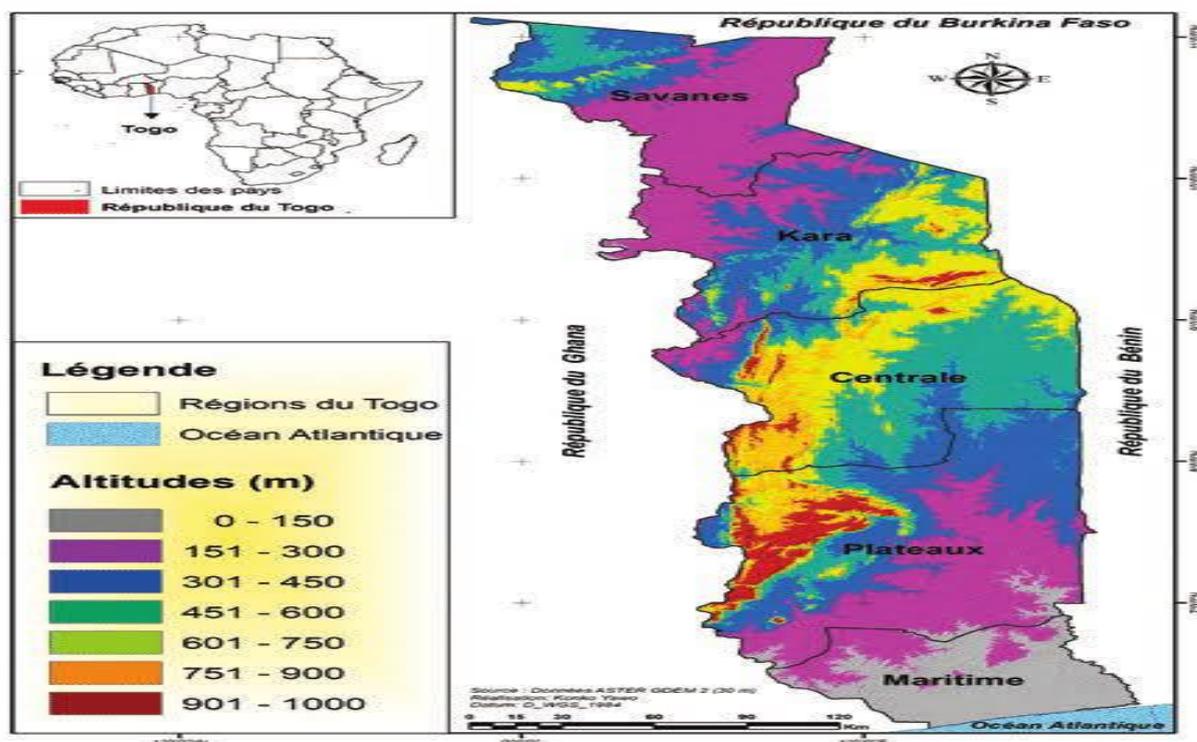


Figure 4 : présentation du TOGO

Le fleuve Zio est situé au Sud du Togo, précisément dans la région maritime. Il prend sa source au niveau du plateau de Danyi (dans la région des plateaux) et se jette dans le Lac Togo (Fig.4).

Le bassin versant du zio draine une superficie effilée (mince et allongée) d'environ 3400 km^2 d'orientation NNO-SSE entre les Latitudes $6^{\circ}5'N$ et $7^{\circ}18'N$ et les Longitudes $0^{\circ}15'E$ et $1^{\circ}40'E$. Il s'étend à travers trois(3) zones écologiques. La zone écologique V à paysage de savane arborée ou arbustive au Sud, la zone écologique III à paysage de savane arborée et de galerie au centre à la latitude de Méssiobé et de Kati et une grande partie dans la zone écologique IV à paysage forestier au

Nord avec de nombreux affluents. Le Zio développe à partir d'Alokoegbé jusqu'au lac Togo une vaste zone d'inondation (**partie aval du Zio**) et reçoit des eaux de nombreux affluents en provenance des monts Togo abondamment arrosés. A l'amont, les activités anthropiques dans le bassin se résument à l'agriculture sous pluie et irriguée. Ces activités s'amplifient et se diversifient en allant vers l'aval où le Zio traverse de nombreuses agglomérations. (**Européen scientifique journal, May 2015**)

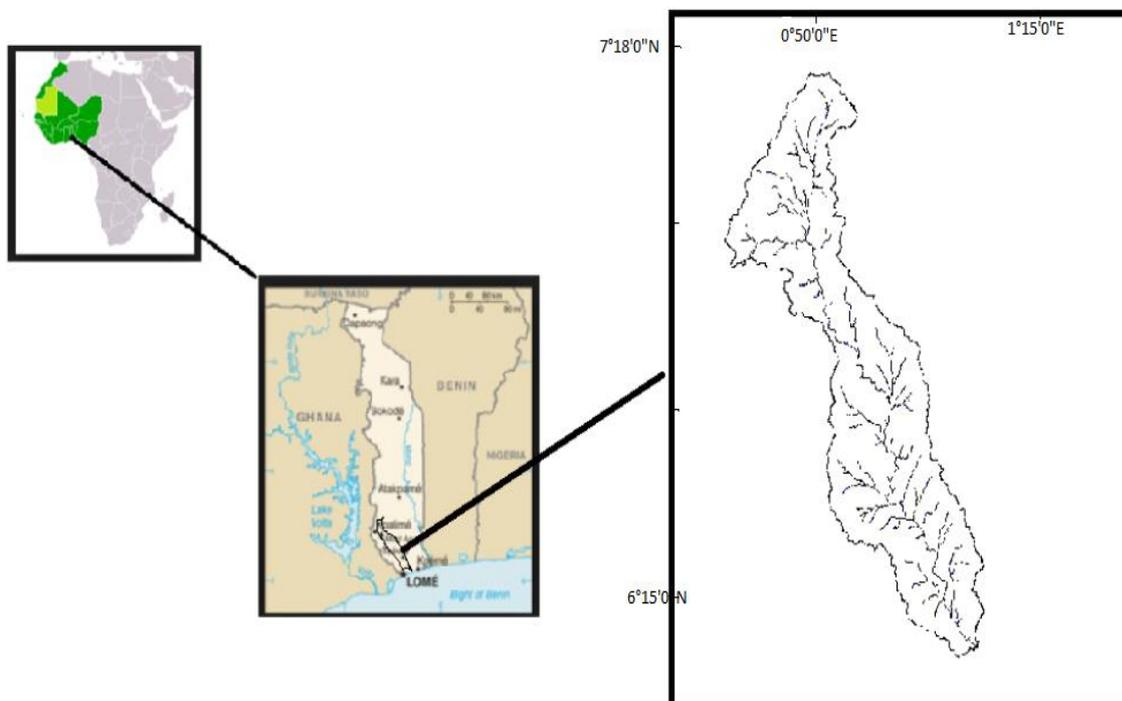


Figure 5 : Localisation de la zone d'étude ZIO

I-2 SYNTHÈSE GÉOLOGIQUE

I-2-1 Cadre géologique

A-BASSIN VERSANT OUED KHEMIS

La région d'étude constitue une zone de passage entre le Tell au Nord et les hautes plaines au Sud. (**Figure 4**), elle se trouve dans un massif montagneux qui forme la terminaison occidentale des monts de Tlemcen et qui s'élève graduellement du Nord vers le Sud, ce sont les monts de Rhar-Roubane (**Mekahli L, 1988**).

Les monts de Rhar-Roubane (**Figure 5**) font partie du domaine tlemcénien considéré comme l'avant pays de l'Algérie nord occidentale, ils sont limités par la plaine de Maghnia au Nord, la plaine des Angads d'Oujda et le plateau de Djorf-Ouazazen à l'Ouest, la plaine de Magoura au Sud et en fin la partie occidentale des monts de Tlemcen à l'Est (**Mekahli L, 1988**).

D'un point de vue structurale, les Monts de Rhar-Roubane ont subies des décrochements senestres causant des déplacements des unités vers le Nord (Elmi, 1983. In Marko & Matias. 2012).

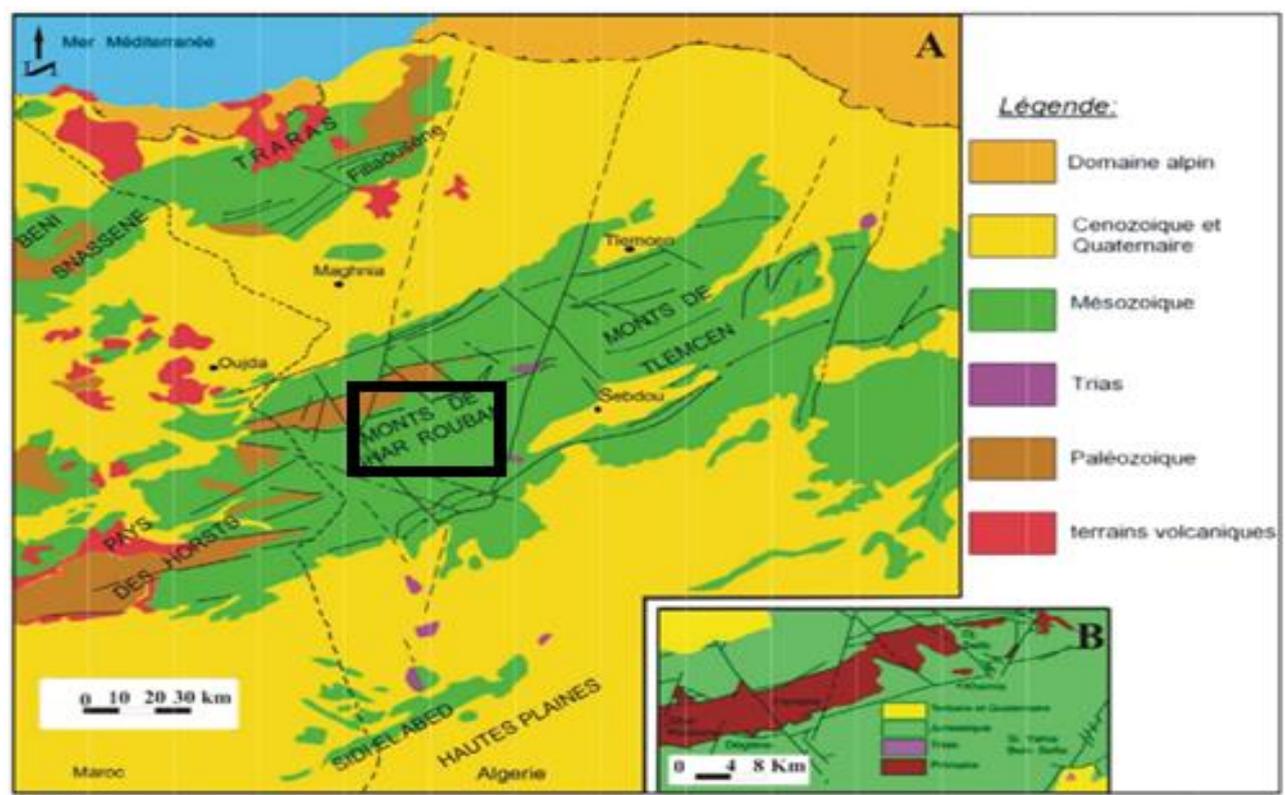


Figure6 : Carte structurale schématique des Monts de Rhar-Roubane et des régions voisines. (A) carte structurale des Mont de Rhar-Roubane avec régions voisines ; (B) carte structural des Monts de Rhar-Roubane).

Les Monts de Rhar-Roubane peuvent être subdivisées en 3 zones d'après (Lucas (1942).In Marko & Matias 2012) :

- Zone de horsts et graben : faible subsidence durant le mésozoïque ; constituée de formation jurassique discordante sur des terrains primaires.
- Zone de Tenouchfi : caractérisée par des formations carbonatées du jurassique moyen (dolomies, calcaires oolithiques).
- Zone Oujda-Sebdou : C'est une de subsidence qui s'est enfoncée précocement au cours du jurassique inférieur et moyen. Les dépôts sont des sédiments de type vasière.

• **Série litho-stratigraphique : (figure 7)**

Les monts de Rhar-Roubane sont constitués essentiellement de terrains secondaires reposant sur les terrains primaires.

-Primaire

La série primaire est représentée par des formations schisto-quartziques d'âge Silurien et Dévonien.

- Silurien

Les formations du Silurien Correspondent à des dépôts schisteux reconnus au niveau de Djorf Fermane, et Djorf Ouazzen.

- Dévonien

Il s'agit d'une formation schisteuse puissante avec des intercalations calcaires et gréseuses.

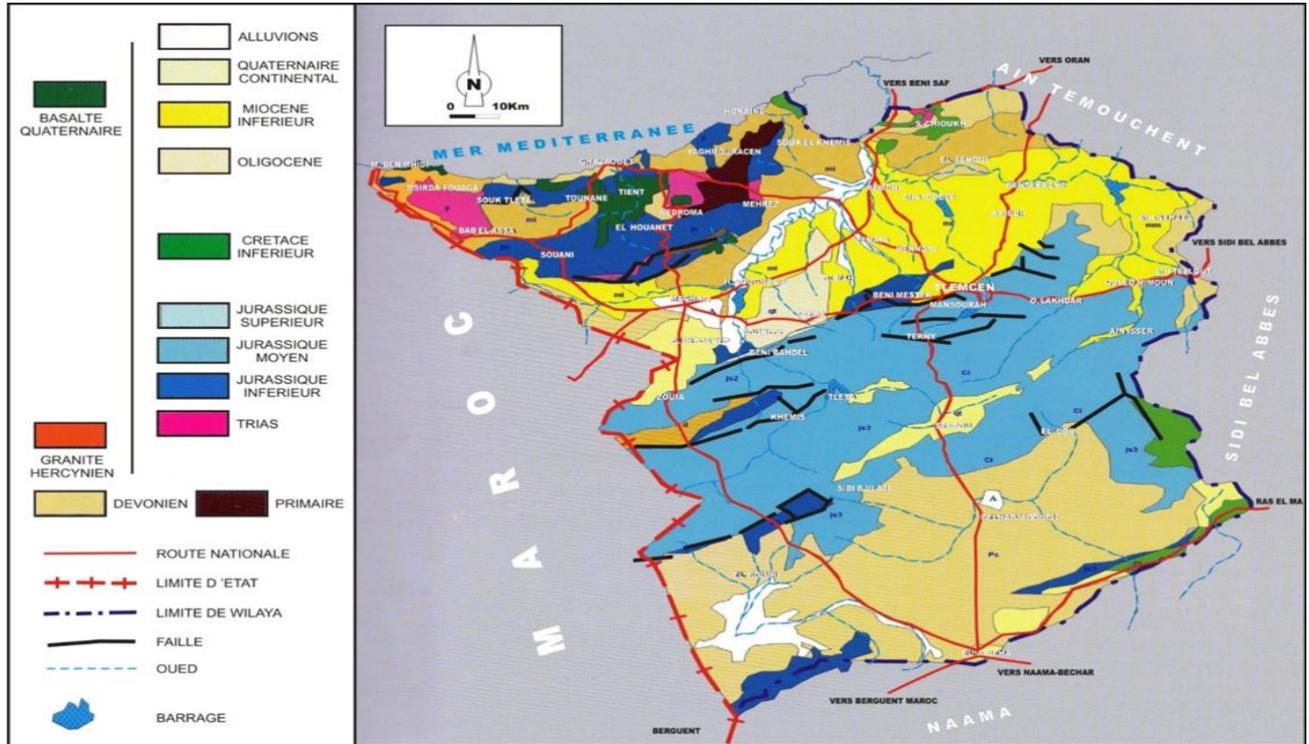


Figure7 : Carte géologique de la wilaya de Tlemcen (extrait de la carte géologique d'Algérie, Ech. 1/500 000 ; modifiée)

Secondaire :

✓ *Trias*

Il est localisé essentiellement dans la région de Beni-Bahdel .Il est constitué essentiellement par des argiles plus ou moins dolomitiques s'accompagnant parfois d'un léger métamorphisme.in (**Seladji, 2000**).

✓ *Jurassique inférieur et moyen*

Les dépôts du Jurassique inférieur sont discontinus ou lacunaires et n'importe quel niveau peut reposer sur le Primaire. Les premiers niveaux continus appartiennent au Bathonien dans le Horst de Rhar-Roubane (**Mekahli L, 1988**).

-La série du Jurassique débute par le Lias, le Démorien inférieur affleure dans la partie médiane de Rhar-Roubane au Djorf Tisse दौरا, il s'agit de formation calcaire (**R.Ciszak 1993**).

-Au niveau de la frontière Algéro-Marocaine, les premiers dépôts liasiques (Carixien-Domerien) indiquent une sédimentation détritique. Ces dépôts sont surmontés par des marno-calcaires et des calcaires à Brachiopodes et spicules, de Spongiaires indiquant l'ouverture de la région vers la mer franche au cours du Toarcien (**Mekahli L, 1988**).

-Dans la zone de Tenouchfi le Dogger est très épais, le Toarcien et le Jurassique moyen présentent des faciès de vasière relativement profonde domaine « préteillien » (**G.Lucas, 1952**), le Toarcien est représenté par des couches rouges ou violacées.

-Pendant l'Aalénien et Bajocien se sont déposées des dolomies dans le secteur occidental de Degléne.

-Le Bathonien correspond à des calcaires gris parfois dolomitisés après une lacune du Bathonien supérieur, l'enfoncement du milieu se poursuit au début du Callovien avec des argiles gréseuses.

✓ *Jurassique supérieur*

a-Argiles de Saïda

Les argiles de Saida correspondent à des dépôts argileux et marneux avec des niveaux gréseux à la base, la formation est attribuée au Callovo-Oxfordien.

b-Grès de Boumediene

Cette formation est constituée essentiellement de grès, avec des passées argileuses pouvant atteindre 500m, localisé dans le secteur de Khémis.

c-Calcaire de Zarifat

Ces dépôts surmontent les grès de Boumediene dans la région du Khémis, ils affleurent au niveau de l'oued Otsmane à **600 m** en amont d'ouled Arbi (**M.Benest, 1985**).

Il s'agit d'une alternance de minces lits marneux à rares passées gréseuses légèrement micacées et de calcaires argileux sombres.

Cet ensemble affleure juste au-dessous de la grande falaise dolomitique inférieure de la vallée de Khémis. Ils sont d'âges Kimméridgien.

d-Dolomies de Tlemcen

Il s'agit des dolomies cristallines grises, cette série est bien exposée sur le versant occidental du Djebel Kossilet, grâce à l'entaille réalisée par l'oued Khémis, on peut admettre qu'elle débute à environ **100 m** au-dessus du substratum des calcaires de Zarifat (**M.Benest 1985**).

e-Calcaires de Stah

Ces dépôts d'une épaisseur de **29m**, présentent des intercalations de niveaux marno-calcaires peu compacts qui débutent par des calcaires et s'achève par des dolomies.

f-Marno-calcaires de Raourai

Il s'agit de marnes grises, blanchâtres en surface intercalées par des bancs de calcaires marneux durs.

Cette formation est limitée au sommet par les calcaires de Lato et dolomies de Terni.

g-Calcaire de lato et dolomies de Terni

La grande falaise sommitale qui surplombe les gorges de l'oued Khémis en amont du village du même nom, correspond à la deuxième masse dolomitique (**G.Lucas 1942**), c'est-à-dire à l'ensemble formé par les calcaires de Lato et les dolomies de Terni (**M.Benest 1985**), d'âge Kimméridgien supérieur (**Portlandien**),

h-Marno-calcaire de Hariga

Il s'agit d'une alternance de marnes et de marno-calcaires formant les 30 premiers mètres, visible jusqu'au sommet de Djebel Kossilet (**M.Benest, 1985**).

✓ Plio-Quaternaire

Le quaternaire est représenté par des sédiments continentaux d'âges comparables bien que de natures variables. Il s'agit d'une série complexe de dépôts discontinus formés d'éléments hétérométriques et hétérogènes, on y rencontre les faciès suivants :

-Les travertins : se sont de puissants dépôts de sources disposés en masses et s'avancant en hautes falaises, ils sont jaunes, friables riches en débris végétaux.

-Le complexe de sédiments plio-villafranchiens : la bordure des massifs secondaires est soulignée par des éboulis de piémont plus ou moins encroûtés et remaniés d'épaisseurs très variables mais toujours assez faibles.

-Des marnes rouges avec très peu de galets plus ou moins tufeuses.

-Les limons, sables et graviers récents : les limons sont jaunes en général avec des couches rougeâtres, les galets se trouvent surtout en lits à la base des limons.

- ANALYSE STRUCTURALE : (fig 8)

Les môles primaires résistants de Rhar-Roubane ont largement influencé l'évolution structurale de la région, la direction générale des grandes fractures est WSW-ENE.

1- Principales phases tectoniques :

L'étude réalisée par (**S.Elmi, 1973**), explique les mouvements tectoniques dans la région de Rhar –Roubane :

- A.** Les découpages de la région en grands panneaux allongés WSW-ENE par des failles liées aux structures Hercyniennes.
- B.** Une phase de serrage donne des plis à grand rayon de courbure.
- C.** La compression provoque des décrochements :
 - a. Accident NNE : senestre
 - b. Accident NW-ESE : dextre
- D.** Une nouvelle phase de serrage intervient sur un pays modelé par l'érosion.

2- Unités structurales :

La position structurale des monts de Rhar –Roubane et leur prolongement vers L’Est forment un ensemble de relief grossièrement orienté SW-NE

Le plus souvent on a des alignements N 70 déviés par des accidents transversaux N 110-140 et N 20 (fig8).

Ils représentent la continuité occidentale des monts de Tlemcen où la limite semble être masquée par la transversale de la Tafna (S.Elmi, 1970-1983) qui correspond au pli croiseur de Tenouchfi (G.Lucas, 1952) et qui joue essentiellement en décrochement senestre, le panneau occidental est caractérisé par l’existence du Horst de Rhar-Roubane orienté N 70, qui vient se noyer à proximité du barrage de Beni-Bahdel (L.Mekahli 1988).

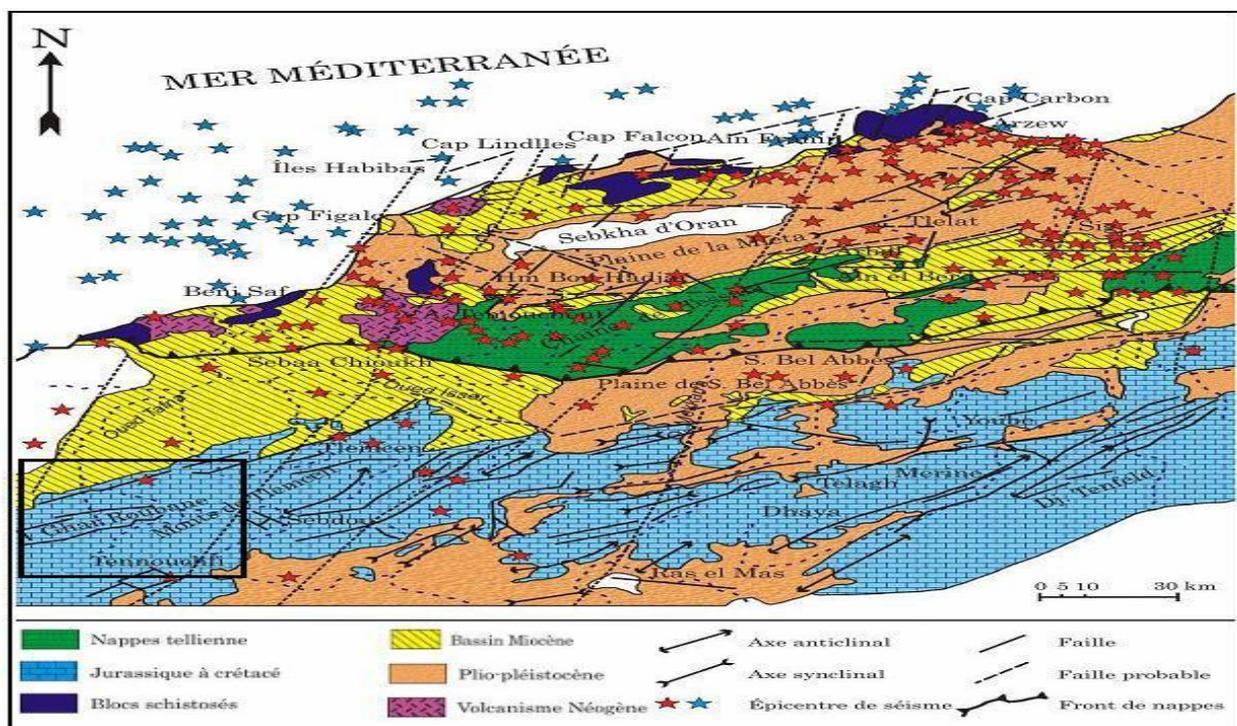


Figure8 : Carte structurale de l’Oranie nord –occidentale (Thomas, 1985).

On distingue comme grandes unités structurales orientées WSW-ENE :

- ✓ L’Anticlinal du Djebel Hamra-Bouhlou.
- ✓ Le Synclinal de l’Azaira.
- ✓ La zone Anticlinal du Djebel Tmalouft.
- ✓ Le Synclinal du Djebel Ouinane.
- ✓ Le Horst de Rhar-Roubane (direction WSW-ENE essentiellement de terrains primaires).
- ✓ Un Vaste plateau du Ras- Asfour affecté de Failles dans sa partie méridionale.
- ✓ La Zone haute de Tenouchfi.

3. - *Accidents décrochants (Fig. 10).*

3-1-*Décrochement sénestres Nord 10-Nord 30*

- ✓ Accident du Djebel Tmalouft - Ayech.
- ✓ Accident du Ras-Asfour, sur le plateau à l'Ouest de Deglène.
- ✓ Accident du Djebel Maroui - Fernane –Tazemmouret.
- ✓ Accident de Menchar limitant à l'Est l'extension actuelle du horst de Rhar-Roubane.

3-2-*Décrochement dextres Nord 110-Nord 145*

- ✓ Accident du Djorf Ouazzen et Djorf Dourdaz.
- ✓ Accident Zouziz – Sidi Djillali.
- ✓ Accident Tisse Fsafine – Tazemmouret.
- ✓ Accident des Beni-Senous disposition dues à la néotectonique.

B- BASSIN VERSANT ZIO

Les formations géologiques présentes dans notre zone d'étude sont du Nord-Ouest au Sud-Est :

- l'unité structurale de l'Atacora (**Monts Togo**) ;
- la zone basique-ultrabasique d'Agou ;
- l'unité de la plaine bénino-togolaise à laquelle se rattache le complexe anatectique

De Kpalimé-Amlamé situé entre les Monts Togo et la zone d'Agou ;

- le bassin sédimentaire côtier.

a) L'unité structurale de l'Atakora (**Monts Togo**) est définie comme une succession de nappes et d'écaillés et correspond à l'Atacora au Bénin, aux «Monts-Togo» au Togo et à l'«Akwapim Range» au Ghana. D'après les travaux de Affaton (**1975, 1983 et 1987**), cette unité est subdivisée en deux ensembles en relation avec la position géométrique : l'ensemble inférieur oriental ou « *Quartzites de l'Atacora* » à et l'ensemble supérieur occidental ou « *Schistes de l'Atacora* »

b) La zone d'Agou est caractérisée, d'une part par une association intime de roches métamorphiques du socle (gneiss divers et amphibolites) et de la couverture (quartzites, micaschistes, gneiss, dolomies cristallines) et d'autre part, par l'abondance des massifs basiques (ortho amphibolites essentiellement) et la présence locale des roches ultrabasiques ou d'une ophiolite mise en place dans le cadre d'un rifting intracontinental démarré aux environs de **700 Ma**, et clos par l'orogénèse panafricaine vers **600 Ma**. (**note explicative de la feuille Lomé**).

c) L'unité de la plaine bénino-togolaise comprend d'Ouest à l'Est :

–Le complexe anatectique de Kpalimé-Amlamé, constitué de granitoïdes calco-alcalins, de migmatites et de gneiss.

–La formation gneisso-migmatitique centrale, se subdivise en une bande de gneiss à biotite et muscovite (a) à l’Ouest et un fuseau de migmatites (2b) à l’Est ;

–Le domaine plutono-métamorphique oriental, séparé de la formation précédente par la faille de Kévé-Djémégni, et comprenant des orthogneiss divers, des métas sédiments (paragneiss, quartzites), des migmatites, des granitoïdes (granodiorites, monzogranites), des roches hypo volcaniques et des éclogitoïdes. Dans la partie Est, ce domaine est traversé par un cisaillement majeur. (**note explicative de la feuille Lomé**)

d) Le bassin sédimentaire côtier : la couverture géologique de la surface du bassin sédimentaire côtier est représentée essentiellement par la formation détritique du Continental terminal, elle-même particulièrement recouverte d’un dispositif alluvionnaire fluvial qui s’accroît vers l’aval en un ensemble de lacs, marais et mangroves. (**note explicative de la feuille Lomé**)

La série marine Crétacé-Tertiaire sous-jacente n’est, à quelques exceptions près, jamais affleurant.

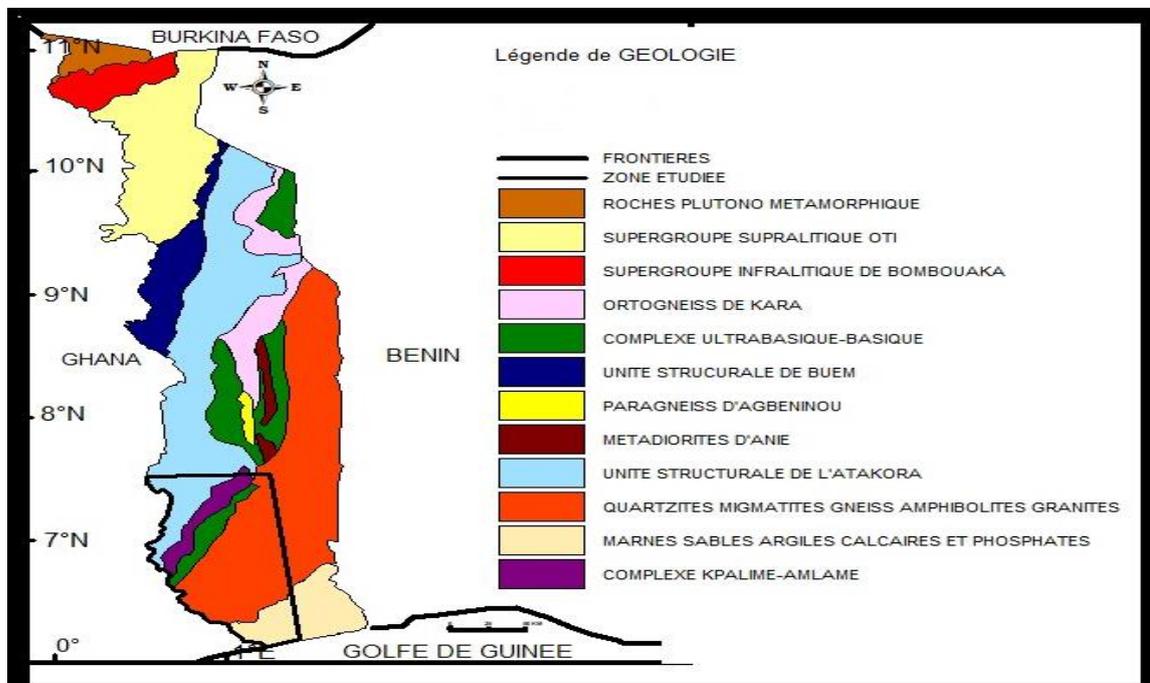


Figure9 : Cartes géologiques du Togo

I-3 SYNTHÈSE GEOMORPHOLOGIQUE

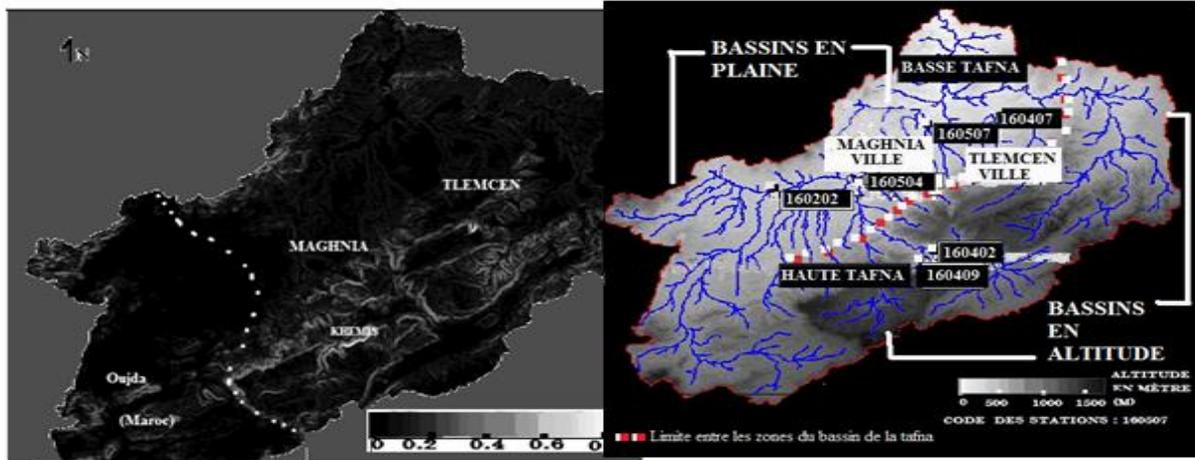


Figure. 10 : Géomorphologie du bassin de la Tafna.

à gauche carte des pentes (%), à droite topographie du bassin et réseau de thalwegs (in Bakreti 2014)

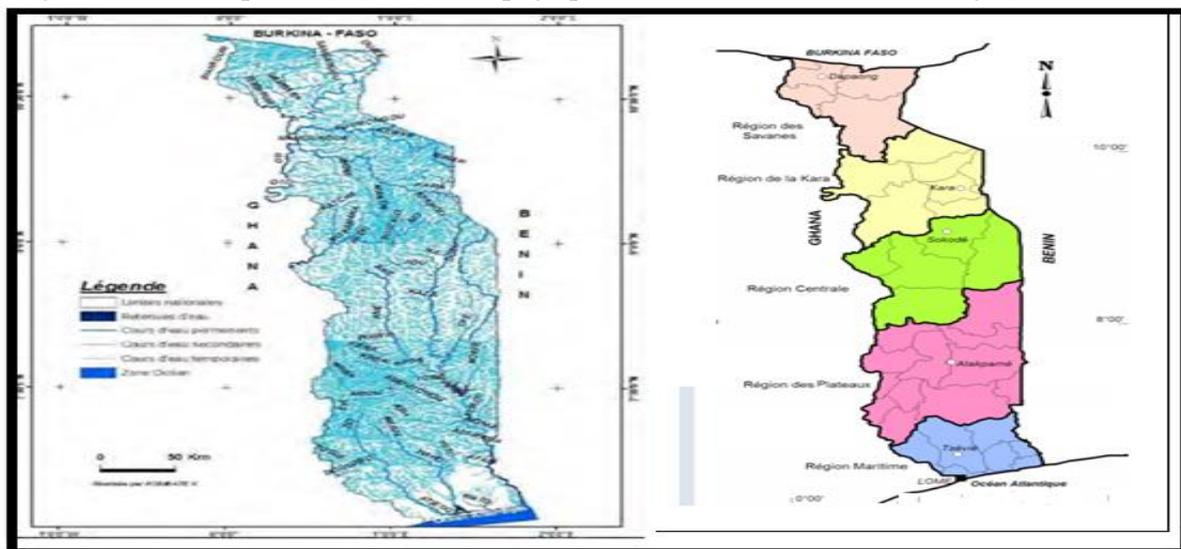


Figure.11 Géomorphologie du TOGO

A-BASSIN VERSANT OUED KHEMIS

La géologie Algérienne septentrionale est liée à l’orogénèse hercynienne et alpine qui ont permis l’individualisation de plusieurs domaines en Oranie, du Nord au Sud on distingue (**Fig. 10**) :

Le domaine tellien représenté dans la zone d’étude par les monts des Traras et des Sebâa Chioukh, le domaine Tlemcénien dominé essentiellement par les monts de Tlemcen, les hautes plaines oranaises, le domaine atlasique et le domaine saharien.

Le bassin de la Tafna (**Fig. 10**) comprend de grandes plaines, dont les deux principales sont celles de Maghnia à l’Ouest et celle des Ghossels à l’Est entourées de massifs élevés, à savoir :

Le massif des Traras comprenant la chaîne des Fillaoucène qui s'étendent vers l'Ouest le massif des Béni-Snassen.

Les monts de Tlemcen dessinant la bordure sud du bassin et s'interposent entre deux domaines bien définis:

Le domaine des nappes du Tell au Nord,

Le domaine stable des hautes plaines oranaises au Sud.

La terminaison occidentale des monts de Tlemcen (**Fig. 10**) qui s'élève graduellement du Nord vers le Sud est occupée par un massif montagneux représenté par les monts de Rhar-Roubane (**Bouanani, 2004**).

B-BASSIN VERSANT ZIO

Cette région présente plusieurs unités géomorphologiques bien individualisées. Du Sud-Est vers le Nord-Ouest on distingue :(**fig.11**)

La zone littorale et lagunaire qui s'étire sur une cinquantaine de Kilomètres avec une largeur de 1 à 3 km. Le système lagunaire est essentiellement formé de la lagune de Lomé et du lac Togo qui reçoit les rivières côtières Zio et Haho. Le cordon littoral est soumis depuis une quinzaine d'année à une érosion marine très intense, entraînant un recul du rivage particulièrement alarmant :

1-Le plateau de " terre de barre" qui domine le cordon littoral et la pénéplaine granito gneissique par des talus atteignant respectivement 15 à 30 m de haut. Ce plateau est pris en écharpe par la dépression de la Lama orientée NE-SW.

2-La pénéplaine granito-gneissique bénino-togolaise, caractérisée par un modelé en croupes surbaissées et dominée, dans le coin Nord-Ouest, par le Mont Agou (**986 m**), point culminant du Togo, formé de roches basiques.

3-La région montagneuse autour de Kpalimé, correspondant à la terminaison Sud des Monts Togo.

I-4 APERCU CLIMATOLOGIQUE

Le mot climat apparait au douzième siècle, dérivant du latin climatise. Pourtant, son origine est grecque : le climat est l'inclinaison d'un point de la terre par rapport au soleil. D'après (**Martine, 2000**), le climat est la synthèse des conditions atmosphériques à long terme d'un lieu. Les conditions climatiques jouent un rôle important dans les comportements hydrologiques des cours d'eau. Ces paramètres climatiques (surtout la température et évapotranspiration) sont en relation avec les précipitations.

L'étude hydro climatique a pour but de :

- Déterminer le type de climat d'une région donnée.

- Analyser les paramètres climatiques (température et précipitations) de ces régions

I-4.1 Etude climatique des deux bassins étudiés

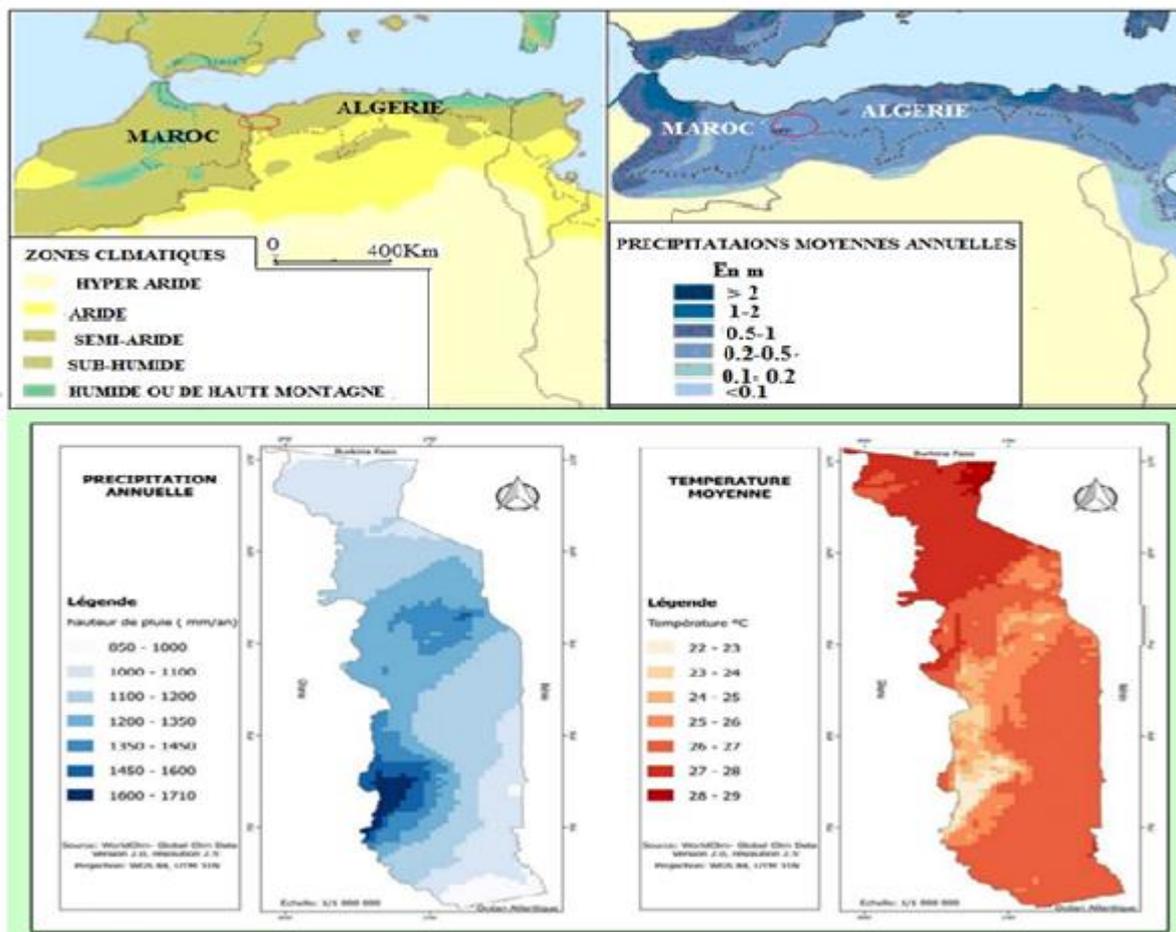


Figure 12 : carte de climat général de deux bassins étudiés

- Cas de bassin versant d'oued khemis :

Le climat de l'Algérie est caractérisé par des contrastes importants avec une étendue de types de climats très différents (Fig.12) et ce en relation avec les particularités géographiques du pays.

Pour le cas de notre étude de la région de Tlemcen offre un climat de type méditerranéen (et elle est caractérisé par deux saisons :

- 1)- humide qui s'étend d'Octobre à Mai avec des précipitations irrégulières et réparties sur le territoire dans l'espace et dans le temps.
- 2)- sèche qui couvrent la période de juillet en Aout.

Notre région d'étude du sous bassin d'Oued Khémis correspond à un vaste plateau enclavé entre les monts de Tlemcen et le Horst de Ghar Roubane (Fig. 6). Cette situation influence les variations de

température et le régime des précipitations par l'établissement d'un micro-climat reflété par des paramètres climatologiques d'un climat de type semi-aride avec des périodes sèches et humides très irrégulières

- Cas de bassin versant de zio :

le climat de Togo est de type tropical , avec deux saisons sèche et humide . pour le cas de notre zone d'étude est caractérisée par un climat subéquatorial à quatre (4) saisons : la grande saison sèche de mi-Novembre à Mars, la grande saison des pluies de Mars/Avril à Juillet, la petite saison sèche, d'Aout à Septembre et la petite saison des pluies de Septembre à mi-Novembre (**atlas des zones à hauts potentiels aquacoles du Togo ; FAO Déc. 2014**).

Elle se situe dans la zone qui s'étend de la cote à la transversale du 8° de latitude Nord et dont la température varie dans de faibles amplitudes, une pluviométrie de **1000 à 1400mm**. La température moyenne est généralement élevée jusqu'à **27°C**. L'humidité relative moyenne est élevée (**73 à 90%**).
(Fig.12)

***CHAPITRE II : ETUDE COMPARATIVE DES BASSINS
DE L'AFRIQUE CENTRALE ET DU NORD A TRAVERS
LES METHODES DES INTENSITES DES PLUIES.***

II-La partie occidentale de l'afrrique

La région de l'afrrique de l'ouest peut divisée en quatre sous-régions climatiques, à savoir, la cote de la Guinée et le Soudan – le Sahel, le Sahel et le Sahara, avec des conditions climatiques différentes.

Ces différentes conditions climatiques, y compris le cycle saisonnier des précipitations, sont principalement entraînées par les mouvements sud-nord dans la zone de convergence intertropicale caractérisée par la confluence des moussons sèches du sud-ouest et du nord-est.

Sur la base de l'évolution des précipitations entre les années trois grandes périodes climatiques ont été observées :

-la période humide de **1951 à 1970**, la période sèche de **1971 à 1990** et la période de **1991 à 2015** qui a connu une reprise partielle des précipitation pendant la région ouest –africaine a connu de graves épisodes de sécheresse, avec des effets dévastateurs, en particulier dans la région du Sahel les dernières décennies ont également vu une augmentation modérée des précipitations annuelles depuis le début des années 1990. Cependant les précipitations annuelles totales sont encore bien inférieures à ce qu'elles étaient avant la grande sécheresse.

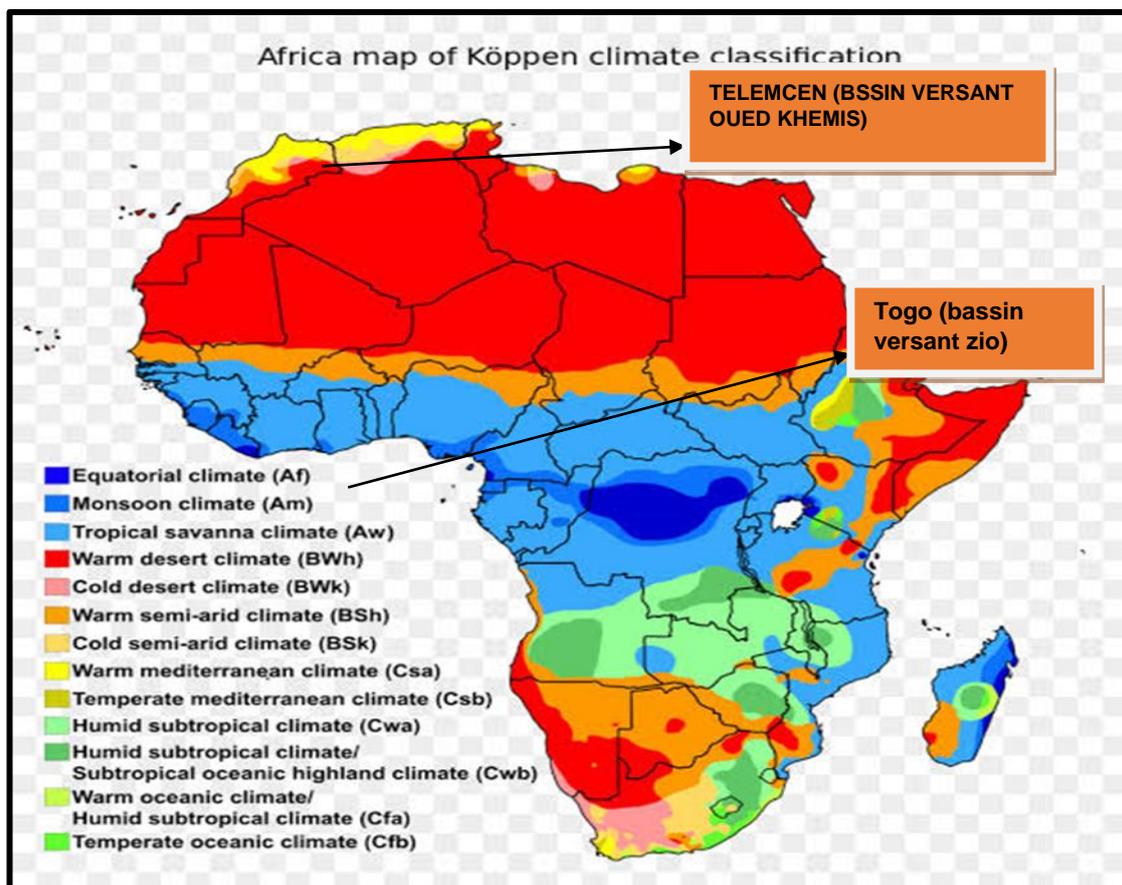


Figure 13: représente la partie occidentale de l'afrrique

A-1-étude des paramètres climatiques :

Pour étudier l'analyse climatique des deux bassins,(fig.14), nous avons choisi deux stations, qui sont Zahra et Kouma-Konda, comme indiqué dans le tableau ci-dessous

Tab01 : caractéristique des stations de Zahra et Kouma-Konda

Station	Coordonnées		Altitude (m)	Période d'observation	Précipitations moyenne annuelles (mm)
	Longitude	Latitude			
Zahra	1°34'	34°39'	660	1990 à 2013	404.6
Kouma-Konda	0°34'	6°57'	576	1981 à 2013	1750

- Avant de commencer à étudier et à calculer le taux des précipitations annuelles et mensuelles ainsi que les températures, nous mentionnons la nature du climat des deux bassins dans lesquelles l'étude a été menée, nous commençons par la nature du climat d'Oued khemis, qui se caractérise par un climat semi-aride avec des périodes sèches et humides très irrégulières, mais pour le bassin de zio, il se caractérise par un climat de type subéquatorial à quatre (4) saisons.

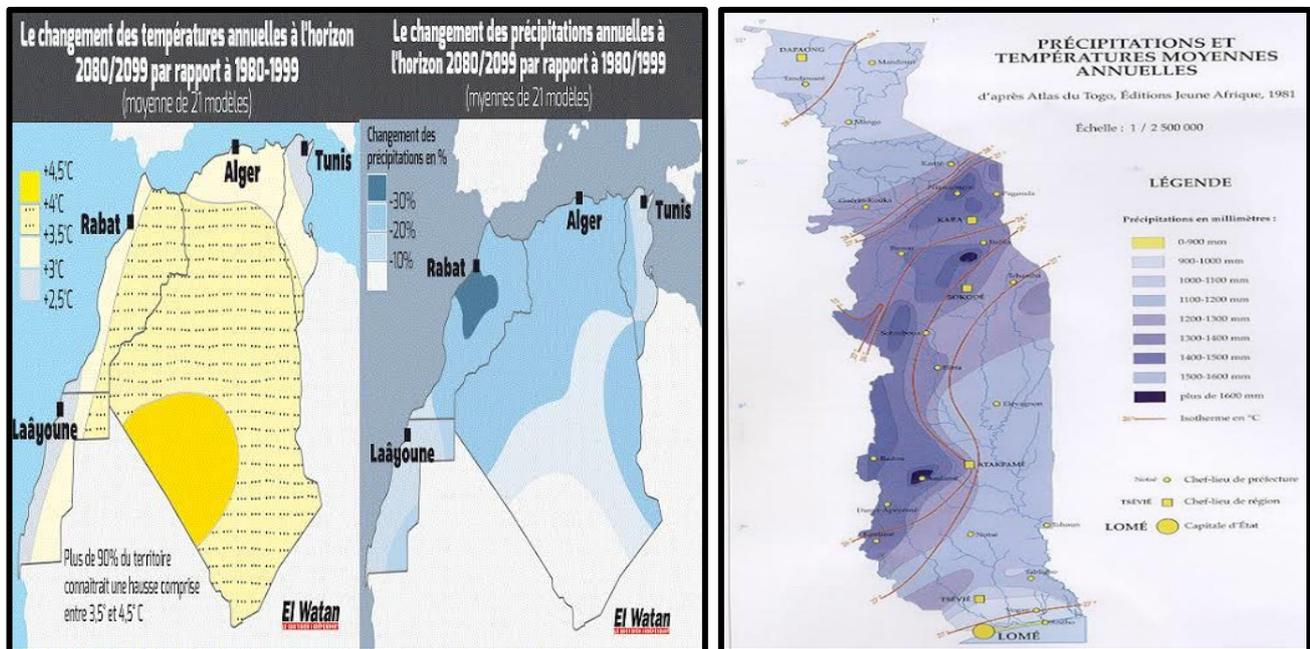


Figure.15: carte représente des précipitations et des températures de les zones d'étude.

A.1.1 Etude de précipitations annuelles, mensuelles et saisonnières:

- Bassin d'Oued khemis

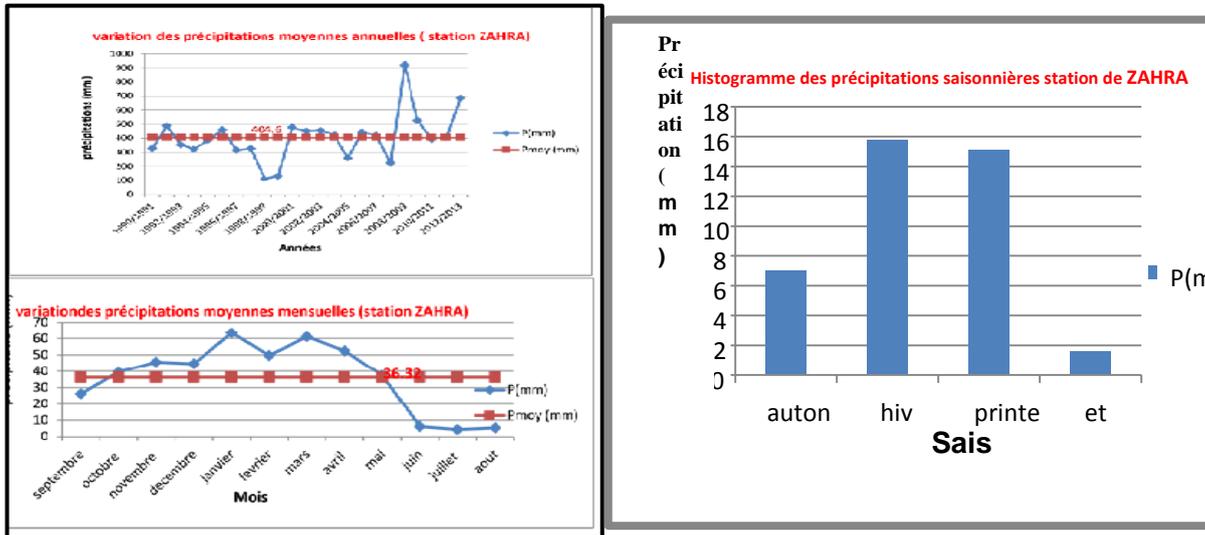


Figure.16: variation des précipitations moyennes annuelles, mensuelles et saisonnières à la station de Zahra durant la période 1990-91 à 2012-13.

A travers nos résultats, nous les présenterons comme suit : (fig.16)

- Précipitations moyennes annuelles

- ⇒ La moyenne interannuelle des précipitations de la période (1990-2013) est de **404.6mm**.
- ⇒ Le maximum des précipitations moyennes annuelles est enregistré en **2008/2009** avec **919.9mm**.
- ⇒ Le minimum des précipitations moyennes annuelles est enregistré en **1998/1999** avec **111.3mm**.

- Précipitations mensuelles :

- ⇒ La moyenne inter-mensuelle des précipitations de la période (1990-2013) est de **36.32mm**.
- ⇒ Le maximum des précipitations moyennes mensuelles est enregistré au mois de janvier avec **63.47mm**.
- ⇒ Le minimum des précipitations moyennes mensuelles est enregistré au mois de juillet avec **4.31mm**.

- **Précipitations saisonnières :**

⇒ L'hiver est la saison la plus humide suivie du printemps.

⇒ L'été est la saison la plus sèche

- **Bassin versant zio**

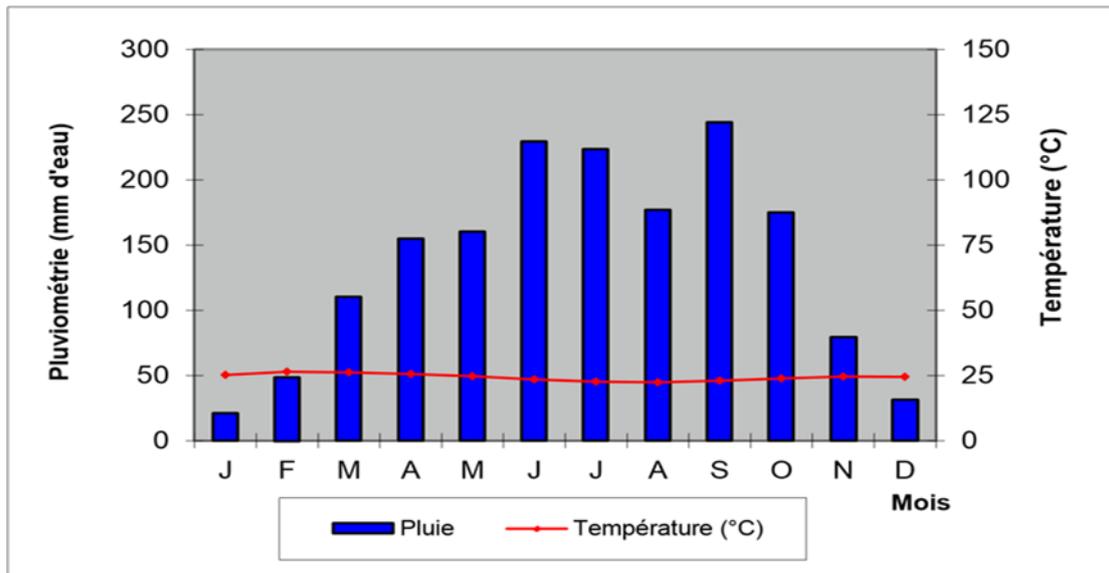


Figure.17 : Courbe ombrothermique de la station de Kouma-Konda (1981 - 2013)

(Source : Données de la station météorologique de Kouma Konda)

A travers nos résultats, nous les présenterons comme suit (**fig.17**)

- Précipitations moyennes annuelles :

⇒ La pluviométrie moyenne annuelle est de **1750 mm**

- Précipitations saisonnières

⇒ Le printemps est la saison la plus humide suivie de l'été

⇒ L'automne est la saison la plus sèche

A.1.2 Etude des températures moyennes annuelles et moyennes mensuelles

• Bassin d'Oued khemis

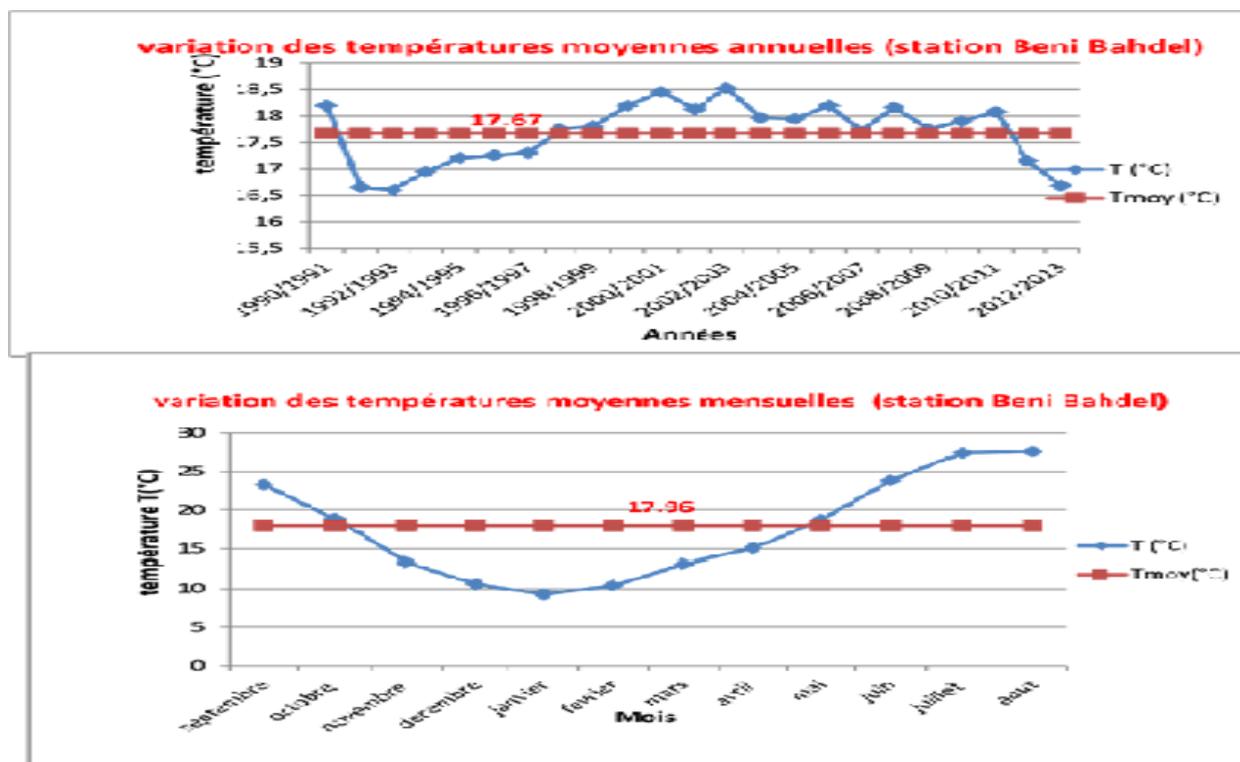


Figure.18 : Variations des températures moyennes annuelles et mensuelles à la station de Beni Bahdel durant la période 1990-91 à 2012-13

A travers nos résultats, nous les présenterons comme suit (**fig.18**) :

⇒ Températures moyennes annuelles :

⇒ La moyenne interannuelle des températures est de **17.6°C**.

⇒ Il existe une faible variation de la température durant la période (1990/1991-2012-2013).

⇒ Températures moyennes mensuelles :

⇒ Le mois d'aout est le mois le plus chaud avec environ **27.82°C**.

⇒ Le mois de janvier est le mois le plus froid avec environ **9.57°C**.

• Bassin versant zio

A travers nos résultats, nous les présenterons comme suit (**fig.17**) :

• Températures moyennes annuelles et mensuelle :

⇒ La température moyenne annuelle est de **27°C**.

⇒ La moyenne mensuelle de la température varie de **22.6°C** (en juillet) à **26.3°C** (en Février)

Conclusion :

A travers des études et analyses climatiques de chacun de ces bassins étudiés ci-dessus, il s'avère que chaque région dans laquelle se trouve l'un de ces bassins diffère de l'autre par la pluviométrie annuelle moyenne et saisonnières, ainsi que le pourcentage d'humidité, de sécheresse et de températures différentes. Par conséquent, cette étude nous amène à conclure les caractéristiques climatiques des deux régions étudiées, qui sont les suivants :

- Pour l'oued Khémis les précipitations moyennes annuelles égales à **404.6 mm**, à la station de ZAHRA (1990/1991-2012/2013).
- Pour le bassin versant zio les précipitations moyennes annuelles égales à **1750 mm** à la station de Kouma-Konda (1981 - 2013)
- Pour l'oued Khémis la moyenne annuelle de température égale à **17.67 °C**
- Pour le bassin versant zio la moyenne annuelle de température égale à **27°C**
- Pour l'oued Khémis, l'échelle saisonnière, d'étude des précipitations montré que L'hiver est la saison la plus humide et l'Eté est la plus sèche.
- Pour le bassin versant zio, Le printemps est la saison la plus humide et l'automne est la plus sèche.

Au final, après tous ces indicateurs climatiques, nous sommes arrivés à ce que la région de oued Khemis ait un climat semi-aride, et la région du bassin Zio a un climat subéquatorial.

III. SYNTHÈSE GÉNÉRALE DES BASSINS ETUDIÉS

III.1-Introduction

Les sciences hydrologiques sont utilisées pour la gestion des eaux pluviales, il existe plusieurs méthodes d'études utilisées pour une bonne prévision des crues et des inondations des bassins versants. Parmi ces méthodes celle dites « **méthode IDF** » qui sert à donner des informations sur la pluviométrie et de calculer l'intensité des pluies pour différentes périodes de retour (**DUBAN, 2000**).

Il est possible d'établir une loi de comportement qui lie l'intensité et la durée c'est la courbe IDF à partir d'une analyse statistique.

Ces lois permettent d'établir les relations entre les intensités, la durée et la fréquence d'apparition des pluies qui peuvent être représentées selon des courbes caractéristiques : on parle généralement de courbes Intensité-Durée-Fréquence (**IDF**). La notion de fréquence est exprimée par la notion de temps de retour. (**DUBAN, 2000**).

Les courbes IDF traitent le comportement d'une loi de pluviométrie universellement observée, à savoir :

*la fréquence d'apparition.

*L'intensité de la pluie.

Finalement pour caractériser ce phénomène, on associe à chaque évènement une probabilité d'apparition qui est la période de retour.

Les courbes IDF servent à calculer l'intensité des pluies pour différentes périodes de retour cette intensité est représentée par la relation suivante :

$$Q = C.I.A$$

C : coefficient de ruissèlement, I : intensité, A : superficie

Les courbes Intensité-Durée-Fréquences permettent de synthétiser l'information pluviométrique d'une station donnée et l'estimation d'un éventuel débit d'écoulement. Ces courbes présentent un très grand intérêt dans un projet de modélisation hydrologique.

L'analyse des pluies est régie par deux lois générales exprimées de la manière suivante :

- Pour une même fréquence d'apparition - donc un même temps de retour - l'intensité d'une pluie est d'autant plus forte que sa durée est courte.
- Ou encore, la durée de pluie ou la précipitation sera d'autant plus intense que sa fréquence d'apparition sera petite (donc que son temps de retour sera grand).

Ces lois permettant d'établir les relations entre les intensités, la durée et la fréquence d'apparition des pluies qui sont représentées via des courbes caractéristiques : on parle généralement de courbes Intensité-Durée-Fréquence (**IDF**) (**fig.19**). La notion de fréquence est en fait exprimée par la notion de temps de retour. Figure, ci-dessous)

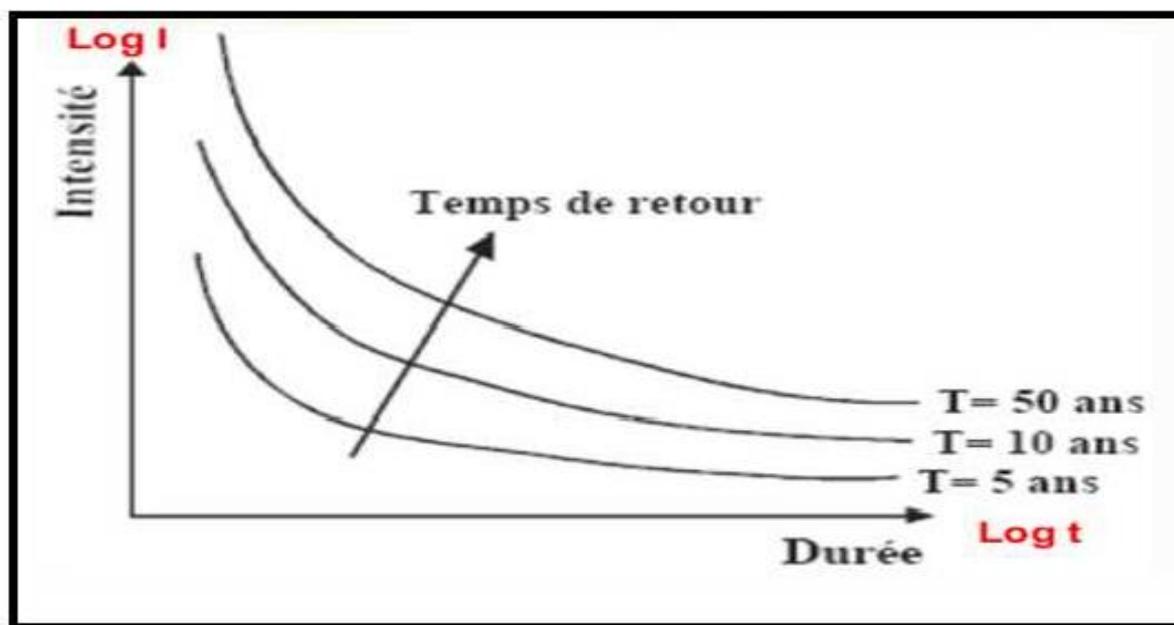


Figure19 : Représentation schématique des courbes IDF

III.2- Méthodologie

2.1. Etablissement des courbes IDF

La méthodologie d'établissement des courbes IDF est constituée de trois étapes :

**Première étape*

Une distribution de probabilité est ajustée à chaque échantillon de chaque durée selon la loi de Gumbel.

**Deuxième étape*

On détermine les quantiles correspondant à plusieurs périodes de retour spécifiées, en utilisant la distribution ajustée.

****Troisième étape***

On modélise les courbes IDF en ajustant une équation empirique sur les quantiles estimés pour chaque période de retour au moyen des régressions.

2.2. Méthode d'ajustement selon Gumbel

Le modèle fréquentiel dit de Gumbel ou double exponentiel est le plus utilisé pour décrire le comportement statistique des valeurs extrêmes des mesures surtout pluviométriques dans notre cas d'étude.

La fonction de répartition de la loi de Gumbel $F(x)$ s'exprime de la manière suivante :

$$F(x) = (- \exp(\frac{x-a}{b}))$$

avec la variable réduite suivante :

$$u = \frac{x-a}{b} \quad (b)$$

a et b sont les paramètres du modèle de Gumbel.

En pratique, il s'agit essentiellement d'estimer la probabilité de non dépassement $F(x_i)$ qu'il convient d'attribuer à chaque valeur x_i . Il existe de nombreuses formules d'estimation de la fonction de répartition à l'aide de la fréquence empirique. Elles reposent toutes sur un tri de la série par valeurs croissantes permettant d'associer à chaque valeur son rang r.

Des simulations ont montré que pour la loi de Gumbel, il faut utiliser la fréquence empirique de Hazen comme suit :

$$F(x_r) = \frac{r-0,5}{n}$$

r= rang

n= taille de l'échantillon

Rappelons encore que le temps de retour T d'un événement est défini comme étant l'inverse de la fréquence d'apparition de l'événement. Soit :

$$T = \frac{1}{1-F_q(xq)} \quad q=Q$$

III.3. Mise en œuvre

Etape 1 : Préparation de la série de données des précipitations.

- Trier les valeurs dans l'ordre croissant.
- Attribuer un rang à chaque valeur.

Etape 2 : Calcul de la fréquence empirique pour chaque rang (Hazen, équation).

Etape 3 : Calcul de la variable réduite « u » du Gumbel (équation).

Etape 4 : Représentation graphique des couples (u_i, x_i) de la série à ajuster (**figure.20**).

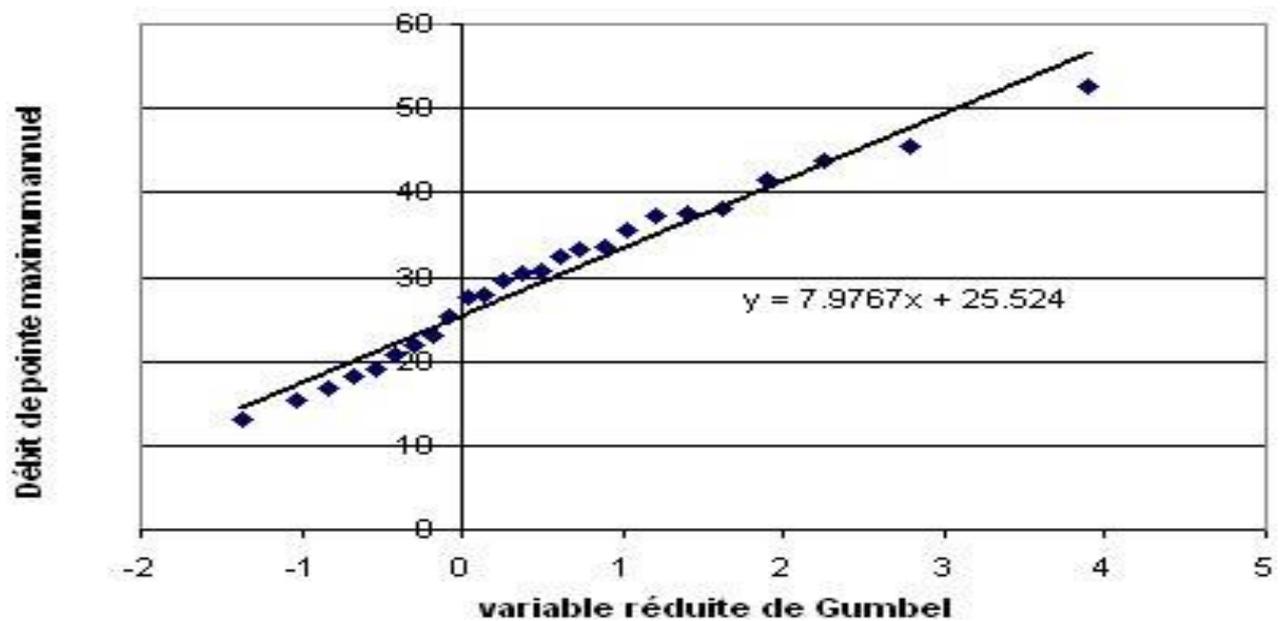


Figure20 : Courbe de variable réduite de Gumbel

III.4 Conclusion

Les courbes IDF servent à calculer l'intensité des pluies pour différentes périodes de retour afin de dimensionner les ouvrages de protection contre d'éventuelles inondations

III.5. Synthèse et interprétation des résultats de oued khemis et zio :

Avant la mise en œuvre de la méthode IDF, nous avons pensé qu'il était plus approprié l'étudier le comportement des précipitations dans deux régions différentes dans lesquelles l'étude et la comparaison ont été menées selon la période de répartition des précipitation selon les années. A travers notre étude de celles-ci, nous avons conclu ce qui suit :

On commence par oued khemis, nous avons remarqué les courbes histogrammes des précipitations journalières des années allant de **1977 à 1981** montre généralement deux périodes de précipitations ; la première période s'étend à partir du mois d'Octobre jusqu'au mois de Février avec des piques de pluies suivi d'une période de précipitation quasi nul en précipitations en été et la deuxième période allant de 1982 jusqu'à 1986 montre deux périodes bien distinguées, la première débute du mois d'Octobre jusqu'au mois de Mai. Une absence totale des précipitations en été. (Voir figure 21)

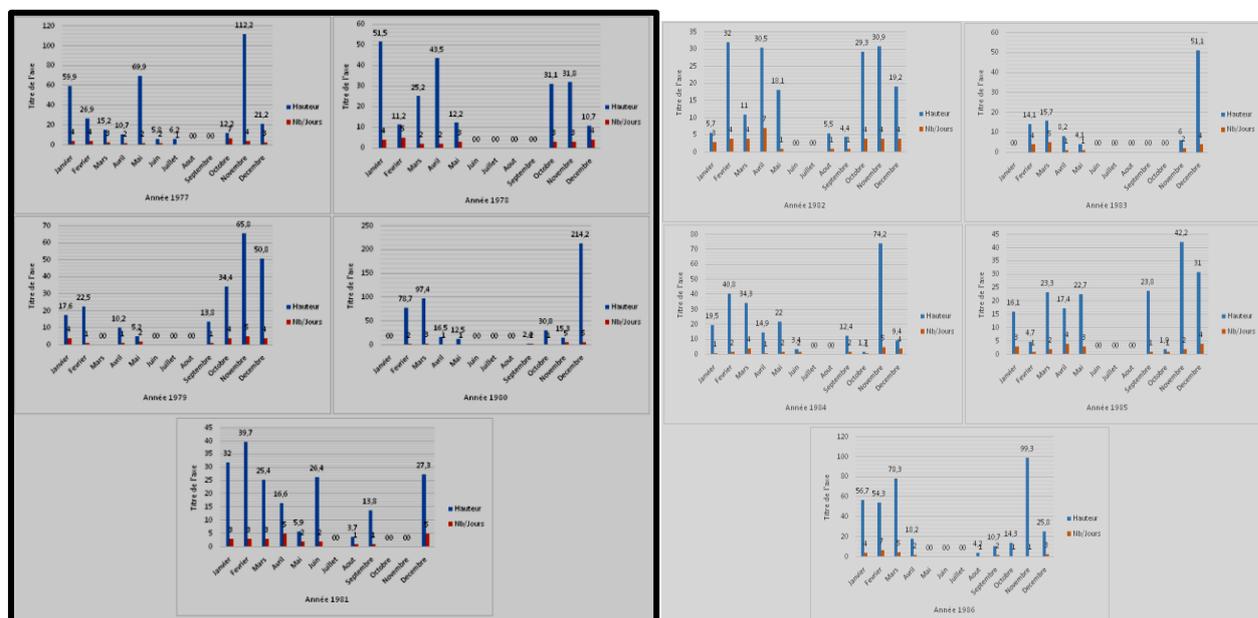


Figure21 : Répartition des précipitations en fonction du nombre de jour des périodes allant de 1977-1981et 1982-1986.

Quant au bassin zio, nous avons choisi sept stations à étudier parmi lesquelles nous mentionnons (la station d'Agou Gare, d'Assahoun, Tsévié, Kpalimé, Kpédji, Kouma Konda, Lomé). Nous avons remarqué que les périodes pluvieuses sont souvent celles notées en été ce qui est tout à fait normale selon le climat tropicale de la zone étudiée. IL reste à signaler que les lames d'eau écoulée sont très importantes et qu'elles peuvent être la conséquence de déclenchement des crues dévastatrices. La figure, ci-jointe, montre la répartition des maxima des pluies selon les stations et les mois correspondantes. Les stations de Lomé et Tsévié se distinguent des autres stations par une lame d'eau très importante toute les deux en mois de Septembre (voir figure 22)

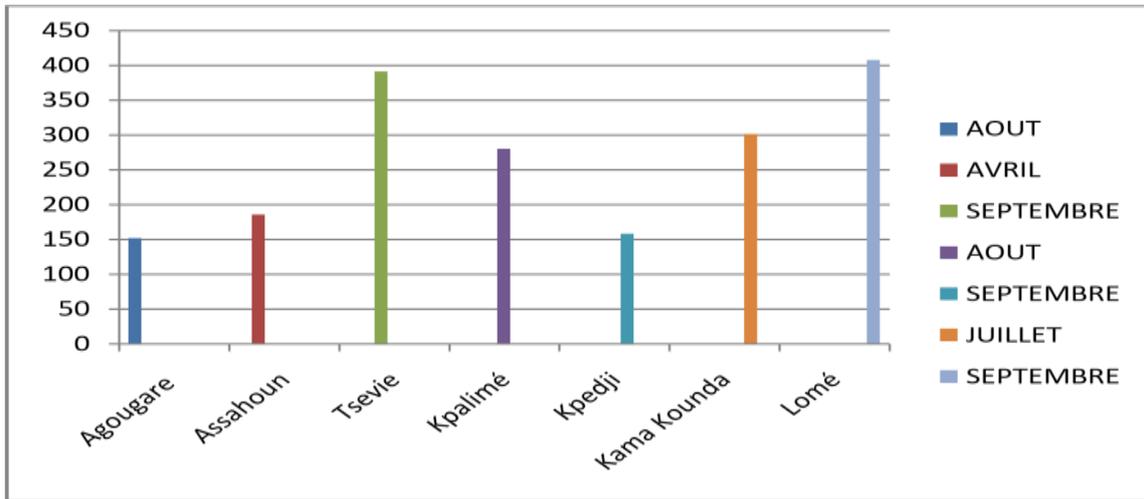


Figure22 : Répartition des précipitations des stations étudiées du Bassin versant de ZIO

5.1 MISE EN ŒUVRE DE LA METHODE IDF

Rappelons que l'objectif de notre travail est de pouvoir déterminer les lames d'eau écoulée puis de faire des prévisions sur les quantités extrêmes à venir via l'application de la variable réduite de Gumbel en se basant sur le report des données dans le script IDF implémenté sous Excel. (Fig 23 et 24).

Après calcul par le script, il en résulte les tableaux, ci-dessous, qui illustre les moyennes des lames précipitées d'oued khemis et celui de zio.

pluie de 1 jour					pluie de 2 jours				
rang [-]	fréquence empirique de Hazen [-]	variable réduite de Gumbel [-]	lame précipitée [mm/10]	lame précipitée estimée [mm/10]	rang [-]	fréquence empirique de Hazen [-]	variable réduite de Gumbel [-]	lame précipitée [mm/10]	lame précipitée estimée [mm/10]
2	0.150	-0.64	6,2	-2	9	0.950	1.82	69,9	69,9
1	0.050	-1.10	0	-12	8	0.750	1.25	43	43
7	0.650	0.84	22,5	30	2	0.150	-0.64	5,2	5,2
9	0.850	1.82	30,8	51	10	0.950	2.97	78,7	78,7
4	0.350	-0.05	13,8	11	5	0.450	0.23	26,4	26,4
5	0.450	0.23	18,1	17	1	0.050	-1.10	0	0
3	0.250	-0.33	8,2	5	3	0.250	-0.33	6	6
6	0.550	0.51	19,5	23	6	0.550	0.51	40,8	40,8
8	0.750	1.25	23,8	39	7	0.650	0.84	42,2	42,2
10	0.950	2.97	99,3	76	4	0.350	-0.05	18,2	18,2
		moyenne =	24,2	[mm/10]			moyenne =	33,0	[mm/10]
		variance =	780,0	[-]			variance =	727,7	[-]
Méthode des Moments :		paramètre b =	22	[mm/10]			paramètre b =	21	[mm/10]
		paramètre a =	11,7	[mm/10]			paramètre a =	20,9	[mm/10]
pluie de 3 jours					pluie de 4 jours				
rang [-]	fréquence empirique de Hazen [-]	variable réduite de Gumbel [-]	lame précipitée [mm/10]	lame précipitée estimée [mm/10]	rang [-]	fréquence empirique de Hazen [-]	variable réduite de Gumbel [-]	lame précipitée [mm/10]	lame précipitée estimée [mm/10]
6	0.550	0.51	21,2	23	10	0.950	2.97	112,2	112,2
8	0.750	1.25	31,8	39	8	0.750	1.25	51,5	51,5
1	0.050	-1.10	0	-15	6	0.550	0.51	50,8	50,8
10	0.950	2.97	97,4	79	1	0.050	-1.10	0	0
9	0.850	1.82	39,7	52	1	0.050	-1.10	0	0
4	0.350	-0.05	5,7	9	4	0.350	-0.05	32	32
1	0.050	-1.10	0	-15	7	0.650	0.84	51,1	51,1
1	0.050	-1.10	0	-15	5	0.450	0.23	34,3	34,3
5	0.450	0.23	16,1	16	3	0.250	-0.33	31	31
7	0.650	0.84	25,8	30	9	0.850	1.82	56,7	56,7
		moyenne =	23,8	[mm/10]			moyenne =	42,0	[mm/10]
		variance =	870,1	[-]			variance =	1022,5	[-]
		paramètre b =	23	[mm/10]			paramètre b =	25	[mm/10]
		paramètre a =	10,5	[mm/10]			paramètre a =	27,6	[mm/10]
pluie de 5 jours									
rang [-]	fréquence empirique de Hazen [-]	variable réduite de Gumbel [-]	lame précipitée [mm/10]	lame précipitée estimée [mm/10]					
1	0.050	-1.10	0	-38					
4	0.350	-0.05	11,2	16					
7	0.650	0.84	65,8	62					
10	0.950	2.97	214,2	172					
6	0.550	0.51	27,3	45					
1	0.050	-1.10	0	-38					
5	0.450	0.23	15,7	31					
8	0.750	1.25	74,2	83					
1	0.050	-1.10	0	-38					
9	0.850	1.82	78,3	113					
		moyenne =	48,7	[mm/10]					
		variance =	4364,1	[-]					
		paramètre b =	52	[mm/10]					
		paramètre a =	18,9	[mm/10]					

Figure 23 : Distribution de Gumbel pour la station d'Oued Khémis

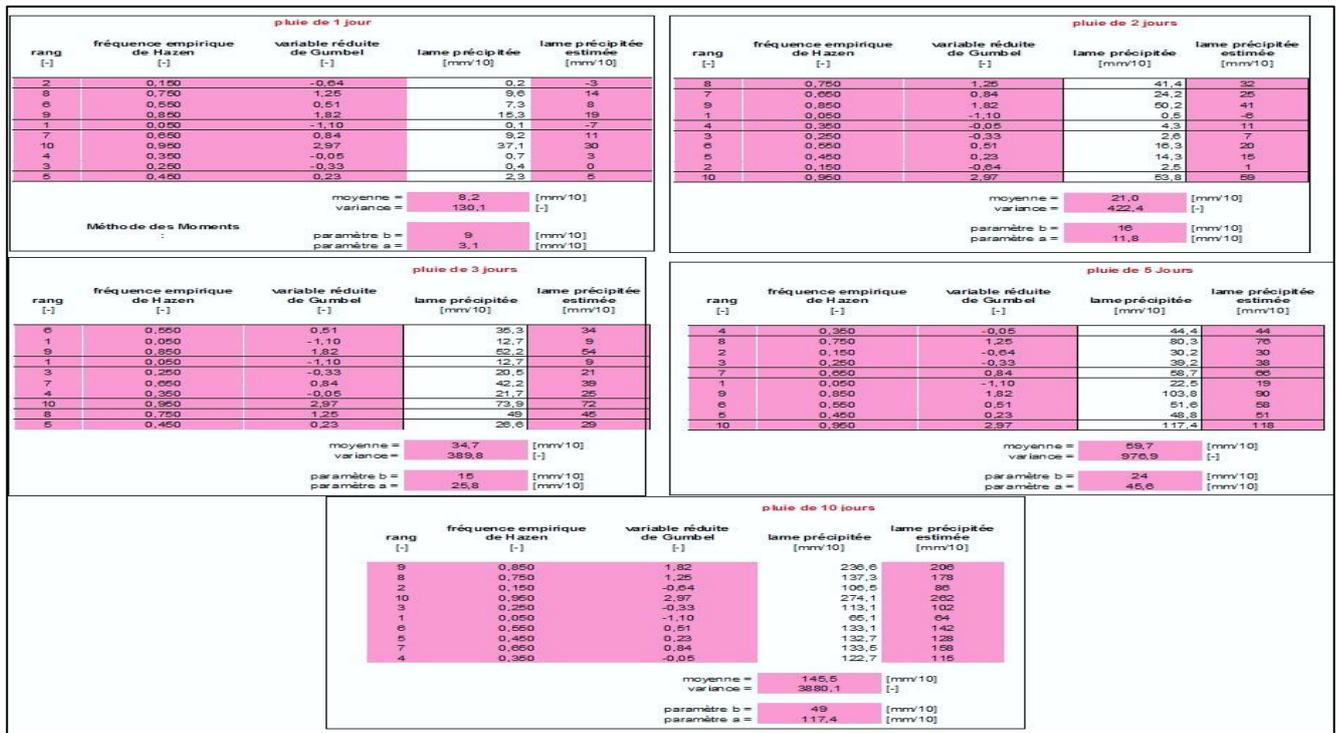


Figure 24 : Distribution de Gumbel pour la station de Tsévié

-La lame d'eau précipitée maximale a été calculée en fonction des temps de retour respectivement allant de 2ans, 5ans, 10ans, 20ans et 50ans. A partir des tableaux (Fig. 25 et 26), nous notons les résultats comme suit :

❖ pour oued khemis:

*Nous pouvons identifier les premières lames d'eau écoulée après 24 heures. Nous remarquons que la lame d'eau écoulée devient de plus en plus importante en fonction des temps de retour considérée. Par exemple

h= 24h la lame correspondante est égale à **20 mm** pour **J1**, elle est égale à **44** pour **J2** et **61 mm** pour **J3** et **97mm** pour **J5**.

Quant à l'intensité des précipitations, cette dernière est aussi importante et rejoint toute tendance à la hausse en fonction des temps de retour que nous avons mentionné.

Il serait intéressant de signaler que ces intensités deviennent plus faibles pour le J1 mais restent plus importantes pour les premières **24h** de chaque temps de retour.

❖ Pour le bassin zio :

- Les lames d'eau précipitées en **24h** tendent à être plus importantes pour les temps de retour en fonction des cycles de retour choisi.

- Concernant les durées de 5 jours par exemple, l'intensité pour le temps de retour **T=2ans** augmente considérablement en fonction du temps et ce pratiquement touche l'ensemble des lames calculées au-delà du temps de retour **T=2ans**

Nous remarquons aussi que, l'intensité moyenne dans le dernier tableau est plus importante pour une durée élevée de pluie par exemple pour 120h, l'intensité est de 0,2mm/h pour les trois temps de retour de **(3-5-10 ans)** qui se stabilise par la suite à ces niveaux pour des raisons qu'on ignore ou bien qu'il va falloir se référer aux données originales.

Paramètres a et b des droites d'ajustement (méthode des moments) :						
	pluie de 1 jour	pluie de 2 jours	pluie de 3 jours	pluie de 4 jours	pluie de 5 jours	
paramètre b =	22	21	23	25	52	[mm/10]
paramètre a =	11,7	20,9	10,5	27,6	18,9	[mm/10]
	temps de retour =					
	2	5	10	20	50	[an]
probabilité cumulée de non dépassement F =	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	[-]
variable réduite de Gumbel u =	0,37	1,50	2,25	2,97	3,90	[-]
Estimation des lames précipitées:						
Durée de la pluie [h]	Lame précipitée [mm/10]					
24	20	44	61	76	97	
48	29	52	68	83	103	
72	19	45	62	79	100	
96	37	65	84	102	125	
120	38	96	135	172	220	
Estimation des intensités pluviométriques:						
Durée de la pluie [h]	intensité moyenne [mm/h]					
24	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	
48	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	
72	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	
96	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	
120	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	

Figure 25 : Calcul des lames précipitées et des intensités oued khemis

Lames précipitées maximales pour TSEVI						
Paramètres a et b des droites d'ajustement (méthode des moments) :						
	pluie de 1 jour	pluie de 2 jours	pluie de 3 jours	pluie de 5 jours	pluie de 10 jours	
paramètre b =	9	16	15	24	49	[mm/10]
paramètre a =	3,1	11,8	25,8	45,6	117,4	[mm/10]
	temps de retour =					
	2	5	10	20	50	[an]
probabilité cumulée de non dépassement F =	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	[-]
variable réduite de Gumbel u =	0,37	1,50	2,25	2,97	3,90	[-]
Estimation des lames précipitées:						
Durée de la pluie [h]	Lame précipitée [mm/10]					
24	6	16	23	30	38	
48	18	36	48	59	74	
72	31	49	60	72	86	
96	55	82	100	118	141	
120	135	190	227	262	307	
Estimation des intensités pluviométriques:						
Durée de la pluie [h]	intensité moyenne [mm/h]					
24	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	
48	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	
72	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	
96	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
120	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	

Figure 26 : Calcul des lames précipitées et des intensités de Tsévié

La construction dans le graphique suivant des courbes intensités durée fréquence, nous a fourni les observations suivantes (**fig.27 et 28**) :

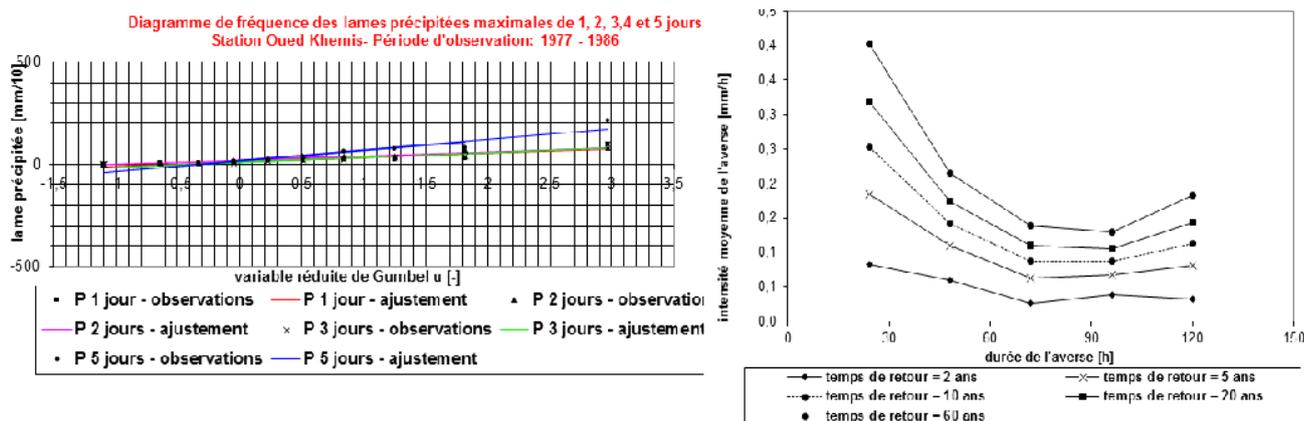


Figure 27 : Représentation des courbes IDF et des lames précipitées d'oued khemis

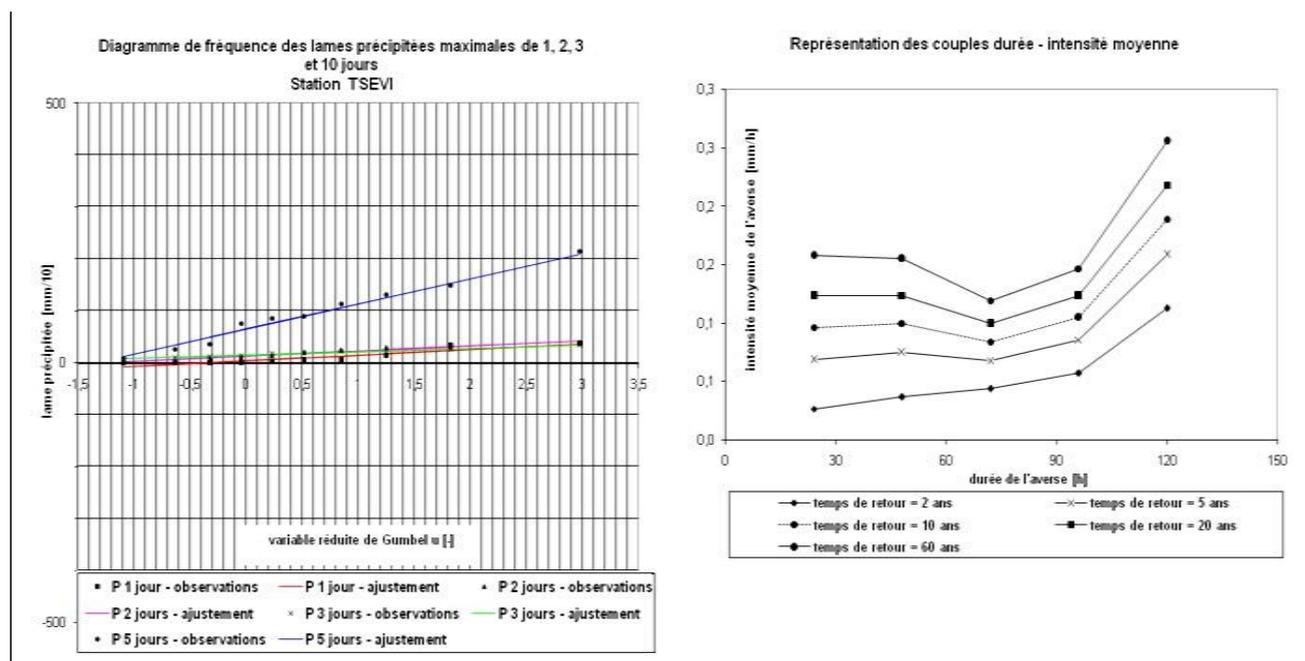


Figure 28 : Représentation des courbes IDF et des lames précipitées de zio

En plus de tout ce qui précède, les courbes IDF présentées dans les figures ci-dessus (**figure 27 et 28**) pour les deux bassins montrent les résultats suivants :

❖ **Oued khemis:**

*Pour la période de retours **T = 2ans**

L'observation des données met en évidence une baisse légère des pluies après **24h** avec une lame d'eau égale à **0.15mm/h** qui continue après **72 h**. Par la suite, on note une légère augmentation mais pas significative au-delà de 100h de pluie .

Il semble que le temps de retour de **2ans** se détache d'une manière très distincte des autres cycles de retour avec des intensités moyennement faibles .

*Pour la période **T = 5ans**

Une intensité importante est toujours signalée dans les premières **24h égales (0.24mm/h)**.

Après **48h** on assiste à une chute considérable des précipitations allant de **0.11 à 0.07mm/h**.

A partir de **72h jusqu'à 120h** l'intensité restant faible par rapport aux premiers événements tend vers une certaine stabilité.

*Pour **T = 10ans**

Dans les **24H** l'intensité des précipitations devient plus élevées et prend une valeur égale à **0.31mm/h** suivie d'une chute considérable aussi à partir des **48h (0.21mm/h)** qui continue en baisse jusqu'à **72h (0.11mm/h)** pour atteindre une valeur moins élevée que les premières heures.

*Pour **T = 20ans**

L'évolution de l'intensité demeure importante dans les 24h et atteint les **0.35mm/h** suivie toujours d'une baisse importante durant les **48h (0.23mm/h allant jusqu'à 0.17mm/h)** dans les **72h** on note toujours un palier moins important en allant vers les 120h.

•Pour **T = 50ans**

Les premières 24h sont marquées par une intensité très importante 0.46mm/h suivie par une baisse brutale après 72h puis la droite épouse l'allure générale de palier baisse après les trois jours.

❖ Bassin de zio :

•Pour **T= 2ans**

L'intensité est beaucoup plus faible pour les premières heures et tend à devenir plus sévère autrement dit plus dangereuse vers les heures qui viennent .

A ce niveau, on note aussi que l'intensité de la pluie au niveau de la station de Tsévié est plus importante en fonction du nombre de jours .

•Pour **T=5ans**

L'intensité est importante entre **24-50 h**. Au-delà de ce temps, une baisse est remarquée au niveau du temps 72h. Ensuite, nous remarquons une nouvelle augmentation au-delà de **80h** de pluie .

Par ailleurs, cette intensité tend à être extrêmement importante au-delà de **120h** ce qui nous fait pensé qu'au niveau de la station de Tsévié, la pluie a une durée de plus de dix jours pour les temps de retour **T= 5 ans, T=10 ans et T=60ans**.

Conclusion :

En conclusion, nous avons effectué une comparaison entre les deux bassins en suivant l'évolution de l'intensité des précipitations dans l'Oued Khemis et le bassin du Zio pendant plus de **10 ans** en appliquant la méthode de Gamble et en créant des courbes intensité-durée-fréquence (**IDF**) afin de déterminer la zone avec les précipitations les plus intenses et les plus vulnérables aux risques d'inondation, nous avons donc analysé Et en étudiant les résultats et les données précédemment mentionnés pour les deux bassins, nous avons conclu que le bassin de Khemis était caractérisé par deux stades d'intensité. Remarqué qu'il y avait de fortes pluies dans les premières heures, puis dans la deuxième étape, on a constaté une moindre importance en termes de quantité et d'intensité pour les trois jours suivants. Les courbes montrent une tendance significative à la hausse dans les premiers jours. Avec l'apparition d'un événement maximal les deux premiers jours puis une diminution les trois derniers jours qui suivent, alors le risque d'inondation peut être possible au niveau du bassin pendant les premières heures seulement, mais la présence d'un barrage dans le sens du cours d'eau du bassin réduit les écoulements à grande vitesse du fait de la présence d'Avèni dans la zone qui contribuera au transfert de quantités Il s'écoule vers un autre point inférieur au bassin Reste à noter que la partie basse du bassin reste la plus vulnérable partie et est plus vulnérable à toute crue potentielle qui pourrait affecter le bassin étudié. Quant au bassin de Zio, ses résultats ont montré une certaine stabilité pendant les premières heures en termes d'intensité, puis il y a toujours eu une diminution après **72 heures**, ce qui est moins important que les premières heures suivie d'une augmentation brutale de cette intensité après **120 heures** Par conséquent, le bassin de Zio a moins de risques d'inondations.

Enfin, il faut dire que la mise à jour de l'**IDF** des bassins versants de l'Oued Khamis et du Ziou sur la base des séries pluviométriques est nécessaire pour comprendre la variation de l'intensité des précipitations dans le contexte du changement climatique dans le but de prévenir les inondations et de concevoir des actions de protection.

Conclusion générale

A travers notre travail, nous avons voulu étudier deux régions différentes du point de vue géologique et géomorphologique, ainsi que du point de vue climatique, et ce dernier est notre objectif dans cette étude, et de là la première région, qui est Tlemcen qui se caractérise par un climat méditerranéen, et se caractérise par deux saisons, l'une humide et l'autre sèche. Dans notre zone d'étude du sous-bassin, l'Oued Khemis correspond à un vaste plateau enclavé entre les montagnes de Tlemcen et Horst Gare Ruban. Cette situation affecte les changements de température et le système de précipitations en créant un microclimat qui se reflète dans les paramètres climatiques d'un climat semi-aride avec des périodes irrégulières de sécheresse et d'humidité et la deuxième région, qui est le Togo, dans laquelle le fleuve Zio est situé, elle est caractérisé par un climat semi-tropical et a quatre saisons. Comme suit : une grande saison sèche, une grande saison des pluies, une petite saison sèche et une petite saison des pluies. Après avoir étudié toutes ces informations pour les deux régions, nous voulait aller plus loin en analysant et en comparant le climat et les caractéristiques de chaque région, nous avons donc conclu que chaque région diffère de l'autre dans les précipitations moyennes annuelles et saisonnières, en plus du pourcentage d'humidité et de sécheresse et de la différence de température, si il n'y a pas de correspondance entre eux et ils diffèrent les uns des autres, alors toutes les informations mentionnées ci-dessus avaient pour but d'étudier et de comparer l'intensité des précipitations pour chaque région en appliquant la propriété **Gumbel** et en créant des courbes **IDF** intensité-durée-fréquence qui Il montre le comportement des précipitations à l'échelle temporelle et spatiale et comment éviter les risques en cas de précipitations de forte intensité dans le bassin versant, car cette caractéristique protège et prévient les catastrophes et les inondations. A travers cette comparaison, nous avons conclu ce qui suit : En ce qui concerne le Bassin de Khamis, les précipitations sont plus intenses dans les premières heures, puis elles sont moins intenses dans les trois derniers jours, donc le risque d'inondation dans cette zone est possible sauf au début des pluies dans les premières heures seulement. Comme pour le bassin du Zio, les résultats ont montré une certaine stabilité dans les premières heures en termes d'intensité de pluie, puis une diminution a été observée après **72 heures** moins importante que les premières heures, puis suivie par une augmentation soudaine après **120 heures**, et donc le risque d'inondation dans ce bassin est moins probable.

Au final, il nous apparaît clairement que le risque d'inondation dépend de l'intensité des précipitations d'une région à l'autre, en fonction du travail avec les courbes **intensité-durée-fréquence**

(IDF) qui permettent de suivre le comportement des précipitations dans les bassins versants et comprendre également la variation de l'intensité des précipitations dans le contexte du changement climatique, et que dans le but de prévenir les inondations et de concevoir des ouvrages de protection et d'entretien.

Références bibliographiques :

Seltzer, P. 1946. Le climat de l'Algérie. Alger : Météo et Phys du Globe, Carbonnel.

AFFATON P. (1975 à 1987). Etude géologique et structurale du Nord-Ouest Dahomey, du Nord Togo et du Sud-Est de la Volta

AGBOSSOUMONDE Y. (1998). Les complexes ultrabasiques-basiques de la chaîne panafricaine au Togo (Axe – Atakpamé, sud Togo) : Etude pétrographique, minéralogique et géochimique. Thèse de Doctorat

Benest M. 1972. Importance des mouvements de coulissage et de rotation dans la mise en place de la partie occidentale de la dépression de Sebdo (Monts de Tlemcen). Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique Nord, Alger, t.62, fasc. 1-2, p.21-38, 5, 3pl. h.t

BEKHERREZ Mahmoud & KADRI Adil (2017) Contribution à l'étude du transport des sédiments en suspension dans le sousbassin de l'Oued Khemis à la station Zahra du diplôme de MASTER (2010-1999)

Benest M. 1985. Evolution de la plateforme de l'Ouest algérien et du Nord - Est marocaine au cours du Jurassique supérieur et au début du Crétacé : Stratigraphie, milieux de dépôts et dynamique sédimentaire. Thèse, Doctorat, Lab., Géol. Univ, Lyon. Fasc. 1, 367 p.,

AGBOSSOUMONDE Y., GUILLOT S., MENOT R.P. (2004). Pan-African subduction-collision event evidenced by high-pressure granulites from the Agou Massif, southern Togo. Precambrian Research, vol. 135, pp. 1-21

ANCEY C. (2018). Risques hydrologiques et aménagement du territoire

BAKRETI, A (2014). Modélisation du bassin versant de la Tafna ; thèse de doctorat.

BAUWENS, A., SOHIER, C., DEGRE, A., (2012). Impacts du changement climatique sur l'hydrologie et la gestion des ressources en eau du bassin de la Meuse (synthèse bibliographique).

Dakiche A., 1993. Etude statistique multidimensionnelle du régime pluviométrique et des crues application au bassin versant de la Tafna. ANRH, juin 1993.

BELARBI F. (2010). Etude de la pluviométrie journalière dans le bassin versant de la Tafna. Mémoire de Magister

BOIS, Ph., OBLED, Ch. et ZIN I. (2007) Introduction au traitement de données en hydrologie, - Janvier 2007.

BRAUDI. (2011). Pourquoi et comment étudier l'hydrologie des bassins versants périurbains. Apport des données de débit non systématiques pour l'étude des crues éclaircies.

BRUNET-MORET Y. (1969). Etude de quelques lois statistiques utilisées en hydrogéologie. ORSTOM.

BRUNET-MORET Y., (1971). Etude de l'homogénéité de séries chronologiques. ORSTOM.

CHAPONNIERE, A. (2005) Fonctionnement hydrologique d'un bassin versant montagneux semi-aride : cas du bassin versant du Rehraya (haut atlas marocain). Thèse de doctorat

Convention TOGO-ORSTOM du 26 – 01 – 1973. Annales hydrologiques du Togo : depuis la création des stations jusqu'à l'année hydrologique 1970 – 71, tome 1 ; bassin du mono, bassin du lac Togo.

DJELED., (2015). Les conditions de la sécheresse et les stratégies de sa gestion au Togo, atelier régional pour l'Afrique de l'ouest et central Mai 2015.

DJELE, D. (2015) Les conditions de la sécheresse et les stratégies de sa gestion au Togo, : atelier régional pour l'Afrique de l'Ouest et Central dans le cadre de l'initiative de l'ONU- Eau sur le développements des capacités à l'appui de politiques nationales de gestion de la sécheresse- Accra Ghana- Mai 2015.

DUBAND, D. (1982). Hydrologie statique approfondie de précipitations annuelles par la méthode des doubles masses

FAO (2014). Atlas des zones à haut potentiel aquacole du Togo,

GAGNON P.,(2012). Désagrégation statistique de la précipitation mésoéchelle. Thèse de PhD en Sciences de l'eau

GALEA G., (2006). Application du modèle convergent de la méthode hydrologique QDF au bassin versant du SAF, Larhyss journal n°5 Juin 2006.

GALEA G., et PRUDHOMME C.,(1994). Modèles débit-durée-fréquence et conceptualisation d'un hydrogramme de crue synthétique : validation sur le BVRE de Draix.

GARCON (1993). Etude des courbes Intensité Durée Fréquence des précipitations dans les alpes

GHANMI H.(2014). Estimation des courbes intensités durée aire fréquence (IDAF) de la région de Tunis dans un contexte multi fractal. Thèse de doctorat .

GNON-KONDE S., ADAMA A., AGBODJAN M., APALOO M. (1997). Géographie de l'Afrique. Le Togo, Hatier/Limusco, Paris, 2^e édition

JOURDAIN, V., TAHA B.M.J O., (2006). Modélisation régionale de type durée-débitfréquence (QdF) des évènements de crues printanières dans un cadre non stationnaire

KHANH-HUNG L. (2004). Mise à jour des courbes d'intensité durée fréquence des pluies de courte durée du climat récent au Québec ; 57^e congrès annuel de l'association canadienne des ressources hydriques.

LABORDE JP. (2000). édition 2000. Eléments d'hydrologie de surface.

LABORDE JP. (2009) édition 2009 Eléments d'hydrologie de surface

LUIZ LOPES DA SILVEIRA, A., (1993). Etude des relations intensité-durée-fréquence, distribution spatiale et coefficient d'abattement des précipitations du bassin du Diluvio à porto-allegre Brésil. Mémoire de D.E.A

MENASRIA A., (2016). Courbes IDF pour la région pluviométrique de la région centre de l'Algérie du Nord, mémoire de master.

MUSY A. et LAGLAINE (1992). Article hydrologie générale

MUSY, A. (1998). Hydrologie appliquée

MUSY, A. (2005).Cours hydrologie générale

MUSY, A. et HIGY, C., (2004). Hydrologie : une science de la nature

ORSTOM – LOME (1965).Les statistiques hydrologiques du Togo : description, caractéristiques annuelles, hauteurs et débits classés.

PLANTIER M.,(2003).Prise en compte de caractéristiques physiques du bassin versant pour la comparaison des approches globales et semi-distribuée en modélisation pluiedébit.Mémoire de DEA

Programme Nationale de Suivi de l'Environnement au Togo (PNSET), (2012).

Ministère de l'environnement et des ressources forestières. Janvier 2012.

RAKOTONDRABE F., (2007). Etude de la vulnérabilité des ressources en eau aux changements climatiques, modélisation par le logiciel WEAP 21 : cas du bassin versant de Morondava(SW de madagascar) ; mémoire de recherche

RIAD S. (2003).Typologie et analyse hydrologique des eaux superficielles à partir de quelques bassins versants représentatifs du Maroc. Thèse de doctorat

SAUQUET E., et Gilles Galea(2004). Caractérisation du régime des hautes eaux en débitdurée-fréquence, application au contexte algérien

SAUQUET, E, (2000). Régimes hydrologiques : des concepts et modèles renouvelés, adaptés au développement des connaissances-Mai 2000.

SAUQUET, E., JAVELLE, P., et LE CLERC, S., (2003).Description des régimes hydrologiques des hautes eaux : nouvelle formulation pour l'analyse en débit-durée-fréquence et applications en ingénierie.

SOGBEDJI, M. (1987).Etude de la pluviométrie du Togo méridional.

SYLVAIN J.P. (1986). Notes explicatives de la carte géologique de Lomé

TAIROU M. S., (2006). La tectonique tangentielle panafricaine au nord du TOGO

UNESCO – PARIS (1972).Bilan et tendance de la recherche en hydrologie 1965-74,

Annexe

Tableau 01: distribution de Gumbel pour la station d'oued khémis

pluie de 1 jour					pluie de 2 jours				
rang [-]	fréquence empirique de Hazen [-]	variable réduite de Gumbel [-]	lame précipitée [mm/10]	lame précipitée estimée [mm/10]	rang [-]	fréquence empirique de Hazen [-]	variable réduite de Gumbel [-]	lame précipitée [mm/10]	
2	0,150	-0,64	6,2	-2	9	0,850	1,82	69,9	
1	0,050	-1,10	0	-12	8	0,750	1,25	43	
7	0,650	0,84	22,5	30	2	0,150	-0,64	5,2	
9	0,850	1,82	30,8	51	10	0,950	2,97	78,7	
4	0,350	-0,05	13,8	11	5	0,450	0,23	26,4	
5	0,450	0,23	18,1	17	1	0,050	-1,10	0	
3	0,250	-0,33	8,2	5	3	0,250	-0,33	6	
6	0,550	0,51	19,5	23	6	0,550	0,51	40,8	
8	0,750	1,25	23,8	39	7	0,650	0,84	42,2	
10	0,950	2,97	99,3	76	4	0,350	-0,05	18,2	
			moyenne =	24,2 [mm/10]				moyenne =	33,0 [mm/10]
			variance =	780,0 [-]				variance =	727,7 [-]
Méthode des Moments :		paramètre b =	22 [mm/10]		paramètre b =		21 [mm/10]		
		paramètre a =	11,7 [mm/10]		paramètre a =		20,9 [mm/10]		
pluie de 3 jours					pluie de 4 jours				
rang [-]	fréquence empirique de Hazen [-]	variable réduite de Gumbel [-]	lame précipitée [mm/10]	lame précipitée estimée [mm/10]	rang [-]	fréquence empirique de Hazen [-]	variable réduite de Gumbel [-]	lame précipitée [mm/10]	
6	0,550	0,51	21,2	22	10	0,950	2,97	112,2	
8	0,750	1,25	31,8	39	8	0,750	1,25	51,5	
1	0,050	-1,10	0	-15	6	0,550	0,51	50,8	
10	0,950	2,97	97,4	79	1	0,050	-1,10	0	
9	0,850	1,82	39,7	52	1	0,050	-1,10	0	
4	0,350	-0,05	5,7	9	4	0,350	-0,05	32	
1	0,050	-1,10	0	-15	7	0,650	0,84	51,1	
1	0,050	-1,10	0	-15	5	0,450	0,23	34,3	
5	0,450	0,23	16,1	16	3	0,250	-0,33	31	
7	0,650	0,84	25,8	30	9	0,850	1,82	56,7	
			moyenne =	23,8 [mm/10]				moyenne =	42,0 [mm/10]
			variance =	870,1 [-]				variance =	1022,5 [-]
		paramètre b =	23 [mm/10]		paramètre b =		25 [mm/10]		
		paramètre a =	10,5 [mm/10]		paramètre a =		27,6 [mm/10]		
pluie de 5 jours									
rang [-]	fréquence empirique de Hazen [-]	variable réduite de Gumbel [-]	lame précipitée [mm/10]	lame précipitée estimée [mm/10]					
1	0,050	-1,10	0	-38					
4	0,350	-0,05	11,2	16					
7	0,650	0,84	65,8	62					
10	0,950	2,97	214,2	172					
6	0,550	0,51	27,3	45					
1	0,050	-1,10	0	-38					
5	0,450	0,23	15,7	31					
8	0,750	1,25	74,2	83					
1	0,050	-1,10	0	-38					
9	0,850	1,82	78,3	113					
			moyenne =	48,7 [mm/10]					
			variance =	4364,1 [-]					
		paramètre b =	52 [mm/10]						
		paramètre a =	18,9 [mm/10]						

Tableau 02 : distribution de Gumbel pour la station du bassin zio

pluie de 1 jour					pluie de 2 jours				
rang [-]	fréquence empirique de Hazen [-]	variable réduite de Gumbel [-]	lame précipitée [mm/10]	lame précipitée estimée [mm/10]	rang [-]	fréquence empirique de Hazen [-]	variable réduite de Gumbel [-]	lame précipitée [mm/10]	lame précipitée estimée [mm/10]
2	0,150	-0,84	0,2	-3	8	0,750	1,25	41,4	32
8	0,750	1,25	9,6	14	7	0,650	0,84	24,2	25
6	0,550	0,51	7,3	8	9	0,850	1,82	50,2	41
9	0,850	1,82	15,3	19	1	0,050	-1,10	0,5	-8
1	0,050	-1,10	0,1	-7	4	0,350	-0,05	4,3	11
7	0,650	0,84	9,2	11	3	0,250	-0,33	2,6	7
10	0,950	2,97	37,1	30	6	0,550	0,51	16,3	20
4	0,350	-0,05	0,7	3	5	0,450	0,23	14,3	15
3	0,250	-0,33	0,4	0	2	0,150	-0,64	2,5	1
5	0,450	0,23	2,3	5	10	0,950	2,97	53,8	59
moyenne = 8,2 [mm/10] variance = 130,1 [-]					moyenne = 21,0 [mm/10] variance = 422,4 [-]				
Méthode des Moments : paramètre b = 9 [mm/10] paramètre a = 3,1 [mm/10]					paramètre b = 16 [mm/10] paramètre a = 11,8 [mm/10]				
pluie de 3 jours					pluie de 5 Jours				
rang [-]	fréquence empirique de Hazen [-]	variable réduite de Gumbel [-]	lame précipitée [mm/10]	lame précipitée estimée [mm/10]	rang [-]	fréquence empirique de Hazen [-]	variable réduite de Gumbel [-]	lame précipitée [mm/10]	lame précipitée estimée [mm/10]
6	0,550	0,51	35,3	34	4	0,350	-0,05	44,4	44
1	0,050	-1,10	12,7	9	8	0,750	1,25	80,3	76
9	0,850	1,82	52,2	54	2	0,150	-0,64	30,2	30
1	0,050	-1,10	12,7	9	3	0,250	-0,33	39,2	38
3	0,250	-0,33	20,5	21	7	0,650	0,84	58,7	66
7	0,650	0,84	42,2	39	1	0,050	-1,10	22,5	19
4	0,350	-0,05	21,7	25	9	0,850	1,82	103,8	90
10	0,950	2,97	73,9	72	6	0,550	0,51	51,6	58
8	0,750	1,25	49	45	5	0,450	0,23	48,8	51
5	0,450	0,23	26,6	29	10	0,950	2,97	117,4	118
moyenne = 34,7 [mm/10] variance = 389,8 [-]					moyenne = 59,7 [mm/10] variance = 976,9 [-]				
paramètre b = 15 [mm/10] paramètre a = 25,8 [mm/10]					paramètre b = 24 [mm/10] paramètre a = 45,6 [mm/10]				
pluie de 10 jours									
rang [-]	fréquence empirique de Hazen [-]	variable réduite de Gumbel [-]	lame précipitée [mm/10]	lame précipitée estimée [mm/10]					
9	0,850	1,82	236,6	206					
8	0,750	1,25	137,3	178					
2	0,150	-0,64	106,5	86					
10	0,950	2,97	274,1	262					
3	0,250	-0,33	113,1	102					
1	0,050	-1,10	66,1	64					
6	0,550	0,51	133,1	142					
5	0,450	0,23	132,7	128					
7	0,650	0,84	133,5	158					
4	0,350	-0,05	122,7	115					
moyenne = 145,5 [mm/10] variance = 3880,1 [-]									
paramètre b = 49 [mm/10] paramètre a = 117,4 [mm/10]									

Tableau 03 : IDF des lames précipitées et des intensités oued khemis

Paramètres a et b des droites d'ajustement (méthode des moments) :						
	pluie de 1 jour	pluie de 2 jours	pluie de 3 jours	pluie de 4 jours	pluie de 5 jours	
paramètre b =	22	21	23	25	52	[mm/10]
paramètre a =	11,7	20,9	10,5	27,6	18,9	[mm/10]
	temps de retour =					
	2	5	10	20	50	[an]
mulée de non dépassement F =	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	[-]
variable réduite de Gumbel u =	0,37	1,50	2,25	2,97	3,90	[-]
Estimation des lames précipitées:						
Durée de la pluie [h]	Lame précipitée [mm/10]					
24	20	44	61	76	97	
48	29	52	68	83	103	
72	19	45	62	79	100	
96	37	65	84	102	125	
120	38	96	135	172	220	
Estimation des intensités pluviométriques:						
Durée de la pluie [h]	intensité moyenne [mm/h]					
24	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	
48	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	
72	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	
96	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	
120	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	

Tableau 04 : IDF des lames précipitées et des intensités du bassin Zio

Lames précipitées maximales pour TSEVI						
Paramètres a et b des droites d'ajustement (méthode des moments) :						
	pluie de 1 jour	pluie de 2 jours	pluie de 3 jours	pluie de 5 jours	pluie de 10 jours	
paramètre b =	9	16	15	24	49	[mm/10]
paramètre a =	3,1	11,8	25,8	45,6	117,4	[mm/10]
	temps de retour =					
	2	5	10	20	50	[an]
probabilité cumulée de non dépassement F =	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	[-]
variable réduite de Gumbel u =	0,37	1,50	2,25	2,97	3,90	[-]
Estimation des lames précipitées:						
Durée de la pluie [h]	Lame précipitée [mm/10]					
24	6	16	23	30	38	
48	18	36	48	59	74	
72	31	49	60	72	86	
96	55	82	100	118	141	
120	135	190	227	262	307	
Estimation des intensités pluviométriques:						
Durée de la pluie [h]	intensité moyenne [mm/h]					
24	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	
48	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	
72	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	
96	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
120	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	