

N° Ordre :

République Algérienne Démocratique et Populaire



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique

Université d'Oran 2

Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers

Département des Sciences de la Terre



MÉMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de Master en Sciences de la Terre

Spécialité : Hydrosystèmes et ressources en eau.

ETUDE DE CRUE, CAS DE BASSIN VERSANT OUED DEFFA (LA VILLE D'EL BAYADH, ATLAS SAHARIEN CENTRAL, ALGERIE).

Présenté par :

M. RAHMANI Abd El Wahed

M. HADDI Omar

Soutenu publiquement le 11-07-2019, devant la commission d'examen composée de :

Mme BAKRITL.A	Maître de conférences	''B''	Président
Mme BELKHAIR.K	Maître Assistante	''A''	Encadreur
Mlle ABLOU.I.H	Maître Assistante	''A''	Examineur

Promotion 2018/2019

Remerciements

*Quelques lignes ne pourront jamais exprimer la reconnaissance que
Nous éprouvons envers tous ceux qui, de pris ou de loin, ont contribué, par
leurs conseils, leurs encouragements ou leurs amitiés à l'aboutissement de
Ce travail.*

*Nos vifs remerciements accompagnés de toute notre gratitude
Vont tout d'abord à **Allah** le tout puissant.*

*En premier lieu, nous adressons nos sincères remerciements à **Mme K.BELKHAIR**,
qui nous a fait l'honneur de nous encadrer tout au long de ce travail.
Ces conseils judicieux, son sens de la motivation, son appui infaillible et la grande
liberté qu'il nous a laissée ont été des encouragements décisifs et précieux qui nous
ont permis de mener à bien ce travail, nous lui témoignons notre très vive et
respectueuse gratitude.*

*Nous remercions également très chaleureusement tous les enseignants du
département, en particulier **Mme BAKRITI, Mlle ABLAOUI, Mr SAFA, Mr
BENALI, Mr M HAMIDI** pour leur solennité.*

*Notre reconnaissance va à tous nos enseignants de département des sciences de la
terre, et l'univers en général.*

*Enfin, nous remercions tous nos amis(es) pour leur soutien moral durant
cette expérience...*

Dédicace

A celle qui a attendu avec patience les fruits de leur bonne éducation...

A ma chère mère

*A ceux qui m'a indiqué la bonne voie en me rappelant que la volonté fait
toujours les grands hommes...*

A mon cher père

A ceux qui ont m'encouragés toujours épaulés et supportés...

A mes chers frères et sœurs

A mon binôme

À tous mes amis(es) et proches.

...Je dédie ce travail

HADDI Omar, RAHMANI Abd El Wahed.

Résumé

La ville De l BAYADH est confrontée aux phénomènes des crues qui engendrent des inondations et qui se manifestent de façon catastrophique constituant ainsi une contrainte majeure pour le développement économique et social. Ces inondations sont des catastrophes naturelles les plus destructives et même les plus fréquentes ; elles occasionnent des pertes en vie humaines et matérielles importantes, montrent le caractère exceptionnel et dangereux des crues.

Les zones urbaines à forte concentration de population sont menacées par les effets dévastateurs des crues qui sont aggravées par l'action de l'homme (occupation des lits de la rivière).

Les risques d'inondations sont dus à l'interaction complexe de plusieurs composantes; c'est le produit de la concomitance des facteurs topographiques, géologiques, hydrologiques et météorologiques.

La réduction des dommages causées par ces calamités nécessite d'abord une parfaite identification des régions présentant le risque d'inondabilité et des facteurs favorisant et amplifiant l'ampleur des dégâts et des pertes engendrées par ces catastrophes.

La détermination des débits des crues du projet sera un outil précieux pour le dimensionnement des ouvrages de protections contre les inondations et pour cela on a opté de travailler par la méthode empirique. Cette méthode a permis de reconnaître le débit de différentes fréquences par les aspects du débit de pointe et de l'hydrogramme de crue.

Mots clés : Inondation, Bassin versant, Laminage des crues, Risque, Hydrologie .

Summary

The town of EL Bayadh is confronted with the phenomena of raw and the floods which appear in a catastrophic way thus constituting a major constraint for the economic and social development. These floods are the natural catastrophes most destructive and even most frequent; they cause losses in life human and material important, show the exceptional and dangerous character risings.

The urban zones with strong concentration of population are threatened by the devastators effects of raw which are worsened by the action of the man (occupation of the river beds).

The risks of floods are due to the complex interaction several components; it is the product of the concomitance of the factors topographic, geological, hydrological and weather.

The reduction of the damage caused by these calamities requires initially a perfect identification of the areas presenting the risk of inondability and of the supporting and magnifying factors the extent of the damage and the losses generated by these catastrophes.

The determination the flows of believed of the project will be an invaluable tool for the dimensioning of the works of protections against the floods and for this reason one chose to work by the method by empirical methods. This method has allowed recognizing the flow of different frequencies by the aspects of peak flows and the flood hydrogram.

Key words: Flood, catchments Area, Rolling of the risings, Risk, Hydrology.

List Des Symboles

S : Surface totale de bassin versant (Km^2)

CGS : le centre Nationale de Recherche Appliquée en Génie Parasismique

P : périmètre de bassin versant

Kc : Indice de compacité de Gravelius

A : surface du bassin versant (km^2).

Leq : la longueur du le rectangle équivalent (km)

H50% : L'altitude médiane du bassin versant

Hmoy : L'altitude moyenne du bassin versant

H_{max} : L'altitude maximale du bassin versant

H_{min} : L'altitude minimale du bassin versant

H_i : Altitude moyenne entre deux courbes de niveaux consécutives en m.

S_i : surface partielle comprise entre deux courbes de niveaux consécutives en Km^2 .

I_g : L'indice de pente globale

D : dénivelée entre H_{max} et H_{min} en (m)

H95% : l'ordonnée à 95% dans la courbe hypsométrique (m)

H5% : l'ordonnée à 5% dans la courbe hypsométrique (m)

Pmoy : Pente moyenne du bassin versant %.

ΔH : Dénivelée entre deux courbes de niveau (m).

L_i : Longueur de la courbe de niveau d'ordre 1, 2, 3..., n (m).

D_d : densité de drainage en Km^{-1}

L_t : Longueur du talweg en Km.

I : pente moyenne du cours d'eau principal %

T_h : Temps d'humectation

T_r : Temps de ruissellement

T_a : Temps d'acheminement

T_c : Le temps de concentration (h)

V_r : Vitesse d'écoulement pour les petits cours d'eau, elle est proche de 1.5 m /s.

Dt : Dénivelée entre deux extrémités du talweg principal (m).

Tmax : La température maximale mensuelle maximale

Tmoy : La température moyenne mensuelle minimale

Tmin : La température minimale mensuelle minimale

h : Durées quotidiennes d'insolation (heures).

H : l'humidité relative en %.

I: Indice d'aridité de DEMARTONNE

Q : L'indice d'EMBERGER

ETP : Évapotranspiration potentiel (cm).

T : Température moyenne annuelle (° C).

R : Ruissellement (mm).

I : Infiltration en (mm).

VI : Volume d'eau infiltrée

Le : Lane d'eau écoulée (mm).

\bar{P} : Pluie moyenne annuelle (mm).

Me : Module de l'écoulement (l/s).

A : Apport moyen annuel (l)

Ms: Module de l'écoulement spécifique (l/s/Km²).

M₀ : Débit unitaire en l /s/km².

Es : Taux d'érosion (t/Km²/an).

Vs : Apport solide (m³/an).

t_m : Temps de montée (h).

t_a : temps de descente (h).

t_b : Temps de base (h).

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I- CONSIDERATION GENERALES

A- INTRODUCTION	02
B- CADRE GENERAL	02
1- Situation géographique	02
2- Situation géo- administrative de la wilaya d'EL BAYADH.....	03
3- Situation topographique	04
4- Situation climatique	05
5- Situation géologique	05
6- Sismicité	05
7- Situation Hydrogéologique.....	06
8- Hydrographie	06
C- PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	06
1- Cadre géographique	06
1.1- Définition d'un bassin versant	06
1.2- Identification du bassin versant du Chott chergui.....	07
1.3- Identification du bassin versant du l'Oued Deffa	08
2- Cadre géologique	08
2.1- LE JURASSIQUE	09
2.1.2- LECALLOVO-OXFORDIEN	09
2.1.3- LE KIMMERIDGIEN	09
2.2- Infra-crétacé.....	09
2.3- Valanginien	09
2.4- Hauterivien	10
2.4.1- Hauterivien gréseux	10
2.4.2- Hauterivien calcaires	10
2.5- Tertiaire Continental	10
2.6- Quaternaire	10
3- Morphométrie du bassin versent	13
3.1- La surface	13
3.2- Le périmètre.....	13

3.3- Indice de compacité de Gravelius.....	13
3.4- Rectangle équivalent.....	13
3.5- Relief	14
3.6- Répartitions et courbe hypsométrique.....	15
3.7- Les altitudes caractéristiques.....	16
3.8- Indice de pente global I_g	17
3.9- Pente moyenne du bassin versant	17
3.10- Caractéristiques du réseau hydrographique.....	18
3.10.1- Définition	18
3.10.2- Hiérarchisation du réseau.....	18
3.10.3- Densité de drainage.....	19
3.10.4- la pente moyenne du cours d'eau principal.....	20
D- CONCLUSION	22
CHAPITRE II- ETUDE CLIMATOLOGIQUE ET HYDROLOGIQUE	
A- ETUDE CLIMATOLOGIQUE.....	23
1- Introduction	23
2- Données climatiques.....	23
3- Température.....	24
4- L'insolation	25
5- L'humidité Relative.....	25
6- Le Vent	26
7- Evaporation.....	27
8- Étude des précipitations.....	28
8.1- Précipitations moyenne mensuelles (mm)	28
8.2- Précipitations saisonnières.....	29
9- Indices climatiques généraux.....	30
9.1- indice de DEMARTONNE	30
9.2- Indice d'EMBERGER	32
9.3- L'évapotranspiration réelle (ETR)	34
9.4- L'évapotranspiration potentielle (ETP)	34
9.5- Ruissellement	35
9.6- Infiltration	35
9.7- Volume d'eau infiltrée.....	36

B- ETUDE HYDROLOGIQUE.....	37
1-Introduction.....	37
2- Prédétermination des crues.....	37
2.1- Analyse de pluie fréquentielle.....	37
2.1.1- Calcul de la pluie maximale journalière fréquentielle.....	37
2.1.2- Choix de la loi d'ajustement	40
2.1.3- Temps de concentration.....	42
2.1.4- Calcul de la quantité de pluie maximale durant le temps de concentration (Tc).....	44
2.1.5- Vitesse moyenne de ruissellement Vr.....	44
2.1.6- Pluie de courte durée.....	45
C- CONCLUSION	48
CHAPITRE III- ETUDE DE CRUE	
A- INTRODUCTION.....	49
B- DEFINITION.....	49
1- Inondation.....	49
2- Crue.....	49
2.1- Éléments descriptifs d'une crue.....	49
2.2- Principaux paramètres nécessaires pour évaluer la catastrophe.....	50
3- Mécanismes de l'inondation.....	51
4- Les inondations en Algérie.....	51
C- LA CRUE DE LA VILLE D'EL BAYADH.....	51
1- Photos d'inondation de la ville d'El Bayadh 01 Octobre 2011.....	53
2- Historique des inondations de la ville d'El Bayadh.....	54
3- Application sur le bassin versant.....	55
3.2- Hydrogramme des crues	56
3.2.1- calcul de volume de la crue.....	59
4-Protection contre les crues	59
4.1- Introduction.....	59
4.2- Les zones les plus risques de crue.....	59
5- Les solutions de risque de crue de l'oued Deffa.....	60
D- CONCLUSION.....	61
CONCLUSION GENERALE	

Figure 1: Localisation géographique de la wilaya d'EL BAYADH (DPAT, 2010).....	02
Figure 2: les limites géo- administrative de la wilaya d'EL BAYADH.....	04
Figure 3 : Situation géographique de la ville d'El Bayadh.....	05
Figure 4 : Localisation du bassin du Chott Chergui en Algérie.....	07
Figure 5: le bassin versant d'oued Deffa.....	08
Figure 6 : Carte géologique de la région d'el bayadh.....	11
Figure 7 logs stratigraphiques de la région d'El Bayadh (ATLAS KSEL).....	12
Figure 8 : représente le relief de la zone d'étude (HCDS D'EL BAYADH 2017).....	14
Figure 9 : Courbe hypsométrique du bassin versant.....	15
Figure 10: Hiérarchisation du réseau hydrographique	19
Figure11 : Localisation de la station pluviométrique d'El Bayadh. (La Direction des Ressources En Eau de la Willaya D'El Bayadh.).....	23
Figure 12: Courbe de Variations des différentes températures mensuelles.....	24
Figure13: Courbe de Durées quotidiennes d'insolation (heures).....	25
Figure 14: Histogramme d'humidité relative en %.....	26
Figure 15 : Courbe de Répartitions des vents.....	27
Figure16 : Courbe de Répartitions de l'évaporation.....	28
Figure17 : Répartition moyenne mensuelle des précipitations.....	29
Figure18 : Répartition saisonnières de la pluviométrie.....	30
Figure19: l'indice d'aridité de DEMARTONNE.....	31
Figure 20 : Abaque de Climat gramme pluviométrique d'EMBERGER.....	33
Figure21 : ajustement de la loi de log normal.....	41
Figure22: courbes des pluies fréquentielles.....	47
Figure 23 : Eléments descriptif d'une crue (BEN AMOR.M.F, 2010).	50
Figure 24 : Image satellitaire des quartiers qui sont plus près de l'Oued El Bayadh(SAETI, 2012).....	52
Figure 25 : Photos de la crue de ville d'El Bayadh 01 Octobre 2011.....	53
Figure 26 : Hydrogramme de crue.....	58
Figure 27: Les zones les plus à risque de crue	60
Figure 28: les solutions d'aménagement	61

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : présente trois grandes zones distinctes.....	03
Tableau 2 : Répartition altimétrique du bassin versant.....	15
Tableau 3 : Les altitudes caractéristiques.....	16
Tableau 4 : Indice de pente global.....	17
Tableau 5 : Pente moyenne du bassin versant.....	17
Tableau 6 : Pente moyenne du cours d'eau principal.....	20
Tableau 7 : Caractéristiques du bassin versant.....	21
Tableau 8 :Identification de la station pluviométrique.....	23
Tableau 9 :Répartition de la température pour l'année 2011. (Source : Centre climatologique D'El Bayadh)	24
Tableau 10 : Durées quotidiennes d'insolation (heures).....	25
Tableau 11 : l'humidité relative en % (période 1973-2000).....	25
Tableau 12 : repartions des vents (1978-1983).....	26
Tableau 13 : Les valeurs moyennes mensuelles de l'évaporation.....	27
Tableau14 : Répartition moyenne mensuelle des précipitations.....	28
Tableau 15 : Répartition des pluies saisonnières en pourcentage et en (mm).....	29
Tableau 16 : Caractéristiques climatiques du bassin versant de l'Oued.	36
Tableau 17 : résulte de calcul $P_{jmax}\%$	37
Tableau 18 :Série des pluies maximales journalières à la station d'El Bayadh.....	39
Tableau 19 : Caractéristiques de la série avec N=34ans (l'ANRH de BLIDA.).....	40
Tableau 20 : résultat de l'ajustement a la loi de GALTON.....	40
Tableau 21 : Caractéristiques de l'échantillon.....	41
Tableau 22 : Temps de concentration pour les différents auteurs.....	42
Tableau 23 : Calcul de la pluie maximale pendant le temps de concentration.....	44
Tableau 24 . Pluies et intensités maximales de durée t (h) et de période retour.....	46
Tableau 25 : Historique des inondations de 1994 à 2011.....	54
Tableau 26 : Résultats d'évaluation des crues par la loi empirique Sokolovisky.....	56
Tableau 27 : Débits de crues pour différentes périodes de retour	57
Tableau 28 : Volume de crue pour différentes périodes.....	59

INTRODUCTION GENERALE

Les crues des rivières sont des phénomènes naturels que l'Homme ne peut contrôler. Partout dans le monde, la montée des eaux des rivières a lieu de façon récurrente avec une ampleur plus ou moins importante. Au cours des derniers siècles, l'Homme a naturellement peuplé les lits majeurs des rivières pour pouvoir utiliser toutes les richesses de celles-ci. Mais les crues peuvent engendrer des inondations qui causent chaque année des dégâts matériels et humains considérables du fait de la présence de plus en plus importante d'activités humaines au bord des rivières.

L'Algérie, de sa part, est confrontée aux phénomènes de crues et d'inondations qui sont plus fréquents que les séismes. Ces phénomènes provoquent des catastrophes plus destructrices. En attendant, les analyses faites à propos des crues et des inondations dans notre pays mettent en évidence leur violence et leur spontanéité ainsi que leur survenance brutale après une période de sécheresse.

Le phénomène naturel abordé dans cette étude concerne les inondations qui constituent un danger permanent dans la ville d'El Bayadh. L'inondation se fait dans une étendue très plate qui accentuent la propagation du phénomène et qui se manifeste en zone urbaine fortement imperméable, Ce dernier provoque généralement des dégâts matériels et environnementaux.

Ce travail a pour but de trouver des solutions efficaces et fiables pour résoudre le problème définitif de cette catastrophe afin de contribuer à la protection de la zone El Bayadh contre les inondations. Il sera structuré de la manière suivante:

Chapitre I : considérations générales

Ce chapitre décrit la zone d'étude et définit la caractéristique morphométrique et hydrographique du bassin versant de l'oued Deffa.

Chapitre II : étude climatologique et hydrologique

Est consacré à l'étude climatologique et traite la partie hydrologique de bassin versant

Chapitre III : étude de crue

ce chapitre étudie les crues par l'utilisation de méthode empirique permettant d'atteindre deux objectifs principaux; notamment l'estimation des débits max à l'exutoire du bassin versant étudié, pour des périodes de retour allant de 5 à 100 ans et la détermination de la forme de l'hydrogramme des crues et l'estimation des volumes de crues.

I- CONSIDERATION GENERALES

A- INTRODUCTION

Nous abordons dans ce chapitre le contexte géographique, géologique et climatique de la région d’El Bayadh.

B- CADRE GENERAL

1- Situation géographique

La Wilaya d’EL Bayadh est comprise entre les parallèles 30° 42'et 34° 28' de l’altitude Nord et entre les méridiens de longitude 0° 24' à l'Ouest fuseau 30 et 2° 16' à l'Est fuseau 31. (Figure 1)

Elle s’étend sur une superficie de 71 697 km², soit 3 % du territoire national. Elle s’étend du chott chergui à l’Erg Occidental et est dominée par les trois monts du djebel Amour de la chaîne Atlas Saharien, le Boudergua 1873 mètres, majestueux par sa masse avec ses vestiges du poste optique, El Ouastani 1878 mètres et le grand Ksel avec 2008 mètres (BOUSSEMGHOUN, 2010).

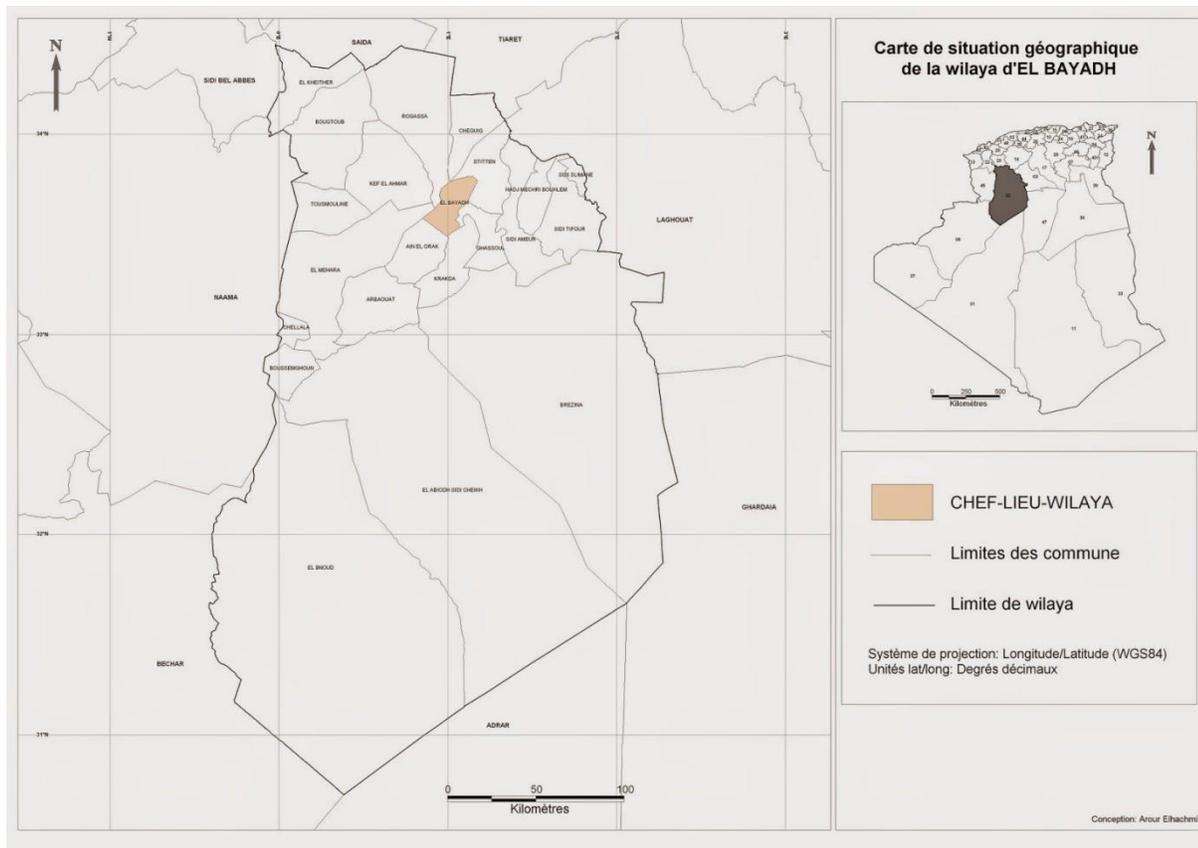


Figure 1: Localisation géographique de la wilaya d’EL BAYADH. (DPAT, 2010)

2- Situation géo- administrative de la wilaya d’EL BAYADH

Administrativement la Wilaya est constituée de Huit dairates et Vingt Deux communes(Tableau1), elle est délimitée au nord par les wilayas Saida et Tiaret, et A l’Est et Sud Est par les wilayas de Laghouat, Ghardaïa et Adrar et A l’Ouest et Sud-Ouest par les wilayas Sidi Belabbès - Naâma et Bechar (Figure 2). Elle située à l’intersection des deux axes RN 6A et RN 47.

Les zones	Les communes	Superficie
Au Nord: Les hautes plaines	composées de 06 communes: Bougtob, EL Kheiter, Toussmouline, Rogassa, Kef Lahmar et Cheguig	8.778 km ²
Au centre: l’Atlas saharien	composées de 13 communes: El Bayadh, Boualem, Sidi Amar, Sidi Tiffour, Sidi Slimane, Stitten, Ghassoul, Krackda, Arbaouet, Ain El Orak, Chellala, Mehara, et Boussemgoun	11.846 km ²
Au Sud: la pré saharienne	composés de 03 communes: El Abiodh Sid Cheikh, Bnou, et Brézina	51.073 km ²

Tableau 1 : présente trois grandes zones distinctes.

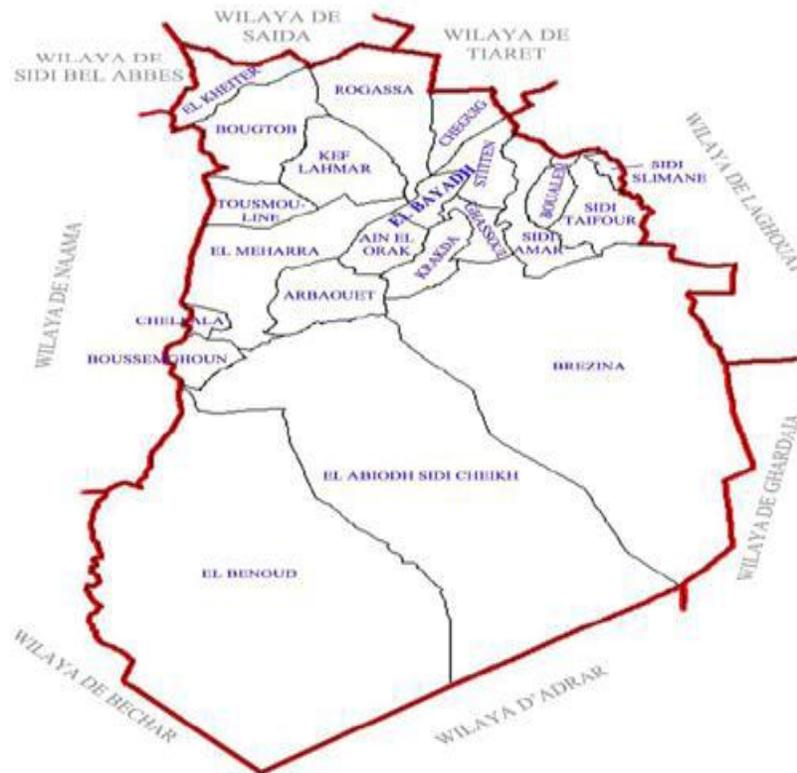


Figure 2:les limites géo- administrative de la wilaya d'EL BAYADH.

3- Situation topographique

El Bayadh s'étend du Chott chergui à l'Erg Occidental est dominée par les trois monts du djebel Amour de la chaîne Atlas Saharien, le Boudergua 1873 mètres, majestueux par sa masse avec ses vestiges du poste optique, El Ouastani 1878 mètres, le grand Ksel avec 2008 mètres, Roundjaia et Arif avec des altitudes variant entre 1430m et 2008m.

El Bayadh se situe dans le bassin versant de L'oued Deffa sur le piémont nord du massif montagneux de l'Atlas Saharien.

Le relief entourant la ville est accidenté hormis les terrains situés au Sud-Est et longeant la route d'Aflou et qui sont à priori retenus pour l'extension future. (Figure 3) :

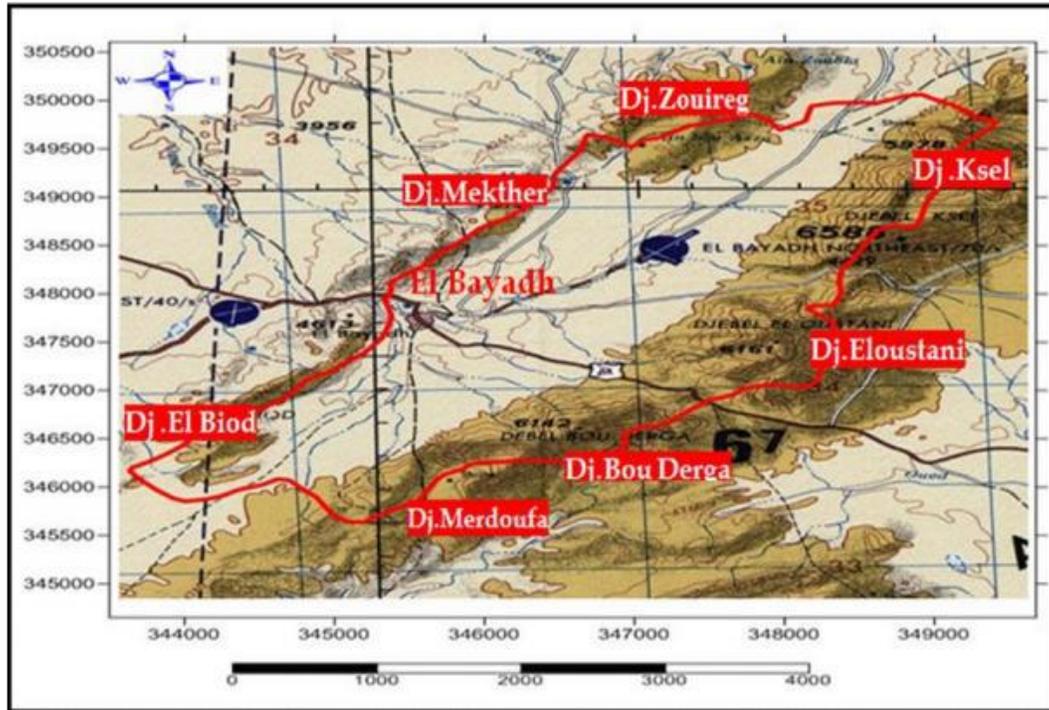


Figure 3 : Situation géographique de la ville d'El Bayadh

4- Situation climatique

Nous sommes en présence d'un climat à saison thermique froide et chaude, concentrées sur la partie froide de l'année alors que la saison d'été est sèche. La saison froide s'étale du mois d'octobre au mois d'Avril alors que la chaude du mois de Mai au mois septembre.

La zone d'étude a un climat semi-aride ayant une précipitation moyenne annuelle égale à 260.69 mm ; et une température de 15.38 °C.

5- Situation géologique

La nature géologique de l'assiette d'El Bayadh est constituée d'argile, de grès et des dépôts lacustres, avec des séries de base qui sont souvent constituées de gypse. Les sols sont très épais sur croûte calcaire, bas fond de dayas à sol parfois limoneux et alluvionné plus profonds.

6- Sismicité

D'après le centre Nationale de Recherche Appliquée en Génie Parasismique (CGS), La commune d'EL BAYADH est classée dans la zone I, (zone de faible sismicité).

7- Situation Hydrogéologique

Tous les aquifères sont drainés successivement par plusieurs sources qui aboutissent dans l'oued El. Deffa

- Les principaux aquifères vont successivement du bord du synclinal vers le centre :
- Le kimméridgien moyen gréseux sus-jacent aux A.L.V.
- Le kimméridgien supérieur gréseux (naissance de l'Ain Mérides inférieure)
- Les terrains sédimentaires ; tertiaire a continental (T.C) et quaternaire (Q).
- Les autres formations comme le kimméridgien moyen marneux à gypse peuvent contenir des horizons aquifères de très faible puissance

8- Hydrographie

Sachant qu'aucun cours d'eau ne coule d'une façon permanente, plusieurs cours d'eau traversent le territoire de la commune. Il s'agit de torrents intermittent qui grossissent avec les crues et qui disparaissent pendant la période sèche. Les principaux Oueds se distinguent comme suit :

Oued EL Deffa: il prend sa source dans le Djebel Ksel et se jette dans le chott et qui traverse l'agglomération chef-lieu dans sa partie(Graba).

C- PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1- Cadre géographique

1.1- Définition d'un bassin versant

Le bassin versant en une section d'un cours d'eau est défini comme la surface drainée par ce cours d'eau et ses affluents en amont de la section. Tout écoulement prenant naissance à l'intérieur de cette surface doit donc traverser la section considérée, appelée exutoire, pour poursuivre son trajet vers l'aval (LABORDE .J.P, 2009).

La limite du bassin versant est le lieu géométrique des points les plus élevés qui définissent la ligne de partage des eaux .on parle ainsi d'un bassin versant topographique. Cependant, lorsqu'un sol perméable recouvre un substratum imperméable, la division des eaux selon la topographie ne correspond pas toujours à la ligne de partage des eaux mais plutôt à celle définie par les plus hautes élévations de la nappe, on parle alors de bassin versant réel ou bassin hydrogéologique.

1.2- Identification du bassin versant du Chott chergui

Le bassin de chott Chergui (Figure 4), situé dans les hauts plateaux de l’Ouest Algérien, couvre une superficie de 49 704 Km². Il se partage entre sept wilayas Tlemcen, Naama, Sidi-Bel-Abbès, Saida, Laghouat, El Bayadh, et Tiaret. Le bassin du Chott Chergui est caractérisé par une grande zone endoréique où les écoulements convergent vers les Chotts alignés en chapelets où le chevelu hydrographique est très peu développé. Le plus grand nombre de ces oueds localisés au Nord prennent naissance dans les crêtes de l’Atlas Tellien et se déversent au Sud dans le Chott Chergui. Ainsi, ce bassin versant forme un lac correspondant à une vaste étendue de 2 000 Km² occupant le centre de la dépression, sa forme allongée à une orientation de Sud-Ouest à Nord- Est. En outre, la pluviométrie du bassin versant du Chott Chergui est spatialement très irrégulière à cause de la topographie de la Chaîne Atlasique et la direction des vents dominants d'Ouest. Les pluies intéressant les zones steppiques sont dues aux vents humides du secteur Nord durant la saison froide, dont l'influence diminue. D’un coté au fur et à mesure tout en s'éloignant de la mer, d'autre part, les pluies orageuses liées aux perturbations atmosphériques engendrées par les dépressions en provenance des régions sahariennes.

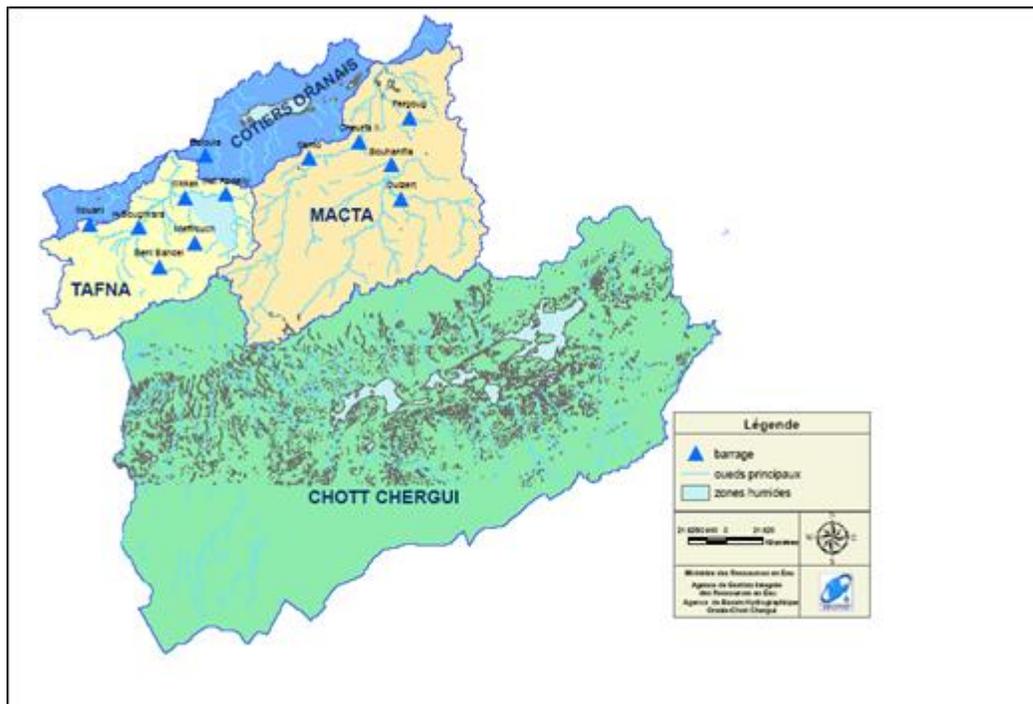


Figure 4 : Localisation du bassin du Chott Chergui en Algérie.

1.3- Identification du bassin versant du l’Oued Deffa

Le bassin versant de l’OUED Deffa s’étend sur une surface d’environ 108.2 Km². Il est limité par les montagnes de Djebel Ksel au nord, les montagnes de Elbiodh au sud et à l’est par djebel Oastani et l’Ouest par les montagnes des ksour (Figure.5).

Le bassin versant de l’OUED Deffa présent des ensembles naturels, fort varié ce qui justifie ses dimensions. Le périmètre est égal à 54,22Km.

Le bassin d’Oued Deffa est formé d’une longue artère principale qui prend naissance sur les crêtes de l’Atlas saharien, longeant dans sa partie aval toute la zone fortement urbanisé.

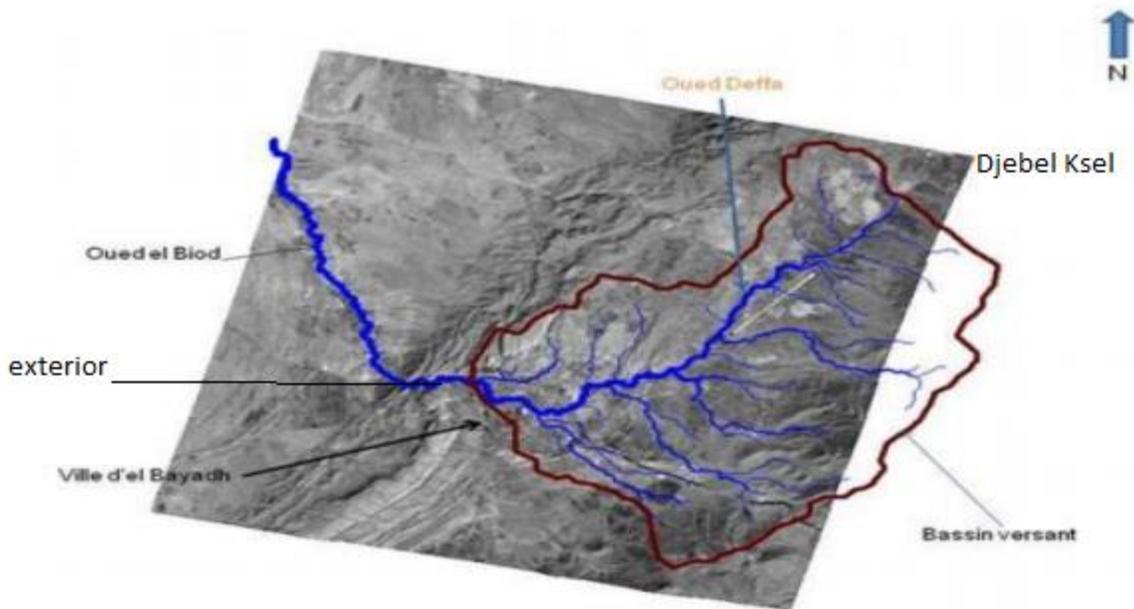


Figure 5: le bassin versant d’oued Deffa

2- Cadre géologique

La nature géologique de l’assiette d’El Bayadh est constituée d’argile, de grès et des dépôts Lacustres, avec des séries de base qui sont souvent constituées de gypse. Les sols sont très épais sur croûte calcaire, bas fond de dayas à sol parfois limoneux et alluvionné plus profonds.

Les schémas structuraux typiquement Atlasiques sont bien représentés dans cette région, par une succession de synclinaux et d’anticlinaux étirés et faillés, de direction générale Sud - Ouest - Nord - Est.

Les faciès reconnus sont d’âge Jurassique - Crétacé recouverts par des terrains Mio - Pliocène et Quaternaire de remplissage.

2.1- LE JURASSIQUE

2.1.2- LECALLOVO-OXFORDIEN

Au-dessus du Kimméridgien inférieur, on rencontre une formation plus ou moins schisteuse et argilo –gréseuse. La puissance de cette formation reste méconnue.

2.1.3- LE KIMMERIDGIEN

- ✓ **Le kimméridgien inférieur** : il constitue la formation la plus répandue dans la région et couvre la presque totalité des affleurements du Dj.El Beiod, formée de bancs argilo-calcaire.
- ✓ **Le kimméridgien moyen** : les formations de cet étage constituent les reliefs qui dominent le synclinal d'El Bayadh et disparaissent vers le Sud sous les formations les plus récentes. Sa constitution générale est Gréseuse avec une bande inférieure (de 30 à 50m) argileuse dite *argiles lie de vin*, affleure le long du Djebel El Biodh, et disparaît en bordure Sud Est du synclinal.
- ✓ **Le kimméridgien supérieur** : Il repose sur la série ‘ ‘ Lie de Vin ‘ ‘ argileuse. C’est une puissante série de 450 m constituée, généralement des mini séries argilo- grés - calcaires en alternance qui terminent le Kimméridgien supérieur.

2.2- Infra-crétacé

Il s’agit de 500 à 600m de grés compris entre les calcaires kimméridgiens et les premiers bancs marneux attribués aux Crétacé inférieur (CORNET, 1952). Ces Grés sont durs, régulièrement stratifiés, fortement patinés de noir et présentent des ripple-marks. L’absence de la faune dans l’infra-crétacé gréseux d’El Bayadh implique une certaine difficulté pour les attributions stratigraphiques.

Le découpage lithostratigraphique est également difficile à établir, faute des repères lithologiques et paléontologiques (CORNET, 1952).

2.3- Valanginien

Il est bien développé au Nord d’El Bayadh (CORNET ,1952) et comprend de bas en haut :

- ✓ 200m de marnes grises bleuâtres avec deux dalles lumachelliques à petites huitres et de mauvais bivalves.
- ✓ 200m d’argiles versicolores à gypse.

- ✓ 150m de calcaires gris ou jaunes scoriacés vacuolaires à aspect de cargneule. Vers le Sud-Est les bancs calcaires disparaissent au profit des argiles et des intercalations gréseuses ou argilo-gréseuses avec une diminution d'épaisseur. Par contre, vers le Nord-Ouest l'épaisseur de ces bancs augmente.

2.4- Hauterivien

2.4.1- Hauterivien gréseux

Il correspond à des assises gréseuses de 150m d'épaisseur très constante qui apparaissent au-dessous des argiles et des calcaires à *Térébratules* et petites huitres. Ce faciès est très on marqué à la série continentale barrémo-albienne. Vers le Sud, les calcaires hauteriviens disparaissent.

2.4.2- Hauterivien calcaires

FLAMAND (1911) signala l'existence d'Oursins dans les calcaires jaunes et des restes d'autres faunes : (*Ostrea Eos Coquand*, *O. Boussingaulti Coquand*, *O. Tisiphone Coquand*, *Terebratula Sella Sow*. Plus tard, CORNET (1952) signala également la présence de cette même faune composée de restes des huitres et des brachiopodes. Au Nord-Est, la série est bien développée, comprend 50 à 200m d'argiles à gypse surmontée par 70 à 80m de calcaires jaunes et gris à lumachelles. Les argiles à gypse se terminent en biseau vers le Sud-Ouest. Les calcaires jaunes diminuent vers l'Ouest atteindre une dizaine de mètres dans la plaine d'El Bayadh. Vers le Sud, les niveaux argileux sont les plus fréquents.

2.5- Tertiaire Continental

Le Tertiaire est représenté par des dépôts d'abord détritiques et grossiers puis détritiques fins subhorizontaux, terminés par la fossilisation de leur surface sous forme d'une carapace calcaire. Les formations du Tertiaire Continental représentent de grandes variations lithologiques dues à la composition du substratum (D. Galmier 1972). Il est constitué par des dépôts continentaux ou lagunaires (JP. Bassoullet 1973 et M.Douhasni 1976).

2.6- Quaternaire

- ✓ Le Quaternaire est une période d'érosion et de démantèlement, il est formé par :
- ✓ les piémonts et colluvions, constitués de cailloutis formant les brèches de pente ;
- ✓ les dépôts de comblement ;

- ✓ les alluvions anciennes et formations tufacées (Quaternaire ancien) : attribuées au Plio- Quaternaire et Quaternaire ancien, constituées par des formations argilo sableuses et conglomératiques ainsi que des alluvions connues sous le terme de «Formations tufacées» (D.Galmier 1972) ;
- ✓ les alluvions (Quaternaire récent), constituées de sables, jalonnent les lits des oueds ;
- ✓ les formations dunaires : ces accumulations sableuses constituent les dunes

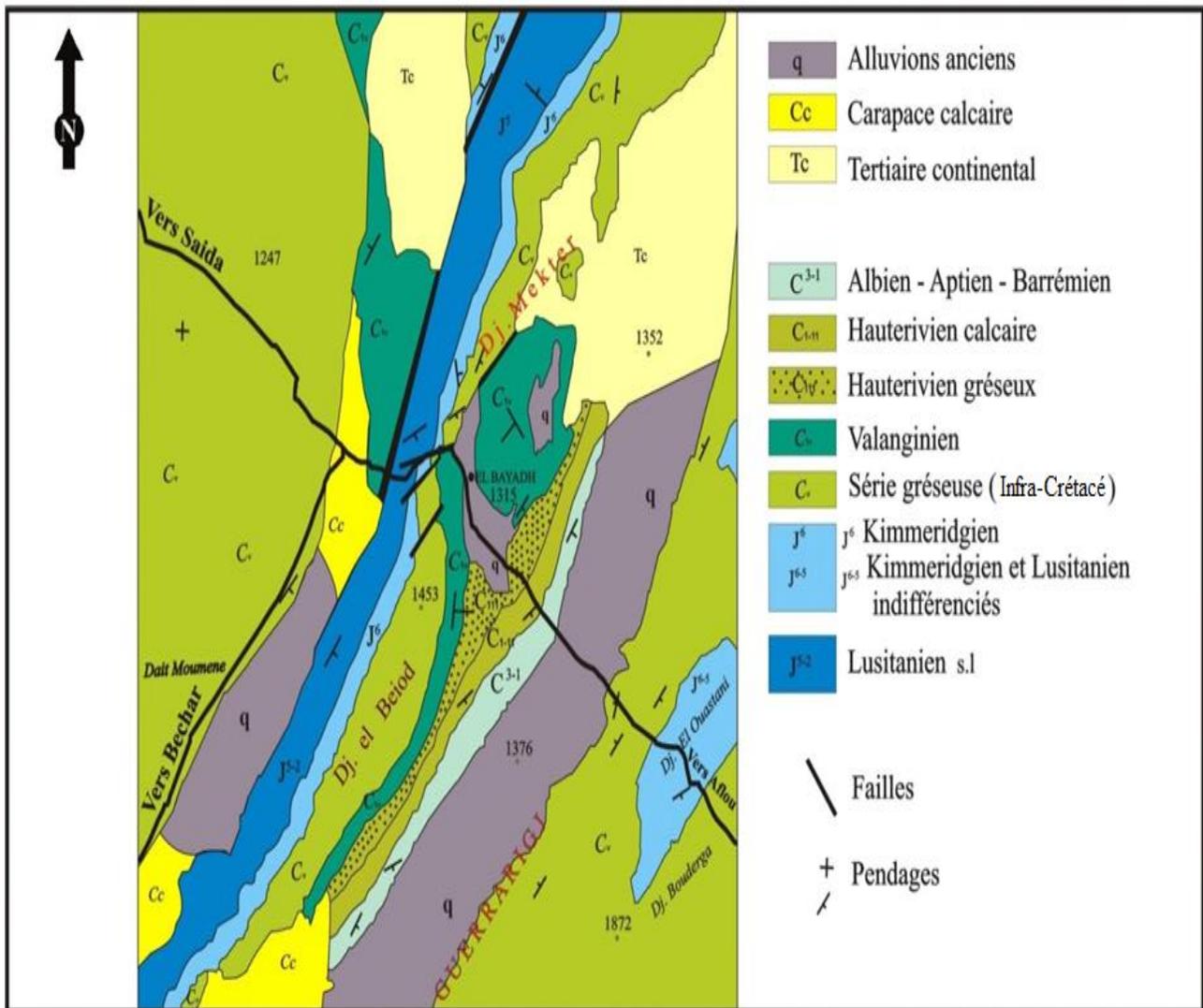


Figure 6 : Carte géologique de la région d'el bayadh (ATLAS KSEL)



Figure 7 : log stratigraphique de la région d'El Bayadh (ATLAS KSEL)

3- Morphométrie du bassin versant

Les différents paramètres morpho métriques sont calculés à partir des cartes topographiques 1/50000.

3.1- La surface

La surface topographique est le paramètre le plus important, il permet de contrôler l'intensité de plusieurs phénomènes hydrologiques (apports, volumes de précipitations ou infiltrations..).

La surface du bassin étudié est estimée à : **S = 108.20 km²**

3.2- Le périmètre

Le périmètre correspond à la limite extérieure du bassin. Chaque bassin réagit d'une façon propre aux précipitations qu'il reçoit. Ces caractéristiques hydrologiques sont fonctions d'une part du climat qu'il subit et d'autre part de son pope milieu physique. Le périmètre est estimé à :

$$P = 54.22 \text{ km}$$

3.3- Indice de compacité de Gravelius

L'indice de forme Kc, appelé indice de compacité de Gravelius, est un paramètre indicateur de la forme du bassin versant, il enseigne aussi sur la vitesse de concentration des débits, la puissance des crues et l'importance de l'activité de l'érosion du sol (TOUAIBIA.B, 2004).

$$Kc = 0.28 P \sqrt{S}$$

Avec :

- P : périmètre du bassin versant (km).
- A : surface du bassin versant (km²).

$$Kc = 1.5$$

Kc = 1.5 > 1 alors le bassin versant est de forme allongée.

3.4- Rectangle équivalent

On suppose que l'écoulement sur un bassin versant donnée est le même que sur un rectangle de même superficie, ayant le même indice de Gravelius (TOUAIBIA.B, 2004), la même répartition hypsométrique, la même distribution des sols et de la végétation et la même densité de drainage.

Le rectangle équivalent est caractérisé par la longueur « Leq » et la largeur « l » définies respectivement par les formules suivantes:

$$Leq = Kc \cdot \sqrt{S} \cdot 1.128 (1 + \sqrt{1 - (1.128 Kc)^2})$$

$$Leq = 22.2 \text{ km}$$

$$l = Kc \cdot \sqrt{S} \cdot 1.128 (1 - \sqrt{1 - (1.128 Kc)^2})$$

$$l = 4.9 \text{ km}$$

3.5- Relief

Le relief a une influence remarquable sur l'écoulement, car de nombreux paramètres hydrométéorologiques varient avec l'altitude et la morphologie du bassin. En outre, la pente influe sur la vitesse d'écoulement. Le relief se détermine au moyen d'indices et de courbes. (Figure 8) représente le relief de la zone d'étude.

Carte De localisation de la zone D'étude

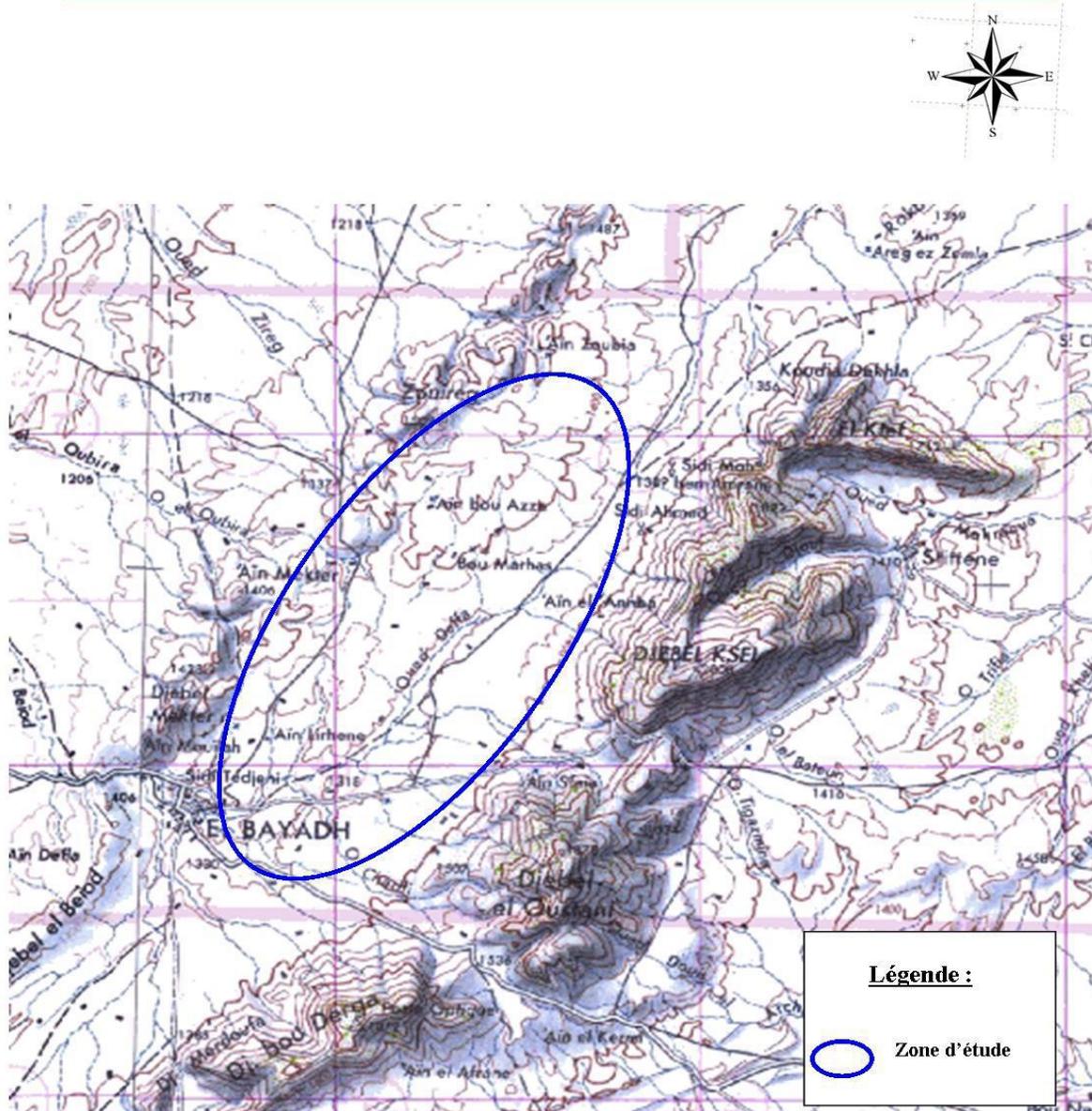


Figure 8 : représente le relief de la zone d'étude (HCDS D'EL BAYADH 2017).

3.6- Répartitions et courbe hypsométrique

La courbe hypsométrique est l'un des paramètres les plus essentiels dans l'étude du relief elle fournit une vue synthétique de la pente. Elle représente la répartition de la surface du bassin versant en fonction de son altitude. Elle porte en abscisse la surface ou le pourcentage de surface du bassin qui se trouve au-dessus de l'altitude représentée en ordonnée (tableau 2). Elle exprime la superficie du bassin ou le pourcentage de superficie au-delà d'une certaine altitude.

Classes d'altitude (m)	Centre de classe (Hi)	Surfaces partielles Si (Km ²)	Surfaces partielles (%)	Surfaces cumulées (%)	Hi*Si (m*Km ²)
1300-1400	1350	55.32	51.13	100.00	74682.6
1400-1500	1450	28.81	26.63	48.87	41772.3
1500-1600	1550	10.99	10.15	22.25	1706.9
1600-1700	1650	6.47	5.98	12.09	10673.7
1700-1800	1750	4.50	4.16	6.11	7879.8
1800-1900	1850	1.65	1.53	1.95	3057.4
Plus de 1900	1950	0.46	0.43	0.43	8970
Somme		108.20	100.00		155989.7

Tableau 2 : Répartition altimétrique du bassin versant

La courbe hypsométrique formée à partir des données du tableau 2 est représentée par la Figure 9 suivantes :

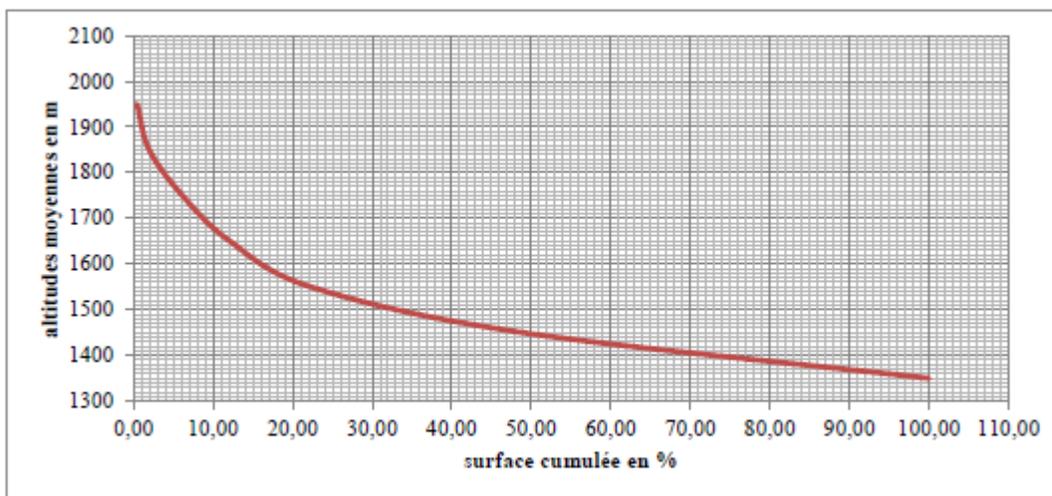


Figure 9 : Courbe hypsométrique du bassin versant

3.7- Les altitudes caractéristiques

Les altitudes caractéristiques s’obtiennent à l’aide des cartes topographiques :

- *L’altitude maximale* : représente le point le plus élevé du bassin versant.
- *L’altitude minimale* : représente le point le plus bas du bassin versant, l’exutoire.
- *L’altitude médiane (H50%)* : est déterminé à partir de la courbe hypsométrique.
- *L’altitude moyenne Hmoy* : est calculée par la formule suivante :

$$H_{moy} = \frac{\sum H_i * S_i}{S_t}$$

Sachant que :

$$H_i = \frac{H_1 + n + H_n}{2}$$

Avec :

- H_i : Altitude moyenne ente deux courbes de niveaux consécutives en m.
- S_i : surface partielle comprise entre deux courbes de niveaux consécutives en Km².
- S : surface totale du bassin versant en Km².

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau 3 suivant :

Les altitudes caractéristiques	Les valeurs correspondantes en m
Altitude maximale	1950
Altitude minimale	1304
Altitude médiane	1440
Altitude moyenne	1441.68

Tableau 3 : Les altitudes caractéristiques.

3.8- Indice de pente global I_g

Il est défini comme étant le rapport entre l'altitude comprise entre 5% et 95% de la surface du bassin et la longueur du rectangle équivalent.

Les altitudes correspondantes au pourcentage de surface 5% et 95% sont lues sur la courbe hypsométrique (TOUAIBIA.B, 2004). L'indice de pente globale est donné par la formule suivante

$$I_g = \frac{D}{Leq} = \frac{D_{5\%} - D_{95\%}}{Leq}$$

Avec :

- D : dénivelée entre H95% et H5% en (m)
- Leq : longueur du rectangle équivalent en Km.
- H95% et H5% : sont respectivement les altitudes correspondantes à S95% et S5%.

Les résultats du calcul sont dans le tableau 4.

H5% (m)	H95% (m)	H5%- H95%	Leq (Km)	Ig (m/m)	classification
1760	1360	400	22.2	0.018	Relief modéré

Tableau 4 : Indice de pente global

3.9- Pente moyenne du bassin versant

Elle est calculée par la formule suivante :

$$P_{moy} = \frac{\Delta H \sum L_i}{S}$$

Avec :

- Pmoy : Pente moyenne du bassin versant %.
- ΔH : Dénivelée entre deux courbes de niveau (m).
- L_i : Longueur de la courbe de niveau d'ordre 1, 2,3..., n (m).
- S : Surface totale du bassin versant.

Le tableau 5 résume les résultats obtenus :

S (km ²)	ΔH (m)	L_i (km)	Pmoy %
108.2	100	94.094	8.7

Tableau 5 : Pente moyenne du bassin versant

3.10- Caractéristiques du réseau hydrographique

3.10.1- Définition

Le réseau hydrographique est constitué d'un ensemble de chenaux qui drainent les eaux de surface vers l'exutoire du bassin versant.

L'étude du chevelu hydrographique est utile dans la comparaison des bassins entre eux. Dans certain cas il est suffisant d'étudier le talweg principal et de l'utiliser dans la comparaison.

Le réseau hydrographique est caractérisé par trois éléments : sa hiérarchisation, son développement (nombres et longueurs des cours d'eau) et son profil en long.

3.10.2- Hiérarchisation du réseau

Pour chiffrer la ramification du réseau, chaque cours d'eau reçoit un numéro fonction de son importance. Cette numérotation, appelée ordre du cours d'eau, diffère selon les auteurs. Nous adoptons la classification de Strehler :

- ✓ Tout cours d'eau n'ayant pas d'affluent est dit d'ordre 1.
- ✓ Au confluent de deux cours d'eau de même ordre n , le cours d'eau résultant est d'ordre $n+1$.
- ✓ Un cours d'eau recevant un affluent d'ordre inférieur garde son ordre, ce qui se résume par: $n+n=n+1$ et $n+m=\max (n,m)$ (figure 10).

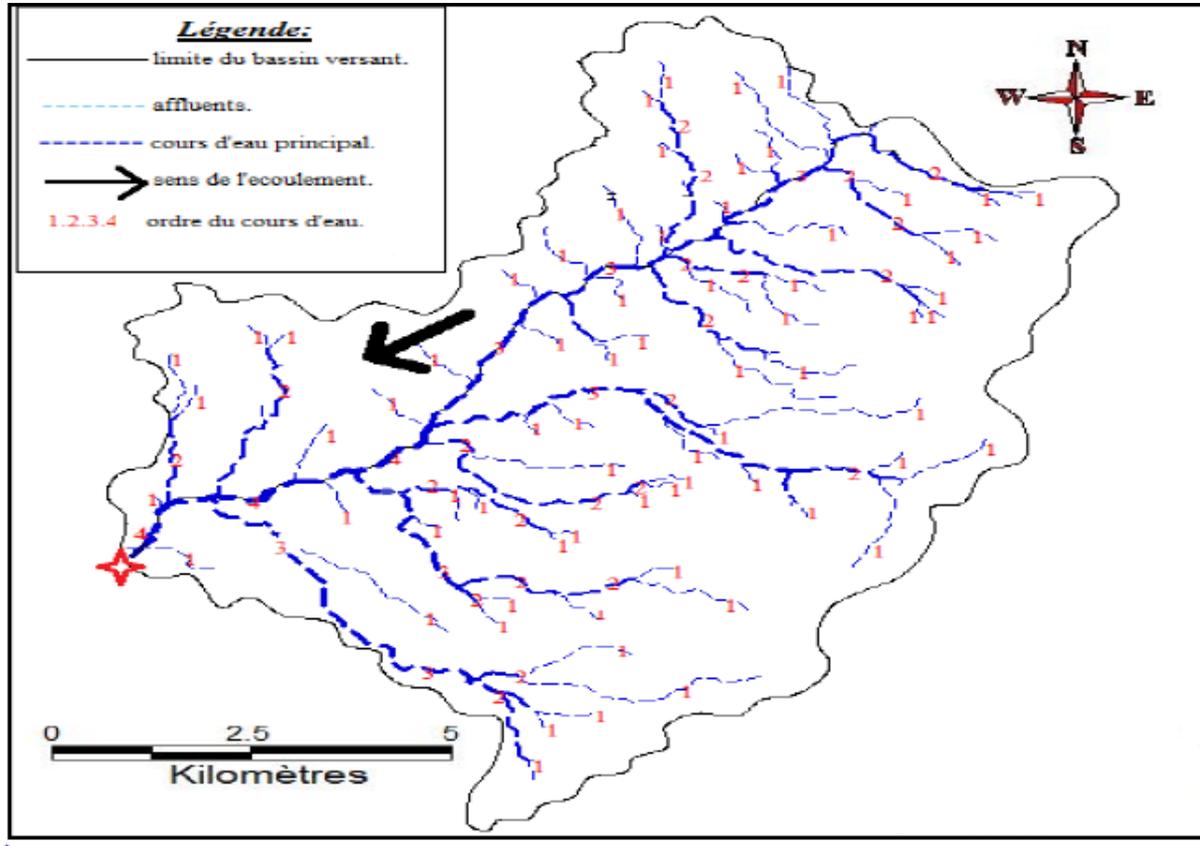


Figure 10: Hiérarchisation du réseau hydrographique

Après hiérarchisation, on infère que le réseau hydrographique est d'ordre 4.

3.10.3- Densité de drainage

Elle se définit par le rapport de la longueur totale des cours d'eau à la surface du bassin versant.

$$Dd = \frac{\sum Lt}{S}$$

Elle est exprimée en (Km/Km²) donc en Km⁻¹.

Avec :

- Dd : densité de drainage en Km⁻¹
- Lt : Longueur du talweg en Km.
- A : surface du bassin versant Km²
- D'où

$$Dd = 1.3 \text{ Km}^{-1}$$

3.10.4- la pente moyenne du cours d'eau principal

La pente moyenne du cours d'eau principal permet de déterminer la vitesse d'écoulement vers l'exutoire. Une pente douce ou nulle laisse l'eau s'infiltrer dans le sol tant dis qu'une forte pente facilite l'écoulement superficiel. Elle est donnée par la formule suivante :

$$I = \frac{D}{L}$$

Avec :

- I : pente moyenne du cours d'eau principal %
- D : Dénivelée entre Hmax et Hmin (m).
- L : Longueur du cours d'eau principal (Km).

Les données sont résumées dans le tableau 6 :

Hmax	Hmin	D	Lc	I
1950	1304	646	16.5	3.83

Tableau 6 : Pente moyenne du cours d'eau principal

Le tableau7 résume les caractéristiques du bassin versant et du cours d'eau.

caractéristiques du bassin versant	
1. Morphométrie	
Surface (Km²)	108.2
Périmètre (m)	54.22
Longueur du rectangle (m)	22.2
Largeur du rectangle (m)	4.9
Indice de Gravelius	1.5
2. Relief	
Altitude maximale (m)	1950
Altitude moyenne (m)	1441.68
Altitude médiane (m)	1440
Indice de pente globale (%)	0.018
Pente moyenne du bassin versant (%)	187.9
3. Réseau hydrographique	
Ordre du cours d'eau	4
Densité de drainage (Km⁻¹)	1.3
Pente moyenne du cours d'eau principale (m/Km)	3.83

Tableau 7: Caractéristiques du bassin versant.

D- CONCLUSION

On peut conclure d'après avoir étudié le contexte géographique, géologique et climatique de la région d'El Bayadh que :

- La géologie du site constitué essentiellement d'argile et de gypse ce qui favorise le ruissèlement des eaux de surfaces.
- La géographie du site de bassin versant d'Oued Daffa situe dans le grand bassin de hauts plateaux oranais.
- La morphométrie du le bassin versant d'Oued Daffa, on a les résultats suivants :
 - L'indice de compacité Gravius $Kc=1.5$ ce qui veut dire que not bassin est modérément allongé
 - L'indice de pont $Ig=0.038$ traduit lé évolution géomprhologique de l'ensemble de bassin, ce qui l'érosion est faible.
 - Densité de drainage $Dd=1.3 \text{ km}^{-1}$ est grande indique un réseau hydrographique bien hiérarchise et bien draine.

II- ETUDE CLIMATOLOGIQUE ET HYDROLOGIQUE

A- ETUDE CLIMATOLOGIQUE

1- Introduction :

Le but de cette partie est d'étudier les paramètres climatiques qui déterminent en grand partie l'écoulement en surface et donc la genèse des crues.

2- Données climatiques

Les données climatiques de la commune sont issues de la station d'El Bayadh de caractéristiques données par le centre climatologique national de Dar El Beida (Résumé annuel du temps en Algérie).

- Altitude : **1341 m**
- Longitude : **10 00 E**
- Latitude : **330 40**

Les paramètres hydrologiques de la station pluviométrique d'El bayadh.

La station d'EL BAYADH	Code	X (Km)	Y (Km)	Période d'observation
	81202	342,2	59,1	1977- 2011

Tableau 8: Identification de la station pluviométrique.

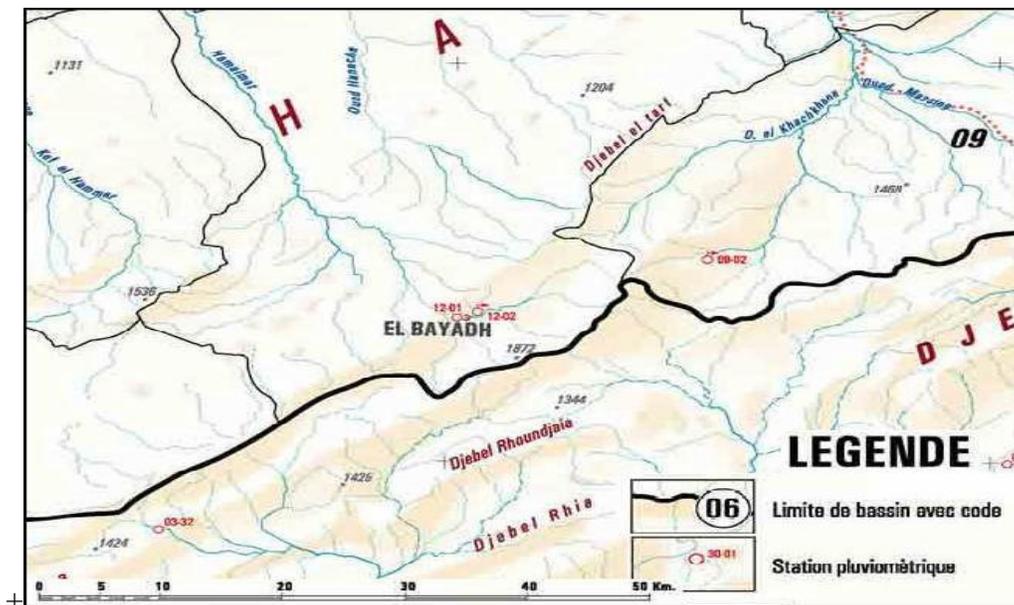


Figure11 : Localisation de la station pluviométrique d'El Bayadh. (La Direction des Ressources En Eau de la Willaya D'El Bayadh

3- Température

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill.	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
T _{max} (°C)	12,2	10,3	13,8	21,4	23,0	28,2	34,0	34,4	30,7	19,6	13,2	/
T _{min} (°C)	1,7	0,7	3,7	10,1	12,1	15,5	20,9	20,6	17,1	9,1	5,2	3,5
T _{moy} (°C)	6,95	4,8	8,75	15,75	17,55	21,85	27,45	27,5	23,9	14,35	9,2	6,55

Tableau 9: Répartition de la température pour l'année 2011. (Source : Centre climatologique d'El

Bayadh)

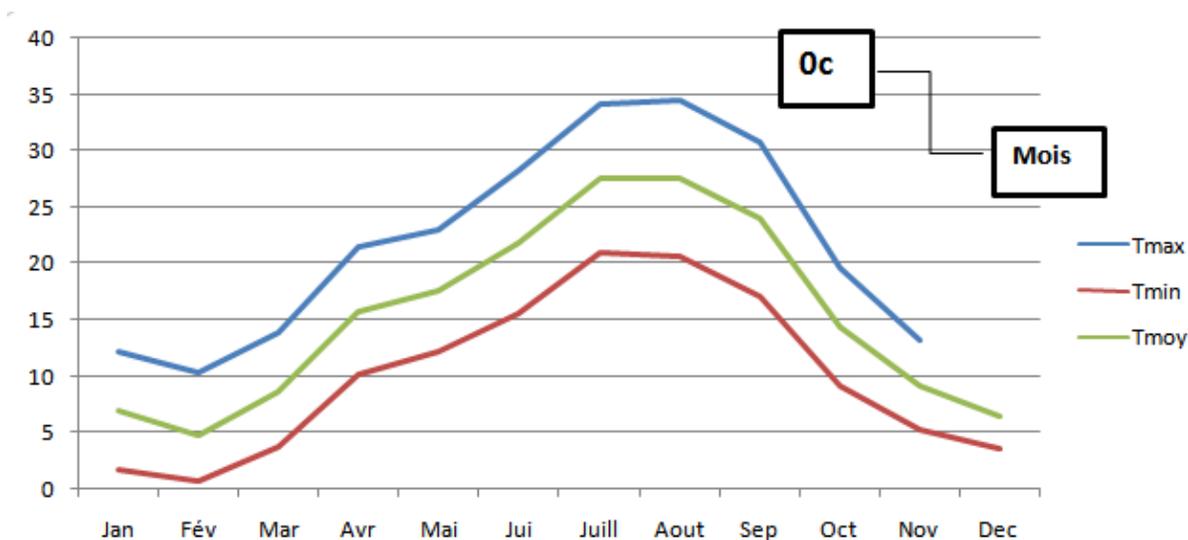


Figure 12: Courbe de Variations des différentes températures mensuelles.

La température moyenne mensuelle maximale à lieu au mois juillet, elle est de l'ordre 34.0 C et la température moyenne mensuelle minimale à lieu au mois janvier, elle est de l'ordre 1.7C.

4- L’insolation

A la station d’El Bayadh on dispose des données d’insolation (période 1973-2000) représente les heures d’insolation mensuelles (tableau10).

Mois	J	F	M	A	M	J	Ju	Au	S	O	N	D
Durée (h)	58.4	62.26	74.14	84.91	95.08	109.83	99.38	89.43	89.43	77.43	66.91	57.87

Tableau 10 : Durées quotidiennes d’insolation (heures).

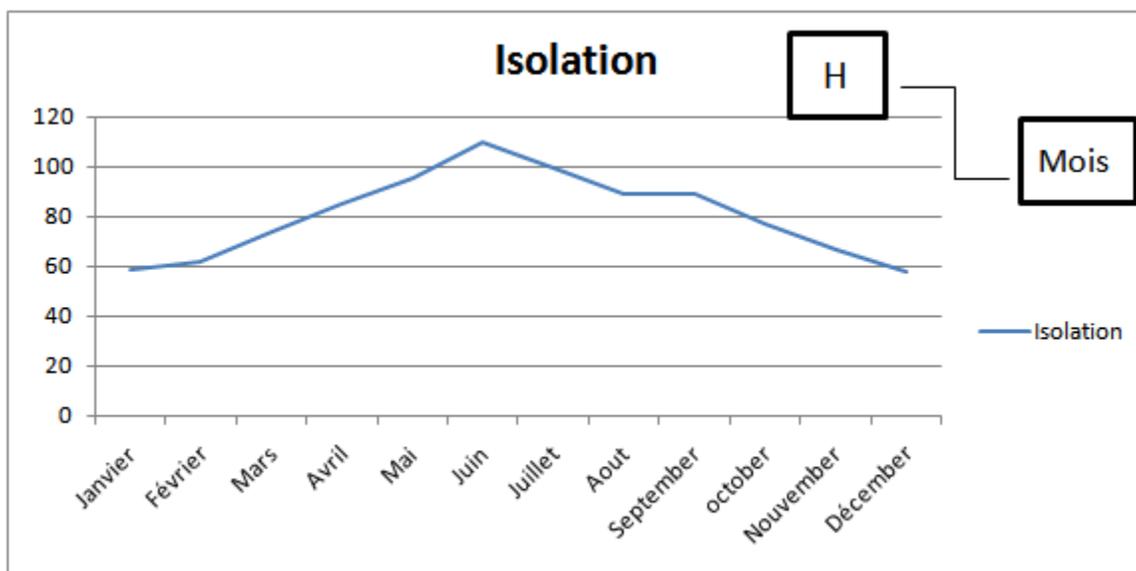


Figure13: Courbe de Durées quotidiennes d’insolation (heures).

La répartition de la durée moyenne quotidienne d’insolation présente un maximum en juin avec 109.83 heures et un minimum en décembre avec 57.87 heure.

5- L’humidité Relative

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	JU	JUL	Au	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
H (%)	69.3	68.1	58.8	49.1	46.7	37.6	25.9	29.8	41.5	55.5	63.5	70.2	51.33
T	4.56	6.52	8.48	12.04	16.88	22.58	24.48	25.81	21.51	14.72	9.24	5.78	14.38

Tableau 11 : l’humidité relative en % (période 1973-2000)

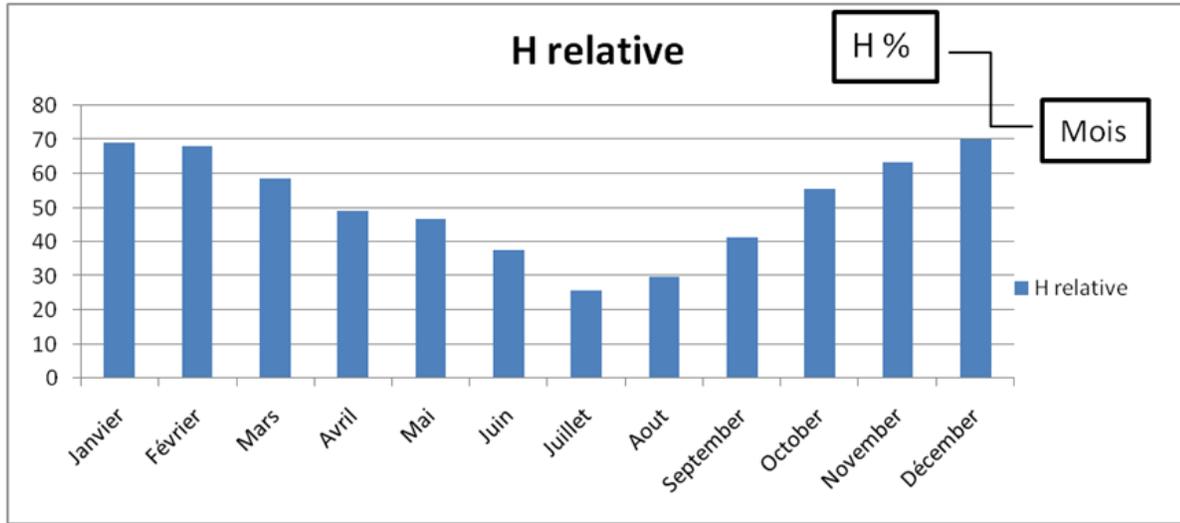


Figure 14: Histogramme d’humidité relative en %

L’humidité relative au niveau d’El Bayadh est de 51.33%, le mois le plus humide est janvier tandis que le mois le plus sec est juillet.

6- Le Vent

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juill	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
1978-1983 (m/s)	30	23	23	14	12	15	13	16	21	23	27	28

Tableau 12 : repartions des vents (1978-1983) (m/s).

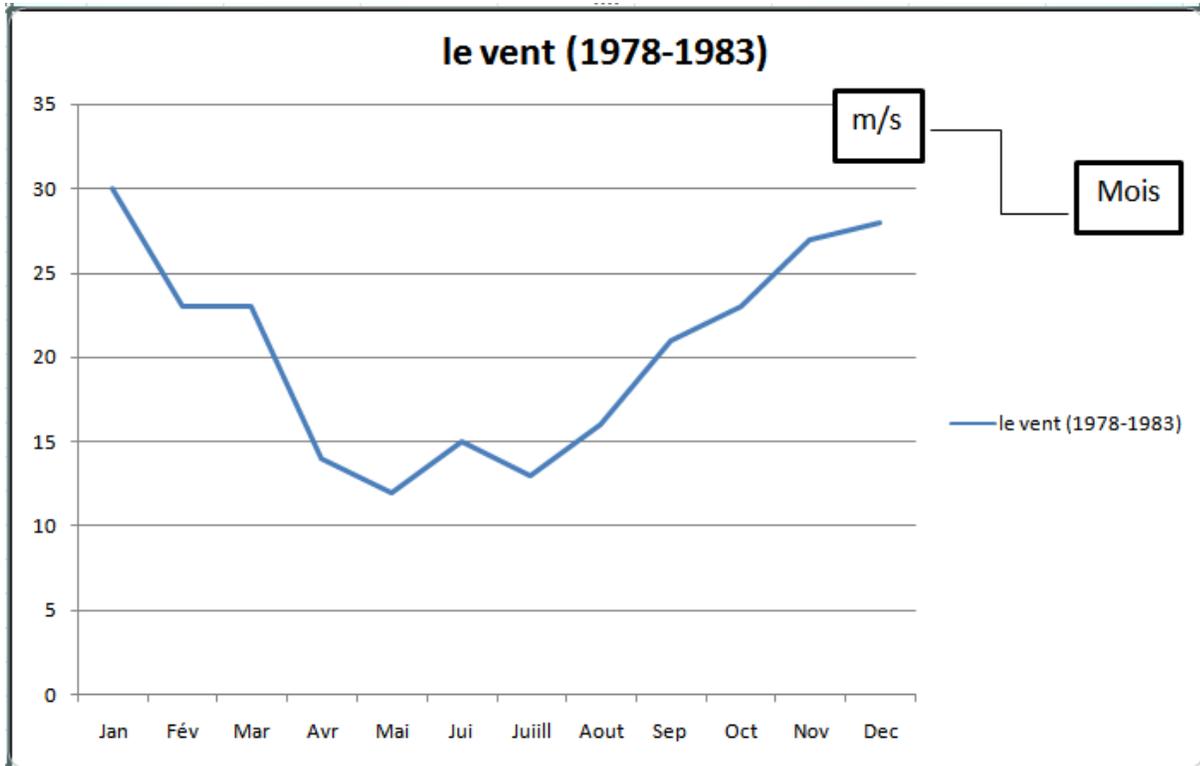


Figure 15 : Courbe de Répartitions des vents.

Les vents dominants proviennent le plus souvent du secteur Sud-Est, pendant la période humide, le vent dominant est celui du Sud-Ouest, les vitesses globales entre 12 et 30 m/s.

7- Evaporation

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juill	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
Evapo (mm)	77,5	100,7	184,1	223,6	374,7	408,1	512,5	479,7	295,3	216,6	135,8	83,1

Tableau 13 : Les valeurs moyennes mensuelles de l'évaporation.

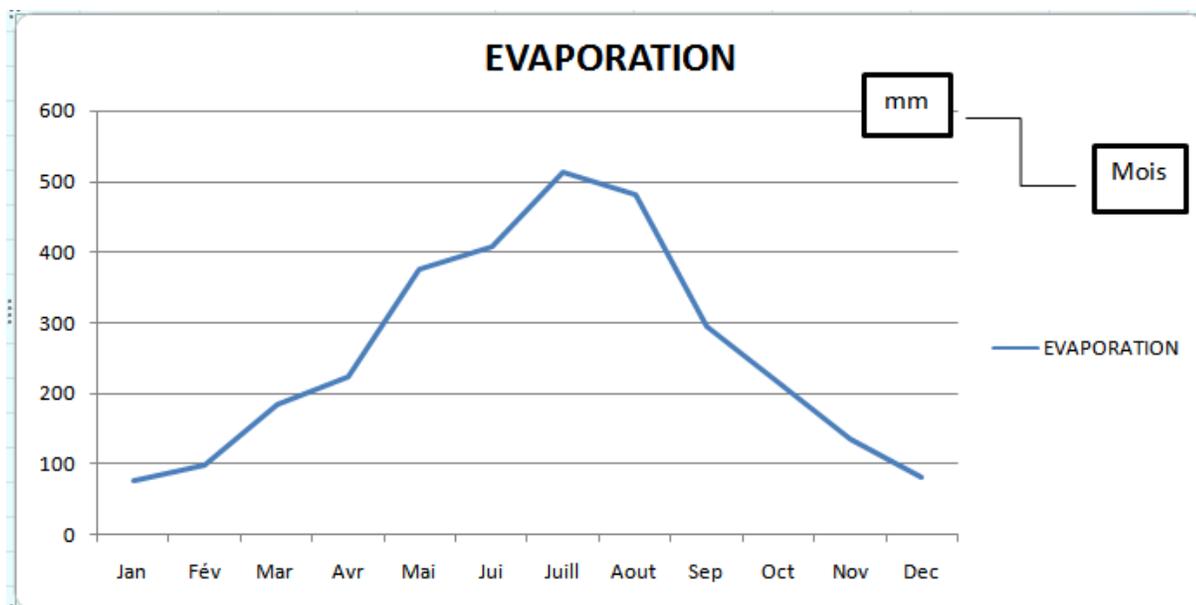


Figure16 : Courbe de Répartitions de l'évaporation.

On remarque que la valeur moyenne mensuelle maximale de l'évaporation est de 512,5 mm ; tandis que la valeur moyenne mensuelle minimale de l'évaporation est de 77,5 mm.

8- Étude des précipitations

L'étude de la précipitation est indispensable. Elle détermine les écoulements des oueds et les apports ainsi que la capacité d'acceptation du milieu récepteur des volumes d'eau usée.

Les valeurs moyennes mensuelles de la pluviométrie sont résumées dans (tableau14)

8.1- Précipitations moyenne mensuelles (mm)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
Moyenne mensuelle des Précipitations (mm)	30,4	13,2	20,9	24	0,2	173	3,6	11,4	37,7	19,5	12,3	25,9

Tableau14 : Répartition moyenne mensuelle des précipitations

Source : Centre climatologique national Dar El Beida (Résumé annuel du temps en Algérie).

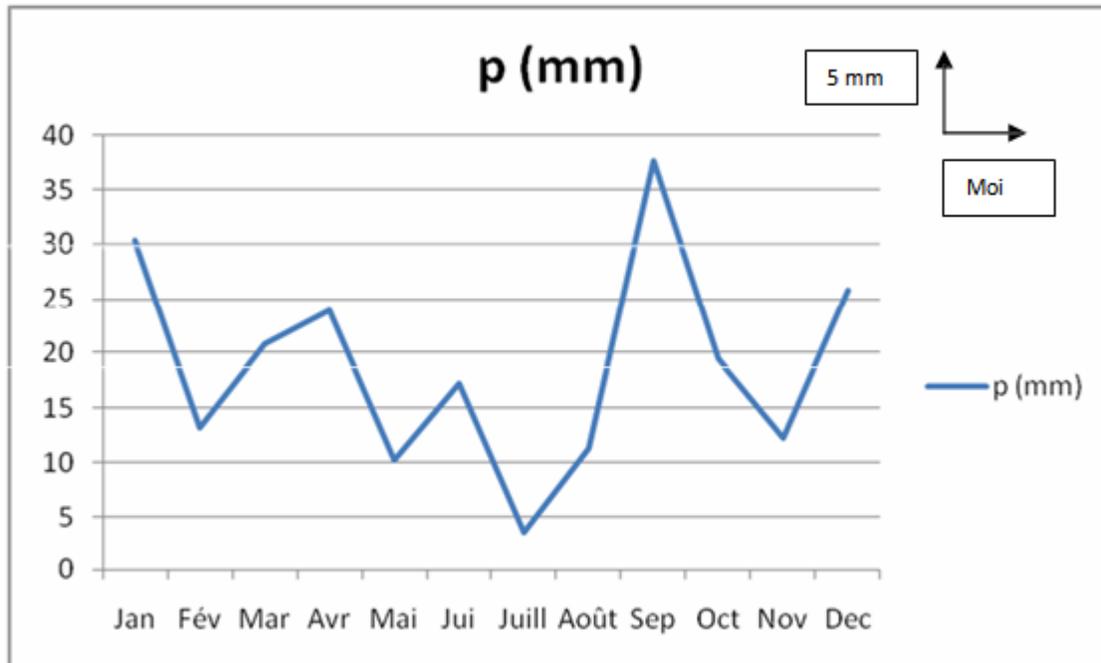


Figure17 : Répartition moyenne mensuelle des précipitations

8.2- Précipitations saisonnières

Pour apprécier la variation des précipitations ou le régime pluviométrique saisonnier de la région d’El Bayadh.

Tableau (15) : Répartition des pluies saisonnières en pourcentage et en (mm)

Saison		Hiver	Printemps	Eté	Automne	Année
P saisonnière	mm	63.4	74.5	24.5	70.3	232.7
	%	27.2	32	10.5	30.2	100

Tableau 15 : Répartition des pluies saisonnières en pourcentage et en (mm)

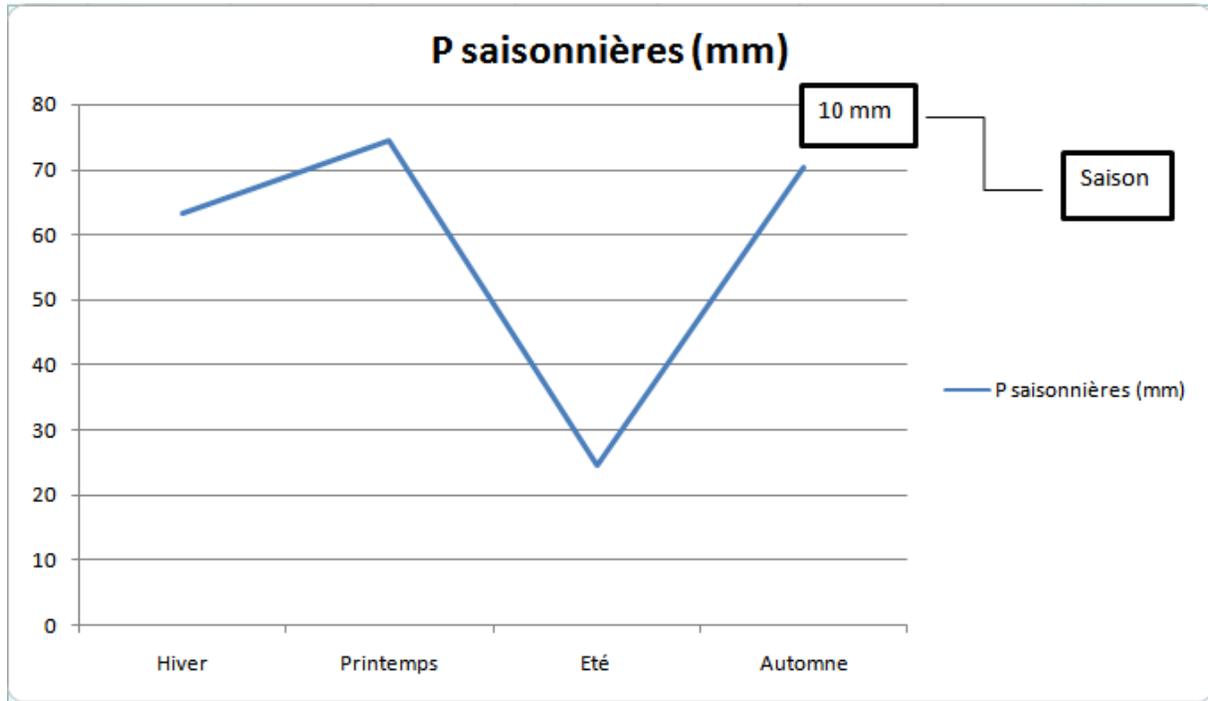


Figure18 : Répartition saisonnières de la pluviométrie

9- Indices climatiques généraux

Pour calculer les différents indices climatiques, on a utilisé différentes méthodes, qui sont les suivantes :

9.1- indice de DEMARTONNE

DEMARTONNE en 1933 à introduit un indice d’aridité « I »

$$I = \frac{p}{T + 10}$$

Où : I: Indice d’aridité de DEMARTONNE ;

P : Précipitation moyenne annuelle ; P = 260,69 mm ;

T : Température moyenne annuelle ; T=15,38°C. On obtient un indice d’aridité de : **I=10,27**

Selon la répartition donnée par DEMARTONNE l’indice d’aridité (I) est compris entre 10 < I < 20.

L’utilisation de l’abaque de l’indice d’aridité de DEMARTONNE

Montre que notre région à un climat **Semi-aride**.

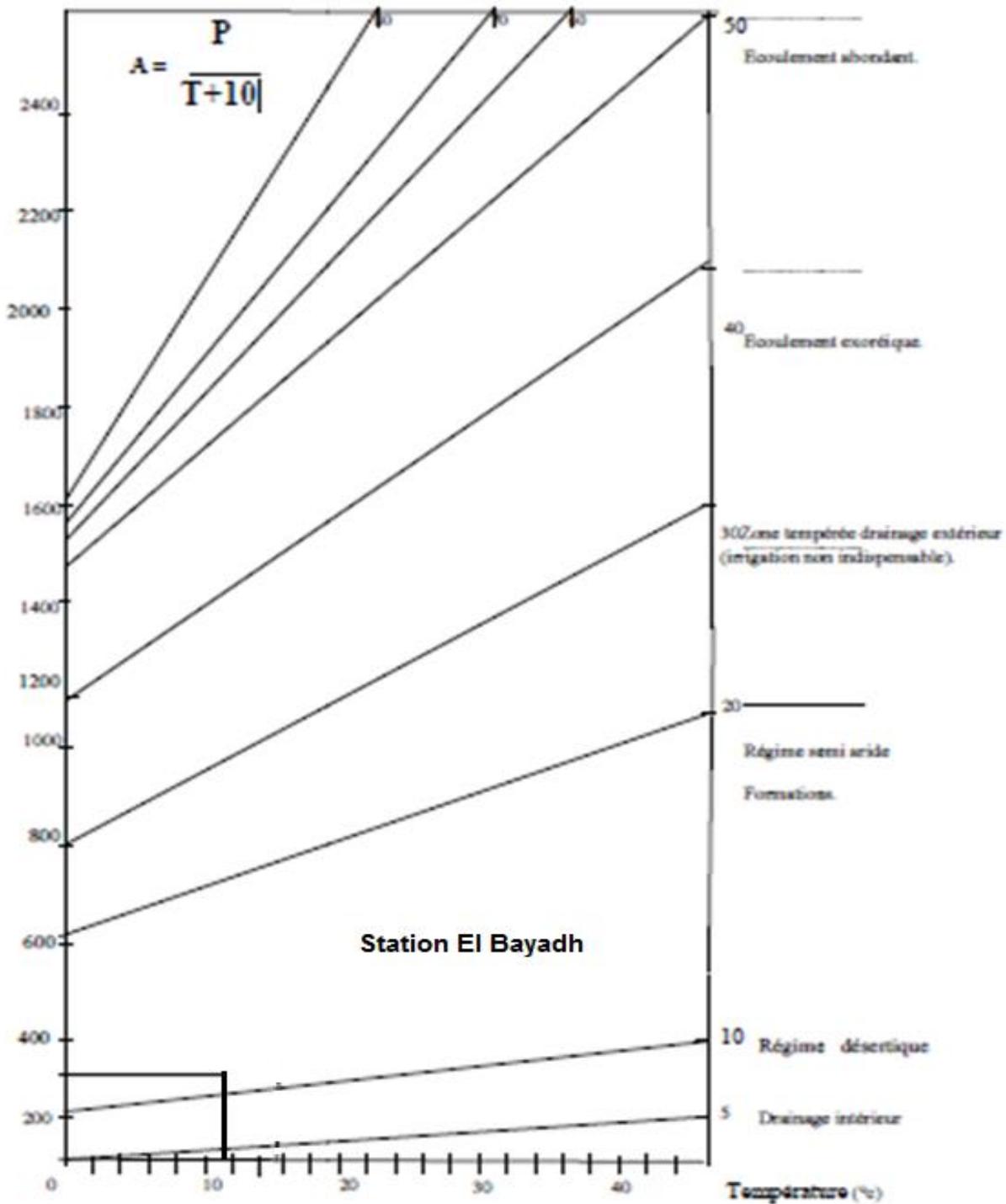


Figure19: l'indice d'aridité de DEMARTONNE.

9.2- Indice d'EMBERGER

L'indice d'EMBERGER est donné par la formule suivante (SITE WEB) :

$$Q = \frac{p}{\frac{(M + m)}{2} + (M - m)}$$

Où:

Q : L'indice d'EMBERGER ;

- P : précipitation moyenne annuelle en (mm) : P= 260,69 mm
- M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en (°K) ;
- m : moyenne des températures minimales du mois le plus froid en valeur en (°K).

On a : **M=34.6 °C = 293,84°K** et **m= -0.7 °C = 281,05 °K**

La formule nous a permis de calculer l'indice d'EMBERGER : **Q = 57.09**.

L'utilisation de l'abaque de l'indice d'EMBERGER (Voir Figure20), confirme que notre région a un climat « **Semi-aride** ».

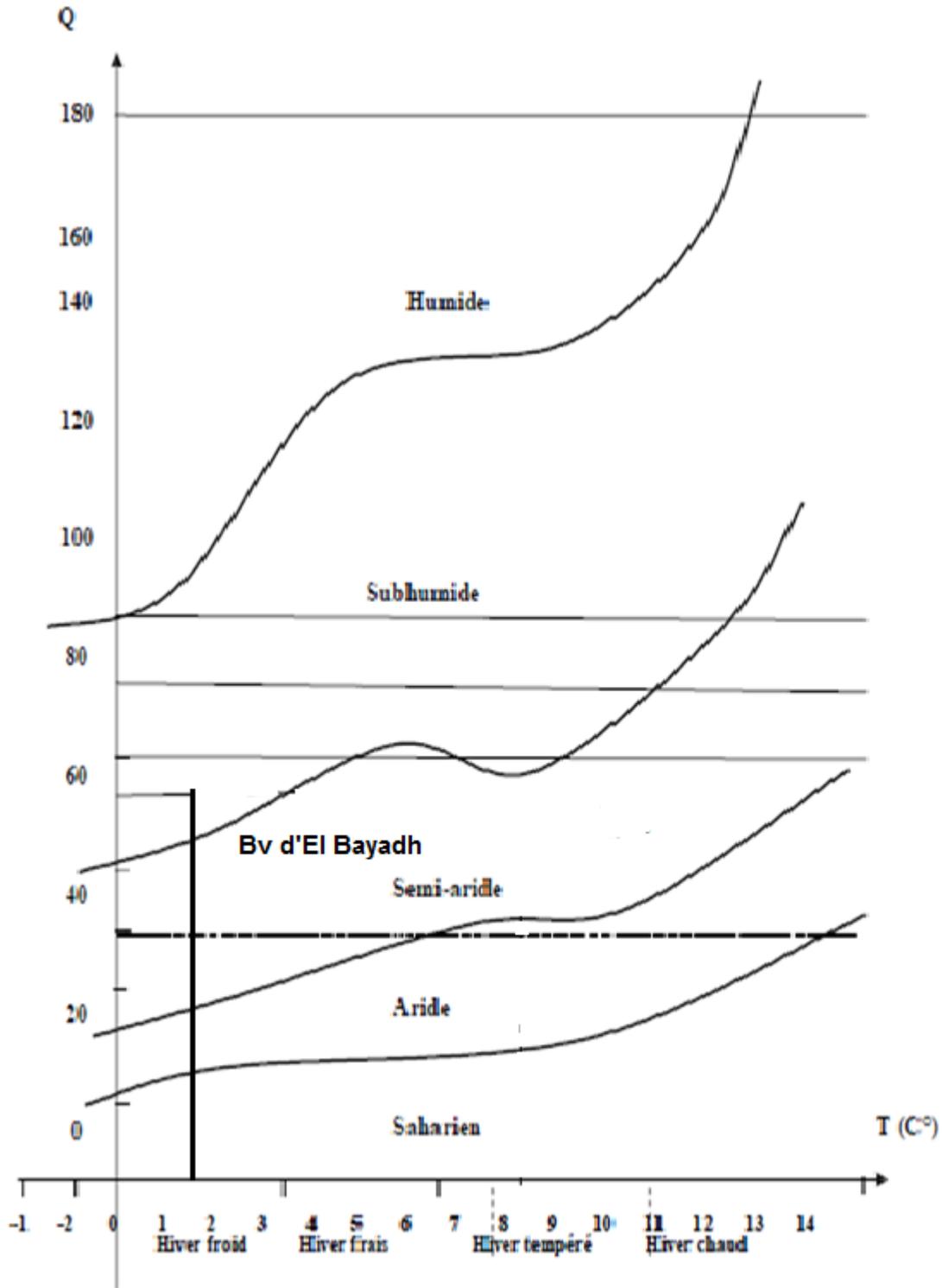


Figure 20 : Abaque de Climat gramme pluviométrique d'EMBERGER.

9.3- L'évapotranspiration réelle (ETR)

- **Méthode de TURC.**

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 \frac{P^2}{L^2}}}$$

Où :

- ETR : Evapotranspiration réelle (mm) ; annuel (mm) :
- P = 260.69 mm.
- L : Donnée par la relation suivante : $L = 300 + 25T + 0.05 T^3$
- T : Température moyenne annuelle (°C) : T = 15.38° C

Après l'application de l'équation on trouve **L= 600**

Application la formule nous donne et après des arrondissements, le résultat suivant :

$$ETR = 251.66 \text{ mm}$$

9.4- L'évapotranspiration potentielle (ETP)

L'émission de vapeur d'eau, ou bien l'évapotranspiration, considérée par les hydrogéologues comme une perte d'eau, s'effectue dans tous les milieux (Sol, végétaux ...). Elle résulte de deux phénomènes : l'un physique, l'évaporation, l'autre, biologique, la transpiration.

- **Méthode de THORNTWAITE :**

La formule de THORNTWAITE permet de déterminer la valeur totale de l'évapotranspiration potentielle (ETP).

$$ETP = 16 \left[\frac{10T}{I} \right]^a F$$

- ETP : Évapotranspiration potentiel (cm) ;
- T : Température moyenne annuelle (° C) ;
- I : Somme des indices thermiques mensuels de l'année.

Les résultats suivants ont été réalisés avec Microsoft Excel tout en compte de l'arrondissement des chiffres.

$$\sum_1^{12} in \text{ AVEC: } \left[\frac{7}{5} \right]^{1514}$$

- **T = 15.38 °C donc :**
- **I = 72.6**

Donc, la formule : nous donne :

- **ETP = 521.31 (cm).**
- **ETP = 5213.1 mm**

9.5-Ruissellement

L'eau ruisselle sur la surface terrestre une partie s'infiltré dans le sous-sol et s'accumule dans les nappes d'eau souterraines, avant de s'évaporer de nouveau.

Pour calculer la valeur de ruissellement, on utilise la TIXERONT et de BERKALOFF :

$$R = \frac{P^3}{3ETP^2}$$

Avec :

- R : Ruissellement (mm) ;
- P : Précipitation moyenne annuelle (mm) : P = 260.69mm ;
- ETP : Évapotranspiration potentiel (mm) : ETP= 5213.1 mm ;

Après l'application de la formule on trouve :

$$R = 2.2 \text{ mm}$$

9.6- Infiltration

Selon le bilan hydrologique :

$$P = D + R + I$$

Avec :

- P : Précipitation moyenne annuelle en (mm) : P = 260.69 mm ;
- D : ETR, déficit d'écoulement en (mm) : 251.66 mm ;
- R : Ruissellement en (mm) : 2.2 mm ;
- I : Infiltration en (mm).

Après l'application de la formule on trouve :

$$I = 6.83 \text{ mm}$$

9.7- Volume d'eau infiltrée

$$VI = A \cdot I$$

Avec :

- VI : Volume d'eau infiltrée m³ ;
- A : Surface du bassin versant : A= 108,2 m² ;
- I : la lame d'eau infiltrée dans le bassin versant (m) : I = 6,83. 10⁻³ m ;

La formule montre que le volume d'eau infiltrée est égal à :

$$VI = 904975 \text{ m}^3$$

Caractéristiques climatiques	Symboles	Unités	Résultats
Précipitation moyenne annuelle	P	mm	260.69
Température moyenne annuelle	T	°C	15.38
Vitesse de vent	V	Km /h	13.75
Evaporation	E_v	mm/an	3091.7
Évapotranspiration potentielle	ETP	mm	5213.1
Évapotranspiration réelle	ETR	mm	251.66
Ruissellement	R	mm	2.2
Infiltration	I	mm	6.83
Volume d'eau infiltrée	VI	m ³	904975

Tableau 16 : Caractéristiques climatiques du bassin versant de l'Oued.

B- ETUDE HYDROLOGIQUE

1- Introduction

L'hydrologie consiste en une analyse des quantités d'eau disponible lors des phénomènes extrêmes

De manifestation de régime hydraulique. Il s'agit d'une étude de la ressource en eau depuis la précipitation jusqu'à la sortie d'un bassin versant .A chaque fois qui une tombe sur la wilaya d'El Bayadh, on s'attend à des inondations pour apprendre ces dernières nous devons pour apprendre la relation pluie et hydrogramme de crue. Dans cette partie on va étudier la pluviométrie afin déterminer les crues dans le bassin versant de oued Deffa.

2- Prédétermination des crues

2.1- Analyse de pluie

2.1.1- Calcul de la pluie maximale journalière fréquentielle

L'irrégularité interannuelle des précipitations possède un rôle très important sur l'écoulement fluvial. Pour calculer la pluie maximale de 24 heures on applique loi (log normal).

$$P_{jmax\%} = \left[\frac{P_{jmax}}{\sqrt{C_v + 1}} \right] e^{\mu\sqrt{C_v+1}}$$

Avec :

- $P_{jmax\%}$: Pluie maximale journalière de 24h de F% ;
- P_{jmax} : Pluie maximale Journalière moyenne : $P_{jmax} = 33.4\text{mm}$;
- C_v : Coefficient de variation de P_{jmax} : $C_v = 0.398$;
- μ : Variable de GAUSS, tabulée en fonction de la fréquence $F = 1\% = 2.33$

Fréquence %	10	5	01
Période de retour (an)	10	20	100
μ	1.28	1.65	2.33
P_{jmax}	46.14	53.18	69.027

Tableau17 : resultat de calcul de $P_{jmax\%}$

$P_{jmax\%} = 69.027\text{ mm}$

Les pluies maximales journalières fréquentielles (efficaces) sont des pluies génératrices des crues d'importants débits, pour cette raison il faut faire une protection contre aux.

Années	Sept	oct	nov	Déc	janv	fév	mars	avril	mai	juin	juil	aout	Pmaxj	annue
1977-78	0,0	11,7	3,5	2,8	18,8	9,7	7,0	4,3	14,0	17	1,5	1,2	18,8	167,5
1978-79	22,4	5,4	5,9	5,5	4,4	5,8	24,2	5,4	9,5	1,2	0,0	0,5	24,2	234,8
1979-80	14,5	2,5	28	8,7	2,0	5,7	10,7	31	0,0	18,0	0,0	23,9	31,0	281,0
1980-81	24,0	3,0	0,1	7,0	21,7	20,3	11,6	21,6	18,5	1,3	2,1	0,8	24,0	295,8
1981-82	5,7	10,7	33,8	4,9	0,0	2,4	2,3	2,3	32,1	5,0	3,5	5,7	33,8	209,7
1982-83	8,4	7,0	2,4	3,3	18,1	4,1	15,7	1,3	11,2	10,5	1,0	4,2	18,1	165,9
1983-84	4,0	9,2	14,8	2,7	7,8	8,3	4,7	0,4	11,8	3,6	1,2	6,6	14,8	189,7
1984-85	12,7	17,0	0,7	12,8	4,3	6,5	53,8	10,9	25,6	2,4	4,7	4,0	53,8	344,9
1985-86	26,7	18,9	11,5	8,9	6,7	8,7	11,7	7,9	4,5	16,5	8,5	1,9	26,7	279,0
1986-87	1,4	6,5	13,8	9,0	19,8	13,6	10,6	6,2	6,4	16,0	2,0	6,0	19,8	220,4
1987-88	4,0	36,4	3,8	5,3	4,1	2,3	13,2	12,4	1,2	23,4	4,0	6,7	36,4	237,9
1988-89	7,2	20,7	9,1	5,6	19,9	0,2	14,9	11,8	15,5	8,7	1,1	7,2	20,7	298,9
1989-90	2,2	12,2	7,4	10,8	4,8	11,6	28,9	12,1	28,6	5,4	1,3	5,1	28,9	312,4
1990-91	5,6	51,5	1,6	10,0	8,4	8,7	12,1	19,0	25,2	4,1	7,9	4,4	51,5	379,3
1991-92	10,7	0,3	9,7	4,0	1,8	7,5	18,3	4,7	14,5	42,8	5,4	18,4	42,8	235,3
1992-93	6,4	11,1	12,8	5,6	4,3	8,6	18,8	2,6	1,1	5,5	0,7	2,2	18,8	157,8
1994-95	22,6	13,4	5,6	1,5	5,7	14,5	16,6	7,6	4,6	18,9	0,8	14,0	22,6	306,0
1993-94	17,9	8,2	1,7	20,0	6,9	8,2	28,4	19,0	1,4	28,5	3,0	0,5	28,5	391,8
1995-96	38,5	0,7	0,0	6,2	12,8	0,6	2,6	11,0	5,0	0,0	3,7	18,3	38,5	276,8
1996-97	12,9	11,7	9,5	26,0	4,5	4,3	3,5	10,4	14,1	3,5	0,9	0,8	26,0	252,9
1997-98	2,5	3,3	1,5	2,5	24,2	12,3	12,9	2,6	0,0	0,3	0,2	0,8	24,2	175,2
1998-99	24,9	5,6	16,8	70,4	0,0	0,0	4,1	5,7	8,3	5,5	12,4	11,0	70,4	164,7
1999-00	24,5	22,6	22,9	7,2	20,5	8,4	3,7	8,1	4,4	0,5	0,7	18,5	24,5	142,0
2000-01	5,0	11,0	6,0	20,0	22,0	12,0	2,0	11,0	7,0	1,0	1,0	15,0	22,0	220,6
2001-02	10,0	26,0	53,0	21,0	1,0	7,0	20,0	47,0	5,0	2,0	1,0	28,0	53,0	401,6
2002-03	1,5	38,4	29,6	15,0	3,6	5,3	0,9	11,1	4,6	12,0	0,3	4,2	38,4	282,5
2003-04	3,9	4,3	9,1	10,3	2,1	12,6	25,8	22,3	32,5	10,5	2,2	6,4	32,5	258,1
2004-05	42,2	43,5	28,6	11,2	2,3	5,9	9,4	0,8	1,7	15,8	8,5	10,1	43,5	291,5
2005-06	9,7	0,0	24,5	25,2	32,3	41,3	1,4	15,5	45,8	14,8	2,6	2,6	45,8	334,1
2006-07	8,1	11,7	5,3	3,0	1,1	6,3	8,5	32,1	8,5	19,8	10,6	9,5	32,1	193,2
2007-08	19,0	12,8	17,0	31,5	5,4	11,9	13,2	0,3	19,5	16,5	2,1	6,4	31,5	241,3
2008-09	47,7	1,0	11,0	6,3	29,6	17,5	38,1	17,8	1,4	4,1	4,1	6,5	47,7	310,2
2009-10	22,5	34,1	4,5	11,5	14,3	32,0	13,0	14,3	31,8	6,1	0,5	16,3	34,1	311,1
2010-11	28,8	54,7	42,3	24,4	6,5	8,3	11,5	12,6	22,8	21,7	3,4	8,8	54,7	380,7

Tableau 18 : Série des pluies maximales journalières à la station d'El bayadh.

Caractéristiques	Valeurs
La somme des $P_{max j}$ en (mm)	1134,2
la moyenne des $P_{max j}$ en (mm)	33,4
L'écart type « $\bar{\sigma}_X$ »	13,1
Coefficient de variation « C_v »	0.398
L'exposant climatique	$B = 0.29$

Tableau 19 : Caractéristiques de la série avec N=34ans (l'ANRH de BLIDA).

2.1.2- Choix la loi d'ajustement

Les lois d'ajustement sont nombreuses et le choix d'une se fait d'abord par un ajustement graphique ensuite par un test de dispersion.

L'ajustement des pluies maximales journalières sera traiter par logiciel" HYFRAN". Permet de choisir la loi Galton (log normale).

- **Galton (Log -Normal)**

Nombre d'observations : 34

Quantiles :

- $q = F(X)$ (probabilité au non dépassement)
- $T = 1/ (1-q)$
- Log normale (Maximum de vraisemblance)

<i>Période de retour (ans)</i>	<i>Probabilité (q)</i>	<i>XT (mm)</i>	<i>Ecart type</i>	<i>Intervalle de confiance 95%</i>
100	0.9900	75.2	9.73	56.2-94,3
50	0.9800	67.7	8.01	52.0-83,4
20	0.9500	57.8	5.94	46.1-69,4
10	0.9000	50.2	4.53	41.3-59,1
5	0.8000	42.3	3.28	35.9-48,8

Tableau 20: résultat de l'ajustement à la loi de GALTON.

Value statistique $T = 2,02$

Minimum	14
Maximum	70
Moyenne	32,9
Ecart – type	13,1
Médiane 31	31
Coefficient de variation (CV)	0.398

Tableau 21: Caractéristiques de l'échantillon.

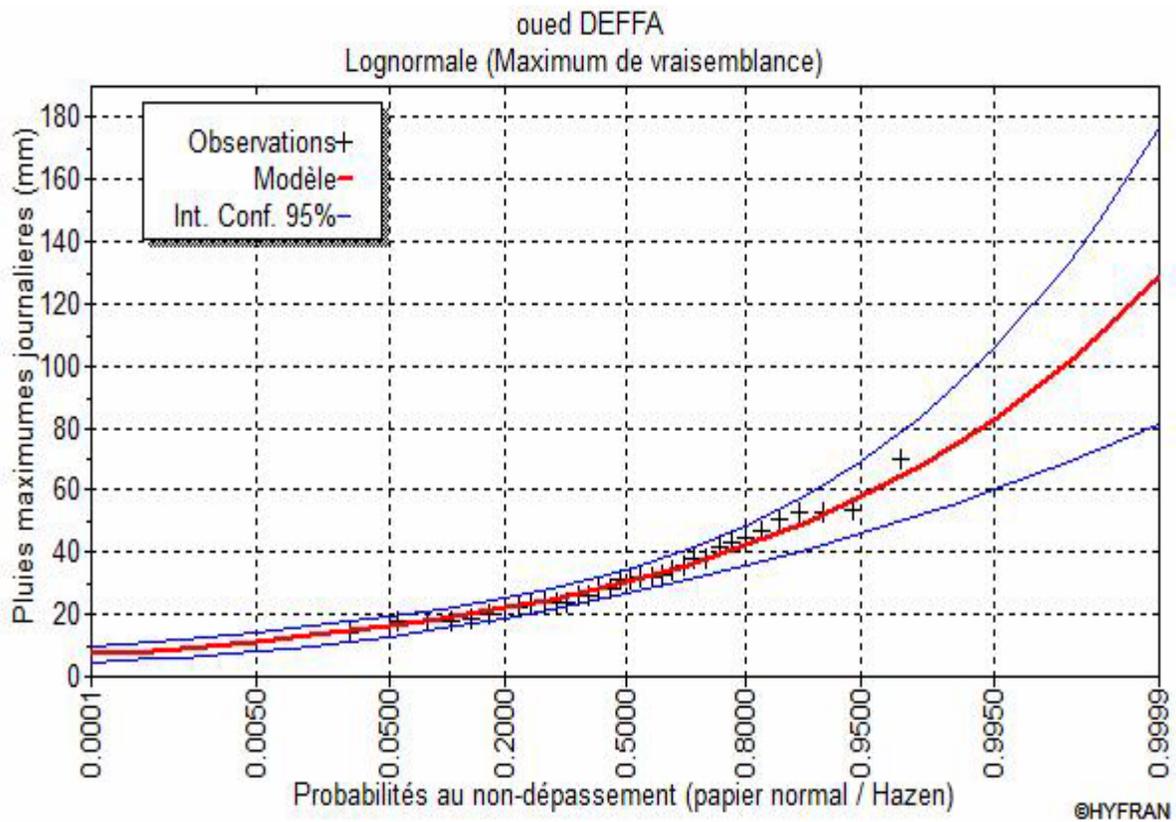


Figure 21: ajustement de la loi de log normal.

2.1.3- Temps de concentration

Le temps de concentration Tc est la durée maximale nécessaire à une goutte d'eau, tombée au point le plus éloigné du bassin versant, d'arriver à l'exutoire. il est composé de trois termes différents :

- ✓ Th Temps d'humectation : est le temps nécessaire à l'imbibition du sol par l'eau qui tombe avant qu'elle ne ruisselle.
- ✓ Tr Temps de ruissellement : est le temps correspondant à la durée d'écoulement de l'eau à la surface.
- ✓ Ta Temps d'acheminement : est le temps mis par l'eau pour se déplacer jusqu'à l'exutoire.

Le temps de concentration est égal au maximum de :

$$Tc = \max [\Sigma (Th + Tr + Ta)]$$

Théoriquement, Tc est la durée comprise entre la fin de la pluie nette et la fin du ruissellement. Pratiquement, il peut être mesuré sur le terrain ou estimé à l'aide de formules souvent empiriques établies par plusieurs auteurs

Le tableau 22 présentes les résultats obtenus d l'application des formules empiriques.

Auteurs	Formules	Temps de concentration
Ventura	$0.1272 * \frac{\sqrt[2]{S}}{\sqrt{I}}$	0.096
Turazza	$0.108 * \frac{\sqrt{S * L}}{\sqrt{I}}$	0.207
Sokolovski	$\frac{L}{3.6 * Vr}$	3.05
Giandotti	$\frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}}$	7.46

Tableau22: Temps de concentration pour les différents auteurs.

Avec :

- S : Surface du bassin versant (Km²).
- Lt : Longueur du talweg principal (Km).
- Hmoy : L'altitude moyenne du bassin versant (m).
- Hmin : L'altitude minimale du bassin versant (m).
- I : Pente moyenne du talweg principal.
- Vr : Vitesse d'écoulement pour les petits cours d'eau, elle est proche de 1.5 m /s.
- Dt : Dénivelée entre deux extrémités du talweg principal (m).

Parmi les résultats obtenus dans le tableau7 nous optons pour le résultat issu de loi de Giandotti car c'est la formule qui tient compte de la majorité des paramètres géomatiques du bassin versant.

Donc :

$$Tc = 7.46 h$$

2.1.4- Calcul de la quantité de pluie maximale durant le temps de concentration (Tc)

Pour calculer la quantité de pluie maximale durant le temps de concentration, on utilise la formule suivante :

$$P_{Tc} = P_{jmax} \% \left(\frac{Tc}{24} \right)^b$$

Avec :

- P_{Tc} : Pluie maximale durant le temps de concentration en mm ;
- $P_{jmax} \%$: Pluie maximale journalière correspondante à une fréquence donnée en mm :
- $P_{jmax} \% = 69.027 \text{ mm}$;
- Tc : Temps de concentration en heures : $Tc = 7.46 \text{ h}$;
- b : Exposant climatique $b = 0,29$.

On présente le résultat suivant :

Fréquence %	10	5	1	0.1
$P_{jmax} \%$	46.14	53.18	69.027	92.38
P_{Tc}	29.07	33.50	43.49	58.20

Tableau 23 : calcul de la pluie maximale pendant le temps de concentration.

2.1.5- Vitesse moyenne de ruissellement V_r

Elle est donnée par la formule suivante :

$$V_r = \frac{L}{Tc}$$

Avec :

- L : Longueur du talweg principal (Km).
- Tc : Temps de concentration (h).

$$V_r = 2.21 \text{ Km/h}$$

2.1.5- Pluies de courte durée

Le passage des pluies journalières maximales aux pluies de courtes durées est effectué au moyen de la Formule K. Body (ANRH 1984).

$$P_{tc} = P \max j.$$

Avec :

- **t** : durée de l'averse
- **b** : exposant climatique **b = 0.29** selon les études régionales de l'ANRH.
- Les intensités maximales de période t (h) et période de retour T (ans) sont calculées par la relation.

$$I_t = \frac{P_{tc}}{t}$$

Avec :

- **I** : l'intensité maximale de période t (h).
- **P** : Pluies de courte durée (mm).
- **I** : Intensité maximale (mm/h).

Les précipitations et les intensités maximales pour différentes durées sont représentées au tableau.

Suivant :

Période de Retour	100		50		20		10		5	
	T(h)	Ptc (mm)	It (mm/h)	Ptc (mm)	It (mm/h)	Ptc (mm)	It (mm /h)	Ptc (mm)	It (mm /h)	Ptc (mm)
0,25	20,02	80,08	18,02	72,08	15,38	61,54	13,36	53,44	11,26	45,03
0,5	24,47	48,94	22,03	44,06	18,81	37,62	16,34	32,67	13,77	27,53
1	29,92	29,92	26,94	26,94	23,00	23,00	19,97	19,97	16,83	16,83
2	36,58	18,29	32,93	16,47	28,12	14,06	24,42	12,21	20,58	10,29
3	41,15	13,72	37,04	12,35	31,63	10,54	27,47	9,16	23,14	7,71
4	44,73	11,18	40,26	10,07	34,38	8,59	29,86	7,46	25,16	6,29
5	47,72	9,54	42,96	8,59	36,67	7,33	31,85	6,37	26,84	5,37
6	50,31	8,38	45,29	7,55	38,67	6,44	33,58	5,60	28,30	4,72
7	52,61	7,52	47,36	6,77	40,43	5,78	35,12	5,02	29,59	4,23
8	54,68	6,84	49,23	6,15	42,03	5,25	36,50	4,56	30,76	3,84
9	56,58	6,29	50,94	5,66	43,49	4,83	37,77	4,20	31,83	3,54
10	58,34	5,83	52,52	5,25	44,84	4,48	38,94	3,89	32,82	3,28
11	59,97	5,45	53,99	4,91	46,10	4,19	40,04	3,64	33,74	3,07
12	61,51	5,13	55,37	4,61	47,27	3,94	41,06	3,42	34,60	2,88
13	62,95	4,84	56,67	4,36	48,38	3,72	42,02	3,23	35,41	2,72
14	64,32	4,59	57,90	4,14	49,44	3,53	42,94	3,07	36,18	2,58
15	65,62	4,37	59,07	3,94	50,44	3,36	43,80	2,92	36,91	2,46
16	66,86	4,18	60,19	3,76	51,39	3,21	44,63	2,79	37,61	2,35
17	68,04	4,00	61,26	3,60	52,30	3,08	45,42	2,67	38,27	2,25
18	69,18	3,84	62,28	3,46	53,17	2,95	46,18	2,57	38,91	2,16
19	70,27	3,70	63,27	3,33	54,01	2,84	46,91	2,47	39,53	2,08
20	71,33	3,57	64,21	3,21	54,82	2,74	47,61	2,38	40,12	2,01
21	72,34	3,44	65,13	3,10	55,60	2,65	48,29	2,30	40,69	1,94
22	73,33	3,33	66,01	3,00	56,36	2,56	48,95	2,22	41,25	1,87
23	74,28	3,23	66,87	2,91	57,09	2,48	49,58	2,16	41,78	1,82
24	75,20	3,13	67,70	2,82	57,80	2,41	50,20	2,09	42,30	1,76

Tableau 24 : Pluies et intensités maximales de durée t (h) et de période retour.

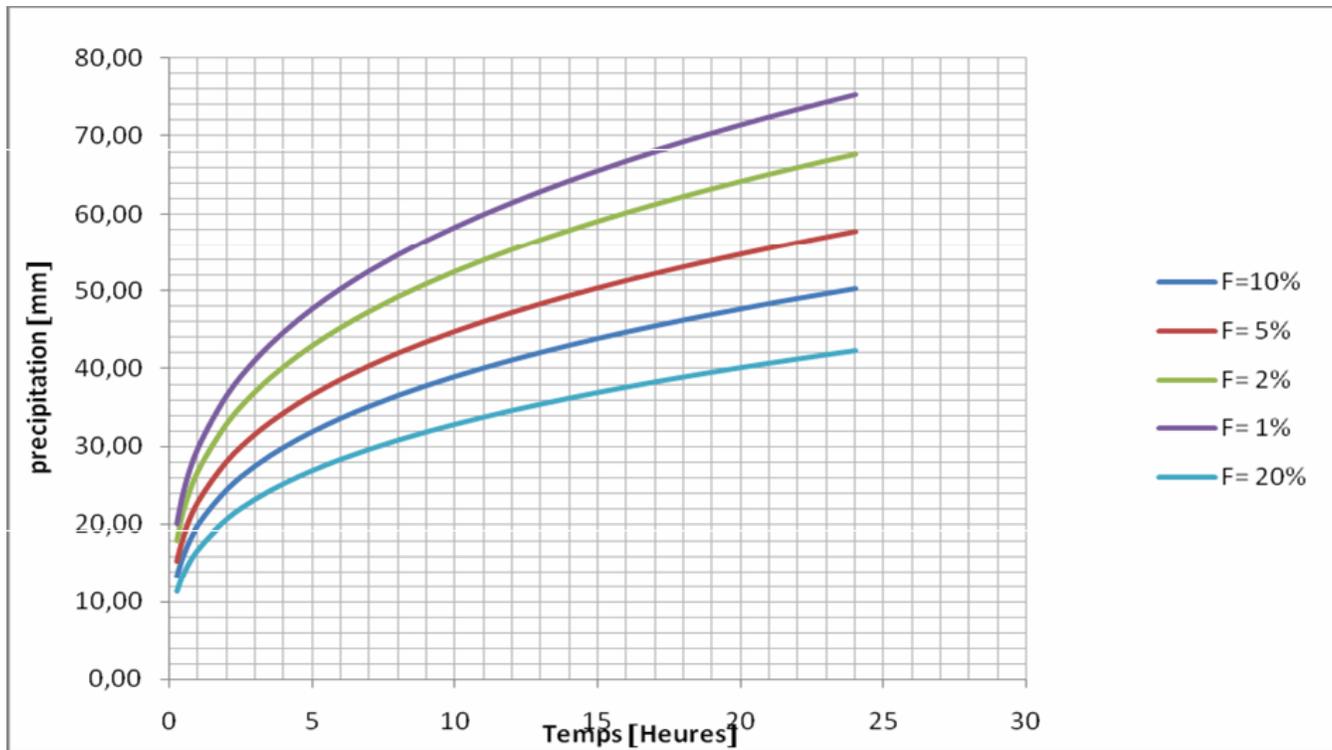


Figure 22: courbes des pluies fréquentielles.

C- CONCLUSION✓ **Climat**

Le bassin versant de l'Oued Deffa est caractérisé par un climat semi-aride, une Température moyenne annuelle de l'ordre de **15.38°C**, et une précipitation moyenne de **260.69** mm.

✓ **Hydrologie**

L'étude de la pluviométrie dans le bassin de l'oued Deffa nous a permis a donné les résultats suivants:

- Pluie maximale journalière fréquentielle $P_{jmax\%} = 69.027$ mm
- Temps de concentration $T_c = 7.46$ heur
- $P_{tc} = 43,49$ mm

Pour qu'on puis détermine le débit centennal est nécessaire de baser sur les résultats précédentes ($P_{jmax\%}$; t_c ; p_{tc} ; intensité maximal de pluie)

III- ETUDE DE CRUE

A- INTRODUCTION

Une inondation est un fléau naturel qui affecte plusieurs pays du monde. Elle est due à de nombreux facteurs et aggravée par d'autres dont l'activité de l'homme qui fait souvent parti de l'un de ces facteurs. Les dégâts engendrés par cette catastrophe, qu'ils soient humains ou matériels sont généralement de statistiques lourdes.

B- DEFINITION

1- Inondation

Une inondation est une submersion temporaire d'une zone habituellement sèche, par des eaux douces (fortes pluies, débordements de rivières,...etc.) ou salées (submersion marine, tsunami,...etc.). Elle peut être un phénomène régulier ou catastrophique et peut se produire lentement ou très rapidement selon les conditions topographiques et météorologiques de la zone affectée. L'inondation est issue de nombreux facteurs dont le plus répandu dans le monde est les crues.

2- Crue

Une crue est une augmentation rapide et temporaire du débit d'un cours d'eau. Elle est caractérisée par quatre paramètres :

- ✓ Le débit.
- ✓ La hauteur d'eau.
- ✓ La vitesse d'écoulement.
- ✓ La durée.

2.1- Éléments descriptifs d'une crue

Une crue est décrite par quatre éléments (Figure 23), qui sont :

- ✓ **Temps de concentration** : durée nécessaire à la goutte d'eau tombée au point le plus éloigné du bassin pour atteindre l'exutoire.
- ✓ **Pointe de crue** : puissance de la crue et durée de la période critique.
- ✓ **Courbe de tarissement** : retour de la rivière au niveau antérieur à la crue.
- ✓ **Fréquence de retour** : une crue centennale a, chaque année, une chance sur cent (1/100) de se produire.

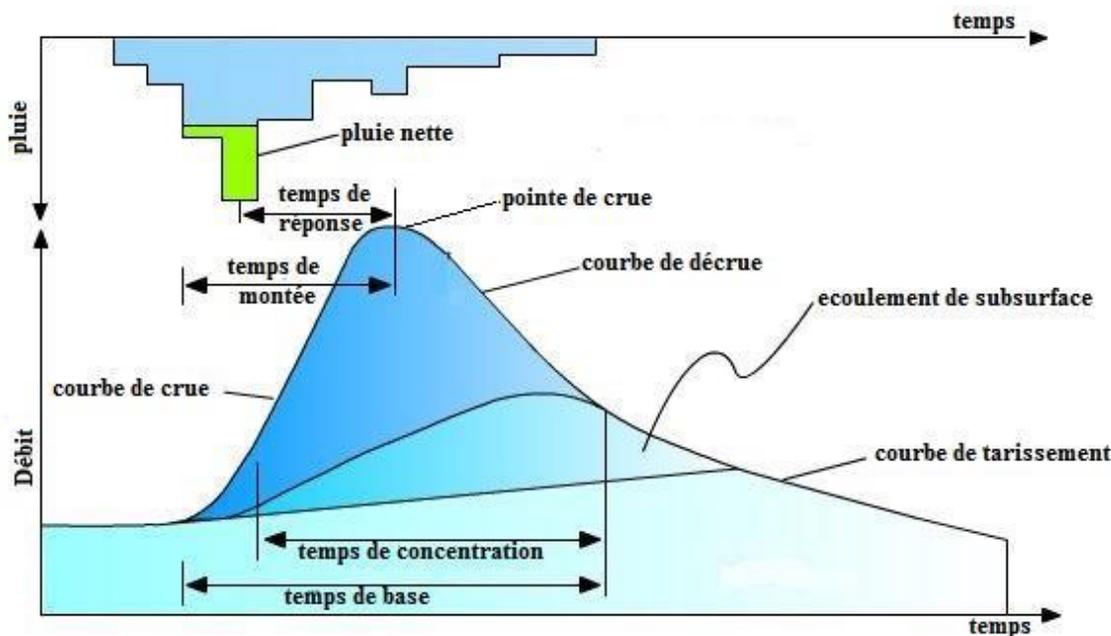


Figure 23: Eléments descriptif d'une crue (BEN AMOR.M.F, 2010).

2.2- Principaux paramètres nécessaires pour évaluer la catastrophe

- ✓ La période de retour des crues.
- ✓ La hauteur et la durée de submersion.
- ✓ La vitesse d'écoulement.
- ✓ La torrencialité du cours d'eau.

La possibilité d'apparition d'une crue dépend de nombreux paramètres autres que les quatre précédemment cités (Wikipédia), exemple : répartition spatiale et temporelle des pluies par rapport au bassin versant, évaporation et consommation d'eau par les plantes, absorption d'eau par le sol, infiltration dans le sous-sol ou ruissellement,...etc.

- ✓ Les dégâts occasionnés par les inondations dépendent des paramètres suivants :
- ✓ La hauteur de submersion.
- ✓ La durée de submersion.
- ✓ Les vitesses d'écoulement.
- ✓ Le volume de matériaux solide transportés.
- ✓ L'érosion des berges.

3- Mécanismes de l'inondation

Les facteurs physiques qui influencent les inondations sont :

- ✓ Le régime des pluies.
- ✓ Le relief.
- ✓ La taille du bassin versant.
- ✓ L'état des sols.

Les facteurs aggravants le risque d'inondation sont :

- ✓ L'usage et l'occupation des sols.
- ✓ Aménagements du territoire.
- ✓ Le manque d'entretien des cours d'eau.

4- Les inondations en Algérie

L'Algérie, comme la plupart des autres pays du monde, connaît épisodiquement des phénomènes de crues et d'inondation qui se manifestent de façon catastrophique constituant ainsi une contrainte majeure pour les activités et une entrave pour le développement économique et social.

Plusieurs régions du pays sont régulièrement menacées par ces catastrophes naturelles dont les effets sont souvent intensifiés par d'autres facteurs qui aggravent les effets de crues.

Ces événements dramatiques engendrent souvent des bilans lourds de dégâts humains et matériels, cependant ils ne sont pas toujours procréés par des situations météorologiques exceptionnelles et se produisent dans beaucoup de régions suite à des épisodes pluviales saisonniers ordinaires, les causes de telles inondations sont liées en grande partie aux agissements de l'homme cite (LAHLAH.S, 2004), dont on cite :

- L'occupation des rives des cours d'eau et l'urbanisation anarchique.
- La défaillance des réseaux d'assainissement et de collecte des eaux pluviales.
- Le gonflement des oueds par les décombres et les détritiques, ... etc.

C- LA CRUE DE LA VILLE D'EL BAYADH

Les travaux du bureau d'étude SAETI (2011) sur la crue de oued Daffa marque que le jour du 01 Octobre 2011, la zone urbaine de la ville d'El-Bayadh a été frappée, par un épisode pluvieux plus ou moins exceptionnel quant à l'ampleur des dégâts occasionnés dans cette ville jamais enregistrés depuis plus d'un siècle selon le témoignage de la population riveraine. L'oued Deffa qui traverse la ville a été envahi par une crue très significative en terme de violence du

ruissellement, enregistrant de nombreuses victimes au sein de la population .Ainsi, il a été dénombré un bilan très lourd faisant état d'au moins dix (10) morts et occasionnant des dégâts matériels considérables après que l'oued ait débordé pour s'infiltrer brutalement dans toutes les habitations à proximité de l'oued à 300 mètres de part et d'autre de son lit naturel. (Figure 24)



Figure 24 : Image satellitaire des quartiers qui sont plus près de l'Oued El Bayadh (SAETI, 2012)

1- Photos d'inondation de la ville d'El Bayadh 01 Octobre 2011 (Figure 25)





L'estimation de débit de la crue du 01 Octobre 2011 par l'ANRH(2012) est de 450 m³/s, est, nettement, supérieur au débit centennal de 264,66 m³/s calculé par le bureau d'étude SAETI.

2- Historique des inondations de la ville d'El Bayadh

Daïra	Commune	Historique (date des inondations pour la plus longue période possible)	Lieu dit (quartiers zones on secteurs touchée)	Nature des dégâts		
				Humains (Morts et blessés) (Nombre)	Sinistrés (Nombre)	matériels
El Bayadh	El Bayadh	03-04/1990	Oued Deffa centre ville	/	06	/
El Bayadh	El Bayadh	13-14-15/03/1991	Oued Deffa	/	214	/
El Bayadh	El Bayadh	18/10/1991	Oued Deffa	12 Blessés	09	/
El Bayadh	El Bayadh	1/6/1993	Oued Deffa	03 Morts	20	/
El Bayadh	El Bayadh	22-23/09/1994	Oued Deffa	/	04	/
El Bayadh	El Bayadh	27/02/1995	Oued Deffa	/	12	/
El Bayadh	El Bayadh	09/04/1997	Oued Deffa	01 Mort	/	/
El Bayadh	El Bayadh	23/10/2000	Oued Deffa	/	/	/
El Bayadh	El Bayadh	29/03/2004 16-17/04/2004	Oued Deffa	02 Morts /	/	01 Véhicule 02 Véhicule 01 Véhicule
El Bayadh	El Bayadh	22/04/2004	Oued Deffa	/	25	02 Camions
El Bayadh	El Bayadh	29/04/2004	Oued Deffa	01 Blessée	39	01 Véhicule
El Bayadh	El Bayadh	23/05/2004	Oued Deffa	/	20	/
El Bayadh	El Bayadh	22,23 et 24.04.2011	Oued Deffaa	Non communiquée	Non communiquée	/
El Bayadh	El Bayadh	01 au 02.10.2011	Oued Deffaa	13 morts	400	

Tableau 25: Historique des inondations de 1994 à 2011

3- Application sur le bassin versant

La détermination des débits maximum de crues a différentes fréquences est nécessaire pour le dimensionnement de certains ouvrages tels que les évacuateurs de crue des barrages, les débouchés de ponts et les digues de protection contre les inondations, etc.

Pour notre étude on utilisera la méthode empirique, les principales lois employées sont : la formule de MALLET-GAUTHIER, la formule de TURAZZA, la formule de GIANDOTTI, la formule de SOKOLOVSKI et la formule Rationnelle (TOUAIBIA.B, 2004).

Etant donné que pour le tracé de l'hydrogramme de crue nous utilisons la méthode de SOKOLOVSKY, nous optons pour les débits de crues obtenus par la loi du même auteur.

- **Formule de SOKOLOVSKY**

Le débit maximum probable est donné par la formule suivante (Méthode de Sokolovsky) :

$$Q_{\max, p\%} = \frac{0,28 \times P_{tc}(P\%) \times C_e \times S}{T_c} f$$

Avec :

- ✓ C_e : Coefficient d ruissellement en fonction de la fréquence (tableau 26).
- ✓ S : Surface du bassin versant (Km^2).
- ✓ f : Coefficient de forme de la crue.
- ✓ T_c : Temps de concentration du bassin versant (h).
- ✓ P_{tc} : Précipitation de probabilité $p\%$ correspondant au temps de concentration (mm).
- ✓ 0.28 : coefficient de changement d'unité.
- ✓ Le coefficient de forme de la crue est donné par la formule suivante :

$$f = \frac{12}{4 + 3 * \gamma}$$

- ✓ Pour $S \leq 50 Km^2$, on a $\gamma = 2$.
- ✓ Pour des bassins non boisés au sol peu perméable, on a $\gamma = 2 \div 2,5$.
- ✓ Pour des bassins boisés au sol perméable, on a $\gamma = 3 \div 4$.
- ✓ Si on prend $\gamma = 2.5$

$$f=1.04$$

Les résultats obtenus par l'application des lois empiriques sont résumés dans (tableau 26) suivant :

Période de retour		100	50	20	10	5
Fréquence %		1	2	5	10	20
Ce		0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
Qmax, p%	<i>SOKOLOVSKY</i>	165.34	136.38	105.40	82.5	61.94

Tableau 26 : Résultats d'évaluation des crues par la loi empirique Sokolovisky

3.2- Hydrogramme des crues

L'hydrogramme de crue est une courbe qui nous renseigne sur les différentes caractéristiques de la crue : la forme, la durée, le volume et le débit de pointe qui sera le débit du projet.

L'hydrogramme de crue est établi par la méthode de SOKOLOVSKY qui le trace à base de deux équations paraboliques, l'une pour la montée de crue et l'autre pour la décrue (KERKAR.M.E 2011).

- **La montée de la crue**

$$Q_m(t) = Q_{max, p} * \left(\frac{t}{t_m}\right)^3$$

- **La décrue**

$$Q_d(t) = Q_{max, p} * \left(\frac{t_b - t}{t_d}\right)^2$$

Avec:

- Qmax, p: Débit maximum de crue (de pointe) (m³/s).
- Qm (t) : Débit instantané au moment de la montée (m/s).
- Qd (t) : Débit instantané au moment de la descente (m/s).
- tm : Temps de montée (h).
- td : temps de descente (h).
- tb : Temps de base (h).

On a : $t_m = t_c ; t_d = t_m * \gamma$ et $t_b = t_m + t_d$

✓ γ : dépend de la capacité de régulation du bassin, $\gamma = 2.5$.

Donc :

$$t_m = t_c = 7.46 \text{ h.}$$

$$t_d = 2.5 * t_m = 18.65 \text{ h.}$$

$$t_b = t_m + t_d = 26.11 \text{ h.}$$

Les débits de crue des différentes périodes de retour du bassin versant sont représentés dans (tableau 27) suivant :

		période de retour				
Q%	t(h)	100	50	20	10	5
0		0	0	0	0	0
2.2		4.24	3.50	2.70	2.12	1.59
4.4		33.92	27.98	21.63	16.93	12.71
6.6		114.50	94.44	72.99	57.13	42.89
7.46		165.34	136.38	105.40	82.50	61.94
7.7		161.11	132.89	102.70	80.39	60.36
10		123.37	101.76	78.65	61.56	46.22
12.5		88.05	72.63	56.13	43.94	32.99
15		58.67	48.40	37.40	29.28	21.98
17.5		35.24	29.07	22.46	17.58	13.20
20		17.75	14.64	11.31	8.85	6.65
22.5		6.19	5.11	3.95	3.09	2.32
25		0.59	0.48	0.37	0.29	0.22
26.11		0	0	0	0	0

Tableau 27 : Débits de crues pour différentes périodes de retour

L'hydrogramme de crue correspondant aux débits de crues obtenue est représenté par (figure 26)

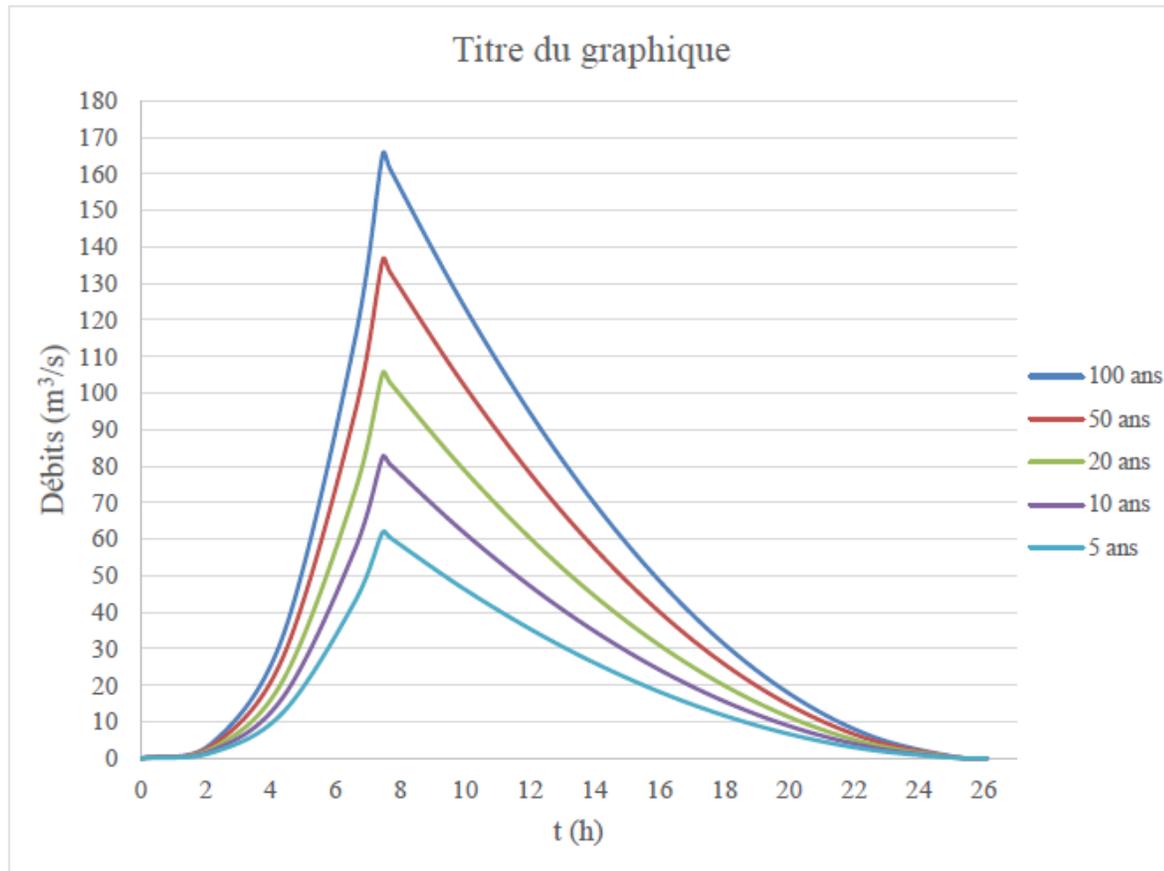


Figure 26 : Hydrogramme de crue

L'hydrogramme de crue pour les différents périodes de retour présente les caractéristiques suivantes :

- Temps de montée 8 heures.
- Temps de décrue 18 heures.
- L'hydrogramme est réguliers et également « pointu ». La crue se développe sur une durée d'environ 8 heures. Ce qu'explique la topographie de bassin versant faible pente. (En particulier en fond de vallée, ou le réseau de drainage est piètrement développé).
- Le débit de crue pour une période de retour de 100 ans est : $Q_{max, 100} = 165.34 \text{ m}^3/\text{s}$

3.2.1- Calcul de volume de la crue

$$\text{pré}W1 = Q_{max} \frac{tm}{m + 1}$$

$$wt = w1 + w2s$$

Avec :

- w1 : apport pendant la crue (Hm)
- w2 : apport pendant la décrue.
- Wt : apport total(Hm).

Calcule de volume de crue pour différentes période (tableau 33)

Q max (m ³ /s)	61.94	82.50	105.40	136.38	165.34
Période de retour T (ans)	5	10	20	50	100
$w1 = Q_{max} \frac{14}{2 + 1}$	289.05	385	491.86	636.44	771.58
$w2 = Q_{max} \frac{28}{3 + 1}$	433.58	577.5	737.8	954.66	1157.38
Wt=w1+w2 (hm ³)	722.63	962.5	1229.66	1591.1	1928.96

Tableau 28 : volume de crue pour différentes période

4- Protection contre les crues

4.1- Introduction

Les travaux de L’ANRH (2012) de la wilaya d’El Bayadh ont fournis des solutions de prévention contre les crue Une fois la situation du risque est décrite, il est possible de faire une prévision d’un large éventail d’aménagements qui pourra apriori participer à la réduction des conséquences des écoulements provoquant les inondations et les crues.

Au vu de ce qui précède, l’étude portant intitulé : Achèvement de la protection l’oued Deffa et réalisation des collecteurs de rejet final de la ville D’El Bayadh.

4.2- Les zones a risque de crue

Les travaux du CTH d’El Bayadh ont marqué qu’il s’agit de préserver ou de restaurer des zones connues d’expansion de crues du cours d’eau. Ceci implique généralement de contrôler l’occupation de la zone d’expansion de crues de telle sorte que la submersion de la zone ne soit pas finalement remise

En compte. Les effets positifs sont à une échelle plus ou moins locale en fonction de la surface de stockage effectivement enjeu (figure 27).

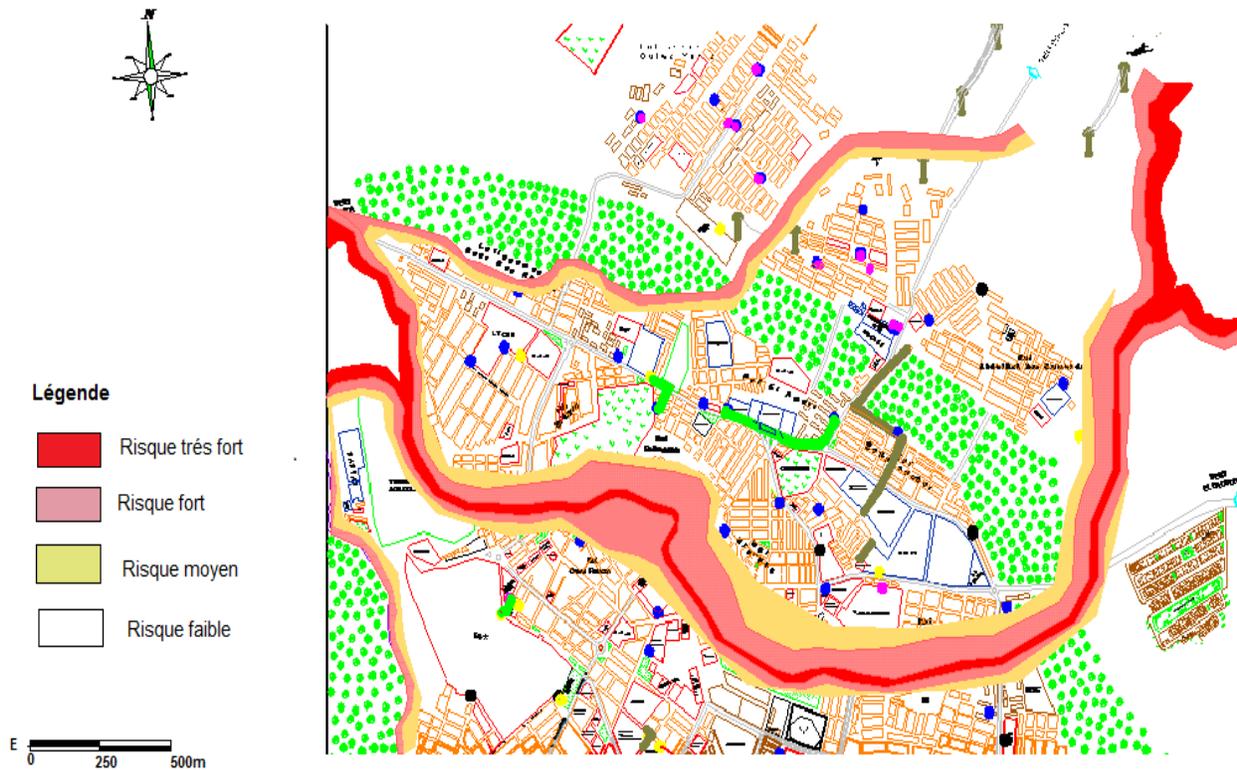


Figure 27: Les zones les plus à risque de crue

5- Les solutions de risque de crue de l’oued Deffa (figure 28)

- Réalisation d’un canal de déviation hors tissu urbain vers la zone d’Ouled Yahia jusqu’au point de jonction avec l’Oued Deffa
- Prolongement de la protection existante en amont de la ville (cité 20 Aout et route El Haoudh) sur une longueur de 1272 m
- L’aménagement anti-érosif du bassin versant de l’Oued par son reboisement
- La réalisation de correction torrentielle.

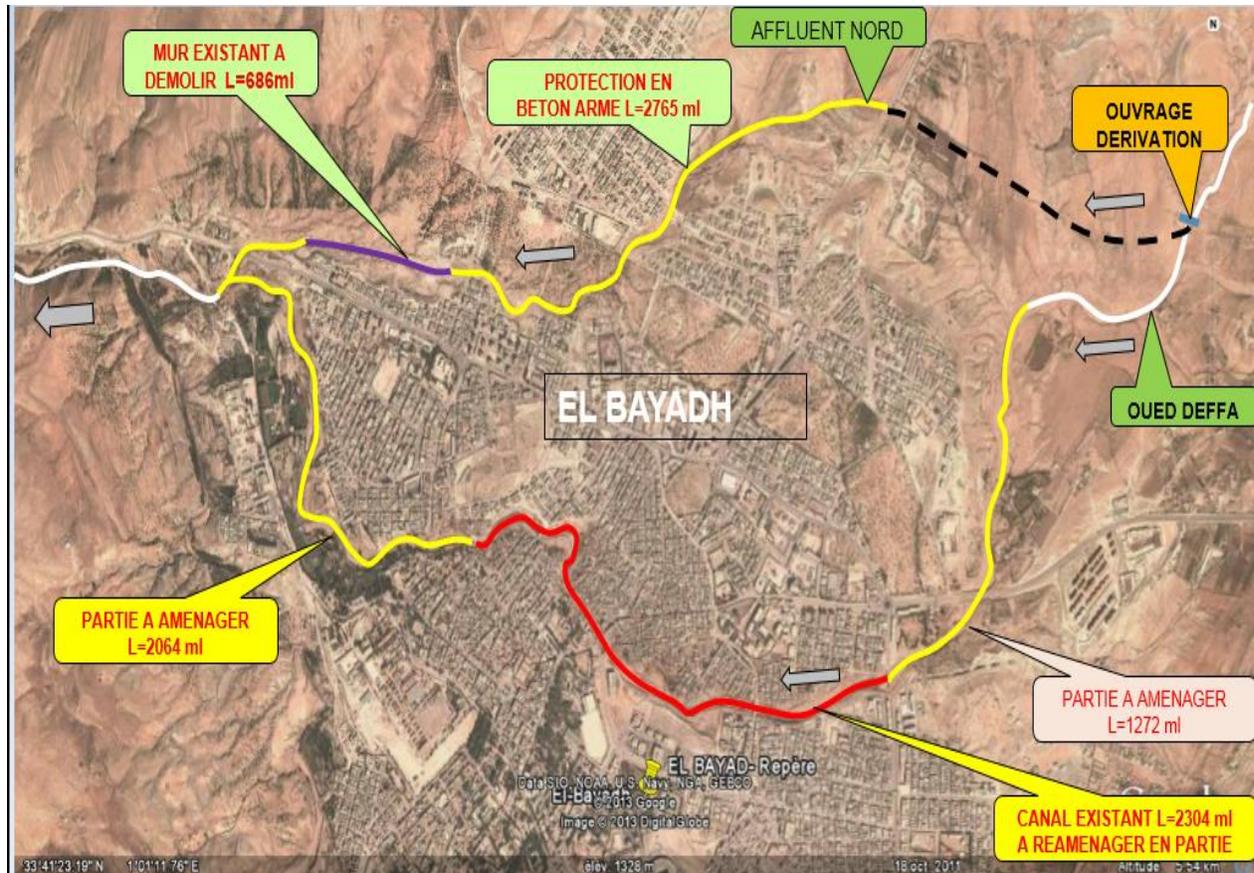


Figure 28: image satellitaire des solutions d'aménagement (SAETI 2012).

D- CONCLUSION

Les inondations restent toujours des phénomènes naturels immaitrisables par l'homme. Dans cette recherche, les débits des crues probables estimés par la méthode SOKOLOVISKY à partir de la série de mesures disponibles pour différentes périodes de retour varient de 61.94 et 165.34 m³ /s pour des périodes de retour allant de 5 à 100 ans.

Tout au long de ce travail on a trouvé des solutions pour l'aménagement mieux intégrés soit au niveau du bassin versant soit au niveau du lit du cours d'eau tout en étudiant leur impact sur le processus des écoulements en amont et en aval.

CONCLUSION GENERALE

Comprendre le processus a l'origine des crues et des inondations suppose analyser les différents facteurs concourant à la formation et à l'augmentation temporaire des débits d'un cours d'eau, pour se faire nous avons utilisé le maximum de données climatiques, hydrométriques, géologiques, le traitement de ces données a été effectué par différents méthodes et des formules empiriques.

L'étude climatique a montré que la région est caractérisée par un climat semi-aride, une température moyenne annuelle de l'ordre de 15.38°C, et une précipitation moyenne de 260.69 mm. A l'aide d'une étude morphologie il a été établi que la surface du bassin est de 1082 km², le périmètre de 50.6 km, avec tranche d'altitude comprise entre 1304 m et 1950 m et une longueur de talweg principal égale a : 16.6 km.

L'étude de réseau hydrographie nous montre que le réseau hydrographie bien drainé avec une densité de drainage égal à 1.3 km⁻³, le temps de concentration calculé par plusieurs formules (GINDOTTI égale 7.46H) ce paramétré est important pour l'étude de crue.

L'application formule empirique SOKOLOVSKY parmi d'étudier l'hydrogramme de crue qui est forme curviligne avec un temps de monté égal 8 heures et temps de décrue égal 18 heures.

La problématique des inondations est particulièrement complexe à gérer. La protection des agglomérations de ce type de catastrophe nécessite l'implication de plusieurs disciplines (déviation hors tissu urbain, L'aménagement anti-érosif, La réalisation de correction torrentielle) afin de déterminer les divers paramètres contribuant dans leur formation ainsi que les solutions appropriées.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANDRE MUSY. (2005)- Hydrologie général prof. André Musy.

ANRH (1984). Agence national des ressources hydrauliques de Blida

ANRH (2012). Agence national des ressources hydrauliques d'El Bayadh

ATLAS KSEL, (2012). Rapport de laboratoire des travaux publics et construction

BASSOULET J.P. (1973). Contribution à l'étude stratigraphique du Mésozoïque de l'Atlas saharien occidental (Algérie). Thèse Sci. Nat., Paris VI, 497p.

BEN AMOR.M.F. (2010). Etude de la protection de la commune de BOUARFA (Blida) contre les inondations, Projet de fin d'étude, ingéniorat, ENSH, BLIDA, Algérie.

BOUSSEMGHON. (2010). Rapport "Invest in algeria (EL Bayedh)" fait par "Ksar de Boussemgoun"

CORNET A. (1952). L'Atlas saharien sud-Oranais. XIXème Congr. Géol. Intern., Alger. Monographie régionale, 1ère sér. 12, 51 p.

CTH, (2012). Contrôle technique de la Construction Hydraulique

DPAT, (2010). Monographie de la wilaya d'El BAYADH

DOUIHASNI M. (1976). Etude géologique la région d'Aïn Ouarka-Boussemgoun (partie centrale des Monts des Ksour) - Analyse structurale -Tome I : Stratigraphie. Thèse 3ème cyc. Oran : Université d'Oran, 115p, p06,

GALMIER D. (1972). Photogéologie de la région d'Ain Sefra (Algerie), service géologique de l'Algérie, 1972, 164p.

HCDS D'EL BAYADH (2017). Haut-commissariat au développement de la steppe d'El'Bayadh

KERKAR.M.E. (2011). Protection de la ville de MEFTAH (Blida) contre les inondations par aménagement de l'Oued KHADRA, Projet de fin d'étude, Ingéniorat, ENSH, Blida, Algérie.

LABORDE.J.P ; (2009). Eléments d'hydrologie de surface, Ecole Polytechnique de l'Université de NICE-SOPHIA ANTIPOLIS.

LA DIRECTION DES RESSOURCES EN EAU DE LA WILLAYA D'EL BAYADH.

Rapport de la direction des ressources en eau de la willaya d'el bayadh

LAHLAH.S, (2004). Les inondations en Algérie, Actes des Journées Techniques/Risques Naturels : Inondation, Prévision, Protection/BATNA.

LE CENTRE CLIMATOLOGIQUE NATIONAL DE DAR EL BEIDA. Résumé annuel du temps en Algérie.

METHODE DE SOKOLOVSKY. Rev. Sci. Technol., Synthèse 34: 74 -84(2017)

SAETI, (2012). Rapport de la Société Algérienne d'Etudes d'Infrastructures

STATION METEOROLOGIQUE, (2012). Rapport de La Station Météorologique de la Wilaya d'El Bayadh.

TOUAIBIA.B ; (2004). Manuel pratique d'hydrologie, ENSH, Blida, Algérie.

SITE WEB

www.wikipedia.com