

N° d'ordre :

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique**

**Université
d'Oran**

Faculté des Sciences de la Terre, de Géographie et d'Aménagement du
Territoire

Département des Sciences de la
Terre

**MEMOIRE
PRESENTE POUR L'OBTENTION
DU GRADE DE MASTER EN
GEOLOGIE**

Option : Risques Naturels et Gestion.

Thème :

**UNE ZONE INONDABLE, CAS DE LA VILLE D'ELBAYADH
(ATLAS SAHARIENCENTRAL, ALGERIE)**

Présenté par :

M. GUETTAF Chamse Edinn

M. BENACEUR Abdelkader

Soutenu le Septembre 2014, devant le jury composé de :

| | | |
|-----------------------|---------------------------|--------------------|
| M. ZEROUALI | M.A (UNIV.D'ORAN) | PRÉSIDENT |
| M. MANSOUR.H | P.R (UNIV. D'ORAN) | RAPPORTEUR |
| M. FOUKRACHE.M | M.A (UNIV. D'ORAN) | EXAMINATEUR |

Remerciements

C'est avec grand plaisir que nous présentons nos sincères remerciements à toutes les personnes qui nous ont aidés à réaliser ce travail.

Nous commencerons par exprimer nos profondes gratitudees envers M. Mansour. H pour nous avoir encadrés, merci pour avoir lu et corrigé les trois chapitres de ce mémoire. Merci pour avoir suivi l'ensemble de notre travail, pour son dévouement, pour son aide et ses conseils.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les professeurs qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.

*Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours soutenue et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire.
Merci à tous et à toutes.*

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents, à ce qui sont ma raison d'être et ont offre toute leur vie pour moi, par leur sacrifices pour mon bonheur et la réussite dans mes études.

A mes frères : Said ,Zin Elttadj,

A mes chères sœurs ,

A mes amis : Djebbari Belkacem, Khernane Abd elghani, Mechri hocine, Bechgag Khadidja.

A toutes les familles : Benaceur ,Mechri,

A toute ma promotion 2013-2014 sans exception.

Benaceur Abd el kader

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents, à ce qui sont ma raison d'être et ont offre toute leur vie pour moi, par leur sacrifices pour mon bonheur et la réussite dans mes études.

A ma grand-mère :Mati

A mon frère : Mohamed

A mes chères sœurs : Ikram,Ichrak

A mes amis :Maouch Ali ,Ouici Ahmed,Salmi Ahmed et Kehoul Brahim.

A toutes les familles : Guettaf ,Maouche,

A toute ma promotion 2013-2014 sans exception.

Guettaf Chamse Eddin.

Sommaire

Chapitre I : Considération générale

| | |
|---|----|
| I. Considération générale | 1 |
| I.1. Introduction..... | 1 |
| I.2. Présentation de la zone d'étude..... | 3 |
| I.2.1. introduction | 3 |
| I.2.2. Situation géo- administrative de la wilaya d'EL BAYADH | 4 |
| I.2.3. Situation topographique | 5 |
| I.2.4. Situation climatique | 5 |
| I.2.5. Situation géologique | 5 |
| I.2.6. Sismicité | 5 |
| I.2.7. Situation Hydrogéologique | 5 |
| I.2.8. Hydrographie | 7 |
| I.3. Présentation du risque Inondation | 7 |
| I.3.1. Définitions | 7 |
| I.3.1.1. L'inondation | 7 |
| I.3.1.2. Lit mineur | 7 |
| I.3.1.3. Lit majeur | 7 |
| I.3.2 . La genèse d'une crue inondant | 8 |
| I.3.3 . Les différents Types d'inondations..... | 9 |
| I.3.3.1 . Les inondations des plaines..... | 9 |
| I.3.3.2 . Les inondations par ruissellement en secteur urbain | 9 |
| I.3.3.3. Inondation par remontées de nappe | 9 |
| I.3.3.4. Par débordement direct | 10 |
| I.3.3.5 .Par débordement indirect | 11 |
| I.3.3.6)Inondation par rupture d'une protection | 12 |
| I.3.4 . Les Inondations en Algérie | 12 |
| I.3.5. Causes et conséquences | 14 |
| I.3.6.Les Risques Permanents | 15 |
| I.3.7. Conclusion | 16 |

| | |
|--|-----------|
| I.4. Cadre climatologique | 17 |
| I.4.1. Introduction | 17 |
| I.4.2. Données climatiques | 17 |
| I.4.2.1.Étude des précipitations | 18 |
| a)Précipitations moyenne mensuelles (mm) | 18 |
| b) Précipitations saisonnières | 19 |
| I.4.2.2. Température | 20 |
| I.4.2.3.L’insolation | 20 |
| I.4.2.4. L’humidité Relative | 21 |
| I.4.2.5.Le Vent | 21 |
| I.4.2.6. Evaporation | 22 |
| I.4.2.7. indices climatiques généraux | 23 |
| a)indice de DEMARTONNE | 23 |
| b) Indice d’EMBERGER | 25 |
| I.4.2.8. L’évapotranspiration réelle (ETR) | 27 |
| I.4.2.9. L’évapotranspiration potentielle (ETP) | 27 |
| • Méthode de TURC..... | 27 |
| • Méthode de THORNTWAITE | 27 |
| I.4.2.10. Ruissellement | 28 |
| I.4.2.11. Infiltration | 28 |
| I.4.2.12. Volume d’eau infiltrée | 28 |
| I.5. Conclusion | 29 |

Chapitre II : Cadre géologique.

| | |
|---|-----------|
| II. Cadre géologique | 30 |
| II.1. Morphométrie du bassin versant | 30 |
| II.1.1. La surface | 30 |
| II.1.2. Le périmètre | 30 |

| | |
|---|----|
| II.1.3) Caractéristiques de forme | 30 |
| II.1.4.L'indice de compacité de Gravelius « Kc » : défini comme le rapport du périmètre du bassin au périmètre du cercle ayant la même surface..... | 31 |
| II.1.5.Le rectangle équivalent..... | 31 |
| II.2. Les reliefs..... | 32 |
| II.2.1. Répartition et la courbe hypsométrique | 32 |
| II.2.2. Les altitudes caractéristiques..... | 34 |
| II.2.3. Indice de pente globale (I_g) | 35 |
| II.2.4. Dénivelée spécifique Ds | 36 |
| II.2.5. Pente moyenne des bassins versants (I_m) | 36 |
| II.3. Le réseau de l'écoulement..... | 37 |
| II.3.1. La densité de drainage | 37 |
| II.3.2. La pente moyenne du cours d'eau principale | 37 |
| II.4.La géologie de la zone d'étude | 39 |
| II.4.1. LE JURASSIQUE | 39 |
| II.4.2. LE KIMMERIDGIEN | 39 |
| II.4.2.1. Le kimméridgien inférieur | 39 |
| II.4.2.2. Le kimméridgien moyen | 39 |
| II.4.2.3. Le kimméridgien supérieur | 39 |
| II.4.3 . LE PORTLANDIEN :..... | 39 |
| II.4.4 . LE NEOCOMIEN – BARREMIEN..... | 40 |
| II.4.5. LE TERTIAIRE ET LE QUATERNAIRE | 40 |

Chapitre III : Risque inondations

| | |
|--|----|
| III .Risque inondations | 43 |
| III.1. Introduction | 43 |
| III.2 . Prédétermination des crues | 43 |
| III.2.1. Analyse de pluie fréquentielle | 43 |
| III.2.1.1. Calcul de la pluie maximale journalière fréquentielle | 43 |
| III.2.1.2 .Galton (Log -Normal) | 46 |

| | |
|--|----|
| III.2.1.3 . Le temps de concentration | 47 |
| III.2.1.4.Calcul de la quantité de pluie maximale durant le temps de concentration (Tc)..... | 49 |
| a) Vitesse moyenne de ruissellement | 50 |
| b) . Pluies de courte durée | 50 |
| • Formule de SAMIE | 53 |
| • Formule de DERY II..... | 53 |
| • Formule de MEDINGER..... | 53 |
| • Formule de Mallet – Gauthier | 54 |
| • Formule de TURC | 54 |
| • Formule de l’ANRH..... | 55 |
| III.3. Calcul du débit unitaire (M0) | 56 |
| III.3.1.-Formule de DERI | 56 |
| III.3.2.-Formule d’UKRGI POROVOKUZ..... | 56 |
| III.4. Apport solide..... | 56 |
| III.4.1.Formule de fournier (a) | 57 |
| III.4.2.Formule de fournier (b) | 57 |
| III.4.3)formule de TIXERONT | 57 |
| III.5. Etude de crues | 58 |
| III.5.1. Différentes méthodes d’évaluation des crues | 58 |
| III.5.1.1. Méthodes historiques | 58 |
| III.5.1.2. Méthodes empiriques | 59 |
| III.5.1.3. Courbes enveloppes | 59 |
| III.5.1.4. Méthodes probabilistes | 59 |
| III.5.1.5. Méthodes déterministes | 59 |
| III.5.1.6. Méthode de l’hydrogramme unitaire | 59 |
| III.6. Application sur les bassins versants | 59 |
| III.6.1 . Formule de Giandotti | 59 |
| III.6.2. Formule de Turazza..... | 60 |
| III.6.3. Formule de Sokolovsky..... | 60 |
| III.7.Hydrogrammes des crues | 62 |
| III.8. La zone inondable d’El bayadh | 63 |

| | |
|---|-----------|
| III.9. Conclusion | 67 |
| III.10. Protection contre l'inondation | 68 |
| III.10.1. Plans de prévention du risque d'inondation (PPRI) | 68 |
| III.10.2. Solution n°01 : Dérivation de l'oued Deffa | 68 |
| III.10.3. Solution n°02 : Réaménagements | 69 |
| III.10.3.1. Reboisement | 69 |
| III.10.3.2. Recalibrage des ouvrages d'art | 70 |
| III.10.3.3. Recalibrage des systèmes d'évacuation de l'eau | 72 |
| III.10.3.4. Préservation des zones d'expansion des crues | 72 |
| III.10.3.5. Correction torrentielle | 72 |
| a) L'influence des facteurs anthropiques | 73 |
| b) L'urbanisation et l'implantation d'activité dans les zones inondables | 73 |
| c) La diminution des champs d'expansion des crues | 73 |
| d) L'aménagement parfois hasardeux des cours d'eau | 73 |
| III.10.4. Recommandation | 74 |
| III.10.5. Conclusion générale | 75 |

Liste des tableaux

| | |
|--|-----------|
| Tableau (1) :présente trois grandes zones distinctes..... | 4 |
| Tableau (2): Historique des inondations dans la wilaya d’el bayadh . (La Direction de protection civil de la Willaya D’El Bayadh.)..... | 14 |
| Tableau (3) : Identification de la station pluviométrique.(La Direction des Ressources En Eau de la Willaya D’El Bayadh.)..... | 17 |
| Tableau (4):Répartition moyenne mensuelle des précipitations Centre climatologique national Dar El Beida (Résumé annuel du temps en Algérie)..... | 18 |
| Tableau (5) : Répartition des pluies saisonnières en pourcentage et en (mm)..... | 19 |
| Tableau (6):Répartition de la température pour l’année 2011.(Source : Centre climatologique d’El bayadh)..... | 20 |
| Tableau (7) : Durées quotidiennes d’insolation (heures)..... | 21 |
| Tableau (8) :l’humidité relative..... | 21 |
| Tableau (9) : repartitions des vents (1978-1983)..... | 21 |
| Tableau (10) : Les valeurs moyennes mensuelles de l’évaporation..... | 22 |
| Tableau (11) : Caractéristiques climatiques du bassin versant de l’Oued | 29 |
| Tableau(12) : les paramètres morphométries des sous bassin..... | 32 |
| Tableau (13) : Surfaces partielles du bassin versant par tranche d’altitude..... | 33 |
| Tableau (14) : Résultats de calcul | 35 |
| Tableau (15) : Deuxième classification de l’O.R.S.T.O.M..... | 36 |
| Tableau(16): caractéristiques hydromorphométriques des bassins versants..... | 38 |
| Tableau (17) : Résultats de calcul | 44 |
| Tableau(18): Série des pluies maximales journalières à la station d’El bayadh..... | 45 |
| Tableau(19): Caractéristiques de la série avec N=34ans (est donné par l’ANRH de BLIDA.)..... | 46 |
| Tableau (20): résultat de l’ajustement a la loi de GALTON..... | 46 |
| Tableau (21): Caractéristiques de l’échantillon..... | 47 |
| Tableau (22) : Temps de concentration | 49 |
| Tableau (23) : calcul de la pluie maximale pendant le temps de concentration..... | 50 |

| | |
|--|-----------|
| Tableau(24). Pluies et intensités maximales de durée t (h) et de période retour..... | 51 |
| Tableau (25) : l'Apport moyenne interannuelle..... | 55 |
| Tableau (26) : Résultats de calcul..... | 56 |
| Tableau(27) : valeur de coefficient de ruissellement C..... | 60 |
| Tableau(28): valeur de α..... | 60 |
| Tableau(29): Débits de crues au bassin versant..... | 61 |
| Tableau(30) : Hydro gramme des crues de différentes périodes de retour de bassin versant..... | 62 |

Listes des figures

| | |
|---|-----------|
| Fig. 1: Localisation géographique de la wilaya d'EL BAYAD..... | 3 |
| Fig. 2:les limites géo- administrative de la wilaya d'EL BAYADH..... | 5 |
| Fig. 3: Topographie d'une plaine d'inondation(en ligne)..... | 8 |
| Fig. 4:Organigramme de la genèse d'une crue inondant..... | 8 |
| Fig. 5:Inondations par ruissellement en secteur urbain..... | 9 |
| Fig. 6: Inondation par remontée de nappe phréatique..... | 10 |
| Fig. 7 : Inondation par débordement direct..... | 10 |
| Fig. 8:Inondations par débordement en secteur urbain.(La Direction de protection civil de la Willaya D'El Bayadh.)..... | 11 |
| Fig.9:Inondation par débordement indirect..... | 12 |
| Fig. 10: Inondation par rupture d'une protection..... | 12 |
| Fig. 11:Les inondations et les dégâts.(La Direction des Ressources En Eau de la Willaya D'El Bayadh.)..... | 16 |
| Fig. 2:Localisation de la station pluviométrique d'El Bayadh.(La Direction des Ressources En Eau de la Willaya D'El Bayadh.)..... | 18 |
| Fig.13 : Courbe de Répartition moyenne mensuelle des précipitations..... | 19 |
| Fig. 14: Courbe de Répartition saisonnières de la pluviométrie..... | 19 |
| Fig. 15 : Courbe de Variations des différentes températures mensuelles..... | 20 |
| Fig.16 : Courbe de Répartitions des vents..... | 22 |
| Fig. 17 : Courbe de Répartitions de l'évaporation..... | 23 |
| Fig. 18 : l'indice d'aridité de DEMARTONNE..... | 24 |
| Fig. 19 : Abaque de Climat gramme pluviométrique d'EMBERGER..... | 26 |
| Fig.20 : le bassin versant d'El Bayadh..... | 30 |

| | |
|--|-----------|
| Fig.21 : Répartition altimétrique des courbes de niveau du Bassin versant de l'Oued Deffa.. | 33 |
| Fig.22 : Carte géologique du synclinal d'EL BAYADH.(Extraite de la carte géologique de l'Algérie au 1/500 000ème)..... | 34 |
| Fig.23: Courbe hypsométrique..... | 42 |
| Fig.24 :log stratigraphique de la région d'EL BAYADH..... | 43 |
| Fig.25: ajustement de la loi de log normal..... | 47 |
| Fig. 26: courbes des pluies fréquentielles..... | 52 |
| Fig.27 : courbes intensité durée fréquence..... | 52 |
| Fig.28: Hydro grammes des crues du Bassin Versant..... | 62 |
| Fig. 29 : carte des quartiers qui sont plus près de l'Oued El Bayadh..... | 63 |
| Fig.30:Détection de la zone inondée | 63 |
| Fig.31 : Vue globale de la zone inondée..... | 64 |
| Fig.32 : Vue globale de la zone inondée..... | 64 |
| Fig.33:La délimitation (ligne rouge en pointillé) de la zone inondée..... | 65 |
| Fig.34 : Les photos après l'inondation..... | 66 |
| Fig.35:carte risques d'inondation..... | 68 |
| Fig.36 : Récapitulation des actions à entreprendre au niveau de la ville d'el bayadh..... | 69 |
| Fig.37 :L'absence de reboisement..... | 70 |
| Fig.38 : Carte reboisement..... | 70 |
| Fig.39 : Les ponts de ville avant la dernière crue..... | 71 |
| Fig.40: Impacts de l'inondation identifiés sur les images du satellite Kompsat (© KARI), matérialisés par la destruction de deux passerelles (cercle en jaune)..... | 71 |
| Fig. 41 :L'entretien de lit du oued et le déliage des sédimentes..... | 71 |
| Fig.42:Le non respect de la réalisation d'étude du oued..... | 72 |
| Fig.43 :la correction torrentielle..... | 73 |

Résumé :

L'étude sur les inondations en Algérie établie par l'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH) montre que le pays est confronté au phénomène de crues et inondations très destructives en particulier dans les régions arides et semi-arides.

Les crues de cette zone sont moins connues. Elles sont caractérisées par leur subite durée (pluies averse d'orage). La durée de la crue est de l'ordre de quelques minutes à quelques heures.

Les dégâts humains et matériels ont été toujours très élevés, la zone d'étude est circonscrite dans le bassin versant de l'oued Deffa zone semi-aride de la wilaya d'El Bayadh en Algérie, il couvre une surface d'environ (132.5 Km²).

Les études de protection contre les inondations ou les études de dimensionnement des ouvrages hydrauliques (évacuateur de crue, bassin d'orage, etc.) nécessitent la donnée de la crue qui est souvent inconnue dans plusieurs endroits en particulier au niveau de l'oued non jaugé de cette zone.

Cela rend la tâche très difficile aux planificateurs et aux aménagistes exerçant dans le domaine des études hydrauliques. L'objectif de cette étude est de proposer une méthodologie de détermination de la crue en absence de données de mesure dans la zone semi-aride du Sud Ouest de l'Algérie.

L'objectif de l'étude est de proposer pour cette zone une méthodologie de calcul des crues pour le cours d'eau.

Mots clés : inondation ; crues ; oued ; el Bayadh ; protection contre l'inondation ; bassin versant.

Abstract:

The study on floods in Algeria established by the National Agency of Water Resources (ANRH) shows that the country is confronted with the phenomenon of very destructive especially in arid and semiarid regions. Flooding of river in this area is less known. They are characterized by their sudden duration (rain showers, thunderstorm). The duration of the flood is of the order of minutes to hours.

The human and material damage caused by these floods were still high. The study area encompasses Watershed in semi-arid in west south and Algeria.

Studies of protection against floods and design studies of hydraulic structures (spillway, Storm basin, etc.).

Require the raw data which is often unknown in several places particularly at engaged Wade of this area. This makes it very difficult to schedules and managers working in the field of Hydraulic studies. The objective of this study and propose a methodology for determining the absence of raw Measurement data in the semi-arid west south eastern Algeria

The objective of the study is to propose a methodology for this area of flood calculation for river.

Key Words: flood , river, el bayadh , protection before floods ; basin.

1.1.INTRODUCTION GENERALE :

L'homme depuis des siècles, s'installe aux bords des rivières afin de profiter de ses avantages ;transport fluvial des marchandises, pêche, source d'alimentation en eau, source d'énergie hydraulique. Mais il doit aussi en subir les caprices dont les plus redoutables sont liées aux crues, Ainsi .la lutte contre les inondations constitue un enjeu important compte tenu du nombre d'endroits potentiellement affectes «les inondations causent plus de 50% des catastrophes naturelles en moyenne plus de 200000 morts/an dans le monde».

Les inondations représentent un phénomène naturel largement répandu à la surface du globe.

La méthode hydro géomorphologique est née de la nécessité de mieux gérer les zones exposées aux aléas d'inondation, afin d'en réduire la vulnérabilité ou, mieux encore, de les préserver du risque en y maîtrisant l'urbanisation, et de les affecter à l'expansion des crues.

Fondée sur une approche naturaliste, elle permet de mettre en évidence des unités géomorphologiques non contestables, façonnées par l'eau, et qui marquent les limites potentielles d'une crue prochaine, indépendamment de toute modélisation.

Elle est donc un outil à la fois scientifique et pédagogique, car elle offre aux acteurs de l'aménagement durable une nouvelle vision de l'espace.

Selon l'Institut international de l'eau de Stockholm (SIWI), pour la période 1996 -2005, environ 80% des catastrophes naturelles étaient d'origine météorologique ou hydraulique, et les inondations auraient lors de cette décennie affectée en moyenne 66 millions de personnes par an entre 1973 et 1997.

Les catastrophes résultent de l'importance développement urbain et périurbain qui s'est implanté dans des zones inondables depuis les dernières années.

Cette situation met en place des enjeux multiples, à la fois économiques avec des zones industrielles et commerciales qui s'étend sur un terrain plat, et inondables au delà centres urbains anciens qui ne l'était pas.

La prévision des inondations dans les zones semi -arides est le plus souvent une tache difficile. Caractérisées par des averses irrégulières (assez fréquentes pendant les périodes automnales et estivales).Ceci ne nous empêche pas de proposer un PERI (Plan d'exposition aux risques d'inondations) adéquat vis a vis des caractéristiques de la zone d'étude.

Cette partie d'étude est une introduction pour mettre en légende le phénomène d'inondation et les causes principales qui provoquent ainsi l'impact écologique, économique et social de l'évènement surle site à étudier.

L'Algérie est confrontée aux phénomènes de crues et d'inondations qui sont plus fréquents que les séismes .Ces phénomènes provoquent des catastrophes plus destructrices et occasionne d'importants dégâts humains et matériels.

Les analyses faites à ce propos dans notre pays mettent en évidence leur violence et leur spontanéité ainsi que leur survenance brutale après une période de sécheresse.

Chapitre I: Considérations générales

I.Considérations générales :

I.2. Présentation de la zone d'étude :

I.2.1. introduction :

La Wilaya d'El Bayadh fait partie intégrante de la région des Haute Plaines steppique du Sud Ouest algérien ; El Bayadh est une agglomération de création coloniale ; A cette époque, elle se nommait GERYVILLE.

Ce territoire de **71 697 Km² soit 3 %** de la superficie totale du territoire national et Fortement **marqué par l'aridité** qui s'accroît du nord au Sud. Il constitue à ce titre, un milieu Naturel fragile, où la dégradation du couvert végétal du massif de l'Atlas saharien et des sols des plaines steppiques et parcours pré saharien ont atteint des niveaux parfois irréversibles, Par rapport à l'espace de Wilaya ,elle se trouve dans la partie Nord dans une position excentrique .Elle située à l'intersection des deux axes RN 6A et RN 47.

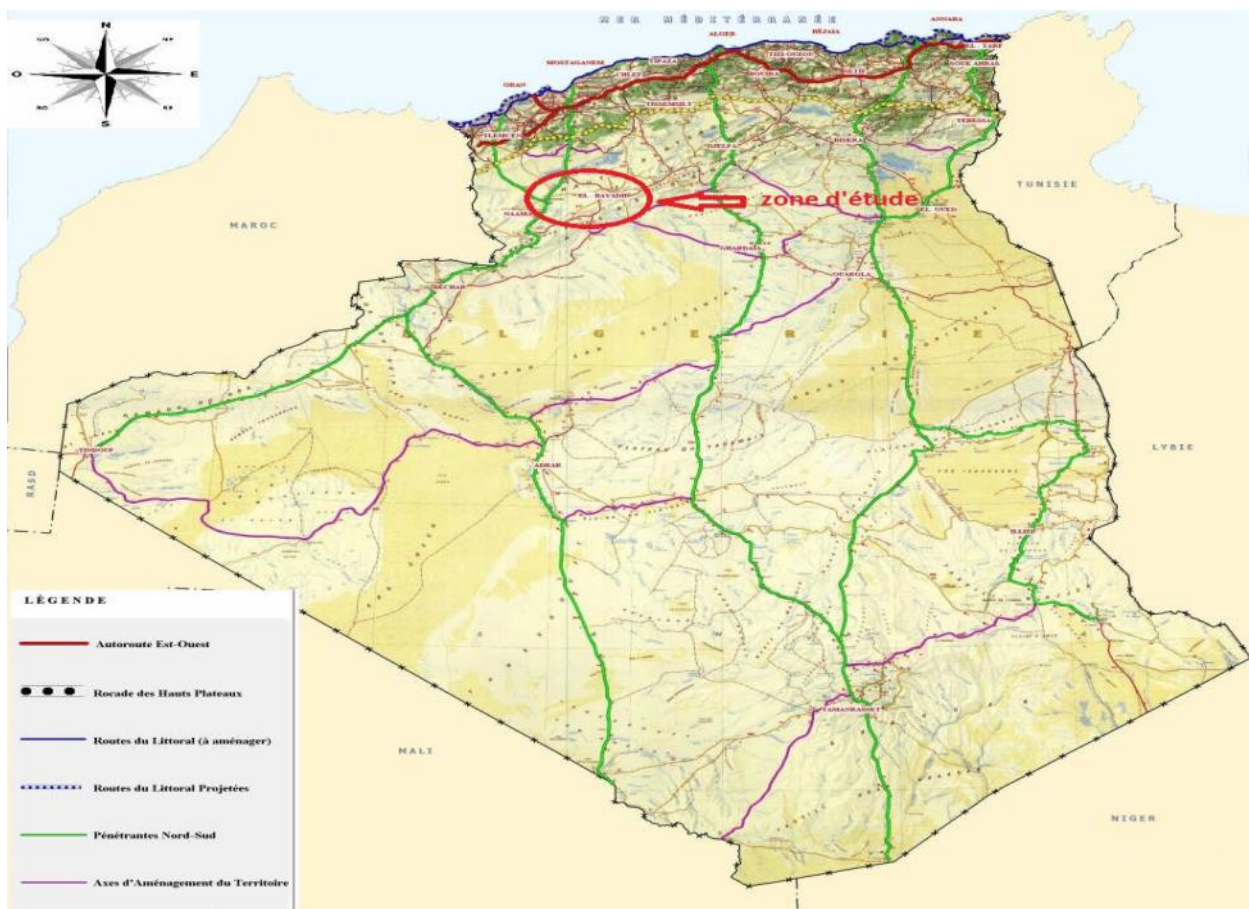


Fig. 1: Localisation géographique de la wilaya d'EL BAYAD.

I.2.2 .Situation géo- administrative de la wilaya d'EL BAYADH :

La ville d'El Bayadh est située 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 et d'altitude moyenne de 1341 mètres. Nord : Wilayas : Saida et Tiaret. Est et Sud Est :Wilayas Laghouat, Gardaia et Adrar.Ouest et Sud Ouest : Wilayas :Sidi-Bel-Abbès ,Naàma et Béchar.

Elle se compose de Huit dairates et 22 communes :

| Les zones | Les communes | Superficie |
|--|--|------------------------|
| Au Nord: les hautes plaines | composées de 06 communes: Bougtob, EL Kheiter, Tousmouline, 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 , Krakda, 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.

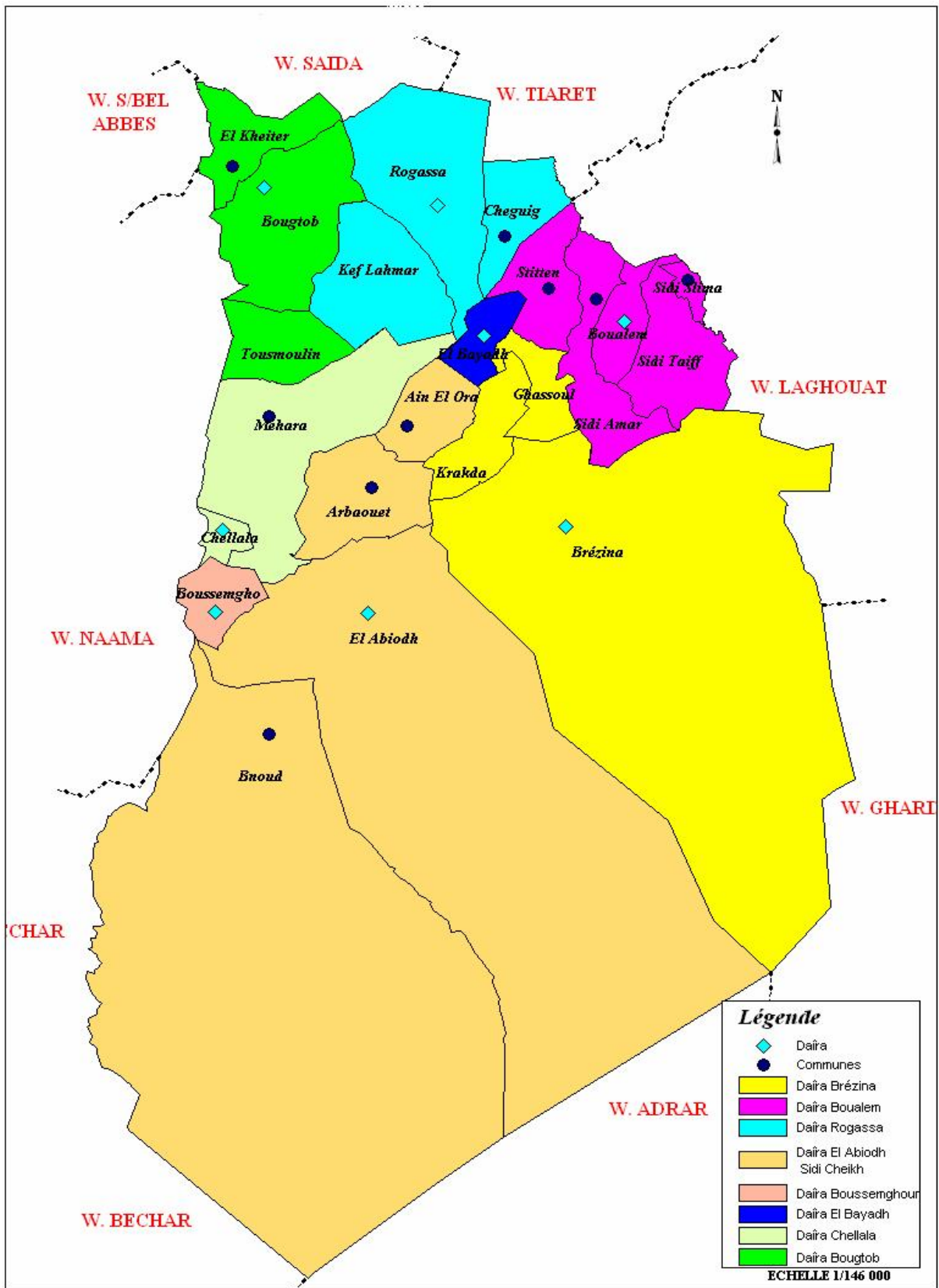


Fig. 2: les limites géo- administrative de la wilaya d'EL BAYADH.

I.2.3.Situation topographique :

Elle s'étend du Chott Echergui 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.

Elle se suite 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.

I.2.4 . 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.

I.2.5 . 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.

I.2.6 . 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).

I.2.7.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

I.2.8. 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 intermittents 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).

I.3. Présentation du risque Inondation :

I.3.1. Définitions :

I.3.1.1. L'inondation :

Le terme inondation fait traditionnellement référence au débordement d'un cours d'eau qui submerge les terrains voisins. Il doit évidemment être étendu aux débordements des ouvrages artificiels tels que les réseaux d'assainissement.

Les fortes pluies engendrent une crue, parfois associée à une remontée de la nappe phréatique. On distingue deux grands types de crues :

- **Les crues océaniques** sont provoquées par des précipitations réparties sur plusieurs jours ou semaines, mais d'intensité modeste, et/ou parfois par la fonte des neiges. La montée des eaux et la décrue sont lentes, progressives et donc facilement prévisibles. La durée des hautes eaux varie de plusieurs jours à quelques semaines selon la taille du bassin d'alimentation du cours d'eau et la durée des précipitations.

- **Les crues torrentielles** résultent des précipitations de type orageux. Elles durent entre quelques heures et deux journées. Ces crues sont plus fréquentes dans les zones de relief accidenté et dans les régions à climat méditerranéen ou tropical.

I.3.1.2. Lit mineur :

Espace fluvial formé d'un chenal unique ou de chenaux multiples et de bancs de sables et/ou galets, recouverts par les eaux coulant à pleins bords avant débordement. Un cours d'eau s'écoule habituellement dans son lit mineur (basses eaux et débit moyen annuel).

I.3.1.3. Lit majeur :

L'espace occupé par les eaux débordantes. Il est défini comme l'espace situé entre le lit mineur

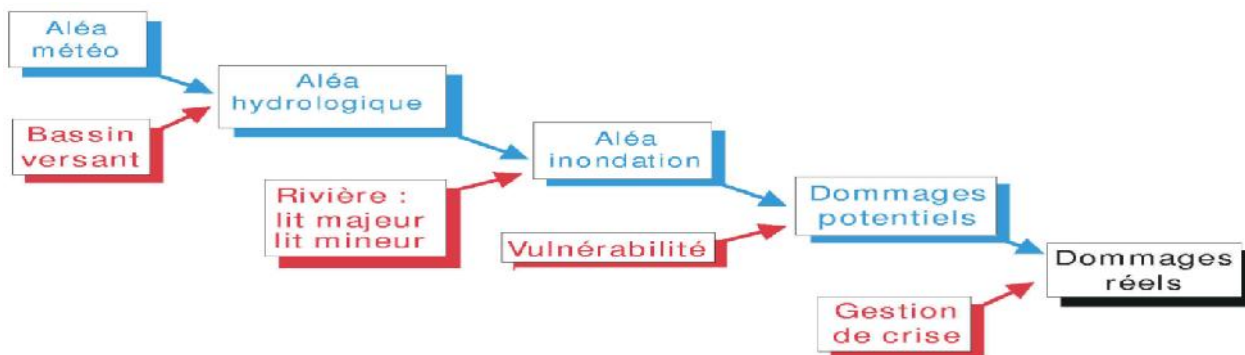
et la limite de la plus grande crue connue (ou crue répertoriée).



Fig. 3: Topographie d'une plaine d'inondation(en ligne).

I.3.2 .La genèse d'une crue inondant :

Les précipitations (pluie, neige,...) abondantes sur un bassin versant n'entraîne pas nécessairement des inondations; celles-ci en fonction de la capacité d'écoulement des rivières. De plus, l'occupation du lit majeur des cours d'eau n'est pas obligatoirement synonyme de catastrophe. Tout dépend de la "vulnérabilité" de la zone inondée, c'est-à-dire de la quantité de biens sensible d'être touchés et des perturbations occasionnées à la vie économique et sociale.



| | | | |
|--|--|--|--|
| <p>Aménagement lit :</p> <ul style="list-style-type: none"> Écoulement Stockage lit majeur <p>Travaux locaux</p> <ul style="list-style-type: none"> Reprofilage Nettoyage Murs anti-crues <p>Ouvrages de stockage :</p> <ul style="list-style-type: none"> Bassins excréteurs <p>Zones d'expansion de crues.</p> | <p>Aménagement territoire :</p> <ul style="list-style-type: none"> Infiltration <p>Vitesse ruissellement</p> <p>Ouvrages de stockage</p> <ul style="list-style-type: none"> Bassins d'orages Barrages - réservoirs <p>Gestion intégrée Par bassin</p> | <p>Réglementati on normative :</p> <ul style="list-style-type: none"> Occupation lit majeur <p>Code de construction</p> <p>Prévention individuell e</p> | <p>Plans de secours :</p> <p>Système d'alerte :</p> <ul style="list-style-type: none"> prévisions et Diffusion infos en "temps réel". <p>Gestion coordonnée.</p> <ul style="list-style-type: none"> Des ouvrages de stockage |
|--|--|--|--|

PRECIPITATIONS → CRUES → INONDATIONS → CATASTROPHES

Fig. 4: Organigramme de la genèse d'une crue inondant.

I.3.3 . Les différents Types d'inondations:

On distingue plusieurs types d'inondations :

I.3.3.1 . Les inondations des plaines:

Les crues de plaine (on parle aussi de crues fluviales) surviennent à la suite d'épisode Pluvieux océaniques prolongés mais d'intensités modérée, s'abattant sur des sols où le Ruissellement est long à déclencher, le cours d'eau sort de son lit ordinaire pour occuper Son lit majeur et l'inondation est caractérisée par une montée lente des eaux.

I.3.3.2 . Les inondations par ruissellement en secteur urbain :

Les inondations par ruissellement concernent principalement les milieux urbanisés. Les Pluies qui ne peuvent s'infiltrer et s'évacuer par les réseaux artificiels d'écoulement (Réseau D'assainissement superficiels et/ou souterrains) s'accumulent dans les points bas. Le ruissellement pluvial urbain peut provoquer d'importantes inondations lorsque les Chenaux d'écoulement en suite urbain deviennent insuffisamment dimensionnées après urbanisation et imperméabilisation des sols.

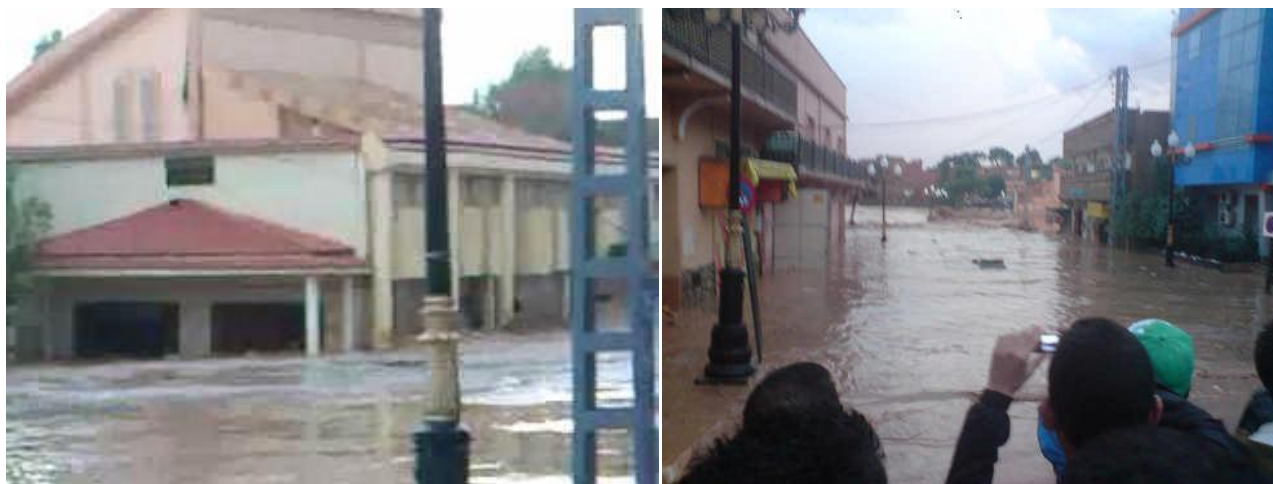


Fig. 5:Inondations par ruissellement en secteur urbain.

I.3.3.3 . Inondation par remontées de nappe :

Lors des inondations survenues dans la vallée de la somme et des affluents. De vastes zones du plateau ont été soumises à des phénomènes de remontées de la nappe phréatique, au niveau de la dépression dites «vallées sèches", dans les caves et sous-sol, entraînant de nombreux mouvements de

terrain. Ces crues de la somme sont très lentes qui se développent sur plus de deux mois.

L'événement pluviométrique déclenchant s'analyse sur une longue période à partir d'une date conventionnelle de début de recharge des nappes jusqu'à l'apparition des désordres. Ces phénomènes étaient presque totalement méconnues (ou oubliés) jusqu'aux événements de la somme.



Fig. 6 : Inondation par remontée de nappe phréatique.

I.3.3.4. Par débordement direct :

Le cours d'eau sort de son lit mineur pour occuper son lit majeur, les sites en bordure de cours d'eau sont le plus souvent inondés par un débordement direct. En fait, une rivière a deux lits : le lit mineur où les eaux s'écoulent en temps ordinaire, et le lit majeur incluant les zones basses situées de part et d'autre du cours d'eau. Après des pluies fortes ou persistantes, les rivières peuvent déborder et s'écouler à la fois en lit mineur et en lit majeur.



Fig. 7 : Inondation par débordement direct.



Fig. 8:Inondations par débordement en secteur urbain.(La Direction de protection civil de la Willaya D’El Bayadh.)

I.3.3.5 .Par débordement indirect :

Les eaux remontent par effet de siphon à travers les nappes alluviales, les réseaux d'assainissement.

3. Par remontée dans les réseaux d'assainissement dans des points bas localisés



Fig.9: Inondation par débordement indirect.

I.3.3.6 .Inondation par rupture d'une protection :

L'inondation successive à une rupture de digue est un phénomène très brutal et d'autant plus dommageable que le site étudié est proche de la digue. Une rupture peut provoquer l'entrée d'un mur d'eau de plusieurs mètres de haut. Il est très difficile de prévoir la rupture d'un ouvrage de protection, ce qui rend la prévention de ce type d'accident particulièrement incertaine.



Fig. 10: Inondation par rupture d'une protection.

I.3.4 . Les Inondations en Algérie :

L'Algérie, similairement aux autres pays du monde, a connu des inondations que paraissent à notre avis plus meurtrières et dévastatrices que celles survenues dans les pays du bassin méditerranéen.

Au cours de la décennie écoulée, nous avons pu avoir les données de quelques inondations parmi lesquelles:

Les inondations de l'automne 1968 en Algérie en Tunisie ,Mars 1973 affectant l'Est du pays ,les

inondations de 1974 des bassins versants de l'algérois, celle de 1984 touchant tout l'Est du pays.

Le 20 octobre 1993 (Ouest algérien): 22 décès et 14 blessés à Oued Rhiou. Toujours durant ce mois d'octobre 1994, des inondations ont été signalées dans plusieurs régions du pays, bilan 60 décès et des dizaines de disparus au cours de dix jours d'inondations ;

Le 22 octobre 2000 inondations à l'Ouest algérien au niveau d'oued Mekerra (Sidi Bel Abbes) : plus de 24 décès.

Les 10 et 11 novembre 2001 à Bab El Oued (Alger) les pluies diluviennes ont fait 733 victimes, 30 000 personnes sans-abris et d'importants dégâts matériels.

Le 14 octobre 2006 maisons détruites et plusieurs morts ont été signalés au niveau de la wilaya de Tamanrasset au sud du pays, suite aux pluies torrentielles qui se sont abattues sur l'ensemble de la wilaya durant trois jours.

21 octobre 2007 deux morts victimes des inondations à Béchar (pluies qui ont durées plus de trois jours).

La journée du mercredi, 1 octobre 2008 des pluies diluviennes s'étaient abattues sur la région de Ghardaïa, à 500 km au sud d'Alger faisant dangereusement monter les cours d'eau. Au moins 33 personnes sont mortes, 84 personnes ont été blessées et près de 600 maisons détruites dans des inondations très importantes.

Le 09 Octobre 2008 dans la wilaya d'Aïn Defla, les intempéries ont causé six décès et huit autres blessés parmi la population, suite à une inondation qui a surpris la région.

La journée de dimanche 12 Octobre 2008, a été fortement pluvieuse, de 20h45mn à 23h, 35 mm de pluie ont été enregistrées, surtout dans les localités de Khemis Miliana et Sidi Lakhdar où la force de l'averse a fait que le revêtement bitumeux de la chaussée en certains endroits a été endommagé, de même que des habitations noyées par des eaux chargées de terre argileuse et de gravier.

Des torrents de boue provenant des collines surplombant la ville de Khemis Miliana ont envahis la majorité des quartiers.

Durant ce mois d'Octobre d'autres crues et inondations sont signalées à Batna (450 km au sud-est d'Alger) où deux personnes ont été emportées par les eaux d'oueds en crue, à Médéa (80 km au sud d'Alger), un sexagénaire est décédé suite aux pluies torrentielles qui se sont abattues sur la région de Berrouaghia.

A Bechar, région habituellement désertique et aride, situé à plus de 1000 km au sud-ouest d'Alger, au moins huit personnes sont mortes noyées dans des inondations qui l'ont frappé mercredi et jeudi 15

et 16 octobre 2008.

| Dates des inondations | Dégâts | Causes et type d'inondation | Les pluies |
|-----------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------|
| 6-7/10/1966 | 7 morts-3 blessés-137 sinistrés | Pluies | 46 mm |
| 06-09/10/1979 | 01 mort | Pluies | 22 mm |
| 29/10/1980 | 03 blessés | Pluies | 18 mm |
| 23-25/04/1982 | 04 morts | Pluies | 35 mm |
| 25 -28/04/1982 | 12 blessés- 14 sinistrés | Pluies | 31 mm |
| 03-04/01/1990 | 06 sinistrés | Neige | 16.8 mm |
| 13-15/03/1991 | 214 sinistrés | Pluies | 45 mm |
| 18/10/1991 | 12 blessés et 09 sinistrés | Pluies | 22 mm |
| 1/6/1993 | 03 morts et 20 sinistrés | Pluies des averses | 43 mm |
| 18/10/1993 | 12 blessés | Pluies | 22 mm |
| 23/09/1994 | 2 blessés | Pluies | 23 mm |
| 27/02/1995 | / | Neige | 16 mm |
| 09/04/1997 | 01 mort | Pluies | 18 mm |
| 23/10/2000 | / | Pluies | 35 mm |
| 29/03/2004 | 02 morts | Pluies | 15 mm |
| 16-17/04/2004 | 25 sinistrés | Pluies+grêle | 35 mm |
| 29/04/2004 | 1 mort | Neige | 16.8 |
| 23/05/2004 | 20 sinistrés | Pluies | 23 mm |
| 01/10/2011 | 12 morts 45 blessés | Pluies | 55mm |

Tableau (2): Historique des inondations dans la wilaya d'el bayadh . (La Direction de protection civil de la Wilaya D'El Bayadh.)

I.3.5. Causes et conséquences :

Parmi les causes fondamentales à l'origine de ces catastrophes, il convient de citer notamment :

- Une situation météorologique particulière se traduisant par une forte pluviométrie.

- Une défaillance des réseaux d'évacuation.
- Des gonflements d'oueds par des décombres et détritits .
- Des constructions qui dévient le cours naturel des oueds.
- L'extension urbanistique des villes dont certaines s'est développée près et au flanc des montagnes.

I.3.6. Les Risques Permanents :

Les inondations et les dégâts d'eau peuvent se produire aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des bâtiments.

Les intempéries peuvent provoquer assez rapidement des situations très diverses généralement caractérisées par le charriage d'alluvions (cailloux, graviers, sables, boues) :

- Montée des eaux des rivières et canaux
- Coupure des voies de communication en l'espace de quelques minutes.
- Accumulation de matériaux charriés contre les ponts sur les routes et sur les places.
- Mise en danger des personnes traversant les ponts ainsi toutes constructions limitrophe.
- Effondrement de berges, destruction des digues, des fondations, etc.
- Chute d'arbres.
- Extension des dégâts :
 - a)- Destruction des canalisations des eaux usées.
 - b)-Glissement de terrain.
 - c)- Rupture de digues ou des seuils (vagues de fond)
 - d)-Difficultés d'approvisionnement en eau potable.
 - e)-Risque de contamination.
 - f)- Difficultés d'approvisionnement en énergie.

Il s'ensuit généralement des coupures prolongées de courant et de téléphone.

Les canalisations subissent elles aussi souvent des dommages, dont la réparation peut prendre beaucoup de temps.

Des dégâts aux constructions et aux cultures par la grêle et les tempêtes peuvent également survenir simultanément.



Fig. 11: Les inondations et les dégâts. (La Direction des Ressources En Eau de la Willaya D'El Bayadh.)

I.3.7. Conclusion :

L'inondation est un phénomène météorologique qui provoque des dégâts matériels et humains et qui laisse son empreinte sur la zone touchée.

A cet effet une étude pour le calcul des crues maximale doit être lancée au niveau des zones potentiellement menacées et prendre les dispositions adéquates pour la lutte et la minimisation des pertes.

Les travaux de protection contre les inondations doivent donc être aussi envisagés en fonction de leurs conséquences en aval.

En effet, l'évaluation du risque d'inondation doit s'appuyer sur des estimations fiables des niveaux d'eau et des vitesses locales, que ce soit en zone rurale (problèmes de stockage, érosion ou dépôt de limon) ou dans les plaines d'inondation urbanisées (problèmes de vulnérabilité).

I.4. Cadre climatologique :

I.4.1. Introduction :

La situation géographique de la région d'El Bayadh l'action de la Méditerranée se trouve estompée pendant que s'affirment les influences sahariennes.

Cette position en latitude constitue un facteur essentiel commandant la climatologie de notre secteur étudié ; car elle coïncide :

Avec la limite méridionale occupé par le front polaire : un courant du Sud –Ouest se développe quant l'isobare (1025) se situe au niveau des hauts plateaux.

La température sera anormalement élevée et l'on pourra voir des précipitations de longue durée surtout en Automne et en Printemps.

Avec l'air de stationnement du front Méditerranéen : il se localise généralement sur des crêtes de l'Atlas, entre l'air méditerranéen et l'air saharien.

La présence de système perturbés qui en découle entraînera une augmentation du volume des précipitations qui seront relativement plus élevées à El Bayadh que sur les hauts plateaux.

L'étude des phénomènes météorologiques et des caractéristiques climatologiques, permet la visualisation du régime climatique et de prévenir les phénomènes extrêmes.

I.4.2. Données climatiques :

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

- Altitude : **1341 m**
- Longitude : **1° 00' E**
- Latitude : **33° 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 (3) : Identification de la station pluviométrique. (La Direction des Ressources En Eau de la Willaya D'El Bayadh.)

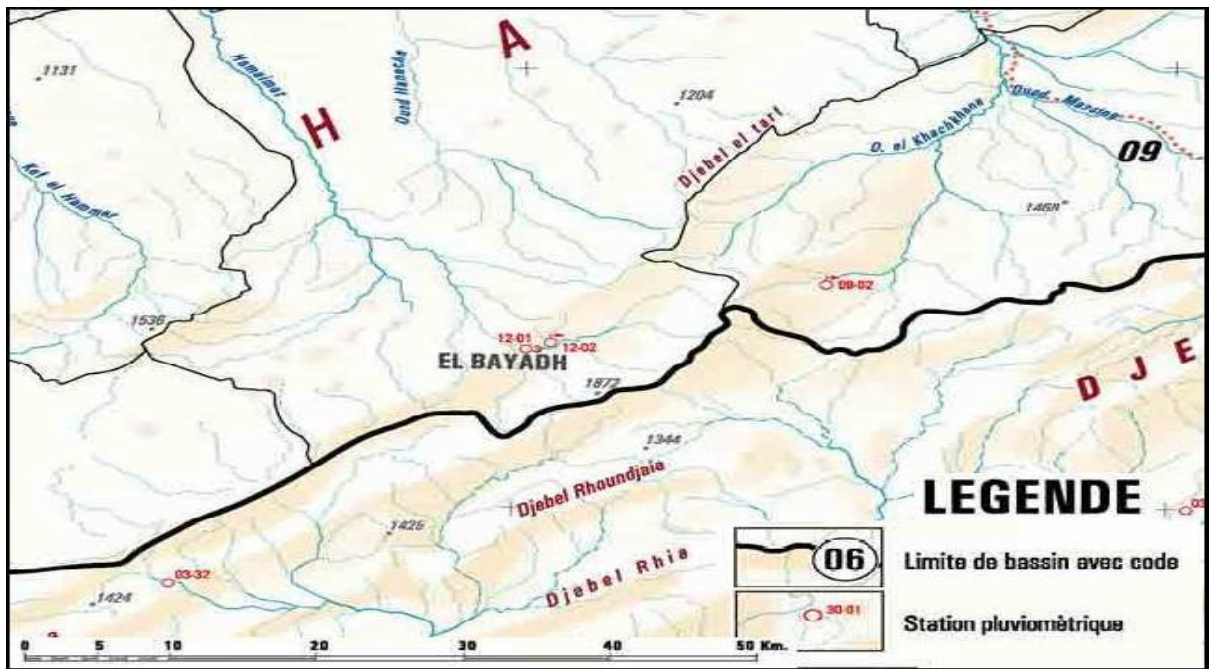


Fig. 2: Localisation de la station pluviométrique d'El Bayadh. (La Direction des Ressources En Eau de la Willaya D'El Bayadh.)

I.4.2.1. 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 le tableau 4.

a) Précipitations moyenne mensuelles (mm) :

| Mois | Jan | Fév. | Mar | Avr | Mai | Juin | Juill. | Août | Sep | Oct. | Nov. | Dec |
|---|------|------|------|-----|------|------|--------|------|------|------|------|------|
| Moyenne mensuelle des Précipitations (mm) | 30,4 | 13,2 | 20,9 | 24 | 10,2 | 17,3 | 3,6 | 11,4 | 37,7 | 19,5 | 12,3 | 25,9 |

Tableau (4): Répartition moyenne mensuelle des précipitations : Centre climatologique national Dar El Beida (Résumé annuel du temps en Algérie).

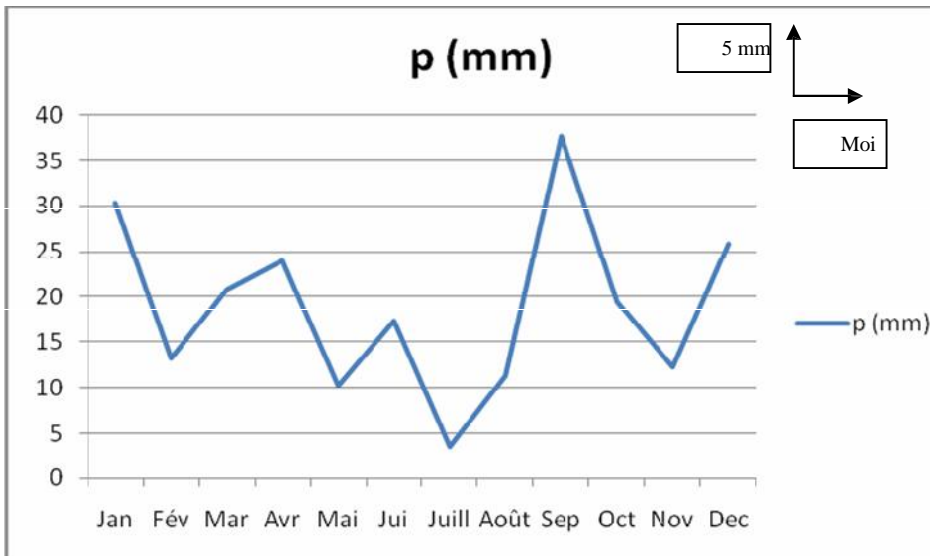


Fig.13 : Courbe de Répartition moyenne mensuelle des précipitations.

b) Précipitations saisonnières :

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

| Saison | | Hiver | Printemps | Eté | Automne | Année |
|-------------------------------|-----------|-------|-----------|------|---------|-------|
| P_{saisonnier} | mm | 63.4 | 74.5 | 24.5 | 70.3 | 232.7 |
| | % | 27.2 | 32 | 10.5 | 30.2 | 100 |

Tableau (5) : Répartition des pluies saisonnières en pourcentage et en (mm).

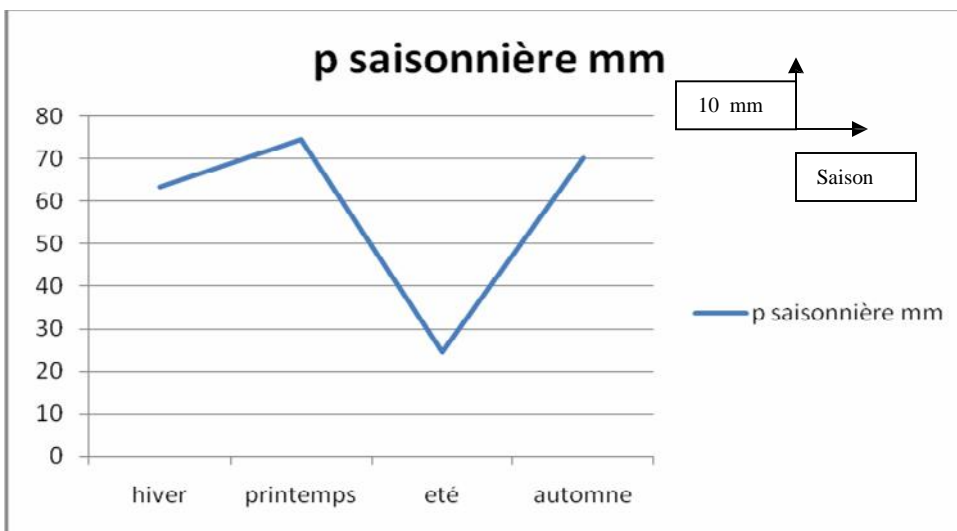


Fig. 14: Courbe de Répartition saisonnières de la pluviométrie.

I.4.2.2. Température :

La température moyenne mensuelle maximale à lieu au mois juillet, elle est de l'ordre 27,70C et la température moyenne mensuelle minimale à lieu au mois janvier, elle est de l'ordre 4,70C.(Tableau 6).

| Mois | Jan | Fév. | Mar | Avr. | Mai | Juin | Juill. | Août | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-----------------------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|------|------|-------|------|------|
| $T_{max} (^{\circ}C)$ | 12,2 | 10,3 | 13,8 | 21,4 | 23,0 | 28,2 | 34,0 | 34,4 | 30,7 | 19,6 | 13,2 | 11,5 |
| $T_{min} (^{\circ}C)$ | 1,7 | -0,7 | 3,7 | 10,1 | 12,1 | 15,5 | 20,9 | 20,6 | 17,1 | 9,1 | 5,2 | 3,5 |
| $T_{moy} (^{\circ}C)$ | 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 (6): Répartition de la température pour l'année 2011. (Source : Centre climatologique d'El bayadh)

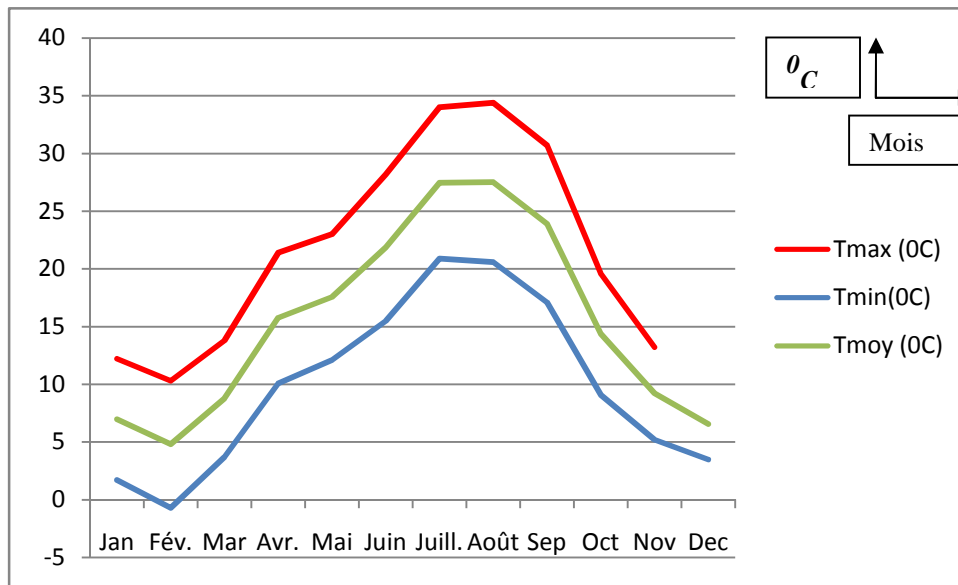


Fig. 15 : Courbe de Variations des différentes températures mensuelles.

I.4.2.3.L'insolation :

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

| 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 (7) : 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.

I.4.2.4. L'humidité Relative :

| Mois | J | F | M | A | Mai | JU | JUL | Au | S | O | N | D | 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 (8) : l'humidité relative.

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 .

I.4.2.5. Le Vent :

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.

| Mois | Jan | Fév. | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Sep | Octob | Nov | Dec |
|---------------------------|-----|------|------|-------|-----|------|---------|------|-----|-------|-----|-----|
| Vitess (m/s) 1978-1983 | 30 | 23 | 23 | 14 | 12 | 15 | 13 | 16 | 21 | 23 | 27 | 28 |

Tableau (9) : repartitions des vents (1978-1983).

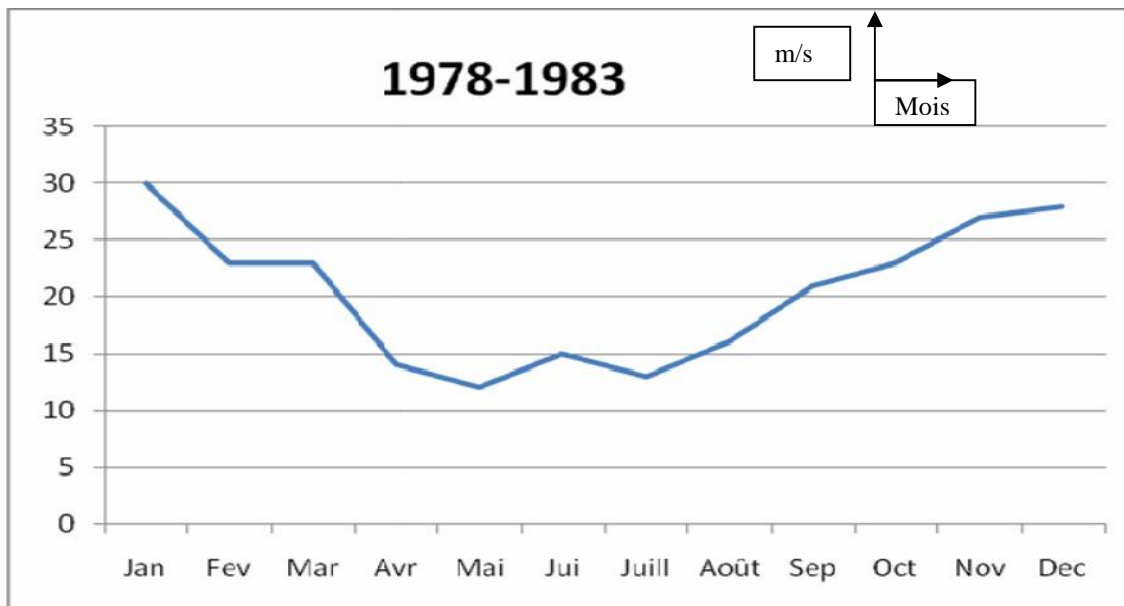


Fig.16 : Courbe de Répartitions des vents.

I.4.2.6. Evaporation :

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

| Mois | Jan | Fév. | Mar | Avril | Mai | Juin | Juille | Août | Sep | Oct. | Nov. | Déc. |
|------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|------|
| Evaporation (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 (10) : Les valeurs moyennes mensuelles de l'évaporation.

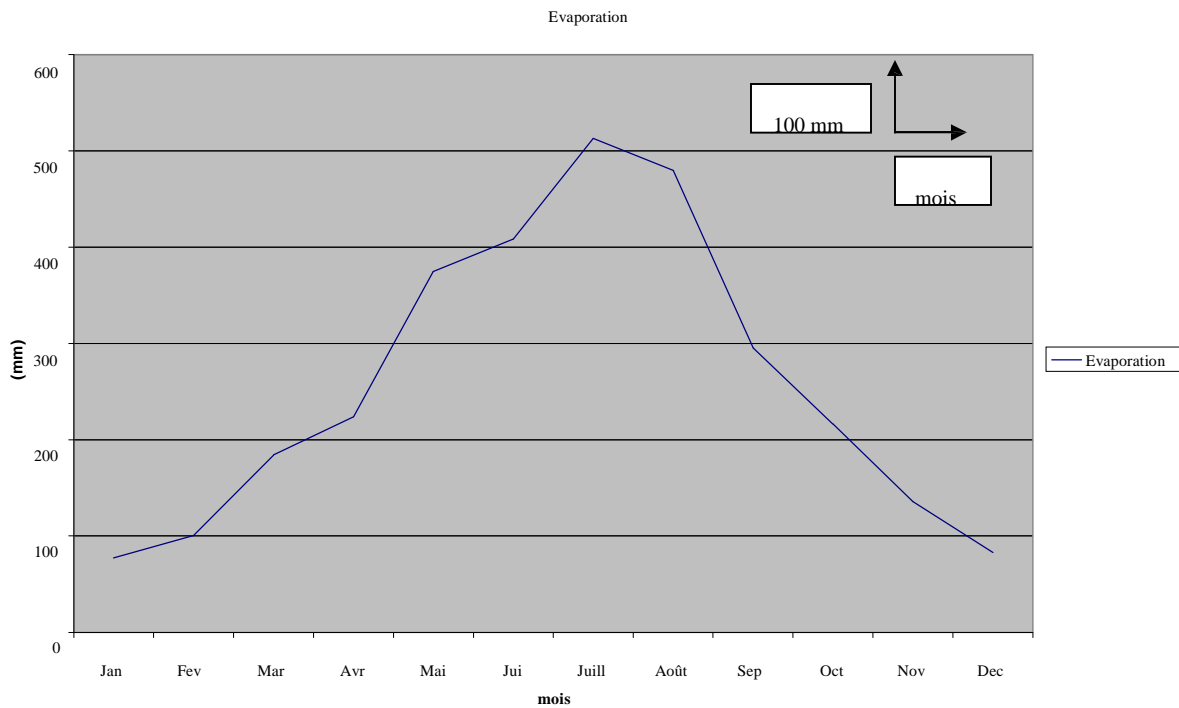


Fig. 17 : Courbe de Répartitions de l'évaporation.

I.4.2.7. indices climatiques généraux :

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

a) 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**.

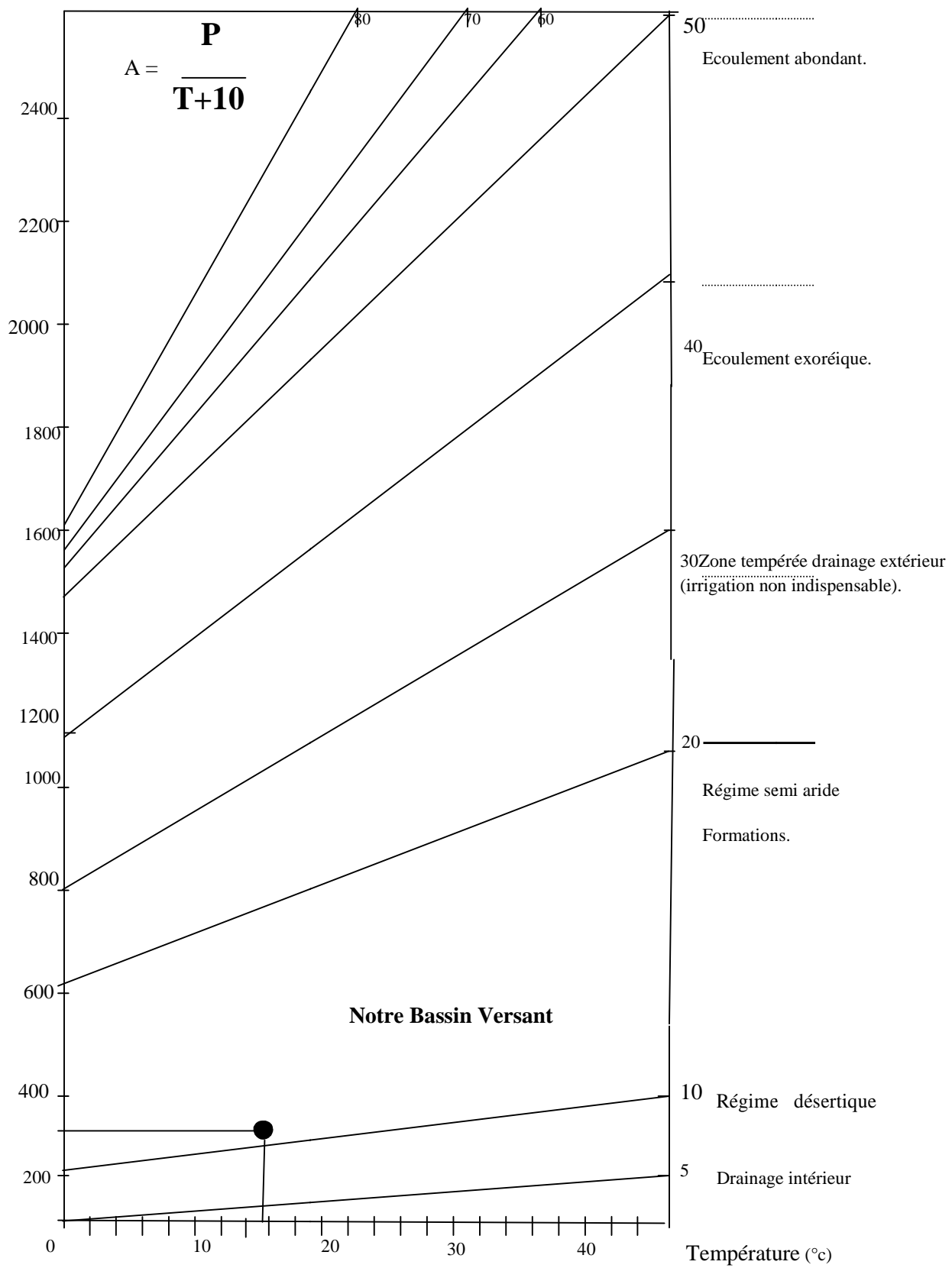


Fig. 18 : l'indice d'aridité de DEMARTONNE.

b) Indice d'EMBERGER :

L'indice d'EMBERGER est donné par la formule suivante :

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

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 °K = 281,05 °K**

La formule (3.2) nous a permis de calculer l'indice d'EMBERGER : **Q = 67.09**.

L'utilisation de l'abaque de l'indice d'EMBERGER (Voir Fig. n° (3-8), confirme que notre région a un climat.

« **Semi-aride** ».

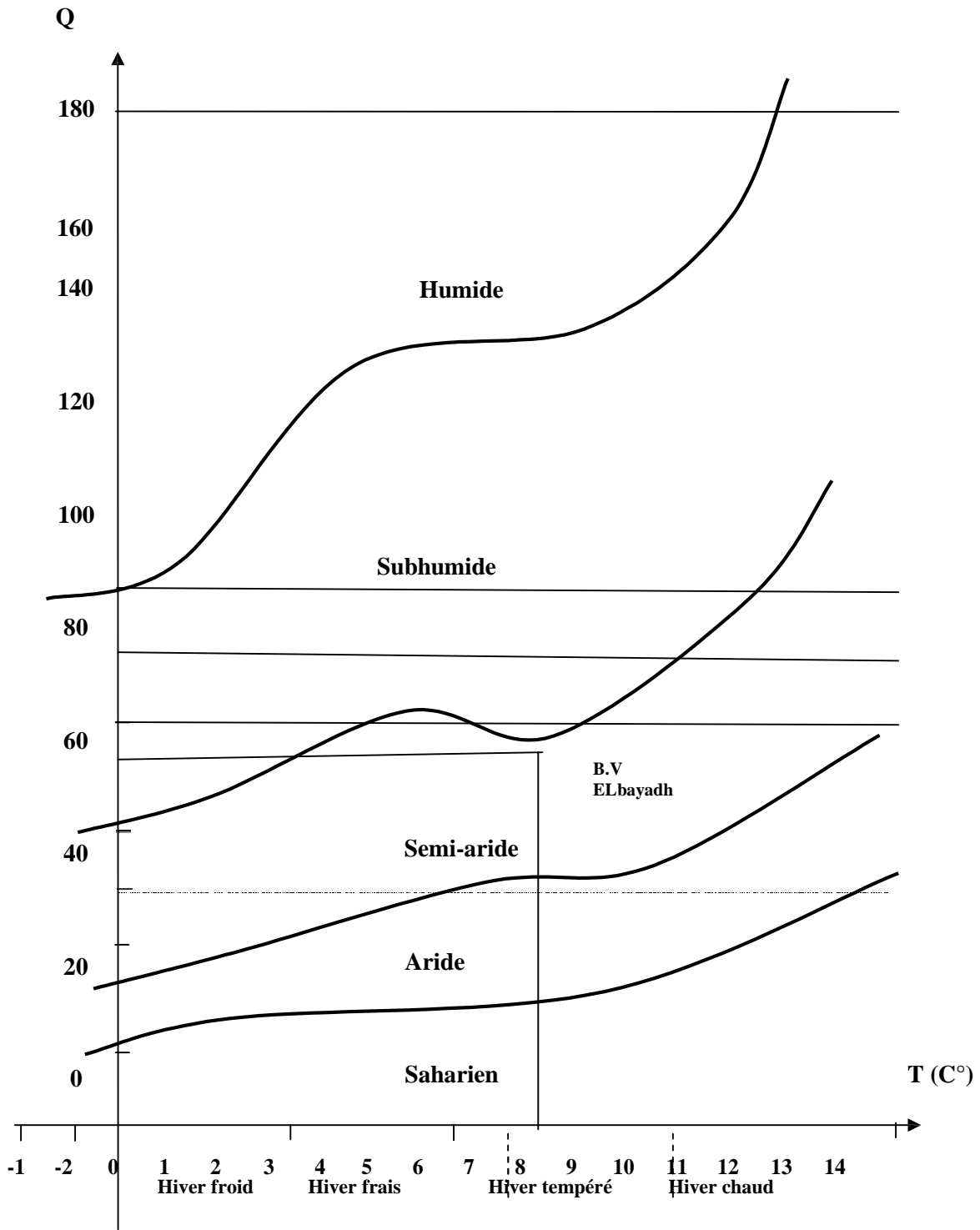


Fig. 19 : Abaque de Climat gramme pluviométrique d'EMBERGER.

I.4.2.8.L'évapotranspiration réelle (ETR) :

- **Méthode de TURC.**

$$ETR = \frac{p}{\sqrt{0.9 \frac{p^2}{L^2}}} \dots \dots \dots (1)$$

Où : ETR : Evapotranspiration réelle (mm) ;
annuel (mm) : P = 260.69 mm.

L : Donnée par la relation suivante : **L= 300 + 25T + 0.05 T³ (2)**

T : Température moyenne annuelle (°C) : T = 15.38° C

Après l'application de l'équation (2) on trouve **L= 600**

La formule (1) nous donne et après des arrondissements, le résultat suivant :

| |
|------------------------|
| ETR = 251.66 mm |
|------------------------|

I.4.2.9. 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).

$$ETP = 1.6 \frac{(10T)^2}{I} \dots \dots \dots (3)$$

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.

$$I = \left[\frac{T}{5} \right]^{1.514} \dots\dots\dots(4)$$

T= 15.38 °C donc : I = 72.6

Donc, la formule n° : (3) nous donne : ETP = 521.31 (cm).

ETP = 5213.1 mm

I.4.2.10. 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 :

Précipitation moyenne

$$R = \frac{P^3}{3ETP^2} \dots\dots\dots(5)$$

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 n° (5) on trouve :

| |
|-------------------|
| R = 2.2 mm |
|-------------------|

I.4.2.11. Infiltration :

Selon le bilan hydrologique : **P = D +R +I (6)**

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 n° (6) on trouve :

| |
|-------------------|
| I =6.83 mm |
|-------------------|

I.4.2.12. Volume d'eau infiltrée :

VI = A.

I.....(7)

Avec : VI : Volume d'eau infiltrée m³ ;

A : Surface du bassin versant : A= 132,5. 10⁶ m²

I : la lame d'eau infiltrée dans le bassin versant (m) : $I = 6,83 \cdot 10^{-3} \text{ m}$;

La formule (7) montre que le volume d'eau infiltrée est égal à : $V_I = 904975 \text{ m}^3$

| 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 | mm/an | 3091.7 |
| Évapotranspiration potentielle | ET _v P | mm | 5213.1 |
| Évapotranspiration réelle | ET R | mm | 251.66 |
| Ruissellement | R | mm | 2.2 |
| Infiltration | I | mm | 6.83 |
| Volume d'eau infiltrée | V I | m ³ | 904975 |

Tableau (11) : Caractéristiques climatiques du bassin versant de l'Oued .

I.5. Conclusion :

en conclusion que 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 260.69mm.

Chapitre II: Cadre géologique

I. Cadre géologique :

II.1 .Morphométrie du bassin versant :

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

II.1.1. La surface :

La surface du bassin versant est le plus important des caractéristiques. Elle s'exprime en Km² et s'obtient par planimétrie sur une carte topographique qui trace les limites topographiques et hydrogéologiques.

Le bassin versant de l'Oued de DEFFA occupe une superficie de 132,5 Km².

II.1.2 . Le périmètre :

Le périmètre correspond à la limite extérieure du bassin est de 50,6Km.

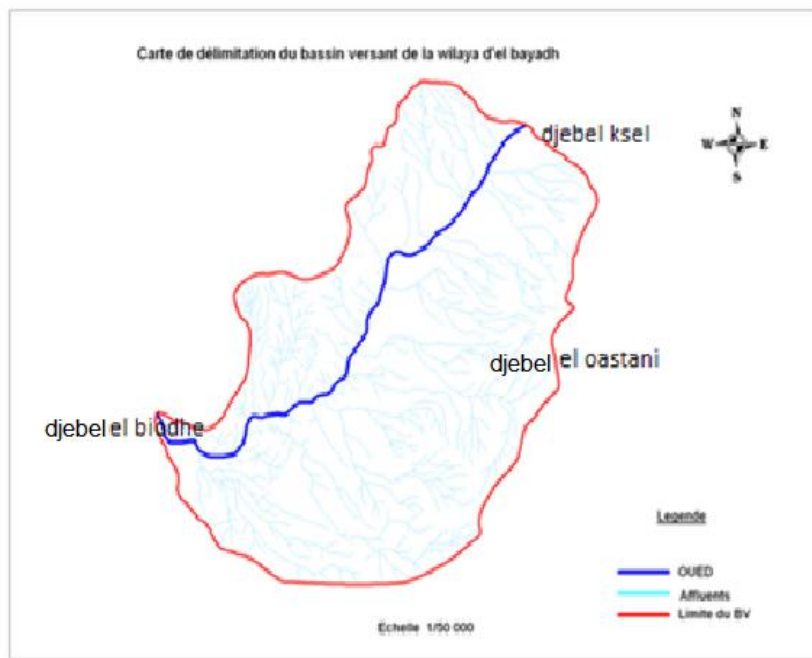


Fig.20 : le bassin versant d'oued Deffa.

II.1.3 . Caractéristiques de forme :

La forme du bassin versant influence fortement l'écoulement global et notamment le temps de repense de bassin versant.

Un bassin versant allongé ne réagira pas de la même manière qu'un bassin ramassé même s'ils sont placés dans les mêmes conditions météorologiques. Il existe différents indices morphologiques

permettant de caractériser le milieu, mais aussi de comparer les bassins versants entre eux. Citons à titre d'exemple,

II.1.4 .L'indice de compacité de Gravelius « Kc » : défini comme le rapport du périmètre du bassin au périmètre du cercle ayant la même surface.

$$K_G = \frac{P}{2\sqrt{S}} \approx 0,28 \frac{P}{\sqrt{S}} \dots\dots\dots (1)$$

Avec :

P : Périmètre du bassin versant

S : Surface du bassin versant

Plus le Kc ne sera proche de 1. Plus le bassin aura une forme ramassée et plus le temps de concentration sera court.

II.1.5.Le 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. La même répartition hypsométrique. La même distribution des sols et de la végétation. La même densité de drainage.

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

- La longueur du rectangle équivalent

$$L = \frac{Kc \cdot \sqrt{S}}{1,128} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,128}{Kc} \right)^2} \right) \dots\dots\dots (2)$$

- La largeur du rectangle équivalent

$$l = \frac{Kc \cdot \sqrt{S}}{1,128} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,128}{Kc} \right)^2} \right) \dots\dots\dots (3)$$

$$Ca = \frac{L^2}{S} \left(\frac{Lre}{lre} \right) = \frac{19^2}{123.5} \left(\frac{17.87}{7.43} \right)$$

Ca : Coefficient d'allongement ;

L : Longueur du talweg principal en km : LT = 19 Km

S : Surface du bassin versant en km² : A=132.5Km².

Ca = 6.55

Donc notre bassin a une forme allongée car le **Ca** plus supérieur à 1(Ca>1).

- Les résultats des paramètres morphométriques sont résumés dans le tableau.(12) :

| Bassin | S (km ²) (surfaces) | P (km) (Périmètre) | K _c | L (Km) | l (Km) | C _a |
|--------|---------------------------------|--------------------|----------------|--------|--------|----------------|
| B V | 132,5 | 50,6 | 1.23 | 17,87 | 7,43 | 6,55 |

Tableau(12) : les paramètres morphométriques des sous bassin.

II.2 . Les reliefs :

Le relief se détermine lui aussi au moyen d'indice ou de caractéristiques suivants :

- Répartition et La courbe hypsométrique
- Les altitudes caractéristiques
- L'indice de pente globale (I_g)
- Pente moyenne des bassins versants (I_m)

II.2.1 .Répartition et la courbe hypsométrique :

La construction de cette courbe est indispensable dans une étude de relief d'un bassin versant. Cette courbe représente la répartition de la surface du bassin versant en fonction de son altitude, elle porte en ordonnée l'altitude et en abscisse la surface en (%).

| Altitude | Surfaces partielles | Surface partielles | Si cumulées |
|-------------|---------------------|--------------------|-------------|
| M | Km ² | % | % |
| 1920 à 1840 | 1,5 | 1,13 | 1,13 |
| 1840 à 1760 | 1,1 | 0,83 | 1,96 |
| 1760 à 1680 | 4,09 | 3,09 | 5,05 |
| 1680 à 1600 | 4,9 | 3,70 | 8,75 |
| 1600 à 1520 | 7,73 | 5,83 | 14,58 |
| 1520 à 1440 | 15,43 | 11,65 | 26,23 |
| 1440 à 1360 | 60 | 45,28 | 71,51 |
| 1360 à 1280 | 37,55 | 28,34 | 99,85 |
| 1280 à 1200 | 0,2 | 0,15 | 100,00 |

Tableau (13) : Surfaces partielles du bassin versant par tranche d'altitude.

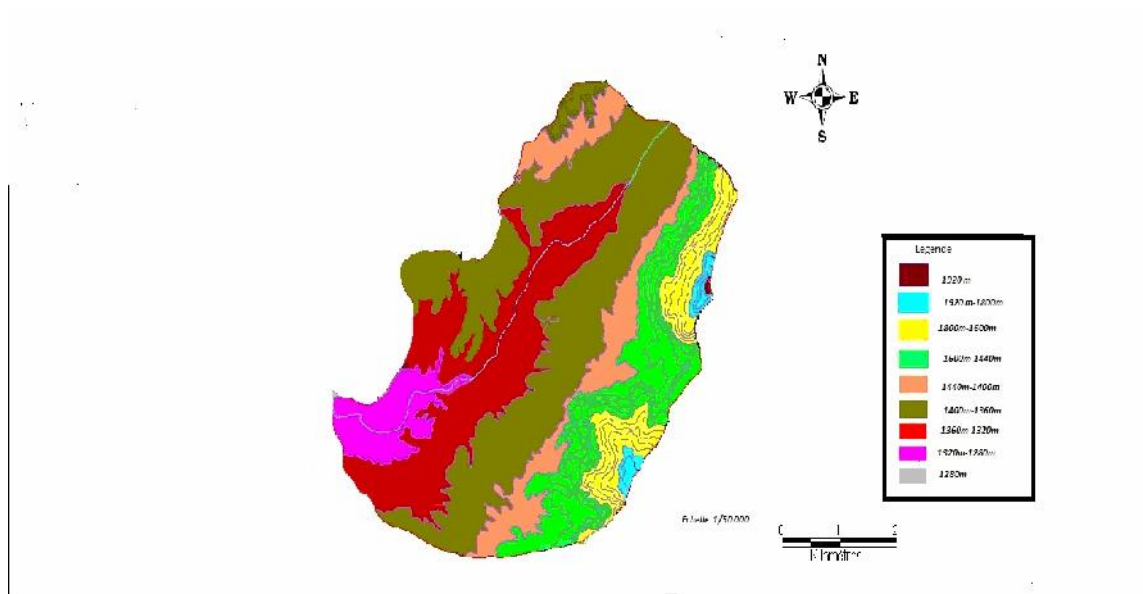


Fig.21 : Répartition altimétrique des courbes de niveau du Bassin versant de l'Oued Deffa

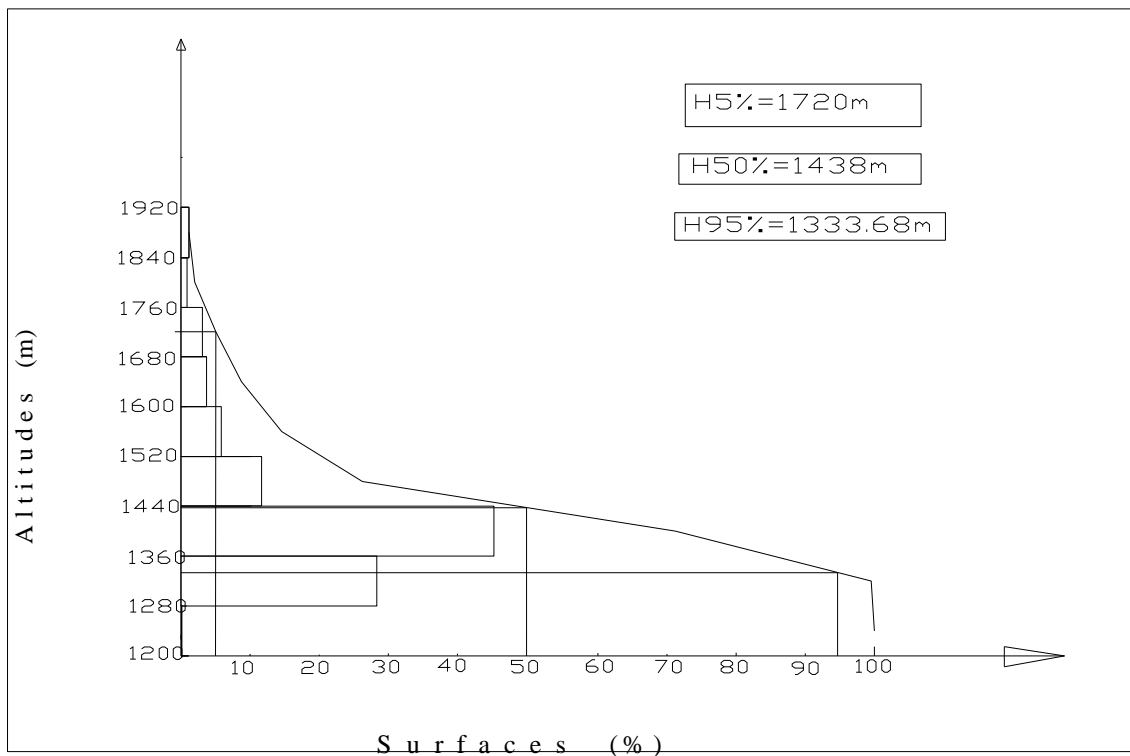


Fig.22: Courbe hypsométrique.

II.2.2 . Les altitudes caractéristiques:

Elles sont obtenues directement à partir de cartes topographiques. L'altitude maximale représente le point le plus élevé du bassin tandis que l'altitude minimale considère le point le plus bas.

$$H_{\max} = 1950 \text{ m}$$

$$H_{\min} = 1270 \text{ m}$$

L'altitude médiane ou H_{50} est déterminée sur la courbe hypsométrique.

$$H_{\text{méd}} = 1438 \text{ m}$$

L'altitude moyenne H_{moy} est calculée par la formule suivante :

$$H_{\text{moy}} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot H_i}{S} \dots\dots\dots (4)$$

Avec : $H_i = \frac{H_{i+n} + H_n}{2}$

Hi : Altitude moyenne entre 2 courbes de niveaux consécutives en m

Si : surface partielle comprise entre 2 courbes de niveaux consécutives en km^2

S: surface totale du bassin versant en km^2

| Altitude (m) | Hi [m] | Si.Hi [Km2.m] |
|--------------|--------|---------------|
| 1920 à 1840 | 1880 | 2820 |
| 1840 à 1760 | 1800 | 1980 |
| 1760 à 1680 | 1720 | 7034,8 |
| 1680 à 1600 | 1640 | 8036 |
| 1600 à 1520 | 1560 | 12058,8 |
| 1520 à 1440 | 1480 | 22836,4 |
| 1440 à 1360 | 1400 | 84000 |
| 1360 à 1280 | 1320 | 49566 |
| 1280 à 1200 | 1240 | 248 |

Tableau (14) : Résultats de calcul .

Donc :
$$H_{\text{moy}} = \frac{188580}{132,5} = 1423\text{m.NGA}$$

II.2.3 . Indice de pente globale (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 .on prend deux points S₁, S₂ sur l'axe des abscisses tels que 90% de la surface du bassin versant soit comprise entre ces deux valeurs et que 5% de la surface totale du bassin versant soit inférieure à S₁ et 5% soit supérieure à S₂ .

Les altitudes correspondantes sont dues a la courbe hypsométrique .Il et donné par la formule suivante :

$$I_g = \frac{D}{L} = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L} \dots\dots\dots (5)$$

Avec : **D** : Dénivelée entre H_{5%} et H_{95%} (m).

L : longueur du rectangle équivalent (Km).

H_{5%} et H_{95%} : sont respectivement Les altitudes correspondantes à S_{5%} et S_{95%}

H5% = 1720m ;

H95% = 1333,68 m.

$$i_{re} = \frac{1720-1333,68}{17,87 \cdot 10^3} \cdot 100\% = 2,16\%$$

II.2.4 . Dénivelée spécifique D_s :

Elle est donnée par la formule suivante : [TOUBAL, RAMDANI-1997]

$$D_s = I_g \sqrt{A} \dots \dots \dots (6)$$

Avec

: I_g : Indice de pente globale en (m/Km) : $I_g = 21,6$ m/Km ;

A : La surface du bassin versant en (Km^2) : $A = 132.5$ Km^2 .

$$D_s = 248,63 \text{ m.}$$

D'après la deuxième classification de l'O.R.S.T.O.M (Office des Recherches Scientifique desTravau

Outre Mère) appliquée à tout bassin quelle que soit sa superficie.

| | | |
|----|---------------------|-------------------------------|
| R1 | Relief très faible | Ds < 10m |
| R2 | Relief faible | 10m < Ds < 25m |
| R3 | Relief assez faible | 25m < Ds < 50m |
| R4 | Relief modéré | 50m < Ds < 100m |
| R5 | Relief assez fort | 100m < Ds < 250m |
| R6 | Relief fort | 250m < Ds < 500 |
| R7 | Relief très fort | Ds > 500m |

Tableau (15) : Deuxième classification de l'O.R.S.T.O.M.

D'après cette classification, notre bassin versant se trouve en classe R5, c'est à dire un relief assez fort.

II.2.5 .Pente moyenne des bassins versants (I_m) :

La pente moyenne est une caractéristique importante qui renseigne sur la topographie du bassin. Elle est considérée comme une variable indépendante. Elle donne une bonne indication sur le temps de parcours du ruissellement direct (donc sur le temps de concentration T_c) et influence directement le débit de pointe lors d'une averse.

Elles donnée par la formule suivante :

$$I_m = \frac{\Delta H (0.5 l_1 + l_2 + l_3 + \dots + 0.5 l_n)}{S} \dots\dots\dots (6)$$

Avec :

H : Dénivelée entre deux courbes de niveaux (Km)

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

S : Surface du bassin versant (Km²)

| |
|--------------|
| $i_m = 9 \%$ |
|--------------|

II.3. Le réseau de l'écoulement:

II.3.1 . La densité de drainage :

La densité de drainage est définie comme étant le rapport entre la longueur totale de tout les talwegs L_i du bassin versant à la surface totale S .Elle reflète la dynamique du bassin la stabilité du chevelu hydrographique et le type de ruissellement de surface .Elle est exprimée en Km/ Km^2

$$D_d = \frac{\sum L_i}{S} \dots\dots\dots (7)$$

Avec :

D_d : densité de drainage [km/km^2] ;

L_i : longueur de cours d'eau [km] ;

S : surface du bassin versant [km^2].

$$D_d = \frac{296,8}{132,5} = 2,24 \text{ km/km}^2$$

II.3.2 . La pente moyenne du cours d'eau principale :

La pente moyenne du cours d'eau détermine la vitesse avec laquelle l'eau se rend à l'exutoire du bassin donc le temps de concentration. Cette variable influence donc sur le débit maximal observé. Une pente abrupte favorise et accélère l'écoulement superficiel tandis qu'une pente douce ou nulle donne à l'eau le temps de s'infiltrer. Entièrement ou en partie dans le sol.

Le calcul des pentes moyennes et partielles de cours d'eau s'effectue à partir du profil longitudinal du cours d'eau principal et de ses affluents. La méthode la plus fréquemment utilisée pour calculer la pente longitudinale du cours d'eau consiste à diviser la différence d'altitude entre les points extrêmes du profil par la longueur totale du cours d'eau.

$$P_{\text{moy}} = \frac{H}{\Delta L} \dots\dots\dots (8)$$

Avec : **P_{moy}** : pente moyenne du cours d'eau [m/m] ;

H : dénivellation entre deux points suffisamment distance [m] ;

L : longueur du cours d'eau principal [m].

$$P_{\text{moy}} = \frac{1385 - 1270}{19000} * 100 = 0,61 \%$$

Les résultats de calcul sont présents dans le tableau (16):

| Caractéristique s | Quantité |
|---|----------|
| Surface (km ²) | 132,5 |
| Périmètre du bassin(m) | 50,6 |
| Altitude maximale(m) | 1950 |
| Altitude minimale(m) | 1270 |
| Altitude moyenne(m) | 1423 |
| Altitude médiane(m) | 1438 |
| Indice de pente globale | 2,16 |
| Pente moyenne du bassin versant (%) | 9 |
| Densité de drainage km /km ² | 2,24 |
| Pente moyenne du cours d'eau (%) | 0,61 |
| Longueur du cours d'eau principal (km) | 19 |
| Indice de compacité de Gravelius | 1,23 |

Tableau(16): caractéristiques hydromorphométrique des bassins versants.

Donc nous avons déterminé la géologie et les principales caractéristiques du bassin versant de l'Oued Deffa, qui couvre une surface de 132,5 Km² et un périmètre de 50,6 Km. Le bassin à une forme allongée, puisque il possède une coefficient égale à 6,55.

Le bassin versant est assez bien drainé avec une densité de drainage égale à 2,24Km/ Km².

Ce qui permette une évacuation rapide d'eau. L'air d'étude à une pente moyenne du bassin versant égale à 9%, ce qui donne un ruissellement Superficiel rapide et par conséquent un temps de concentration court.

II.4 .La géologie de la zone d'étude :

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.

II.4.1 . LE JURASSIQUE :

- **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.

II.4.2 . LE KIMMERIDGIEN :

II.4.2.1 . 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 .

II.4.2.2 . 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.

II.4.2.3 . 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- grésos - calcaires en alternance qui terminent le Kimméridgien supérieur.

II.4.3 .LE PORTLANDIEN :

Il est formé de bancs Argilo -calcaires à gypses et apparaît au centre du synclinal .

II.4.4 . LE NEOCOMIEN – BARREMIEN :

C'est un ensemble constitué de grès à dragées avec des bancs argileux en bordure du remplissage sédimentaire, il se trouve très puissant dans le synclinal et arrive à avoir une épaisseur allant de 90 0 à 12 00 m.

II.4.5 .LE TERTIAIRE ET LE QUATERNAIRE :

C'est un remplissage sédimentaire qui recouvre vers le Sud toutes les formations jusqu'aux affleurements du Kimméridgien moyen de gréseux constituant les Djebels environnants .Ce remplissage est de nature argilo - sableuse, à la base et au contact des massifs Jurassiques et crétacés ; sur toute l'épaisseur, se sont des Poudingues plus ou moins cimentés et des cailloutis mal roulés et calibrés.

Ces formations de base présentent par fois un pendage notable qui témoigne de mouvements tectoniques contemporains du remplissage. Au sommet de cette formation, les terrasses d'alluvions grossières brun rougeâtres avec cailloutis ou rares Poudingues non calibrés.

Voir les cartes géologiques de la zone d'étude :

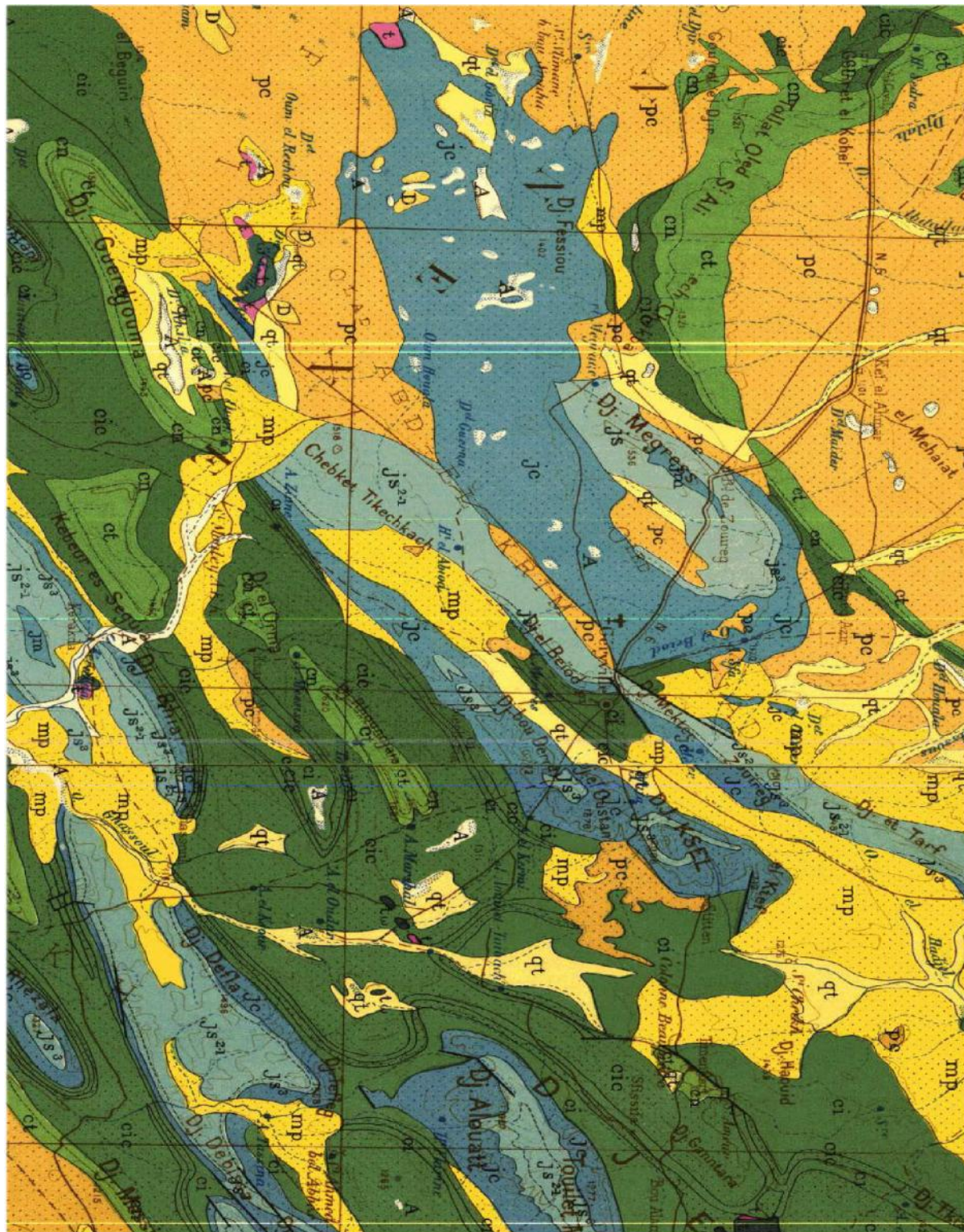


Fig.23 : Carte géologique du synclinal d'EL BAYADH.(Extraite de la carte géologique de l'Algérie au 1/500 000^{ème}).

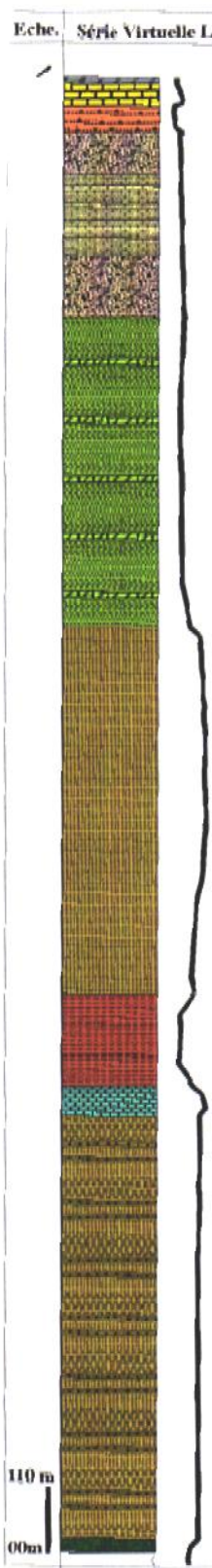
| Eche. | Série Virtuelle Locale | Unités litho stratigraphiques | Age Stratigraphique | |
|-------|--|---|---|-------------|
| |  | LES ALLUVIONS ANCIENNES ET RECENTES | Quaternaire | |
| | | LA CARAPACE DE FOSSILISATION | Pliocene | |
| | | LES SABLES ARGILEUX ROUGES | Miocène Sup. | |
| | | LES GRÈS SUPERIEURS A DRAGEES | Barrémo - Apto - Albien | |
| | | LES CALCAIRES A LUMACHELLES | Hautérivien | |
| | | LES GRÈS INFERIEURS A DRAGEES | Hautérivien | |
| | | LES MARNES A CARGNEULES: marnes verdâtres à intercalations de lumachelles, de gypses, Et de calcaires siliceux jaunes à aspect de cargneule | Valanginien | |
| | | LES GRÈS DE HAUT : Grès massifs à intercalations Argileuses | Infra - Crétacé | |
| | | LES GRÈS ET CALCAIRES | Argiles lie de vin Grès et calcaires bleus | Kiméridgien |
| | | LES GRÈS DE BASE : Alternance rythmique de dolomies ou calcaires , de grès et d'argiles | Lusitanien S.L | |
| | | LES Marno - calcaires et grès | Callovien Inf. | |

Fig.24 :log stratigraphique de la région d'EL BAYADH(LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS ET CONSTRUCTION – atlas ksel-)

Chapitre III : Risque d'inondations

III .Risque inondations :

III.1. Introduction :

L'inondation est une submersion temporaire, par l'eau, de terres qui ne sont pas submergées en temps normal. Cette notion recouvre les inondations dues aux crues de rivières, des torrents de montagne et des cours d'eau intermittents méditerranéens ainsi que les inondations dues à la mer dans les zones côtières. L'inondation est un phénomène naturel qui constitue une menace susceptible de provoquer des pertes de vie humaine, le déplacement de populations et des arrêts ou des perturbations d'activités économiques. Elle peut également nuire à l'environnement et compromettre gravement le développement économique. C'est la catastrophe la plus fréquente : la moitié des catastrophes naturelles mondiales sont des inondations. Certaines sont liées à des phénomènes qui se renouvellent chaque année comme la mousson, d'autres à des circonstances météorologiques particulières, comme les cyclones ou les orages violents. Elles peuvent également être dues à l'effet simultané de plusieurs phénomènes : c'est souvent le cas des submersions marines provoquées par la combinaison d'une forte houle, de coefficients de marée élevés et parfois même d'une onde de tempête.

Toutefois, l'activité humaine aggrave le risque d'inondation. Ainsi, en zone inondable, le développement économique constitue l'un des principaux facteurs aggravants, par augmentation de la vulnérabilité. De plus, les aménagements (activités, voiries, remembrement agricole, déforestation...) modifient les conditions d'écoulement (imperméabilisation et ruissellement), tout en diminuant les champs d'expansion des crues. Sur les cours d'eau les aménagements (pont, enrochements) et le défaut chronique d'entretien de la part des riverains, aggravent le risque.

L'occupation des zones inondables par des bâtiments et matériaux sensibles à l'eau peut aussi générer, en cas de crue, un transport et un dépôt de produits indésirables, susceptibles de former des barrages, appelés embâcles. Leur rupture peut engendrer une inondation brutale des zones situées en aval.

III.2 . Prédétermination des crues :

III.2.1. Analyse de pluie fréquentielle :

III.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).

$$P_{jmax\%} = \left[\frac{P_{jmax}}{\sqrt{Cv+1}} \right] e^{\mu\sqrt{\ln(Cv^2+1)}}.$$

Où : $P_{jmax\%}$: Pluie maximale journalière de 24^h de F% ;

$P_{j \max}$: Pluie maximale Journalière moyenne : $P_{j \max} = 33.4 \text{ mm}$;

C_v : Coefficient de variation de $P_{j \max}$: $C_v = 0.398$;

μ : Variable de GAUSS, tabulée en fonction de la fréquence $F=1\%=2.33$

| Fréquence % | 10 | 5 | 01 | 0.1 |
|------------------------|-------|-------|--------|-------|
| Période de retour (an) | 10 | 20 | 100 | 1000 |
| μ | 1.28 | 1.65 | 2.33 | 3.09 |
| $P_{j \max} \%$ | 46.14 | 53.18 | 69.027 | 92.38 |

Tableau (17) : Résultats de calcul.

Pour notre cas : $P_{j \max} \% = 69.027 \text{ mm}$

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

| Années | Sept | oct | nov | Déc | janv | Fév | mars | avril | mai | Juin | juil | aout | Pmaxj | annuel |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|--------|
| 1977-78 | 0,0 | 11,7 | 3,5 | 2,8 | 18,8 | 9,7 | 7,0 | 4,3 | 14,0 | 17,0 | 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 | 21,8 | 8,7 | 2,0 | 5,7 | 10,7 | 31,0 | 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 | Formules | Valeurs |
|--------------------------------------|--|---------|
| La somme des $P_{\max j}$ en (mm) | $\sum_{i=1}^N X_i = 30$ | 1134,2 |
| la moyenne des $P_{\max j}$ en (mm) | $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$ | 33,4 |
| L'écart type « s_x » | $s_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{31} (X_i - 33,4)^2}{30}}$ | 13,1 |
| Coefficient de variation « C_v » : | $C_v = \frac{s_x}{\bar{X}}$ | 0.398 |
| L'exposant climatique : | $b = 0.29$ | |

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

Choix de 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 traité par logiciel "HYFRAN". Permet de choisir la loi Galton (log normale).

III.2.1.2 :Galton (Log -Normal) :

Nombre d'observations : 34

Quantiles :

$q = F(X)$ (probabilité au non dépassement) $T = 1/(1-q)$

Log normale (Maximum de vraisemblance)

| Période de retour (ans) | Probabilité (q) | XT (mm) | Ecart type | Intervalle de confiance 95 |
|-------------------------|-----------------|---------|------------|----------------------------|
| 1000. | 0.999 | 10 | 16. | 69.1-133 |
| 100. | 0.990 | 75. | 9.7 | 56.2-94,3 |
| 50. | 0.980 | 67. | 8.0 | 52.0-83,4 |
| 20. | 0.950 | 57. | 5.9 | 46.1-69,4 |
| 10. | 0.900 | 50. | 4.5 | 41.3-59,1 |
| 5. | 0.800 | 42. | 3.2 | 35.9-48,8 |

Tableau (20): résultat de l'ajustement a la loi de GALTON.

Value statistique T = 2,02
P-Value: P < 0.657

| Galton (Méthode des moments) | Carac.de l'échantillon |
|--|------------------------|
| Minimu | 14 |
| Maximu | 70 |
| Moyenne | 32,9 |
| Ecart - typ | 13,1 |
| Médiane | 31 |
| Coefficient de variation (C _v) | 0.398 |

Tableau (21): Caractéristiques de l'échantillon.

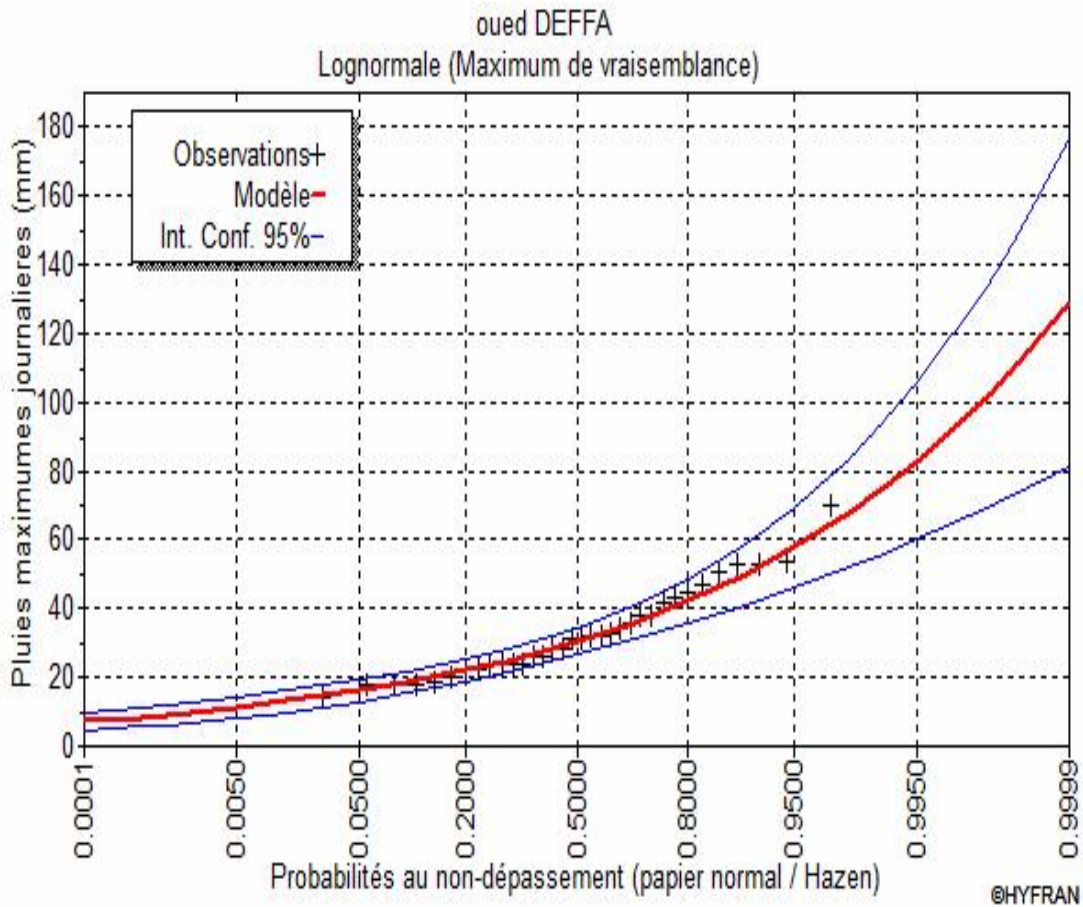


Fig.25: ajustement de la loi de log normal.

III.2.1.3 . Le temps de concentration :

Le temps de concentration **TC** des eaux sur un bassin versant se définit comme le maximum de durée nécessaire à une goutte d'eau pour parcourir le chemin hydrologique entre un point du

bassin et l'exutoire de ce dernier. Il est composé de trois termes différents :

T_h : Temps d'humectation c'est le temps nécessaire à l'imbibition du sol par l'eau qui tombe avant qu'elle ne ruisselle.

T_r : Temps de ruissellement ou d'écoulement c'est le temps qui correspond à la durée d'écoulement de l'eau à la surface ou dans les premiers horizons de sol jusqu'à un système de collecte (cours d'eau naturel. collecteur).

T_a : Temps d'acheminement c'est le temps mis par l'eau pour se déplacer dans le système de collecte jusqu'à l'exutoire.

Le temps de concentration T_C est donc égal au maximum de la somme de ces trois termes.

$$T_c = \max [(T_h + T_r + T_a)]$$

Théoriquement on estime que T_C est la durée comprise entre la fin de la pluie nette et la fin du ruissellement. Pratiquement le temps de concentration peut être déduit de mesures sur le terrain ou s'estimer à l'aide de formules le plus souvent empiriques.

Formule de GIANDOTTI:

$$T_C = \frac{4*\sqrt{s}+1.5*L}{0.8*\sqrt{H_{moy}-H_{min}}}$$

A : Surface du bassin versant en [Km²] ;

L : longueur du talweg principale en [Km];

H_{moy} , H_{min} : respectivement la hauteur moyenne et minimale du B.V en [m].

A.N :

$$T_C = \frac{4*\sqrt{132,5}+1.5*19}{0.8*\sqrt{1950-1270}} = 7,53 \text{ heure}$$

Formule de CALIFORNIA [6] :

$$T_C = \left(\frac{0.87*L^3}{H_{max}-H_{min}} \right)^{0.386}$$

A.N :

$$T_C = \left(\frac{0.87*19^3}{1950-1270} \right)^{0.386} = 2,31 \text{ heure.}$$

□ Formule de KIRPICH [6] :

$$T_C = 0,6615 L_p^{0.77} * i_{moy}^{0.385}$$

LP : Longueur du cours d'eau principal (km) ;

i_{moy} : Pente moyenne du bassin versant.

$$A.N : T_c = 0,6615 \cdot 19^{0,77} * 0,09^{0,385} = 2,52 \text{ heure.}$$

□ Formule de VENTURA [6]:

$$T_c = 1.1272 \sqrt{\frac{A}{i_{moy}}}$$

$$A.N : T_c = 1.1272 \sqrt{\frac{132,5}{0,09}} = 4,88 \text{ heure}$$

Les résultats de différentes méthodes sont présents dans le Tableau suivant (Tableau 21).

| Formule | T_c (heure) |
|----------|---------------|
| GIANDOT | 7,53 |
| CALIFORN | 2,31 |
| KIRPIC | 2,52 |
| VENTUR | 4,88 |

Tableau (22) : Temps de concentration .

Pour des raisons de sécurité, on opte à la formule de VENTURA car elle nous donne une valeur du temps de concentration la plus proche de la moyenne des autres formules c'est-à-dire :

$$T_c = 4,88 \text{ heure}$$

III.2.1.4. Calcul de la quantité de pluie maximale durant le temps de concentration (T_c).

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

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

Où : P_{T_c} : Pluie maximale durant le temps de concentration en mm ;

$P_{jmax \%}$: Pluie maximale journalière correspondante à une fréquence donnée en mm :

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

T_c : Temps de concentration en heures : $T_c = 4.88 \text{ h}$;

b : Exposant climatique $b = 0,29$.

on présente les résultats suivants :

| Fréquence % | 10 | 5 | 01 | 0,1 |
|--------------|-------|-------|---------------|-------|
| $P_{jmax\%}$ | 46.14 | 53.18 | 69.027 | 92.38 |
| P_T | 29.07 | 33.50 | 43.49 | 58.20 |

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

a . Vitesse moyenne de ruissellement :

Cette vitesse est donnée par la formule :

$$V_R = \frac{L}{T_c}$$

Avec : L : Longueur de talweg principal en [Km].

T_c : temps de concentration en [heure].

Les résultats de la vitesse moyenne de ruissellement suivant :

A.N :

$$V_R = \frac{19}{4.88} = 3,89 \text{ km/h}$$

b . 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).

$$P_{tc} = P_{max} j \left(\frac{t}{24} \right)^b$$

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).

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

P : Pluies de courte durée (mm).

I : Intensité maximale (mm/h).

| Période de Retour | 100 | | 50 | | 20 | | 10 | | 5 | |
|-------------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|
| | Pct (mm) | It (mm /h) | Pct (mm) | It (mm /h) | Pct (mm) | It (mm /h) | Pct (mm) | It (mm /h) | Pct (mm) | It (mm /h) |
| 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.

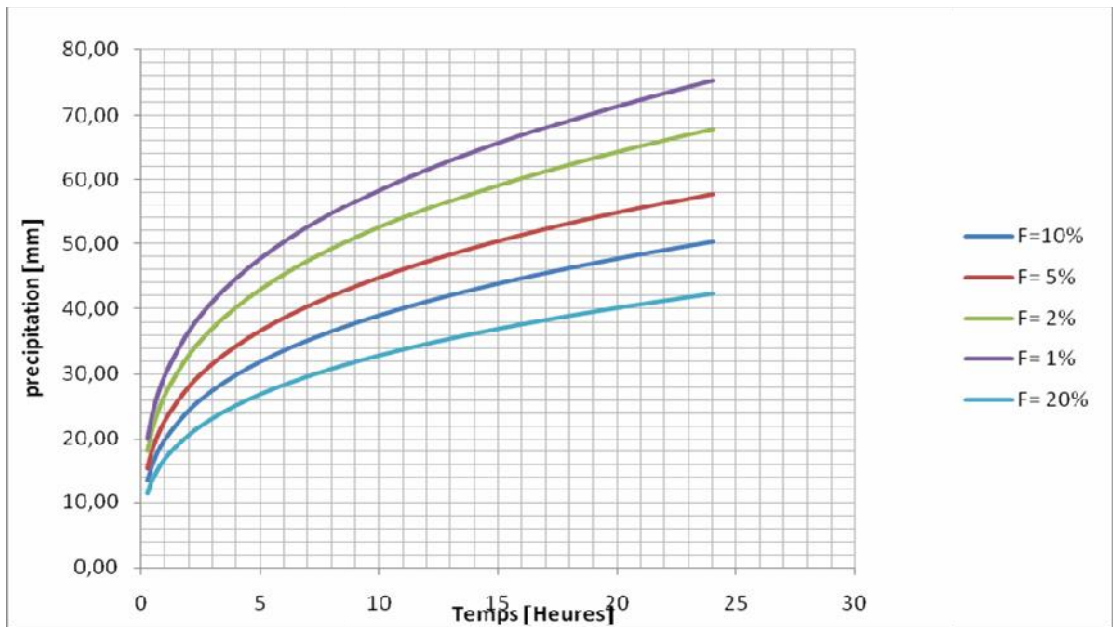


Fig. 26: courbes des pluies fréquentielles.

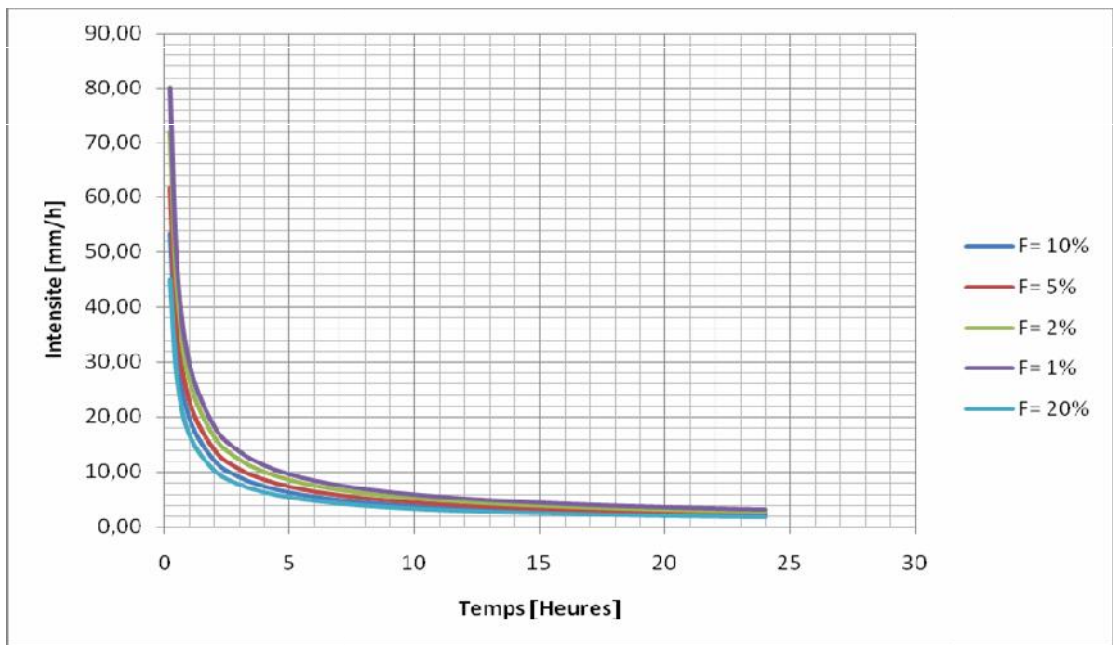


Fig.27 : courbes intensité durée fréquence.

-Les apports :

-Apports liquides :

- Apport moyen interannuel (A_0):

L'apport moyen interannuel est estimé par des formules empiriques.

- **Formule de SAMIE :**

$$A = L_e \cdot S .$$

$$L_e = P^2(293 - 2.2\sqrt{S}) .$$

L_e : lame d'eau écoulée (mm).

P : précipitation moyenne (mm).

S: la superficie en Km^2 du bassin versant.

A.N :

$$L_e = 263^2(293 - 2.2\sqrt{132,5}) = 18,51 \text{ mm}$$

$$A_0 = L_e \cdot S = 18,51 \cdot 10^{-3} \cdot 132,5 \cdot 10^6 = 2,45 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

- **Formule de DERY II:**

$$A = 0.513 \cdot P^{2.683} \cdot D_d \cdot S^{0.842}$$

Ou:

A: apport moyen interannuel (en hm^3).

P : précipitation moyenne (m).

S: superficie (en Km^2).

D_d : Densité de drainage [km/km^2].

A.N :

$$A_0 = 0,513 \cdot 0,263^{2,683} \cdot 2,24^{0,5} \cdot 132,5^{0,842} = 1,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

- **Formule de MEDINGER:**

$$L_e = 1.024(P - 0.26)^2$$

P : précipitation moyenne (mm).

L_e : lame d'eau écoulée (mm).

$$A = L_e \cdot S$$

AN :

$$L_e = 1,024 \cdot (263 - 0,26)^2 = 7,07 \cdot 10^4 \text{ mm}$$

On a encore :

$$A_0 = L_e \cdot S = 70,7 \cdot 132,5 \cdot 10^6 = 9,36 \cdot 10^9 \text{ m}^3$$

- **Formule de Mallet – Gauthier :**

$$L_e = 0,6 \bar{P}_{\text{moy}} (1 - 10^{-0,36 \bar{P}_{\text{moy}}^2})$$

P_{moy} : Pluie moyenne en [m] ;

L_e : Lamme d'eau écoulée en [m].

A.N :

$$L_e = 0,6 \cdot 0,263 (1 - 10^{-0,360,263^2}) = 0,0088 \text{ m}$$

$$A_0 = L_e \cdot S = 0,0088 \cdot 132,5 \cdot 10^6 = 1,17 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

- **Formule de TURC :**

$$L_e = P - D$$

Avec:

$$L = 300 + 25T_0 + 0,05 (T_0)^3$$

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

T_0 : température moyenne dans la zone d'étude.

$$A = L_e \cdot S$$

AN :

$$L = 300 + 25 \cdot 10 + 0,05 (10)^3 = 600 \Rightarrow D = \left(\frac{263}{\sqrt{0,9 + \left(\frac{263}{600} \right)^2}} \right) = 251,66 \text{ mm}$$

$$L_e = 263 - 251,66 = 11,34 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow A_0 = 11,34 \cdot 10^{-3} \cdot 132,5 \cdot 10^6 = 1,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

- **Formule de l'ANRH**

L'apport moyen interannuel est donnée par:

$$A_0 = 0.915 \cdot \bar{P}^{-2.684} \cdot S^{0.842}$$

P : précipitation moyenne (m).

S: superficie (en Km²).

AN :

$$A_0 = 0,915 \cdot 0,263^{2,684} \cdot 132,5^{0,842} = 1,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

Les résultats des apports moyens interannuels dans le tableau suivant :

| Formule | A ₀ (M m ³) |
|-------------------|------------------------------------|
| ANRH | 1,5 |
| TURC | 1,5 |
| SAMIE | 2,45 |
| Mallet – Gauthier | 1,17 |
| Deri II | 1,3 |

Tableau (25) : l'Apport moyenne interannuelle.

On prend la valeur de 1,5Mm³ parce qu'elle est donnée par deux méthodes telles que la méthode de l'**ANRH** et l'autre de **TURC** et aussi elle est proche de la moyenne entre les 5 formules empiriques.

$$A_{\text{moy}} = \frac{1,5 + 1,5 + 2,45 + 1,17 + 1,3}{5} = 1,58 \text{ Mm}^3$$

$$A_0 = 1,5 \cdot \text{Mm}^3$$

et

$$L_e = 11.34 \text{ mm/an}$$

$$A\% = \left[\frac{A_0}{\sqrt{Cv+1}} \right] e^{\mu \sqrt{\ln(Cv^2+1)}}$$

Avec :

A%: Apport fréquentiel en m³;

μ: Variable de GAUSS, tabulée en fonction de la fréquence F=1%=2.33

A₀ : Apport moyen annuel, A₀ = 1,5Hm³/ an ; C_v : Coefficient

de variation C_v=0.398;

| Fréquence % | 1 0 | 5 | 0 1 | 0. 1 |
|--------------------------|--------|--------|---------|----------|
| Période de retour (a) | 1 0 | 2 0 | 10 0 | 1000 |
| μ | 1.28 | 1.65 | 2.33 | 3.0 9 |
| A % (m ³) | 1.17 | 1.23 | 1.34 | 1.4 |

Tableau (26) : Résultats de calcul.

III.3. Calcul du débit unitaire (M₀) :

III.3.1. Formule de DERI :

Où :

$$M_0 = 11,8 \times P^{2,82}$$

M₀ : Débit unitaire en l/s/km² ;

P : Précipitation annuelle (mm) : P = 263 mm.

$$M_0 = 0,27 \text{ l/s/Km}^2$$

III.3.2. Formule d'UKRGI POROVOKUZ:

$$M_0 = \left(\frac{P}{340} \right)^{2,24}$$

Où : M₀ : Débit unitaire en l/s/km² ;

P : Précipitation annuelle moyenne en m : P = 0,263m.

$$M_0 = 0,56 \text{ l/s/km}^2$$

Le débit unitaire sera égal à la moyenne des débits calculés :

$$M_{0\text{moy}} = 0,42 \text{ l/s/km}^2$$

III.4. Apport solide

C'est le volume des sédiments transportés par charriage et par suspension qui proviennent

essentiellement de l'érosion du bassin versant pendant la période d'exploitation du barrage. La grandeur des apports solides dépend de la texture et du relief du bassin versant, du couvert végétal, de la nature géologique du sol et aux régimes des pluies et des températures.

ne disposons pas de mesures concrètes du transport solide, nous utiliserons les formules empiriques pour l'estime.

III.4.1. Formule de Fournier (a) :

$$T_s = \frac{1}{36} \left[\frac{p_{\max}^2}{p_{\text{an}}} \right]^{2.64} * \left[\frac{h^2}{S} \right]^{0.46}$$

$$P_{\text{an}} = 1134.2 \text{ mm.}$$

$$P_{\max} = 263 \text{ mm.}$$

$$H = 0.45(1423 - 1720) = 68.88 \text{ m.}$$

$$T_s = 7450.83 \text{ T/Km}^2/\text{an.}$$

III.4.2. Formule de Fournier (b) :

$$T_s = 52.5 \frac{p_{\max}^2}{p_{\text{an}}} - 513$$

$$T_s = 52.5 \frac{263^2}{1134.2} - 513 \quad T_s = 2688.70 \text{ T/Km}^2/\text{an.}$$

III.4.3. Formule de TIXERONT :

Il donné par la formule suivante :

$$T_s = 350 \times L_e^{0.15} .$$

Où :

T_s : Transport solide spécifique ou le taux d'abrasion en (t / km² /an) ;

L_e : Lamme d'eau écoulee moyenne en mm : $L_e = 11.34 \text{ mm/an.}$

$$T_s = 503.802 \text{ T/km}^2/\text{an.}$$

Remarque :

Le transport solide est calculé à l'aide de la formule de TIXERONT puisque elle est élaborée sur les B.V Algérien

et Tunisien , et la formule de Fournier (b) quand à la formule de Fournier (a) surestime l'apport solide .

C'est pour cela que nous ne tiendrons pas compte de cette formule.

$$T_s = (2688.70 + 503.80) / 2.$$

$$T_s = 1596.25 \text{ T/km}^2/\text{an}.$$

Le transport solide pour tout le bassin versant T_a est donné par la formule suivante :

$$T_a = T_s \times S.$$

Où :

T_a : Apport solide annuel en t/an ;

S : Surface de bassin versant en km^2 : $S = 132.5 \text{ Km}^2$;

T_s : Taux d'abrasion t/ km^2 /an : $T_s = 1596.25 \text{ t/km}^2/\text{an}$.

$$T_a = 211503.125 \text{ t /an}.$$

Le transport total volumique T_v est donné par la relation suivante :

$$T_v = \frac{t_a}{W_{\text{vase}}}.$$

Où :

Vase : Poids volumique de la vase = 1,8 tonnes/ m^3 .

$$T_v = 117501.73 \text{ m}^3/\text{an}.$$

Le volume de sédimentation pour une durée d'exploitation de 20 ans sera égal à :

$$V_s = T_v \times N.$$

Où : N : Durée d'exploitation = 20 ans ;

V_s : Volume solide en m^3

$$V_s = 2350024.7 \text{ m}^3.$$

III.5. Etude de crues :

L'importance de l'étude des crues nous oblige de bien faire les calculs.

III.5.1. Différentes méthodes d'évaluation des crues :

III.5.1.1. Méthodes historiques :

Les études des archives en quête auprès des populations et recherches d'anciennes traces des crues (les niveaux atteints par les crues du passé).

III.5.1.2. Méthodes empiriques :

Relations établies entre le débit et la surface du bassin versant la pluie et la période de retour comme les formules de Greager. Fuller. Snyder. Possenti etc....

III.5.1.3. Courbes enveloppes :

Les pointes de crues maximales observées dans une région de caractéristiques hydrologiques homogènes sont reportées en fonctions de la surface du bassin versant permettant de tracer une courbe enveloppée (Francu-Rodier. Chaumont...).

III.5.1.4. Méthodes probabilistes :

Analyse des débits afin de déterminer la loi de probabilité à laquelle ils répondent (Gumbel. Galton. Pearson III. Log Pearson III).

Méthode du Gradex basée sur l'hypothèse que durant des pluies fortes. Alors que le sol du bassin approche de la saturation chaque augmentation de la pluie tend à produire une augmentation du débit. En conséquence sur un graphique de Gumbel les droites de répartitions des fréquences des pluies et des débits sont parallèles.

III.5.1.5. Méthodes déterministes :

Modélisent fondamentalement le processus pluie - écoulement du bassin et elles ont pour objectif de déterminer non seulement le débit de pointe mais également l'hydro gramme correspondant à la crue que celui aussi permet d'estimer le volume de cette crue.

III.5.1.6. Méthode de l'hydro gramme unitaire :

Basée sur un travail de dépouillement averse – crues (version de Sherman).

Cette méthode a pour but d'étudier le débit Q d'un bassin versant apporté par un simple ruissellement.

Dans notre étude on va utiliser les méthodes empiriques.

III.6. Application sur les bassins versants :

L'évaluation des débits de pointes des crues sera faite à partir de formules empiriques : Mallet – Gauthier, Giandotti, Turazza et Sokolovsky.

III.6.1 . Formule de Giandotti :

Dans leur étude sur les problèmes de l'eau en Algérie ils ont établi une formule exprimant le débit Maximum en crue en fonction des précipitations, de la surface du bassin versant et d'un coefficient K Caractéristiques géographique et climatique du bassin versant.

$$Q_{\max, p\%} = \frac{C.S.(H_{\text{moy}} - H_{\text{min}})^{1/2}}{4.S^{1/2} + 1,5.L} P_{tc} .$$

S: surface en km²;

Hmoy: altitude moyenne en m;

Hmin : altitude minimale en m;

L : longueur du cours d'eau principale en km;

C : Coefficient topographique variant entre **0.066** et **0.166**

Pour des bassins de topographie accidenté **c=0.166**

Ptc : pluie durant le temps de concentration Tc (mm).

III.6.2. Formule de Turazza:

Cette formule utilise l'intensité moyenne maximale de précipitations déterminées sur un intervalle de référence égal au temps de concentration du bassin versant.

$$Q_{max, p\%} = \frac{c \cdot \bar{i}_{tc} \cdot A}{3.6}$$

A : Surface du bassin versant

\bar{i}_{tc} : Intensité moyenne maximale des précipitations pendant une durée égale au temps de concentration en mm/h..

C : coefficient de ruissellement de la crue considérée pour une probabilité P%.

| | | | | | | |
|--------------------------|-----|------|------|-----|-----|------|
| Fréquence % | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 |
| Période de Retour | 100 | 50 | 20 | 10 | 5 | 2 |
| C | 0.8 | 0.75 | 0.65 | 0.6 | 0.7 | 0.75 |

Tableau(27) : valeur de coefficient de ruissellement C.

III.6.3. Formule de Sokolovsky:

Le débit maximum probable est donné par la formule suivante :

$$Q_{max, p\%} = 0,28 \cdot \frac{X p \% tc \cdot \alpha p \% \cdot s \cdot f}{tm=tc}$$

p%: Coefficient de ruissellement pour la crue probable.

$$p\% = \frac{\bar{Pct\%} - \sqrt{H0}}{\bar{Pct\%} + \sqrt{H0}}$$

| | | | | | |
|----------------------|------|-----|------|------|-----|
| Fréquence (%) | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 |
| | 0,44 | 0,4 | 0,37 | 0,34 | 0,3 |

Tableau(28): valeur de .

S : Surface du bassin versant en Km².

f : Coefficient de forme de la crue.

T_c : Temps de concentration du bassin versant en h.

X_p%. **t_c** : précipitation en mm de probabilité p% correspondant à un temps t_c.

H₀ : la perte d'eau initial (**H₀=7mm**).

0.28 : coefficient de changement d'unité.

Le coefficient de forme de la crue peut être calculé par la formule :

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

Pour S = 50km² on a $\gamma = 2$.

- Pour des petits bassins non boisé. sol peu perméable. on a $\gamma = 2 \div 2.5$

- Pour bassin boisé. sol perméable on a $\gamma = 3 \div 4$

Si on prend $\gamma = 2,5$ alors :

$$f = \frac{12}{4+3*2.5} = 1.04$$

Les débits de crues des bassins versants par les différentes formules dans les tableaux suivants.

| Période de retour | Formule de GIANDOTTI | Formule de Turazza | Formule de Sokolovsky |
|-------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|
| ans | (m ³ /s) | (m ³ /s) | (m ³ /s) |
| 5 | 97,27 | 175,71 | 78,92 |
| 10 | 115,45 | 178,65 | 106,16 |
| 20 | 132,93 | 222,96 | 133 |
| 50 | 155,67 | 301,16 | 168,43 |
| 100 | 232,28 | 356,86 250 200 | 164,79 |

Tableau(29): Débits de crues au bassin versant.

Vu que le débit de crue a été calculé par trois formule (**GIANDOTTI** ; **Turazza** et **Sokolovsky**) et vu que **GIANDOTTI** nous a donnée valeur de débit surestimé ,pour cela tenons compte pour la suite de nos calcul de la valeur de débit de crue de la formule de Turazza parce qu'elle tient compte de la surface du bassin versant, l'intensité moyenne maximale des précipitations pendant une durée égale au temps de concentration et le coefficient de ruissellement.

III.7. Hydrogrammes des crues :

Les Hydrogrammes de crues pour diverses fréquences sont évalués par la méthode de **Sokolovsky** qui assimile l'hydrogramme à deux équations paraboliques.

$$Q_{max} = Q_{max p} \left[\frac{t}{t_m} \right]^n$$

$$Q_{max} = Q_{max p} \left[\frac{t_d - t}{t_d} \right]^m$$

t_m : temps de montée de la crue

t_d : temps de la décrue

m . n : puissance des équations m = 3. n = 2.

$$t_m = t_c = 3.57 \text{ h}$$

$$t_d = 2 \cdot t_c = 7.14 \text{ h On prend } = 2$$

$$t_b = 3.57 + 7.14 = 10.71 \text{ h}$$

Les débits de crues des différentes périodes de retour de chaque bassin versant sont donnés aux tableaux suivants et les Hydrogrammes correspondants.

| temps Q (h) | 0 | 1 | 2 | 3 | 3,57 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 10,71 |
|-------------|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|------|------|-------|
| Q1% | 0,00 | 28,00 | 112,00 | 252,02 | 356,86 | 296,19 | 182,52 | 102,44 | 50,06 | 19,512 | 4,9 | 0,35 | 0,00 |
| Q2% | 0,00 | 23,63 | 94,52 | 212,67 | 301,16 | 249,96 | 154,03 | 86,45 | 42,25 | 16,47 | 4,14 | 0,30 | 0,00 |
| Q5% | 0,00 | 17,49 | 69,97 | 157,45 | 222,96 | 185,06 | 114,04 | 64,00 | 31,28 | 12,19 | 3,06 | 0,22 | 0,00 |
| Q10% | 0,00 | 14,02 | 56,07 | 126,16 | 178,65 | 148,28 | 91,37 | 51,28 | 25,06 | 9,77 | 2,45 | 0,18 | 0,00 |
| Q20% | 0,00 | 13,79 | 55,15 | 124,08 | 175,71 | 145,84 | 89,87 | 50,44 | 24,65 | 9,61 | 2,41 | 0,17 | 0,00 |

Tableau(30) : Hydrogramme des crues de différentes périodes de retour de bassin versant.

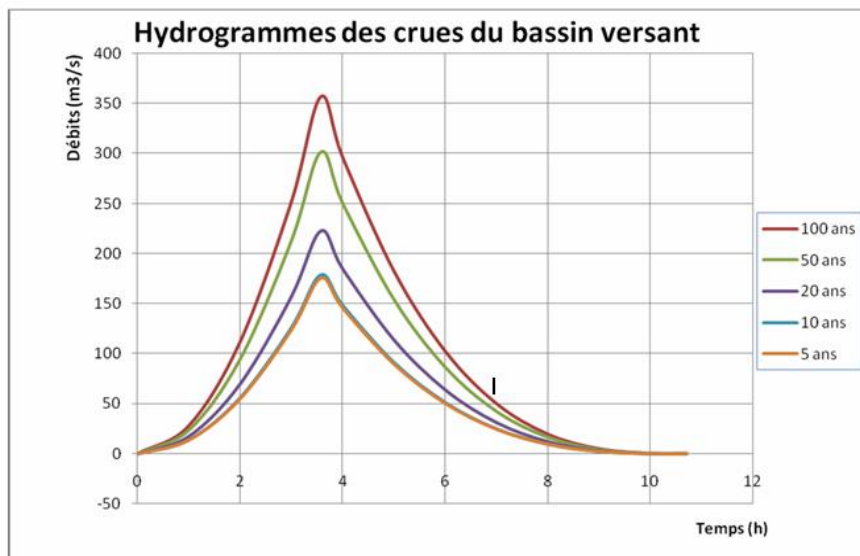


Fig.28: Hydrogrammes des crues du Bassin Versant.

III.8. La zone inondable d'El bayadh :

Les zones inondables de la ville d'el bayadh sont : cite ksar boukhouada, graba, oued el farrane, séddikia et el mahboula.

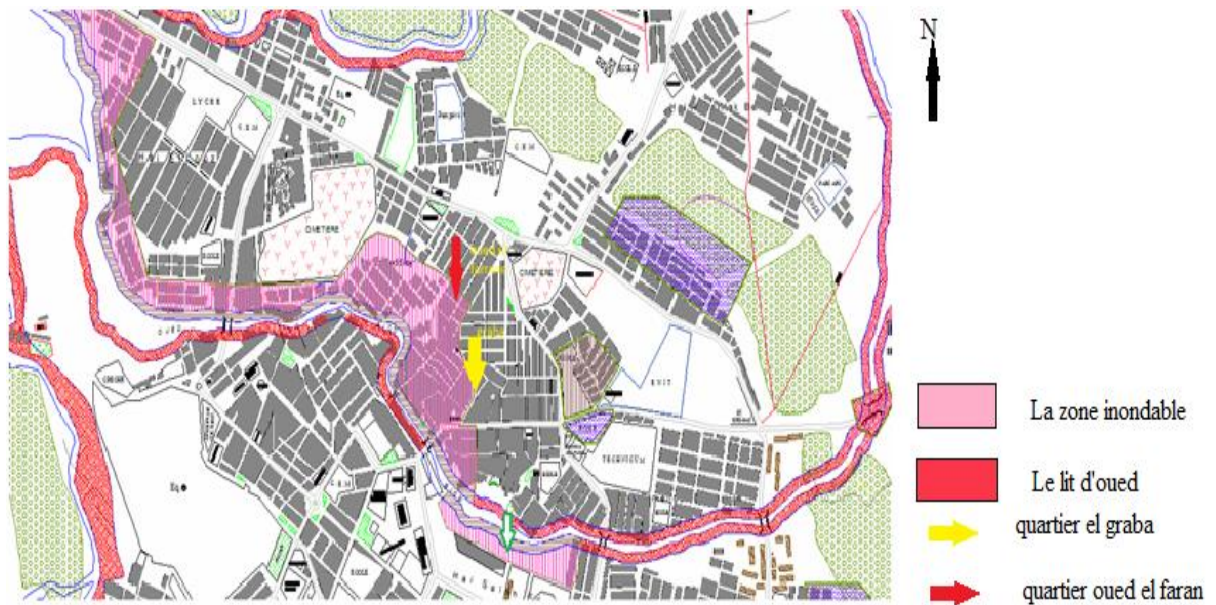


Fig. 29 : carte des quartiers qui sont plus près de l'Oued El Bayadh

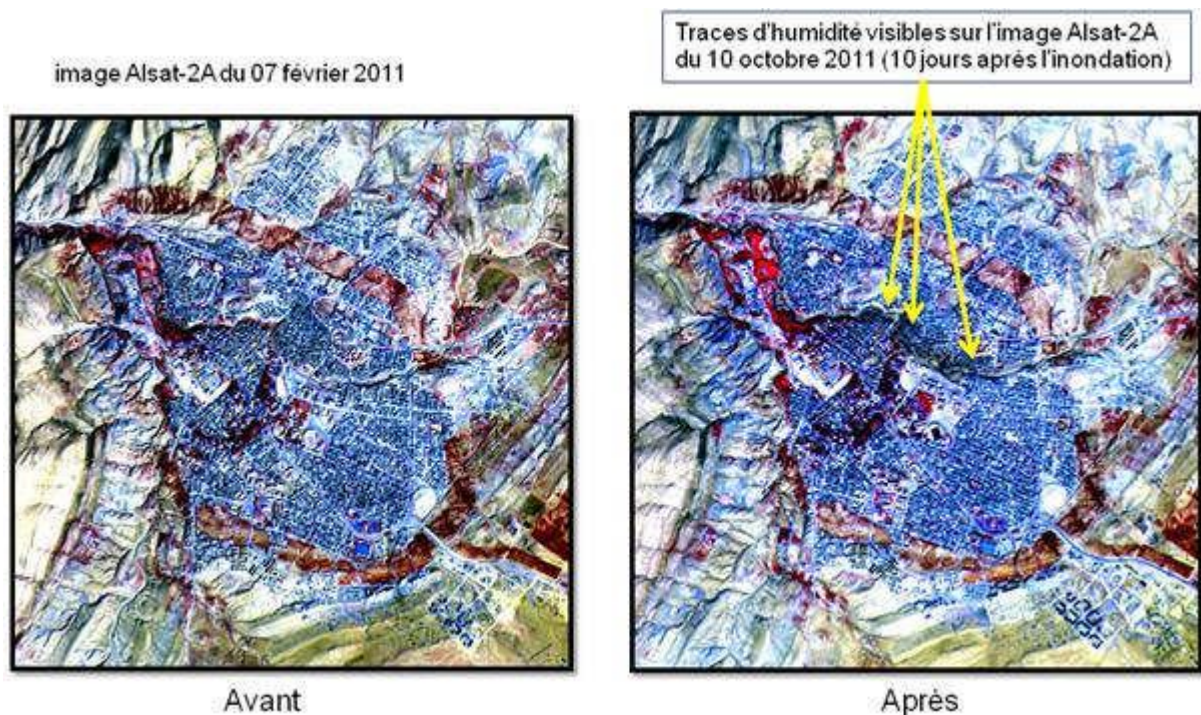


Fig.30:Détection de la zone inondée .

L'identification de traces d'humidité de part et d'autre de l'oued Deffa, grâce à une analyse diachronique des images Alsat-2A, prise savant les inondations (Image de gauche) et après

(image de droite).

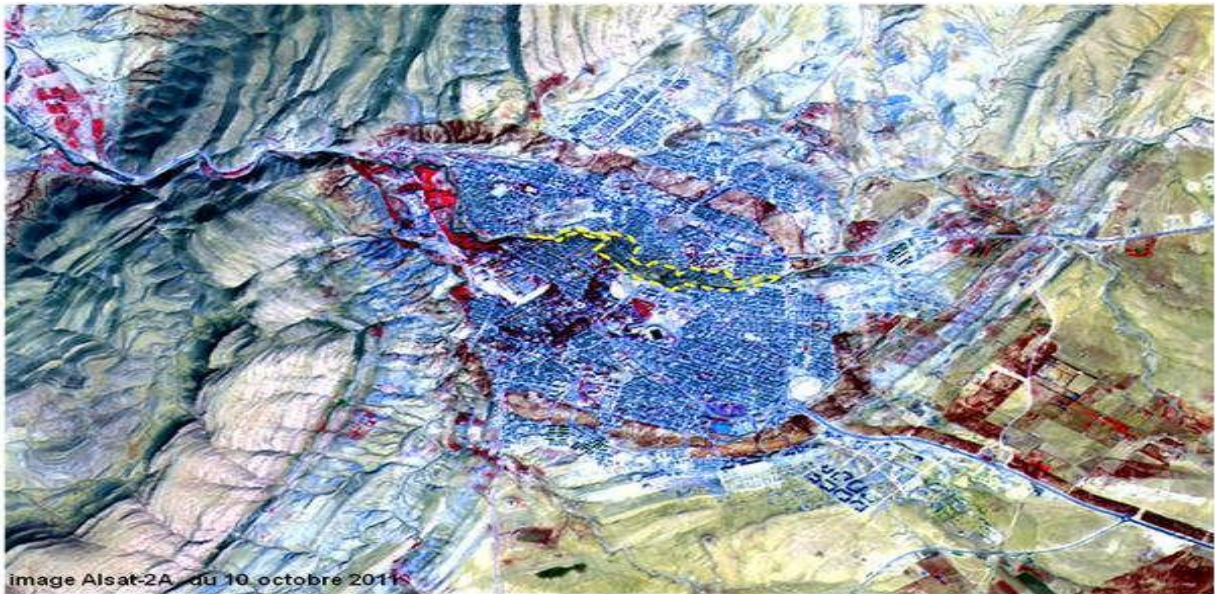


Fig.31 : Vue globale de la zone inondée.

(en jaune) détectée sur les images multi spectrales d'Aalst-2A (©ASAL), prise saprès les inondations .Image Alsat-2A en fausse couleur, avec la végétation en rouge vif et le reboisement en marron.

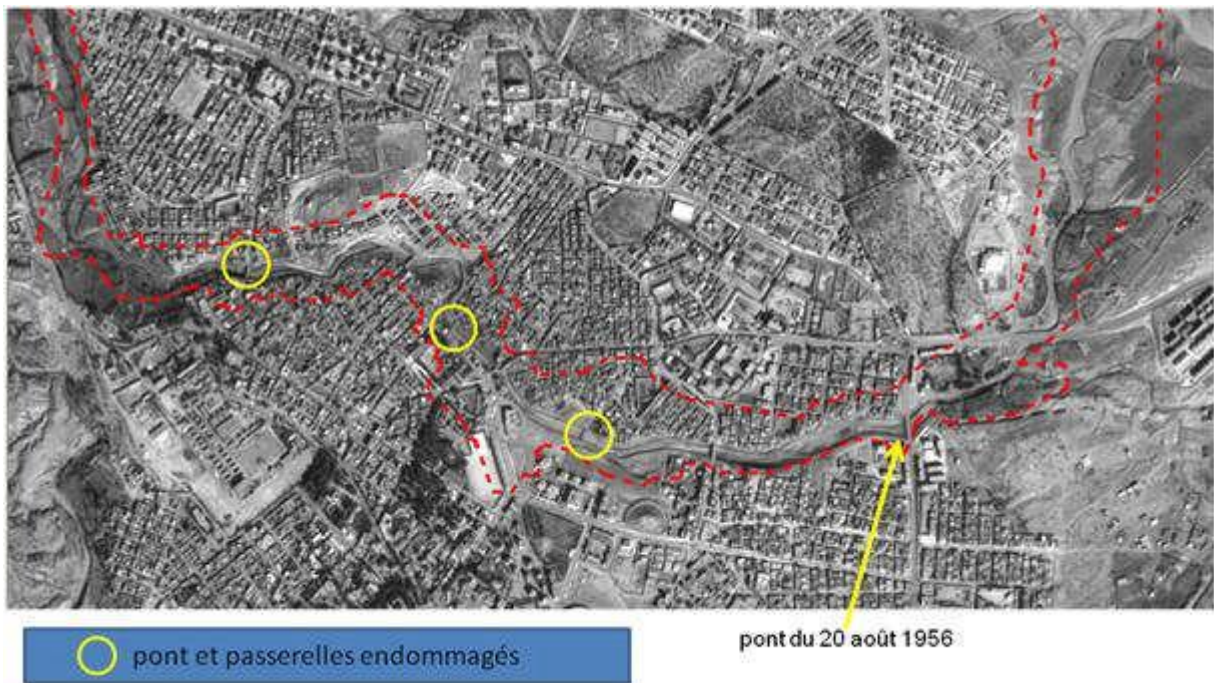


Fig.32: Vue globale de la zone inondée .

(ligne rouge en pointillé) superposée sur une image Alsat-2A (© ASAL) à 2.5 m de résolution .Les cercles en jaune circonscrivent des traces d'impacts de l'inondation sur les infrastructures

(pont et passerelles)



Fig.33:La délimitation (ligne rouge en pointillé)de la zone inondée.

réalisée à partir des Images du satellite Worldview-2 (©Digital Globe, © programme GMES SAFER© SERTIT) du 07 octobre2011, montre que les eaux de la crue du 1^{er} octobre2011 de l’oued Defaa, ont débordée sur la rive droite en amont de la ville, à que lques centaines de mètres à l’Est du pont du 20 août 1956, reliant El Bayadh à l’aéroport. Les portions de routes et ponts inondées sont indiquées en rouge (ligne continue).





Fig.34 : Les photos après l'inondation

III.9. Conclusion :

Après avoir déterminé les débits maxima journaliers probables et les hydro grammes de crues pour les différentes périodes de retour avec les différentes méthodes d'estimation proposées, on constate que ces méthodes d'estimation, conduisent à des résultats très différents, et le choix de telle ou telle méthode est difficile à cause de leur variété ou chaque méthode repose sur des hypothèses différentes et traitent des types différentes de données.

Le traitement par les méthodes probabilistiques qui sont couramment utilisées lorsqu'on possède des mesures hydrométriques sur le cours d'eau, présente certains inconvénients dus aux erreurs systématiques sur les débits mesurés (tarage et extrapolation), l'hétérogénéité de données, et la taille de l'échantillon. Les résultats donnés par cette méthode donne des valeurs plus au moins égales (le cas des lois de Pearson III et log normale). De point de vue statistique on admit la loi la moins complexe. **Les méthodes hydrométéorologiques donnent des résultats inacceptables car les hypothèses proposées sont loin de la réalité et ceci pour le cas des deux bassins versants.**

Les méthodes empiriques et surtout la méthode de Giandotti donne des résultats très grands qui n'évaluent pas bien le problème.

Enfin, nous recommandons d'appliquer les méthodes probabilistiques pour le cas du bassin versant d'Oued El bayadh, et l'inutilité des méthodes hydrométéorologiques et la méthode de Giandotti on prend la méthode de Sokolovsky qui donne des valeurs logiques.

III.10. Protection contre l'inondation :

III.10.1. Plans de prévention du risque d'inondation (PPRI) :

Le plan de prévention des risques inondation (PPRI) est certainement le plan le plus prescrit. Par exemple en France, sur 36000 communes françaises, près de 8800 communes ont un PPRI prescrit et approuvé par le préfet. Il permet d'établir une cartographie précise des zones à risque d'inondation mais aussi d'interdire les constructions dans les zones les plus à risque et de limiter dans les zones inondables. Le PPRI est réalisé à partir de l'expérience acquise lors d'inondations passées et permet de constituer une carte de l'aléa inondation selon l'intensité de la crue et une carte des enjeux exposés. Il a pour but d'offrir des mesures de protection aux infrastructures déjà existantes et de prévoir des moyens capables de réduire le risque d'inondation.

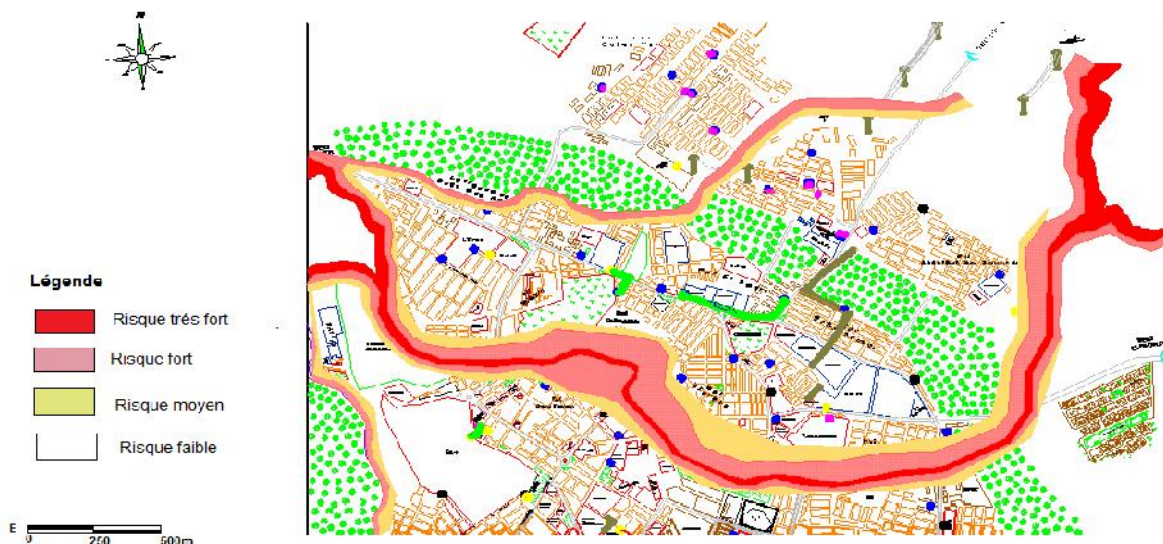


Fig.35: carte risques d'inondation.

III.10.2. Solution n°01 : Dérivation de l'oued Deffa :

L'objectif principal de cette étude est la sécurisation des biens et des personnes au niveau de la ville d'el bayadh qui a connu plusieurs épisodes de forte intensité pluviométrique ayant conduit à la perte de vie humaine et des dégâts considérables.

Pour éviter que cette situation ne se reproduise, il a été décidé de prendre en charge le début de crue en amont de la ville et de dériver une grande partie par le nord pour rejoindre l'oued Deffa au point de confluence.

Après la vérification du risque d'inondation dans le cadre de cette étude, il a été décidé de réaliser une dérivation en amont de la ville pour véhiculer un débit $Q=500 \text{ m}^3/\text{s}$ et canaliser le

reste du débit à savoir $Q=170 \text{ m}^3/\text{s}$ par le canal de l'oued Deffa. Cette initiative permet de rentabiliser les financiers très importants. (HYBACO).

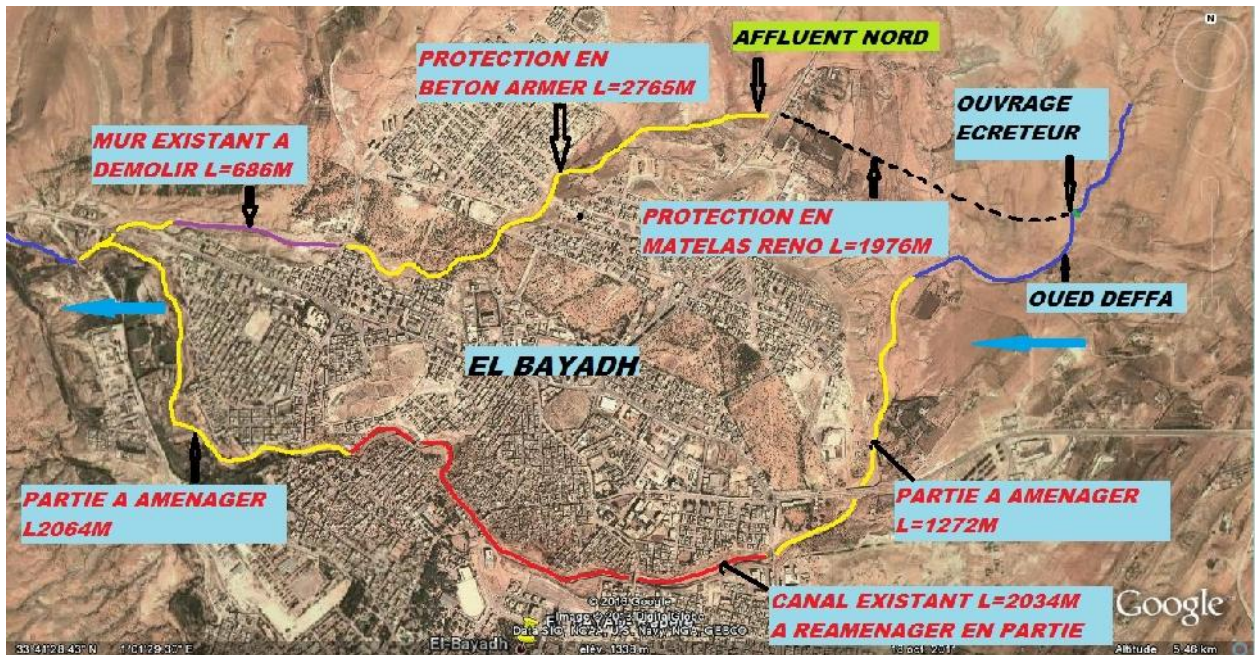


Fig.36 : Récapitulation des actions à entreprendre au niveau de la ville d'el bayadh.

III.10.3.Solution n°02 :Réaménagements :

L'augmentation des capacités d'écoulement consiste à modifier le cours d'eau de telle sorte qu'il puisse supporter un débit plus important sans qu'il ait débordement. Les aménagements concernés sont :

1. Reboisement
- 2 .recalibrage des ouvrages d'art
- 3.Recalibrage des systèmes d'évacuation de l'eau
4. Préservation des zones d'expansion des crues
- 5 .Correction torrentielle

III.10.3.1. Reboisement:

Au plan de la tenue des berges, un arbre peut jouer différents rôles selon, sa taille, sa position et son espèce citons ici le platane qui tapisse et protège contre l'érosion ; glissement ; etc.



Fig.37 :L'absence de reboisement.



Fig.38 : Carte reboisement.

III.10.3.2. Recalibrage des ouvrages d'art:

Dans le cas général les ouvrages d'art dans chaque ville qui représente comme les veines qui alimentent les différentes parties de la ville .le suivi ; l'entretien de ces éléments est indispensable pour protéger d'une éventuelle catastrophe qui paralyse la vie quotidienne de la ville.

Cette opération consiste à modifier l'architecture des ouvrages d'art pour leur permettre de laisser passer un débit plus important en cas de crue et limiter les possibilités d'embâcles.

Dans la ville D'el Bayadh les infrastructures des ouvrages qui sont plus anciennes ; fragiles et l'absence total de l'entretien qui ont aidés la dernière crue qui a touché la ville ;qui résulte les fondements des ponts de cette dernière .

1) Cette photo qui représente les ponts de ville avant la dernière crue.



Fig.39 : Les ponts de ville avant la dernière crue.

2) Après la crue.



Fig. 40: Impacts de l'inondation identifiés sur les images du satellite Kompsat (© KARI), matérialisés par la destruction de deux passerelles (cercle en jaune).



Fig. 41 :L'entretien de lit du oued et le déliage des sédiments.

III.10.3.3. Recalibrage des systèmes d'évacuation de l'eau :

Cette opération consiste à modifier les capacités d'écoulement des systèmes. D'évacuation des eaux pluviales pour éviter que leur engorgement ne provoque des inondations dues aux précipitations sur une zone urbanisée. Il peut également s'agir de modifier un défaut des systèmes d'évacuation qui n'empêche pas l'eau de la cour d'eau en crue de refouler.



Fig.42 :Le non respect de la réalisation d'étude du oued.

III.10.3.4. Préservation des zones d'expansion des crues :

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 en jeu.

L'agglomération de la ville d'El Bayadh est plus proche du mur de soutènement en générale.

Comme exemple les quartiers (graba ;oued el faranne ;sedikia ;boukhowada ; etc....)

III.10.3.5. Correction torrentielle:

Les actions de réduction de la vulnérabilité peuvent être envisagées à de nombreuses Échelles de temps :

Long terme: Planification de l'occupation des sols;

Moyen terme: Mesures constructives;

Court terme: Mesures d'urgence.

Afin d'éviter le surcroît de la vulnérabilité, une attention toute particulière doit être Accordée aux facteurs suivants :

a) L'influence des facteurs anthropiques :

Les facteurs anthropiques constituent des facteurs aggravants et ont un rôle fondamental dans la formation et l'augmentation des débits des crues des cours d'eau.

b) L'urbanisation et l'implantation d'activité dans les zones inondables :

Elles constituent la première cause d'aggravation du phénomène. En parallèle, L'augmentation du niveau de vie et le développement des réseaux d'infrastructures ont accru dans des proportions notables la valeur globale des biens et la fragilité des Activités exposées (vulnérabilité).

c) La diminution des champs d'expansion des crues :

Consécutives à l'urbanisation et parfois aggravées par l'édification de digues ou de remblais, elle a pour conséquence une réduction de l'effet naturel d'écrêtement des crues, bénéfique aux secteurs habités en aval des cours d'eau.

d) L'aménagement parfois hasardeux des cours d'eau :

Beaucoup de rivières ont été modifiées localement sans se soucier des conséquences en amont ou en aval. Ces aménagements inappropriés du territoire (suppression de méandres, endiguement, etc.) Peuvent avoir pour conséquences préjudiciables l'accélération de crues en aval et l'altération du milieu naturel.



Fig.43 :la correction torrentielle.

III.10.4.Recommandation :

- Construction des seuils aux niveaux des paiements des Djebels KSEL et l'OUASTANI pour diminuer la vitesse des eaux pluviales.
- La plantions des ceintures aux niveaux des piémonts.
- La conservation des berges des oueds par la construction des seuils le long des oueds.
- La repartions de l'oued en plusieurs deltas pour diminuer la vitesse.
- Elaboration de jardins le long de la vallée des oueds.
- L'extension des réseaux d'évacuation des eaux osées.
- L'élargissement du lit des oueds (lit major).
- Introduire l'espèce Tamarix pour la fixation des berges.

III.10.5.Conclusion générale :

Tout au long de ce travail, nous avons orienté les différents axes de recherche vers L'atténuation des risques d'inondation.

Pour cela l'approche fondée sur l'analyse de l'espace a permis de répondre à différentes questions.

La première est : Comment analyser un risque d'inondation ? Pour mieux appréhender Ce phénomène on a usé la méthode inondabilité permettant de traduire le risque d'un élément de surface en comparant les deux variables l'aléa et la vulnérabilité.

La seconde question est : de savoir quelle est la typologie des régimes d'écoulement en Crue?

Enfin, la troisième question est : Comment assurer des aménagements 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 et aussi permettant :

L'amélioration de l'efficacité de la solution envisagée ;

La réduction des coûts tant d'investissement que d'entretien des ouvrages concernés ;

La faveur des équilibres naturels qu'ils soient géomorphologiques ; géochimiques ou biologiques ?

Il ne faut pas en rester là cependant d'autres recherches sont encore nécessaires pour Améliorer et compléter ce travail et le rendre plus efficace à l'avenir, parmi ces pistes de Recherche:

La stabilisation et meilleure définition du concept de régime hydrologique ;

L'intégration des données socio-économiques et biologiques ;

La prise en compte des critères de qualité de l'eau (Aspect Environnemental).

Ces améliorations et compléments répondront au mieux aux préoccupations d'ordre Sociales et environnementales telles qu'elles s'expriment aujourd'hui et telles qu'elles Évolueront demain.