

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المركز الجامعي بلحاج بوشعيب عين تيموشنت

Centre Universitaire BELHADJ Bouchaib - Ain-Temouchent-



Institut de Technologie

Département de Génie de l'Eau et de l'Environnement

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Hydraulique

Spécialité : Hydraulique Urbaine

Thème :

Protection de la ville de Béni Saf contre les inondations

Soutenu : 29 Juin 2019

Présenter Par:

- ❖ BENSAFI SOUHILA
- ❖ BOUZIDI ASMAA

Devant le jury composé de

Mme N . BAGHLI	MCB	Président
Mr A. NEHARI	MAA	Examineur
Mr M. BENAICHA	MAA	Encadreur
Mr S. MOUSSAOUI	Cadre technique	Co-Encadreur

DRE

Année Universitaire : 2018/2019

Remerciement

Nous commençons par remercier dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et l'amour du savoir pour pouvoir réaliser ce modeste travail.

Tout d'abord, nous tenons à remercier vivement mes encadreurs Mr BENAICHA MOHAMED et Mr. Moussaoui Said , qui nous avoir accepté pour encadrer et nous diriger tout ou long de la réalisation de ce projet, et pour Tous les conseils instructifs et judicieux.

Nos respect au président et aux membres du jury pour avoir bien voulu lire, commenter et débattre nos travail.

Un remerciement spécial à Melle Benhadda Nafissa , Mme Kada ben ikhlef Fouzia et Mr Meddah Mohamed Zoheir *Ingénieurs au niveau de la Direction des Ressources en Eau de la wilaya d'Ain Temouchent* pour leur soutien et conseil.

Nous exprimons également nos gratitude à tous les professeurs et les enseignants qui ont collaboré à nos formation depuis nos premier cycle d'étude jusqu'à la fin de mon cycle universitaire.

Nous remercions fortement tous nos amis pour l'appui moral qu'ils nous ont témoigné, Pour terminer, nous adressons notre grand amour à nos parents, pour leurs sacrifices et leurs tendresses, à nos frères et nos sœurs et à tous les membres de nos deux familles.

Bensafi Souhila

Bouzidi Asmaa

Dédicace

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissances et respect :

*A Ma très chère mère qui m'a toujours apporté Son amour et son affection
A Mon cher père, qui m'a toujours encouragé, conseillé et Soutenu dans mon travail*

A Mon défunt grand mère Alia , que dieu la tout puissant l'accueil en son vaste paradis, que rien ni personne ne pourra combler le vide qu'elle laissé dans nos vie.

A Ma grand-mère Zahra pour que je te souhaite une longue vie pleine de santé.

A mes chères sœurs Fatima Leila Bouchra pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral

A mes chères frères Mohamed boudali houari et mon beau frère Hicham pour leurs encouragement.

A mes chères Nièces Hadil, Jinane et mes chers neveux Chihab, Yaser et le futur bébé que dieu les protèges.

Je tiens à remercier également mon ami Abd El Hak pour son aide durant toute la période de travail.

A Tous mes amies : Abir ,Chaimaa ,Samia ,Hayet, Amel Houaria, Radia, Hanane, Asmaa et a La promo Hydraulique 2019 Pour tous les moments de joie et de bonheur que nous avons partagé.

A mon binôme Asmaa Qui m'a aidé du mieux qu'elle a pu et a donné le meilleur d'elle dans l'élaboration de ce travail.

Je le dédie à tous ceux que ma plume à oublier mais qui sont dans mon coeur.

SOUHILA

Dédicace

Je dédie ce modeste travail de fin d'étude, à mes défunts parents, ma mère, mon père, aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour, et la tendresse, que j'apprécie pour vous, votre départ n'effacera jamais de ma mémoire, les souvenirs des jours heureux. Maman tu a été pour moi la meilleure des mères, une mère en or, ainsi que mon père. Reposés en paix, dans ma vie vous allez rester le plus beau thème, je vous aime.

Aujourd'hui vous n'êtes plus là mais vous êtes omniprésent, vous mots d'amour et de tendresse résonnent encore dans ma tête et mon cœur. Je suis très fière d'avoir réalisé vos rêves, vous étiez les meilleurs parents au monde et je prie dieu que vous serez au paradis.

Dédicace, à ma chère grand mère maternelle, pour l'expression des vœux que vous n'avez cessé de formuler dans votre prière, que Dieu vous préserve santé et longue vie .

A ma petite sœur ROWAIDA, ainsi a mes chère frères ZAKARIA et SEDAM, que Dieu vous protège pour moi.

Dédicace spécialement à ma tante HALIMA qui à remplacée ma mère est nous a pris en charge, et soutenu après la disparition de nos parents Matériellement et moralement .

A Toute ma famille et mes amies spécialement :HANANE, SABRINE, et a La promo Hydraulique 2019 Pour tous les moments de joie et de bonheur que nous avons partagé.

A mon binôme SOUHILA Qui m'a aidé du mieux qu'elle a pu et a donné le meilleur d'elle dans l'élaboration de ce travail.

Asmaa

SOMMAIRE

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Liste des figures

Liste des tableaux

Page

Introduction générale..... 1

Chapitre I : Généralités sur les Inondations

I.1 Introduction.....	3
I.2 Les inondations dans le monde.....	3
I.3 Les inondations en Algérie.....	5
I.4 Les inondations en Ain Temouchent.....	7
I.5 Genèse des crues et des inondations.....	8
I.6 Connaissance du risque inondation.....	8
I.6.1 Risques majeurs – inondations	9
I.6.2 Connaissance de l'aléa « inondation ».....	9
I.6.3 Paramètres fondamentaux du cours d'eau.....	12
I.6.4 Crue	14
I.6.5 Inondation	15
I.7 Les types d'inondations.....	15
I.7.1 Les inondations par crues torrentielles	15
I.7.2 Les inondations par débordement directe (débordement des plaines)	16
I.7.3 Les inondations par accumulation d'eau ruisselée.....	17
I.7.4 Les inondations par rupture d'un ouvrage artificiel hydraulique.....	18
I.7.5 Les inondations par submersion marine.....	18
I.8 Les causes et origines des inondations	19
I.8.1 Les inondations liées à des situations météorologiques remarquables.....	19
I.8.2 Les inondations provoquées par des facteurs liés à l'effet de l'homme.....	19
I.8.3 inondations produites dans des régions présentant un environnement topographique défavorable.....	20
I.9 Les inondations les plus catastrophiques survenues en Algérie.....	20
I.10 Effets des inondations sur la santé humaine.....	21
I.11 Conclusion.....	23

Chapitre II : protection des agglomérations contre les inondations

II.1 Introduction.....	25
II.2 Protection des agglomérations contre les inondations.....	26

II.2.1 Recalibrage du cours d'eau.....	26
II.2.1.1. Les conséquences d'un recalibrage.....	27
II. 2.1.2. Les inconvénients du recalibrage.....	28
II. 2.2 Les projets endiguement du cours d'eau.....	28
II.3 Digue de protection contre les inondations.....	29
II.3.1 Les caractéristiques des digues de protection contre les inondations.....	31
II.3.1.1 Fonctionnement d'un système endigué.....	31
II.4 Aménagement en bassin versant avant le lit du cours d'eau.....	32
II.4.1 Changement d'occupation de sol.....	32
II.4.2 Banquettes.....	32
II.4.3Reboisement.....	33
II.5 Aménagement en lit mineur.....	34
II.5.1 Correction torrentielle.....	34
II.5.2 Barrage écrêteur.....	34
II.5.3 Création des zones d'expansion de crue.....	35
II.6 Les protections classiques.....	35
II.6.1 La prévention passive.....	35
II.6.2 L'entretien des lits.....	36
II.6.3 Les travaux de protection.....	36
II.8 Conclusion.....	37

Chapitre III : Présentation de site

III.1 Introduction.....	39
III.2 Evolution historique.....	39
III.3 Situation géographique.....	41
III.4 Caractéristiques générales du milieu.....	42
III.4.1 Localisation et topographie.....	42
III.5 Esquisse Géotechnique et Aléa Sismique dans la zone urbaine de Béni Saf.....	43
III.6 Site urbain de Béni Saf.....	43
III.6.1 Contexte géologique.....	43
III.6.2 Géotechnie.....	43
III.6.3 Potentiel d'éboulement et de glissement de terrain et liquéfaction de sols.....	44
III.7 Situation climatologique.....	45
III.7.1Température.....	45
III.7.2 vent.....	46
III.7.3 Evaporation.....	46
III.7.4 Humidité.....	48
III.8 Conclusion.....	49

Chapitre IV : Etude hydrologique

IV.1 Introduction.....	51
IV.2 Caractéristique géomorphologique de bassin versant.....	51
IV.2.1 Définition du bassin versant.....	51
IV.2.2 Morphométrie.....	51
IV.2.2.1 Principaux sous bassins versants.....	53
IV.2.2.2 La surface.....	53
IV.2.2.3 Le périmètre.....	53
IV.2.2.4 La forme.....	53
IV.2.3 Caractéristique de forme.....	53
IV.2.3.1 Indice de compacité de Gravelius.....	53
IV.2.3.2 Le rectangle équivalent.....	54
IV.2.4 Les reliefs.....	55
IV 2.4.1 Répartition des surfaces et courbe hypsométrique.....	56
IV.2.4.2 Les altitudes Caractéristiques.....	58
IV.2.4.3 Les indices de pente.....	59
IV.2.5 Caractéristiques hydrographiques du bassin versant.....	61
IV.2.5.1 La densité de drainage.....	62
IV.2.5.2 La pente moyenne du cours d'eau principale.....	63
IV.2.5.3 Le temps de concentration.....	63
IV.2.5.4 Vitesse moyenne de ruissellement.....	65
IV.2.5.5 Coefficient de torrentialité.....	66
IV.3 Analyse des données pluviométrique.....	68
IV.3.1 Pluies journalières maximales.....	70
IV.3.2 Pluies journalières maximales fréquentielle.....	70
IV.4 Pluies de courte durée I.D.F (courbes :Intensité-fréquence).....	72
IV.5 Etudes des apports.....	75
IV.5.1 Apport moyen interannuel.....	75
IV.5.2 Caractéristique de l'écoulement.....	76
IV.6 Estimations des débits de crues par les formules empiriques.....	77
IV.7 Conclusion.....	82

Chapitre V : Diagnostique et solutions

V.1 Introduction.....	84
V.2 Morphologie de la ville de Béni Saf.....	84
V.3 Caractéristique du système d’assainissement existant.....	86
V.3.1 Description du réseau d’assainissement	86
V.4 Les points noirs de la ville.....	89
V.5 Estimation des débits des eaux usée.....	90
V.5.a) Population futur.....	90
V.5.b) Evaluation des débits de consommation.....	91
V.5.c) Evaluation des débits des eaux usée domestiques.....	93
V.6 Les solution proposée pour protégé la ville de Béni Saf contre les inondations.....	94
V.6.a) Réhabilitation de réseau d’assainissement actuel.....	94
V.6.b) Traité les forts pentes.....	96
V.6.c) La réalisation des avaloires	97
V.6.d) Le curage régulier.....	98
V.6.e) Emboiser les terres vierge dans le bassin versant de la ville.....	98
V.6.f) Traité les occupations inconséquente de l’espace	98
V.7 Conclusion.....	99
Conclusion générale.....	101

Référence bibliographique

Annexes

Liste des figures

Listes des figure

ChapitreI

Figure N° I.1 : Photographie aérienne de Koeking	4
Figure N° I.2 :les inondations de Bab el oued et Constantine.....	6
Figure N° I.3 : Photo des inondations de Sep 2013 en face du quartier Didi Lakhdar.....	7
Figure N° I.4 : Photo des inondations de la ville d’Ain Temouchent près du Siège SONALGAZ.....	8
Figure N° I.5 : Les risques d’inondation.....	11
Figure N° I.6 : Lit mineur d’un cours d’eau.....	12
Figure N° I.7 : Lit majeur d’un cours d’eau.....	13
Figure N° I.8 : Lit moyen d’un cours d’eau.....	14
Figure N° I.9 : Les inondations par crues torrentielles.....	16
Figure N° I.10 : Les inondations par débordement directe (débordement des plaines).....	17
Figure N° I.11 : Les inondations par accumulation d’eau ruisselée.....	17
Figure N° I.12 : Les inondations par rupture d’un ouvrage artificiel hydraulique.....	18
Figure N° I.13 : Les inondations par submersion marine.....	19

ChapitreII

Figure N° II.1 : Recalibrage d’un cours d’eau.....	27
Figure N° II.2. : Positionnement de la digue par rapport aux cours d’eau.....	29
Figure N° II.3 : Schéma de digue.....	30
Figure N° II.4 : Vallée endiguée.....	31
Figure N° II.5 : Technique de banquettes.....	33
Figure N° II.6 : fonctionnement d’un barrage écrêteur de crues.....	34

Chapitre III

Figure N° III.1 : Une vue générale du port de Béni Saf.....	39
Figure N° III.2 : Situation Géographique de la ville de Béni Saf.....	41
Figure N° III.3 : Image satellitaire de la ville de Béni Saf.....	42
Figure N° III.4 : Extrait de la carte géologique d'Algérie 1/50 000 de Beni Saf à Ain Temouchent.....	44
Figure N° III.5 : Histogramme des moyennes mensuelles de température série (1950-2010).....	46

Chapitre IV

Figure N° IV.01 : limitation du bassin versant.....	52
Figure N° IV.2 : les courbes de niveau du bassin versant.....	55
Figure N° IV.3 : Courbe hypsométrique du bassin versant.....	57
Figure N° IV.4 : Carte hypsométrique du bassin versant.....	58
Figure N° IV.5 : : Classification du réseau hydrographique du bassin versant.....	62
Figure N° IV.6 : Histogramme de précipitation moyenne mensuelle.....	69
Figure N° IV.7 : Graphe de précipitation moyenne maximal.....	69
Figure N° IV.8 : Courbe des pluies de courte durée fréquentielle du bassin versant.....	74
Figure N° IV.9 : courbe intensité durée fréquence (IDF) du bassin versant.....	74

Chapitre V

Figure N° V.1 : Délimitation du bassin versant de Oued Hamara et son exutoire. Extrait de la carte topographique d'Algérie 1/50 000 de Beni Saf à Ain Temouchent.....	85
Figure N° V.2 : Point de rejet de la conduite de refoulement.....	87
Figure N° V.3 : La station de relevage.....	87
Figure N° V.4 : Plan d'assainissement de la ville de Béni Saf.....	88
Figure N° V.5 : oued ben chellal de la ville de Béni saf.....	89
Figure N° V.6 : Oued Dar El Rih de la ville de Béni saf.....	89

Figure N°V.7 :Plan II de la ville de Béni saf.....	90
Figure N°V.8 : L’histogramme de croissance de la population de Béni saf.....	91
Figure N°V.9 : Représente la forte pente da la ville de Béni Saf.....	96
Figure N°V.10 : Schéma de regard de chute.....	97
Figure N°V.11 : Schéma d’avaloire.....	98
Figure N°V.12 :Représente les constructions anciennes illicites.....	99

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau N° 1.1 :Les inondations les plus couteuses entre 1980 et 2008.....	4
Tableau N° I.2 : Illustre le nombre de construction, par ville,construites sur les zones inondables.....	6
Tableau N° I.3 : Effets sanitaires des inondations.....	21

Chapitre III

Tableau N°III.1 : température moyennes mensuelles de la station de Beni Saf (1913-2010).....	45
Tableau N° III.2 l'évaporation d'Ain Temouchent (1950-2005).....	47
Tableau III.3 : L'humidité d'Ain Temouchent (1950-2005).....	48

Chapitre IV

Tableau N° IV.1 :Les quatres sous bassins du BV.....	53
Tableau N° IV.2 : Les formes du bassin versant selon le coefficient de compacité.....	54
Tableau N° IV.3 : Répartition du bassin versant en tranches d'altitudes.....	56
Tableau N°IV.4 : Calcul de l'altitude moyenne du bassin versant.....	59
Tableau N°IV.5 : Classement du relief à partir de la dénivelée spécifique selon la classification de l'ORSTOM.....	61
Tableau N° IV.6 : Les temps de concentration.....	65
Tableau N° IV.7 : Caractéristiques morpho métriques du bassin versant.....	67
Tableau N° IV.8 : les Coordonnées et le code de la station de Hammam Bouhdjar.....	68
Tableau N° IV.9 : la précipitation moyenne annuelle de la station de Hamame bouhdjar (1970-2011).....	68
Tableau N° IV.10 : La précipitation journalière maximale de la station Hamame Bouhdje(1970-2011).....	70
Tableau N° IV.11 : Pluie journalière maximale.....	71

Tableau N° IV.12 : Paramètres statistiques de la série pluviométrique.....	71
Tableau N° IV.13 : Calcule de Pjmax fréquentielle.....	72
Tableau N°IV.14 : les pluies journalières maximales et intensités de courte durée pour les différentes fréquences ou période de retour.....	73
Tableau N° IV.15 : Apports moyens interannuels de bassin versant.....	76
Tableau N° IV.16 : Valeurs de coefficient de ruissellement C	80
Tableau N° IV.17 : Estimation du débit de pointe fréquentiel Qmax,F (Formules empiriques).....	81

Chapitre V

Tableau N°V.1 : Evolution du nombre d'habitants de la commune de Béni Saf.....	91
Tableau N°V.2 : Besoins en eau de Béni Saf.....	92
Tableau N°V.3 : Débit des eaux usées.....	93

*Introduction
générale*

Introduction générale

L'eau est à la base de la vie en général: présente dans notre sang, dans ces liquides que nous buvons, dans les aliments que nous prenons, elle nous permet de survivre et de rester en bonne santé. Elle est également une voie de communication et elle est indispensable au développement économique. Sa valeur est reconnue partout dans le monde. D'ailleurs, elle constitue un symbole puissant dans toutes les cultures et dans toutes les croyances. Mais elle est également un des éléments les plus destructeurs de notre planète. Car l'eau, quand il y en a trop, provoque des inondations, des catastrophes, sème la dévastation et la mort.

L'homme, depuis des siècles, s'installe aux abords des rivières afin de profiter de ses avantages ; transport fluvial de marchandises, pêche, ressource d'alimentation en eau, source d'énergie hydraulique... mais il doit aussi en subir les caprices dont les plus redoutables sont liés aux crues.

Les inondations représentent un danger pour les biens et les personnes dans la plupart des régions du globe. Elles causent plus de 50% des catastrophes naturelles : en moyenne 20.000 morts / an dans le monde.

Le phénomène des inondations des agglomérations est au cœur des préoccupations des scientifiques. Sa compréhension, son analyse et ses études font appel à de multiples disciplines et à de nombreuses connaissances allant de la caractérisation jusqu'à la conception des aménagements de protection.

L'Algérie, de sa part, est confrontée aux phénomènes de crues et d'inondations qui sont plus fréquents que les séismes. Ces phénomènes provoquent des catastrophes plus destructrices et occasionnent d'importants dégâts humains et matériels. Les exemples de Bab El Oued – Alger en 2001, de Sidi Bel Abbes en 2006, de Ghardaïa en 2008 et El Bayadh en 2011 sont frappant.

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

L'inondation ne peut être, dans le cas de la ville de Béni Saf qu'aléatoire ou accidentelle lors d'une crue produite par des pluies exceptionnelles ou par la rupture et/ou défaillance, voir même inexistence d'ouvrage de protection; car elle se produit lorsque de l'eau en excès ne

peut être évacuée par les voies naturelles (lits mineurs des cours d'eau) ou artificielles prévues à cet effet (drains et réseaux d'évacuation des eaux pluviales).

Dans ce contexte nous avons fait le choix de faire une étude sur ce phénomène dans la ville de Béni Saf qui a connu auparavant des inondations qui ont causé plusieurs dégâts matériels.

Notre étude s'articulera autour de cinq chapitres

- ❖ **Premier chapitre :** Généralités sur les Inondations
- ❖ **Deuxième chapitre :** Protection des agglomérations contre les inondations
- ❖ **Troisième chapitre :** Présentation de site
- ❖ **Quatrième chapitre :** Etude hydrologique
- ❖ **Cinquième chapitre :** Diagnostique et solution

Et on termine par une conclusion générale .

CHAPITRE I
Généralités sur
les Inondations

1 Introduction

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

Les zones inondables sont soumises à différents types d'inondation dont les caractéristiques influencent le déroulement des crises et l'ampleur des impacts humains et économique.

Le Risque n'est pas le même sur les différents territoires exposés puisque ni l'aléa ni la vulnérabilité ne sont les mêmes, les crues surviennent de manière plutôt lente sur le bassin plat alors qu'elles se produisent de manière extrêmement rapide et brutale sur les bassins pentus

Aussi les inondations ne provoquent pas de catastrophes susceptibles de marquer les esprits.

Si les zones inondables n'étaient pas ou peu occupées par l'homme. Le but principal de ce chapitre est la présentation des notions et concepts fondamentaux liés ainsi que les enjeux et vulnérabilité.

2 Les inondations dans le monde

Dans le monde, les inondations sont au rang de premier risque naturel et représentent en France plus de la moitié des risques naturels avec des enjeux humains. Une commune française sur trois est concernée par les inondations (dont 300 grandes agglomérations). Pour 160 000 km de cours d'eau, une surface de 22 000 km² est reconnue particulièrement inondable : deux millions de riverains sont concernés. Les dégâts causés par les inondations représentent environ 80 % du coût des dommages imputables aux risques naturels, soit en moyenne 600 M€ - coût annuel calculé sur la période 1980-2000. Pour illustrer l'importance et les enjeux du phénomène d'inondation en France, la Figure I.1 présente une photographie aérienne de Koeking pendant la crue de la Moselle en 1983. Cette ampleur est à l'origine des efforts mis en œuvre actuellement pour étudier et comprendre ce phénomène. (LEDOUX 2006). (Benmia Kouider).



Figure N° I.1 : Photographie aérienne de Koeking (Moselle, France).(Benmia Kouider 2012)

L'année 2007 se démarque par une augmentation du nombre d'inondations mais un nombre de victimes bien inférieur à la moyenne. L'Asie fût sans conteste le continent le plus touché par les catastrophes naturelles (CRED)

Tableau N°I.1 : Les inondations les plus couteuses entre 1980 et 2008 (Freddy Vinet 2010)

Date	Lieu	Montant des dommages	Montant de dommages assurés	Nombre de morts
Mai-Sep 1998	Chine	30700	1000	4159
27.6-13.8.1996	Chine	24000	445	3048
27.6-15.8.1993	Etas-Unis	21000	1300	48
12-20.8.2002	Europe centrale	16500	3400	39
24.7-18.8.1995	Corée du Nord	15000	?	68
Mai-Sep1991	Chine	13600	410	2628
21.6-20.9.1993	Chine	11000	?	3300
Juin 2008	Etas-Unis	10000	500	24
4-6.11.1994	Italie	9300	65	68
13-20.10.2000	Europe	8500	470	38

3 Les inondations en Algérie

L'Algérie est l'un des pays confrontés aux phénomènes de crues et d'inondations qui se manifestent de façon catastrophique constituant ainsi une contrainte majeure pour le développement économique et social, ces inondations sont les catastrophes naturelles les plus destructives et même les plus fréquentes et provoquent d'importants dégâts humains et matériels.

Plusieurs régions du pays sont régulièrement menacées par ces catastrophes naturelles dont les effets sont souvent intensifiés par d'autres facteurs qui aggravent les effets des crues, ces événements dramatiques engendrant souvent des bilans lourds de dégâts humains et matériels ne sont pas toujours liées à des situations météorologiques exceptionnelles et surviennent dans beaucoup de régions suite à des épisodes pluvieux saisonniers et n'ayant rien d'exceptionnel.

On présente dans ce qui suit par ordre chronologique, un bref aperçu des inondations survenues en Algérie au cours de ces trente dernières années. (LAHLAH. Salah 2004)

- **12 Octobre 1971(Azzazga) :** 40 morts et des centaines d'habitations détruites.
- **28 au 31 Mars 1974 (alger et Tizi Ouzou) :** 52 morts et 4570 maisons détruites.
- **01 Septembre 1980(El Eulma) :** 44 morts, 50 blessés et 365 familles sinistrées
- **01 Septembre 1989(Biskra) :** 02 morts et 35 blessés.
- **10et 11 Novembre 2001(Bab El Oued Alger) :** les pluies diluviennes ont fait 733 victimes, 30 000 personnes sans-abris et d'importants dégâts matériels.
- **1 Octobre 2008(Ghardaia) :** Au moins 33 personnes sont mortes, 84 personnes ont été blessées et près de 600 maisons détruites dans des inondations très importantes.
- **19septembre 2018(Constantine) :**Deux morts, des dégâts matériels et plusieurs routes coupées.



Figure N° I.2 :les inondations de Bab el oued et Constantine (Site internet)

Tableau N° I.2 : Illustre le nombre de construction, par ville, construites sur les zones inondables.(Mr AISSA MADAOUI Oussama et AISSA MADAOUI Rabie 2016).

Wilaya	Nombre de construction
Chlef	2248
Laghouat	3083
O.El bouaghi	1999
Batna	16261
Bejaïa	500
Biskra	763
Bouira 1438	1438
Tamanrasset	1159
Tébessa	17236
Tlemcen	375
Tiaret	13
Alger	14545 quartiers Merdja et Baraki
Djelfa	784
Tipaza	2710
Mila	1663
Naama	4924

4 Les inondations d'Ain Temouchent

Ain Temouchent est connu depuis plusieurs années par les fortes pluies et les rages qui ont causées des inondations importantes .En 1984 , 1996 , 2000 et décembre 2008 des inondations ravageuses associées aux crues de l'oued qui ont causé d'importants dégâts matériels. En 2008, des fortes pluies ont touchées la région d'Ain Temouchent ont eu pour conséquence de bloquer la circulation sur plusieurs routes dont celle de Terga à cause de débordement d'Oued Senane ou les eaux ont emporté dans leurs course deux véhicules dont l'un des passagers a été retrouvé sans vie à hauteur de la plage.

Selon la protection civile de la région , Ain Temouchent a subi plusieurs inondations durant la période entre 2011,2012 et 2013,d'où elles ont causées la perte de quatre victimes. (MERHOUM NASREDDINE 2018).



Figure N° I.3 : Photo des inondations de Sep 2013 en face du quartier Didi Lakhdar (MERHOUM NASREDDINE 2018)



Figure N°I.4 : Photo des inondations de la ville d'Ain Temouchent près du Siège SONALGAZ(MERHOUM NASREDDINE 2018)

5 Genèse des crues et des inondations

Sous les termes de crues et d'inondations se cache un phénomène multiforme.

Les crues, terme plutôt hydrologique, désigne le dépassement d'un certain débit ou d'une certaine hauteur par un cours d'eau. Cette hauteur d'eau peut être qualifiée en fonction de sa durée de retour ; par exemple une crue décennale est une hauteur d'eau ou un débit qui a une chance sur dix de se produire chaque année.

Le terme inondation est d'acceptation plutôt topographique ou géomorphologique. Il désigne le débordement d'un cours d'eau de son lit mineur, mais aussi le remplissage d'une cuvette topographique par les eaux de ruissellement local. Ce type d'inondations pluviales se distingue par la vitesse de l'eau, le volume d'eau écoulé et la hauteur d'eau. Ces paramètres sont essentiels pour comprendre les dommages et instaurer des politiques de prévention efficaces (Yahiaoui, 2012).

6 Connaissance du risque inondation

Le risque d'inondation reste aujourd'hui le risque le plus répandu, faisant le plus de victimes et de dégâts. Il contribue pour 58% dans le nombre des victimes des catastrophes naturelles et pour 31% dans le montant des pertes économiques.

La réaction face à ce risque d'inondation a consisté pendant plusieurs décennies à lutter contre les crues qui signifiait d'abord que l'on cherchait à agir sur le phénomène naturel la crue – et

uniquement sur lui, c'est -à-dire sur une seule composante du risque « l'aléa » et non sur les enjeux ou leur vulnérabilité.

6.1 Risques majeurs

Les types de risques auxquels chacun de nous peut être exposé sont regroupés en cinq familles

- **Risques naturels** : avalanche, feu de forêt, **inondation**, mouvement de terrain, cyclone, tempête, séisme et éruption volcanique ;
- **Risques technologiques** : d'origine anthropique, ils regroupent les risques industriels, nucléaire, biologique, rupture de barrage...
- **Risques de transports collectifs** (personnes, matières dangereuses) : sont des risques technologiques, on en fait un cas particulier car les enjeux varient en fonction de l'endroit où se développe l'accident ;
- **Risques de la vie quotidienne** (accidents domestiques, accidents de la route...) ;
- **Risques liés aux conflits** (AISSA MADAOUI Oussama & AISSA MADAOUI Rabie 2016)

6.2 Connaissance de l'aléa « inondation »

a) Alea

Est défini comme lié uniquement au phénomène physique considéré, la crue fait l'objet de l'essentiel des travaux en hydrologie et hydraulique appliqués à la gestion des risques d'inondation. Il dépend du comportement hydrologique du bassin versant et du fonctionnement hydraulique du réseau hydrographique. Il peut être quantifié sur une parcelle (avec une précision plus au moins bonne) grâce aux variables hydrologiques classiquement utilisées que sont la *profondeur d'eau* et la *durée d'inondation*, associée à une période de retour. Sur cette dimension probabiliste de l'aléa traduit la notion de fréquence ou de période moyenne de retour.

La notion de “vitesse” du courant est parfois utilisée comme paramètre complémentaire de caractérisation de l'aléa mais elle est encore assez mal connue. Sa mesure ou sa modélisation posent des problèmes théoriques et pratiques puisque actuellement, seule la vitesse moyenne par section en travers, peu pertinente en terme d'aléa est accessible (Yahiaoui Abdelhalim 2012)

b) Vulnérabilité

La vulnérabilité est une notion composite. Elle prend en compte divers paramètres géographique et socioéconomique. Plusieurs définitions existent dans la littérature, parmi lesquelles on choisit deux définitions officielles. La définition de MEDD (le Ministère de l'Écologie et de Développement Durable français) « la vulnérabilité est le niveau des conséquences prévisibles d'un phénomène naturel sur les enjeux », et celle de NOAA (National Océanique and Atmosphérique Administration) « la susceptibilité des ressources à être affectées par des aléas ». Les enjeux sont les éléments à risque (personne, biens, activités, patrimoine...) attribuent à la vulnérabilité une dimension complexe quantitative et qualitative. La notion de vulnérabilité peut être résumée en quatre points :

- La perception sociale de l'aléa ;
- L'aléa et ses conséquences prévisibles sur les enjeux ;
- Les dispositions prises pour limiter l'effet de l'aléa ;
- Les enjeux.

Cette complexité de concepts d'aléa et de la vulnérabilité figure I.5 montre que la considération de risque sommairement comme un produit de deux facteurs est limitative et pour mettre en œuvre une politique de gestion précise et scientifique, on doit décomposer ces deux facteurs en plusieurs éléments afin de déterminer ceux susceptibles d'être maîtrisés pour minimiser le risque (AISSA MADAOUI Oussama & AISSA MADAOUI Rabie 2016)

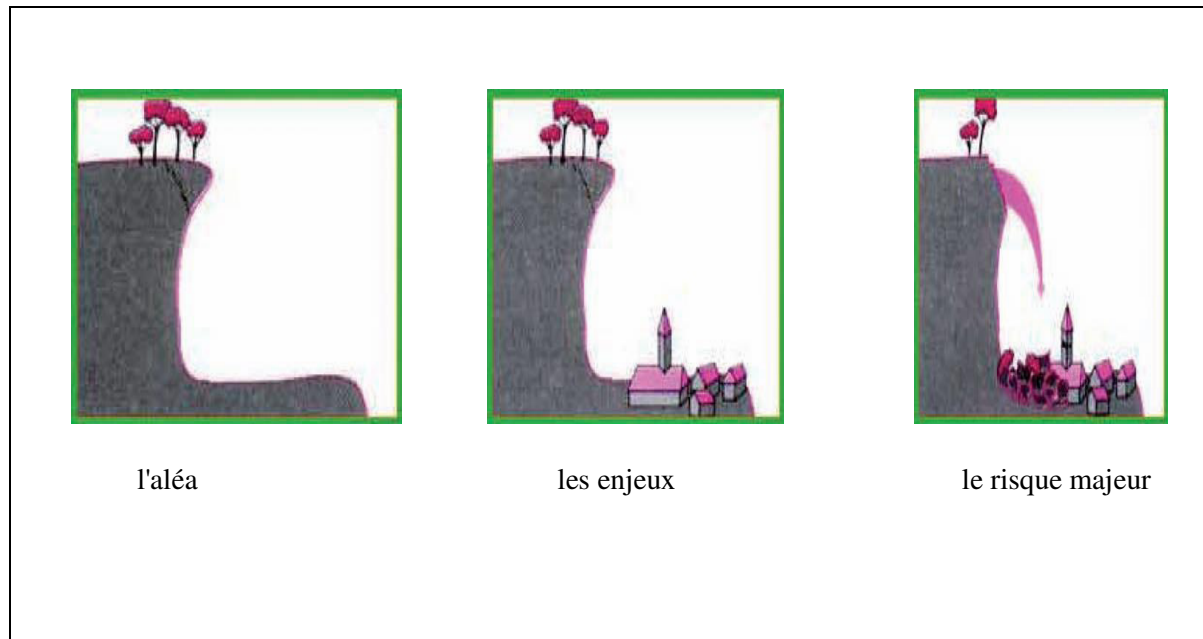


Figure N° I.5 : Les risques d'inondation (Site internet)

Les facteurs de vulnérabilité : (Yvette Veyret et Magali-Reghezza)

- La densité de population, l'extension du bâti
 - Facteurs techniques (quelques exemples parmi beaucoup d'autres)
 - Mauvaise qualité de la construction
 - Mauvaise maîtrise de l'eau
 - Sous-dimensionnement des ouvrages d'évacuation et de traitement des eaux usées
 - Facteurs économiques :
 - Population pauvre, dépourvue de moyens de transports et souvent de système d'information
 - Habitat de médiocre qualité
 - Difficulté à laisser les maigres biens que cette population possède
- **Facteurs culturels**
 - Ignorance du danger, absence de conscience du risque (risque banalisé, intégré au quotidien)
 - Acceptation pour raisons religieuses
 - Facteurs institutionnels et politico-administratifs

- Trop de niveaux politico-administratifs de décision
 - Manque de coordination entre ces différents acteurs
 - Absence de programme de prévention
 - Absence de réflexion sur les programmes de planification
 - Législation laxiste
 - Acteurs politiques, gestionnaires parfois peu impliqués, corruption
- **Facteurs structurels**
 - Vulnérabilité fonction de la localisation et du moment précis de l'impact
 - Dysfonctionnements fonctionnels et techniques imprévisibles
 - **Facteurs fonctionnels**
 - Absence d'une prévision efficace
 - Absence de système d'alerte
 - Mauvaise gestion de crise,

6.3 Paramètres fondamentaux du cours d'eau

Lits du cours d'eau

Le lit d'une rivière étant façonné par les eaux qu'il transporte on conçoit que ses dimensions soient fortement liées aux régimes hydrologiques.

Le lit mineur

Le lit mineur est constitué par le lit ordinaire du cours d'eau, pour le débit d'étiage ou pour les crues fréquentes (crues annuelles).



Figure N° I.6 : Lit mineur d'un cours d'eau. (AISSA MADAOUI Oussama & AISSA MADAOUI Rabie 2016)

Le lit majeur

Le lit majeur comprend les zones basses situées de part et d'autre du lit mineur, sur une distance qui va de quelques mètres à plusieurs kilomètres. Sa limite est celle des crues exceptionnelles. On distingue deux types de zones :

- **les zones d'écoulement**, au voisinage du lit mineur, où le courant a une forte vitesse ;
- **les zones d'expansion** de crues ou de stockage des eaux, où la vitesse est faible. Ce stockage est fondamental, car il permet le laminage de la crue, c'est-à-dire la réduction du débit et de la vitesse de montée des eaux à l'aval.

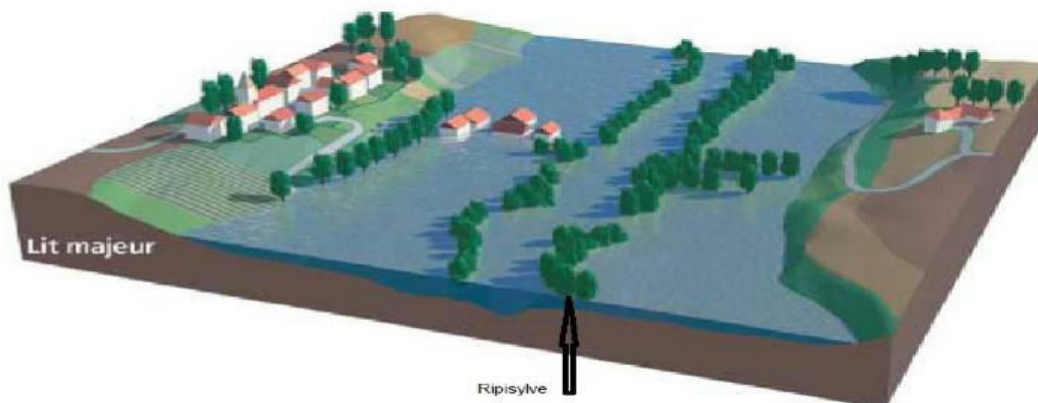


Figure N° I.7 : Lit majeur d'un cours d'eau (AISSA MADAOUI Oussama & AISSA MADAOUI Rabie 2016)

Le lit moyen

Sous certains climats, notamment méditerranéens, il peut être identifié un lit moyen. Pour les crues de période de retour de 1 à 10 ans, l'inondation submerge les terres bordant la rivière et s'étend dans le lit moyen. Il correspond à l'espace fluvial ordinairement occupé par la **ripisylve**, sur lequel s'écoulent les crues moyennes. (Merabet 2006).



Figure N° I.8 : Lit moyen d'un cours d'eau(AISSA MADAOUI Oussama & AISSA MADAOUI Rabie 2016) .

6.4 Crue :

La crue correspond à l'augmentation de la quantité d'eau qui s'écoule dans la rivière et peut concerner l'ensemble du lit majeur de la rivière. De nombreux géographes et hydrologues ont adopté le critère qu'une rivière est en crue lorsque son débit est trois à cinq fois supérieur à son débit moyen. De façon plus pratique, on admet qu'une rivière est en crue lorsqu'elle déborde des limites de son lit mineur. Il s'agit d'un phénomène naturel périodique qui n'est exceptionnel que lorsque les débits deviennent considérables par rapport à son module ; on parle alors de crue critique, laquelle peut engendrer une inondation sur les zones riveraines. (Salomon, 1997).

Une crue se définit par différents critères : sa genèse, sa durée, sa fréquence, son débit de pointe (ou débit maximum) et son volume .Les crues peuvent être classées en trois grands types en fonction de leur importance et l'intervalle de récurrence :

1. **Les crues décennales** sont des crues moyennes à fortes (statistiquement, chaque année, il y a une chance sur dix pour qu'un tel événement se produise ou soit dépassé),
2. **Les crues centennales** sont des crues fortes à très fortes (statistiquement, chaque année, il y a un risque sur cent pour qu'un tel événement se produise ou soit dépassé),

3. Les crues millenales : sont des crues exceptionnelles (statistiquement, chaque année, il y a une chance sur mille pour qu'un tel événement se produise ou soit dépassé). (**DJEBALI KHALIFA 2015**)

6.5 Inondation

L'inondation est d'acception plutôt topographique ou géomorphologique. Il désigne le débordement d'un cours d'eau hors de son lit habituel entraînant la submersion d'espaces habituellement exondés. Il s'applique aussi au remplissage d'une cuvette topographique par les eaux de ruissèlement local. On parle alors d'inondation pluviale. Ces phénomènes se distinguent par la vitesse de l'eau, le volume d'eau écoulé et la hauteur d'eau. Ces paramètres sont essentiels pour comprendre les dommages et instaurer des politiques de prévention efficaces et adaptées.

La diversité du risque inondation à l'échelle internationale et national se manifeste par des catastrophes plus ou moins graves. (**Freddy Vinet 2010**)

7 Types d'inondation

Il existe au moins cinq types d'inondations :

7.1 Les inondations par crues torrentielles

Les crues torrentielles sont des phénomènes brusques et violents issues d'épisodes pluvieux d'une importante intensité. Le ruissellement de ces eaux charrie une grande quantité de matériaux solides (sédiments, bois morts,... etc.) qui font, en quelque sections, colmater le lit du cours d'eau et former des obstacles appelés embâcles. En cédant, ces embâcles libèrent brutalement l'eau qu'ils ont retenue. En conséquence à cela des dégâts très importants sont engendrés.

On parle de crues torrentielles, lorsque le temps de concentration d'un bassin est inférieur à 12h. . (**CHABANE Rabah et LABBAOUI Thanina 2016**)

Elles touchent, généralement, les bassins de montagnes et les régions méditerranéennes mais aussi de petits bassins au relief accentué et à forte capacité de ruissellement peuvent être concernés.

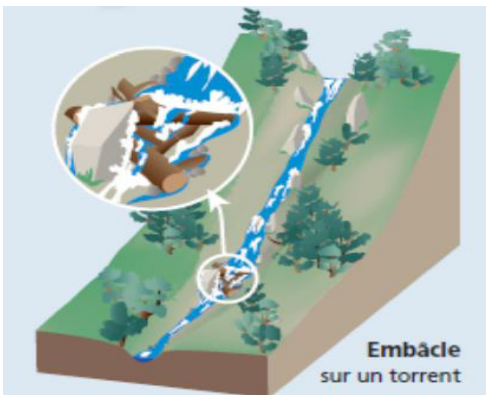


Figure N° I.9 : Les inondations par crues torrentielles(CHABANE Rabah et LABBAOUI Thanina 2016)

7.2 Les inondations par débordement directe (débordement des plaines)

Les inondations de plaine se produisent lorsque la rivière sort lentement de son lit mineur et inonde la plaine pendant une période relativement longue. La rivière occupe son lit moyen et éventuellement son lit majeur. Après une ou plusieurs années pluvieuses, il arrive que la nappe affleure et qu'une inondation spontanée se produise : il s'agit d'inondation par remontée de nappe phréatique. Ce phénomène concerne particulièrement les terrains bas ou mal drainés (Ministère de l'écologie et du développement durable, 2004). Sa dynamique lente perdure plusieurs semaines.(CHABANE Rabah et LABBAOUI Thanina 2016)

1. Par débordement direct d'une rivière qui touche des vallées entières

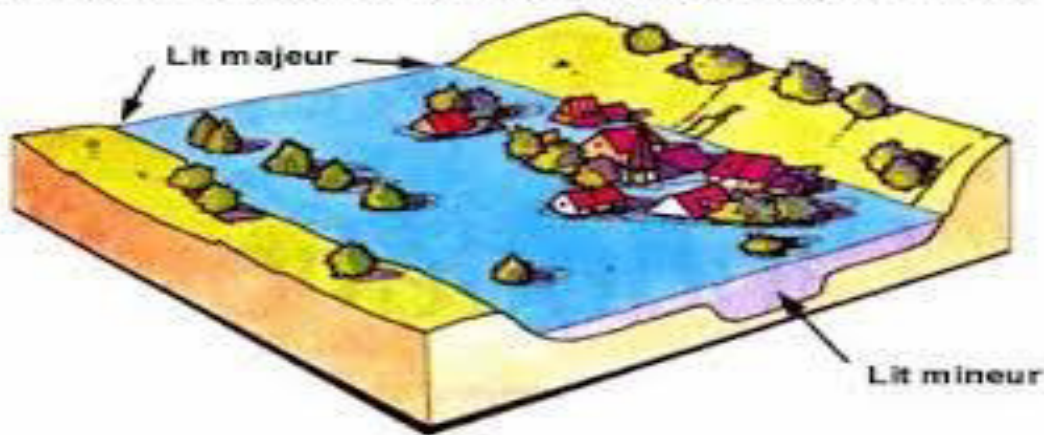


Figure N° I.10 : Les inondations par débordement directe (débordement des plaines) (Site internet)

7.3 Les inondations par accumulation d'eau ruisselée

Le ruissellement est la circulation de l'eau qui se produit sur les versants en dehors du réseau hydrographique lors d'un événement pluvieux. Sa concentration provoque une montée rapide des débits des cours d'eau. (DJEBALI KHALIFA)

Ce type d'inondation est provoqué suite à des pluies exceptionnelles ou d'orages violents s'abattant sur un sol de capacité d'infiltration et de drainage insuffisantes. Cette insuffisance est due essentiellement à deux facteurs :

- Soit, l'intensité des pluies est supérieur à l'infiltrabilité du sol,
- Ou bien, le ruissellement se fait sur un sol déjà saturé par une nappe.

2. Par accumulation d'eau ruisselée

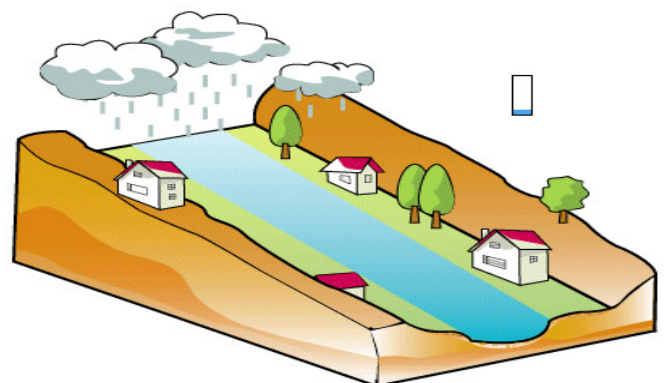


Figure N° I.11 : Les inondations par accumulation d'eau ruisselée (Site internet)

7.4 Les inondations par rupture d'un ouvrage artificiel hydraulique

L'inondation causée par la destruction d'un ouvrage est un phénomène brutale et extrêmement dangereux. En effet, cette rupture provoque la libération d'une énorme quantité d'eau munie d'une force dévastatrice gigantesque détruisant tous sur son passage.

Les statistiques des dégâts matériels et humains engendrés sont inestimables.

La rupture d'un ouvrage est très difficile à prévoir par conséquent la prévention de la calamité est encore plus difficile. (CHABANE Rabah et LABBAOUI Thanina 2016)

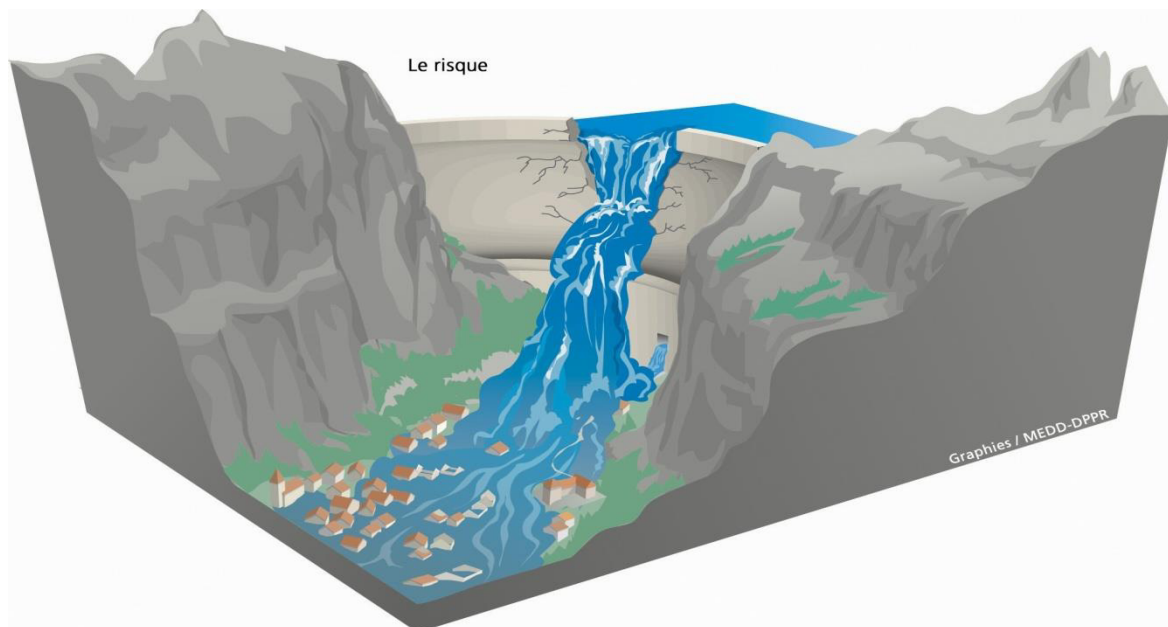


Figure N° I.12 : Les inondations par rupture d'un ouvrage artificiel hydraulique(Talah, 2014)

7.5 Les inondations par submersion marine

Une submersion marine est une inondation temporaire des régions côtières par des eaux salées provenant de la mer avoisinante. Elle est due à des événements météorologiques ou océanographiques de dimensions inhabituelles, tels que : marée haute de vives eaux exceptionnelle, phénomène de la surcote et l'élévation du niveau de la mer suite à une fonte importante des glaciers.(CHABANE Rabah et LABBAOUI Thanina 2016)

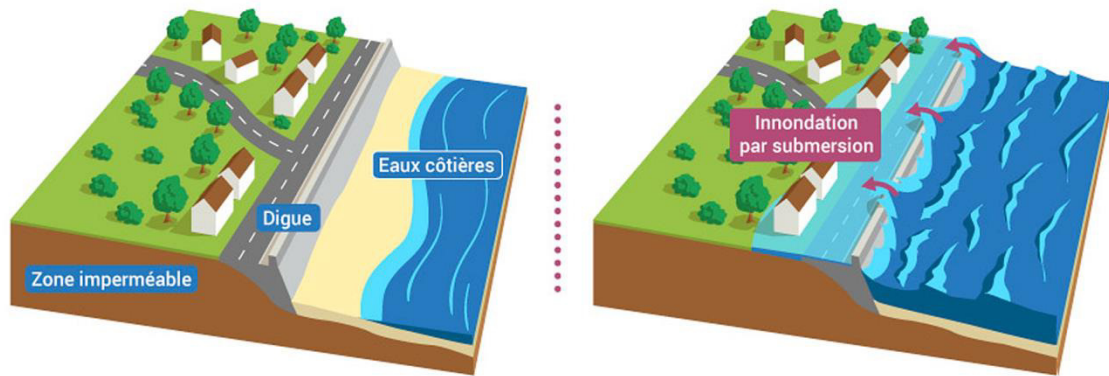


Figure N° I.13 : Les inondations par submersion marine

8 Origines et causes des inondations en Algérie

D'une manière générale, les causes des inondations survenues en Algérie peuvent être classées en trois catégories, à savoir : **(Abdelkrim Chelgoum 2018)**.

8.1 Les inondations liées à des situations météorologiques remarquables

Se traduisant par une forte pluviosité (pluies importantes, orages violents) telles que les inondations de décembre 1957 et mars 1974 des bassins du Mazafran et Sebaou ; les inondations de décembre 1984 de tout l'Est algérien. les inondations provoquées par des facteurs dus à la main de l'homme liés principalement à la défaillance des réseaux d'assainissement et de collecte des eaux pluviales, le gonflement des oueds par les décombres et détritiques ; les cas des villes de Tiaret et Batna, inondées presque chaque hiver .

8.2 Les inondations provoquées par des facteurs liés à l'effet de l'homme

La défaillance des réseaux d'assainissement et de collecte des eaux pluviales, le gonflement des oueds par les décombres et les débris, sont autant de facteurs qui provoquent des dégâts lors des averses saisonnières ; les cas de :

- La ville de TIARET inondée presque à chaque hiver.
- La plaine du MZAB ou des inondations se produisent tous les 02 à 03 ans illustrent parfaitement l'influence de ces facteurs dans l'apparition du phénomène d'inondation.

8.3 inondations produites dans des régions présentant un environnement topographique défavorable :

Comme le cas des villes traversées par des oueds (Oued Rhiau, Sidi-Bel-Abbès , Ain Defla , Batna , Médéa, Béchar, Tamanrasset, Constantine, Tabassa, Sétif, M'sila, etc .)

Ces agglomérations à forte concentration de populations et sous l'effet d'une urbanisation anarchique réglementée présentent de grands risques avec des pertes humaines et matérielles enregistrées à chaque inondation aussi légère soit-elle.

9 Les inondations les plus catastrophiques survenues en Algérie

9.1 Inondations causées par des pluies orageuses localisées

- Inondation de la ville d'EL EULMA (01 Septembre 1980).
- Inondation de la ville d'ANNABA (11 Novembre 1982).
- Inondation de la ville d'OUED R'HIOU (20 Octobre 1993).
- Inondation à BORDJ BOU ARRERIDJ (23 Septembre 1994).

9.2 Inondations des grands bassins versants (pluies généralisées)

- Les crues de Mars 1973 à l'est du pays.
- Inondations de Mars 1974 dans le centre du pays.
- Inondations de Décembre 1984 à l'est du pays. (Hallil Abdelkader 2017)

10 Effets des inondations sur la santé humaine

Les effets sanitaires se répartissent en trois catégories, selon le moment où ils surviennent :

- Effets survenant durant ou immédiatement après l'inondation ;
- Effets se développant dans les jours voir les premières semaines suivant l'inondation ;
- Effets à plus long terme, susceptibles d'apparaître après des mois ou des années et/ou durant des mois voir des années.

Toutes ces catégories peuvent se subdiviser en effets directs et indirects sur la santé (Ben Salem Mokhtar et Besnaci Mohamed El Amine 2018).

Tableau N° I.3 : Effets sanitaires des inondations.

Effets directs	
Causes	Conséquences pour la santé
Rapidité d'écoulement des eaux, caractéristiques topographiques, absence d'alerte préalable, hauteur atteinte par des eaux, glissements de terrain, comportements à risque, eaux s'écoulant rapidement et charriant des blocs de pierre et des arbres	Noyade, blessures
Contact avec l'eau	Maladies respiratoires, hypothermie, arrêt Cardiaque
Contact avec des eaux polluées	Blessures infectées, dermatites, conjonctivites, maladies gastro-intestinales, infections ORL, maladies graves d'origine hydrique
Augmentation du stress physique et émotionnel	Risque accru de troubles psychosociaux et d'incidents cardiovasculaires
Effets indirects	
Causes	Conséquences pour la santé
Dégâts subis par les systèmes d'approvisionnement en eau, les systèmes d'épuration et le réseau d'égouts, approvisionnement insuffisant en eau potable, approvisionnement insuffisant en eau pour la toilette.	Éventuelles infections d'origine hydrique, dermatites, conjonctivites.

Perturbation dans les systèmes de transport	Pénurie d'aliments, gêne pour les secours d'urgence
Domages causés aux conduites souterraines, aux réservoirs de stockage, inondations de sites abritant des déchets toxiques, produits chimiques et des réservoirs contenant du pétrole.	Effets potentiels aigus ou chroniques dus à une pollution chimique
Eaux stagnantes, expansion des habitats des vecteurs de maladie	Maladies transmises par vecteurs
Migration des rongeurs	Éventuelles maladies transmises par les rongeurs
Désorganisation des réseaux sociaux ; pertes des biens, de l'emploi et d'êtres chers (membres de la famille et amis)	Éventuels troubles psychosociaux
Activités de nettoyage après l'inondation	Électrocution, blessures, lacérations, perforations
Destruction des produits alimentaires de base	Pénurie alimentaire

11 Conclusion

Cet aperçu théorique et historique sur les risques naturels et en particulier les inondations nous a permis de se formaliser avec un vocabulaire propre à ce domaine entre temps retracer un bref historique sur les différents évènements survenus à l'échelle nationale avec quelques références en matière de vulnérabilité et mesures des conséquences de cet aléa et des dangers qu'il présente. Nous avons décrit d'une manière générale la situation des principales zones inondables de l'Algérie et donné un bref aperçu sur inondation catastrophique vécues dans certaines régions du pays. Les risques d'inondations sont liés à l'interaction complexe de plusieurs composantes, c'est le produit de la concomitance de facteurs topographiques, géographiques, géologiques, hydrologiques, métrologiques. La protection contre les inondations et la réduction de la vulnérabilité des régions exposées à ce phénomène nécessitent une meilleure connaissance du risque .Ainsi, la cartographie des zones inondables est un aspect important dans la stratégie de prévention et de lutte contre les inondations.

CHAPITRE II
Protection
des agglomérations
contre
les inondations

1 Introduction

Les inondations sont des catastrophes naturelles qui touchent tous les pays du globe terrestre. Elles sont générées souvent par les débordements des cours d'eau traversant des villes et des agglomérations et ou des débits importants des eaux de surface. L'étude de ce phénomène est nécessaire pour limiter tous les dégâts et réduire l'impact sur les villes inondées

Le présent chapitre traite l'aspect présentatif des inondations de crues. Son but est de mettre en évidence les préoccupations essentielles à examiner et à prendre en compte dans le domaine de la lutte et de la protection contre les crues.

Depuis la naissance de l'humanité, les inondations ont eu un caractère magique et religieux. Malgré cela et grâce à sa technique, l'homme est arrivé à infléchir, autrement contrôler, le cours naturel des rivières, oubliant peu à peu ce que sont des phénomènes naturels. Alors qu'en fonction de leur importance et leur localisation géographique, les crues et les inondations peuvent se produire et provoquer des dégâts et des dramatiques catastrophes qui se manifestent surtout par:

- L'érosion des cours d'eau et des sols parfois fertiles et cultivés.
- L'étranglement des cultures en plaine où l'eau qui a débordé peut rester durablement ce qui menace les récoltes par une submersion totale des champs qui seront perdus.
- La destruction des forêts que différents travaux ont montré que lorsque les inondations sont violentes, les forêts sont détruites sur de vastes surfaces mettant en place des formations peu denses et plus fragiles.
- La modification de la configuration du cours d'eau par la présence des sapements ou les accumulations de galets chassés par à-coups lors des fortes crues.
- La destruction d'ouvrages d'arts (barrages, ponts), de voies de communication (routes et chemin de fer) et de construction (bâtiments collectifs, usines etc.).
- Des catastrophes avec de nombreux morts. Les mauvais désastres de l'histoire ont certainement ceux provoqués par les crues Honang HO (fleuve Jaune) car la surélévation fréquente au-dessus de la plaine a entraîné d'immenses défluviations au cours desquelles les eaux emportaient tout sur leur passage. Les victimes se comptèrent alors par centaines de milliers.

On retiendra que statistiquement, les dommages dus aux crues sont d'autant plus graves qu'ils sont moins fréquents, car l'homme à la mémoire courte, ou obéit à des considérations économiques à court terme qui l'amènent à négliger le phénomène ou à admettre ses inconvénients .

2 Protection des agglomérations contre les inondations

L'objectif d'une stratégie de réduction de l'aléa est de réduire des eaux sur les zones comportant de forts enjeux humains et économiques à l'échelle du bassin versant.

2.1 Recalibrage du cours d'eau

Il s'agit de modifier la géométrie du lit du cours d'eau (abaissement de la ligne de fond, augmentation de la section en travers) pour modifier la valeur de la crue de plein bord. À l'instar de l'endiguement, le recalibrage du cours d'eau a un effet positif mais également des effets potentiellement négatifs à l'aval de son implantation. Le recalibrage du cours d'eau implique également des modifications à grande échelle de la dynamique géomorphologique du cours d'eau, dont les effets peuvent être négatifs (Abaissement de la nappe phréatique, problème de transport solide etc...)(**HACHEMI Soumia Manel 2015**).

Ce type de travaux hydrauliques a été mis en œuvre très anciennement dans les zones urbaines et périurbaines, souvent accompagné d'endiguements étroits, pour réduire la fréquence des inondations (diminuer la fréquence des submersions). Il a été utilisé de manière quasi systématique dans les zones rurales. (**Talah, 2014**).

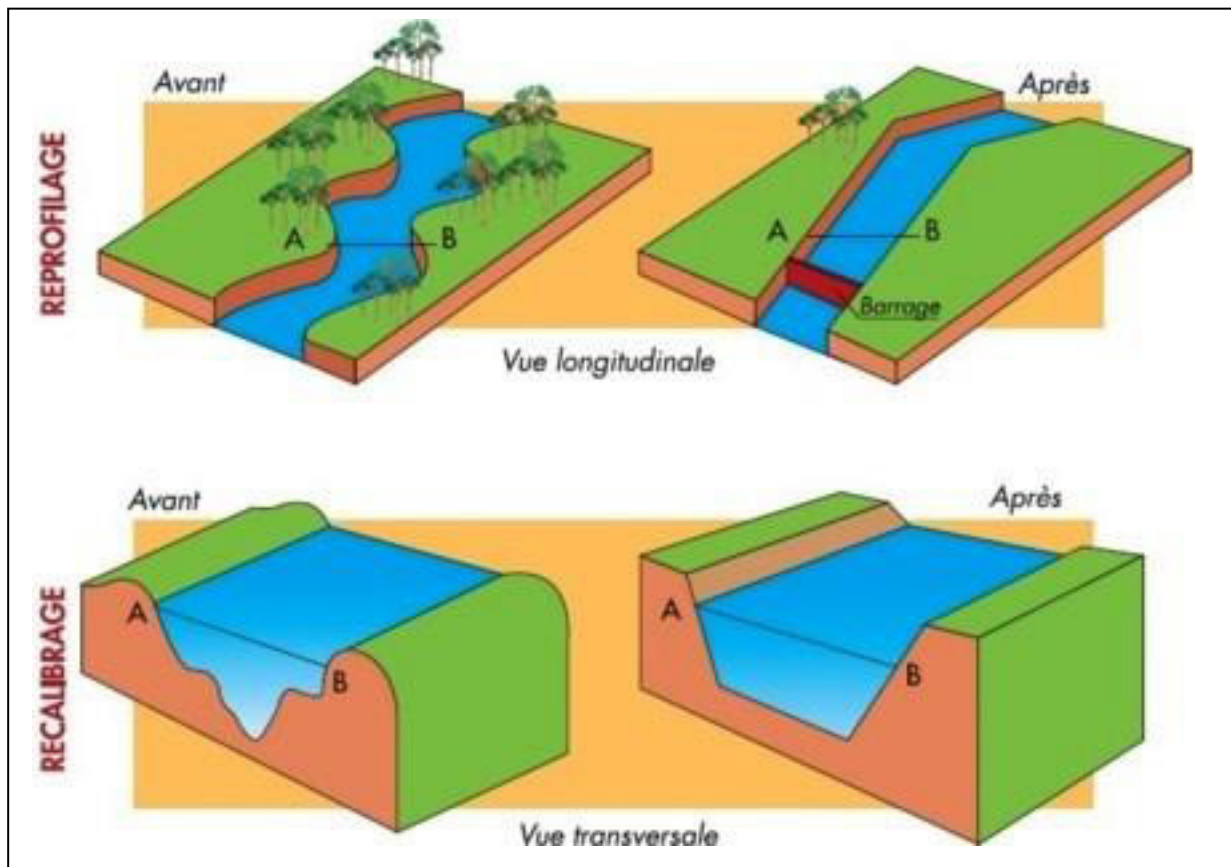


Figure N°II.1 : Recalibrage d'un cours d'eau (Talah, 2014)

2.1.1 Les avantages d'un recalibrage

i. Sur les débits de pointe

Un recalibrage a forcément pour conséquence de diminuer localement la fréquence des submersions et donc de diminuer l'effet de laminage des crues par épandage dans le lit majeur. (Talah, 2014)

ii. Morphologiques pour le profil en long

Les conséquences sur le profil en long d'un recalibrage avec risberme sont analogues. Si la risberme est fréquemment inondée, elle est l'objet de dépôts fins ou grossiers et se surélève.

Lorsque des vieux seuils sont supprimés, une érosion régressive s'en suit ainsi qu'un exhaussement aval. (Talah, 2014)

iii. Morphologiques pour les berges

Un recalibrage s'accompagne souvent, comme on l'a vu, d'un enlèvement important de la végétation, ce qui accroît la sensibilité des berges à l'érosion.

De plus, un recalibrage entraîne une augmentation de la vitesse de l'eau. Une conséquence directe est l'accroissement de l'érosion en rive concave. Il faut aussi noter que l'augmentation des vitesses infléchit vers l'aval le courant dans les coudes.

Comme on trouve une autre conséquence est l'augmentation de la rapidité de la décrue. La stabilité au glissement des berges est donc affectée. Les solutions sont :

- L'adoption de pentes de berges suffisamment douces pour améliorer la tenue au glissement.
- La pose de matériaux plus résistants dans les coudes les plus prononcés.⁷
- Et chaque fois qu'il est possible le maintien des arbres ou au moins des souches et le maintien des seuils existants. (Talah, 2014)

2.1.2 Les inconvénients du recalibrage

Parmi les inconvénients de cette technique on trouve :

- Aggravation des inondations au débouché dans un tronçon aval non recalibré.
- Evacuation accélérée : moindre recharge des nappes en crue.
- Déconnexion des annexes fluviales, perturbation du cycle de reproduction de certaines espèces.
- Perturbation du transport solide : érosions et/ou dépôts.
- Augmentation des contraintes hydrauliques en crue. (Talah, 2014)

2.2 Les projet d'Endiguement du cours d'eau :

Il existe toujours localement des projets d'endiguement. La conception des projets d'endiguement actuel est symptomatique de l'évolution des enjeux des exigences de protection. Le principe de l'endiguement de second rang est non pas de contenir les eaux du cours d'eau mais de protéger les lieux habités. En effet, alors que traditionnellement les digues submersibles bordant le lit mineur étaient destinées à protéger approximativement les

terres agricoles des basses plaines alluviales, les exigences de protection se sont reportées exclusivement sur les zones à fort enjeu.

L'objectif n'est plus de protéger les zones agricoles des lits majeurs mais d'isoler les enjeux urbains qui se sont développés dans ce même lit majeur depuis quelques décennies. (**Freddy vinet 2010**).

3 Digue de protection contre les inondations

Les digues de protection contre les inondations sont des ouvrages dont au moins une partie est construite en élévation au dessus du niveau du terrain naturel et destinés à contenir épisodiquement un flux d'eau afin de protéger des zones naturellement inondables.

Les digues de protection contre les inondations constituent le deuxième grand type de digues. On trouve ces digues essentiellement le long des cours d'eau, parfois positionnées directement en contact avec la berge, ou éloignées de plusieurs mètres, ou plus (quelques centaines de mètres), de celle-ci (Fig. II.2) (**Serre, 2005**).

Il existe un type particulier de digues de protection contre les inondations : les digues de ceinture. Elles ont la particularité d'entourer, totalement ou partiellement, une zone à enjeux (ville, village, hameau...) en se rattachant à flanc de coteau.

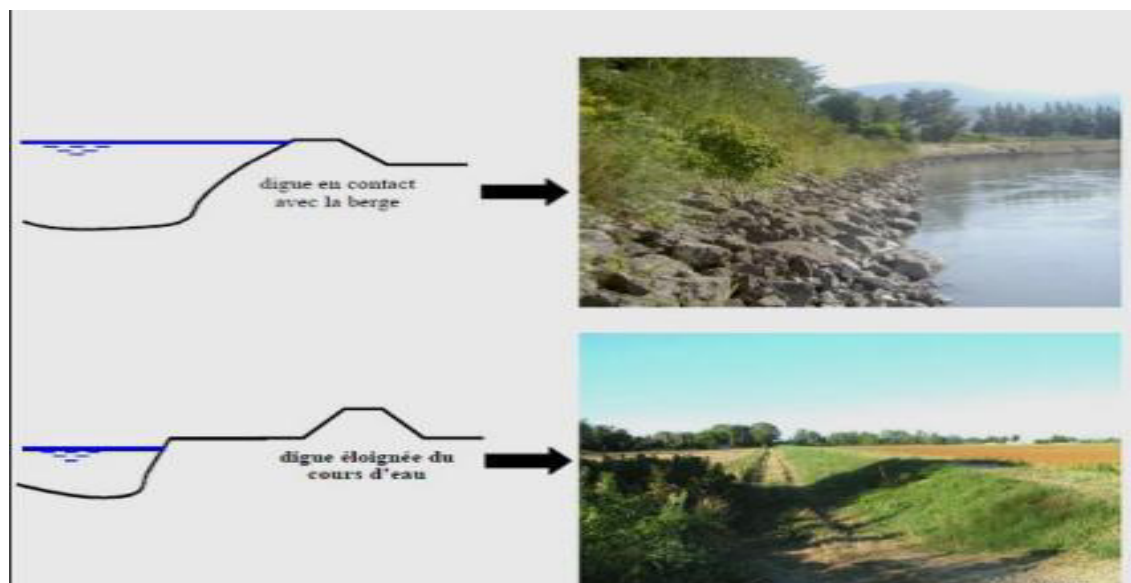


Fig. N° II.2.: Positionnement de la digue par rapport aux cours d'eau (**Benmia, 2012**)

Il s'agit d'aménagement longitudinal le long des berges qui sert à protéger de l'inondation des zones où sont présents des enjeux importants (habitations, zones commerciales industriels....etc).

Les digues sont des ouvrages dont au moins une partie est construite au dessus du niveau du terrain naturel destinés à contenir le flux d'eau dans les périodes de crue de protéger les zones inondable (Serre, 2005).

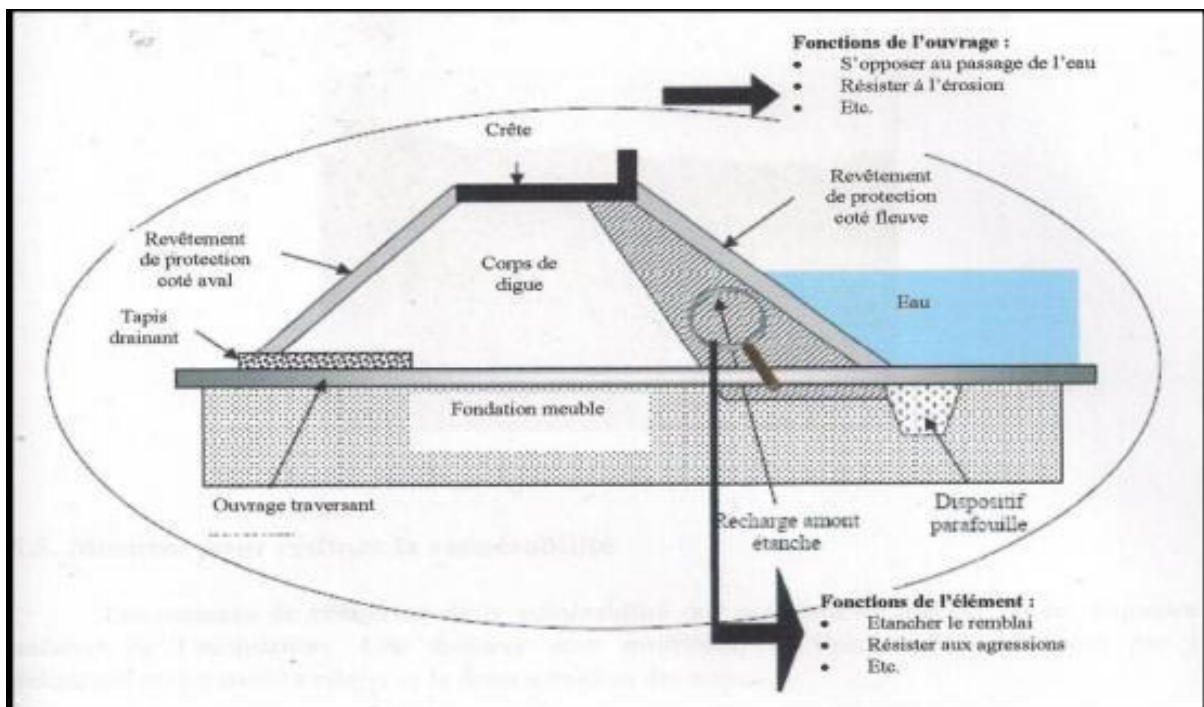


Figure N°II.3 : Schéma de digue (Serre, 2005)

Le fonctionnement hydraulique d'une vallée endiguée peut être décrit comme suit :

- A la montée de crue, la rivière déborde de son lit ;
- La digue limite les crues relativement fortes mais elle surélève la ligne d'eau là où la présence des digues conduit à rétrécir sensiblement la largeur de lit naturel ;
- Dans le cas des fortes crues, le rôle des digues est limité et la vallée sera complètement inondée.

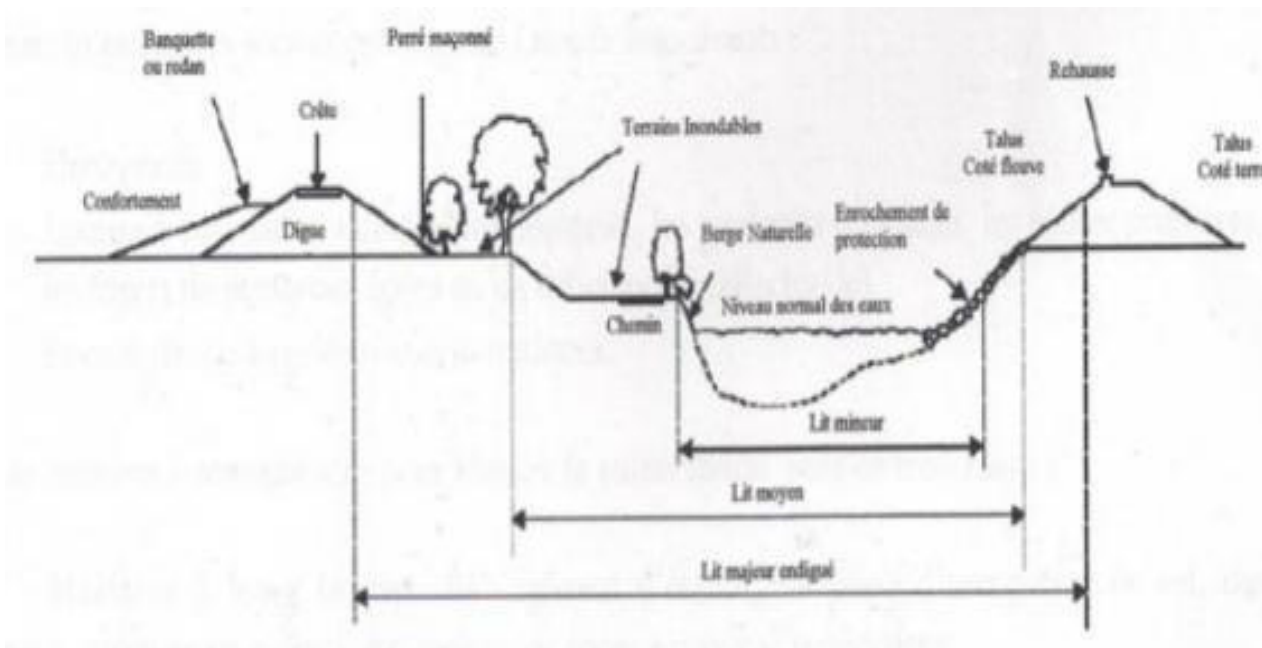


Figure N° II.4 : Vallée en diguée(HACHEMI Soumia Manel 2015)

3.1 Caractéristiques des digues de protection contre les inondations

3.1.1 Fonctionnement d'un système endigué

On peut décrire le fonctionnement hydraulique d'une vallée endiguée (Fig. II.4) de la façon suivante :

- Lors d'une crue, la rivière déborde de son lit mineur et inonde progressivement le lit majeur endigué (Serre ,2005)
- l'endiguement limite l'emprise de l'inondation pour les crues faibles et moyennes, mais il surélève la ligne d'eau là où la présence des digues conduit à rétrécir sensiblement la largeur du lit naturel (c'est très souvent le cas dans la traversée des villes)
- l'écêtement (phénomène qui amortit les débits maximaux par inondation d'espaces en lit majeur) est, de ce fait, limité lors des crues courantes
- les zones protégées par des digues peuvent, dans certains cas, être inondées par le remous du fleuve à sa jonction avec un affluent, ou par les ruissellements issus de bassins versants latéraux dont les exutoires au fleuve se trouvent saturés, ou encore par remontée de la nappe phréatique

- on aménage parfois des déversoirs qui permettent :
 - 1- De protéger la digue contre le déversement.
 - 2- L'écêtement de la crue en permettant l'inondation d'une zone à enjeux limités
- pour les crues extrêmes, l'ensemble de la vallée est inondée, soit à la suite du fonctionnement des déversoirs, soit par des ruptures de digues ; le fleuve ou la rivière recouvrent ainsi l'ensemble de leur lit majeur, comme en l'absence de protections.

4 Aménagements en bassin versant avant le lit du cours d'eau

L'aménagement des bassins versants a évolué en plusieurs étapes. Dans un premier temps il a été rattaché à la sylviculture et à l'hydrologie forestière. La participation des populations n'était pas prise en compte. Il concernait seulement les services forestiers publics. Dans un deuxième temps, un lien a été établi avec la gestion des ressources en terres et les bénéfices économiques y afférant. Une plus grande attention a alors été portée aux bénéficiaires. Aujourd'hui, on parle d'un aménagement «participatif et intégré», fondé sur la participation et la contribution des populations locales.

4.1 Changement d'occupation de sol

Les changements d'occupation des sols participent aux changements globaux en altérant les relations entre atmosphère et surface terrestre. La déforestation, l'agriculture et l'étalement urbain en sont les causes principales, provoquant des modifications des processus de contrôle des écosystèmes. Le rôle de l'humanité est donc significatif, mais les facteurs intervenant sur les changements d'utilisation des sols sont complexes. Il s'ensuit une nécessité de détecter et suivre ces changements, mais les méthodes sont nombreuses. (**Helmut Geis et Laurence Hubert-Moy**)

4.2 Banquettes

La technique des banquettes est de doubles objectifs, la lutte contre l'érosion et la réduction de ruissellement en favorisant l'infiltration due à la diminution de pente. Leurs effet est considérable dans la défense et la restauration de sol. (**Benmia2012**)

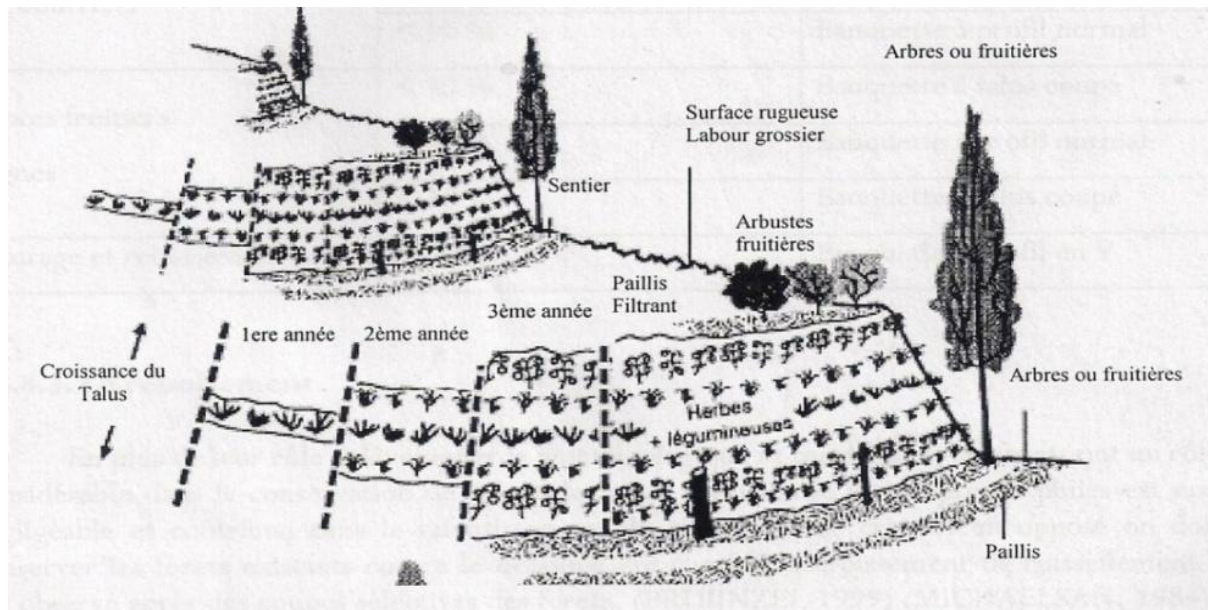


Figure N° II.5 : Technique de banquettes(Benmia2012)

La banquette mécanique se divise en quatre zones (figure II.5) :

1. Le fossé large reçoit les eaux de ruissellement de l'impluvium.
2. Le talus reçoit la pluie et un apport latéral des eaux fossé.
3. L'impluvium à l'amont du fossé ; zone cultivée entre les bourrelets, qui ne reçoit plus que la pluie moins le ruissellement.
4. La zone de l'impluvium à l'aval et proche du bourrelet qui pourrait recevoir un appoint d'eau par drainage à travers le bourrelet des grosses averses.

4.3 Reboisement

En plus de leur rôle à développer le volet écologique et touristique, les forêts ont un rôle considérable dans la conservation de sol et des eaux. Le volume intercepté de pluies et non négligeable et contribue dans le ralentissement de la montée de crue et en opposé on doit conserver les forêts existantes contre le déboisement (un fort accroissement de ruissellement a été observé après des coupes sélectives des forêts).

Le taux d'infiltration sous un couvert végétal naturel non modifié est généralement élevé et le ruissellement est un phénomène relativement rare sauf dans le cas de pluie exceptionnellement violente (Chachoua, 2010).

5 Aménagement en lit mineur

5.1 Correction torrentielle

Selon la pente, les rivières se classifient en trois types, dans les rivières torrentielles et les torrents la vitesse d'écoulement est très élevée et provoque le transport des sédiments par la force de l'eau de lave torrentielle, pour diminuer cette vitesse on utilise les travaux de correction torrentiel qui consistent à implanter des digues le long du cours d'eau.

5.2 Barrage écrêteur:

Les barrages écrêteurs de crues sont souvent l'un des éléments d'une stratégie de ralentissement dynamique des crues à l'échelle d'un bassin versant. Les barrages écrêteurs de crues sont implantés en travers du thalweg et ont pour objet de stocker, temporairement un certain volume dans le lit du cours d'eau, de façon à diminuer le débit de pointe de la crue aval. (IRSTEA)

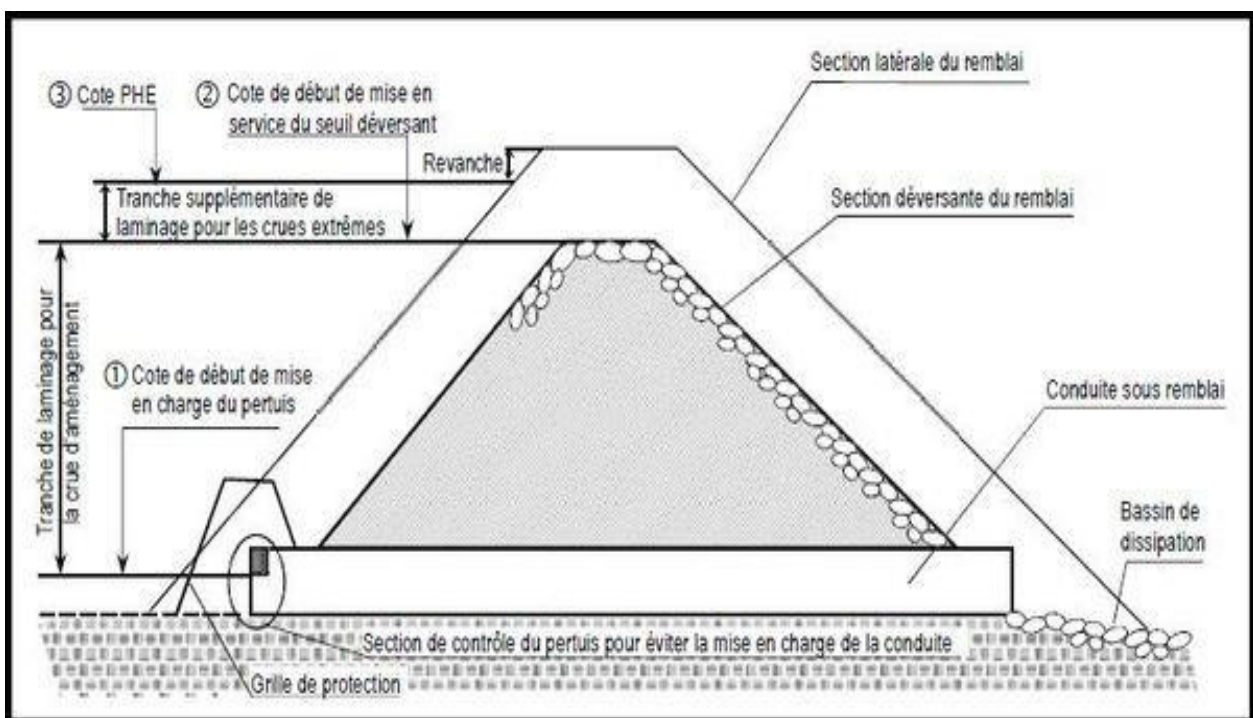


Figure N° II.6 : fonctionnement d'un barrage écrêteur de crues (DUGLAS - 2004)

5.3 Création des zones d'expansion de crue

Le principe est proche de celui de barrage écrêteur. Il consiste à aménager un rétrécissement d'une section sur le cours d'eau afin d'augmenter la ligne d'eau en amont et si nécessaire de construire des remblais barrant le lit majeur. Le fonctionnement de tel aménagement est plus proche du fonctionnement naturel.

Les champs d'expansion doivent prendre en considération la nature juridique des espaces aménagés afin d'indemniser les propriétaires ou les exproprier.

Ce type d'aménagement n'a que peu d'impact sur la vie aquatique de la rivière et sur son fonctionnement (DUGLAS 2004).

6 Les protections classiques

Face au problème des crues l'homme ne sont pas démuni et il faut souligner que si le cout moyen des inondations ne cesse d'augmenter, à l'inverse, le nombre des victimes a considérablement diminué. L'homme dispose en effet maintenant de nombreuses solutions, soit d'adaptation (solution ancienne), soit de <<maitrise>> du phénomène, soit encore il peut songer à <<panser les plaies>> consécutives à la crue ou l'inondation. Encore faut-il pour cela qu'il comprenne bien ce qui passe .

Bien entendu les hommes ont de tout temps cherché à se protéger contre ces calamités et la meilleure protection consistait à vivre dans des lieux réputés à l'abri des inondations ; tertres, hauts de versants, collines, ect. il ne serait pas venu à l'esprit par exemple de construire sa demeure dans le lit majeur d'un cours d'eau.

Le risque d'inondation était éliminé par l'absence de construction en zone inondable, ou accepté en connaissance de cause.

6.1 La prévention passive

La plus simple, et de loin la plus efficace, largement adoptée par nos ancêtres, était donc celle qui consistait à ne pas s'installer dans les secteurs réputés inondables. Ces derniers étaient bien connus autrefois car la mémoire collective retenait plus volontiers qu'aujourd'hui les enseignements des observations de la nature. Les villages ne s'établissaient que sur les sites élevés bien connus pour être surs par rapport aux menaces des cours d'eau. Autrefois, quand exceptionnellement on construisait dans les zones inondables, on bâtissait des maisons d'au

moins un étage pour se réfugier en cas de crue et le rez-de-chaussée était conçu pour supporter une inondation temporaire (par exemple il était carrelé et n'avait pas de parquet).

6.2 L'entretien des lits :

Au cours des siècles précédents les cours d'eau non domaniaux étaient exploités ; pêche professionnelle, utilisation de l'énergie (moulins et forages), produits de curage et bois morts. Leur entretien considéré comme essentiel était assuré par les riverains. Puis le déclin économique de ces activités jugées trop <<rurales>> et <<secondaires>> a progressivement amené un désintérêt. Les rives des cours d'eau furent laissées à elles-mêmes, aggravant de décennies par les collectivités locales dans la mesure de leurs budgets et des priorités considérées. Il n'est pas cependant absolument sûr qu'un entretien parfait du seul cours d'eau soit la réponse la plus appropriée pour réduire les dégâts des inondations.

6.3 Les travaux de protection :

L'aménagement d'un cours d'eau peut être conçu à plusieurs niveaux et revêtir plusieurs formes ; suppression d'obstacles, curages et protection des rives ,voire recalibrage, enrochement, épis, construction de seuils... il existe une très grande variété d'ouvrage de protection dont les effets se font sentir à la fois sur la dynamique fluviale (et donc sur les milieux humides rivulaires), sur le régime des crues et les échanges entre les cours d'eau et les milieux humides du lit majeur, mais aussi sur le milieu aquatique (régression des eaux courantes, modifications des habitats, barrières pour les migrants, etc.) D'une façon générale, les actions les plus efficaces à court terme et pour les crues moyennes, sont les travaux de correction et de régularisation des cours. (AISSA MADAOUI Oussama & AISSA MADAOUI Rabie 2016).

Conclusion

En conclusion, le problème de protection contre les inondations ne possède pas de solution unique, car ce sont les conditions locales qui commandent. On peut dire qu'il y a autant des problèmes différents à résoudre que de zones inondables. De plus, la réalisation de telle ou telle protection nécessite la réunion d'un certain nombre des conditions qui la plupart du temps limite les possibilités et les résultats.

De plus, de nombreux travaux de protection ont été réalisés par différents organismes pour faire face aux inondations. L'état est lui aussi assez actif dans ce domaine car c'est en partit lui qui prend ces mesures, il a aussi un rôle préventif envers la population.

CHAPITRE III
Présentation de site

1 Introduction

L'étude de ce projet permettra la protection de la ville de Béni Saf contre les inondations et d'assurer la sécurité des biens et des personnes. Mais avant tout projet de protection contre les inondations, l'étude du site est nécessaire pour connaître les caractéristiques physiques du lieu et les facteurs influençant sur la conception du projet. Cette étude consiste à analyser les caractéristiques physiques de la ville (relief, climat,)

2 Evolution historique

L'histoire contemporaine de la ville de Béni Saf remonte à 1850 avec la découverte et l'exploitation du minerai de fer.

Le noyau initial occupait le fond du ravin de Sidi Boucif. Par ailleurs Béni Saf doit son Développement et son extension à la découverte du minerai de fer.

- ❖ **1876** : Installation de la société (SOMMAM EL TAFNA), début des opérations minières à ciel ouvert à ghar el baroud et dar Errih et la création du village au niveau de sidi boucif.
- ❖ **1874-1900** : - Création de la ville par la construction du port en 1880 et l'exploitation du minerai de fer par la compagnie MOKTA EL HADID.
 - La réalisation de la voie de chemin de fer de Béni Saf-Tlemcen.
 - Développement du port de pêche et de commerce.

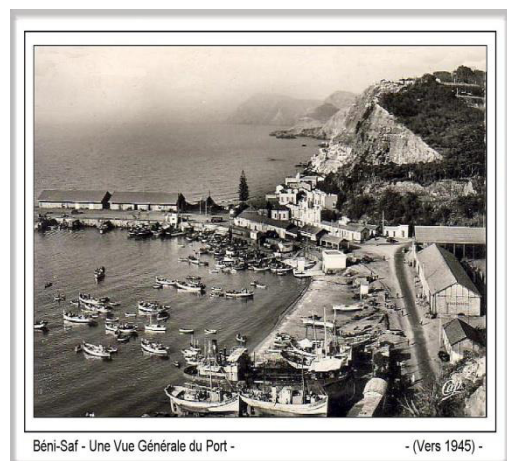


Figure N° III.1 :Une vue générale du port de Béni Saf (**Site internet**)

Une urbanisation sélective :

- 1) Une cite urbaine qui englobe habitat et équipement réservée pour les européens au niveau de sidi boucif
- 2) Une cite de recasement au niveau du plateau de boukourdan pour la masse ouvrière.

❖ **1900-1930** : Urbanisation accélérée, l'espace urbain initialement choisi au niveau de sidi boucif était arrivé à sa saturation or les nouvelles populations européennes se sont donc installées sur la rive droite de oued el Ançor ainsi qu'au niveau de la zone du port.

❖ **1930-1962** : - Création du centre ville par la création de certains équipements économiques (marche couvert siège de poste...)

- Abondant de la ligne de chemin de fer Béni Saf-Tlemcen
- Développement du réseau routier

❖ **1962-1974** : Ralentissement de l'urbanisation qui est du à la disponibilité de logements après le départ des européens ainsi qu'au faible taux de croissance enregistré durant cette période.

❖ **1974-1966** : La ville de Béni Saf connaît nouveau rebondissement par le développement des infrastructures tels que

- L'implantation de la zone industrielle.
- Développement des carrières de pouzzolane.
- Création d'une zone d'activité.
- Création de la voie de chemin de fer Béni Saf-Ain Temouchent.
- Création de la route Béni Saf-Sidi Bel Abbés-Ain Temouchent.
- 02 lignes électriques haute tension alimentent la zone industrielle.
- Gaz naturel.

La ville s'accroît de plus en plus et s'ouvre sur le plateau de Sidi Safi ,elle s'est développée beaucoup en surfaces 300ha ont été consommés.

3 Situation géographique

Administrativement, la ville de Beni Saf s'inscrit dans la wilaya d'Ain Temouchent, Elle est en même temps chef-lieu de commune et chef-lieu de Daïra. Elle occupe une superficie de 11750 ha , exception faite de sa partie orientale, ses limites administratives correspondent au découpage physique du relief, celle-ci est matérialisée par :

- La Mer Méditerranée au Nord.
- Les Monts de Sebaa Chioukh au sud.
- L'Oued Tafna à l'Ouest.
- L'Axe international Est-Ouest reliant Oran au Maroc et Matérialisé par RN n°35, constitue avec la RN n°22 (Axe Sud reliant Bechar et Tlemcen à Beni Saf) une intersection au sud de commune.
- - 65 Km de Tlemcen
- - 75 Km de Maghnia.
- - 30 Km d'Ain Temouchent
- - 100 Km d'Oran.



Figure N°III .2 : Situation Géographique de la ville de Béni Saf (Site internet)

4 Caractéristiques générales du milieu

4.1 Localisation et topographie

Le périmètre d'étude qui est le centre ville occupe le 1/6 de la superficie totale de la ville de Béni Saf, bien que la création de ce centre ville date depuis 1930 il s'agit d'un site urbanisé occupé par des constructions en majeure partie individuelles récentes de type auto-construction épousant la topographie du terrain sous forme de banquettes. Les ilots sont très grands et irréguliers, le dénivelé du terrain est caractérisé par de fortes pentes qui sont matérialisées par des passages en escaliers reliant les différents niveaux de voies existantes dans la zone d'étude.

La zone d'étude est délimitée comme suit :

- A l'Est le quartier Boukourdan
- A l'Ouest Sidi Boucif



Figure N°III.3 : Image satellitaire de la ville de Béni Saf (Site internet)

5 Esquisse Géotechnique et Aléa Sismique dans la zone urbaine de Béni Saf

L'esquisse regroupe des données de base (cartes et rapport) ,qui permettent également d'établir des prévisions technico-économiques dans les études de sols de projets spécifiques (types de sondages à effectuer, profondeur à atteindre , élaboration d'essais spécifiques etc ...).Sur toute la ville de Béni Saf notamment le quartier du centre ville.

6 Site urbain de Béni Saf

Sur le site urbain de Béni Saf, la seconde vaste étendue urbaine de la zone étudiée, trois cartes ont été réalisées (cartes géologiques , géotechniques et potentiel de glissement de terrain et éboulement rocheux).

6.1 Contexte géologique

La carte géologique de la ville de Béni Saf et de sa région montre une géologie Antée-Miocène très complexe. Ces niveaux géologiques d'âges paléozoïque , sont recouvert en discordance par des terrains plus récents du Miocène Post-nappe au Quaternaire. Ces niveaux récents, les moins consolidés et les plus instables ont retenu toute notre attention. Dans l'ensemble de la région nous avons identifié des risques liés à des instabilités de sol de nature gravitaire apparente mais pouvant être aggravés par un violent séisme continental ou marin.

6.2 Géotechnie

Cette carte est une combinaison de la synthèse des données de sondages géotechniques et hydrogéologiques. Elle ne représente pas une cartographie géotechnique dans le sens stricte du terme. C'est une carte destinée à orienter les décisions ou orientations technico-économiques des urbanistes, des aménageurs et des ingénieurs génie civil et géologues chargés de contrôler ou de réaliser des projets dans la zone urbaine.

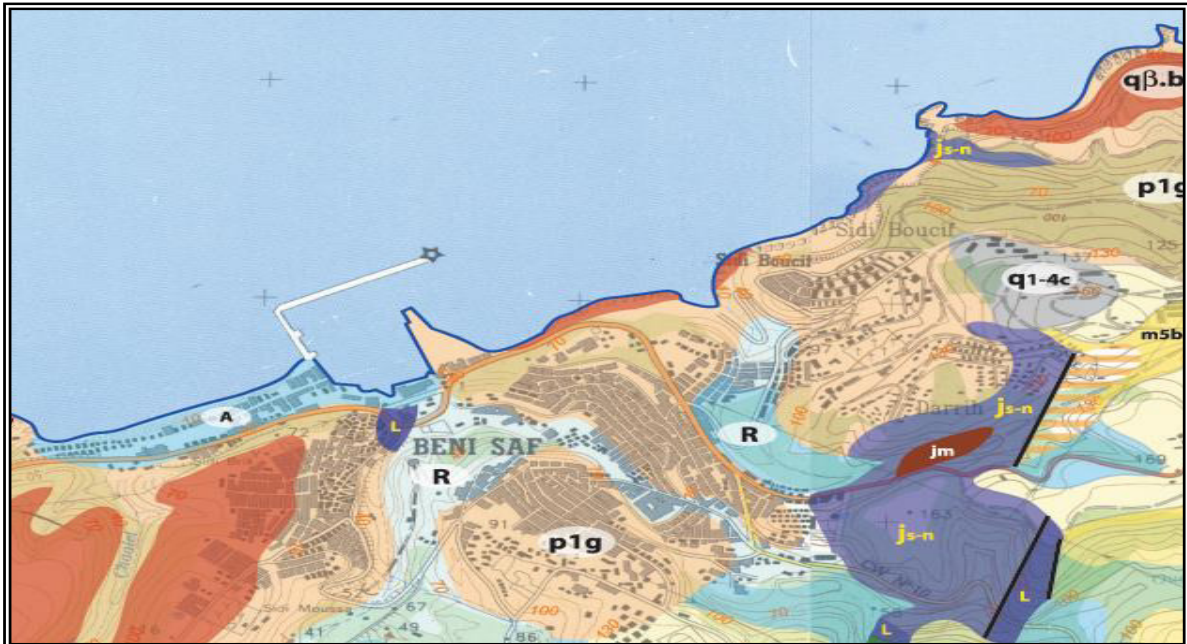


Figure N°III.4 : Extrait de la carte géologique d'Algérie 1/50 000 de Beni Saf à Ain Temouchent.(DRE)

6.3 Potentiel d'éboulement et de glissement de terrain et liquéfaction de sols

Les glissements de terrain sont des instabilités de sols pouvant être déclenchés par des événements naturels exceptionnels (tremblement de terre, tempêtes ou pluies diluviennes). Dans notre thématique nous nous limiterons aux phénomènes déclenchés par les séismes. Dans les zones marquées par une topographie à forte dénivelée, les forces d'inertie induite par les tremblements de terre peuvent être des facteurs déclenchant. Les conséquences de ces mouvements, en cas de séismes, sont les déplacements rapides et parfois instantanés horizontaux et verticaux différentiels qui affecteraient toutes les constructions situées sur ces terrains.

Egalement, toutes les infrastructures se trouvant sur le chemin de ces importantes masses en mouvement peuvent être sérieusement endommagées.

Contrairement aux glissements qui déplacent d'importantes masses plastiques (argile, marnes et autres matériaux hétérogène), les éboulements ne se manifestent qu'au niveau des masses rocheuses instables. Sur toute la cote à falaises de la zone urbaine et périurbaine , nos investigations montrent l'existence des ces instabilités que nous avons identifiés, cartographiés et assimilés aux glissement. Car dans la zone urbaine de Beni Saf les mêmes aires instables sont concernées par ces deux phénomènes pouvant se conjuguer lors d'un séisme.

De plus, au niveau du pied de ces instabilités, près de Sidi Mohamed El Meddah (pêcheurie), le terrain est potentiellement liquéfiable. La liquéfaction dans cette zone, par son instabilité en aval, peut déclencher ou favoriser en amont un glissement ou un éboulement.

Sur la zone du port et bien que n'ayant aucune données de forages, nous pensons que les caractéristiques du terrain (sable de plage et limons fins) et la présence d'une nappe d'eau à faible profondeur sont favorables à un fort potentiel de liquéfaction. **(DRE)**

7 Situation climatologique

La commune de Sidi Safi a un climat méditerranéen, caractérisé par un été chaud et un hiver tempéré. Le régime climatique se caractérise par des vents qui n'apportent généralement que peu d'humidité (vents de direction Nord - Ouest, Sud - Est), lors de leur passage sur les reliefs Marocains et Espagnols, ces vents perdent une grande partie de leur humidité. Par ailleurs, les reliefs méridionaux ont une influence favorable en entravant l'arrivée des vents continentaux secs et chauds du Sud (Sirocco). La pluviométrie demeure très irrégulière et varie entre 200 à 500 mm/an. La faiblesse et l'irrégularité des précipitations influent directement sur le milieu physique et l'activité économique basée essentiellement sur l'agriculture.

7.1 Température

La température moyenne enregistrée pour la période:1980-2004 sont données dans le tableau 1

Tableau III.1 : température moyennes mensuelles de la station de Beni Saf (1913-2010)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Année												
1950-2010	15	16	18	20	23	28	32	33	30	25	20	17

(Source :DRE)

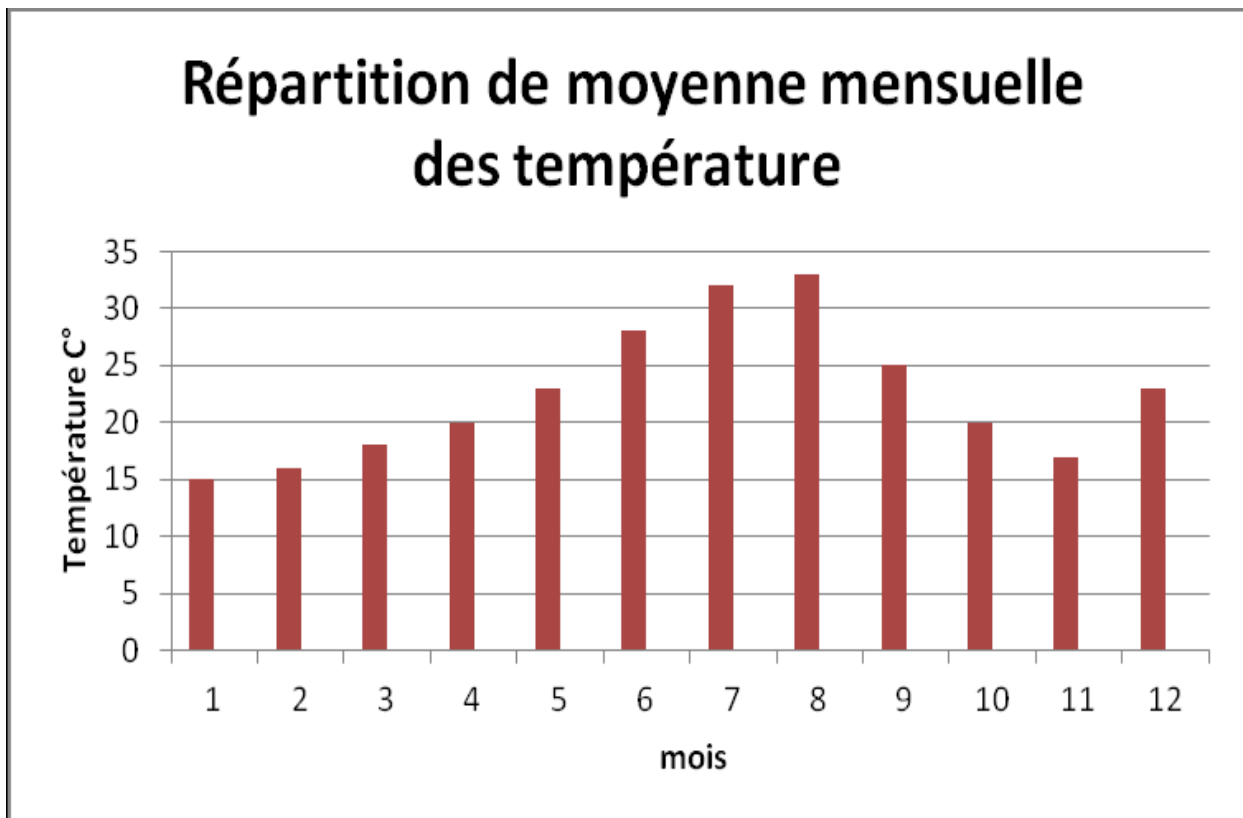


Figure N°III.4 : Histogramme des moyennes mensuelles de température série (1950-2010)

7.2 Vent

La région est balayée par le vent de toute direction et de différente vitesse; les vents de l'Ouest, sont les plus dominants, ils soufflent avec une vitesse de 20m/s généralement

Le vent du Nord ouest, qui soufflent sur la zone ont d'une vitesse plus ou moins faible de 10m/s .en hiver, ils sont froid et humide par suit de leur passage sur la mer .Ils apport une lame d'eau appréciable durant cette saison.

7.3 l'Evaporation

Les moyennes mensuelles d'évaporation pour la période 1950-2005 sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau III.2 l'évaporation d'Ain Temouchent (1950-2005).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuelle
Evp (mm)	127.8	86.9	58.4	43.8	47.3	58.4	87.3	110.6	129.1	152.1	169.4	153.8	1225.3

(Source :DRE)

D'après le tableau ci dessus en déduire que pendant les mois d'hiver l'évaporation atteint son minimum; au contraire les mois d'été précisément le mois de juillet a une valeur maximale tout la période de 169.4 mm ; l'évaporation annuelle de cette série est de 1225.3 mm.

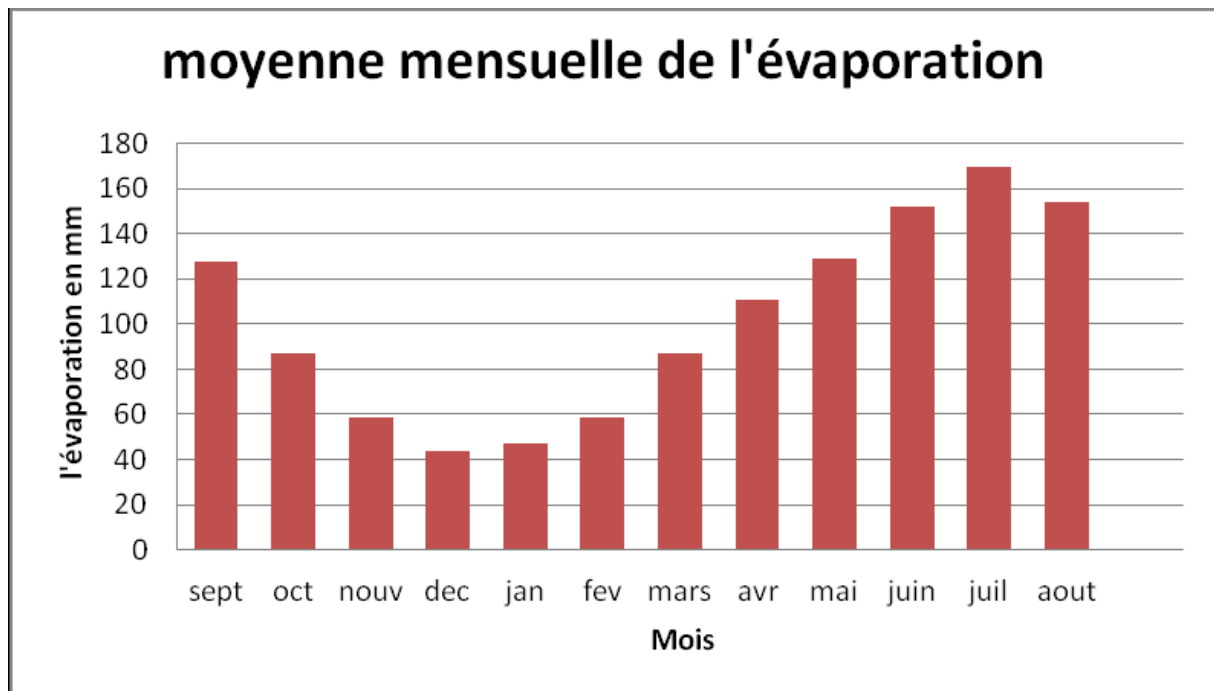


Figure . III.5 Répartition moyenne mensuelle d'évaporation (1950-2005)

7.4 Humidité

Il est à rappeler que l'humidité est en réalité mesurée en fonction de la température de l'air sec conjointement avec celle fournie par le thermomètre mouillé (psychromètre) dont la valeur n'est par

obtenue sans difficulté de dépouillement.

Le moyen mensuelles de l'humidité pour la période (1950-2005) sont résumé dans le tableau III.3

Tableau III.3 : L'humidité d'Ain Temouchent (1950-2005)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuelle
Humidité (mm)	65.3	74	75.9	76.9	73.9	78.9	74.2	69.2	64.5	62.5	60.7	65.3	70.4

(Source :DRE)

On remarque a partir de ce tableau que l'humidité est reste constante pendant les trois mois d'hiver (Novembre, Décembre, Janvier) ; atteint son maximum en Février de 78.9 mm et le minimum en juillet de 60.7 mm .le moyenne annuelle est de 70.4 mm.

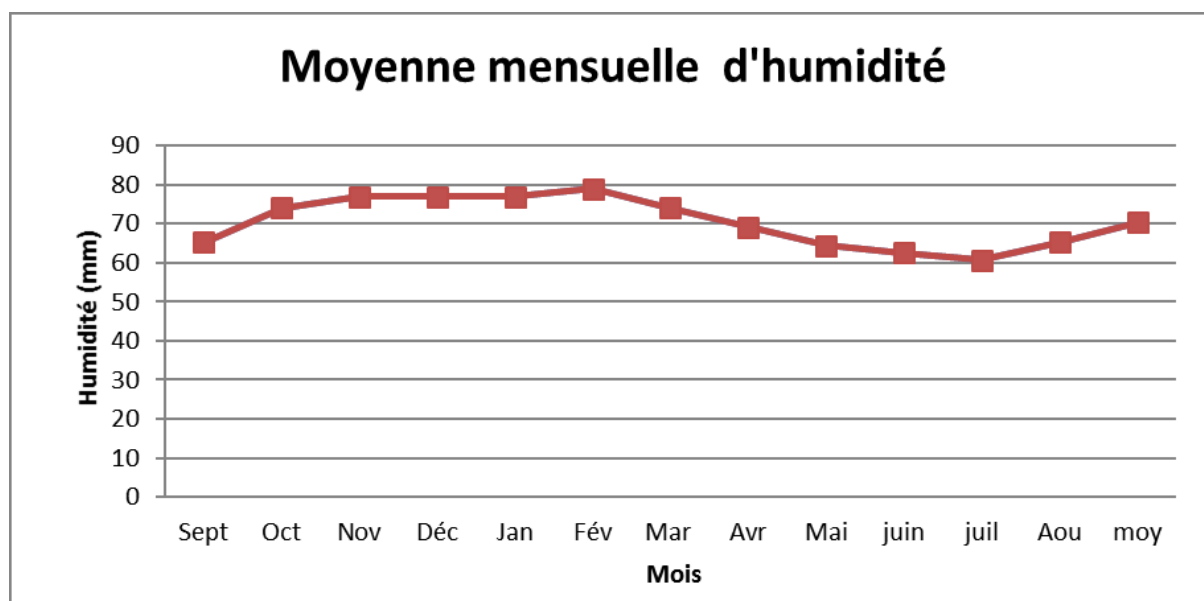


Figure III.6 Graphe d'humidité moyenne mensuelle

8 Conclusion

La ville de Béni Saf se trouve dans une zone de carrière et de foudroyage , c'est une zone de risque géotechnique. Le périmètre d'exploitation de la mine au sud, constitue une zone non appropriée à la construction. En effet, toute région présente un véritable danger du aux risques d'affaissement, de nombreuses galeries souterraines ayant déjà servi à l'extraction du minerai de fer. Ces anciennes galeries s'étendent sur environ 600ha dont plus des 2/3 sont localisés aux abords sud de l'agglomération de Béni Saf ces zones sont soumises constamment aux risques d'effondrement par conséquent cette zone présente aux inondations.

CHAPITRE IV

**Etude
hydrologique**

1 Introduction

L'Hydrologie est la science de la terre qui s'intéresse au cycle de l'eau, c'est à dire aux échanges entre l'atmosphère, la surface terrestre et son sous-sol.

Au titre des échanges entre l'atmosphère et la surface terrestre, l'hydrologie s'intéresse aux précipitations (pluie et neige), à la transpiration des végétaux et à l'évaporation directe de la couche terrestre superficielle.

L'Hydrologie de surface étudie le ruissellement, les phénomènes d'érosion, les écoulements des cours d'eau et les inondations.

L'objectif de l'étude effectuée dans ce chapitre est de présenter, une approche hydrologique afin d'essayer de comprendre le fonctionnement hydrologique et de déterminer les différentes caractéristiques du bassin versant de la ville de Béni Saf .

2 Caractéristiques géomorphologique du bassin versant

2.1 Définition du bassin versant

Le bassin versant est une unité géographique définie à partir d'une section droite d'un cours d'eau et qui comprend toute la surface en amont de cette section de telle sorte que toute l'eau qui arrive sur cette surface, forme un point unique de l'espace qu'on appelle l'exutoire Selon la nature de terrains, on peut distinguer deux types de bassins versants :

- Bassin versant topographique : il est limité par des lignes de crêtes et des lignes de plus grands pente.
- Bassin versant hydrogéologique : on ajoutera aux considérations topographiques des considérations hydrogéologiques qui définies par les eaux souterraines.(**Ben Salem Mokhtar et Besnaci Mohamed El Amine 2018**).

2.2 Morphométrie

Les caractéristiques morpho métriques du bassin versant de la ville de Béni Saf ont été évaluées à partir du logiciel « global mapper sur la carte topographique (**Figure N° IV.1**)

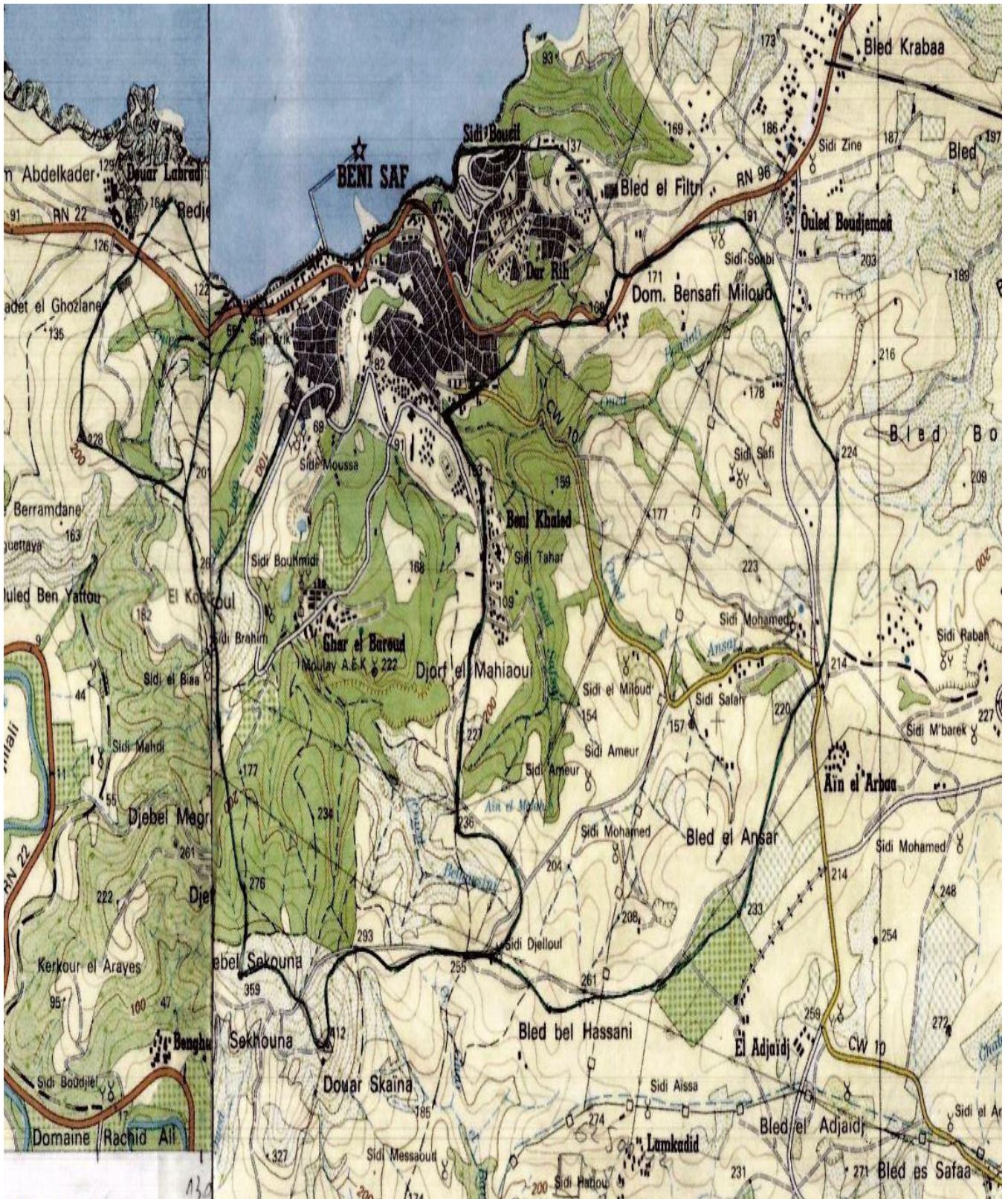


Figure N°IV.01 :limitation du bassin versant (Carte d'état major de la ville de Béni Saf)

(Source :DRE)

2.2.1 Principaux sous bassins versants

Tableau N° IV.1 : Les quatres sous bassins du BV

Sous bassins	S1	S2	S3	S4
Surfaces (Km ²)	0.143	1.5	19.579	18.778
Pèrimètres (km)	5.631	4.695	19.619	15.776

2.2.2 La surface

La surface du bassin versant peut-être mesurée par superposition d'une grille dessinée sur papier transparent, par l'utilisation d'un planimètre ou par un logiciel (par ex : global mapper).

2.2.3 Le périmètre

Le périmètre correspond à la limite extérieure du bassin. Il est mesuré par le curvimètre ou par un logiciel sur la carte topographique.

2.2.4 La forme

La forme est un élément essentiel du bassin versant. On distingue :

- Bassin versant de forme allongée
- Bassin versant de forme ramassée

2.3 Caractéristique de forme

2.3.1 Indice de compacité de Gravelius :

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

Plus ce coefficient s'approche de 1, plus la forme de bassin versant sera ramassée et plus le temps de concentration des eaux seront court. Elle sera allongée dans le cas contraire.

Il est déterminé par la relation suivante :

$$k_c = \frac{P_{SB}}{2\sqrt{\pi S_{SB}}} \dots \dots \dots (1)$$

Avec :

P_{SB} : Périmètre du bassin versant en (km)

S_{SB} : Surface du bassin versant en (Km²)

K_C : $K_C = 1$; le bassin est ramassé.

$k_c = 1.338 \Rightarrow$ bassin est allongé.

Tableau N°IV.2 : Les formes du bassin versant selon le coefficient de compacité

La forme du bassin versant	Coefficient de compacité
Forme carré	=1.12
Forme allongé	> 1.12
Forme circulaire	≤ 1

2.3.2 Le rectangle équivalent

Le bassin versant rectangulaire résulte d'une transformation géométrique du bassin réel dans laquelle on conserve la même superficie, le même périmètre (ou le même coefficient de compacité) et donc par conséquent la même répartition hypsométrique, les courbes de niveau deviennent des droites parallèles au petit côté du rectangle.

Cette notion a été introduite pour pouvoir comparer des bassins entre eux du point de vue de l'influence de leurs caractéristiques géométriques sur l'écoulement.

Soit :

"L" et "l" la longueur et la largeur du rectangle équivalent exprimées en km,

"A" : l'aire du bassin versant exprimé en km²,

K_C : l'indice de Gravelius.

- 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

$$l = \frac{Kc \cdot \sqrt{S}}{1.128} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{Kc} \right)^2} \right) \dots\dots\dots(3)$$

2.4 Les reliefs

Le relief joue un rôle important dans le comportement hydrologique du bassin versant. En effet, plus la pente du terrain est forte, plus le ruissellement est important, induisant un temps de concentration des eaux plus court et une infiltration plus faible, ce qui provoque la formation des crues.

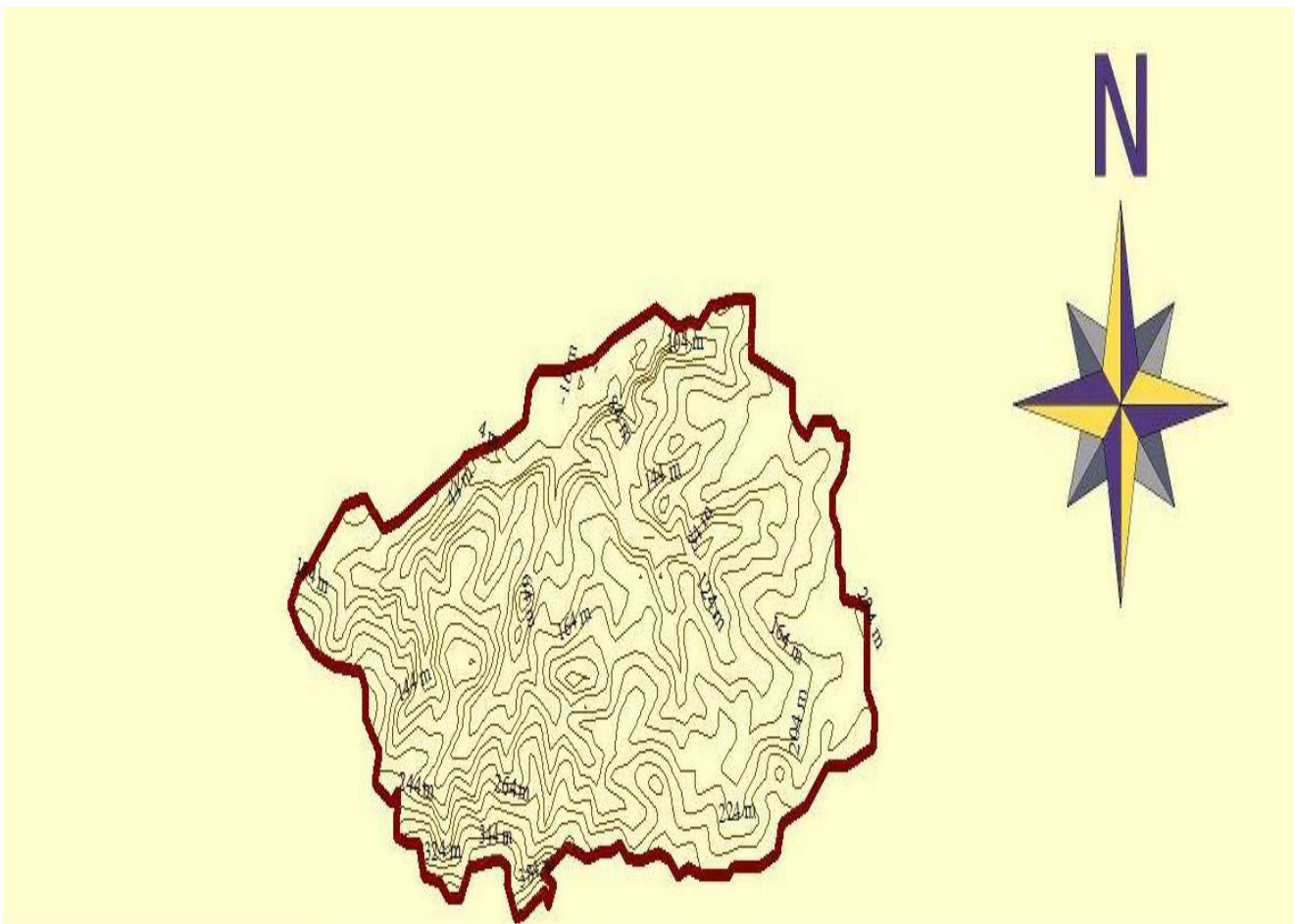


Figure N° IV.2 les courbes de niveau du bassin versant

2.4.1. Répartition des surfaces et courbes hypsométrique

Partant de la répartition par tranches d'altitudes du bassin versant de Béni saf nous avons pu établir la courbe hypsométrique .

- **Répartition hypsométrique**

La répartition par tranches d'altitudes du bassin versant s'effectue à partir d'une carte topographique par mesure des aires situées entre deux courbes de niveau successives (tableau.01).

Tableau N° IV.3 : Répartition du bassin versant en tranches d'altitudes

Tranches d'altitudes (m)	A _i (km ²)	A _i (%)	A _i cumulées (km ²)	% A _i cumulés
16-34	1.9	4.75	40	100
34-84	4	10	38.1	95.25
84-134	9.5	23.75	34.1	85.25
134-184	12.5	31.25	24.6	61.5
184-234	8.3	20.75	12.1	30.25
234-284	2.9	7.25	3.8	9.5
284-334	0.7	1.75	0.9	2.25
334-384	0.2	0.5	0.2	0.5

A_i = Surfaces partielles (superficies entre les courbes de niveau).

- **Courbe hypsométrique**

La courbe hypsométrique fournit une vue synthétique de la pente du bassin, donc du relief. Cette courbe représente la répartition de la surface du bassin versant en fonction de son altitude.

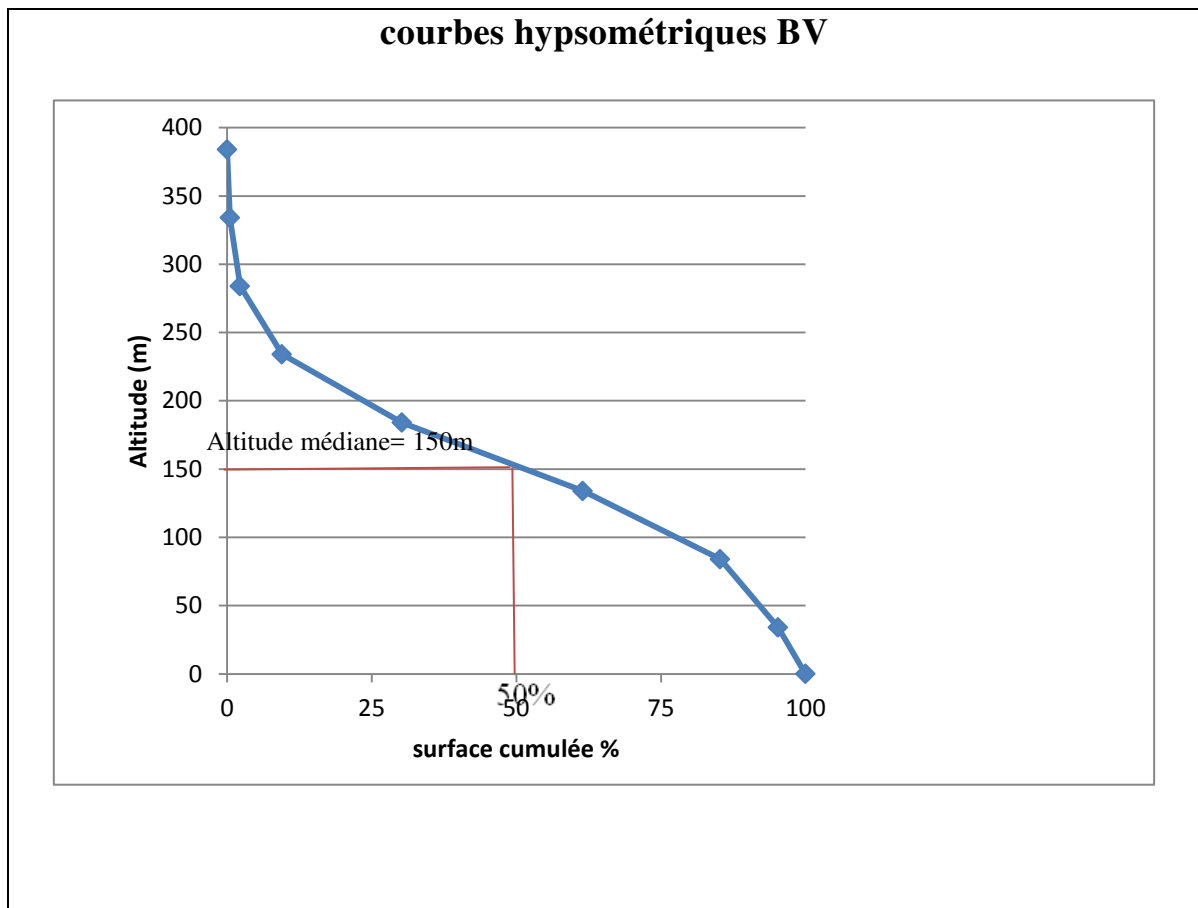


Figure N° IV.3 : Courbe hypsométrique du bassin versant

- **Carte hypsométrique**

La carte hypsométrique donnera une idée sur la proportion des tranches d'altitudes qui procure une importance capitale pour les études hydrologiques du fait que la plupart des facteurs météorologiques et hydrologiques sont influencés par l'altitude.

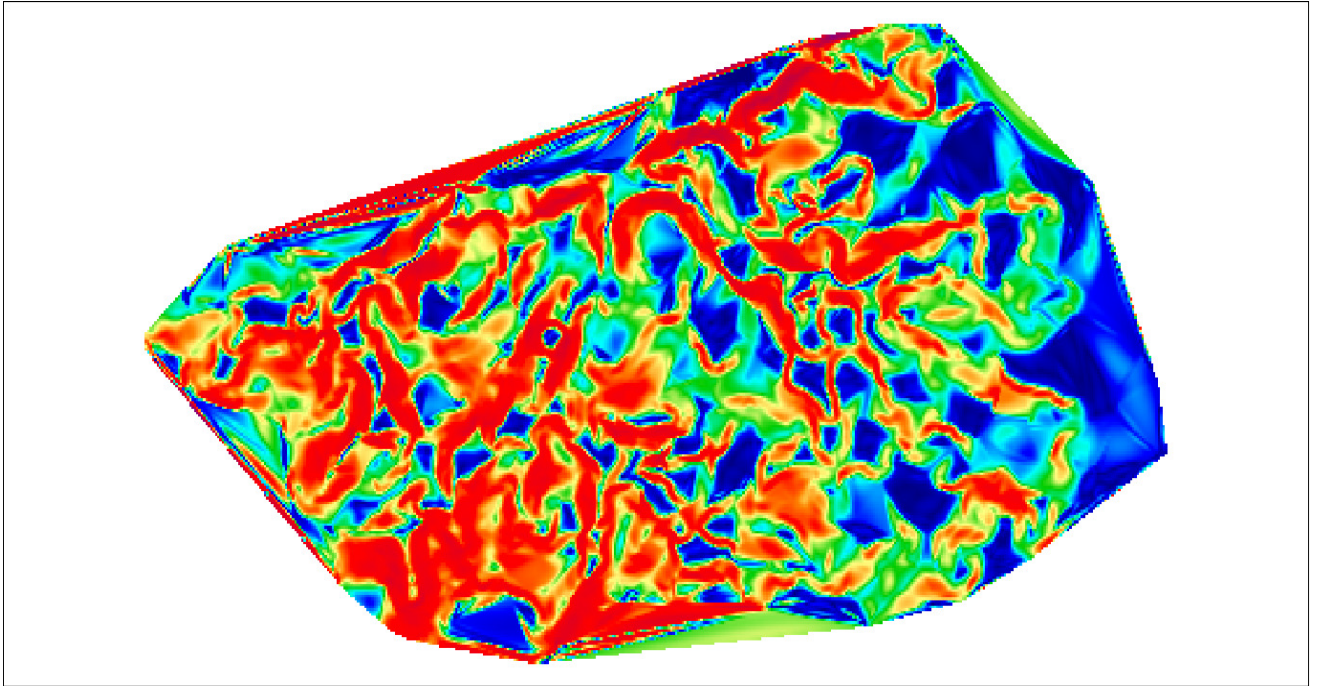


Figure N° IV.4 : Carte hypsométrique du bassin versant

- **2.4.2 Les altitudes Caractéristiques.:**
- **Altitude maximale et minimale**
- Elles sont obtenues directement à partir des cartes topographiques. L'altitude maximale représente le point le plus élevé du bassin tandis que l'altitude minimale considère le point le plus bas, généralement à l'exutoire. Ces deux données deviennent surtout importantes lors du développement de certaines relations faisant intervenir des variables climatiques telles que la température, les précipitations et le couvert neigeux.

- **Altitude moyenne**

L'altitude moyenne se déduit directement de la courbe hypsométrique ou de la lecture d'une carte topographique. On peut la définir comme suit:

$$H_{\text{moy}} = \sum \frac{A_i \cdot h_i}{A} \dots \dots \dots (4)$$

Avec :

h_i : Altitude moyenne entre 2 courbes de niveaux consécutives en(m);

A_i :surface partielle comprise entre 2 courbes de niveaux consécutives en (km²);

A :surface totale du sous bassin en (km²);

Tableau N°IV.4: Calcul de l'altitude moyenne du bassin versant

Tranches d'altitudes (m)	A_i (km ²)	h_i (m)	$A_i \cdot h_i$ (m.km ²)	$\frac{A_i \cdot h_i}{A}$ (m)
16-34	1.9	25	47.5	1.187
34-84	4	59	236	5.9
84-134	9.5	109	1035.5	25.887
134-184	12.5	159	1987.5	49.687
184-234	8.3	209	1734.7	43.367
234-284	2.9	259	751.1	18.777
284-334	0.7	309	216.3	5.407
334-384	0.2	359	71.8	1.795
				Somme =152

C. Altitude médiane

C'est l'altitude lue sur la courbe hypsométrique, au point d'abscisse 50% de la surface totale du bassin.

2.4.3 Les indices de pente

2.4.3.1 La pente du bassin versant

$$I_{BV} = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L} \dots\dots\dots(5)$$

L : Longueur de talwegs en km

Hmax et Hmin : Hauteur maximale et minimale en m.

2.4.3.2 Pente moyenne Im

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 Tc) et influe directement sur le débit de pointe lors d'une averse.

Elle est donnée par la formule suivante :

$$I_m = \frac{D.L}{A} \dots\dots\dots(6)$$

Où:

I_m: Pente moyenne (m/km ou %).

D: Équidistance entre deux courbes de niveau (m).

L: Longueur totale des courbes de niveau (km).

A: Surface du bassin versant (km²)

2.4.3.3 Indice de pente globale Ig

le relief joue un rôle important, car il commande en grande partie l'aptitude au ruissellement des terrains. Son appréhension peut être faite à l'aide de l'indice de pente

global Ig.

C'est le rapport de la dénivelée spécifique D sur la longueur du talweg principal , il est donné par la relation suivante :

$$I_g = \frac{D}{L} \dots\dots\dots(7)$$

D :Dénivelée entre H5% et H95%(m) ;

L :longueur du rectangle équivalent (Km) ;

H5% et H95% : sont respectivement Les altitudes correspondantes à S5% et S95%.

- **Dénivelée spécifique "D_S"**

La dénivelée spécifique donne une idée sur le relief d'un bassin versant d'après la classification de l'ORSTOM, elle est calculée par la formule suivante:

$$D_S = I_G \cdot \sqrt{A} \dots \dots \dots (8)$$

Avec:

I_G: Indice global de pente (m/km).

A: Superficie du bassin versant (km²).

À partir de la dénivelée spécifique (D_S = 120.06 m) et en se référant au tableau ci-dessous, on constate que ce bassin versant est d'un relief assez fort.

Tableau N°IV.5 : Classement du relief à partir de la dénivelée spécifique selon la classification de l'ORSTOM.

Relief	Valeur de D_S (m)
Relief très faible	D _S < 10
Relief faible	10 < D _S < 25
Relief assez faible	25 < D _S < 50
Relief modéré	50 < D _S < 100
Relief assez fort	100 < D _S < 250
Relief fort	250 < D _S < 500
Relief très fort	D _S > 500

2.5 Caractéristiques hydrographiques du bassin versant

Le réseau hydrographique se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement. Le réseau hydrographique est sans doute une des caractéristiques les plus importantes du bassin; Le réseau hydrographique peut prendre une multitude de formes.



Figure N° IV.5 : Classification du réseau hydrographique du bassin versant

2.5.1 La densité de drainage

La densité de drainage, est définie comme étant le rapport de la longueur totale de tout les talwegs L_i du bassin, et 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

$$D_d = \frac{\sum L_i}{S} \dots\dots\dots(9)$$

Avec :

Dd: densité de drainage [km/km^2] ;

Li :Somme des longueurs de tous les thalwegs [km] ;

S :superficie du bassin versant [km^2];

2.5.2 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 influe 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 une 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 valeur de différence d'altitude entre les points extrêmes du profil par la longueur totale du cours d'eau. (**HARKATI Djihad**)

$$P_{moy} = \frac{\Delta H_{max}}{L} \dots\dots\dots(10)$$

Avec :

P moy: pente moyenne du cours d'eau [m/km] ;

ΔH : Dénivellation maximale de la rivière (m).

ΔL :longueur du cours d'eau principal [km] ;

2.5.3 Le temps de concentration

Le temps de concentration t_c des eaux pour un bassin se définit comme la plus grande durée nécessaire à une goutte d'eau pour parcourir le chemin hydrologique entre un point du bassin et l'exutoire .

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 des mesures sur le terrain ou s'estimer à l'aide de formules le plus souvent empiriques. (**HARKATI Djihad 2015**)

- **Formule de CALIFORNIA :**

$$T_c = \left(\frac{0.87 \cdot L^3}{H_{max} - H_{min}} \right)^{0.386} \dots \dots \dots (11)$$

L :longueur du talweg principal en [Km];

H_{max}, H_{min}: respectivement la hauteur maximale et minimale du B.V en [m] ;

- **Formule de TÉMEZ :**

$$T_c = 0.3 \left(\frac{L}{(Ir)^{1/4}} \right)^{0.76} \dots \dots \dots (12)$$

T_c : temps de concentration en heures.

L : Longueur de talwegs principale. (Km)

Ir : La pente moyenne de talwegs principale. (m/m)

- **La formule de KIRPICH**

$$T_c = 0.6615(L)^{0.77} \cdot (I_g)^{-0.385} \dots \dots \dots (13)$$

T_c : temps de concentration en heures.

L : Longueur de talwegs principale. (Km)

I_g : I_g: Indice de pente globale en (m/km)

Les résultats des différentes méthodes sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau N° IV.6 : Les temps de concentration.

Les formules	Résultat
Formule de CALIFORNIA	0.78
Formule de TEMEZ	0.543
Formule de KIRPICH	0.860
Moyenne	0.73

Commentaire :

Le tableau au-dessus donne des résultats très rapprochées du temps de concentration T_c du bassin versant. Sur la base de ces résultats, et la considération du talweg principale nous nous proposons la moyenne de ces valeurs.

2.5.4 Vitesse moyenne de ruissellement

Cette vitesse est donnée par la formule :

$$V_R = \frac{L}{T_c} \dots \dots \dots (14)$$

L : Longueur de talweg principal en [Km];

T_c: temps de concentration en [heure] ;

2.5.5 Coefficient de torrentialité

C'est un coefficient qui tient compte à la fois de la densité des thalwegs élémentaires par la densité de drainage :

$$C_T = D_d \cdot F_1 \dots \dots \dots (15)$$

Où:

D_d: Densité de drainage (km/km²).

F₁: Fréquence des thalwegs élémentaires $F_1 = N_1 \div A$ avec; **N₁**: nombre de cours d'eau

A: surface du bassin (km²).

Le bassin versant présente une fréquence faible ($F_1 = 0.3$), ce qui traduit une hiérarchisation moyenne du réseau hydrographique.

La basse valeur du coefficient de torrentialité ($C_T = 0.28 \text{ km/km}^4$) est liée soit à la faiblesse des précipitations ou encore à la forte perméabilité des formations lithologiques

Les caractéristiques de forme du bassin versant sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau N°IV.7 : Caractéristiques morpho métriques du bassin versant.

caracteristiques		Symboles	unité	Valeurs
Superficie		A	Km ²	40
Périmètre		P	km	30
Longueur du thalweg principal		Lcp	km	6.148
Indice de compacité		Kc	-	1.338
Rectangle équivalent	longueur	Lr	km	11.536
	largeur	Lr	km	3.467
Altitudes	maximale	H _{max}	m	384
	moyenne	H _{moy}	m	152
	médiane	H _{med}	m	150
	Minimale	H _{min}	m	0
	Altitude 5%	H _{5%}	m	270
	Altitude 95%	H _{95%}	m	50
Pente moyenne		Im	m/km	288.603
Pente du BV		PBV	m/km	10.372
Indice de pente globale		Ig	m/Km	19.07
Dénivelée spécifique		D _S	m	120.06
Densité de drainage		D _d	Km/km ²	0.925
Temps de concentration		T _c	h	1.42
Vitesse de ruissellement		V _r	Km/h	8.42
Coefficient de torrentialité		C _T	km/km ⁴	0.28
Pente moyenne cours d'eau principale		lr	m/Km	62.459

3 Analyse des données pluviométriques

Les données de la station de Hammam Bouhdjar ont été utilisées. la série pluviométrie étudiée s'étend de (1970-2011) soit 42 années hydrologiques.

Tableau N° IV.8: les Coordonnées et le code de la station de Hammam Bouhdjar

Station	Coordonnées de station	Code de station
Hammam Bouhdjar	X=167.2 Y=237.45 Z=153	040415

Tableau N° IV.9 : la précipitation moyenne annuelle de la station de Hamame Bouhdjer(1970-2011)

Années	Pmoy (mm)	Années	Pmoy (mm)	Années	Pmoy (mm)
1970	489	1984	516	1998	191
1971	641	1985	572	1999	214
1972	498	1986	393	2000	365
1973	497	1987	164	2001	252
1974	427	1988	209	2002	237
1975	387	1989	326	2003	156
1976	365	1990	258	2004	197
1977	383	1991	352	2005	211
1978	344	1992	253	2006	245
1979	386	1993	331	2007	220
1980	415	1994	215	2008	398
1981	218	1995	297	2009	194
1982	347	1996	195	2010	253
1983	325	1997	268	2001	296
					moyenne=329

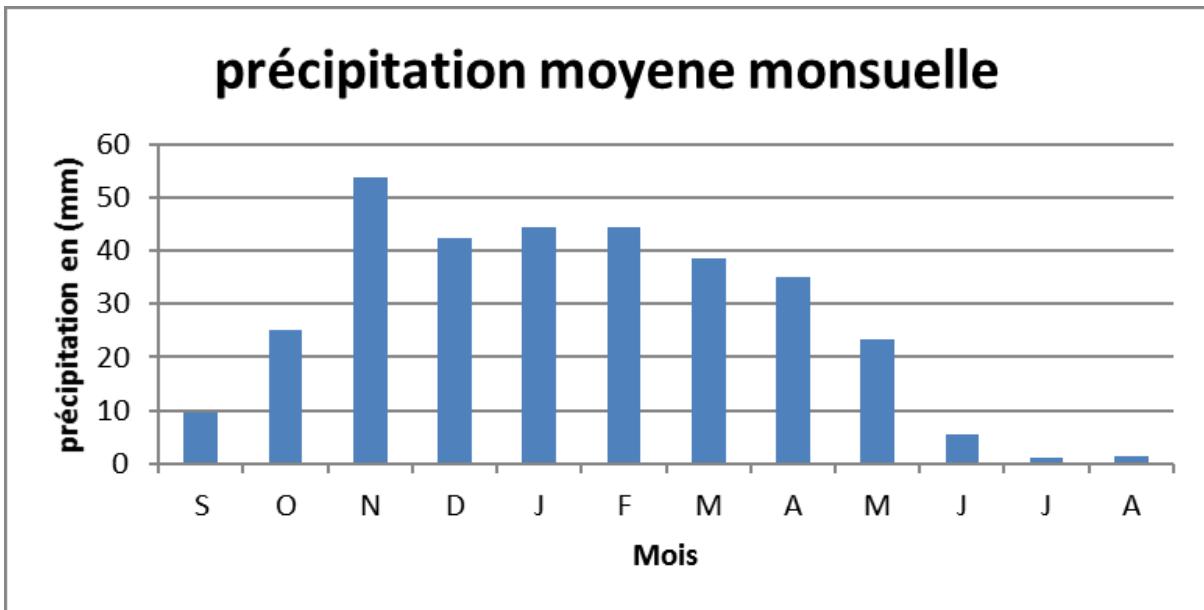


Figure N° IV.6 : Histogramme de précipitation moyenne mensuelle

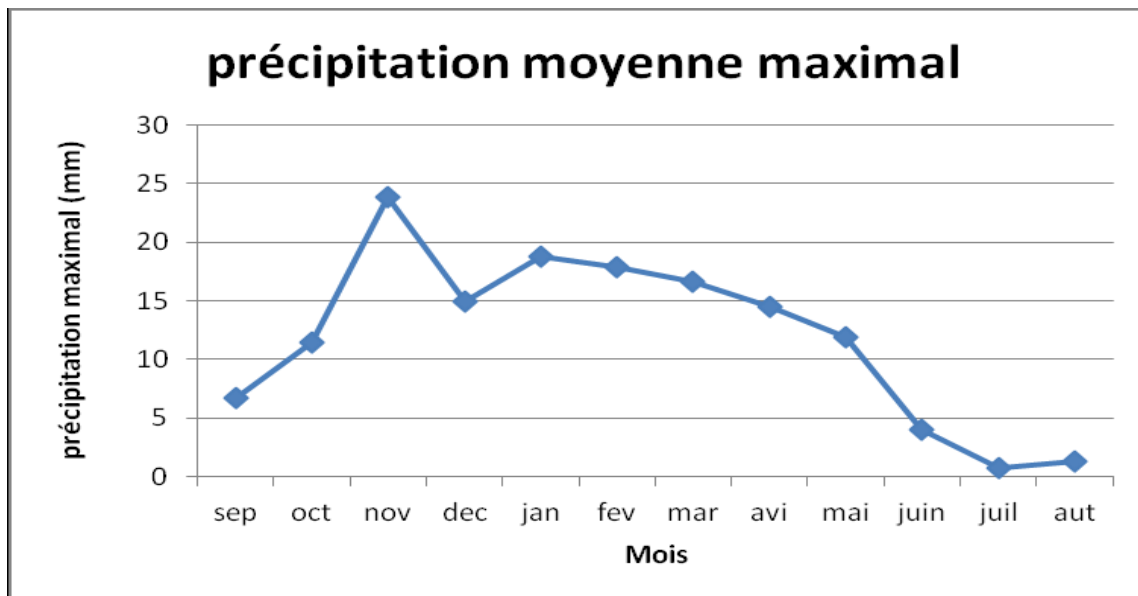


Figure N° IV.7 Graphe de précipitation moyenne maximal

3.1 Pluies journalières maximales

Tableau N° IV.10: La précipitation journalière maximale de la station de Hamame Bouhdjer(1970-2011)

Années	Pjmax (mm)	Années	Pjmax (mm)	Années	Pjmax (mm)
1970	84.60	1984	115.90	1998	34.60
1971	36.70	1985	108.00	1999	37.40
1972	24.30	1986	54.60	2000	74.90
1973	41.50	1987	13.90	2001	63.70
1974	52.30	1988	43.00	2002	24.00
1975	38.20	1989	45.80	2003	30.40
1976	37.60	1990	25.90	2004	34.70
1977	60.90	1991	48.20	2005	24.90
1978	23.20	1992	32.30	2006	43.20
1979	41.50	1993	71.00	2007	21.50
1980	33.40	1994	39.80	2008	27.50
1981	29.40	1995	35.10	2009	32.10
1982	33.20	1996	26.40	2010	47.10
1983	25.70	1997	35.40	2011	37.80
					Moyenne=42.66

3.2 Pluies journalières maximales fréquentielle

* Equation mathématique employé

$$P_{jMAX}(\%) = P_{jMAX} \cdot \left(\frac{e^{U \cdot (\ln(cv^2+1))^{\frac{1}{2}}}}{(0.85^2+1)^{\frac{1}{2}}} \right) \dots\dots\dots(16)$$

Pjmax (%) : Pluie journalière maximal pour une durée de (1970-2011)

U : Variable réduite de Gauss

Cv : Coefficient de variation

La formule de l'ANRH pour le calcul de la précipitation journalier maximal est de la forme :

$$P_{jmax} = 0.088 * P + 9.88 \dots \dots \dots (17)$$

Tableau N° IV.11 : Pluie journalière maximale

Station	Code	Pluie annuelle (mm/an)	Période (ans)	Pjmax calculé (mm)	Pjmax observé (mm)
Hammam Bouhdjer	40415	329	42	38.13	42.66

Remarque: à partir du tableau la précipitation maximale observé plus importante ; se qui nous dirigeons de prend d'elle pour nous calcule ; Pjmax 42.66 mm.

Tableau N° IV.12 : Paramètres statistiques de la série pluviométrique

Nombre d'années observé	Pluie Maximum en (mm)	Pluie Minimum en (mm)	Pluie moyenne en (mm)	Ecart Type σ	Coefficient de variation Cv
42	115.90	13.90	42.66	21.33	0.5

$$\sigma = \sqrt{\left[\frac{1}{n-1} \times \sum_{i=1}^n (P_i - P_{moy})^2 \right]} \dots\dots\dots(18)$$

$$CV = \frac{\sigma}{P_{moy}} \dots\dots\dots(19)$$

N: Taille de la série.

P_i : Précipitation moyenne annuelle en (mm).

σ : Ecart type

Cv: Coefficient de variation

P_{moy}: Précipitation moyenne en (mm)

Tableau N° IV.13 : Calcul de P_{jmax} fréquentielle

Période de retour (année)	Fréquence de dépassement	Fréquence de non dépassement	Variable réduite de Gauss(U)	P _{jmax}
5	0.2	0.8	0.8428	56.816
10	0.1	0.9	1.285	70.014
25	0.04	0.96	1.753	87.337
50	0.02	0.98	2.0571	100.829
100	0.01	0.99	2.328	114.594
1000	0.001	0.999	3.1	165.021

4 Pluies de courte durée I.D.F (courbes : Intensité-Durée-Fréquence)

Différentes formules sont proposées pour représenter l'intensité critique d'une pluie en fonction de sa durée. Dans notre cas on applique la formule suivante :

$$P_{Tc(mm)} = P_{max j} (\%) * \left(\frac{T_c}{24} \right)^b \dots\dots\dots(20)$$

$$I = \frac{P_{Tc}}{T_c} \dots\dots\dots(21)$$

Avec :

Ptc : Précipitation journalière maximale fréquentielle

Tc : Temps de concentration (heur). $T_c = 0.73$ heur

Pjmax : Pluie journalière maximale fréquentielle (mm).

b : Exposant climatique (le coefficient **b** régional est égal à **0.37**).

I : L'intensité maximale de période t (h)

Tableau N° IV.14 : les pluies journalières maximales et intensités de courte durée pour les différentes fréquences ou période de retour.

Période de retour	5		10		25		50		100		1000	
	Ptc (mm)	I (mm/h)	Ptc (mm)	I (mm/h)	Ptc (mm)	I (mm/h)	Ptc (mm)	I (mm/h)	Ptc (mm)	I (mm/h)	Ptc (mm)	I (mm/h)
1	17.53	17.53	21.603	21.603	26.948	26.948	31.111	31.111	35.344	35.344	50.917	50.917
2	22.656	11.328	27.918	13.959	34.826	17.413	40.206	20.103	45.677	22.838	65.802	32.901
4	29.279	7.320	36.08	9.02	45.007	11.252	51.96	12.99	59.03	14.758	85.04	21.26
6	34.018	5.670	41.92	6.987	52.292	8.715	60.37	10.062	68.585	11.431	98.80	16.467
8	37.839	4.730	46.628	5.829	58.165	7.271	67.151	8.394	76.288	9.536	109.90	13.738
10	41.095	4.110	50.642	5.064	63.171	6.317	72.93	7.293	82.854	8.285	119.361	11.936

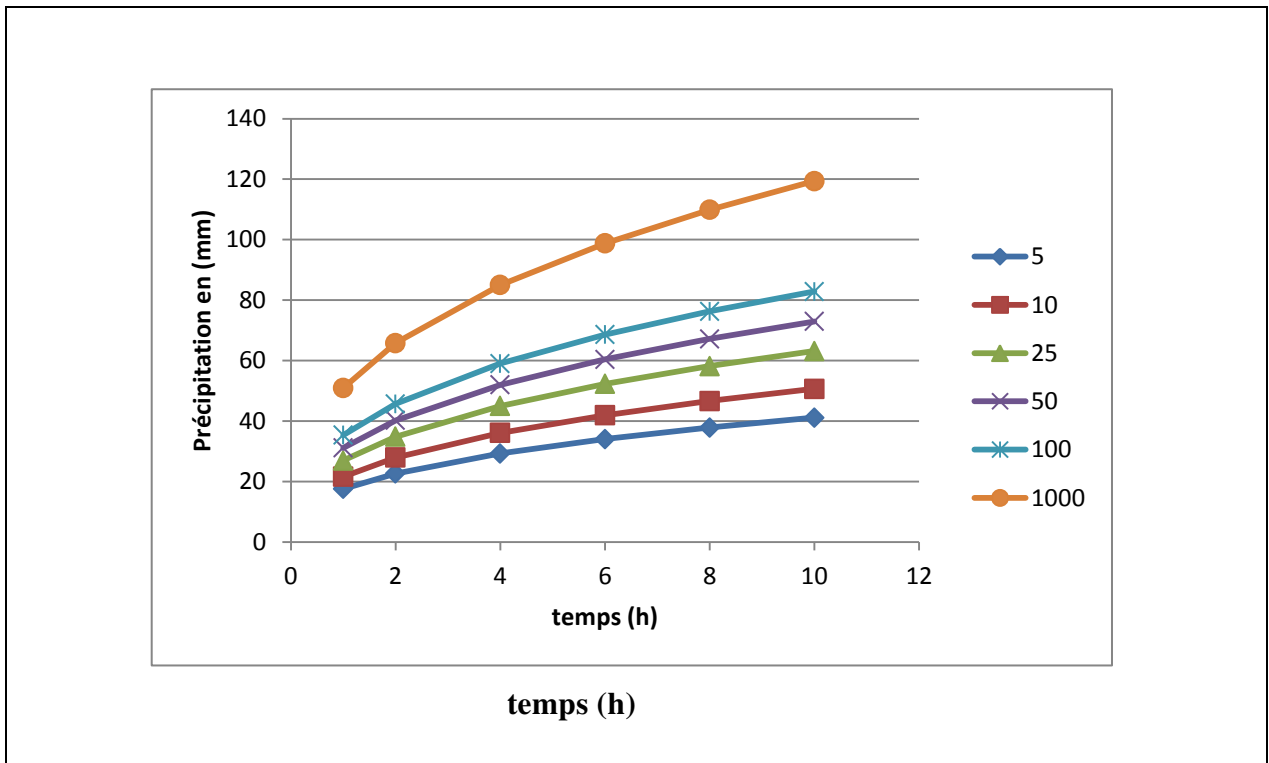


Figure N° IV.8: Courbes des pluies de courte durée fréquentielle du bassin versant

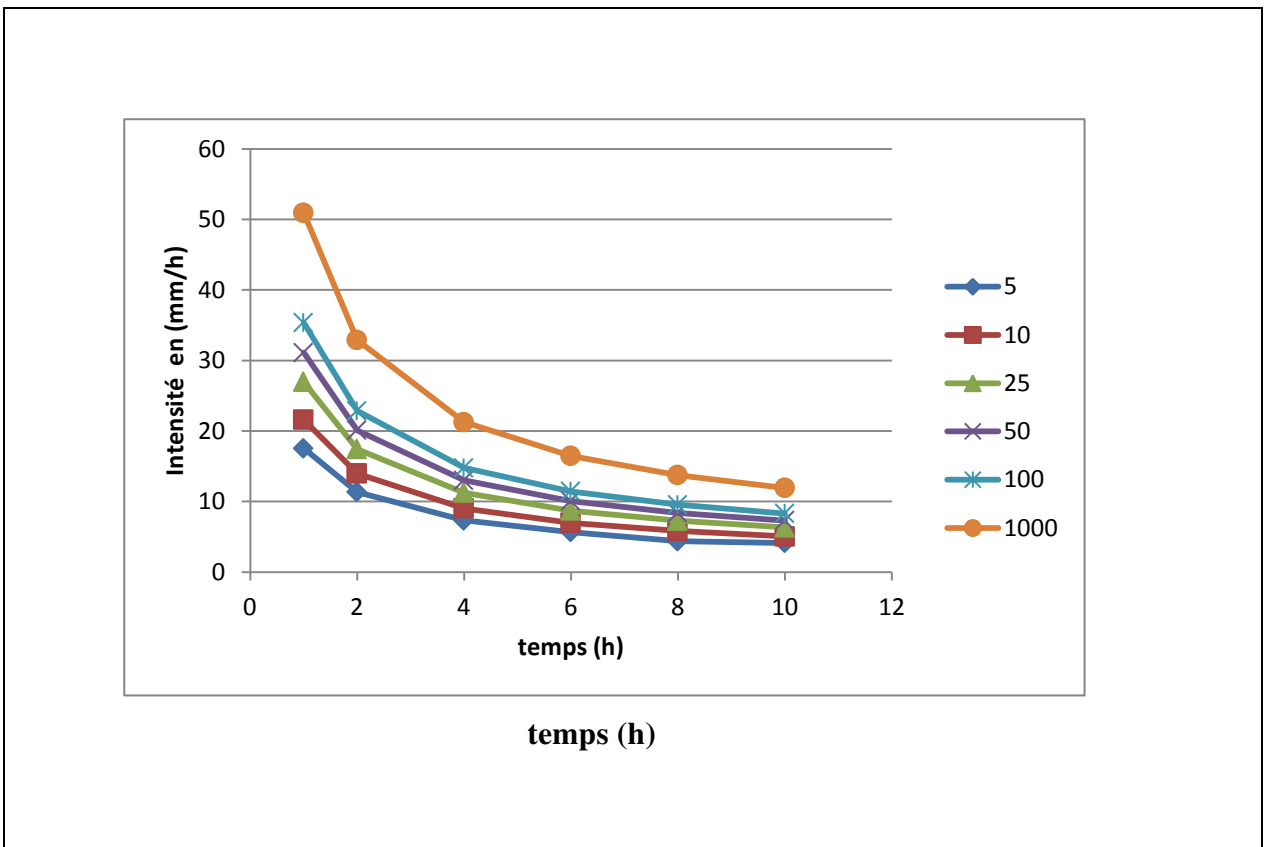


Figure N° IV.9: Courbes intensité durée fréquence (IDF) du bassin versant

5 Etude des apports

5.1 Apport moyen interannuel (A_{moy})

➤ **Formule de MEDINGUER :**

Avec:

$$A_{moy} = L_e \cdot A \dots \dots \dots (22)$$

$$L_e = 1.024(P_{moy} - 026)^2 \dots \dots \dots (23)$$

A_{moy} : Apport moyen annuel (Hm³)

L_e : Lamé d'eau écoulée (m)

A : superficie du bassin versant en Km²

P_{moy} : Pluie moyenne annuelle (m)

➤ **Formule de DERY**

Avec:

$$A_{moy} = M_0 \cdot A \cdot K \dots \dots \dots (24)$$

A_{moy} : Apport moyen annuel (Hm³)

K : constante donnée $K=31,54 \cdot 10^{-3}$

A : superficie du bassin versant en Km²

M_0 : Module spécifique moyen annuel en (l/s/Km²)

$$M_0 = 11,8 \cdot P_{moy}^{2.82}$$

P_{moy} : Pluie moyenne annuelle (m)

➤ **Formule de SAMIE**

$$Amoy = 0,915 \cdot P^{2.684} \cdot A^{0.842} \dots\dots\dots(25)$$

Avec:

Amoy : Apport moyen annuel (Hm3)

Pmoy : Pluie moyenne annuelle (m)

A : Superficie du bassin (Km²)

Tableau N° IV.15 : Apports moyens interannuels de bassin versant

Les formules	Apports moyens (Hm3)
Formule de MEDINGUER	0.20
Formule de DERY	0.65
Formule de SAMIE	1.03
Moyenne	0.63

5.2 caractéristiques de l'écoulement

➤ **Module de l'écoulement (Me)**

$$Me = \frac{Amoy}{T} \dots\dots\dots(26)$$

Avec:

Me : Module de l'écoulement (l/s).

Amoy : Apport moyen annuel (l).

T : Temps d'une année en [secondes] "T =31,536.10⁶ secondes"

Me = 6.34 l/s

➤ **Module de l'écoulement relatif ou spécifique (M_0)**

$$M_0 = \frac{M_e}{A} \dots\dots\dots(27)$$

Avec:

M_e : Module de l'écoulement (l/s)

A : Superficie du bassin (Km²)

$M_0 = 0.2 \text{ l/s/ Km}^2$

➤ **Lame d'eau écoulée**

$$L_e = \frac{A_{moy}}{A} \dots\dots\dots(28)$$

L_e : Lame d'eau écoulée en (m).

A_{moy} : Apport moyen annuel (m³).

A : Superficie du bassin (m²)

$L_e = 0.005 \text{ m}$

6 Estimations des débits de crues par les formules empiriques

Les évaluations des débits de pointe probable de la crue de différentes périodes de retour sont effectuées à partir de différentes formules empiriques fréquemment utilisées :

➤ **Formule de MALLET-GAUTHIER**

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

$$Q_{\max f \%} = 2K \log(1 + A \times P_{\text{moy}}) \times \frac{S}{L_{\text{cp}}} \times \sqrt{(1 + 4 \log T - \log S)} \dots (29)$$

Avec :

S : superficie du bassin versant (Km²).

L_{cp} : longueur du talweg principal (Km).

K et **A** : coefficient qui dépend de la topographie du bassin versant, ils varient comme suit : $2 < K < 3$ et $20 < A < 30$, donc on prend $K = 3$ et $A = 30$

P_{moy} : précipitation moyenne interannuelle (m).

T : période de retour en années.

➤ **Formule de POSSENTI**

$$Q_{\max f \%} = \frac{\mu \cdot P_{\max f \%} \cdot S}{L_{\text{cp}}} \dots (30)$$

Avec :

μ : Coefficient compris entre 700 -800 ; On prend $\mu = 750$.

P_{max, p%} : Pluie maximale journalière correspondante à la période de retour donnée.

S: superficie du bassin versant (Km²).

L_{cp}: longueur du talweg principal (Km).

➤ **Formule de SAMIE**

$$Q_{\max f\%} = \frac{0.8 \cdot S \cdot P_{j\max}}{86.4} \dots\dots\dots(31)$$

Avec:

S: superficie du bassin versant (Km²).

P_{jmax}: Pluie maximale journalière

➤ **Formule de GIANDOTTI**

$$Q_{\max f\%} = \frac{1.66 \cdot P_{tc;p\%} \cdot \sqrt{H_{\max} - H_{\min}}}{0.8 \cdot \sqrt{S} + 1.5L_{cp}} \dots\dots\dots(32)$$

Avec :

P_{tc ;p%} :Précipitation en mm ,de probabilité p% correspondante à un temps T_c.

S_{bv}: superficie du bassin versant en Km².

L_{cp}: longueur du talweg principal (Km).

H_{max} : Altitude maximale (m)

H_{min} : Altitude minimale (m)

➤ **Formule de Sokolovski :**

Le débit maximum probable est donné par la formule suivante :

$$Q_{\max, f\%} = 0.28 \left(\frac{P_{tc\%} \cdot C_e \cdot S \cdot f}{T_m = T_c} \right) \dots\dots\dots(33)$$

Avec :

S : Surface du bassin versant en Km²,

Tc : Temps de concentration du bassin versant en h,

Ptc% : précipitation en mm de probabilité p% correspondant à un temps tc = 0.73 h

0.28 : coefficient de changement d'unité

f : Coefficient de forme de la crue, peut être calculé par la formule :

$$f = \frac{12}{4+3\gamma} \dots\dots\dots(34)$$

Pour :

$$S \leq 50km^2 \text{ , on a : } \gamma = 2$$

Sachant que nos bassins versant ont une surface inférieure à 50 Km² on prend $\gamma = 2$; alors :

$$f = \frac{12}{4+3\gamma} = 1.2 \dots\dots\dots(35)$$

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

Tableau N° IV.16 : Valeurs de coefficient de ruissellement C .

Période de Retour	100	50	20	10	5	2
C	0.8	0.75	0.55	0.6	0.7	0.75

Tableau N° IV.17 : Estimation du débit de pointe fréquentiel $Q_{max,F}$ (Formules empiriques).

Q _{max,p%} (m ³ /s)					
Période De Retour(ans)	Formule de Mallet Gauthier	Formule de POSSENTI	Formule de SAMIE	Formule de GIANDOTTI	Formule De Sokolovski
5	59.915	277.24	21.043	43.846	132.176
10	74.566	341.65	25.931	56.020	139.672
25	86.704	426.17	32.347	69.882	188.753
50	100.673	492	37.344	80.675	251.432
100	110.024	559	42.442	91.691	304.812
1000	136.567	805.24	61.119	132.038	438.939

* Discussion :

D'après les résultats obtenus par les différentes méthodes de calcul de débit de crues, on adopte celle de *Sokolovski*, vu sa vaste utilisation et fiabilité dans les pays du bassin méditerranéen . Celle-ci tient compte de plusieurs paramètres caractérisant le bassin versant (la pluie fréquentielle qui correspond au temps de concentration, le coefficient de ruissellement, la surface du bassin versant, la forme de la crue et du temps de montée de la crue).

7 Conclusion

Les caractéristiques morpho métriques du bassin versant de Béni Saf ont été évaluées à partir du logiciel Global Mapper sur une carte topographique de 1/50.000 .

D'après l'étude morpho métrique, le bassin de Béni Saf présente une forme allongée , , un relief assez fort et une pente globale forte , ainsi qu'un temps de concentration de ruissellement moyen ce qui favorise l'infiltration des eaux de pluie.

L'établissement de ce chapitre a pour but l'estimation du débit de crue ($Q= 242.63 \text{ m}^3/\text{s}$) afin de pouvoir proposer les solutions de protection de la ville contre les inondations.

*Diagnostic
et
solutions*

1 Introduction

Une inondation est le phénomène occasionnel qui peut noyer de vastes parties du lit majeur ou de la plaine, à la suite d'une crue particulièrement importante et du débordement des eaux.

De façon plus pragmatique, on admet qu'une rivière est en crue lorsqu'elle déborde des limites de son lit mineur. Il s'agit d'un phénomène naturel périodique qui n'est exceptionnel que lorsque les débits deviennent considérables par rapport à son module : on parle alors de crue critique, laquelle peut engendrer une inondation sur les zones riveraines.

Les oueds coulent généralement dans des plaines alluviales constituées des matériaux apportés par les eaux à des époques plus ou moins anciennes, mais elles continuent souvent à transporter vers l'aval de grande quantité des sédiments sous forme de suspension, soit en charriage de fond.

Le caractère très variable de ces apports liquides en période de crues ou de basse eau et les possibilités d'érosion des lits ne permettront pas aux oueds de conserver un tracé parfaitement stable à moins, de revêtir le fond et les berges par une protection non érodable, on constatera toujours des modifications des lits plus ou moins importantes.

2 Morphologie de la ville de béni saf

Il apparaît a priori que la morphologie du site naturel de la ville de Béni-Saf est la résultante d'un réseau hydrographique dépendant à la fois du régime des eaux, de la tectonique, de la roche en place et du climat. Ensemble, les paramètres nous permettront de délimiter les zones instables sujettes à l'inondation et à l'érosion.

La ville de Beni Saf est confrontée à des phénomènes de glissement de terrain et d'éboulement. Ces désordres géotechniques se manifestent notamment dans la zone centrale.

Les fortes pentes du site au Sud-Ouest et au Sud-Est ne constituent pas des respects viables à l'urbanisation.

Le périmètre d'exploitation de la mine au Sud, constitue une zone non appropriée à la construction. En effet, toute cette région présente un véritable danger du aux risques

d'affaissement de nombreuses galeries souterraine ayant déjà servi à l'extraction du minerai de fer. **(DRE)**

Le réseau qui nous intéresse est celui qui est situé dans l'arrière-pays immédiat de la ville. Il s'agit des oueds constituant chacun son propre bassin versant et aboutissant, soit à la zone de plage, soit au port, à proximité de la ville.

Ces oueds sont les suivants :

- Oued Ben Midah, à l'ouest de la ville ;
- Oued Ben Chellal, à l'ouest – sud – ouest de la ville ;
- Oued Boukourdan, au sud - ouest de la ville ;
- Oued El Ançor, au sud – est de la ville ;
- Oued El Hamara, à l'est de la ville.

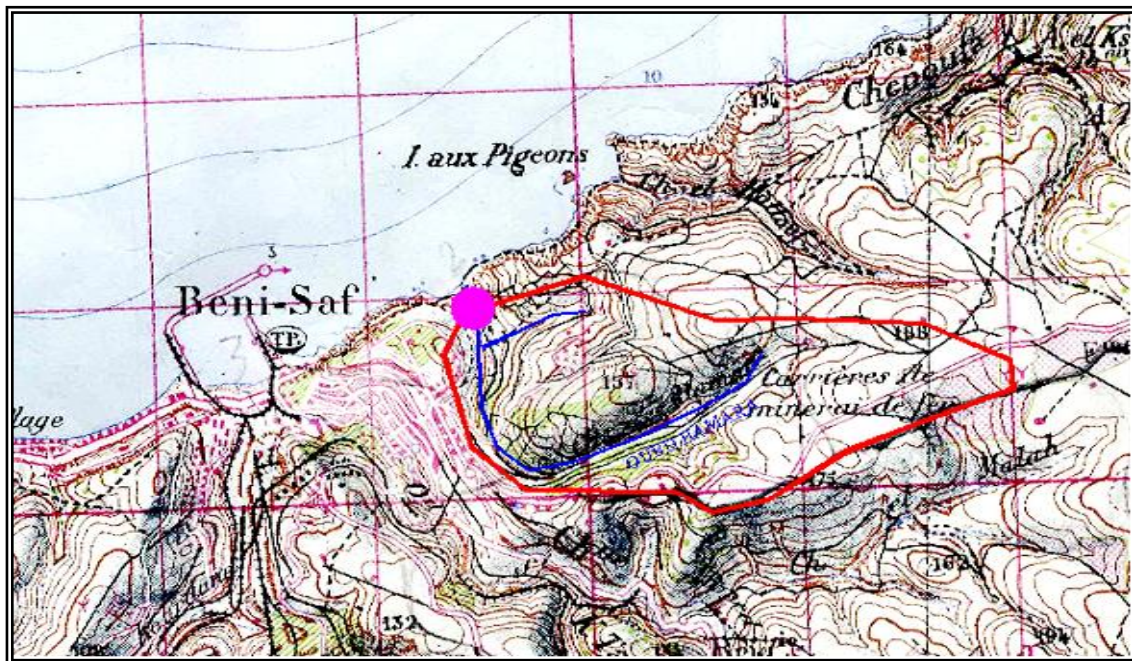


Figure N°V.1 : Délimitation du bassin versant de Oued Hamara et son exutoire. Extrait de la carte topographique d'Algérie 1/50 000 de Beni Saf à Ain Temouchent

3 Caractéristique du système d'assainissement existant

3.1 Description du réseau d'assainissement

Le réseau d'assainissement de la ville de Béni Saf est de type unitaire avec un taux de raccordement d'environ 94%. Il est composé de sept (07) collecteurs principaux.

- 1) **Collecteur S** : Il draine les eaux usées de Boukourdan en général à part les 105 lots de Azza, Tafna et les 68 logements évolutifs ;
- 2) **Collecteur M** : Il assainit la partie haute de Boukourdan. Ces eaux unitaires sont véhiculées jusqu'au site du déversoir d'orage **M**. Les eaux usées sortantes du déversoir seront véhiculées vers la station de relevage ;
- 3) **Collecteur D** : Il permet d'assainir la partie Sud et ancienne de Béni Khaled. en l'aval de ce collecteur, il existe un déversoir d'orage **D** de type latéral qui véhicule les eaux usées vers le collecteur gravitaire et les eaux pluviales vers le tunnel **1** à travers la conduite existante de ce collecteur ;
- 4) **Collecteur A** : Il assainit en grande partie du centre ville, Sonatiba, Plan II et Duplex, ainsi que la première tranche de Sidi-Sohbi. Ce collecteur principal est intercepté à proximité du tunnel **1** et déverse ces eaux unitaires dans le tunnel où il existe un déversoir d'orage de type frontal. Les eaux pluviales seront véhiculées à travers le tunnel jusqu'à la mer et les eaux usées seront drainées par un collecteur gravitaire qui les achemine vers la station de relevage ;
- 5) **Collecteur H** : Il assainit une partie du centre ville ; la ZHUN ; cité de 5 juillet ; Dar-Rih ; ainsi que Sidi-Boucif. Il déverse ses eaux au tunnel de Sidi-Boucif ;
- 6) **Collecteur R** : il permet d'assainir la partie nord de Béni-Khaled ; il déverse ses eaux dans le tunnel **1**
- 7) **Collecteur P** : Il permet l'évacuation des eaux unitaires de Sidi Sohbi, il déverse ses eaux au tunnel près de Sidi-Boucif.

Un collecteur gravitaire véhicule les eaux usées diluées des collecteurs **A** et **R**, il draine aussi les eaux usées diluées des collecteurs **D** et **S** avant leurs acheminement vers la station de relevage (voir photo 3).(DRE)



Figure N°V.2 : Point de rejet de la conduite de refoulement (DRE)



Figure N°V.3 :La station de relevage(DRE)

4 Les points noirs de la ville

La ville de Bani Safi est composée de trois Zones Exposés aux inondations, sont :

- Plage de puit (Oued Ben Chellal) et le port
- Plan II (Bitour)
- Dar El Rih



Figure N°V.5 : oued ben chellal de la ville de Béni saf



Figure N°V.6 : Oued Dar El Rih de la ville de Béni saf



Figure N°V.7 : Plan II de la ville de Béni Saf

5 Estimation des débits des eaux usées

a) Population futur

Afin d'estimer l'évolution de la population à long terme, nous appliquerons la formule de TABASSARAN qui suit :

$$P_t = P_0 \left[1 + \frac{t}{100} \right]^n \dots\dots\dots(1)$$

Où :

P_t Nombre d'habitants à l'horizon

P₀ Nombre d'habitants de l'année de référence*

n L'écart entre l'année de référence et l'horizon

t = 1,7 % Taux d'accroissement démographique (**DRE**)

(*) Le nombre d'habitants en 2018 de la commune de Beni Saf est de 54935 habitants(APC)

Tableau N°V.1 : Evolution du nombre d'habitants de la commune de Béni Saf

L'horizon	2018	2020	2025	2030	2035
Population	54935	56819	61815	67251	73165

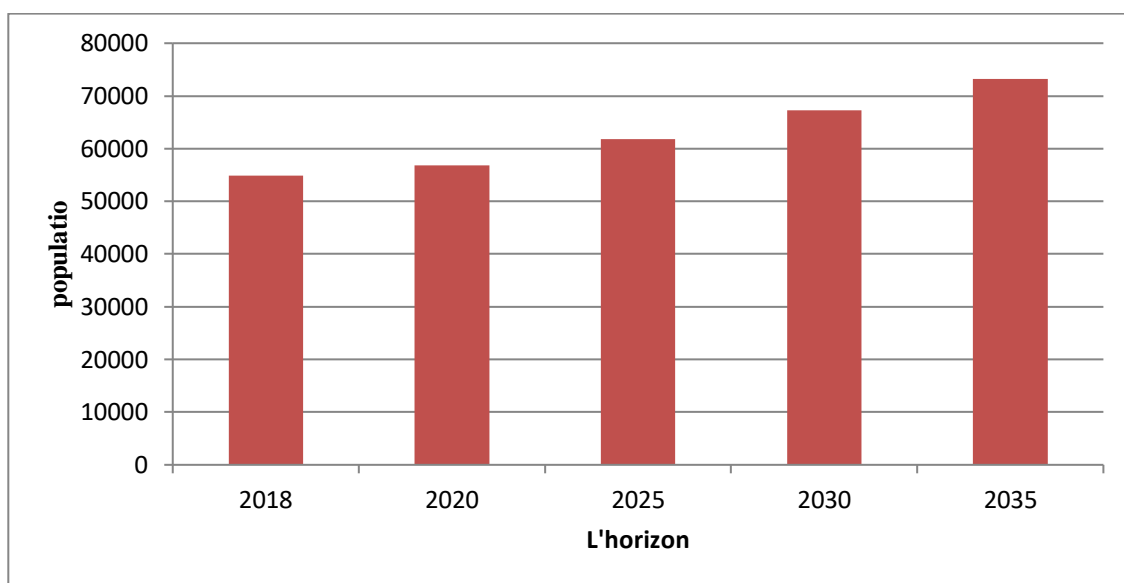


Figure N°V.8 : L'histogramme de croissance de la population de Béni saf

b) Evaluation des débits de consommation

L'estimation du débit moyen de consommation (Q_{jmoy}) est calculée sur la base d'une dotation hydrique de 200 l/j/hab.

$$Q_{moyj} = q \times N / 1000 \dots\dots\dots(2)$$

Où :

$Q_{j\text{moy}}$ Débit journalier moyen de consommation des eaux potables

q : Dotation hydrique ($q = 200$ l/j/hab) (**DRE**)

N : Nombre d'habitant.

Débit des équipements → vari de 10 à 20 %. Nous admettons un pourcentage de 15 % vu que Beni Saf est l'une des plus grandes villes de la Wilaya de Ain Temouchent.

Donc, le débit des équipements représentera 15 % de la consommation total en eau potable.

Tableau N°V.2 : Besoins en eau de Beni Saf.

L'horizon	2018	2020	2025	2030	2035
Population	54935	56819	61815	67251	73165
Besoin journaliers moyens en eau potable $Q_{j\text{moy}}(\text{m}^3/\text{j})$	10987	11364	12363	13450.2	14633
Besoin journaliers moyens des équipements $Q_{\text{équipement}}(\text{m}^3/\text{j})$	1648.05	1704.6	1854.45	2017.53	2194.95
Besoins journaliers moyens totaux $Q_{j\text{moy}}\text{ totaux}(\text{m}^3/\text{j})$	12635.05	13068.6	14217.45	15467.73	16827.95

c) Evaluation des débits des eaux usées domestiques

Le débit des eaux usées (Q_{EU}) rejeté par les consommateurs de Beni Saf est évalué à partir d'un taux de rejet de 80 % des eaux de consommation.

$$Q_{EU} = 0,80 \times Q_{jmoy} \dots\dots\dots(3)$$

Q_{jmoy} : Débit journalier moyen.

Le débit de pointe est calculé à partir de la formule suivante :

$$Q_P = K_P \times Q_{EU} \dots\dots\dots(4)$$

K_p : Coefficient de pointe :
$$K_p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_{moy}}}$$

Tableau N°V.3 : Débit des eaux usées

L'horizon	2018	2020	2025	2030	2035
Population	54935	56819	61815	67251	73165
Q_{jmoy} (m³/j)	10987	11364	12363	13450.2	14633
$Q_{équipement}$ (m³/j)	1648.05	1704.6	1854.45	2017.53	2194.95
Q_{jmoy} totaux (m³/j)	12635.05	13068.6	14217.45	15467.73	16827.95
Q_{EU} (m³/j)	10108.04	10454.88	11374	12374.2	13462.4
Q_{EU} (l/s)	117	121	131.64	143.22	155.81
Coefficient de point K_p	1.71	1.70	1.69	1.68	1.68
Q_p (l/s)	200.07	205.7	222.5	240.61	261.76
Q_p (m³/j)	17284.75	17773.30	19222.06	25985.79	28270.96

6 Les solutions proposées pour protéger la ville de Béni Saf contre les inondations

a) Réhabilitation de réseau d'assainissement actuel

D'après le plan d'assainissement actuel de la ville de Béni Saf, on a :

- Les diamètres des collecteurs comprennent entre [300-800 mm] .
- Le diamètre du collecteur principale $D= 500$ mm .

On va recalculer le diamètre du collecteur principale vers la future STEP .

L'écoulement dans les collecteurs est un écoulement à surface libre régi par la formule de la continuité :

$$Q = V \times S \dots \dots \dots (5)$$

Avec :

Q : débit (m³/s)

V : vitesse d'écoulement (m³/s)

S : Section mouillée (m²).

Pour notre dimensionnement de on utilise la formule de CHEZY qui nous donne la vitesse moyenne :

$$V = C \sqrt{Rh} \times I \dots \dots \dots (6)$$

Avec :

C :Le coefficient de CHEZY, il dépend aux hydrauliques et géométrique de l'écoulement. Le coefficient « C » est donné à son tour par la formule de Bazin

$$C = \frac{87}{1 + \left(\frac{Y}{Rh}\right)} \dots \dots \dots (7)$$

Dans laquelle γ est un coefficient d'écoulement dont la valeur dépend de la rugosité des parois et de l'effluent transporté.

Les diamètres théoriques des collecteurs sont calculés par la formule de Manning Strickler, qui s'écrit comme suit:

$$V = KRh^{2/3}\sqrt{I} \dots \dots \dots (8)$$

Avec

K : le coefficient de Manning Strickler, qui dépend du matériau de la conduite et de son âge. Il est pris égal à :

- 70 pour les conduites usagées,
- 70 pour les nouvelles conduites en CAO ou en BVA,
- 100 pour les conduites en PVC.

Dans notre cas la conduite en PVC on prendra $K = 100$.

D'où on déduit le diamètre théorique D :

$$D_{th} = 4^{5/8} \left(\frac{Q}{\pi K I^{0.5}} \right)^{3/8} \dots \dots \dots (9)$$

Détermination du diamètre théorique:

$$Q_T = Q_{pluvial} + Q_{usée}$$

$$D_{th} = 4^{5/8} \left(\frac{242,957}{3,14 \times 100 \times (62.459)^{0,5}} \right)^{3/8}$$

$$D_{th} = 0.995m$$

Il faut chercher le diamètre commercial (normalisé); $D_{nor} \geq D_{th}$.

Dont D_{nor} : 1000 mm en PVC PN 10.

- **Remarque :**

Ce diamètre a été calculé on admettons que ce collecteur sera le collecteur principal qui sert à acheminer la totalité des eaux usées (domestique et pluvial) vers la station d'épuration futur sans prendre en considération les éventuels structures complémentaires qui pourront être prévues pour cette station d'épuration (station relevage, ect...).

b) Traitement des fortes pentes

La ville de Béni Saf se caractérise par des fortes pentes non traitées, donc on propose de réaliser des regards de chute, ce type de regard est très nécessaire dans le cas d'un terrain très accidenté, ils ont pour rôle le rabattement des fortes pentes.



Figure N°V.9 : représente la forte pente de la ville de Béni Saf

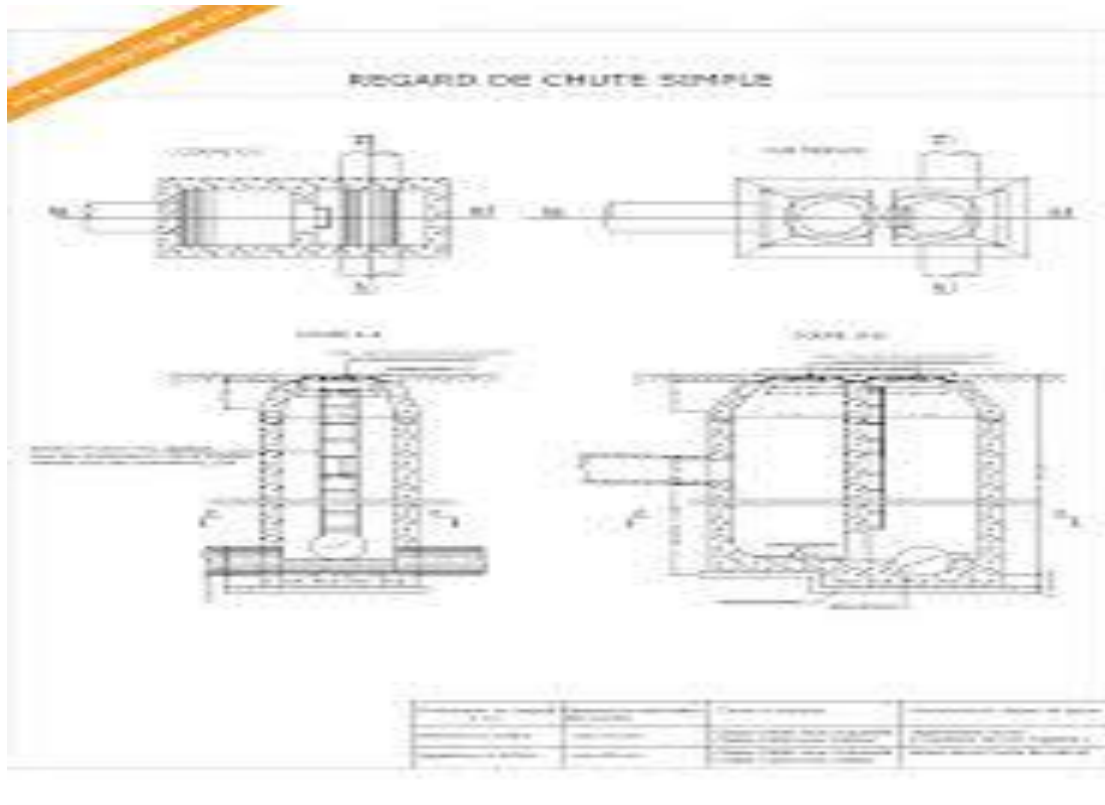


Figure N°V.10 :Schéma de regard de chute (Site internet)

c) La réalisation des avaloires

Le réseau d'assainissement de la ville de Béni-Saf c'est un réseau unitaire, et d'après les recherches que nous avons faites sur le terrain nous avons remarqué qu'il y a un manque des avaloires dans la ville surtout ou il y a les points noirs qui représentent un risque d'inondation.

Donc, nous proposons de réaliser des avaloires le long du réseau d'assainissement pour diminué le débit des eaux pluviaux en surface et ainsi évité ou diminué le débit de crue.

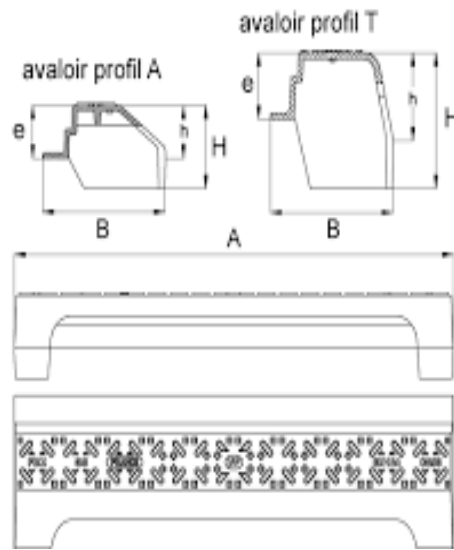


Figure N°V.11 : Schéma d'avaloir.(Site internet)

d) Le curage régulier

Il faut planifier un programme pour les curages réguliers des ouvrages d'assainissement « les avaloires, les regards » et la nécessité de nettoyer les oueds des déchets et de supprimer toutes les obstructions devant le flux d'eau pour faciliter l'écoulement de l'eau.

e) Emboiser les terres vierges dans le bassin versant de la ville

Le développement urbain , l'urbanisation et le surpeuplement ont entraîné une augmentation de la demande de terrains à usage commercial , industriel et résidentiel selon les zones vertes , le problème aggravé par l'augmentation de la population de Béni Saf , il est donc nécessaire de prêter attention à l'aménagement paysager et d'augmenter l'espace vert dans la plupart des quartiers de la ville pour réduire le phénomène des inondations et assurer la sécurité des citoyens.

f) Traité les occupations inconséquentes de l'espace

Les riverains, dont les habitations sont situées de part et d'autre des oueds traversant les localités, sont toujours exposés au danger .Par conséquent, l'état doit prendre en compte ce danger qui menace la vie des citoyens et la nécessité de traité les occupations inconséquentes de l'espace « les constructions anciennes illicites (**plan II**) ».



Figure N°V.12 : représente les constructions anciennes illicites

Conclusion

Dans ce chapitre , nous avons proposé des solutions pour la protection de la ville de Béni Saf contre les inondations.

D'après l'étude que nous avons menée ; on a trouvé que la ville de Béni Saf se caractérise par des fortes pentes ne constituent pas des respects viable à l'urbanisation et un grand manque des avaloires dans la ville et aussi un réseau d'assainissement est de type unitaire qui n'est pas adapté a ce type de ville (topographie fortement accidenté).

Cette étude nous a permis d'estimer un débit pluvial ($Q= 242.63 \text{ m}^3/\text{s}$) et un débit des eaux usées ($Q= 0.327 \text{ m}^3/\text{s}$) avec un diamètre ($D= 1000 \text{ mm}$), donc nous avons trouvé que le diamètre actuel n'est pas suffisant pour évacuer les eaux usées et les eaux pluviales.

Enfin, pour assurer la protection de la ville nous suggérons les solutions suivantes :

- Un réseau d'assainissement est de type séparatif avec un grand diamètre.
- Réalisation des avaloires.
- Un curage régulier.

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Le travail de recherche que nous avons mené sur les inondations a permis de voir les points suivants :

Expliquer la notion du risque inondation en montrant qu'il est un concept binomiale combinant en plus de l'aléa (le phénomène physique), la vulnérabilité qui est les conséquences dommageables de cet aléa sur les enjeux.

Le risque d'inondation s'est accru non seulement en raison d'une trop grande concentration des hommes et de leurs activités à proximité des cours d'eau, mais aussi des nouveaux modes d'occupation et d'utilisation des sols sans que les problèmes induits par ces évolutions aient été clairement étudiés.

La protection de notre site d'étude contre les crues et les inondations est une nécessité indispensable afin de réduire les dégâts humains, matériels et économique.

La ville de Béni Saf est un exemple typique de recoupement entre plusieurs facteurs formant l'équation du risque dans ce territoire et des formes de vulnérabilités exprimant la fragilité et la sensibilité vis-à-vis l'aléa inondation.

Il s'agit d'une stratégie locale de prévention du risque inondation. Cette stratégie est fondée sur les actions suivantes :

- ✓ La connaissance des risques ;
- ✓ La surveillance des phénomènes ;
- ✓ L'information de la population ;
- ✓ La prise en compte des risques dans l'aménagement ;
- ✓ Les travaux de prévention ;

La ville de Béni Saf se situe dans une zone à caractère topographique accidenté qui nécessite des solutions ; dans ce mémoire nous avons vu que le débit pluvial centennal est de l'ordre $304.812 \text{ m}^3/\text{s}$ qui est un débit à ne pas négliger, donc nous avons prévu après avoir fait l'étude du bassin versant de Béni Saf (morpho métrique, hydrologique), et nous avons fait une

constatation sur l'état actuel de l'urbanisation de la ville ; nous avons suggéré des solutions pour diminuer le risque d'inondation dans la ville de Béni Saf.

Ce travail de Master, nous a permis d'approfondir nos connaissances dans le domaine de l'hydraulique et plus particulièrement dans le domaine de lutte contre les inondations, dans le domaine de la géologie et de l'hydrologie, ainsi que dans le domaine de l'utilisation de plusieurs codes de calculs spécifiques pour ce type d'études.

***Référence
bibliographique***

Référence Bibliographique

- **Abdelkrim Chelgoum, 2018**, site internet
- **AISSA MADAOUI OUSSAMA & AISSA MADAOUI RABIE , 2016** ; Protection des villes contre les inondations cas du centre D'ain Fezza . Thèse Master. Université ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN .
- **ARTICLE DE IRSTEA- UR RECOVER- Equipe G2DR**
- **BEBMCHERNANE NABILA,2013**.Etude de protection de la ville de Bensekrane (W.TLEMCEN) contre les inondations .Thèse Master. Université ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN .
- **BENMIA. K, 2012**. Evaluation de la performance des barrages de protection contre les inondations, cas de la ville de Ghazaouet, Thèse de magister, Université de Tlemcen.
- **BEN SALEM MOKHTAR &BESNACI MOHAMED EL AMINE,2018** ; Etude de la protection contre les inondations de la commune d'El Ançor (Wilaya d'Oran).Thèse Master. Université des Sciences et de la Technologie -Mohamed Boudiaf- d'Oran
- **CRED** : Centre de recherche sur l'épidémiologie des catastrophes et enseignants à l'Université de Louvain, à Bruxelles.
- **CHABANE RABAH & LABBAOUI THANINA,2016** ; Etude de protection contre les inondation de la ville D'EL BAYADH (OUED DEFFA). Thèse Master. Université Abderrahmane MIRA de Bejaia.
- **CHACHOUA ABDELDJALIL,2010** ;Gestion de crue dans un bassin versant etude hydrologique, hydraulique et aménagement .Thèse Magister, Université ABOUBAKR BELKAID – TLEMCEN
- **DUNGLAS J., 2014** ; Stockage de l'eau : quel avenir pour les retenues collinaires, La gestion du risque inondation
- **DJEBALI KHALIFA, 2015** ;Contribution à l'étude de l'aléa " inondations": Genèse et prédiction Cas de la vallée d'El-Abadia (w.Ain Defla). Thèse Master. ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-
- **FREDDY VINET , 2010** ; Le risque inondation éditions Lavoisier
- **HACHEMI SOUMIA MANEL,2015** ; Protection des agglomérations contre les inondations cas du centre d'EL GOUASSIR (W. TLEMCEN) Thèse Master, Université Abou Bekr Belkaïd – Tlemcen –
- **HALLIL ABDELKADER,2017** ; la commune de Medrissa face au risque d'inondation, Appréciation et perspective de soutions
- **HELMUT CREIST** , université of Aberdeen.

- **LAHLAH SALAH ,2004** ; LES INONDATIONS EN ALGERIE. Actes des Journées Techniques/ Risques Naturels: Inondation, Prévision, Protection /Batna
- **LAURENCE HUBERT-MAY** , université de Haute Bretagne .
- **LEDOUX B,2006** ; La gestion du risque inondation, Edition TEC et DOC 11, rue La vorisier-Paris.
- **MERHOUM NASREDDINE,2018** ; Protection de la ville de Tamazoura contre les inondations, Thèse Master, Centre Universitaire BELHADJ Bouchaib - Ain-Temouchent
- **MERABET A., 2006** ;Etude de la protection de la ville de Sidi Bel Abbés contre les inondations, Mémoire de Magister, Université de Djilali Liabes -Sidi Bel Abbés..
- **SALOMON J.N., 1997** ;L’homme face aux crues et aux inondations , Presses Universitaire de Bordeaux, Université Michel de Montaigne - Bordeaux. p69-80 .
- **SERRE. D,2005** ;Evaluation de la performance des digues de protection contre les inondations. Thèse Doctorat. Université De Marne-La-Vallée –
- **SOUMMAR WAFAA,2018** ; Protection De La Commune D’Oued Semmar Wilaya De Relizane Contre Les Inondations. Thèse Master. Université des Sciences et de la Technologie d’Oran Mohammed Boudiaf.
- **TALAH. S, 2014** ; Contribution à l’étude des risques des inondations de l’oued Mellah W.Djelfa par les systèmes d’informations géographiques (ArcGis et HEC-geoRAS) ; en utilisent le logiciel HEC-RAS, Thèse Magister, Université de M’silla.
- **YAHIAOUI ABDELHALIM ,2012** ;Inondations torrentielles_ cartographie des zones vulnérables en Algérie du nord (cas de l’oued Mekrra, Wilaya de Sidi Bel Abbés), Thèse de doctorat, Ecole Nationale Polytechnique.

- **URBA** :Centre d’étude et de réalisation en urbanisme (DRE)

- Etude d’un système d’épuration des eaux usée a sidi boucif (DRE)

Les Annexes

ANNEXES 01 : Précipitation maximale journalière de la station Hamame Bouhdje(1970-2011)

Code 40415 (X=167.2 km ;Y=237.45km ;Z=153 m)

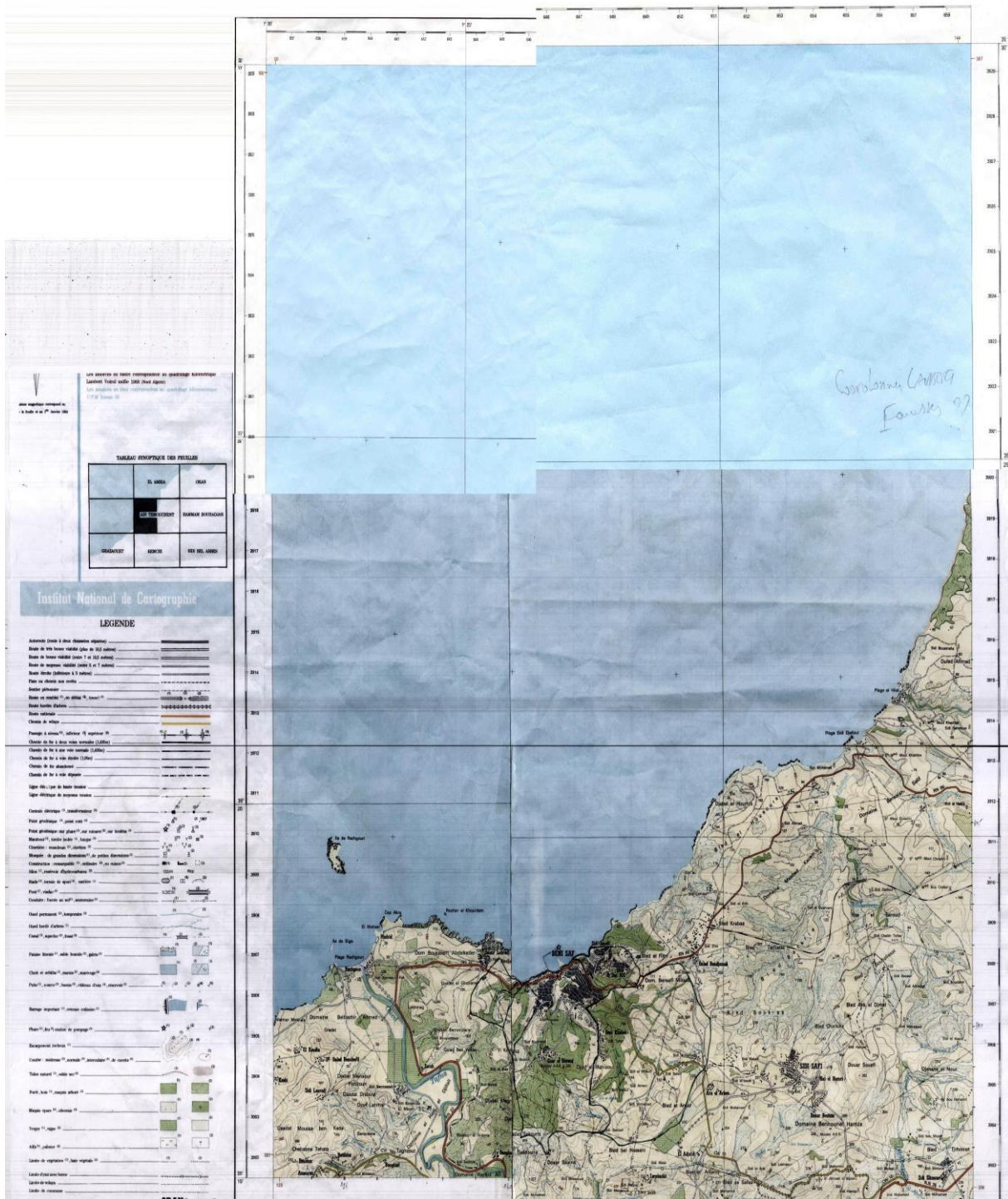
Année	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Max
1970	0.00	24.20	2.90	22.10	19.10	7.60	35.60	17.00	84.60	5.50	0.00	0.00	84.60
1971	2.80	2.20	36.70	19.30	16.10	26.80	26.80	27.30	18.50	34.40	1.10	8.60	36.70
1972	9.60	14.40	9.70	13.30	16.70	24.30	16.40	19.10	0.60	17.10	0.00	3.10	24.30
1973	6.20	9.10	2.10	22.40	12.50	41.50	40.70	17.30	0.00	12.40	0.00	0.00	41.50
1974	4.50	5.70	8.30	0.00	4.80	8.30	17.00	52.30	10.30	3.10	0.00	3.50	52.30
1975	0.00	8.90	15.50	13.40	14.20	38.20	6.60	14.80	15.50	5.20	9.70	9.70	38.20
1976	17.60	14.80	3.50	15.40	23.40	10.80	7.20	37.60	10.80	1.40	6.80	0.00	37.60
1977	0.00	0.00	60.90	14.30	17.70	4.60	17.30	23.60	9.90	0.00	0.00	0.00	60.90
1978	0.00	21.10	23.10	22.40	3.10	23.20	14.20	9.70	9.10	6.20	5.20	0.00	23.20
1989	16.40	12.20	8.30	41.50	35.80	16.70	30.20	10.60	6.20	0.00	0.00	0.00	41.50
1980	6.20	9.80	7.50	22.40	29.90	12.40	23.80	12.70	13.70	33.40	0.00	0.00	33.40
1981	13.20	0.00	0.00	10.50	4.20	29.40	3.20	12.60	19.60	5.20	0.00	0.00	29.40
1982	2.90	17.00	28.80	29.20	0.00	33.20	11.50	1.90	2.20	0.00	0.00	1.90	33.20
1983	0.00	0.00	15.80	13.60	23.40	25.70	14.10	0.00	17.70	0.00	0.00	0.00	25.70
1984	5.80	1.50	115.90	12.00	14.40	9.10	15.50	32.80	18.10	0.00	0.00	0.00	115.90
1985	2.90	0.50	108.00	16.90	39.30	38.40	16.20	13.30	4.10	0.00	0.00	0.00	108.00
1986	18.00	20.60	10.90	24.00	19.60	54.60	6.20	0.00	6.30	0.00	6.60	0.00	54.60
1987	2.40	9.20	13.90	6.20	0.00	6.50	2.40	9.90	10.10	4.10	0.00	0.00	13.90
1988	8.30	4.80	27.10	0.00	20.80	7.00	43.00	23.30	1.30	0.70	0.00	0.00	43.00
1989	7.70	0.00	4.20	7.80	40.50	0.00	17.80	45.80	12.60	0.00	0.00	0.00	45.80
1990	4.10	9.90	15.60	18.20	25.90	12.40	23.80	0.00	1.90	0.00	0.00	0.00	25.90
1991	9.30	10.80	22.50	5.10	10.70	13.00	25.40	6.40	48.20	22.40	0.00	0.00	48.20
1992	0.00	6.10	23.20	11.50	3.30	20.90	32.30	17.30	22.00	4.60	0.00	0.00	32.30
1993	7.80	71.00	30.70	5.60	32.70	37.50	3.30	13.20	6.70	0.00	0.00	0.00	71.00
1994	0.00	5.50	12.90	9.70	14.30	39.80	33.50	7.90	0.00	0.00	0.00	0.00	39.80
1995	5.20	0.60	3.70	35.10	20.60	21.50	10.70	8.70	2.60	0.00	0.00	0.00	35.10
1996	12.10	2.70	7.60	21.30	24.60	0.00	0.00	13.70	3.90	0.80	0.00	0.00	24.60
1997	24.60	7.50	35.40	13.00	13.30	10.40	6.10	5.60	13.50	0.00	0.00	1.00	35.40
1998	0.00	0.00	26.80	9.70	21.80	28.30	34.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34.60
1999	7.40	14.90	37.40	23.40	0.00	0.00	2.60	8.60	4.70	0.00	0.00	0.00	37.40
2000	21.50	38.30	18.10	16.60	74.90	16.60	0.00	12.10	1.60	0.00	0.00	0.00	74.90
2001	9.20	23.30	63.70	7.90	1.10	0.00	11.40	20.40	38.70	0.00	0.00	15.20	63.70
2002	0.00	14.50	24.00	1.10	11.60	23.50	9.90	7.50	9.90	0.00	2.10	0.00	24.00
2003	2.90	7.90	16.60	10.3	30.40	3.50	10.80	4.90	17.60	0.50	0.00	2.50	30.40
2004	0.00	14.70	34.70	21.30	7.20	8.30	15.2	3.70	0.00	1.10	0.00	0.00	34.70
2005	3.40	0.00	24.70	3.70	13.70	24.90	3.40	4.80	5.10	0.00	0.00	0.00	24.90
2006	4.60	0.00	1.10	18.60	5.90	11.80	43.20	16.60	6.50	0.00	0.00	0.00	43.20
2007	9.20	21.50	17.50	2.10	17.10	6.70	9.70	0.00	19.20	0.00	0.00	0.00	21.50
2008	27.50	18.70	25.90	21.80	19.70	18.30	19.80	5.10	5.60	0.00	1.10	0.00	27.50
2009	2.10	0.00	11.90	11.8	32.10	9.50	24.20	0.00	12.50	5.00	0.00	8.80	32.10
2010	0.00	23.00	8.10	11.30	34.60	9.70	9.10	47.10	8.60	7.60	0.00	0.00	47.10
2011	6.10	13.70	37.80	16.80	16.90	15.30	5.40	23.80	0.00	0.00	0.00	0.00	37.80
Moy	6.70	11.44	23.88	15.01	18.80	17.86	16.70	14.49	11.90	4.06	0.78	1.29	42.66

ANNEXES 02 : la série pluviométrie de la station Hamam Bouhdjar (1970-2011)

Code 40415(X=167.20 km ;Y=237.45 km; Z=153 m)

Année	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Out	Annuelle
1970	0	27	6	68.7	64.8	7.6	89.7	49	170	6	0	0	489
1971	4.8	3.6	154	78.5	87.1	73.2	86.2	46.2	51.5	39.3	1.1	15	641
1972	21.6	49	36.2	69.2	67.5	101	69.5	61.4	0.6	18.4	0	3.1	498
1973	6.2	13	2.1	111	12.8	122	131	85.2	0	14.3	0	0	497
1974	4.5	25	14.6	0	7	35.8	69.2	247	16.8	3.1	0	3.5	427
1975	0	11	50.8	53.9	32.5	100	14.6	47.1	48.9	9.4	9.7	9.7	387
1976	19.7	61	10	65.8	80.5	35.2	19.1	37.6	27.5	1.4	6.8	0	365
1977	0	0	137	25.4	49.6	16.2	45.7	92.3	16.4	0	0	0	383
1978	0	58	27.2	25.8	8.1	101	43.1	26.6	14.3	6.8	5.2	0	344
1979	20.6	56	18.8	113	59.3	20.6	54.1	21.3	21.4	0	0	0	386
1980	13.3	23	17.5	65.9	59.5	61.2	51.8	47.6	17.2	57.4	0	0	415
1981	13.2	0	0	29.7	11	65.9	6.9	29	57.5	5.2	0	0	218
1982	4.1	56	82	90.7	0	89.6	15.2	3.1	3.7	0	0	2.5	347
1983	0	0	18.7	50.6	49.7	63.2	40.6	0	102	0	0	0	325
1984	5.8	1.5	269	32.3	34.2	24.4	61.1	47.9	39.8	0	0	0	516
1985	2.9	0.5	221	46.6	114	104	38	38.5	6.6	0	0	0	572
1986	21.7	81	29.2	63.1	47.1	113	87	0	6.3	0	22.9	0	393
1987	3.7	15	54.1	8.1	0	8.2	3.9	34.3	29.5	7.3	0	0	164
1988	8.3	5.9	31.7	0	28.8	15.1	71.2	44.3	3.3	0.7	0	0	209
1989	10.9	0	7.3	18.9	130	0	19.6	121	18.2	0	0	0	326
1990	5.3	16	49.5	32.5	39.6	24.9	88.2	0	1.9	0	0	0	258
1991	16	36	49.7	9.1	23.2	22.5	74.2	10.9	73.5	36.3	0	0	352
1992	0	14	23.2	16	3.3	55.9	63.6	48.6	24	4.6	0	0	253
1993	11.1	76	98.4	5.6	54	61.7	3.3	14.5	6.7	0	0	0	331
1994	0	12	18.3	9.7	21.2	64.6	75.2	14.4	0	0	0	0	215
1995	5.2	0.6	8.9	63.5	66	77.2	43.3	25.9	6.8	0	0	0	297
1996	23.5	2.7	7.6	46.1	79.2	0	0	30.6	4.7	0.8	0	0	195
1997	45	7.5	70.3	42	31.2	23.4	11.6	14.2	22.1	0	0	1	268
1998	0	0	35.4	9.7	54.5	47	44.7	0	0	0	0	0	191
1999	7.4	21	101	54.4	0	0	2.6	27.7	11.1	0	0	0	214
2000	42.5	64	53.4	30.6	107	54.1	0	12.1	1.6	0	0	0	365
2001	15.8	23	83.1	21.4	1.1	0	26.1	24.3	41.3	0	0	15	252
2002	0	30	57.2	1.1	54.3	58.2	9.9	9.9	9.9	0	2.1	0	237
2003	2.9	23	29.7	0	36.2	3.5	21.1	4.9	31.7	0.5	0	2.5	156
2004	0	40	51.4	61.6	19.6	18.8	0.8	3.7	0	1.1	0	0	197
2005	3.4	0	58.2	12.5	25.8	76.8	9.9	8.9	15.7	0	0	0	211
2006	11.3	0	1.1	70.2	14.1	29.6	78.6	33.3	6.5	0	0	0	245
2007	9.2	67	54.9	2.1	33.2	19.3	15.6	0	19.2	0	0	0	220
2008	28.2	57	66	95.9	72.9	25.7	31.6	13.6	5.6	0	1.1	0	398
2009	3.7	0	11.9	0	95	23.3	30.3	0	16.4	5	0	8.8	194
2010	0	55	10.2	23.9	59.9	11	9.1	53.2	23.3	7.6	0	0	253
2011	6.1	28	127	46.3	25.8	15.3	5.4	42.4	0	0	0	0	296
Moyenne	9.47	25.21	53.7	42.2	44.3	44.5	38.62	35.1	23.2	5.36	1.16	1.5	321

ANNEXES 03 : Carte d'état major de la ville de Béni Saf 1/50 000



Résumé

Le problème des inondations est devenu une menace majeure pour la vie des communautés notamment ces dernières années qui on connu des grandes crues catastrophiques.

Notre travail porte sur la lutte contre le phénomène d'inondations. Il a pour objet de protéger la ville de Béni Saf contre ce phénomène.

Dans ce contexte, nous avons élaboré une étude composée de plusieurs parties essentielles, qui sont :

- La collecte des données principales concernant la zone d'étude.
- Une étude hydrologique qui a permis la détermination du débit de crue probable.
- Les solutions proposées qui permettrait l'évacuation des eaux de crues et de préserver et garantir la protection de la ville de Béni Saf contre les inondations.

Mots clés : inondation, Béni Saf, crue, assainissement, pluviométrie.

Abstract

The problem of floods has become a major threat to the lives of communities, particularly in the wake of the recent catastrophic floods.

Our work focuses on the fight against the phenomenon of floods. Its purpose is to protect the city of Béni Saf against this phenomenon.

In this context, we have developed a study composed of several essential parts, which are:

- Collection of main data concerning the study area.
- A hydrological study that allowed the determination of the probable flood flow.
- Proposed solutions that would allow the evacuation of flood waters and preserve and guarantee the protection of the city of Béni Saf against floods

Keywords: Flood , béni saf, sanitation, pluviometry

ملخص

أصبحت مشكلة الفيضانات تهديدًا كبيرًا لحياة المجتمعات ، خاصة في أعقاب الفيضانات الكارثية الأخيرة و لهذا

يتركز عملنا على مكافحة ظاهرة الفيضانات، والغرض منه هو حماية مدينة بني صاف من هذه الظاهر

في هذا السياق ، قمنا بتطوير دراسة مؤلفة من عدة أجزاء أساسية

- جمع البيانات الرئيسية المتعلقة بمنطقة الدراسة .
- دراسة هيدرولوجية سمحت بتحديد تدفق الفيضان المحتمل .
- الحلول المقترحة التي تسمح بإخلاء مياه الفيضان والحفاظ على وضمان حماية مدينة بني صاف من الفيضانات.

الكلمات المفتاحية: الفيضان، بني صاف، الصرف الصحي، كمية التساقط .