

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلكايد - تلمسان

Université Abou bakr Belkaïd - Tlemcen -
Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme de Master**

En: Hydraulique

Spécialité: Hydraulique Urbaine

Par : SIDI BOULENOUAR Nesrine

Sujet

Contribution à l'étude de la protection de la ville de Sebdou contre les inondations

Soutenu publiquement, le 11/06/2023, devant le jury composé de:

Mme BENSEDIK Madani
M. ROUSSAT Boucherit
M. BOUANANI Abderrazak
Mme BABA HAMED Kamila

MCA
MCA
Pr
Pr

Université de Tlemcen
Université de Tlemcen
Université de Tlemcen
Université de Tlemcen

Président
Examineur
Encadreur
Co-Encadreur

Année universitaire : **2022/2023**



REMERCIEMENTS



Avant de commencer la présentation de ce travail, nous profitons de l'occasion à remercier avant tout ALLAH tout puissant, d'enous'avoird guidé Tout aulong de nos vies, dans toutes les années d'étude, Et d'enous'avoirdonné la croyance, la patience, Et le courage pour en fin aboutir à ce jour-ci.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à mon encadreur Monsieur BOUANANI A Professeur à l'Université de Tlemcen et mon co-encadreur Madame BABA HAMED, pour leurs encadrements tout le long de ce travail, leurs conseils et leurs orientations efficaces. Au président du jury Monsieur BENS DIKM dem'avoir fait l'honneur d'accepter avec une très grande gentillesse de siéger à mon Jury comme président de jury.

Je vous confirme mon profond respect A mon examinateur Monsieur ROUISSAT B. Pour l'honneur d'avoir accepté d'examiner mon travail.

J'adresse également mes sincères remerciements au chef de délégation monsieur BENDJEMAI R et à tout le personnel de l'Agence Nationale de la Gestion Intégrée des Ressources en Eau AGIRE. A tous les enseignants du département d'hydraulique qui ont contribué à notre formation.



Dédicace



Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes qui m'ont aidé de près et de loin à la réalisation de ce mémoire plus particulièrement:

A ma très chère mère Fatima, cette fontaine d'amour et de
Tendresse ,pour ces conseils et son outienin défectible.

A mon très cher père Bounaouar qui m'a énormément aidé dans ma vie avec
sasagesse et ses conseils.

A mes beautés Rania et Feryel

A mon frère, le héros, Azzedine

A toute la famille SidiBoulenouar

Mes très chers amis
Fatima zohra,Ahlem ,Charihen qui m'ont marquées
des ouvenirs
Que je n'oublierai jamais

Toute ma famille du département d'hydraulique de Tlemcen
Et à toute la promotion 2022/2023 de l'hydraulique urbaine.

A tous ceux qui m'ontaidé durant mon cycle universitaire.

A tous ceux que j'aime.

Merci pour votre soutien et votre encouragement.

Cordialement

Nesrine



Résumé

Cette étude se concentre sur l'analyse des inondations dans la commune de Sebdou, en Algérie, en mettant particulièrement l'accent sur l'oued de Kicol. Les inondations passées, notamment celles survenues en 1990, ont causé des pertes humaines et d'importants dégâts matériels. L'objectif de cette étude est d'analyser les caractéristiques morphologiques, le régime des précipitations et d'identifier les débits de crue récurrents dans la région.

Les caractéristiques morphologiques de la région, telles que le relief, la géologie et le réseau hydrographique, jouent un rôle crucial dans le comportement des inondations. Une cartographie détaillée et une analyse de ces éléments sont réalisées pour mieux comprendre la dynamique des inondations dans la commune de Sebdou.

Le régime des précipitations est un autre facteur déterminant dans les inondations. L'étude des données historiques sur les précipitations, notamment les intensités maximales, les durées et les fréquences, permet de déterminer les schémas de pluviométrie et d'identifier les périodes présentant un risque élevé d'inondation.

L'identification des débits de crue récurrents est essentielle pour évaluer les risques potentiels d'inondation. Des formules empiriques spécifiquement développées pour le contexte algérien sont utilisées afin d'estimer les débits de crue en fonction des caractéristiques propres à l'oued de Kicol et à la région de Sebdou.

Mots-clés: Inondations, Crues, Sebdou-Oued Kicol, Débit maximum, IDF, Fréquences.

Abstract

This study focuses on the analysis of floods in the municipality of Sebdou, Algeria, with particular emphasis on the Kicol River. Past floods, including those that occurred in 1990, resulted in human losses and significant property damage. The objective of this study is to analyze the morphological characteristics, precipitation patterns, and identify recurrent flood discharge in the region.

The morphological characteristics of the area, such as the topography, geology, and hydrographic network, play a crucial role in flood behavior. Detailed mapping and analysis of these elements are conducted to better understand the dynamics of flooding in the municipality of Sebdou.

Precipitation patterns are another important factor in floods. The study of historical precipitation data, including maximum intensities, durations, and frequencies, helps determine rainfall patterns and identify periods with a high risk of flooding.

Identifying recurrent flood discharges is essential for assessing potential flood risks. Empirical formulas specifically developed for the Algerian context are used to estimate flood discharges based on the unique characteristics of the Kicol River and the Sebdou.

Keywords: Floods, Floods, Sebdou, Oued Kicol, Maximum flow, IDF, Frequencies.

المخلص

تركز هذه الدراسة على تحليل الفيضانات في بلدية سبدو، الجزائر، مع التركيز بشكل خاص على نهر كيكول. تسببت الفيضانات السابقة، بما في ذلك تلك التي وقعت في عام 1990، في خسائر بشرية وأضرار مادية كبيرة. الهدف من هذه الدراسة هو تحليل الخصائص المورفولوجية وأنماط الهطول المطري وتحديد الفيضانات المتكررة في المنطقة. تلعب الخصائص المورفولوجية للمنطقة، مثل التضاريس والجيولوجيا والشبكة المائية، دورًا حاسمًا في سلوك الفيضانات. يتم إجراء رسم الخرائط المفصلة وتحليل هذه العناصر لفهم أفضل لديناميكيات الفيضانات في بلدية سبدو. تعتبر أنماط الهطول المطري عاملاً آخر مهم في الفيضانات. دراسة البيانات المطرية التاريخية، بما في ذلك أقصى شدة الهطول والمدة والتكرار، يساعد في تحديد أنماط الهطول وتحديد الفترات ذات المخاطر العالية للفيضانات. تحديد تعريف الفيضانات المتكررة أمر أساسي لتقييم مخاطر الفيضانات المحتملة. تُستخدم الصيغ التجريبية التي وضعت خصيصًا للسياق الجزائري لتقدير تعريف الفيضانات بناءً على الخصائص الفريدة لنهر كيكول ومنطقة سبدو.

لكلمات الرئيسية: الفيضانات، سبدو، نهر كيكول، التدفق الأقصى، التكرارات

Liste des abréviations

AGIRE: Agence nationale de la gestion intégrée des ressources en eau

A: surface du bassin versant

(Km²). **A** : L'air du bassin versant

(Km²). **b** : Exposant climatique.

C: Coefficient de ruissellement.

Ct: Coefficient de torrencialité

Cv: Coefficient de variation.

H_{moy} : Altitude

moyenne (m). **I_g** : indice de

penne

globale. **I_m**: pente moyenne.

I_p : indice de pente de roche.

Kc: Coefficient de Gravelius.

l: Largeur

L: Longueur.

L_p: Longueur du cours d'eau principal.

P: Périmètre.

P: Précipitations.

Pct : pluie de courte durée.

P_{jmax}: Précipitations maximales journalières

Q: Débit en m³/s.

Q_{max%}: Débit maximum pour une fréquence donnée.

R: Ruissellement (mm).

T: Température.

Tc: Temps de concentration

T_{moy}: Température moyenne mensuelle

U: Variateur réduit de Gauss.

δ: Ecart type

Listedesfigures

ChapitreI:Généralitéssurlesinondations

FigureI.1: Lits d'uncours d'eau...	08
FigureI.2: Lesinondationspardébordementdirecte(débordementdesplaines).....	09
FigureI.3: Lesinondationspar crues torrentielles.....	09
FigureI.4: Lesinondationsparaccumulationd'eauruisselée	10
FigureI.5: Lesinondationsremontéesdesnappesphréatiques	10
FigureI.6: Lesinondationsparruptured'unedigue	11
FigureI.7: Lesrisquesd'inondation.....	14
FigureI.8: inondationdelachine1954.....	17
FigureI.9: lesinondationsdeBabelouedetConstantine	19

Chapitre II: Procèdes de protection des agglomérations contre les

inondationsFigureII.1: Racalibraged'uncoursd'eau.....	25
FigureII.2: Etatinitial.....	25
FigureII.3: Premièreintervention.....	26
Figure II.4: Mécanismesde rupturedesouvragesenremblai	28
FigureII.5 Mécanismedurenardhydrauliquedansunedigue	28
FigureII.6: Schémad'unedigue.....	29
FigureII.7: Digueenroché	30
FigureII.8: Deuxièmeintervention.....	30
FigureII.9: Troisièmeintervention.....	31
FigureII.10: Aménagementdesbergesdel'ouedcontreleglisement	31

FigureII.11: Recalibragedesouvragesd'art	32
FigureII.12: Schémadefonctionnementd'unbarrageécrêteurdecruce	34
FigureII.13: Schémadefonctionnementdebarrageécrêteur	35
FigureII.14: Correctiontorrentielle.....	36
FigureII.15: Correctiontorrentielle	37
FigureII.16: Fonctionnementd'ouvragedestockageendérivation	38
FigureII.17: Schémaprincipaldébassin d'Amortissement.....	39
FigureII.18: Implantationdesépis	40
Figure II.19: Technique de banquettes	41

ChapitreIII:Présentationdesiteetdiagnostic

FigureIII.1: communeslimitrophes deSebdou....	50
FigureIII.2: SituationgéographiqueDelazoneàétudier	51
FigureIII.3 : Configurationdel'ouedkikol.....	54
FigureIII.4 : Configurationdel'ouedGuettarHassel.....	55
FigureIII.5 : Configurationdel'oued Guettara	55
FigureIII.6 : Configurationdel'ouedSidimoussa.....	56
FigureIII.7 : Configurationdel'ouedSebdou... ..	56
FigureIII.8 : Configurationdel'ouedkadous.....	57
FigureIII.9 : ConfigurationdesixoueddelavilledeSebdou... ..	57
FigureIII.10: Histogrammedesprécipitationsmoyennesmensuelles.....	62
FigureIII.11: Histogrammedevariationdespluieessaisonnnières	64
FigureIII.12: Histogrammedesmoyennesmensuellesdetempérature	65
FigureIII.13: Humiditérelative moyennemensuelle.....	66
FigureIII.14.: Histogrammedesvitessesdes ventsmoyennes mensuelles.....	67
FigureIII.15: AbaquedeMARTONNE	68
FigureIII.16: Etagebioclimatiquedelarégion étudiéeselonleclimagrammed'Emberger	71
FigureIII.17 : Courbepluviaux-thermique delarégion d'étude	72

ChapitreIV:Etudehydrologiqued'ouedSebdouEtpropositiond'aménagement

FigureIV.1: lebassinversantd'ouedKicole.....	77
FigureIV.2: Courbe Hypsométrique dubassind'ouedKicole.....	78
FigureIV.3: Cartedepente dubassinversantd'OuedKicole.....	80
FigureIV.4: Carte géologique dubassind'OuedKicole	83
FigureIV.5: Cartedessolsdubassind'OuedKicole	84
FigureIV.6: Cartedevégétationdubassind'OuedKicole.....	86
Figure IV.7: Ajustementdesprécipitationsmaximalesjournalières	90
Figure IV.8: CourbesIDF.....	93
Figure IV.9: Hydrogrammesde crues	101

ListedesTableaux

ChapitreI:Généralitéssurlesinondations

TableauI.1: Les inondations les plus coûteuses dans les Continents du monde.....	18
TableauI.2: les inondations en Algérie	19
TableauI.3: Illustration du nombre de constructions, par ville, construites sur les zones inondables	20

Chapitre II: Procèdes de protection des agglomérations contre les

inondations TableauII.1: Banquette en fonction de pente et type de culture.....	41
--	----

ChapitreIII:Présentationdesiteetdiagnostic

TableauIII. 1: Principaux événements historiques observés à la période De 1987 à 2013... ..	48
TableauIII.2: Quantification cumulée des dommages à la période De 1987 à 2013... ..	49
TableauIII3: les Coordonnées et le code de la station de Sebdou.....	60
TableauIII.4: Précipitations moyennes mensuelles	61
TableauIII.5: caractéristiques statistiques des précipitations moyennes annuelles	62
TableauIII.6: les caractéristiques des précipitations journalières maximales	63
TableauIII.7: Répartition des pluies saisonnières.....	63
TableauIII.8: Température moyennes mensuelles	65
TableauIII.9: Humidité relative moyenne mensuelle	66
TableauIII.10 : Variation des vitesses des vents moyennes mensuelles.....	67
TableauIII.11: l'indice d'aridité mensuelle de DE.MORTONNE.....	69

Chapitre IV: Etude hydrologique d'oued Sebdou Et proposition

d'aménagement	
Tableau IV.1: caractéristiques du réseau hydrographique de l'oued Kicole ...	76
Tableau IV.2: répartition altimétrique du bassin d'oued Kicole	78
Tableau IV.3: Les altitudes caractéristiques du bassin d'Oued Kicole	78
Tableau IV.4: Caractéristiques du bassin versant	87
Tableau IV.5: Précipitations maximales journalières P_{jmax} , durant 30 ans d'observations ...	88
Tableau IV.6: Caractéristiques de la série pluviométrique	89
Tableau IV.7: Caractéristiques de pluies de fréquence (f)	91
Tableau IV.8: Calcul des pluies fréquentielles	91
Tableau IV.9: Calcul des intensités pluviales maximales à la station de Sebdou ...	93
Tableau IV.10: Apport moyen interannuels de bassin versant	95
Tableau IV.11: Caractéristique de l'écoulement	95
Tableau IV.12: temps de concentration au niveau du bassin d'Oued Kicole (Sebdou ...)	99
Tableau IV.13: Débits de crues du bassin versant par différents modèles	100
Tableau IV.14: Valeurs du débit de crues	101

Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale	01
Chapitre I: Généralités sur les inondations	
I.I. Introduction	07
I.II. Définitions	07
I.II.1. Inondation	07
I.II.2. Crue	07
I.II.3. Paramètres fondamentaux du cours d'eau	07
I.II.3.1. Lits du cours d'eau	07
I.II.3.2. Rive-berge	08
I.II.3.3. Ripisylve	08
I.II.3.4. Alluvions et substratum	08
I.III. Type d'inondation	08
I.III.1. Les inondations des plaines	08
I.III.2. Les inondations par crues torrentielles	09
I.III.3. Les inondations par ruissellement pluvial	09
I.III.4. Inondations par remontées des nappes phréatiques	10
I.III.5. Inondation par rupture d'une protection	10
I.III.6. Inondations marines	11
I.IV. Connaissance juridique de l'inondation	11
I.IV.1. Risques majeurs	11

I.IV.2. Alea	12
I.IV.2.1. principaux paramètres spécifiant l'alea «inondation»	12
I.IV.3. Vulnérabilité	13
I.IV.4. Causes de formation des crues et des inondations	14
I.IV.4.1. Influence du climat	14
I.IV.4.2. Les crues provoquées par les chevelus hydrographiques	14
I.IV.4.3. Le processus de formation des crues	15
I.IV.4.4. La période de retour des crues	15
I.IV.4.5. Paramètres influençant les inondations	16
I.IV.4.6. Influence des facteurs naturels	16
I.IV.4.7. Influence des facteurs anthropiques	17
I.V. Les Inondations Dans Le Monde	17
I.VI. Les Inondations En Algérie	18
I.VII. Les Inondations Les Plus Catastrophiques Survenues En Algérie	20
I.VIII. Effets Des Inondations Sur La Santé Humaine	21
IX. Conclusion	21

Chapitre II: Procès de protection des agglomérations contre les inondations

Introduction	24
II.I. Procès de Protection Des Agglomérations Contre Les Inondations	24
II.I.1. Recalibrage du cours d'eau	24
II.I.1.1. Les conséquences d'un recalibrage	26
II.I.1.2. Les inconvénients du recalibrage	27
II.I.2. Endiguement du cours d'eau	27
II.I.3. Reboisement	30
II.I.4. Recalibrage des ouvrages d'art	32
II.I.5. Recalibrage des systèmes d'évacuation de l'eau	32
II.I.6. Préservation—restauration— création des zones d'expansion des crues	32
II.I.7. Retenues d'eau	32
II.I.8. Barrage écrêteur	33
II.I.8.1. Principes de fonctionnement	34
II.I.8.2. Conséquences et effets perturbateurs possibles	35
II.I.9. Réservoirs d'orage	35

II.I.10. Correction torrentielle.....	36
II.I.11. Ouvrages de stockage et dérivation.....	37
II.I.12. Bassin d'Amortissement.....	38
II.I.12.1. Conditions et domaine d'utilisation.....	39
II.I.13. Les épis.....	39
II.I.14. Banquette.....	40
II.II. Conclusion.....	42

Chapitre III: Présentation des sites et diagnostic

III.1. Introduction.....	45
III.2. Historique de la ville de Sebdou.....	46
III.3. Historique d'inondations de la ville de Sebdou.....	46
III.4. Situation générale.....	49
III.4.1. Caractéristiques générales.....	49
III.4.2. Localisation.....	50
III.4.3. Situation géographique.....	50
III.4.4. Description du tissu urbain.....	51
III.4.5. Hydrographie.....	52
III.4.6. La dénivellation.....	53
III.4.7. Les six principales de l'oued de la ville de Sebdou.....	54
III.4.8. Inondations et dommages.....	57
III.5. Situation climatologique.....	59
III.5.1. Introduction.....	59
III.5.2. Présentation de la station climatique retenue.....	60
III.5.3. Analyse des précipitations.....	60
III.5.4. Analyse des températures.....	64
III.5.5. Humidité relative.....	65
III.5.6. Vent.....	66
III.6. Synthèse bioclimatique.....	67
III.6.1. Indice climatique.....	68
III.6.2. Indice d'aridité annuelle de Martonne.....	68
III.6.3. Indice d'aridité mensuelle de Martonne.....	69
III.6.4. Indice d'Emberger.....	70
III.7. Conclusion.....	72

Chapitre IV: Hydrologie et Aménagements

IV.1. Introduction.....	75
IV.2. Morphométrie et caractéristiques physiques du bassin D'oued Kicole.....	76
IV.2.1. Caractéristiques du bassin versant.....	76
IV.2.2. Caractéristiques hydrographiques	76
IV.2.3. Relief du bassin versant	77
IV.2.4. Pente du bassin versant	79
IV.3. Cadre Géologique Et Hydrogéologique.....	80
IV.3.1. Cadre géologique.....	80
IV.3.2. Cadre structurale.....	82
IV.3.3. Cadre Hydrogéologique et impacts sur l'hydrologie	82
IV.4. Solset Végétations	83
IV.4.1. Lessols	83
IV.4.2. La végétation	84
IV.5. Analyse des précipitations et détermination du débit de projet	88
IV.6. Choix de la loi d'ajustement	89
IV.7. Courbe Intensité durée fréquence.....	91
IV.8. Etude des apports.....	94
IV.9. Caractéristique de l'écoulement	95
IV.10. Etude des crues.....	95
IV.10.1. Différentes méthodes de calcul des crues	96
IV.10.1.1. Méthodes historiques	96
IV.10.1.2. Méthodes empiriques	96
IV.10.1.3. Courbes enveloppes	97
IV.10.1.4. Méthodes probabilistes	97
IV.10.1.5. Méthodes déterministes.....	97
IV.10.1.6. Méthode de l'hydrogramme unitaire	97
IV.10.2. Applications sur le bassin versant non jaugé d'oued Kicole.....	97
IV.10.2.1. Formule de Mallet–Gauthier	97
IV.10.2.2. Formule de SAMIE.....	98
IV.10.2.3. Formule de Sokolovski	98
IV.10.2.4. Formule de GIANDOTTI	98
IV.10.2.5. Formule Rationnelle.....	99

IV.10.2.5.1. Calcul du temps de concentration.....	99
IV.10.3. Hydrogramme de crue	100
IV.11. Conclusion	102
Conclusion générale	103
Références bibliographiques	

Introduction générale

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdeoucont re les inondations

L'Algérie, comme beaucoup d'autres pays du bassin méditerranéen, est soumise avec récurrence à des inondations. Il a causé et infligé un grand nombre de victimes de dommages aux habitations et infrastructures socio-économiques au cours des dernières décennies.

Les inondations sont un problème récurrent dans de nombreuses villes en Algérie, en particulier pendant la saison des pluies. Les précipitations intenses et les crues soudaines peuvent provoquer des inondations, des glissements de terrain et des dégâts matériels importants. Les inondations peuvent également menacer la sécurité des populations, entraîner des pertes de vies humaines et des déplacements de populations.

Les inondations en Algérie sont souvent causées par des facteurs tels que l'urbanisation rapide, l'imperméabilisation des sols, le manque d'infrastructures de drainage adéquates, la déforestation, la fragmentation des habitats naturels, les changements climatiques et les pratiques agricoles non durables. L'urbanisation rapide a entraîné l'expansion de zones urbaines dans des zones à haut risque d'inondation et l'imperméabilisation des sols a réduit la capacité du sol à absorber l'eau de pluie. Les infrastructures de drainage inadéquates, telles que les canalisations obstruées et les systèmes de drainage mal conçus, aggravent les risques d'inondation. La déforestation, la fragmentation des habitats naturels et les pratiques agricoles non durables augmentent l'érosion des sols et réduisent la capacité de l'écosystème à réguler le cycle de l'eau. En plus de cela, les grandes quantités de précipitations causent plusieurs problèmes, notamment routes coupées, zones d'habitation inondées, inondations des terres agricoles, glissements de terrain, etc. en causant de nombreuses pertes économiques et victimes humaines. Aussi la vulnérabilité des sols à l'érosion et au transport solide. 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.

De nombreuses zones en Algérie sont touchées par les inondations, les causes sont multiples : ampleur des phénomènes climatiques et hydrologiques défavorables du pays qui mettent en danger les activités économiques, Et cela s'est produit dans le passé, et ils ont touché davantage de centres urbains, car ils ont causé de nombreuses pertes en vies humaines.

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdou cont re les inondations

et de grands dégâts matériels. Comme les événements catastrophiques à Bab El Oued (Alger) de novembre 2001 et ses 800 victimes, ceux de l'automne 2008 provoquant des dizaines de victimes à Ghardaïa, Aïn Defla, Batna et Béchar.

La ville de Sebdou, située dans la Wilaya de Tlemcen en Algérie, a connu plusieurs épisodes d'inondations au cours de son histoire. En 1969, la ville a été touchée par des inondations qui ont causé des pertes en vies humaines et des dégâts matériels considérables. Depuis lors, plusieurs mesures ont été prises pour réduire les risques d'inondation, notamment la construction de digues et de canaux de drainage. Malheureusement, malgré ces efforts, la ville a connu d'autres inondations importantes au fil des ans. En 2001, des pluies torrentielles ont provoqué des inondations qui ont causé des dommages importants aux infrastructures et aux habitations de la ville. En 2010, des inondations similaires ont touché la ville, causant des pertes matérielles et humaines. Plus récemment, en septembre 2021, de fortes pluies se sont abattues sur la région, provoquant des inondations qui ont causé des pertes en vies humaines et des dommages matériels importants.

Les inondations dans la commune de Sebdou pourraient être aléatoires ou accidentelles lors d'une crue, à la suite de pluies torrentielles telles que celles survenues le 09 septembre 2018 et le 31 août 2022 ou bien par débordement d'oued comme l'oued de Lala Aïcha survenues le 25 juillet 2022, Cette crue s'est produite lorsque l'excédent d'eau n'a pas pu être drainé par les moyens artificiels disponibles à cet effet (drains et réseaux d'évacuation des eaux pluviales).

La ville de Sebdou est vulnérable au risque d'inondations en raison de sa situation géographique et de sa topographie. La ville est située dans une vallée encaissée entourée de montagnes, ce qui peut favoriser les crues rapides et les inondations lors de fortes précipitations. De plus, la ville de Sebdou a connu plusieurs épisodes d'inondations dans le passé en raison de l'insuffisance du réseau d'évacuation des eaux pluviales et de la forte urbanisation. L'augmentation de la population et l'expansion urbaine ont conduit à l'imperméabilisation des sols, ce qui réduit l'infiltration des eaux pluviales dans le sol et augmente le risque d'inondations. Enfin, les changements climatiques peuvent également aggraver la vulnérabilité de la ville de Sebdou aux inondations en augmentant la fréquence et l'intensité des précipitations.

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdoou contre les inondations

Pour réduire la vulnérabilité de la ville de Sebdoou aux inondations, notre présente étude a pour objet de chercher comment protéger la ville de SEBDOU contre les inondations pouvant provenir principalement des crues des oueds surplombant la ville au Sud ou des eaux d'averses pluviales non évacuées par le réseau d'assainissement ou les canaux superficiels.

Aussi, notre étude s'articule en quatre Chapitres:

- **Premier chapitre:** Généralités sur les Inondations

Dans lequel nous présentons des notions et concepts fondamentaux liés au risque d'inondation, le phénomène naturel générateur de ce risque, ces types et ces causes ainsi que les enjeux et leur vulnérabilité.

- **Deuxième chapitre:** Protection des agglomérations contre les inondations

Consiste à illustrer les différents moyens de protection et de lutte contre les inondations qui existent et leur évolution ainsi que leurs domaines d'application.

- **Troisième chapitre :** Présentation du site et état des lieux sur les inondations à Sebdoou et diagnostic

On présentera le milieu naturel, les différents éléments caractérisant le territoire communal de la ville de Sebdoou sur le plan physique, et hydrologique ainsi qu'un diagnostic sur les causes ayant et ou susceptibles de provoquer les inondations à Sebdoou.

- **Quatrième chapitre : hydrologie et aménagement**

Comprend l'étude hydrologique d'oued Kicole, l'un des plus importants cours d'eau surplombant la ville de Sebdoou et l'un des facteurs potentiels pouvant être la cause d'inondation de la ville de Sebdoou. Aussi quelques propositions d'aménagement seront proposées en particulier au niveau de l'oued Kicole permettant d'atténuer la vitesse des crues et/ou de canaliser les écoulements torrentiels pour éviter le débordement des eaux dans la ville de Sebdoou.

Et on termine par une conclusion générale.

CHAPITRE I:

Généralités sur les inondations

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebducont re les inondations

I.I. Introduction :

Les inondations sont l'une des catastrophes naturelles les plus courantes dans le monde. Une inondation se produit lorsqu'un excès d'eau submerge une terre généralement sèche. Ils sont souvent causés par de fortes pluies, la fonte rapide des neiges ou des ondes de tempête causées par un cyclone tropical ou un tsunami dans les zones côtières.

Les inondations provoquent généralement des destructions massives et entraînent des pertes matérielles et humaines et des infrastructures de base dans tous les domaines surtout dans le domaine de la santé publique.

Les personnes les plus exposées aux inondations sont les personnes qui vivent dans des zones inondables ou des bâtiments qui ne résistent pas aux inondations, ou les personnes qui manquent de systèmes d'alerte et de sensibilisation aux risques d'inondation.

Au cours de la période 1998/2017, les inondations ont touché plus de deux milliards de personnes dans le monde. [1]

I.II. Définitions:

I.II.1. Inondation:

Les inondations sont l'une des catastrophes naturelles les plus fréquentes, est une augmentation soudaine du niveau d'eau (mers, lacs ou des rivières), à la suite de précipitations importantes en durée et (ou) en intensité, la fonte rapide des neiges, pénétration de barrages, fissures et démolition de réservoirs ou après des tremblements de terre, La dimension des inondations est extrêmement variable de petites inondations locales à des catastrophes de grande échelle touchant plusieurs pays.

I.II.2. Crue:

C'est un phénomène hydrologique de base affectant le cours d'eau. Il se traduit par une augmentation de son débit, de sa hauteur d'eau et de sa vitesse. La crue, si elle est assez importante, peut avoir pour conséquence l'inondation d'une zone [2].

I.II.3. Paramètres fondamentaux du cours d'eau:

I.II.3.1. Lits du cours d'eau:

- ❖ **Lit mineur:** désigne tout l'espace linéaire où l'écoulement effectue la majeure partie du temps. Il est délimité par des berges généralement végétalisées
- ❖ **Lit moyen:** intermédiaire entre le lit mineur et le lit majeur, il représente l'espace occupé par le cours d'eau lors de crues fréquentes, saisonnières

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdooucont re les inondations

❖ **Lit majeur:** est l'espace occupé par le cours d'eau lors de grandes crues. Il constitue la zone d'expansion maximale des crues. [3]



Figure I.1: Lits d'un cours d'eau. [3]

I.II.3.2. Rive–berge:

On appelle le talus incliné qui sépare le lit mineur et le lit majeur, la berge. Alors qu'on appelle le milieu géographique qui sépare les milieux aquatique et terrestre, la rive.

I.II.3.3. Ripisylve:

Une ripisylve est une formation boisée qui occupe naturellement les espaces riverains des cours d'eau, à l'interface entre les lits majeur et mineur. Son fonctionnement est influencé par la proximité d'un cours d'eau, notamment à travers les processus d'inondation et d'érosion–déposition. De ce fait, sa composition en espèces est particulière. [4]

I.II.3.4. Alluvions et substratum:

Le substratum c'est une formation géologique constituée de roches dures ou plus ou moins tendres qui constitue la couche inférieure

Les alluvions existent en eau douce et dans les estuaires marins, ils sont des dépôts sédimentaires constitués de matériaux solides tels du sable, de la vase, de l'argile, des galets, du limon et des graviers, transportés par les eaux d'un cours d'eau.

I.III. Typed'inondation:

I.III.1. Les inondations des plaines:

Elles se traduisent par le débordement d'un cours d'eau qui sort de son lit habituel (lit mineur) et regagnant son lit majeur. Ce débordement peut être précédé ou suivi par des remontées des nappes phréatiques. Elles se caractérisent par une montée des eaux longue, peu rapide, et une durée de submersion pouvant atteindre quelques semaines. [5]

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

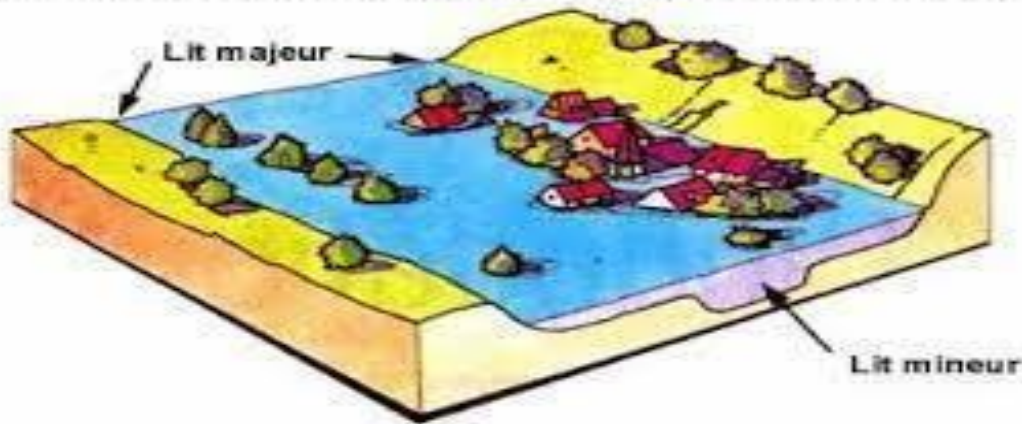


Figure I.2: Les inondations par débordement directe (débordement des plaines) [18]

I.III.2. Les inondations par crues torrentielles:

Elles résultent de l'accélération du débit d'un cours d'eau suite à de fortes précipitations. Elles se caractérisent par une montée rapide des eaux, une vitesse d'écoulement très élevée et une durée de submersion très courte. Ces crues demeurent, exceptionnelles et constituent un grand danger pour les populations. [5].



Figure I.3: Les inondations par crues torrentielles [19]

I.III.3. Les inondations par ruissellement pluvial:

Il se manifeste soit en zone urbaine fortement imperméabilisée, soit en milieu rural

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdeoucont reles inondations

avec érosions superficielles et réactivation de stalwegshabituellement à sec. [5]

Figure I.4: Les inondations par accumulation d'eau ruisselée [7]

I.III.4. Inondations par remontées des nappes phréatiques:

Elles correspondent à des inondations par débordement indirect qui se manifestent par la remontée de la nappe phréatique qui affleure en surface et/ou par l'intrusion d'eau dans les différents réseaux d'assainissement. [5]

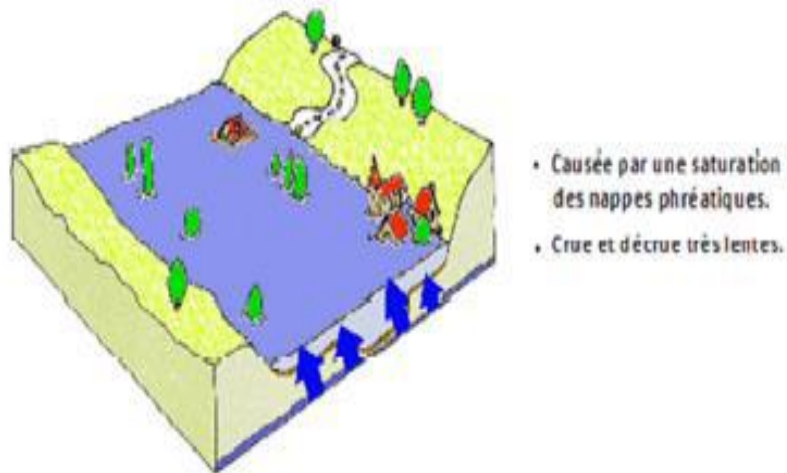


Figure I.5 : Les inondations remontées des nappes phréatiques [5]

I.III.5. Inondation par rupture d'une protection:

L'inondation consécutive à une rupture de digue est un phénomène très brutal et d'autant plus dommageable que le site étudié est proche de la digue. [5]

Une rupture peut provoquer l'entrée d'un mur d'eau de plusieurs mètres de haut. Il est très difficile de prévoir la rupture d'un ouvrage de protection, ce qui rend la prévention de ce type

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdooucont re les inondations

d'accident particulièrement incertaine. [6]



Figure I.6: Les inondations par rupture d'une digue [22]

I.III.6. Inondations marines :

Les submersions marines sont des inondations temporaires de la zone côtière par la mer dans des conditions météorologiques (fortes dépressions et vents de mer) et forts coefficients de marée. Elles se traduisent par l'invasion par des eaux salées particulièrement agressives. Elles se manifestent soit lors d'un raz de marée ou de tsunami (occurrence très faible, mais phénomène dévastateur), soit lors d'une tempête (surcote marine, vents et précipitations importants) ou en cas de rupture des défenses contre la mer (dans ce cas, les risques se concentrent le long du boulevard de littoral dans les secteurs dépressionnaires). [7]

I.IV. 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 de 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. [8]

I.IV.1. Risques majeurs:

- **Risques naturels:** avalanche, feu de forêt, **inondation**, mouvement de terrain, cyclone, tempête, séisme et éruption volcanique;

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdeoucont reles inondations

- **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**[9]

I.IV.2. Alea:

L'aléa semble le terme le plus adéquat pour définir le phénomène physique, naturel et non maîtrisable, d'occurrence et d'intensité donnée (définition du ministère de l'environnement et de développement durable français). Cette définition révèle le caractère hasardeux du risque et faire différencier de sa définition linguistique qui le présente comme un risque et non pas un de ses composantes. Dans notre cas où le risque est l'inondation l'aléa n'est que

le phénomène naturel de crue non maîtrisable d'occurrence et d'intensité aléatoires, cette prévision est probabiliste et la détermination de l'intensité et la fréquence de crue est basée sur le traitement stochastique de l'historique des événements où la longueur de la série observée joue un rôle principal sur la validité des prévisions. Néanmoins la notion de période de retour est purement statistique et elle ne correspond qu'à l'appréciation de l'intensité du phénomène en comparaison à d'autres.[10]

I.IV.2.1. principaux paramètres spécifiant l'alea « inondation »

Quatre paramètres principaux sont nécessaires pour caractériser l'aléa inondation:

- **période de retour**

La notion de période de retour « T » n'est qu'une autre façon de caractériser la **fréquence** d'apparition d'un phénomène à un moment donné. Statistiquement, on la définit comme l'inverse de la probabilité d'occurrence de dépassement « p » de ce phénomène ; $T=1/P$. Un phénomène ayant une période de retour de cent ans (phénomène centennal) a une chance sur cent de se produire ou d'être dépassé chaque année. Cela est vérifié à condition de considérer une très longue période. Mais elle peut aussi, sur de courtes périodes (quelques années), se répéter plusieurs fois. Autrement dit, en vingt ans, un individu a une chance sur cinq de vivre la crue centennale. On associe souvent à la notion de crue la notion de période de retour (crue décennale, centennale, millénaire, etc.) ; plus cette période est grande, plus les débits et aggravés par la présence d'activités humaines. L'intensité est importante. Les événements

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdooucont re les inondations

les plus souvent représentés sur la carte d'aléa sont la crue décennale (Q10) et la crue centennale (Q100). [9]

- **hauteur et durée de submersion**

La hauteur de submersion peut avoir un impact important sur le bâti, notamment lorsqu'elle dépasse la cote de référence. Lorsque la durée de submersion est importante, des problèmes sanitaires peuvent survenir, l'eau étant souvent malpropre, contaminée par les égouts ou parfois le mazout échappé des cuves. Pour l'homme, on considère généralement que des hauteurs d'eau supérieures à 50 cm sont dangereuses. À titre d'exemple, une voiture commence à flotter à partir de 30 cm d'eau. [9]

- **vitesse du courant**

La vitesse d'écoulement est conditionnée par la pente du lit et sa rugosité, la dangerosité de l'écoulement dépend du couple hauteur/vitesse. À titre d'exemple, à partir de 0,5 m/s, la vitesse du courant devient dangereuse pour l'homme, avec un risque d'être emporté par le cours d'eau ou d'être blessé par des objets charriés à vive allure. [9]

- **volume de matière transportée**

Ce volume est communément appelé « transport solide ». Il s'agit de matériaux (argiles, limons, sables, graviers, galets, blocs, etc.) se trouvant dans les cours d'eau et dont le transport peut s'effectuer soit par suspension dans l'eau, soit par déplacement sur le fond du lit, du fait des forces liées au courant. L'aléa inondation d'une rivière torrentielle sera essentiellement caractérisé par une vitesse du courant élevée et un fort transport solide.

[9] I.IV.3. Vulnérabilité:

La vulnérabilité est une notion composite. Elle prend en compte divers paramètres géographiques et socio-économiques. Plusieurs définitions existent dans la littérature, parmi lesquelles on choisit deux définitions officielles. La définition de MIDD (le Ministère de l'Ecologie et de Développement Durable français) « la vulnérabilité est le niveau de conséquences prévisibles d'un phénomène naturel sur les enjeux », et celle de NOAA (National Oceanic and Atmospheric 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;

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdeoucont re les inondations

- Les enjeux.

Cette complexité de concepts d'aléa et de la vulnérabilité figure I.5 montre que la considération des risques 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 [10]



Figure I.7: Les risques d'inondation [23]

I.IV.4. Causes de formation des crues et des inondations

I.IV.4.1. Influence du climat:

Les conditions climatiques jouent un rôle déterminant sur le régime d'un cours d'eau, ce sont les précipitations surtout liquides, qui constituent le facteur essentiel. Elles interviennent par:

- Leur répartition spatiale.
- Leur répartition temporelle

Ces différents aspects des précipitations sont plus ou moins modifiés selon un effet combiné des autres paramètres physiques (altitude et exposition) et climatiques (la température, l'évaporation, l'évapotranspiration, les vents et l'humidité) ; des facteurs qui influent sur l'écoulement et le régime hydrologique du bassin. [11]

I.IV.4.2. Les crues provoquées par les chevelus hydrographiques:

La crue correspond à

l'augmentation de la quantité d'eau qui s'écoule dans la rivière (Débit) et peut concerner l'ensemble du lit majeur de la rivière

Elle dépend essentiellement de l'abondance et de l'intensité de la pluie: son évolution obéit principalement à la puissance et à l'intensité de l'averse. Sa vitesse est largement influencée par

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdooucont re les inondations

le couvert végétal, la lithologie, par des paramètres morpho métriques du bassin (indice de compacité, densité de drainage, rapports des confluences et des Longueurs etc...), par la pente des thalwegs et la forme du lit.[11]

Le processus de la genèse de crue est le résultat de plusieurs processus concomitants. Il peut être le résultat de l'écoulement superficiel ou souterrain ou les deux ensembles. Les crues sont de trois types:

- Les crues d'averses: Ce sont les crues les plus connues et plus répandues.
- Les crues de fonte de neige: Caractéristiques aux régimes climatiques Neigeux.

Elles sont liées à l'augmentation de température.

- Les crues d'embâcles : Généralement dues aux blocs de glaces ou troncs d'arbres qui s'accumulent formant des petits barrages et provoquant des Inondations à l'amont. L'embâcle est l'effet de la rupture de ces petits Barrages résultant des inondations à l'aval.[12]

I.IV.4.3. Le processus de formation des crues:

Comprendre ce processus de formation des crues revient à analyser les différents facteurs concourant à la formation et à l'augmentation temporaire des débits d'un cours d'eau. En simplifiant, on distingue:

- **L'eau mobilisable:** constituée de l'eau reçue par le bassin versant.
- **Le ruissellement :** qui correspond à la part de l'eau qui n'a pu s'infiltrer dans le sol. Il dépend de la nature du sol, de la pente, de son occupation de surface et de l'intensité de l'épisode pluvieux.
- **Le temps de concentration:** qui est défini par la durée nécessaire pour

Qu'une goutte d'eau partant du point le plus éloigné de l'exutoire du bassin versant parvienne jusqu'à celui-ci.

- **La propagation de l'onde de crue :** qui est fonction de la structure du lit et de la vallée alluviale, notamment de la pente et des caractéristiques du champ d'inondation.[13]

I.IV.4.4. La période de retour des crues:

On associe souvent à la notion de crue la notion de période de retour (crue décennale, centennale, millénaire, etc.) : plus cette période est grande, plus les débits et l'intensité sont importants.

Selon ce paramètre, on distingue: La période de retour des crues:

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdooucont re les inondations

- **Les crues fréquentes:** dont la période de retour est comprise entre un et deux ans.
- **Les crues moyennes:** dont la période de retour est comprise entre dix et vingt ans.
- **Les crues exceptionnelles:** dont la période de retour est de l'ordre de cent ans.
- **La crue maximale vraisemblable:** qui occupe l'intégralité du lit majeur. [14]

I.IV.4.5. Paramètres influençant les inondations:

Un grand nombre de facteurs autres que celles dictées précédemment intervient, souvent de façon aggravante, dans les dégâts occasionnés par les inondations. Parmi ces derniers, on peut rappeler l'influence des facteurs naturels et anthropiques [8]

I.IV.4.6. Influence des facteurs naturels:

Surface et forme du bassin versant : ainsi pour une même surface, l'allure de la hydrogramme de crue résultant d'une pluie donnée est très différente suivant la forme du bassin versant ; un bassin très allongé ne réagit pas comme un bassin de forme ramassée ce qui a amené l'utilisation d'un indice pour évaluer le « coefficient de compacité ». En principe plus cet indice est faible, plus la concentration des eaux apportées par les affluents est rapide et plus les crues risquent d'être brutales et bien différenciées [15].

Configuration du relief des lits des cours d'eau : La pente exerce une influence directe sur la rapidité de l'écoulement et donc sur la puissance de la crue. Si le profil en long du cours d'eau est assimilable à une suite de segments plus ou moins pentus, il exerce une action visible sur la crue. Le profil en travers est aussi important ; pour un même débit de crue, un cours d'eau encaissé verra sa hauteur d'eau monter beaucoup plus vite qu'un cours d'eau à profil plus évasé. En contrepartie, ce dernier a de plus grands risques de débordements.

Densité des cours d'eau et perméabilité du bassin versant : ainsi la densité des cours d'eau est fonction de la nature des terrains, le réseau est d'autant plus développé et complexe que le terrain est moins perméable. On comprend aisément que plus l'imperméabilité est forte, plus les eaux météoriques sont disponibles pour le ruissellement de surface. De ce point de vue, à priori les cours d'eau drainant les régions imperméables ont une plus forte probabilité à développer des crues dangereuses. [16]

Facteurs biogéographiques : la végétation joue un rôle climatique complexe, elle agit sur le ruissellement, retient une part des pluies, évapore l'eau, etc. L'on sait depuis longtemps qu'une couverture végétale dense réduit et ralentit considérablement l'écoulement. D'abord la forêt intercepte la pluie et la neige, cette dernière pouvant mettre très longtemps à fondre sous couvert. Ensuite elle accroît fortement l'évapotranspiration ; pour la zone tempérée celle-ci

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Seb Dou contre les inondations

atteint ou dépasse fréquemment 500 à 700 mm/an. On comprend facilement que cela limite le ruissellement direct et l'alimentation des cours d'eau. Bien souvent une végétation vigoureuse aux arbres dotés de racines nombreuses et bien enchevêtrées, constitue une excellente protection naturelle, quasi totale, contre l'érosion torrentielle. Inversement la destruction du couvert végétal constitue un facteur aggravant la puissance des crues. [8]

I.IV.4.7. Influence des facteurs anthropiques:

Occupation de zones riveraines : la concentration des personnes et l'accumulation des biens dans les champs d'inondation génère le risque d'inondation par accroissement des enjeux, augmentation de la vulnérabilité et absence de prévention-précaution.

Imperméabilisation forte (conséquences d'aménagements urbains ou agricoles).

Défaillance des dispositifs de protection (digues, déversoirs) [8]

I.V. Les Inondations Dans Le Monde:

Les inondations sont considérées comme le premier risque naturel dans le monde, et ce à cause des pertes matérielles et humaines qu'elles occasionnent. Le tableau suivant présente quelques-unes des inondations dans les continents du monde.



Figure I.8: inondation de la Chine 1954 [24]

Tableau I.1: Les inondations les plus coûteuses dans les Continents du monde [48]

Date	Lieu	Nombre de morts	Cause
Afrique			
1969	Tunisie	Plus de 542	pluies torrentielles

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdoou contre les inondations

1995	Tunisie	20	pluies torrentielles
2000	Mozambique	800	pluies torrentielles
25-nov-14	suddu Maroc	plus40	mauvaises conditions météorologiques
01-juin-15	Ghana	200	de fortes pluies continues
08-févr-21	nord du Maroc	24	forte pluie
02-mars-21	nord du Maroc	0	forte pluie
22-juin-22	Maroc	1	fortes pluies
Europe			
1219	Pays-Bas	36000	pluies torrentielles
1530	Pays-Bas	120000	pluies torrentielles
19-juil-85	Italie	286	fracture du réservoir du barrage (Val distave)
7 août 1996	Espagne	87	pluies torrentielles et coulées de boue
03-oct-15	France	20	épisode méditerranéen
Asie			
1911	chine	100000	pluies torrentielles
07_09/1954	chine	330000	pluies torrentielles
1971	Vietnam	100000	/
1974	Bangladesh	3000	vents violents de la mousson
1975	chine	160000	Effondrement du barrage (Banqiao)
1983	chine	Entre 9000000 et 2 millions	terrain plat autour de la rivière
24_7/18_81995	Corée du nord	68	forte pluie
2009	inde	299	forte pluie
américain			
15-oct-54	canada	81	l'ouragan
29 août 2005	usa	1833	Déferlement de l'ouragan (katrina) sur le sud des Etats Unis.
28-janv-22	brésil	21	glissement du terrain
Océanie			
2011/2012	Australie	38	forte pluie

On déduit que l'Asie est le continent le plus à risque d'inondation, en particulier la Chine.

I. VI. Les Inondations En Algérie:

L'Algérie fait partie des pays qui font face aux phénomènes de crue et d'inondations, qui sont les catastrophes naturelles les plus dévastatrices et même les plus fréquentes. L'Algérie a enregistré un certain nombre d'inondations à certaines périodes.

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdoou contre les inondations

Tableau I.2: les inondations en Algérie

wilaya	la date	nombre de décès
Tiziou zou (azazga)	12-oct-71	40
Tiziou zou	28 au 31 mars 1974	52
Sétif (Eleulma)	1980	44
Annaba	11-nov-82	26
Jijel	29-déc-84	29
Bordj bou arréridj	23-sept-94	16
Ouad Rhio		22
Alger (Bab-elouad)	10-nov-01	70
Sidibelabbes	28-mai-06	
Ghardaia	2008	29



Figure I.9: les inondations de Bab el oued et Constantine [25]

Tableau I.3: illustre le nombre de constructions, par ville, construites sur les zones inondables. [6]

Wilaya	Nombre de construction
--------	------------------------

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdoou contre les inondations

Chlef	2248
Laghouat	3083
O.Elbouaghi	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

I. VII. Les inondations Les Plus Catastrophiques Survenues En Algérie:

Cause	Date et lieu
Inondations causées par des pluies orageuses localisées	<ul style="list-style-type: none"> _ la ville d'EL EULMA (01 Septembre 1980). _ la ville d'ANNABA (11 Novembre 1982). _ la ville d'OUED R'HIYOU (20 Octobre 1993). _ BORDJ BOU ARRERIDJ (23 Septembre 1994).
Inondations des grandes bassins versants (pluie généralisées)	<ul style="list-style-type: none"> _ 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

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdeoucont re les inondations

I.VIII. Effets Des Inondations Sur La Santé Humaine:

- ❖ **Décès**: est la principale cause de décès durant les inondations est la noyade
- ❖ **Blessures** : Les blessures et les traumatismes corporels peuvent se produire pendant l'inondation et être causés par des débris de toutes sortes présents dans l'eau ou bien encore lors d'opérations d'évacuation et de sauvetage, ou de tentatives de récupération des biens personnels
- ❖ **Intoxications au monoxyde de carbone** : des intoxications accidentelles au CO représentent un risque important et commun pour la santé, pendant et surtout après les inondations, lors des activités de nettoyage
- ❖ **Hypothermie** : Dans le contexte d'une inondation, l'hypothermie peut se produire lorsqu'une personne est exposée de façon prolongée à l'eau ou qu'elle se trouve dans un environnement froid.
- ❖ **Troubles gastro-intestinaux** : Dans le contexte d'une inondation, il y a un risque accru de contamination microbiologique de seaux de crues, souillées par l'effluent des égouts, des installations septiques endommagées. [17]

IX. Conclusion:

En conclusion, il n'existe pas de solution unique pour la protection contre les inondations, car chaque situation est influencée par des conditions locales spécifiques. Il y a autant de problèmes à résoudre que de zones sujettes aux inondations.

De plus, la mise en place de mesures de protection nécessite de remplir un certain nombre de conditions qui limitent souvent les possibilités et les résultats. Il est donc essentiel de rechercher la meilleure solution adaptée à chaque zone à protéger, en prenant en compte des marges de sécurité adéquates, car les méthodes d'étude ne sont pas toujours précises.

Il est également important de ne pas accorder une valeur formelle excessive aux études économiques dans le domaine de la protection contre les inondations, car elles ne peuvent fournir qu'une estimation approximative. Cependant, elles permettent d'évaluer si les opérations envisagées sont économiquement viables et surtout de comparer les différentes solutions entre elles.

En résumé, il est essentiel d'adopter une approche adaptée à chaque situation spécifique de protection contre les inondations, en prenant en compte les conditions locales et en évaluant soigneusement les options disponibles. Une analyse économique peut être utile pour évaluer la viabilité des solutions envisagées, tout en gardant à l'esprit qu'il s'agit d'estimations approximatives.

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdeoucont relesinondations

CHAPITRE II :

Procèdes de protection des agglomérations contre les inondations

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdooucont re les inondations

II.I. 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 débord des limites du lit mineur. Ils'agit d'un phénomène en nature 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. Une fois la situation duris que est décrite, il est possible de faire une prévision d'un large éventail d'aménagements qui pourra a priori participer à la réduction des conséquences des écoulements provoquant les inondations. Ces aménagements peuvent être prévus au niveau du bassin versant, dans les réseaux primaires et dans le lit majeur des cours d'eau. [26]

II.II. PROCÉDES DE PROTECTION DES AGGLOMERATIONS 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.

II.II.1. Recalibrage du cours d'eau

Ils'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....) [27]

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdooucont reles inondations

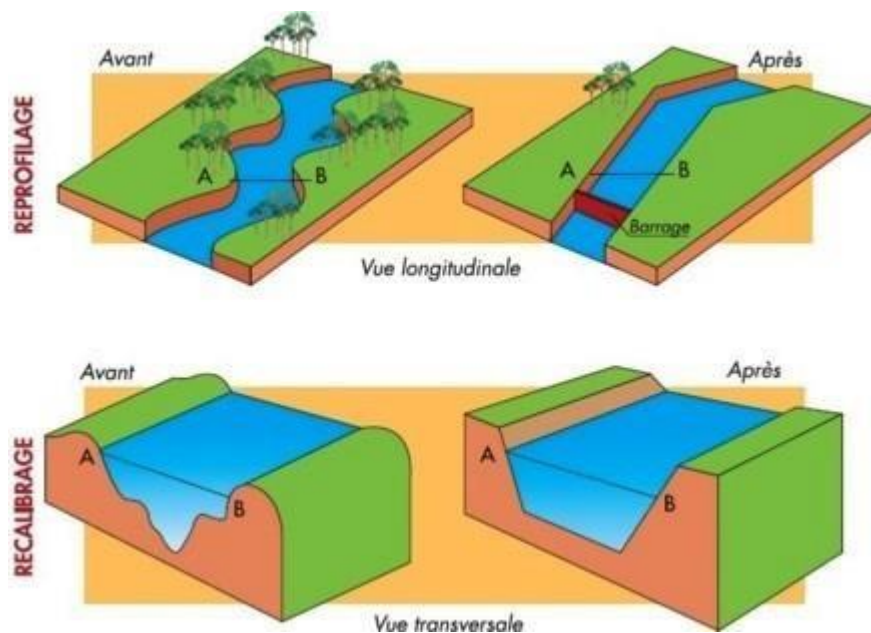


Figure II.1: Réalimentation d'un cours d'eau. (site internet)[34]

Ce type de travaux hydrauliques a été mis en œuvre très anciennement dans les zones urbaines et périurbaines, souvent accompagné d'endigements étroits, pour réduire la fréquence des inondations (diminuer la fréquence des submersions). Il a été utilisé de manière quasi systématique dans les zones rurales [28]

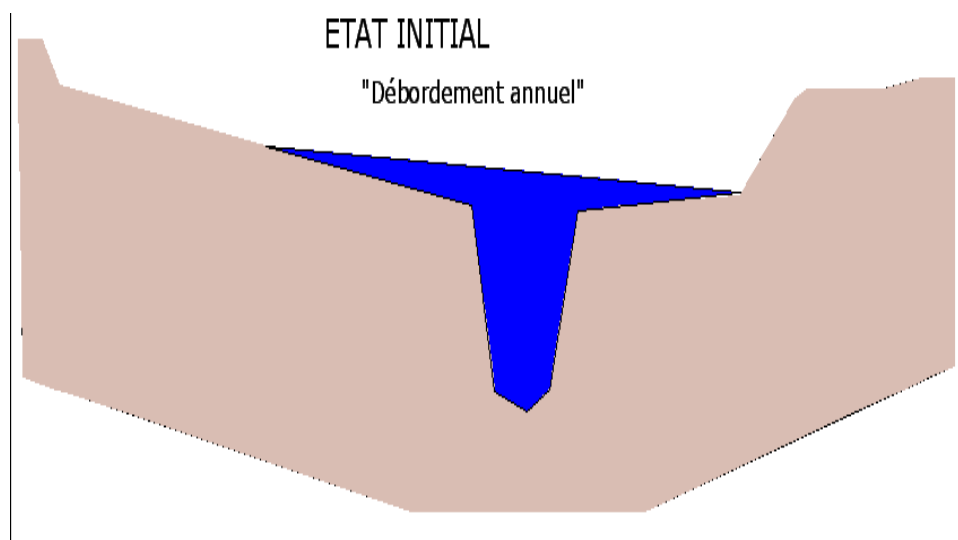


Figure II.2: Etat initial [29]

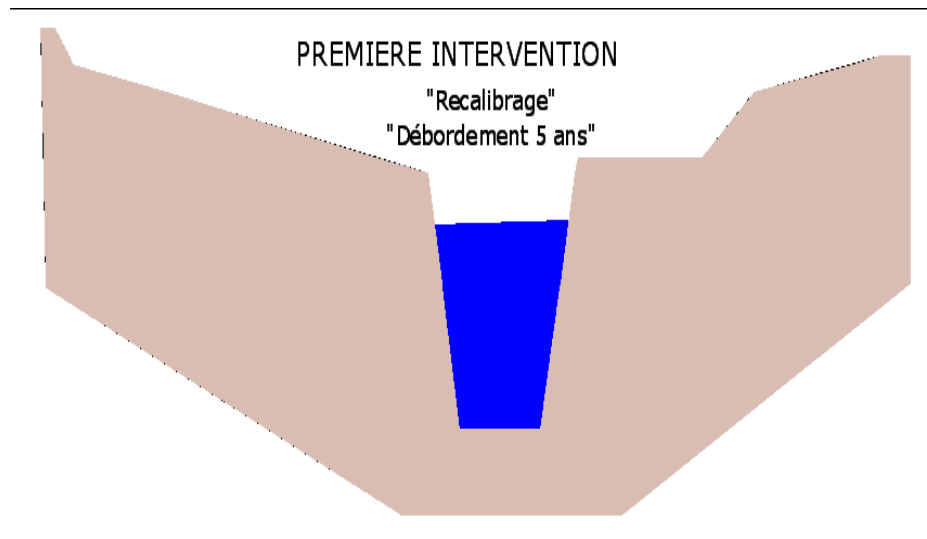


Figure II.3 : Première intervention [29]

II.II.1.1. Les conséquences d'un recalibrage

- 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. [27]

- 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. [28]

- 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 c'est l'augmentation de la rapidité de la décrue. La stabilité et le glissement des berges sont donc affectés. 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.

* Et chaque fois qu'il est possible le maintien de arbres ou au moins de souches

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdeoucont re les inondations

et le maintien des seuils existants. [27]

II.II.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 : érosion et/ou dépôts.

* Augmentation des contraintes hydrauliques en crue. [28]

II.II.2. Endiguement du cours d'eau :

On les trouve 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). [30]

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. [29]

Les digues vont permettre au cours d'eau d'accepter un débit supérieur à celui de plein bord sans qu'il y ait débordement. [29]

L'effet d'un endiguement est d'empêcher le débordement pour des crues dont les débits sont inférieurs à ceux de la crue de projet. Au-delà de ces débits, le débordement aura lieu, ses conséquences sont souvent accrues du fait de vitesses d'écoulement importantes là où se produit la submersion. [29]

Pour les ouvrages hydrauliques en remblai, quatre mécanismes de rupture sont classiquement considérés : l'érosion externe, l'érosion interne, l'instabilité externe et la liquéfaction. Ces mécanismes sont largement documentés dans la littérature technique, notamment celle des barrages. [30]

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdooucont reles inondations

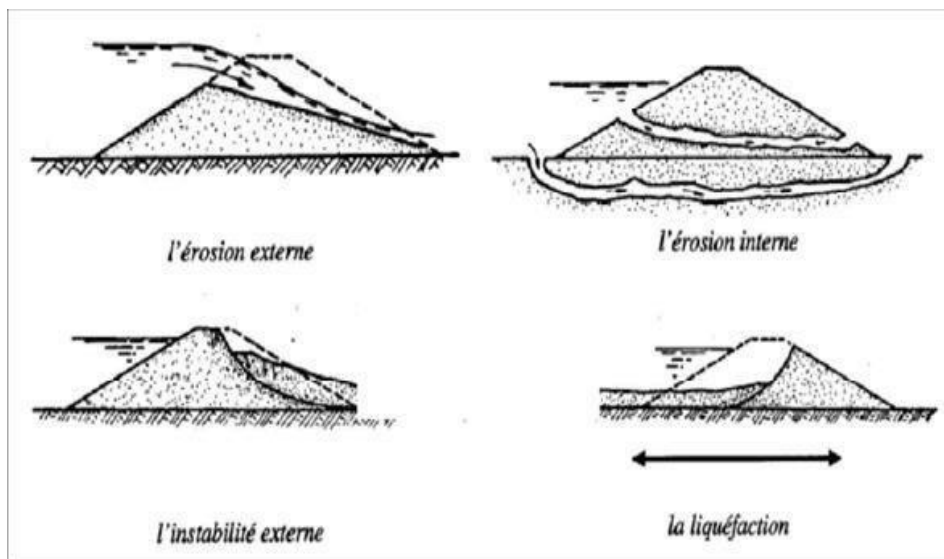


Figure II.4: Mécanismes de rupture des ouvrages en remblai. [30].

La réalisation des digues implique un risque supplémentaire sur le territoire protégé en cas de rupture de la digue, même sans submersion (cas des renards). Ce risque expose très sévèrement sur la vie des riverains [29]

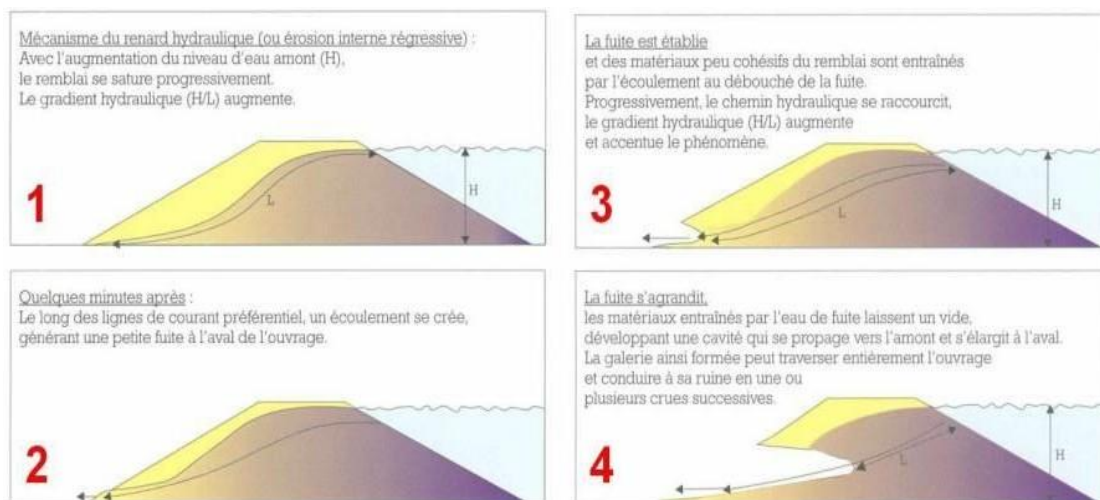


Figure II.5 Mécanisme du renard hydraulique dans une digue. [35]

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.) [30]

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdeoucont reles inondations

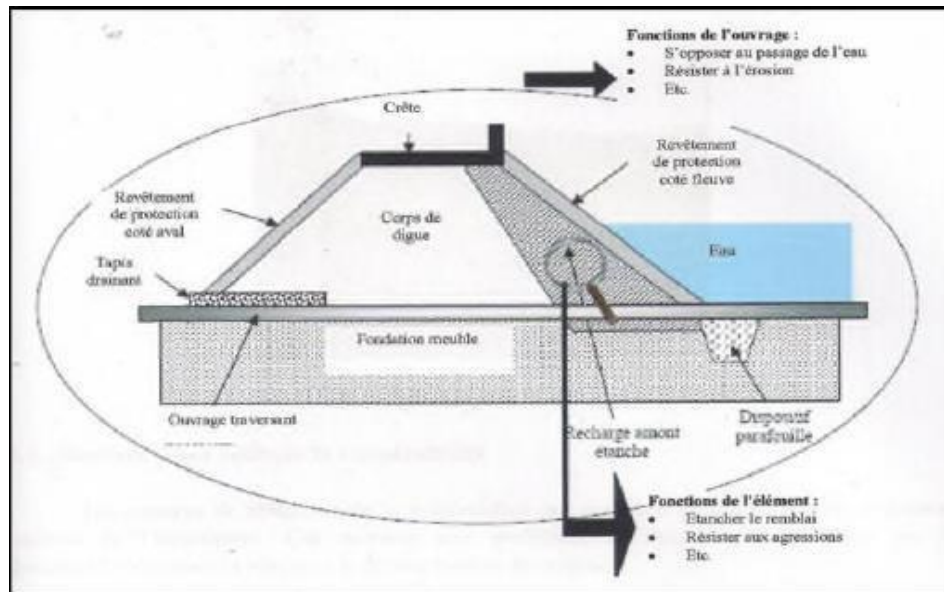


Figure II.6: Schéma d'une digue [30].

On peut décrire le fonctionnement hydraulique d'une vallée endiguée (Figure II.8) de la façon suivante

- Lors d'une crue, la rivière débordée de son lit mineur et inonde progressivement le lit majeur endigué [30]
- L'endiguement limite l'emprise de l'inondation pour les crues faibles et moyennes, mais si sur élève la ligne d'eau là où la présence des digues conduit à des étranglements, la largeur du lit naturel (c'est très souvent le cas dans la traversée des villes). [30]
- Dans le cas des fortes crues, le rôle des digues est limité et la vallée sera complètement inondée. [31]
- on aménage parfois des déversoirs qui permettent de protéger la digue contre le débordement.
- 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 recouvre ainsi l'ensemble de leur lit majeur, comme en l'absence de protections [30]

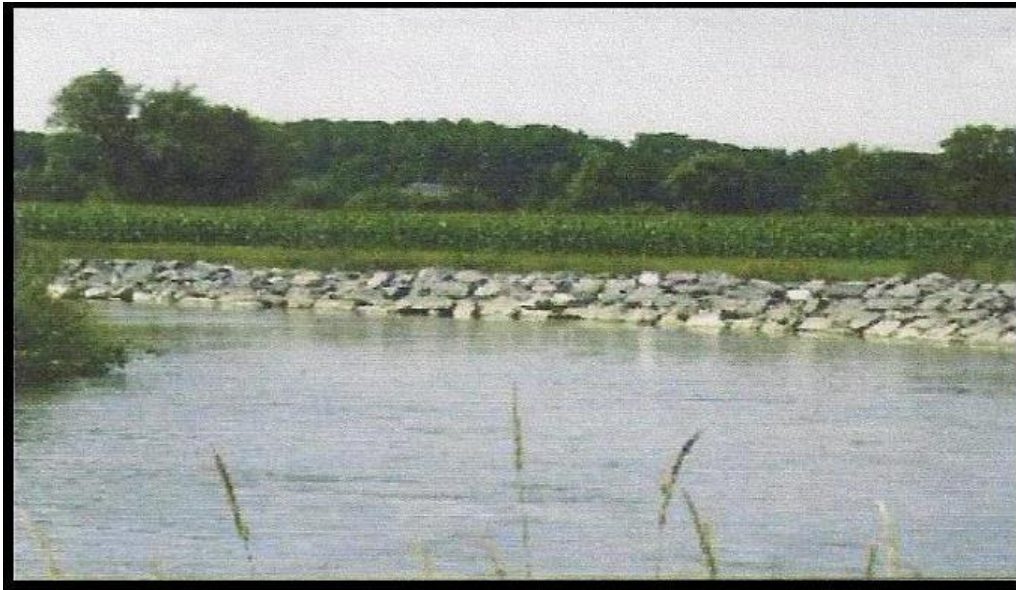


Figure II.7: Digue enrochée[30].

II.II.3. Reboisement :

Le processus de reboisement est basé sur : La nature du sol ; la qualité de la plante efficace et le type de climat. La végétation favorise la rétention, ralentit les temps de réponse et atténue les volumes ainsi que les débits de pointe mesurés sur le bassin versant.

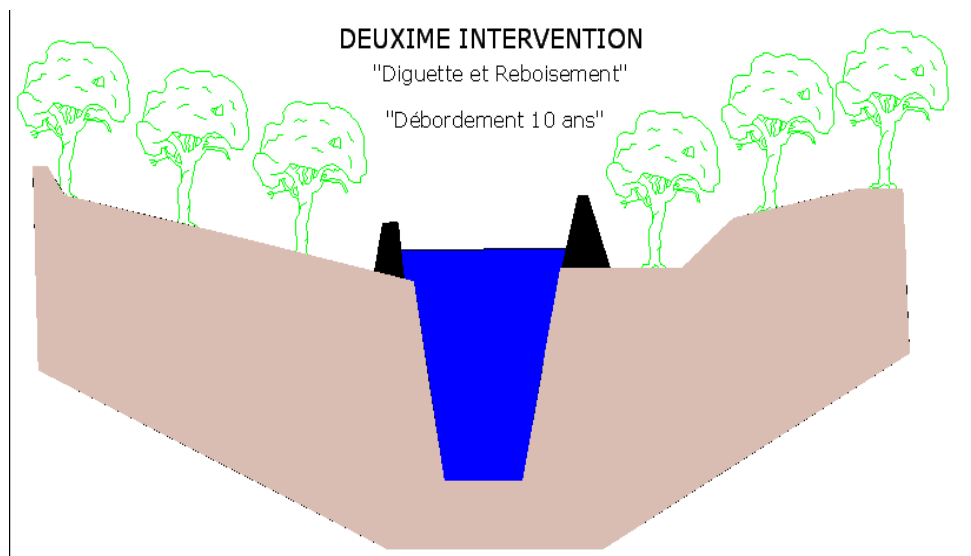


Figure II.8: Deuxième intervention.[29]

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdooucont re les inondations

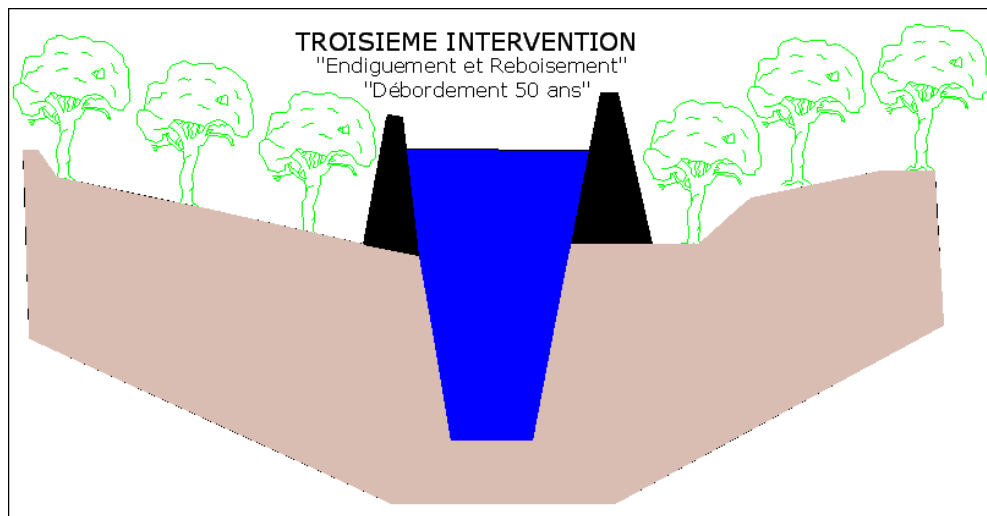


Figure II.9: Troisième intervention. [29]

Au plan de la tenue des berges, un arbre peut jouer différents rôles selon, sa taille, sa position et son espèce. Il contribue à la stabilité des berges et à la protection contre l'érosion. [29]



Figure II.10: Aménagement des berges de l'oued contre le glissement [29]

Au plan morphologique, la végétation a un rôle important. Lorsque la végétation existe au niveau des berges, le lit est moins large et plus profond et la pente des berges est plus forte. [29]

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdooucont re les inondations

II.II.4. Recalibrage des ouvrages d'art

Cette opération consiste à modifier l'architecture des ouvrages d'art pour leur permettre de laisser passer un débit plus important en cas de crue et limiter les possibilités d'embâcles. L'effet est essentiellement en amont de l'ouvrage d'art.[27]



Figure II.11: Recalibrage des ouvrages d'art [36]

II.II.5. Recalibrage des systèmes d'évacuation de l'eau:

Cette opération consiste à modifier les capacités d'écoulement des systèmes d'évacuation de réseaux pluviaux pour éviter que leur engorgement ne provoque des inondations dues aux précipitations sur une zone urbanisée. Il peut également s'agir de modifier un défaut des systèmes d'évacuation qui n'empêche pas l'eau du cours en crue de refouler. L'effet est essentiellement local.[27]

II.II.6. Préservation — restauration — création des zones d'expansion des crues : Il s'agit de préserver ou de restaurer des zones connues d'expansion de crues du cours d'eau. Ceci implique généralement de contrôler l'occupation de la zone d'expansion de crues de telle sorte que la submersion de la zone ne soit pas finalement prise en compte. Les effets positifs sont à une échelle plus ou moins locale en fonction de la surface de stockage effectivement en jeu.[29]

Ce type d'aménagement n'a que peu d'impact sur la vie aquatique de la rivière et sur son fonctionnement.[31]

II.II.7. Retenues d'eau

Les retenues créent un espace de stockage de l'eau de la crue. Elles peuvent être en eau

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdeoucont re les inondations

seulement au moment de la crue ou de façon permanente. Dans ces derniers cas, elles ne sont que rarement construites dans un seul but de protection contre les inondations, mais ont également des objectifs de soutien d'étiage, de production hydro-électrique, de récréation.[27]

Ces objectifs, qui sont souvent prioritaires, sont potentiellement contradictoires avec les objectifs de protection contre les inondations dans

les cas où ils nécessitent que les retenues soient hautes en période de bas étiage.[27]

Les retenues ont un effet d'écêtement des crues en aval de leur emplacement. Au final, le même volume total circule dans le cours d'eau en aval de la retenue, mais sur une plus longue durée. Le débit maximum par rapport à une situation sans écêtements est atténué. Les retenues provoquent une inondation d'une portion du territoire en amont de leur construction.[29]

Ce type de mesure modifie complètement l'hydrologie du cours d'eau aval, notamment de façon aléatoire

En supposant qu'une retenue soit construite à l'aval d'un territoire considéré, ce qui était par exemple le débordement de la pointe associée à ce qui était considéré comme centennale au paravant sur ce territoire et toutes les chances d'être associé avec une période de retour bien plus importante. De la même façon, les Hydrogrammes de crue vont être modifiés dans leur forme, sous l'effet de l'écêtement.[29]

Ces retenues peuvent avoir différentes échelles d'effet du local au global selon leur importance. La réalisation d'une retenue implique un risque supplémentaire sur le territoire en aval lié à la rupture de cette retenue en pleine eau. Les normes sont d'ailleurs très strictes vis-à-vis de ce risque qui expose très sévèrement les vies des riverains en aval.[26]

II.II.8. Barrage écêteur

Le barrage écêteur a pour but l'écêtement des crues, et parfois à vocation multiple, son principe de fonctionnement est de stocker temporairement un certain volume dans le lit du cours d'eau de façon à diminuer le débit de crue en aval.[30]

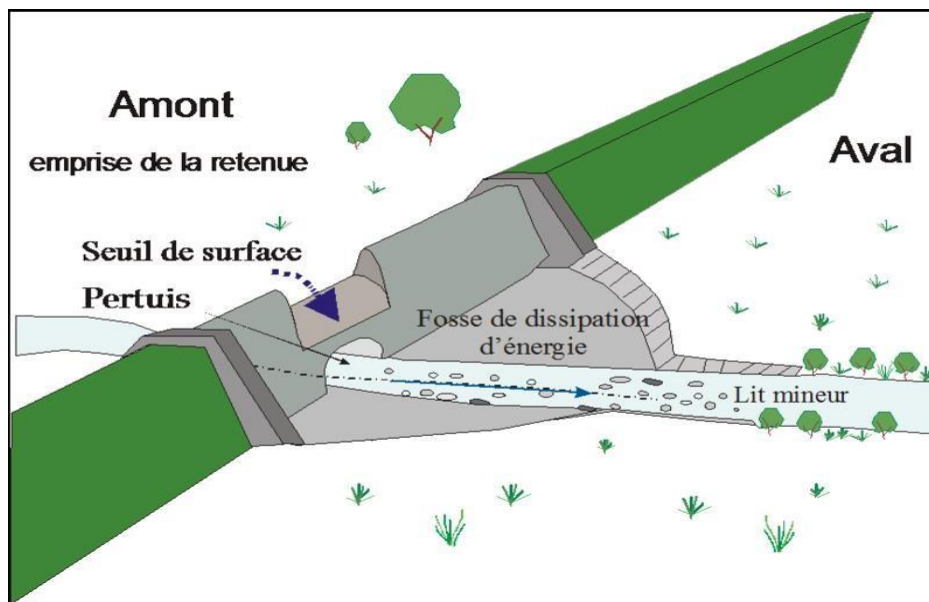


Figure II.12: Schéma de fonctionnement d'un barrage écrêteur de crue (site internet). [37]

II.II.8.1. Principes de fonctionnement:

Les barrages écrêteurs 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 en aval.

Le principe général de fonctionnement, dans le cas d'un barrage écrêteurs sans vannes, est le suivant:

Un pertuis de fond correctement dimensionné et protégé de l'obstruction par les flottants, permet de limiter le débit en aval, à une valeur compatible avec les enjeux à protéger contre l'inondation; l'ouvrage est donc transparent pour les débits courants et pour les crues fréquentes.

Lorsque la capacité du pertuis est saturée, la retenue se remplit progressivement, ce qui permet de stocker temporairement une partie du volume de la crue; le débit en aval augmente peu en fonction de la montée du niveau dans le réservoir (écoulement en charge); en fin de crue, le volume temporairement stocké dans la retenue se vide naturellement par le pertuis; l'ouvrage écrête fortement les crues moyennes à rares.

En cas de très forte crue, lorsque la retenue est pleine, le déversoir de sécurité entre en fonction pour évacuer la différence entre le débit entrant dans la retenue et le débit transitant dans le pertuis (avec un effet complémentaire de laminage dans la tranche supérieure de la retenue); l'ouvrage perd donc son efficacité pour les crues rares à exceptionnelles [31]

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebducont reles inondations

II.II.8.2. Conséquences et effets perturbateurs possibles

Parmi les conséquences de barrage écrêteur on trouve :

- Relative inefficacité si une crue survient alors que le barrage est plein.
- Risques spécifiques éventuels (rupture de barrage).
- Lissage du régime aval (disparition des crues fréquentes

à moyennes) et interruption totale ou partielle du transport de sédiment (érosion en aval et dépôts dans la cuvette).

Perturbation de dynamiques biologiques (circulation des animaux et propagules végétales). [28]

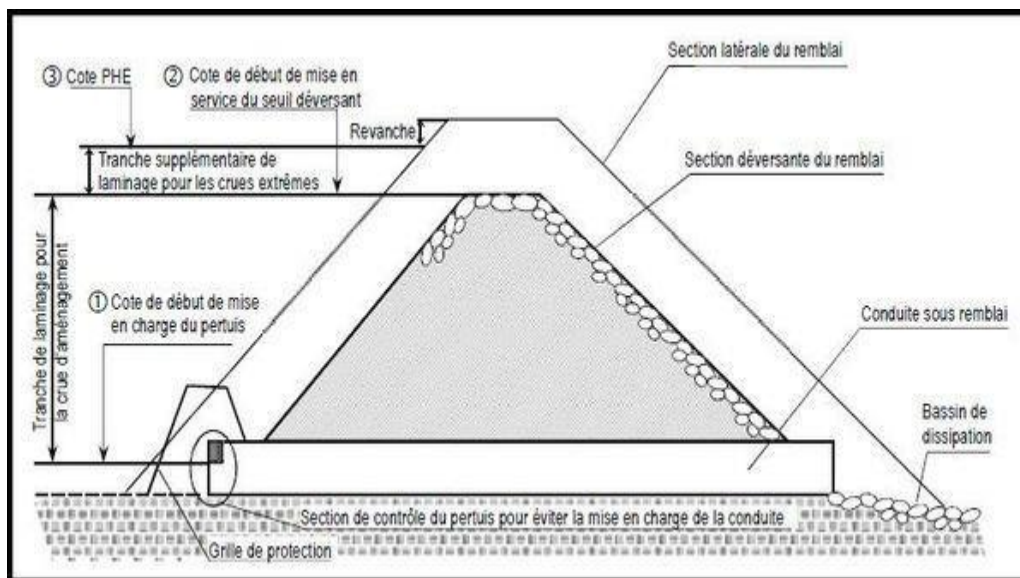


Figure II.13: Schéma de fonctionnement de barrage écrêteur [31]

II.II.9. Réservoirs d'orage

Ces sont des retenues très spécifiques en milieu urbain qui visent à stocker, même momentanément, l'eau des pluies qui sinon aurait ruisselé, pour limiter le ruissellement sur une petite partie du territoire. [27]

Il existe des aménagements réalisés dans les versants et peuvent avoir de nombreux avantages, par exemple sur les ruissellements des crues, sur l'érosion ou sur le temps de transfert des pollutions. Ces aménagements constituent des obstacles linéaires disposés perpendiculairement à la pente favorables au ralentissement dynamique de l'écoulement (diminution de la vitesse des eaux de

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdoucont relesinondations

ruissellement pendant les averses intenses).[27]

II.II.10. Correction torrentielle

C'est une technique qui a pour objectif de limiter les vitesses des écoulements dans les cours d'eau ayant des régimes torrentiels.

Un torrent est corrigé par la construction d'un nombre de digues successives transversales sur les lits des canaux naturels. [29]

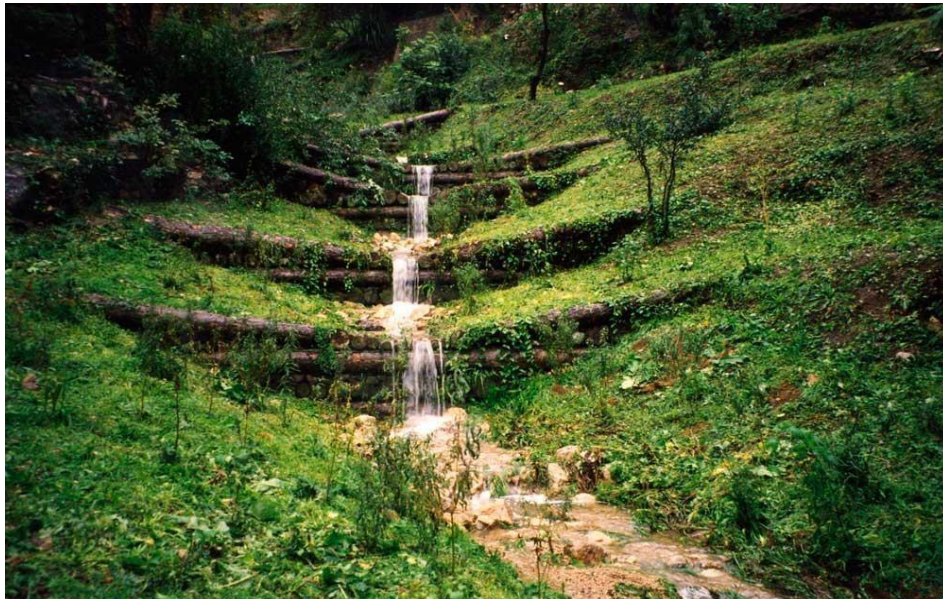


Figure II.14: Correction torrentielle (site internet) [38]

Le nombre de digues à construire est donné selon la formule:

$$N = L \cdot (P - I) / H$$

L: Longueur

du ravin (m). P: Pente moyenne
du lit.

H: Hauteur moyenne des digues (1 à 4 mètres).

I: Pente de compensation (pente interdigue, elle est inférieure à la pente initiale du lit du ravin) $i \approx 0.01$ [29]

$$I = \frac{f \cdot b \cdot (d - p)}{0.076 \cdot 0.0625^2 \cdot C^2 \cdot R^2}$$

f: Coefficient de frottement

des matériaux. b: Longueur du caillou (m).

d: Densité du caillou.

p: Densité de l'eau boueuse (varie de 1 à
1,8). K: Coefficient torrentiel.

C: Coefficient dépendant des parois de la digue.

R: Rayon hydraulique moyen du ravin (m). [31]

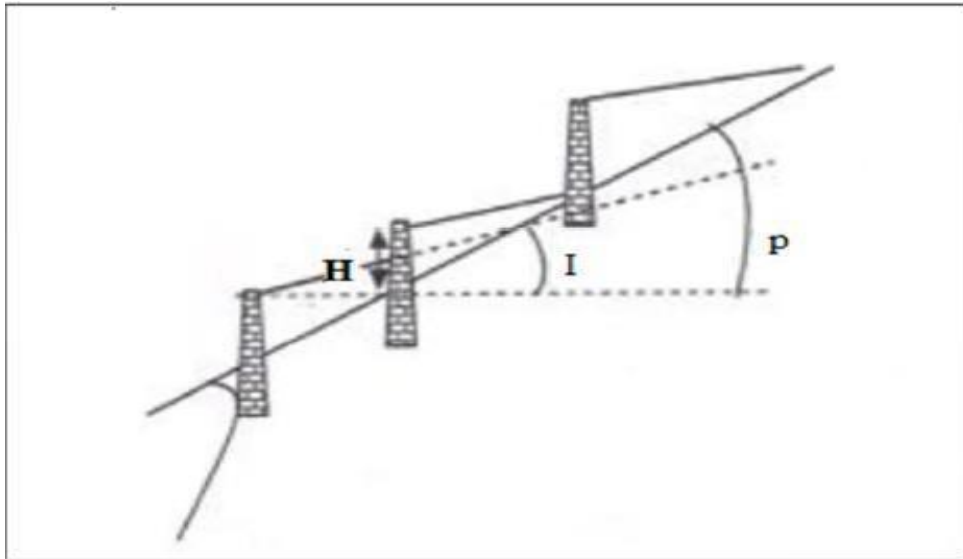


Figure II.15: Correction torrentielle[31].

II.II.11. Ouvrages de stockage en dérivation

Contrairement au fonctionnement naturel des champs d'expansion, ce type d'ouvrage est alimenté par dérivation de cours d'eau par un ouvrage de prise et un chenal d'aménagé.

Les bassins de stockage sont creusés dans le terrain naturel ou par construction de digues.

Selon la topographie, ils peuvent être aménagés en plusieurs bassins en cascade qui se remplissent successivement de l'amont vers l'aval par déversement.[31]

Le schéma de fonctionnement de ces ouvrages est montré dans la (figure II.17)

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdeoucont reles inondations

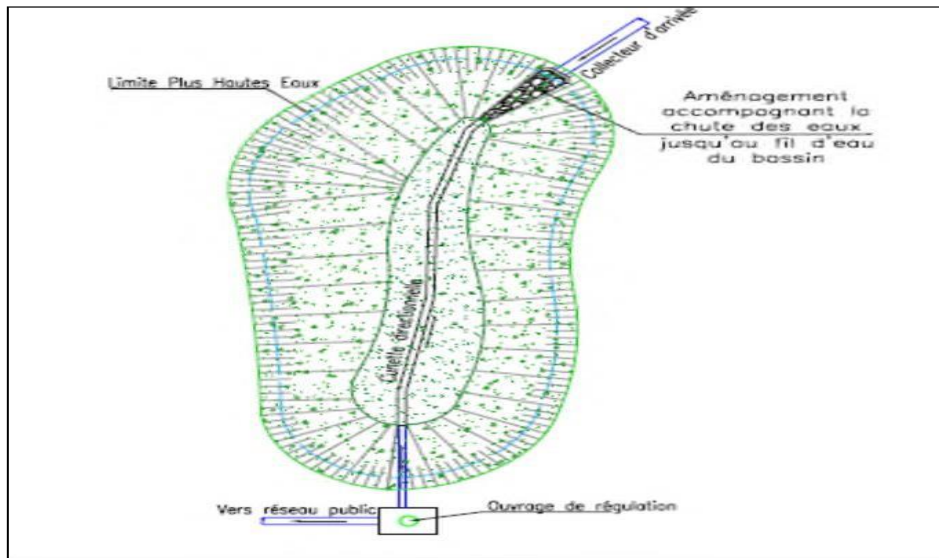


Figure II.17: Schéma principal de bassin d'Amortissement. [28]

II.II.12.1. Conditions et domaines d'utilisation

Les bassins d'Amortissement sont des ouvrages surtout adaptés aux milieux péri-urbain compte tenu de la surface foncière nécessaire. Durant la phase de conception, on s'assurera que les paramètres suivants soient respectés: [28]

- La vidange des eaux de ce bassin doit être effectuée dans un laps de temps « respectable » pour qu'il puisse être fonctionnel lors d'événements pluvieux successifs et pour des raisons de sécurité des riverains et de salubrité..
- Dès la mise en œuvre de l'ouvrage, l'accès permettant son entretien doit être fonctionnel

II.II.13. Les épis:

Un épi en rivière est un ouvrage transversal au courant, enraciné dans la berge, ne barrant qu'une partie du lit et au moins partiellement submersible. Les épis sont utilisés pour protéger les berges ou pour faciliter la navigation. Dans le domaine maritime, des épis peuvent être utilisés pour protéger des plages [33]

L'espacement entre les épis dépend de la largeur de la rivière, de leur longueur et de leur nature. Théoriquement, pour qu'un système d'épis soit efficace, il faut que l'écart entre deux épis successifs soit de l'ordre d'une fois et demie (1,5) leur longueur moyenne [29]

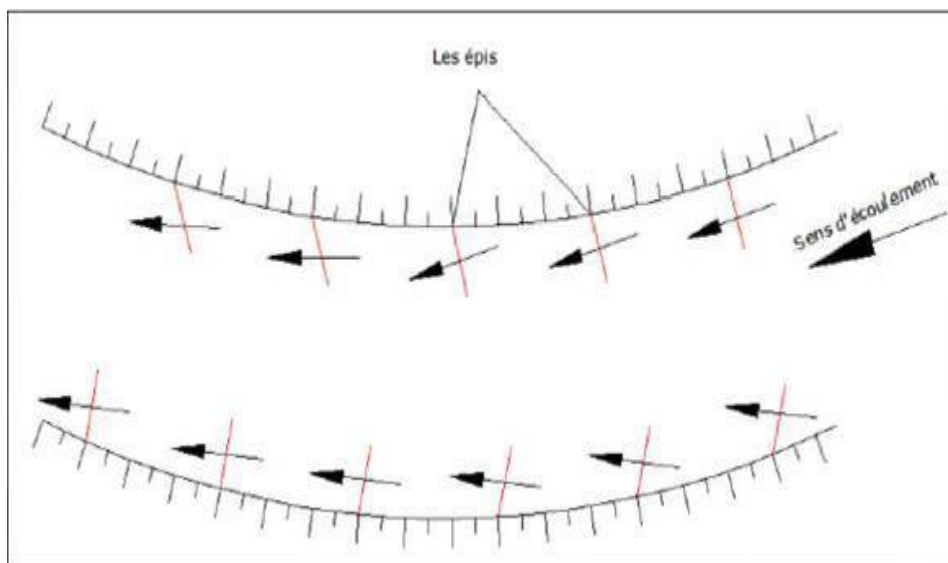


Figure II.18: Implantation des épis [29].

II.II.14. Banquette:

La technique des banquettes est de double objectif, la lutte contre l'érosion et la réduction du ruissellement en favorisant l'infiltration due à la diminution de pente. Leur effet sont considérables dans la défense et la restauration des sols. [31]

La banquette mécanique se divise en quatre zones.

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

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdooucont relesinondations

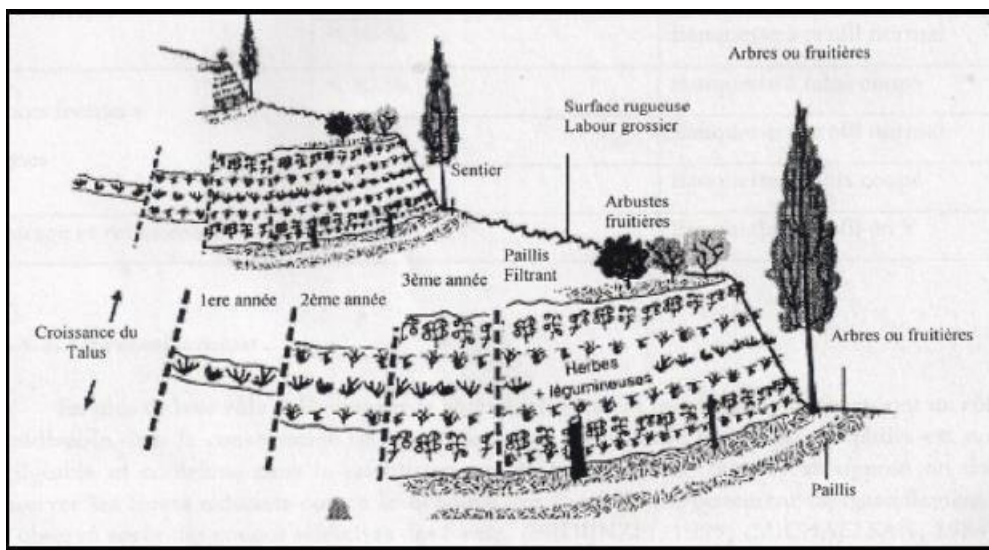


Figure II.19: Technique de banquettes [31].

Tableau II.1: Banquette en fonction de pente et type de culture [31]

Culture	Pente du terrain	Type de banquette
Céréales	2 à 3%	Labours horizontaux
	3 à 6%	Culture a bandes
	3 à 5%	Banquette à triple courbure
	5 à 12%	Banquette à double courbure
	12 à 18%	Banquette à simple courbure
	18 à 30%	Banquette à talus coupé en V
	30 à 50%	Banquette à profil en V
Céréales et arbres fruitiers sur bourrelet	< 18%	Banquette à simple courbure
	< 30%	Banquette à talus coupé
	< 50%	Banquette à profil normal
Arbres fruitières vignes	< 30%	Banquette à talus coupé
	< 50%	Banquette à profil normal
	< 30%	Banquette à talus coupé
Pâturage et reboisement	< 80%	Banquette à profil en V

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdeoucont re les inondations

II.III. Conclusion:

En conclusion, la protection contre les inondations ne peut être abordée de manière uniforme, car elle dépend des conditions locales spécifiques. Chaque zone inondable présente des problématiques différentes qui nécessitent des solutions adaptées.

La mise en place de mesures de protection implique souvent la réunion de plusieurs conditions, ce qui limite les possibilités et les résultats. Il est donc crucial de rechercher la meilleure approche de protection en tenant compte des caractéristiques propres à chaque zone à protéger, tout en garantissant des marges de sécurité adéquates. Cependant, il convient de noter que les méthodes d'étude ne sont pas toujours parfaitement précises.

Il est important de ne pas accorder une valeur absolue aux études économiques dans le domaine de la protection contre les inondations, car elles ne sont que des estimations approximatives. Leur principal objectif est d'évaluer la faisabilité économique des mesures envisagées et de permettre la comparaison entre différentes solutions.

En résumé, il est essentiel d'adopter une approche adaptée à chaque situation de protection contre les inondations, en prenant en compte les conditions locales spécifiques. Il est nécessaire d'évaluer soigneusement les options disponibles, en considérant à la fois les aspects techniques et économiques, tout en gardant à l'esprit que les études économiques ne fournissent qu'une estimation approximative de la viabilité des mesures de protection envisagées.

CHAPITRE III:

Présentation de site et diagnostic

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebducont re les inondations

III.1. Introduction

Une étude de protection contre les inondations vise à examiner attentivement le site concerné afin de comprendre ses caractéristiques physiques et les facteurs qui influencent les paramètres hydrologiques. Cela permet d'évaluer les risques d'inondation et de concevoir des solutions appropriées pour le réseau de drainage des crues dans les zones considérées comme en sibles. L'étude du site comprend généralement plusieurs aspects importants. Tout d'abord, il est essentiel de recueillir des données topographiques précises afin de comprendre la configuration du terrain, les altitudes, les pentes et les zones de basse altitude qui pourraient être sujettes aux inondations. Ces données permettent d'établir des modèles d'écoulement hydraulique et de déterminer les zones vulnérables.

Ensuite, il est nécessaire d'analyser les données pluviométriques et de caractériser les précipitations dans la région. Cela implique l'étude de schémas de précipitations, des intensités maximales et de la fréquence des événements pluvieux extrêmes. Ces informations sont essentielles pour estimer les débits de crues et concevoir des systèmes de drainage adéquats pour évacuer les eaux de crue.

De plus, il est important de prendre en compte les caractéristiques du bassin versant, telles que la taille du bassin, la nature des sols, la végétation et l'utilisation des terres. Ces facteurs influencent le ruissellement des eaux de pluie et la capacité d'infiltration du sol, ce qui affecte les débits de crues et la propagation des inondations.

Enfin, une analyse hydrologique approfondie est réalisée en utilisant des modèles et des outils hydrauliques avancés. Cela permet de simuler les scénarios d'inondation potentiels, d'évaluer les débits de pointe, les temps de montée et les temps de base, ainsi que de déterminer les capacités de drainage nécessaires pour protéger les zones sensibles.

En intégrant toutes ces informations, une étude de protection contre les inondations fournit une évaluation complète du site et des recommandations pour la conception de mesures de prévention et de mitigation adaptées. Il est important d'adopter une approche holistique et d'utiliser des méthodologies fiables et éprouvées pour assurer la sécurité des populations et des infrastructures face aux risques d'inondation.

III.2. Historique de la ville de Sebdu

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Seb dou cont re les inondations

Seb dou, anciennement connue sous le nom de Tafrouah, est une ville située à environ 38 kilomètres de Tlemcen, en Algérie. Avant la période de colonisation, le nom Tafrouah était utilisé, un mot berbère qui signifie un bassin de ruisseau, en référence à la géographie de la région.

L'histoire de Seb dou est marquée par l'occupation brève de la région par l'émir Abd-el-Kader, un leader algérien du XIXe siècle. Pendant cette période, un fort appelé "Qal'at Tafrouah" a été établi par l'émir entre 1832 et 1837. C'est à cette époque que le terme Seb dou a commencé à être utilisé, dérivé du nom "Seb doui", qui signifie une prairie broutée par les animaux. Après cette période, le nom Seb dou est devenu officiel et est resté le nom de la ville jusqu'à nos jours. Cette évolution du nom est une déformation linguistique courante qui s'est produite au fil du temps.[39]

La région de Seb dou, située dans la partie nord-ouest de l'Algérie, est connue pour sa beauté naturelle, ses paysages vallonnés et sa proximité avec la ville historique de Tlemcen. La ville possède également une riche histoire culturelle et architecturale, avec des sites et des monuments qui témoignent de son passé.

Seb dou est une ville de la wilaya de Tlemcen, dans la région nord-ouest de l'Algérie. Elle est située dans la vallée de l'oued Tafna, entourée de montagnes et de paysages pittoresques. La ville se trouve à une altitude d'environ 900 mètres.

Seb dou possède une histoire riche et diversifiée. Avant la colonisation française, la région était habitée par des populations berbères, qui étaient principalement engagées dans l'agriculture et l'élevage. L'arrivée des colons français a apporté des changements significatifs à la région, tant sur le plan socio-économique que sur le plan culturel.

Aujourd'hui, Seb dou est une ville dynamique avec une population diversifiée. L'agriculture reste une activité économique importante, avec la culture des céréales, des olives et des figes parmi les principales productions agricoles.

En termes d'infrastructures, Seb dou dispose d'établissements scolaires, de services de santé, de commerces, de restaurants et d'autres commodités nécessaires à la vie quotidienne. La ville est également bien reliée aux autres régions du pays par des routes et des transports en commun.

III.3. Historique des inondations de la ville de Seb dou:

Les inondations ont eu un impact significatif sur la ville de Seb dou, en particulier lors des événements de 1990. Ces inondations ont entraîné la perte de vies humaines et ont causé d'importants dégâts matériels. Les réseaux souterrains des services de télécommunication

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Seb Dou contre les inondations

(PTT) ainsi que ceux de la compagnie d'électricité et d'eau (Sonalgaz-AEP) ont été détériorés, tout comme le système d'assainissement de la ville.

En conséquence des inondations, la ville est souvent confrontée à un dépôt important de boue et de débris. Ces dépôts boueux peuvent obstruer les voies de circulation, les canalisations

et les réseaux d'assainissement, entraînant ainsi des perturbations et des difficultés supplémentaires pour les habitants de la ville.

Dans le cas spécifique de la cité de Mohammed Boumedane, les inondations sont principalement causées par le débordement du châabet (ruisseau) qui traverse la cité. Ce cours d'eau rencontre un problème d'étranglement de sa section en raison de la construction de murs sur les berges ainsi que de la présence de dalots de faible dimension qui permettent de traverser les routes, lesquelles peuvent également être colmatées par les débris charriés par les crues. [40]

Ces problèmes d'inondations et d'étranglement du cours d'eau soulignent l'importance de prendre des mesures d'atténuation des risques et de gestion des eaux pluviales dans la ville de Seb Dou. Il est essentiel de mettre en place des infrastructures adéquates, telles que des systèmes de drainage et des ouvrages de rétention des eaux, afin de minimiser les effets des crues et de protéger les habitants et les biens de la ville contre les inondations. De plus, des actions de sensibilisation et de préparation aux situations d'urgence peuvent contribuer à réduire les risques liés aux inondations et à améliorer la résilience de la communauté face à de tels événements.

Tableau III. 1 : Principaux événements historiques observés au période De 1987
à 2013 [40]

Cours d'eau	Localisation	Date des inondations	Typologie des causes des inondations		Causes		hydraulique		hydrologie		pluviométrie	
			origine	mécanisme	naturelles	anthropique	Hauteur (m)	V (m/s)	Période (ans)	Hauteur (m)	Période (ans)	

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Seb Dou contre les inondations

	Seb Dou	1987										
	Seb Dou	1990			Fortes précipitations							
	Seb Dou	24 avril 2006					Environ 1m					40
	Seb Dou	12 mai 2006					Environ 1m					45
	Seb Dou	27 mai 2006	Crue de l'ouad Seb Dou		Fortes chutes de pluies.		Environ 3m					50
	Seb Dou	25 mai 2010					1					40
	Seb Dou	18 août 2010			Fortes chutes de pluies							BMS: plus de 40 mm.
	Seb Dou	22 juin 2011			Fortes chutes de pluies		1.5					45
	Seb Dou	11 février 2012					2					
Les oueds de la Tafna	Seb Dou	13 novembre 2012	Crue de l'ouad Tafna		Pluie torrentielle et vents violents		100					
	Seb Dou	22 décembre 2013	Crue de l'ouad Tafna		Pluie torrentielle et neige							

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdou contre les inondations

Tableau III.2: Quantification cumulée des dommages au période De 1987 à 2013 [40]

	catégorie	Quantifications	Informations additionnelle
Décès	Décès	5	
Sinistrés	Blessés	1	Une handicapée femme
Bâtiments	Logement	203	
Voies de communications	Routes	2	RN22, CW46
Infrastructures et services	Ponts	1	Le pont sur l'oued kadou affecté
Réseaux	Téléphone	1	
	Electrique	1	
	AEP	1	
Activités économiques	Agriculture	Sans détérioration d'informations	Des arbres fruitiers et champs maraichers endommagés

III.4 Situation générale :

III.4.1. Caractéristiques générales:

Nom du site	Sebdou
Commune	Sebdou
daïra	Sebdou
Wilaya	Tlemcen
Région	Oranie
pays	Algérie
ARPS code	13.003
Surface urbaine exposée	59,5ha
Population	32570ha
Surface inondable	213 ha

Contributionsal'étudedelaprotectiondelavilledeSebdoucont relesinondations

Populationexposé	5611 ha
------------------	---------

III.4.2. Localisation:

La commune de Sabdou est située au sud de la wilaya de Tlemcen sur la route nationale n°22 reliant Tlemcen à Bachar est à environ 35 km Elle est limitée au;

Au Nord: Beni Wernid (anciennement) Terni actuellement)

Au Sud : Laouj (autrefois) Municipalité d'Al-Aricha (actuellement)

A l'est: Bani Smiel (anciennement) Yusr actuellement)

A l'ouest:les tribus Bani Senus, dites Al-Azail et Al-Khamis, avec la tribu Awlad Anhar (anciennement) Sidi Al-Jilali (actuellement) [41]



FigureIII.1: Carte de situation de la ville de sebdou [42]

III.4.3. Situationgéographique

La commune de Sebdou est située sur les piémonts sud de la chaîne montagneuse de Tlemcen, dansun large synclinal qui s'étend d'est en ouest. Cette position encaissée offre une certaine protectioncontrelesvents dominantsetleeffetsduclimatdésertique.

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdou contre les inondations

Sebdou occupe une position stratégique en tant que carrefour des voies de communication, ce qui favorise les échanges entre les grands centres urbains du nord et du sud de l'Algérie. Les routes

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdou cont re les inondations

nationales RN 22 et RN 22B traversent la commune, facilitant ainsi les déplacements et les activités économiques

Le chef-lieu de la commune compte une population d'environ 32 570 habitants. Les principales activités économiques de la région sont axées sur l'agriculture et l'industrie textile. L'agriculture occupe une place importante, profitant des terres fertiles de la région et du climat favorable. L'industrie textile est également développée, contribuant à l'économie locale.

Ainsi, la commune de Sebdou présente des caractéristiques géographiques et économiques particulières, qui jouent un rôle important dans son développement et sa position en tant que centre d'échange et de vie pour ses habitants.

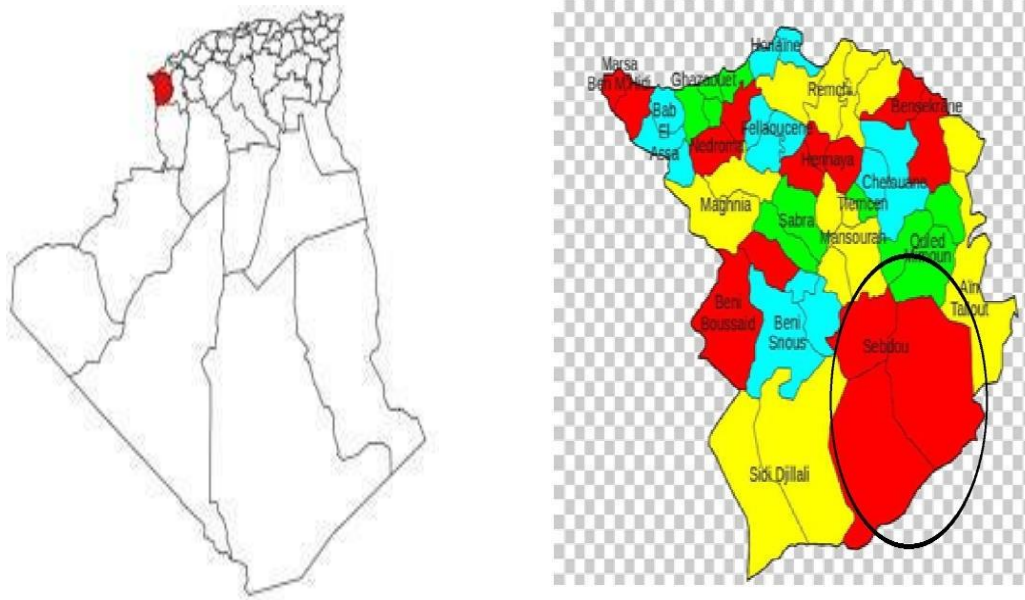


Figure III.2: Situation géographique De la zone à étudier [43]

III.4.4. Description Du Tissu Urbain

La ville de Sebdu est traversée par plusieurs oueds, dont les principaux sont le Kicole, Elgettara et Guettar Hassel. Le Kicole est le plus important et traverse le centre-ville, tandis que les autres oueds l'entourent. De plus, la ville est contournée à l'ouest par l'oued Sidi Moussa.

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Seb dou contre les inondations

Ces oueds se rejoignent au nord-ouest de Seb dou pour former l'oued Seb dou. Plus au nord de la ville, l'oued Kadous rejoint l'oued Seb dou pour former l'oued Tafna, qui est un cours d'eau majeur de la région.

Cette configuration hydrographique, combinée à certains facteurs anthropiques aggravants, a entraîné par le passé des dégâts matériels importants et des pertes humaines lors des crues.

Les inondations peuvent être particulièrement dévastatrices en raison de l'accumulation rapide des eaux provenant des différents oueds.

Il est donc crucial de prendre en compte ces caractéristiques hydrographiques et les risques associés lors de la planification urbaine et de la mise en place de mesures de protection contre les inondations. Une gestion adéquate des cours d'eau et des zones inondables, ainsi que des infrastructures résistantes aux crues, sont nécessaires pour minimiser les impacts des crues et assurer la sécurité des habitants de Seb dou.

III.4.5. Hydrographie

Le bassin versant de l'oued Seb dou s'étend sur une surface de 435 km² à la sortie nord de la ville de Seb dou. Le sous-bassin de son affluent, l'oued Kadous, couvre une superficie de 194 km², tandis que le sous-bassin de l'oued Seb dou lui-même s'étend sur 241 km² jusqu'à sa confluence avec l'oued Kadous.

Mis à part la zone urbaine de Seb dou et quelques agglomérations secondaires, la couverture du sol dans le bassin versant est principalement arborée, avec une végétation herbacée.

La commune de Seb dou possède un réseau hydrographique important, composé de plusieurs oueds, notamment l'oued Kadous et l'oued Seb dou. Ce dernier prend sa source à la confluence de trois oueds à la sortie nord-est de la ville de Seb dou : l'oued Kicole, l'oued Sidi Moussa et l'oued Guettara. L'oued Guettara est un affluent de l'oued Kicole par sa rive droite. L'oued Seb dou et l'oued Kadous se rejoignent pour former l'oued Tafna, qui est d'une grande importance pour la région.

À l'exception de l'oued Tafna, qui est un cours d'eau majeur, les autres oueds du bassin versant sont caractérisés par des écoulements intermittents mais parfois très violents, ce qui entraîne des inondations fréquentes. Une particularité notable de ce réseau hydrographique est sa confluence en un seul point, située en amont de la ville de Seb dou, et la traversée de la majorité des cours d'eau à travers l'agglomération.

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Seb dou cont re les inondations

Ces caractéristiques hydrographiques, associées aux précipitations intenses et aux facteurs anthropiques, contribuent aux risques d'inondations dans la région de Seb dou. Une gestion appropriée de ces cours d'eau et une planification urbaine prenant en compte les risques d'inondations sont essentielles pour réduire les impacts des crues et protéger la population et les infrastructures de la commune.

Les inondations ont été une problématique récurrente pour la commune de Seb dou, notamment en raison de la configuration hydrographique de la région. Les trois oueds traversant la ville, à savoir le Kikole, El Gettara et Guettar Hassel, ainsi que l'oued Sidi Moussa à l'ouest, ont tous contribué aux inondations passées.

Ces cours d'eau, en raison de divers facteurs anthropiques, tels que la construction de murs et de dalots de faible dimension, ainsi que le colmatage des routes, ont subi des étranglements et des sections, entraînant des débordements et des inondations. Les conséquences de ces inondations ont été la détérioration des réseaux souterrains des PTT, Sonalgaz-AEP et de l'assainissement, ainsi que le dépôt de boue et de débris dans la ville.

Il est important de noter que la ville de Seb dou est située dans un large synclinal, ce qui lui procure une certaine protection contre les vents dominants et les effets du climat désertique. Cependant, cette configuration encaissée peut également aggraver les inondations en concentrant les écoulements d'eau.

Face à ces risques d'inondations, il est essentiel de mettre en place des mesures de prévention et de gestion des crues. Cela peut inclure des actions telles que l'amélioration de l'écoulement des cours d'eau, la construction d'ouvrages de rétention et de déviation des eaux, ainsi que la sensibilisation de la population aux mesures de précaution en cas d'inondations.

De plus, la réalisation d'études approfondies sur le bassin versant, l'évaluation des risques et l'utilisation de modèles hydrauliques tels que HEC-Ras peuvent contribuer à une meilleure compréhension des phénomènes d'inondation et à la planification de mesures adaptées.

En somme, la commune de Seb dou doit faire face à des défis liés aux inondations en raison de sa configuration

hydrographique et des facteurs anthropiques. Une approche intégrée de prévention des inondations, comprenant des mesures structurelles et non structurelles, est nécessaire pour minimiser les impacts et assurer la sécurité des habitants et des infrastructures de la commune.

III.4.6. La dénivellation:

Contributionsal'étudedelaprotectiondelavilledeSebdoucont relesinondations

Le dénivélément entre le point le plus bas de la cuvette (930 m au niveau de la ville de Sebdou) et le point culminant des formations rocheuses (1510 m à Djorf El Ahmou) est assez important. Cette cuvette, dont la superficie avoisine les 100 km², a une pente de directions sud-ouest à nord-est. [40]

III.4.7. Les six principales de l'oued de la ville de Sebdou:

- **Oued Kicole** : c'est le plus redoutable des cours d'eau traversant l'agglomération de Sebdou, de sud à nord, sur un tracé linéaire de 2,3 km. La superficie est de 32,75 km². Il reçoit à son tour de multiples affluents (comme le châabet de la cité Boumedane) et déborde facilement sur le tissu urbain en raison de la forte dégradation de ses berges. [40]



Figure III.3: Configuration de l'oued Kicole [40]

- **Oued Guettar Hassel** : il coule de sud-est à nord-est et joint la Kikole au niveau du pont de la RN22B. Son débit pour la crue centennale est de 26 m³/s [40]

Contributionsal'étudedelaprotectiondelavilledeSebdoucont relesinondations



Figure III.4: Configuration de l'oued Guettar Hassel [40]

- **Oued Guettara** : il traverse également l'agglomération chef-lieu du sud-est vers le nord-ouest. L'oued n'ajamaisé été aménagé. Son débit pour la crue centennale est de $80 \text{ m}^3/\text{s}$ [40]



Figure III.5: Configuration de l'oued Guettara [40]

- **Oued Sidi Moussa** : il contourne la ville du sud-ouest au nord-est. C'est le plus important mais son danger n'est pas comparable à celui des autres oueds traversant le tissu urbain. Son débit pour la crue centennale est de $292 \text{ m}^3/\text{s}$ [40].

Contributionsal'étudedelaprotectiondelavilledeSebdoucont relesinondations



Figure III.6: Configuration de l'oued Sidi moussa[40]

- **Oued Sebdu:** il marque la frontière nord-ouest de la ville de Sebdu et est le plus important en écoulement permanent vu qu'il est formé par tous les autres oueds. Son débit pour la crue centennale est de $375 \text{ m}^3/\text{s}$ [40].



Figure III.7: Configuration de l'oued Sebdu[40]

- **Oued Kadous:** il contourne la ville par le nord, d'est à ouest, pour se jeter dans le

Contributionsal'étudedelaprotectiondelavilledeSebdoucont relesinondations

Sebdou.Sondangerestmoindre vula topographieetle

développementhumainauxalentours.Sondébitpourlacrue centennaleestde340m³/s.[40]



Figure III.8: Configuration de l'oued kadous [40]



FigureIII.9: ConfigurationdesixoueddelavilledeSebdou[40]

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebducont re les inondations

III.4.8. Inondation et dommages

La zone de la ville de Sebdu la plus exposée aux risques d'inondation est celle située autour de la confluence des trois oueds, ainsi que les habitations situées le long des berges de l'oued Kikole. Plusieurs facteurs contribuent à ces risques:

- Fortes précipitations et temps de concentration courts : Les bassins versants des oueds de la région peuvent connaître des précipitations intenses, souvent accompagnées de temps de concentration très courts. Cela signifie que de grandes quantités d'eau peuvent s'écouler rapidement vers les cours d'eau, augmentant ainsi le risque d'inondation.
- Dégradation des berges : Les berges des oueds de la région sont souvent dégradées en raison du dépôt d'ordures ménagères dans leur lit. Ces déchets obstruent les cours d'eau, réduisant leur capacité à transporter efficacement l'eau lors de fortes pluies. Cela peut entraîner des débordements et des inondations.
- Habitations sur les berges : Certaines habitations sont situées directement sur les berges des oueds, ce qui les expose davantage aux risques d'inondation. En cas de crue importante, ces habitations sont vulnérables aux débordements et aux dommages causés par l'eau.
- Sous-dimensionnement des ouvrages hydrauliques : Certains ouvrages hydrauliques tels que les ponts, les canaux et les dalots peuvent être sous-dimensionnés, ce qui signifie qu'ils ne sont pas conçus pour faire face à des débits d'eau élevés. Cela peut entraîner des obstructions et des débordements lors de fortes pluies, aggravant ainsi les risques d'inondation.

Pour réduire ces risques d'inondation, il est important de mettre en œuvre des mesures préventives et de gestion des crues. Cela peut inclure le nettoyage régulier des cours d'eau, la mise en place de systèmes de collecte et de traitement des déchets, la sensibilisation de la population aux bonnes pratiques environnementales et la mise à niveau des ouvrages hydrauliques pour garantir leur capacité adéquate.

De plus, l'élaboration d'un plan de préparation aux inondations et la mise en place d'un système d'alerte précoce peuvent aider à minimiser les pertes humaines et matérielles en

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdeou contre les inondations

cas d'inondation. Une approche globale et coordonnée entre les autorités locales, les services de

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdoou contre les inondations

secours et la population est essentielle pour faire face efficacement aux risques d'inondation dans la ville de Sebdoou.

III.5. Situation climatologique

III.5.1. Introduction:

Le climat est un facteur essentiel qui influence le comportement hydrologique des cours d'eau et l'alimentation des nappes souterraines. Les phénomènes climatiques tels que les précipitations et les températures jouent un rôle crucial dans le bilan de l'écoulement des eaux.

Les précipitations, sous forme de pluie ou de neige, sont une source d'eau importante pour les cours d'eau et les nappes souterraines. Elles alimentent les rivières et les lacs, rechargent les aquifères et contribuent à l'écoulement des eaux de surface. La quantité et la répartition des précipitations influencent directement le débit des cours d'eau. Des précipitations abondantes et fréquentes peuvent entraîner des crues, tandis qu'une période prolongée de faibles précipitations peut entraîner des sécheresses et une diminution du débit des cours d'eau.

Les températures jouent également un rôle important dans le comportement hydrologique. Les variations de température affectent la fonte des neiges, l'évaporation de l'eau et l'évapotranspiration des plantes. La fonte des neiges contribue à l'écoulement des eaux de surface au printemps, tandis que l'évaporation et l'évapotranspiration peuvent réduire la disponibilité de l'eau dans les cours d'eau et les nappes souterraines. De plus, les températures influencent également la demande en eau, notamment pour l'irrigation agricole.

D'autres facteurs climatiques tels que le vent, l'humidité atmosphérique et l'ensoleillement peuvent également avoir des impacts indirects sur le comportement hydrologique. Par exemple, un fort vent peut favoriser l'évaporation de l'eau des cours d'eau et des sols, tandis que des périodes d'ensoleillement prolongées peuvent accélérer l'évapotranspiration.

Il est donc essentiel de prendre en compte les facteurs climatiques dans l'étude et la gestion des ressources en eau, notamment lorsqu'il s'agit de prévoir les crues, de gérer les ressources en eau et de planifier les infrastructures hydrauliques. Une compréhension approfondie du climat local et de ses variations est essentielle pour évaluer les risques d'inondation, les disponibilités en eau et les besoins en irrigation, et pour prendre des décisions éclairées en matière de gestion des ressources en eau.

Contributionsal'étude delaprotectionde lavillede Sebdou contrelesinondations

III.5.2 Présentationdelastationclimatiqueretenue:

LesdonnéesdelastationdeSebdouontétéutilisées.lasériepluviométrieétudiées'étendde(1981-2021)soit40annéeshydrologiques.

TableauIII3.:lesCoordonnéesetlecode delastationdeSebdou

Station	Coordonnéesdestation	Code destation
SEBDOU	X=131.25 Y=158.55 Z=875	160401

III.5.3 AnalysedesPrécipitations

Ilexisteplusieursformesdeprécipitations:lesprécipitationsliquides(bruine,pluie)etlesprécipitationsssolides (grésil,grêle,neige).

Lesprécipitationsconstituentunfacteursentielpourdéfinirle climatrégissantdanslarégionetpourl'analysedesressourceseneau.

- **Précipitationsannuelles:**

La pluviométrie observée à la station nous montre importance des différences d'amplitude desprécipitationsd'uneannéesurl'autre.Ladifférencedesprécipitationsannuellesaucoursdelapéri oded'observationamontrepréquel'irrégularitédesprécipitationsconstitueunegrandedifférenceentrel esvaleursextrêmes.

Paramètre	Valeurs
P_{moy} annuelle(mm)	370.63
P_{min} annuelle(mm)	131.83
P_{max} annuelle(mm)	590.63

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Seb Doucont re les inondations

L'observation de la pluviométrie à la station met en évidence l'importance des variations d'amplitude des précipitations d'une année à l'autre. En effet, la différence entre les précipitations annuelles au cours de la période d'observation révèle une grande irrégularité, avec des valeurs extrêmes.

Cette irrégularité des précipitations peut avoir des conséquences significatives sur le comportement hydrologique et la gestion des ressources en eau. Lorsque les précipitations sont abondantes, cela peut entraîner des crues importantes, des inondations et une augmentation du débit des cours d'eau. À l'inverse, lorsque les précipitations sont faibles, cela peut conduire à des périodes de sécheresse, à une diminution du débit des cours d'eau, à des niveaux bas des nappes souterraines et à des problèmes d'approvisionnement en eau.

Ces variations d'amplitude des précipitations d'une année sur l'autre peuvent être dues à plusieurs facteurs. Les fluctuations climatiques à long terme, telles que les oscillations atmosphériques, les variations de températures océaniques (comme l'ENSO), et les changements climatiques peuvent influencer les schémas de précipitations. De plus, des phénomènes météorologiques tels que les systèmes frontaux, les dépressions atmosphériques et les variations saisonnières peuvent également jouer un rôle dans les différences d'amplitude des précipitations.

- **Précipitations moyennes mensuelles**

La pluviométrie moyenne interannuelle 1981-2021 a été évaluée à 370,63 mm. Sa répartition mensuelle est donnée dans le tableau III.4 :

Tableau III.4 : Précipitations moyennes mensuelles (1981-2021)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Total
Pluies (mm)	25.44	37.31	52.60	35.07	46.41	35.73	44.56	40.26	33.28	8.39	2.62	8.97	370.63
%	6.86	10.06	14.19	9.46	12.52	9.64	12.02	10.86	8.97	2.26	0.71	2.42	100

À partir du tableau III.4. et de la figure III. On remarque qu'il y a deux saisons bien marquées.

Une saison humide allant de Septembre à Mai, avec quelques maxima remarquables en Novembre et

janvier. Une saison sèche allant de Juin à Août, avec des minima remarquables en Juillet avec une pluviométrie pratiquement nulle en ce mois.

Contributionsal'étudedelaprotectiondelavilledeSebdoucont relesinondations

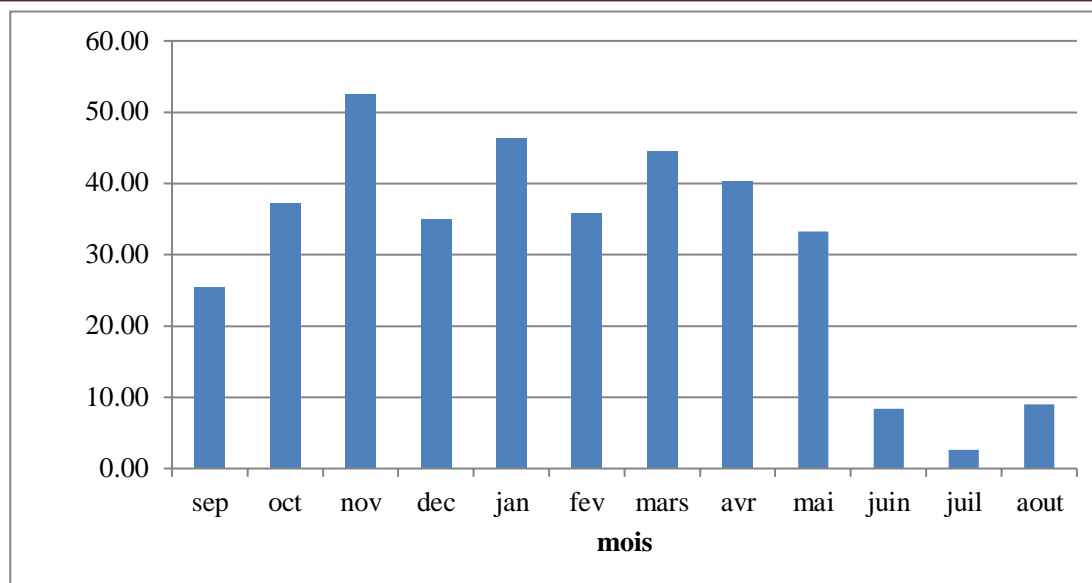


Figure III.10: Histogramme des précipitations moyennes mensuelles(1981/2021)

LetableauIII.5résumelescaractéristiquesstatistiquesdesprécipitationsmoyennesannuelles:

Tableau III.5: caractéristiques statistiques des précipitations moyennes annuelles

Paramètre	Valeurs
P_{an} (mm)	370.63
P_{moy} mensuelle(mm)	30.89
P_{min} mensuelle(mm)	2.62
P_{max} mensuelle(mm)	52.60
Ecart-Type	16.21
Cv	0.52

- **Précipitations maximales journalières:**

Les précipitations maximales journalières permettent de calculer l'intensité des pluies plus fréquentes.

La série d'observation enregistrée entre 1990 jusqu'à 2021 nous a permis de déduire la pluviométrie maximale journalière qui est de **73.33mm**

Le tableau III.6 Résume les caractéristiques des précipitations journalières maximales (sur la série de 1990-2021):

Contributionsal'étude delaprotectionde lavilledesebdou contrelesinondations

TableauIII.6: les caractéristiques des précipitations journalières maximales (1990-2021)

Paramètre	P_j (mm)	EcartType	Cv
Valeurs	73.33	12.66	0.40

- **Précipitationssaisonnieres:**

Pour apprécier la variation des précipitations ou le régime pluviométrique saisonnier de la région étudiée, nous avons calculé le total des précipitations de chaque saison pour la même période (1981-2021). Nous résumons dans le tableau III.7 la variation saisonnière des précipitations

TableauIII.7: Répartition des pluies saisonnières (1981-2021)

mois	S_O_N	D_J_F	M_A_M	Jn_Jl_A	
Saisons	Automne	Hiver	Printemps	Eté	
Précipitation (mm)	115.36	117.20	118.09	19.98	370.63
Précipitation %	31.13	31.62	31.86	5.39	100.00

En analysant les données du tableau, il est clair que les saisons les plus pluvieuses sont l'automne, l'hiver et le printemps, chacune représentant plus de 30% des précipitations totales. En revanche, l'été est la saison la moins pluvieuse, avec moins de 5% des précipitations.

Ces résultats sont cohérents avec les schémas climatiques généraux de nombreuses régions. En automne, les précipitations peuvent être plus abondantes en raison de changements de température et de la présence de systèmes météorologiques tels que les dépressions et les fronts atmosphériques. L'hiver peut également être une période de précipitations importantes, en particulier dans les régions où les masses d'air froides rencontrent des masses d'air plus chaudes, créant des conditions propices à la formation de précipitations. Le printemps peut être une saison de transition avec des précipitations relativement élevées lorsque la température augmente progressivement.

En ce qui concerne l'été, il est courant que cette saison présente des précipitations moins importantes dans de nombreuses régions, notamment en raison de l'influence de systèmes de haute pression et d'air sec qui prédominent pendant cette période. Cependant, il

Contributionsal'étude delaprotectionde lavillede Sebdou contrelesinondations

est importantde noter que ces schémas de précipitations peuventvarier en fonction de lalocalisationgéographique spécifique etdescaractéristiquesclimatiquesrégionales.

Cesinformationsurlesschémassaisonniersdeprécipitationspeuventêtreutilesdansplusieurs domaines, tels que l'agriculture, la gestion des ressources en eau, la planificationurbaine et la préparation aux catastrophes. En tenant compte des variations saisonnières desprécipitations, il est possible de prendre des décisions éclairées sur l'utilisation des terres,l'irrigation des cultures, la gestion des barrages et des réservoirs, ainsi que la mise en place demesuresd'adaptationpourfairefaceauxconditionsclimatiquesspécifiquesdechaquesaison.

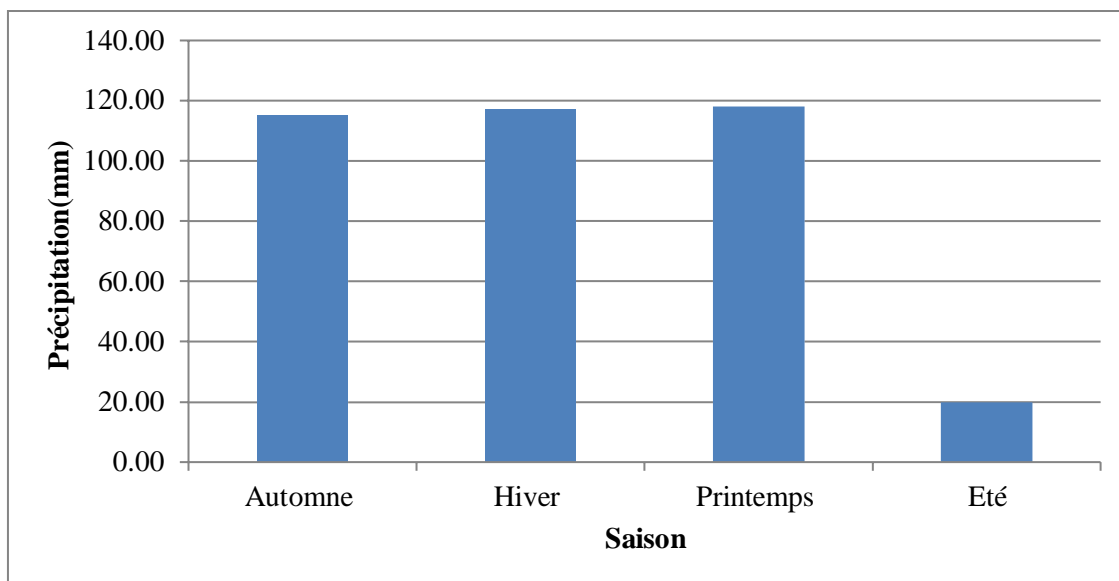


Figure III.11: Histogramme de variation des pluies saisonnières (198/2021)

III.5.4. Analyse des Températures

La température moyenne enregistrée pour la période: 1981-2021 sont données dans le tableau III.8

Tableau III.8: Température moyennes mensuelles (1981-2021)

Mois	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil.	Aou
T _{moy} (C°)	21.1	16.0	10.3	7.0	5.9	7.3	10.0	12.8	16.9	22.0	26.2	25.9
T _{max}	23.6	19.2	12.4	9.9	8.2	11.0	12.6	16.0	20.3	24.8	28.3	28.0
T _{min}	17.6	13.2	7.2	4.6	3.8	3.0	7.6	10.0	12.2	16.5	23.4	23.8

On remarque que la température moyenne annuelle est égale à **15.1°C** avec un minima moyen enregistré le mois Janvier de **5.9°C** et un maxima moyen enregistré le mois de Juillet de **26.2°C**.

Contributionsal'étude delaprotectionde lavillede Sebdou contrelesinondations

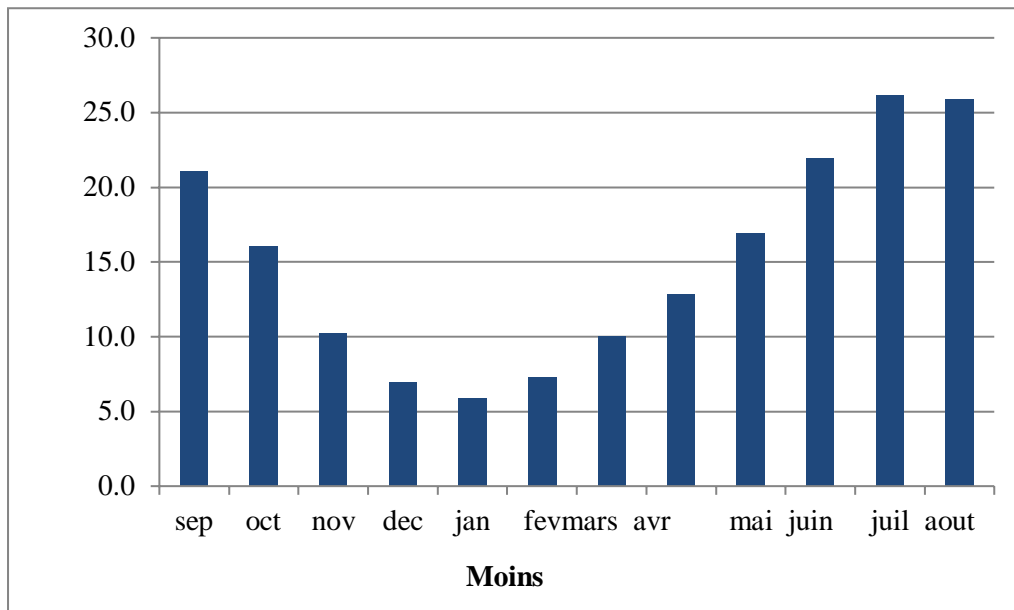


Figure III. 12: Histogramme des moyennes mensuelles de température(1981-2021)

III.5.5. Humiditérelative

L'humiditérelative de l'air correspond au rapport de la pression partielle de vapeur d'eau présente dans l'air à la même température

Les moyennes mensuelles de l'humidité pour la période (1981-2021) sont résumées dans le tableau III.9.

Tableau III.9: Humiditérelative moyennem mensuelle (période: 1981-2021)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Annue lle
Humidité (%)	52.5	59.7	69.1	74.2	72.4	69.2	64.6	61.7	57.0	48.0	39.0	40.0	59

On remarque à partir de ce tableau que l'humidité est dépassé 70% pendant les mois d'hiver (Décembre, Janvier) ; atteint son maximum en Décembre de 74.2 % et le minimum en juillet de 39%, la moyenne annuelle est de 59%.

Contributionsal'étude delaprotectionde lavilledesebdou contrelesinondations

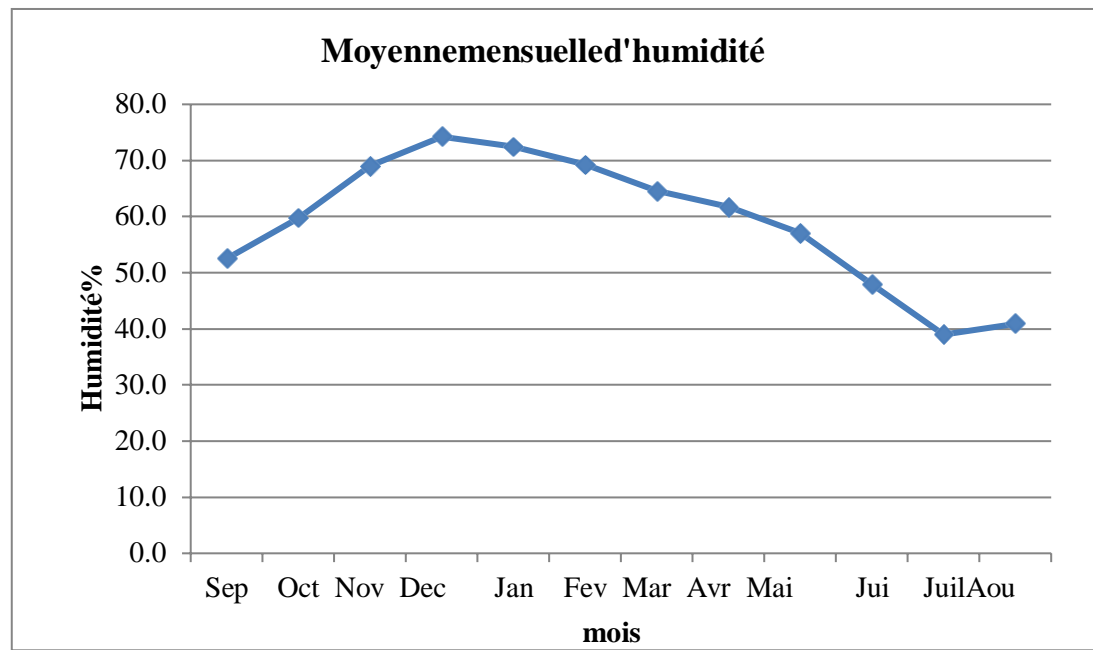


Figure III.13: Humidité relative moyenne mensuelle(1981-2021)

III.5.6. Vent

Le vent est le mouvement des masses d'air dû aux différences locales de pression et detempérature.

TableauIII.10: Variationdesvitessesdesventsmoyennesmensuelles(1981-2021)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Annue lle
Vent (m/s)	4.75	5.15	6.06	6.20	6.14	6.24	5.93	5.75	5.20	4.85	4.74	4.63	5.47

Selon la figure III.et pour la période de 1981-2021, la vitesse moyenne annuelle du vent estvoisine**5.47**m/s.

Contributionsal'étude delaprotectionde lavillede Sebdou contrelesinondations

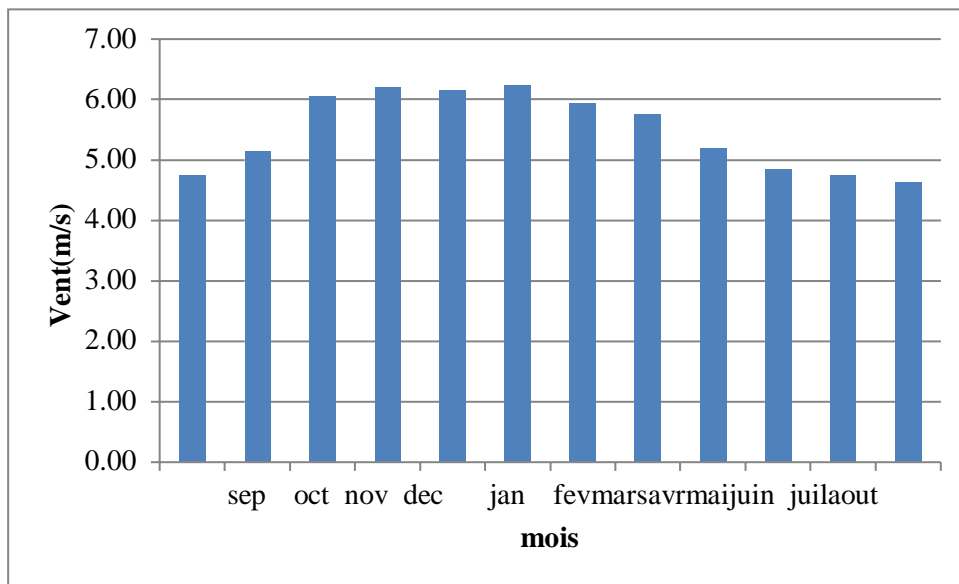


Figure III.14.: Histogramme des vitesses des vents moyennes mensuelles(1981-2021)

III.6. Synthèsebioclimatique:

Lesfacteurslesplusimportantspourdécrireleclimatd'unerégionparticulière sontlatempérature etles précipitations.

III.6.1. Indiceclimatique:

L'utilisationdesindicesclimatiques estimportantecarletypedeclimatd'unerégionpeutêtrémieuxcompris.

III.6.2. Indiced'ariditéannueldedeMartonne:

Cetindiceestdonnépar:

$$I=P/(T+10) \quad (\text{Eq.III.1})$$

Avec:

P : Précipitation moyennes annuelles (mm)

;T:Températuresmoyenneannuelle(°C).

P=370.63mmT=15.1 °C,par conséquence **I=14.76**

De.MORTONNEproposelaclassification suivante:

$I < 5$ Climat hyperaride.

$5 < I < 10$ Climat

Contributionsal'étude delaprotectionde lavilledesebdou contrelesinondations

désertique. $10 < I < 20$ Climat

semi-

aride. $I > 20$ Climat humide [44]

La valeur I calculée ($I = 14.76$ comprise entre 10 et 20) et le rapport sur l'abaque (figure III.15) caractérisent la région par un climat **semi-aride**.

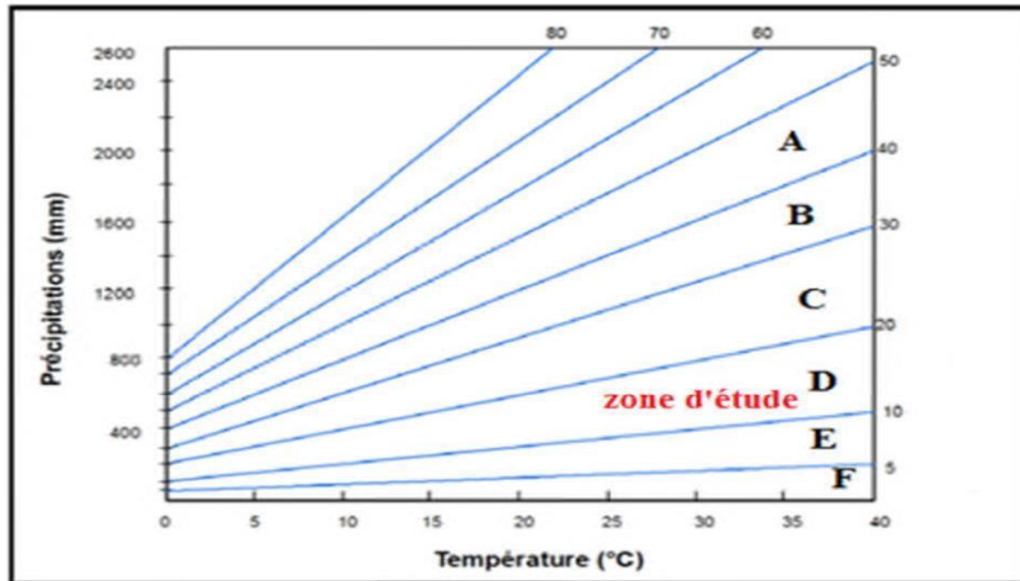


Figure III.15: Abaque de MARTONNE.

Zone A: Ecoulement abondant;

Zone B : Ecoulement exoréique;

Zone C: Zone tempérée, drainage extérieur, irrigation non indispensable;

Zone D: Régime semi-aride, écoulement temporaire, formations herbacées

Zone E: Régime désertique, écoulement temporaire ;

Zone F: Hyper-aridité, aréisme.

On remarque que la zone du site étudié appartient à la « **Zone D** » traduisant un régime semi-aride à écoulement temporaire et à formations herbacées proche du régime tempérée.

III.6.3. Indice d'aridité mensuelle de Martonne:

Utilisé par les élèves de De. MORTONNE dans le but de préciser les conditions de semi-aridité mensuelle. Cet indice est donné par la relation suivante:

$$i = \frac{12P}{(t+10)} \quad (\text{Eq. III.2})$$

Contributionsal'étude delaprotectionde lavilledesebdou contrelesinondations

P:Précipitationsmoyennesmensuelles(mm); t:Températuremoyennemensuelle(°C)[44]

LetableauIII.11.Représententl'indiced'ariditémensuelledeDE.MORTONNE

Tableau III.11:l'indiced'ariditémensuelledeDE.MORTONNE

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou
Pluie(mm)	25.44	37.31	52.60	35.07	46.41	40.26	44.56	40.26	33.28	8.39	2.62	8.97
T(C)°	21.1	16.0	10.3	7.0	5.9	7.3	10.0	12.8	16.9	22.0	26.2	25.9
I	9.81	17.22	31.09	24.75	35.02	24.78	26.73	21.18	14.84	3.14	0.86	2.99
Clase	Désertique	Semi-aride	Humide	Humide	Humide	Humide	Humide	Humide	Semi-aride	Hyperaride	Hyperaride	Hyperaride

III.6.4. Indiced'emberger:

Laméthode basée surleslimites des aires occupées par les des différentes associationsvégétales, consiste à reporter sur un diagramme établi par L. Emberger, en ordonnée la valeurdeQ₂,et enabscisselamoyennedesminimasdu moisleplusfroid(°C)avec:

$$Q_2 = \frac{1000 P}{\left(\frac{M + m}{2}\right) \times (M - m)} \quad \text{(Eq.III.3)}$$

Avec;

Q₂ : Quotient pluvio-thermique d'EMBERGER

;P:Précipitationsmoyennesannuelles(mm);

M:Moyennesdestempératuresmaximalesdumoislepluschaud(°K);

m : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid (°K)

;M-m:Amplitudethermiqueextrêmemoyenne(°K)[44]

T (°K) = T (°C) +273. Le quotient pluvio-thermique d'Emberger pour la station de SebdouM (°K) = 301.31

m (°K) =

276.02DoncQ₂=50.7

4

Nousreportonslavaleurduquotientd'Embergerdanssonclimogrammesurlafiguresuivante:

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdeoucont re les inondations

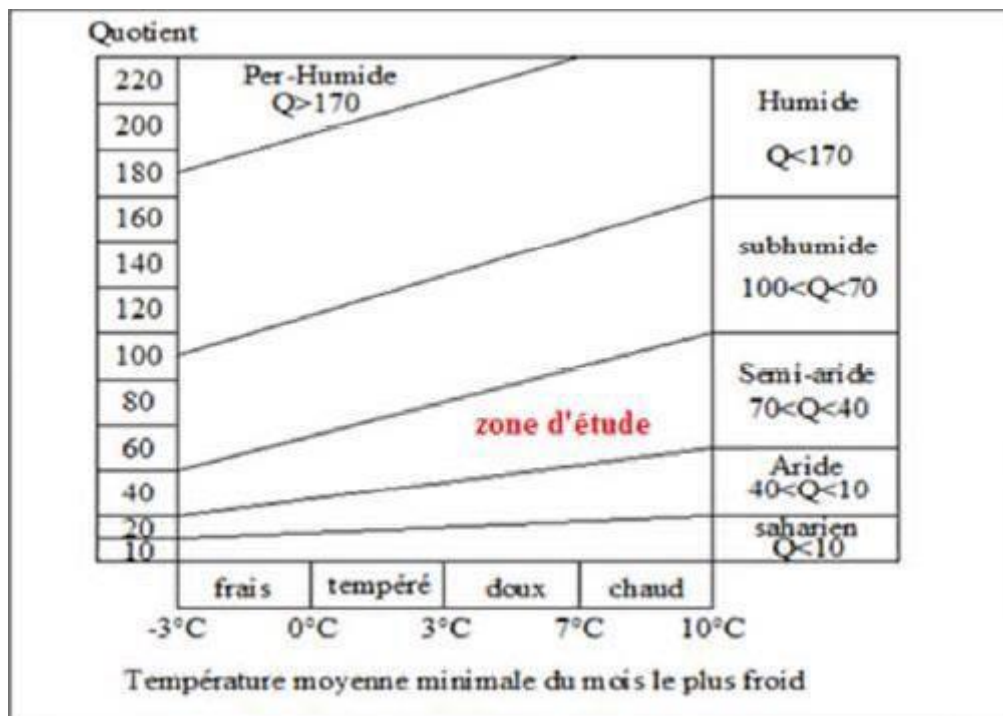


Figure III.16: Etage bioclimatique de la région étudiée selon le climagramme d'Emberger

Selon le Climogramme d'Emberger, le climat de la région étudiée appartient à une zone semi-aride, ($Q=50.74$).

Le diagramme ombro-thermique précise les périodes sèches et humides durant l'année et caractérise les interactions entre les précipitations moyennes mensuelles et les températures moyennes mensuelles.

Selon le diagramme ombro-thermique est représenté sur la figure III, nous remarquons que la période humide débute à partir du mois de Septembre jusqu'au mois de mai.

Quant à la période sèche, elle s'étale à partir du mois de juin et dure jusqu'à la fin du mois d'août.

Contributionsal'étudedelaprotectiondelavilledeSebdoucont relesinondations

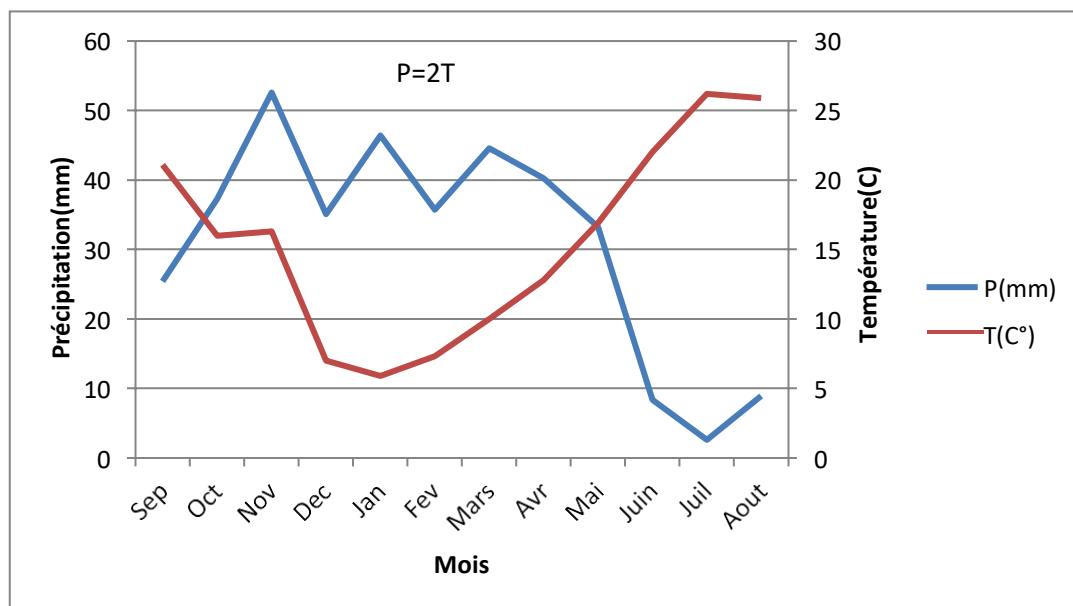


Figure III.17: Courbe pluviométrique-thermique de la région d'étude.

III.7. Conclusion:

Dans ce chapitre, nous connaissons l'histoire de Sebdou, ainsi que l'histoire des inondations dans cette ville, et aussi nous connaissons la situation géographique et hydrographique et les oueds les plus importantes qui caractérisent cette ville.

L'analyse climatique est primordiale pour permettre de déterminer les paramètres fondamentaux pour les calculs hydrologiques, en l'occurrence :

Précipitation moyenne annuelle à la station de Sebdou, est estimée **370.63 mm**

Précipitation moyenne mensuelle est de **30.89**

mm Précipitation maximale journalière est de **73.33**

mm La température moyenne annuelle est de **15.1**

°C L'humidité moyenne annuelle est **59%**

Le vent moyen annuel est **5.74 (m/s)**

CHAPITRE 04:

Hydrologie et Aménagement

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdoou contre les inondations

IV.1. Introduction

La Ville de Sebdoou est sujette à des inondations en raison de la topographie et du climat de la région. La construction de digues ou de petites retenues ou bassins de rétentions au niveau des oueds surplombant la ville et qui présentent un danger potentiel est donc essentielle pour protéger contre les inondations et pour la sécurité de la population locale.

L'oued Kicole étant l'une des principales sources d'inondations de la ville de Sebdoou, il est important de mettre en place des aménagements pour protéger la ville contre les risques d'inondation.

Voici quelques exemples d'aménagements qui pourraient être mis en place au niveau de l'oued Kicole pour protéger la ville de Sebdoou:

- Construction de barrages : La construction de barrages permet de retenir les eaux de pluie dans les bassins de rétention, ce qui peut réduire le risque d'inondation en aval.
- Réaménagement des berges : En réaménageant les berges de l'oued Kicole, on peut améliorer la capacité d'écoulement de l'eau, ce qui peut aider à réduire les risques d'inondation.
- Construction de digues : La construction de digues le long de l'oued Kicole peut aider à prévenir les inondations en empêchant les eaux de pluie de déborder.
- Végétalisation des berges : La végétalisation des berges de l'oued Kicole permet de renforcer les sols et de réduire l'érosion, ce qui peut améliorer la capacité d'écoulement de l'eau.
- Création de zones humides artificielles : La création de zones humides artificielles le long de l'oued Kicole permet de filtrer les eaux de pluie et de réduire le risque d'inondation. Ces aménagements peuvent être coûteux et nécessitent une planification rigoureuse pour s'assurer de leur efficacité. Il est également important de prendre en compte les effets potentiels de ces aménagements sur l'environnement et de s'assurer qu'ils sont réalisés de manière durable et respectueuse de l'environnement.

La construction d'une digue ou d'un bassin de rétention sur l'oued Kicole nécessite une étude préalable approfondie des données hydrologiques de la région. Les données de pluviométrie, de débit, de topographie et de caractéristiques d'écoulement doivent être collectées et analysées avec soin pour déterminer les dimensions et les caractéristiques de la digue.

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Seb dou cont re les inondations

Le choix du matériau pour la construction de la digue ou du bassin de rétention dépend des caractéristiques géologiques de la région. Les matériaux couramment utilisés pour la construction de digues comprennent la terre, les enrochements, le béton et les gabions.

La construction de la digue ou d'un bassin de rétention doit également prendre en compte les réglementations locales et les normes de sécurité pour garantir la sécurité de la population environnante. Les travaux doivent être effectués par des professionnels qualifiés et expérimentés en génie civil et en hydraulique pour garantir la stabilité de la digue et la sécurité des habitants.

IV.2. MORPHOMETRIE ET CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU BASSIN D'OUED KICOLE

L'oued Kicole est un petit cours d'eau à écoulement temporaire situé au Sud de la ville de Seb dou. Il prend naissance au niveau de Rakab Tarf El Rhaba à une altitude de plus de 1200 m, creuse ces affluents Chabet Moussa et Moumene au niveau des Djebels Touil et Znina. Il prend ensuite le nom d'oued Kicole, traverse la ville de Seb dou pour rejoindre à l'aval les oueds Seb dou au nord ouest. L'étude morphométrique est réalisée à partir de la carte topographique de Seb dou au 1/50000.

IV.2.1. Caractéristiques du bassin versant

- Superficie 41 Km²
- Périmètre 29 Km
- Coefficient de compacité de Gravelius $K_G = 1,42$. Cette valeur indique que le bassin est allongé et peut être représenté par un rectangle équivalent de dimensions : $L = 11,7$ km et $l = 2,8$ km
- Longueur de Talweg est 9.5 km

IV.2.2. Caractéristiques hydrographiques

Nous avons consigné dans le (tableau IV.1), les caractéristiques du réseau hydrographique de l'oued Kicole.

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdoou contre les inondations

Tableau IV.1: caractéristiques du réseau hydrographique de l'oued Kicole

Ordre	Nombre	Longueurs cumulées (km)	Longueurs moyennes (km)
01	125	41	0.33
02	27	15	0.56
03	6	10	1.67
04	1	6.5	6.5

Le cours d'eau principal de l'oued Kicole est d'ordre 4, avec une fréquence hydrographique de 5 par Km² et une densité de drainage de 2,22 km/km² indiquant que le bassin versant est assez bien drainé.



Contributionsal'étudedelaprotectiondelavilledeSebdoucont relesinondations

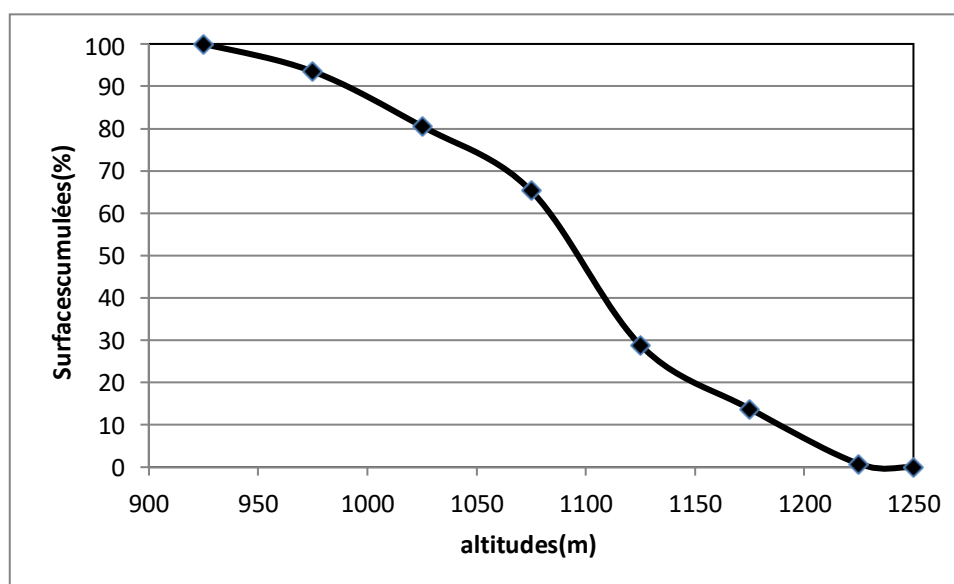
FigureIV.1: le bassinversantd'ouedKicole

IV.2.3. Reliefdubassinversant

Larépartitionaltimétrique(tableauIV.2)permetdetracerlacourbehypsométrique(figure IV.2).

TableauIV.2: répartitionaltimétriquedubassin d'ouedKicole

Altitudes(m)	altitudes moyennes	Surface(km ²)	Surfaces(%)	S.Cum(%)	Alt(%)
				100	0
900-950	925	2,125	6,49	100	14,5
950-1000	975	4,25	12,98	93,51	29
1000-1050	1025	5	15,26	80,53	43,5
1050-1100	1075	12,125	36,45	65,27	59
1100-1150	1125	7,625	15,02	28,82	73,5
1150-1200	1175	1,375	13,04	13,8	88
1200-1250	1225	0,25	0,76	0,76	100
	1250			0	100



FigureIV.2: CourbeHypsométriquedubassin d'ouedKicole

CettecourbeindiquequelebassinprésenteunEtatd'équilibreetdoncunpotentielérosifmoyen. Les altitudescaractéristiquessontdonnéesdansle(tableauIV3).

Contributionsal'étudedelaprotectiondelavilledeSebdoucont relesinondations

TableauIV.3:Lesaltitudescaractéristiquesdubassin d'OuedKicole.

H50%(m)	H5%(m)	H95%(m)	Hmax(m)	Hmin(m)
1095	1210	955	1245	900

IV.2.4. Pentedubassinversant

Lacartedepentedelafigure 3indiquequelebassinversant d'ouedKicole

présente quatre classes variant de 3% au niveau de la plaine (ville de Sebdou) à l'aval et dansleplateaudeRakabtarafElGhabaàl'amontjusqu'àdespentesde15à25%aucentredubassin.

Toutefois plus de 60% du bassin est caractérisé par des pentes de l'ordre de 3 à 12%.Lesindices depentes sont:

- Pentemoyenne $I_m = 3\%$
- Penteglobale $I_g = 2\%$ quidénoteunreliefmodéré àassezfort.
- Indicedepente deRoche $I_p = 1,5\%$.

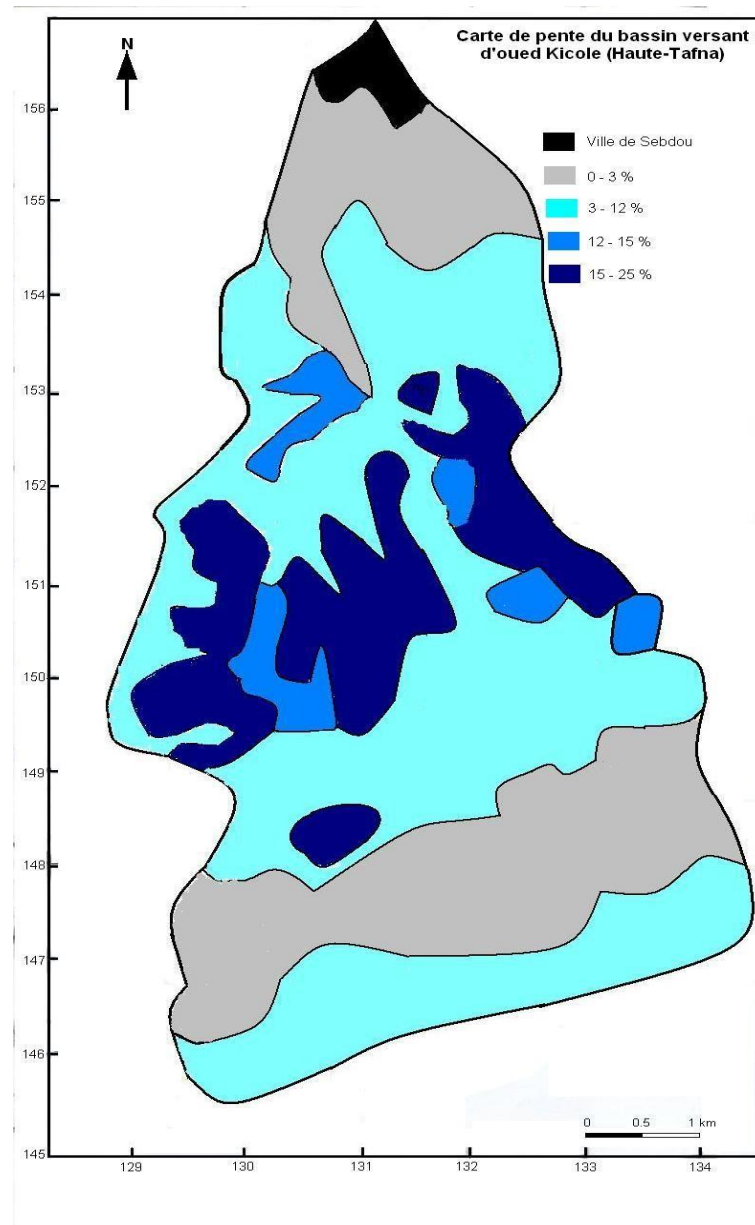


Figure IV.3: Carte de pente du bassin versant d'Oued Kicole

IV.3. Cadre Géologique Et Hydrogéologique

IV.3.1. Cadre géologique

La stratigraphie de la région suivant un ordre chronologique des formations affleurantes, de la plus ancienne à la plus récente, est décrite de la manière suivante

- **Marno-calcaires de Raourai: Kimméridgien moyen**

Ces sont des marnes grises, blanchâtres en surface, intercalées de nombreux lits et bancs de calcaires mar

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdeoucont relesinondations

neuxdurs;cetteformationestlimitéeàsabaseparleslitscalcaires deStahetau

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebducont re les inondations

sommet par les calcaires de Lato, ou les premières assises des dolomies de Terny. Elle affleure particulièrement sur le plateau de Terny, dans le djebel Lato et à l'Est de Aïn Fezza.

- **Dolomies de Terny : Kimmeridgiens supérieur**

Elles correspondent à des dolomies parfois vacuolaires avec de nombreuses stratifications obliques et un aspect très massif, qui permet de bien les distinguer des dolomies de

Tlemcen. Elles sont développées au niveau du plateau des Azaïls, de Terny et près du barrage Meffrouch, leur épaisseur est de l'ordre de 100 m dans le plateau de Terny. Elles sont bien représentées au niveau des bassins de l'oued Sebdu.

- **Marno-calcaires de Hariga : Tithonique inférieur**

D'âge Tithonique moyen, il s'agit d'une alternance de marnes et de calcaires ; Elles sont bien exposées au djebel Hariga avec une épaisseur de 165 m dans le bassin du Sebdu, ainsi qu'au Bled El Gliia dans le bassin de L'Isser qui vont jusqu'à 270m.

- **Marno-calcaires d'Ouled Mimoun : Crétacé inférieur "Tithonique supérieur",**

cette formation renferme les couches de passage du Jurassique au Crétacé, elle est limitée à la base par les "grès de Merchich", dans le secteur de Merchich, sur le rebord sud du plateau de Terny. Elle affleure nettement dans le secteur d'Ouled Mimoun, ainsi qu'au niveau de la bordure nord du fossé de Sebdu.

- **Les argiles de Lamoricière (Berriasien-Valanginien):**

C'est une formation argilo-gréseuse, nettement calcaire au sommet. Elle affleure au niveau de Hassi Zergadans le bassin de Sebdu.

- **Plio-Quaternaire:**

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

- Le complexe de sédiments plio-villafrachiens : la bordure des massifs secondaires est soulignée par des éboulis de piémont plus ou moins encroûtés et remaniés, d'épaisseur

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdeoucont relesinondations

très variable mais toujours assez faible.

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdeoucont re les inondations

- Des anciennes alluvions allant des marnes alluvionnaires verdâtres aux galets en passant par les limons et les graviers.

IV.3.2. Cadre structural

La direction générale des grandes fractures est SW-NE ; cependant de nombreux accidents sont, soit infléchis vers le Nord, soit orientés WSW-

ENE (direction tellurienne). D'autres failles moins importantes, ont une direction SE-NW et s'accompagnent parfois de déplacement latéral (Cisaillement).

Le style tectonique générale est de type cassant, mais on observe aussi quelques déformations souples surtout dans les zones de cisaillement et de subsidence.

Les failles sont subverticales dans leur ensemble. Elles résultent de déformations du socle et limitent des zones de Horsts et de grabens.

IV.3.3. Cadre Hydrogéologique et impacts sur l'hydrologie

Dans le bassin d'Oued Kicole, seule la formation des Dolomies de Terny peut présenter un intérêt hydrogéologique vu son caractère karstique. Cependant la surface occupée par cette formation dans le bassin est faible (2 km² soit 6% environ de la surface totale).

Le type de formations géologiques qui affleurent dans les bassins versants a une influence sur la répartition des écoulements superficiels. En effet, un bassin formé de matériaux très perméables avec une couverture végétale continue aura en général une densité de drainage faible assurant une meilleure infiltration des eaux superficielles. Par ailleurs, un bassin formé de roches imperméables mais meubles et érodables, comme des marnes et des argiles, avec une végétation moyenne, présente souvent une densité de drainage élevée, ce qui favorise le ruissellement des eaux superficielles aux dépens de l'infiltration.

Le bassin est formé essentiellement par des formations imperméables à semi perméables qui occupent la presque totalité de la superficie du bassin, ce qui favorise le ruissellement des eaux de surface. L'Oued Kicole est formé de plus de 26% d'argiles et d'environ 43% de marnes calcaires, les alluvions occupent presque 20% de la surface. Ceci favoriserait le phénomène d'érosion et du transport en suspension.

Contributionsal'étudedelaprotectiondelavilledeSebdoucont relesinondations

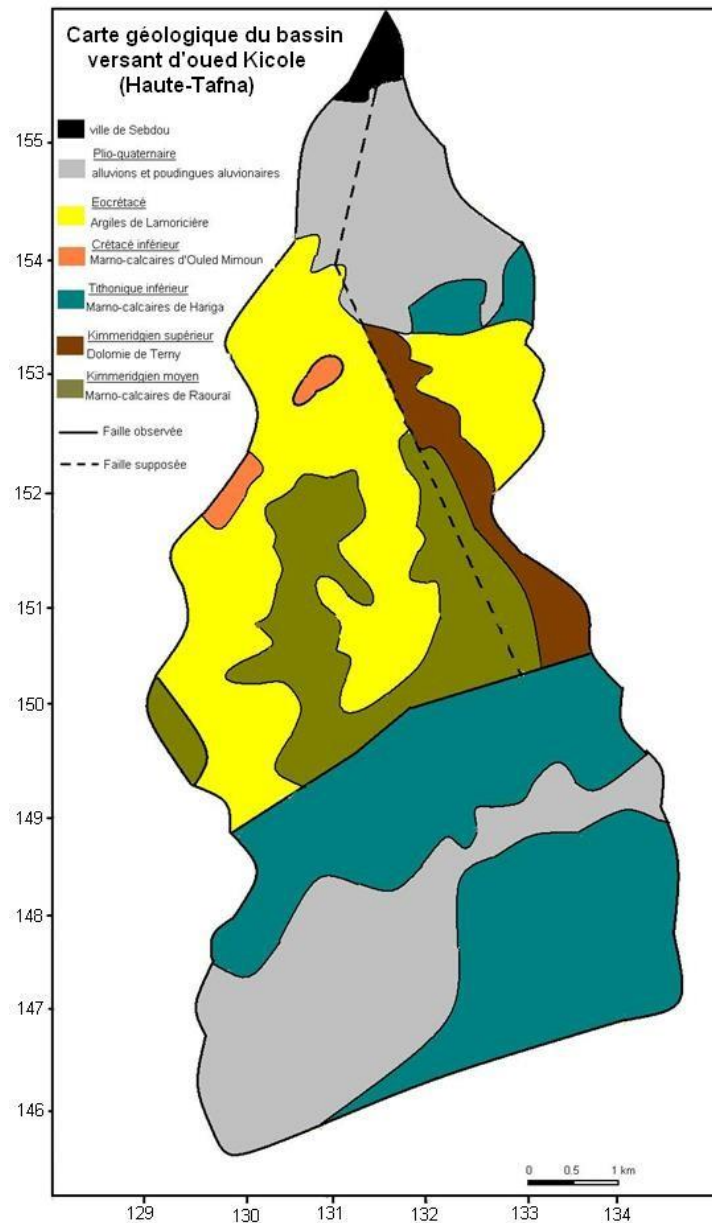


Figure IV.4: Carte géologique du bassin d'Oued Kicole.

IV.4. Sols et Végétations

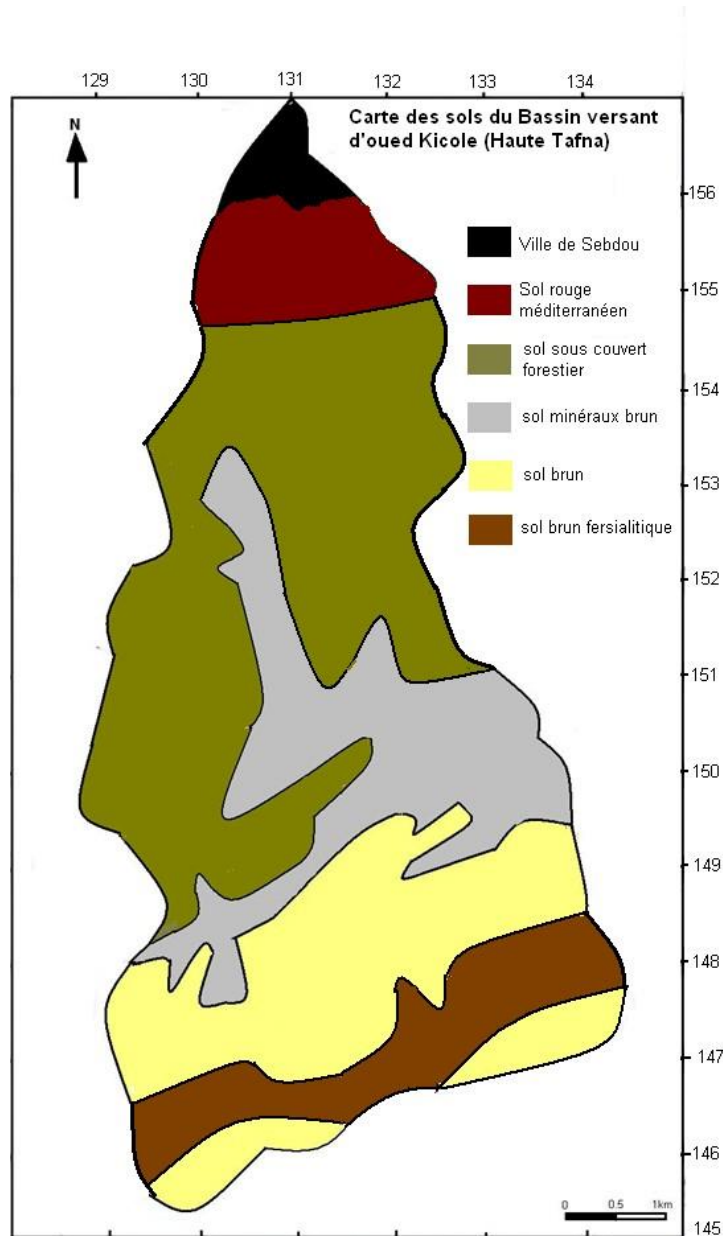
IV.4.1. Les sols

Le bassin d'oued Kicole est occupé par cinq types de sol (Figure IV.5) qui se répartissent comme suit:

- sol rouge méditerranéen 10%
- sol sous couvert forestier 35%
- Sol Minéraux brun 22%

Contributionsal'étudedelaprotectiondelavilledeSebdoucont relesinondations

- SolBrun23%
- SolBrunfersialitique10%



FigureIV.5:Cartedessolsdubassin d'OuedKicole

IV.4.2. La végétation

La végétation est un facteur déterminant de la rapidité du ruissellement superficiel, du taux d'évaporation et de la capacité de rétention du bassin. Donc la présence de végétation va jouer le rôle de « Régulateur » dans le régime d'écoulement.

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebducont re les inondations

L'occupation végétale a une influence directe sur l'écoulement fluvial aussi bien que les facteurs orographiques et climatiques. La résistance à l'écoulement est d'autant plus grande que le couvert végétal est plus dense. Cette influence de la forêt sur le régime des eaux en domaine méditerranéen a un rôle considérable. Le paysage végétal du bassin de la Tafna a été largement dégradé et défriché en montagne par les incendies et par une petite agriculture extensive et un surpâturage endémique. Ce qui a entraîné une perte d'eau par évaporation et une accélération de l'érosion.

Le bassin versant d'oued Kicolees occupé par (Figure IV.6).

- La céréaliculture qui occupe environ 30% de la surface du bassin et elle est pratiquée à l'amont du bassin (plateau) et à l'aval près de la ville de Sebdu. En automne, les terrains seront nus et l'action érosive des premières pluies sera importante.
- Reboisement 25% et maquis clair 15%, au centre du bassin dans la zone à forte pente et à formations géologiques tendres argiles et marno-calcaire. La présence de cette couverture est plus importante.
- L'alfaqui occupe 30% de la surface.

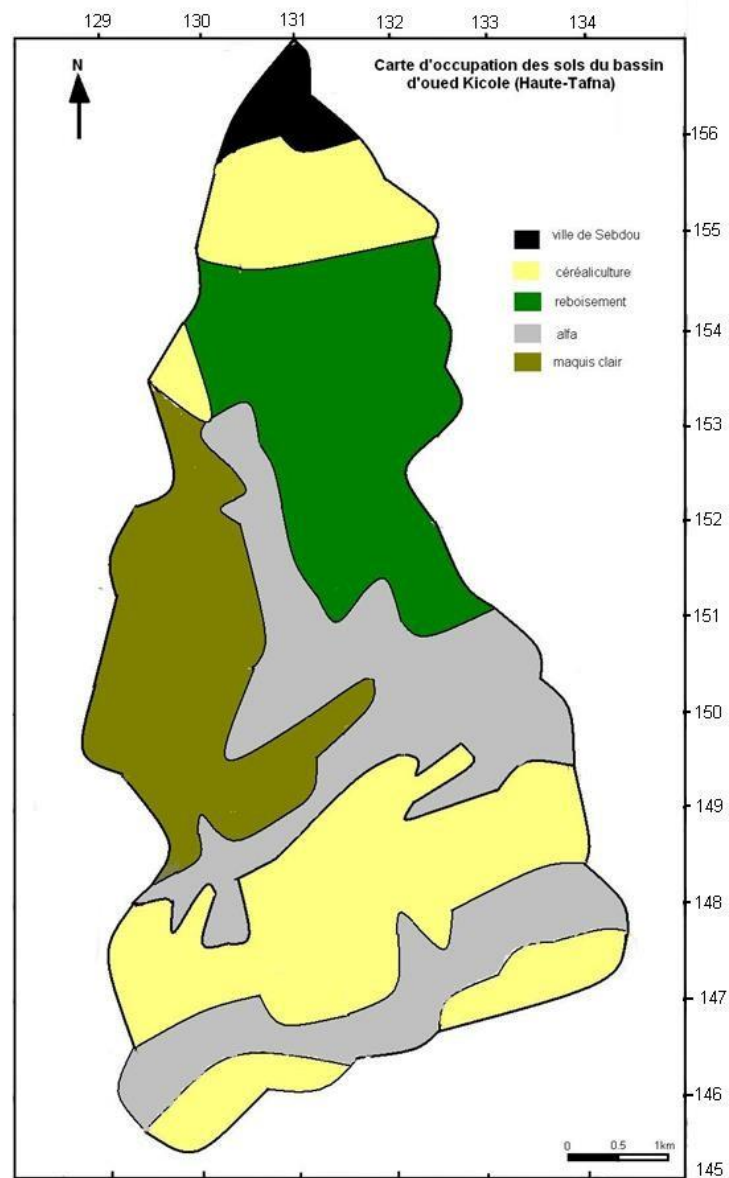


Figure IV.6: Carte de végétation du bassin d'Oued Kicole

Contributionsal'étude delaprotectionde lavillede Sebdu contrelesinondations

Le tableau.IV.4 résumelescaractéristiquesdubassinversantetducoursd'eau.

Tableau IV.4: Caractéristiquesdubassinversant

Caractéristiquedubassinversant	
1.Morphométrie	
Surface(Km2)	32.75

Contributionsal'étude delaprotectionde lavillede Sebdou contrelesinondations

Périmètre(Km)	29
Longueur durectangle(Km)	11.5
Largeurderectangle(Km)	2.8
LongueurdeTalwag	9.5
IndicedeGraveluise	1.42
2.Relief	
Altitudemaximale(m)	1245
Altitudemoyenne(m)	1097
Altitudeminimale(m)	900
Altitudemédiane(m)	1095
Indicedepenteglobale(%)	2
Pentemoyennedubassinversant(%)	3
Indicedepentederoche	1.5
3.Réseau hydrographique	
Ordredu coursde'eau	4
Fréquencehydrographique(Km ²)	5
Densitédedrainage(km-1)	2.22

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Seb Dou contre les inondations

IV.5. Analyse des précipitations et détermination du débit de projet

L'étude des précipitations maximum journalières peut être utilisée pour déterminer les débits de projet en l'absence de données de débit disponibles. Cette approche est basée sur l'idée que les précipitations intenses sont souvent associées à des débits élevés dans les cours d'eau. Aussi, il

est important de garder à l'esprit que l'utilisation des précipitations maximum journalières pour estimer les débits de projet comporte certaines limites. Les précipitations intenses ne sont pas toujours directement corrélées aux débits, car d'autres facteurs tels que les caractéristiques du bassin versant, le sol, la végétation, etc., peuvent influencer le comportement hydrologique. Par conséquent, les résultats obtenus doivent être interprétés avec prudence, et il est recommandé de recueillir des données de débit sur le terrain lorsque cela est possible pour une meilleure évaluation des débits de projet.

Pour l'étude des précipitations, nous avons besoin d'une série pluviométrique qui comporte les précipitations maximales journalières pour une période suffisamment longue. Pour cela nous avons pris comme base de calcul la série pluviométrique de la station météorologique de Seb Dou enregistree de 1990 à 2020 (tableau IV.5).

Tableau IV.5: Précipitations maximales journalières P_{jmax} , durant 30 ans d'observations

Années	P_{jmax}	Années	P_{jmax}	Années	P_{jmax}	Années	P_{jmax}	Années	P_{jmax}
1990	26.46	1997	19.91	2004	38.7	2011	35.56	2018	25.73
1991	40.44	1998	18.2	2005	30.93	2012	53.56	2019	32.31
1992	39.42	1999	24.02	2006	20.21	2013	26.16	2020	15.53
1993	36.55	2000	26.4	2007	29.45	2014	22.91		
1994	17.05	2001	73.33	2008	44.17	2015	24.98		
1995	56.89	2002	31.74	2009	20.86	2016	18.91		
1996	31.22	2003	37.97	2010	29.41	2017	26.69		

Contributionsal'étudedelaprotectiondelavilledeSebdoucont relesinondations

L'analyse statistique des données pluviométriques consiste à déterminer (tableau IV.6), les caractéristiques empiriques de la série d'observations de précipitations maximales journalières, de 31 années:

Tableau IV.6:Caractéristiques de la série pluviométrique (période: 1990-2020)

Caractéristique	Valeurs
LasommesdesP maxJen(mm)	975.52
lamoyennedesPmax jen(mm)	31.47
L'écarttype	12.66
CoefficientdevariationC _v	0.40

IV.6. Choix de la loi d'ajustement

Comme il existe plusieurs méthodes d'ajustement des séries pluviométriques, l'efficacité d'une méthode d'estimation dépend de la loi de probabilité, de la taille et de certaines caractéristiques de l'échantillon.[31]

Toutefois, de nombreuses études comparatives, autant empiriques que théoriques, ont été menées afin de déterminer dans quelles circonstances une méthode d'estimation est la plus efficace pour une loi donnée.[45]

L'étude consiste à faire un ajustement pour la série de données des précipitations maximales journalières par une loi théorique afin de déterminer l'intensité de pluie de durée et de période de retour donnée.

Dans la région étudiée, les différentes études effectuées ont montré que les séries pluviométriques suivent une loi Gumbel.

L'ajustement des pluies maximales journalières nous l'avons effectué par logiciel Excel Statistique.

La procédure d'ajustement consiste à:

- Classer la série des précipitations par ordre croissant.
- Calculer les fréquences expérimentales.

$$F(x) = \frac{i-0.5}{N}$$

(Eq.IV.1)

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdoou contre les inondations

Avec:

i: lerang.

N: la taille de l'échantillon. (n=31)

- Calculer les caractéristiques empiriques de la série (Tableau IV.8)
- Ajuster graphiquement la loi choisie. On calcule pour cela la variable réduite de Gumbel par $U_i = -\ln(-\ln(F(x_i)))$ **(Eq.IV.2)**
- Calcul des quantiles et leurs intervalles de confiance

Représentation graphique de la série selon un ajustement à la loi de Gumbel (Figure IV.6)

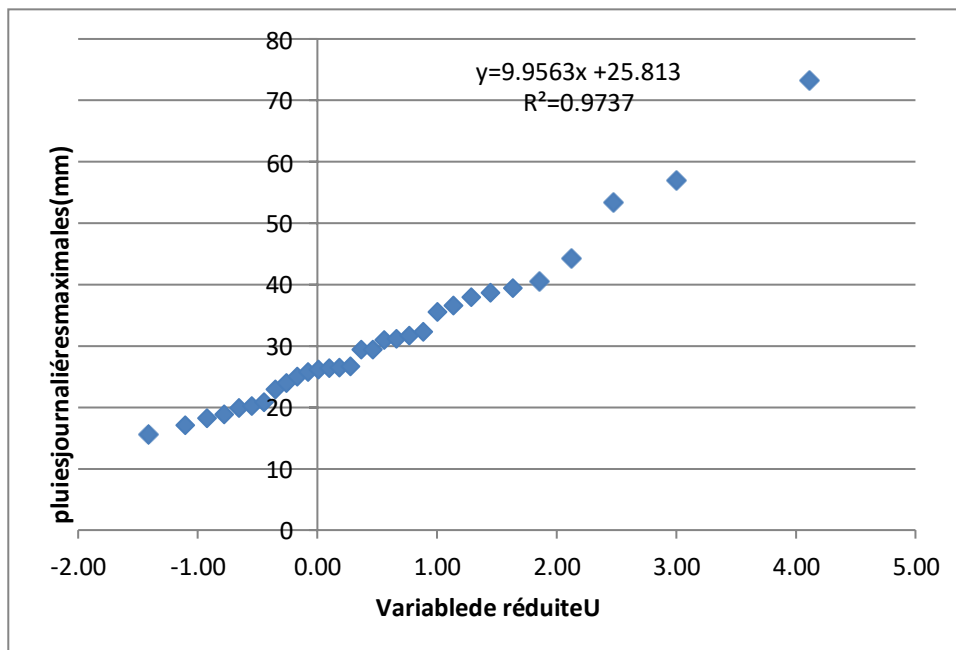


Figure IV.7: Ajustement des précipitations maximales journalières

Selon l'ajustement la relation de la droite des P_{jmax} est de:

$$P_{jmax} = 9.956u + 25.81 \quad \text{(Eq.IV.3)}$$

Apartir du graphique, nous tirons les précipitations maximales journalières pour différentes fréquences.

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Seb Dou contre les inondations

Tableau IV.7: Caractéristiques de pluies de fréquence (f)

Période de retour (ans)	2	5	10	20	50	100	1000
Fréquence (%)	0.5	0.8	0.9	0.95	0.98	0.99	0.999
Variable Réduite de Gumbel U	0.37	1.50	2.25	2.97	3.90	4.60	6.91
Pluie de Fréquence (f)	29,46	40,74	48,21	55,38	64,66	71,61	94,58

IV.7. Courbe Intensité durée fréquence

Pour une période donnée la quantité de pluie tombée dans un temps donné 't' est donnée par la formule de BODY.

$$P = P_{jmax} (t/24)^b \quad \text{(Eq. IV.4)}$$

Avec:

P : pluie maximale annuelle de durée (t) et de fréquence (f) (en mm)

; P_{jmax} : pluie journalière maximale de fréquence f (en mm);

b : exposant climatique de la station pluviométrique : $b = 0,67$

t: durée en heure (En heure). [44]

On résume dans le tableau IV.9 le calcul des pluies fréquentielles:

Tableau IV.8: Calcul des pluies fréquentielles

Durée	Période de retour (ans)						
	2	5	10	20	50	100	1000
L'averse (heure)	Pluie (mm)						
0.5	2.20	3.04	3.60	4.14	4.83	5.35	7.06
1	3.50	4.84	5.73	6.56	7.69	8.51	11.25
2	5.58	7.71	12	10.48	12.23	13.55	17.90
4	8.87	12.26	14.51	16.67	19.46	21.56	28.47

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Seb Dou contre les inondations

6	11.64	16.09	19.04	21.88	25.54	28.29	37.36
	18.52	25.60	30.30	34.80	40.64	45.00	59.44
24	29.46	40.74	48.21	55.38	64.66	71.61	94.58
48	46.87	64.82	76.70	88.11	102.88	113.94	150.48
72	61.50	85.05	100.65	115.62	134.99	149.50	197.46

Les intensités maximales annuelles de durée t (h) et de période de retour T (ans) sont calculées par la relation suivante:

$$I = \frac{P_t}{t} \quad (\text{Eq. IV.5})$$

Avec:

P_t : Pluies de courte durée (mm).

I : Intensité maximale (mm/h) [44]

Tableau IV.9: Calcul des intensités pluviales maximales à la station de Seb Dou

Durée	Période de retour (ans)						
	2	5	10	20	50	100	1000
L'averse (heure)	intensités (mm/h)						
0.5	4.4	6.08	7.2	8.28	9.66	10.7	14.12
1	3.50	4.84	5.73	6.56	7.69	8.51	11.25
2	2.79	3.86	4.56	5.24	6.12	6.77	8.95
4	2.22	3.06	3.63	4.17	4.87	5.39	7.12

Contributionsal'étudedelaprotectiondelavilledeSebdoucont relesinondations

6	1.94	2.68	3.17	3.65	4.26	4.72	6.23
12	1.54	2.13	2.52	2.90	3.39	3.75	4.95
24	1.23	1.70	2.00	2.30	2.69	2.98	3.94
48	0.98	1.35	1.60	1.84	2.14	2.73	3.14
72	0.85	1.18	1.40	1.60	1.87	2.07	2.74

On prend la valeur de l'intensité de pluies qui correspond à la période de retour de 10 ans Pour le bon dimensionnement des aménagements de protection pluviaux pour l'évaluation des débits pluviaux.

$$i = 7.2 \text{ mm/h}$$

$$i = \frac{7.2 * 10000}{3600} = 20 \text{ l/s/ha} \quad \text{(Eq.IV.6)}$$

On reporte les résultats sur des courbes I.D.F (Intensité, Durée, Fréquence) (figure IV.8) et cela pour mieux exprimer les variations de l'intensité pour chaque fréquence

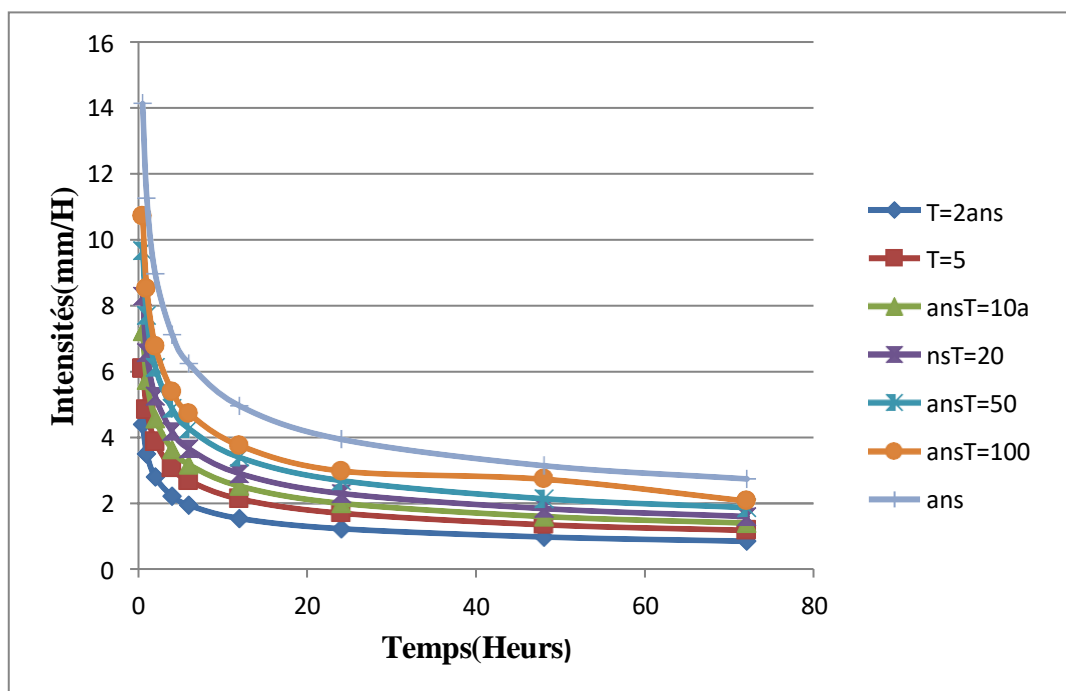


Figure IV.8: Courbes IDF

Contributionsal'étudedelaprotectiondelavilledeSebdoucont relesinondations

IV.8. Etudedesapports

Apport moyeninterannuel(A_{moy})

- **FormuledeMEDINGUER:**

$$A_{moy} = Le.A \quad (\text{Eq.IV.7})$$

$$Le=1.024(P_{moy}-0.26)^2 \quad (\text{Eq.IV.8})$$

Avec:

A_{moy} : Apportmoyenannuel(Hm³)

Le:Lamed'eauécoulée(m)

A:superficedubassinversantenKm²

P_{moy} :Pluie moyenneannuelle(m)

- **FormuledeDERY :**

$$A_{moy}=M0.A.K \quad (\text{Eq.IV.9})$$

Avec :

A_{moy} : Apportmoyenannuel(Hm³)

K:constantedonnéeK=31,54.10⁻³

A:superficedubassinversantenKm²

M0:Modulespécifiquemoyenannuelen(l/s/Km²)

$$M0:11.8.P_{moy}^{2.82} \quad (\text{Eq.IV.10})$$

P_{moy} :Pluimoyenneannuelle(m)

- **FormuledeSAMIE :**

$$A_{moy}=0.915.P^{2.684}.A^{0.842} \quad (\text{Eq.IV.11})$$

Avec:

A_{moy} : Apport moyen annuel (Hm³)

P_{moy} : Pluie moyenne annuelle (m)

A:Superficie du bassin (km²)

Contributionsal'étudedelaprotectiondelavilledeSebdoucont relesinondations

TableauIV.10:Apportmoyens interannuelsdebassinversant

Lesformules	Apportsmoyens(Hm3)
FormuledeMEDINGUER	0.41
FormuledeDERY	0.74
FormuledeSAMIE	1.20
Moyenne	0.78

IV.9. Caractéristiquedel'écoulement

- **Moduledel'écoulement(Me)**

$$Me = \frac{Amoy}{T} \quad \text{(Eq.IV.12)}$$

Avec:

Me:Moduledel'écoulement(l/s)

Amoy:Apportmoyenannuel(l)

T: Tempsd'uneannéeenSecondeT=60.60.24.365

- **Moduledel'écoulementrelatifouspécifique(M0)**

$$M0 = \frac{Me}{A} \quad \text{(Eq.IV.13)}$$

Avec:

Me:Moduledel'écoulement(l/s)

A:Superficedubassin(Km²)

- **Lamed'eauécoulée(Le):**

$$Le = \frac{Amoy}{A} \quad \text{(Eq.IV.14)}$$

Le : lame d'eau écoulée en (m)

Amoy : Apport moyen annuel (m³)

A:Superficie dubassin(m²)

TableauIV.11:Caractéristiquedel'écoulement

Moduledel'écoulement(Me)	30.76(l/s)
Moduledel'écoulementrelatifouspécifique(M0)	0.75(l/s/km ²)

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdeoucont re les inondations

Lamed'eauécoulée(Le)	0.23
----------------------	------

IV.10. Etude des crues

L'évaluation des crues est essentielle pour le calcul et la conception des ouvrages hydrauliques tels que les barrages, les canaux, les ponts, les digues et les systèmes de drainage. Elle permet de déterminer les débits d'eau maximum que ces ouvrages doivent être

capables de supporter en toute sécurité. En effet, l'évaluation des crues a toujours été un souci majeur dans le dimensionnement des ouvrages hydrauliques. De nombreuses méthodes ont été établies afin de parvenir à les estimer correctement. L'existence de tant de méthodes de calcul des crues est due aux changements de conditions et de problèmes rencontrés lors

de l'estimation in situ du chargé d'étude. Les techniques utilisées dans la détermination des crues dépendent essentiellement des données disponibles, plus la disponibilité est importante plus les problèmes qu'elle pose sont moindres [31]

Toutefois, lorsque on doit déterminer les crues pour des oueds non jaugés, c'est-à-dire des cours d'eau pour lesquels il n'y a pas de données de débit disponibles, on peut utiliser des méthodes empiriques ou régionales basées sur des caractéristiques géographiques et hydrologiques spécifiques de la région. L'évaluation des crues doit prendre en compte d'autres facteurs tels que les prévisions de changement climatique, les apports supplémentaires dus à l'urbanisation ou à d'autres activités humaines. Les incertitudes associées à l'évaluation des crues doivent également être prises en compte dans la conception des ouvrages hydrauliques. Il est recommandé de suivre les normes et les recommandations spécifiques à notre région pour l'évaluation des crues et la conception des ouvrages hydrauliques. Les méthodes et les approches peuvent varier en fonction des conditions locales et des exigences réglementaires.

IV.10.1. Différentes méthodes de calcul des crues:

- Méthodes déterministes
- Méthode historique
- Méthodes empiriques
- Courbes enveloppes
- Méthodes probabilistes
- Méthode de l'hydrogramme unitaire

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdeoucont reles inondations

IV.10.1.1. Méthodes historiques

Cette méthode repose sur l'étude d'archives et d'enquêtes démographiques et la recherche de traces anciennes d'inondations, c'est-à-dire les niveaux qu'elles ont atteints dans le passé.

IV.10.1.2. Méthodes empiriques

Ces méthodes sont des excellents outils pour la détermination d'un hydrogramme. En effet, elles permettent tout au long du développement du calcul, de rationaliser les résultats et de dégager ainsi les meilleures caractéristiques du projet. [46]

IV.10.1.3. Courbes enveloppes

Elle permet de tracer une courbe enveloppe (Francouet Rodier) en reportant les pointes de crues maximales observées dans une région de caractéristiques homogènes en fonction de la surface du bassin versant.

IV.10.1.4. Méthodes probabilistes

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

Méthode du Gradex basée sur l'hypothèse que durant des pluies fortes, alors que le sol du bassin approche de la saturation, chaque augmentation de la pluie tend à produire une augmentation du débit. En conséquence, sur un graphique de Gumbel, les droites de répartition des fréquences des pluies et des débits sont parallèles. [26]

IV.10.1.5. Méthodes déterministes

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

[26] IV.10.1.6. Méthode de l'hydrogramme unitaire

La méthode de l'hydrogramme unitaire basée sur un travail de dépouillement de crues (version de Sherman). [26]

Dans notre étude on va utiliser les méthodes empiriques.

IV.10.2. Applications sur le bassin versant non jaugé d'oued Kicole

Partant des données morphologiques et pluviométriques existantes une évaluation des débits de pointes des crues sera faite à partir de formules empiriques : Mallet –Gauthier, Samie, Giandottiet Sokolovski. Ces relations sont celles qui traitent mieux le bassin.

IV.10.2.1. Formule de Mallet–Gauthier

$$Q_{max,p} \% = 2.k.log(1+20H) \frac{S}{\sqrt{L}} \sqrt{1+4logT-logS} \quad (\text{Eq.IV.15})$$

Avec:

K : constante comprise entre 1-3 on prend: K=2;

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdou contre les inondations

H: Précipitation moyenne interannuelle en m, $H=0,370$ m (période 1990-

Contributionsal'étudedelaprotectiondelavilledeSebdoucont relesinondations

2020);

S :Surface du bassin en Km²;

L:Longueur dutalweg principal en Km ;

T:Période de retour. [44]

IV.10.2.2. Formule de SAMIE

$$Q_{max,p \%} = \frac{0.8 * S * P_{jmax}}{86.4} \quad (\text{Eq.IV.16})$$

Avec:

S:superficie du bassin versant (Km²).

P_{jmax}:Pluie maximale journalière

IV.10.2.3. Formule de Sokolovski

Le débit maximum probable est donné par la formule suivante:

$$Q_{max,p \%} = \frac{(0.28 * P_{tc \%} * C \% * S * f)}{T_c} \quad (\text{Eq.IV.17})$$

Q_{max}:Débit max (m³/s)

P_{tc}:Pluie durant le temps de concentration (mm)

C:coefficient de ruissellement.

S:surface du bassin versant (km²)

f:Coefficient caractérisant la forme de l'hydrogramme.

T_c:Temps de concentration (en heure).

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

$$f = \frac{12(4 + 3y)}{3y} \quad (\text{Eq.IV.18})$$

Pour S < 50 km² on a γ = 2

- Pour des petits bassins non boisés, sol peu perméable, on a: γ = 2 - 2.5
- Pour bassin boisé, sol perméable on a : γ = 3-4

Puisque le bassin a une surface inférieure à 50 Km² on prend : γ = 2 ; alors: f = 1.2

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebducont re les inondations

IV.10.2.4. Formule de GIANDOTTI:

Le débit maximum probable est donné par la formule suivante:

$$Q_{max,p} \% = \frac{K.S.\sqrt{(H_{moy}-H_{min})}.P_{tc}\%}{4.\sqrt{S}+1.5.L} \quad (\text{Eq.IV.19})$$

Q_{max} : Débit max (m³/s)

K : coefficient topographique égal = 16

S : surface du bassin versant (Km²)

L : longueur du talweg principale (km)

P_{tc} : Pluie durant le temps de concentration T_c (mm)

H : $H_{moy} - H_{min} = 197$ mm [44]

IV.10.2.5. Formule Rationnelle:

$$Q_{max,p} \% = a_p \% * I * S \quad (\text{Eq.IV.20})$$

Avec:

S : Surface du bassin versant Km².

I : Intensité d'une averse (mm/h) déterminé selon la formule suivante

$$I = 0.278 * P_{tc,f} \% / T_c \quad (\text{Eq.IV.21})$$

Avec:

- T_c : Temps de concentration du bassin versant (h).
- a_p : coefficient de ruissellement.

IV.10.2.5.1. Calcul du 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. Le temps de concentration calculé par différentes méthodes est présenté dans le tableau 9.

Tableau IV.12: temps de concentration au niveau du bassin d'Oued Kicole (Sebdu)

Méthodes	Giandotti	Kirpich	SLS	Passini
T_c (h)	2h20	0h51	2	3h56

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Seb Doucont re les inondations

Le temps de concentration de l'oued Kicolea au niveau de Seb Doucont peut être repris comme étant égale à 2h.

Les débits de crues de bassin par les différentes formules sont représentés dans le tableau IV.14

Tableau IV.13: Débits de crues du bassin versant par différents modèles

Débit de crue en (m ³ /s)						
Période de retour (ans)	P _{tc}	Formule de MALLET GAUTHIER	Formule de SAMIE	Formule de GIANDOTTI	Formule de SOKOLOVSKI	Formule Rationnelle
10	9.77	73.38	15.66	1.93	27.39	24.91
50	13.28	98.52	21.28	2.63	41.60	36.88
100	14.76	107.55	23.66	2.92	47.80	41.66
1000	19.67	133.22	31.53	3.90	68.97	59.10

IV.10.3. Hydrogramme de crue:

L'hydrogramme de crue est un outil d'analyse qui permet d'étudier l'évolution des débits d'eau dans un cours d'eau pendant une période de crue. Il représente graphiquement la variation du débit au fil du temps, en montrant la montée et la descente des niveaux d'eau. L'hydrogramme de crue est obtenu en mesurant les débits à des intervalles de temps réguliers pendant toute la durée de l'événement de crue.

La méthode de Sokolovsky est une approche couramment utilisée pour analyser les hydrogrammes de crue. Elle permet de caractériser les différentes phases d'une crue, notamment la montée, le pic et la descente du débit. Cette méthode est basée sur la détermination de plusieurs paramètres, tels que le temps de montée, la durée du pic, le débit de crue maximale et le temps de base.

La forme de l'hydrogramme de crue est déterminée selon la méthode de SOKOLOVSKY, qui assimile l'hydrogramme à deux équations paraboliques, l'une traduisant la montée de la crue et l'autre la décrue qui s'écrivent [47].

- La montée de la crue:

$$Q_{\max} = Q_{\max} \left[\frac{t}{t_m} \right]^n \quad (\text{Eq. IV.21})$$

- La décrue :

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebducont reles inondations

$$Q_{\max} = Q_{\max} \left[\frac{td-t}{tb} \right]^m \quad (\text{Eq.IV.22})$$

Avec:

tm: temps de montée de la crue;

td: temps de la décrue;

m, n: puissance des équations $m=2, n=3$;

$t_m = t_c$ et $t_d = \gamma * t_c$; On prend γ

$$= 2t_b = t_m + t_d$$

Les débits de crues des différentes périodes de retour de bassin versant sont donnés dans le tableau IV.14:

Tableau IV.14: Valeurs du débit de crues d'Oued Kicole

T(h)	10	50	100	1000
0.5	0.43	0.65	0.75	1.08
1	3.42	5.20	5.98	8.62
1.5	11.56	17.55	26.89	29.10
2	27.39	41.6	47.8	68.97
2.5	3.85	5.85	6.72	9.7
3	1.71	2.6	2.99	4.31
3.5	0.42	0.65	0.75	1.08
3.75	0.1	0.16	0.19	0.27

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdeoucont reles inondations

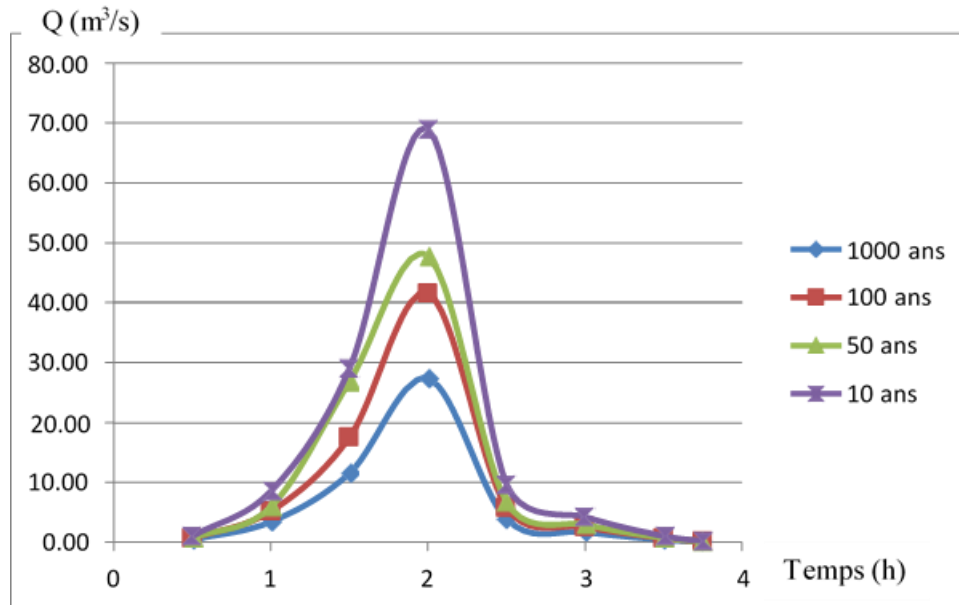


Figure IV.9: Hydrogrammes de crues d'oued Kicole

En utilisant la méthode de Sokolovsy, il est possible de décrire de manière quantitative les caractéristiques de la crue, ce qui permet d'obtenir des informations précieuses pour la conception de travaux de protection contre les risques d'inondation. Ces travaux peuvent inclure la construction de digues, de canaux de dérivation ou d'autres infrastructures visant à réduire les effets des crues.

L'évaluation diversifiée mentionnée dans le texte fait référence à l'évaluation des différentes valeurs d'inondation dans la zone d'étude. Cette évaluation permet de déterminer les niveaux d'eau critiques qui nécessitent une protection spécifique. Une fois ces valeurs d'inondation identifiées, des mesures et des calculs hydrauliques sont effectués pour concevoir des travaux de protection adaptés à cette zone et pour réduire les risques d'inondation.

En résumé, l'hydrogramme de crue et la méthode de Sokolovsy sont des outils importants pour analyser et caractériser les crues. Ils permettent de comprendre l'évolution des débits d'eau au fil du temps et fournissent des informations essentielles pour la conception de mesures de protection contre les risques d'inondation.

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdeoucont re les inondations

Conclusion

L'estimation des débits de pointe pour l'oued Kicole constitue une partie essentielle de cette étude, car elle permet d'évaluer les caractéristiques hydrauliques du cours d'eau et de prendre des décisions éclairées concernant la conception et la gestion des infrastructures hydrauliques dans la région. Les résultats obtenus par différentes méthodes d'estimation ont révélé des similitudes et des divergences qui méritent une analyse approfondie.

Parmi les méthodes utilisées, la méthode de Solokovski et la méthode rationnelle ont donné des résultats très proches, ce qui indique une cohérence entre ces deux approches. Ces valeurs sont considérées comme adéquates par rapport aux normes et aux connaissances hydrologiques de la région. Cela suggère que ces méthodes peuvent être utilisées avec confiance pour estimer les débits de pointe de l'oued Kicole, en particulier lorsque des données mesurées ne sont pas disponibles.

En revanche, la méthode de Maillet-Gautier a tendance à surestimer les débits de pointe, tandis que la méthode de Giandotti les sous-estime. Ces écarts peuvent être attribués aux différentes hypothèses et paramètres utilisés dans ces méthodes. Il est important de prendre en compte ces différences lors de l'application de ces méthodes pour éviter des erreurs significatives dans les estimations.

De plus, la méthode de Samie a produit des valeurs de débit de pointe inférieures à celles obtenues par les méthodes de Solokovski et rationnelle, avec une différence d'environ 35%. Bien que ces valeurs soient inférieures, elles peuvent néanmoins être prises en considération et comparées aux mesures réelles si elles sont disponibles. Il convient de noter que la méthode de Samie peut être plus adaptée dans des situations où des données limitées ou des conditions spécifiques du bassin sont disponibles.

Cependant, il est important de souligner que l'estimation des débits de pointe par des méthodes empiriques comporte toujours une certaine incertitude. Les caractéristiques spécifiques du bassin versant de l'oued Kicole, telles que sa géométrie, son occupation des terres et son régime hydrologique, peuvent influencer les résultats. Par conséquent, il est recommandé de recueillir des données hydrométriques réelles pour valider les estimations obtenues par ces méthodes et améliorer ainsi leur précision

Conclusion Générale

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdoucont re les inondations

La ville de Sebdou en Algérie est vulnérable au risque d'inondations en raison de sa situation géographique et de sa topographie. La ville est située dans une vallée encaissée entourée de montagnes, ce qui peut favoriser les crues rapides et les inondations lors de fortes précipitations.

De plus, la ville de Sebdou a connu plusieurs épisodes d'inondations dans le passé en raison de l'insuffisance du réseau d'évacuation des eaux pluviales et de la forte urbanisation. L'augmentation de la population et l'expansion urbaine ont conduit à l'imperméabilisation des sols, ce qui réduit l'infiltration des eaux pluviales dans le sol et augmente le risque d'inondations.

Enfin, les changements climatiques peuvent également aggraver la vulnérabilité de la ville de Sebdou aux inondations en augmentant la fréquence et l'intensité des précipitations.

Ce mémoire aborde la notion de risque d'inondation en mettant en évidence sa compréhension comme une combinaison de deux éléments : le danger lié au phénomène physique des inondations et la vulnérabilité qui représente les conséquences néfastes de ce danger sur les populations et les biens. Il souligne également l'importance des mesures de protection pour les agglomérations contre les inondations.

L'objectif principal de ce travail est d'étudier de manière approfondie les facteurs d'inondation dans la ville de Sebdou et d'analyser les paramètres hydrologiques de l'oued Kicole afin d'estimer les débits d'eau et les effluents. Une proposition d'étude hydrologique sur l'oued Kicole est présentée, mais il est souligné que ce travail ne constitue pas une étude définitive pour protéger la ville de Sebdou contre les inondations. Des recherches supplémentaires et approfondies sont nécessaires pour assurer une protection efficace des citoyens et des biens.

Le mémoire met en évidence la nécessité d'adopter des mesures d'aménagement pour protéger la ville de Sebdou contre les inondations, en mettant l'accent sur les oueds qui traversent la région. Voici quelques recommandations d'aménagement qui pourraient être envisagées pour réduire les risques d'inondation :

Gestion des cours d'eau : Une approche de gestion intégrée des cours d'eau doit être mise en place, en favorisant la restauration et l'entretien régulier des oueds. Cela implique le nettoyage des débris, la gestion des sédiments et la création de zones tampons le long des cours d'eau pour absorber l'excès d'eau.

Régulation des écoulements : L'aménagement de réservoirs de retenue en amont des oueds peut permettre de réguler les débits d'eau pendant les périodes de crue. Ces réservoirs peuvent

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebducont reles inondations

stocker l'eau pendant les périodes de forte pluie et la libérer progressivement après la crue, réduisant ainsi l'intensité des inondations en aval.

Canalisation et élargissement des oueds : Dans les zones urbanisées, il peut être nécessaire de canaliser et d'élargir les oueds pour augmenter leur capacité à transporter l'eau. Cela peut impliquer la construction de digues, de canaux ou de bassins de rétention pour contenir les crues et permettre une évacuation plus contrôlée de l'eau.

Aménagement du territoire : Il est essentiel d'intégrer la gestion des risques d'inondation dans les plans d'aménagement du territoire. Les zones à risque élevé d'inondation doivent être identifiées et des restrictions de construction peuvent être appliquées pour éviter la construction de bâtiments dans ces zones vulnérables.

Sensibilisation et éducation : Il est important d'éduquer la population locale sur les risques d'inondation et les mesures de prévention à prendre. Des campagnes de sensibilisation peuvent être organisées pour informer les résidents sur les comportements à adopter en cas d'inondation et l'importance de l'aménagement approprié.

Suivi et alerte précoce : La mise en place d'un système de surveillance des niveaux d'eau et de prévision des crues peut permettre de donner des alertes précoces en cas de risque d'inondation imminente. Cela permettrait aux autorités locales et à la population de prendre les mesures nécessaires pour se protéger et évacuer si nécessaire.

Il est essentiel de souligner que ces recommandations d'aménagement doivent être adaptées aux spécificités locales de Sebdu et basées sur une évaluation approfondie des risques et des besoins de la région. Une approche multidisciplinaire impliquant des experts en hydrologie, en génie civil, en urbanisme et en gestion des risques est nécessaire pour concevoir et mettre en œuvre des mesures de protection efficaces contre les inondations dans la ville de Sebdu.

En conclusion, ce mémoire fournit une base solide pour de futures études visant à mieux protéger la zone de Sebdu contre les inondations. Il met en avant l'importance de comprendre les facteurs d'inondation, d'analyser les paramètres hydrologiques et de proposer des mesures d'aménagement appropriées. Cependant, il est souligné que des recherches supplémentaires seront nécessaires pour renforcer la sécurité et la protection de la région contre les inondations.

Références Bibliographiques

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdou contre les inondations

Bibliographie

- [1] : Introduction site internet document internet html, disponibles sur le site web https://www.who.int/ar/health-topics/floods#tab=tab_1 (consulté 06/04/2023).
- [2] : Crue, site d'eau, document internet html, disponible sur le site web : http://www.donnees.normandie.developpement-durable.gouv.fr/pdf_dreal/risques/plaquette_les_inondations.pdf (consulté 06/04/2023).
- [3] : Lits du cours d'eau, document internet html, disponibles sur le site web : <https://www.eyrieux-clair.fr/les-ressources/une-riviere-un-bassin-versant/une-riviere-differents-espaces/> (consulté 06/04/2023).
- [4] : Mouchet F., Laudelout A., Debruxelles N., Henrotay F., Rondeux J., Claessens H., 2010. Guided'entretien des ripisylves. SPW, D'GARNE, DCENN, Université de Liège, Gembloux Agro-BioTech, Unité de gestion des ressources forestières et des milieux naturels
- [5] Boubchir. A, 2007. Risques d'inondation et occupation des sols dans le thore (région de Labruguière et de Mazamet), Mémoire de Master de Géographie et Aménagement, Université de Toulouse
- [6] : Benmecherna N., 2013. Etude de protection de la ville de Bensekrane (W.Tlemcen) contre les inondations, Mémoire de master, Université de Tlemcen.
- [7] BACHI.M, (2011) « Problématique de risque inondation en milieu urbain, cas de l'agglomération de Sidi Bel Abbès », Université Abou bakr Belkaid-Tlemcen-, Faculté de technologie, Département d'Hydraulique
- [8] LEDOUX.B: « La gestion du risque inondation » Edition TEC et DOC 11 rue Lavoisier -Paris- (2006).
- [9] MERABETA., 2006, Etude de la protection de la ville de Sidi Bel Abbès contre les inondations, Mémoire de Magister, Université de Djilali Liabes-Sidi Bel Abbès
- [10] CHACHOUAA., 2010, Gestion de crue dans un bassin versant – Etude hydrologique, hydraulique et aménagement Mémoire de Magister, Université de Tlemcen
- [11] BOUANANI A., 2004, Hydrologie, Transport solide et modélisation. Etude de quelques sous bassins de la Tafna (NW – Algérien). Thèse de Doctorat d'état, Univ. Tlemcen, 250p

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdou contre les inondations

[12] BENMIAK., 2012, Evaluation de la performance des barrages de protection contre les inondations, cas de la ville de Ghazaouet, Thèse de magister, Université de Tlemcen.

[13] ASNOUNIF., 2014, Etude du transport solide en suspension dans le Bassin Versant d'oued ALA BD, Mémoire de master en hydraulique, Université de Tlemcen.

[14] YAHIAOUI A., 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.

[15] DEFRANCE B., 2009, Plan de prévention des risques naturels d'inondation (PPRNI) Brévenne–Turdiene», Compte-Rendu de la 1^{ère} réunion publique le 1^{er} octobre 2009 à Tarare, P69, p80

[16] BARROCAB., 2006, Risque et vulnérabilité territoriales: les inondations en milieu urbain, Thèse de Doctorat en hydraulique, Université de Marne-La-Vallée.

[17] Ray Bustinza, Pierre Gosselin, 2014. Inondations: état de situation des responsabilités et pratique sensant l'environnementale. Institut national de santé publique du Québec

[18] photo des inondations par débordement directe site internet : <http://la.climatologie.free.fr/inondation/inondation2.htm> (consulté 06/04/2023).

[19] Photo des inondations par crue torrentielle site internet (consulté 06/04/2023). http://www.irmagrenoble.com/01actualite/01articles_afficher.php?id_actualite=621

[20] Photo des inondations par accumulation d'eau ruisselées site internet : <https://tpe-inondations.skyrock.com/2249612861-PAR-ACCUMULATION-D-EAU-RUISSELEE.html> (consulté 06/04/2023).

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdou contre les inondations

[21] Photo Les inondations remontées des nappes phréatiques site internet :<https://sedipec.com/inondation-par-remontee-de-nappe/>. (consulté 06/04/2023).

[22] Photo Les inondations par rupture d'une digue site internet :http://french.china.org.cn/china/txt/2016-07/11/content_38854234_3.htm (consulté 06/04/2023).

[23] Photo Les risques d'inondation site internet : Les risques d'inondation (Site internet) <https://www.neuville-surain.fr/environnement-et-cadre-de-vie/risques-majeurs/>

[24] Photo inondation de la chine 1954: site internet https://www.google.com/search?q=%D8%B5%D9%88%D8%B1+%D8%A7%D9%83%D8%A8%D8%B1+%D9%81%D9%8A%D8%B6%D8%A7%D9%86%D8%A7%D8%AA+%D9%81%D9%8A+%D8%A7%D9%84%D8%B9%D8%A7%D9%84%D9%85&sxsrf=APwXEde499yuZzPIN0FwbfG5ecGd-IDf4w:1680869954683&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiBz7_E4Jf-AhWeTEEAHc8hDKEQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1366&bih=625&dpr=1#imgrc=EwKlekbvihDyM. (consulté 07/04/2023).

[25] Photo les inondations de Bab el oued et Constantine : site internet (consulté 07/04/2023). www.google.com/search?q=les+inondations+de+Bab+el+oued+et+Constantine&sxsrf=APwXEde-H5JK6Op-M

[26] : HACHEMI S.M., 2015, Protection Des Agglomérations Contre Les inondations cas Du Centre D'el Gouassir (W. TLEMEN), Mémoire de Master en hydraulique, Université de Tlemcen.

[27] : Grelot. F, 2004. Gestion collective des inondations, peut-on tenir compte de l'avis de la population dans la phase d'évaluation économique a priori ? Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Université de Paris.

[28] : 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 utilisant le logiciel HEC-RAS, Mémoire de Magister, Université de M'silla.

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdou contre les inondations

- [29] : Abdeddaim H., 2008, Contribution à la mise en oeuvre d'une méthode d'analyse du risque d'inondation et de prévision des solutions d'aménagement, Thèse de magister, Université de Batna.
- [30] : SERRE D., 2005, Evaluation de la performance des digues de protection contre les inondations Modélisation de critères de décision dans un Système d'Information Géographique THÈSE pour obtenir le grade de Docteur de l'Université de Marne-La-Vallée Paris
- [31] : 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.
- [32] : MEDD, 2004, Le ralentissement dynamique pour la prévention des inondations. Guide des aménagements associant l'épandage des crues dans le lit majeur et leur écrêtement dans de petits ouvrages, Ministère de l'écologie et du développement durable, Cemagref, 129 p.
- [33] : DEGOUTTEG., 2012, Diagnostic aménagement et gestion des rivières Hydraulique et morphologie fluviale appliquées 2^e édition Expert hydraulique à Irstea, enseignant en écoles d'ingénieur.
- [34] : Photo de Recalibrage d'un cours d'eau. (site internet)
<https://bassin-isle.fr/renaturation-des-cours-deau/> (consulté le 09/04/2023).
- [35] : Photo Mécanisme de rupture hydraulique dans un édifice (site internet)
https://wiki.crealp.ch/farm/glof/lib/exe/detail.php?id=dam&media=rupture_renard.jpg (consulté le 09/04/2023)
- [36] : Photo de Recalibrage des ouvrages d'art
<https://www.google.com/search?> (consulté le 09/04/2023).
- [37] : Schéma de fonctionnement d'un barrage écrêteur de crue (site internet).
http://wikihydro.developpementdurable.gouv.fr/index.php/Wikibardig:Les_barrages_%C3%A9cr%C3%AAtteurs_de_crues (consulté le 09/04/2023)
- [38] :
Photo de Correction torrentielle (site internet) <https://www.lacompagniedesforestiers.com/wp-content/uploads/2018/10/seuil-bois-grasse.jpg> (consulté le 09/04/2023).
- [39] : Historique document internet html, disponible sur le site web :
https://jeanyvesthorrignac.fr/wa_files/info_489_sebdou.pdf (consulté le 25/04/2023).
- [40] Diagnostic du Risque d'Inondation Sebdou (Wilaya de Tlemcen), Agence nationale de gestion intégrée des ressources en eau, AGIRE, Novembre 2014.
- [41] : localisation, document internet html, disponibles sur le site web: https://dz-maghnia.blogspot.com/2011/05/blog-post_9920.html (consulté le 25/04/2023).
- [42] : Figure: site internet : https://www.vaimicheln.fr/web/carte-plans/care_plan-sebdou_-_Tlemcen

Contributions à l'étude de la protection de la ville de Sebdou contre les inondations

Algérie (consulté 06/04/2023).

[43] : **Figure**: site internet <https://imgbin.com/png/XM4DcLND/tlemcen-wilayah-sebdou-districts-of-algeria-beni-snous-png> (consulté 06/04/2023). [43]

[44] : **BENNISSAAD, 2004, Canada**, Hydraulique et hydrologie 2ème édition.

[45] : **Zerfaoui. A, 2008**. Etude de protection de la ville de Sidi Ghiles (w. Tipaza) contre les inondations, Mémoire d'ingénieur d'état, Ecole nationale supérieure d'hydraulique.

[46] : **Boudjerda. M, 2005**. Protection contre les inondations de la région de Fouka (W. Tipaza), Mémoire de magister, Ecole nationale supérieure d'hydraulique

[47] : **KERKAR.M.E** ; Protection de la ville de MEFTAH (Blida) contre les inondations par aménagement de l'Oued KHADRA, Projet de fin d'étude, Ingénieur, ENSH, Blida, Algérie 2011.

[48] : **Tableau** : <https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%82%D8%A7%D8%A6%D9%85%D8%A9%D8%A7%D9%84%D9%81%D9%8A%D8%B6%D8%A7%D9%86%D8%A7%D8%AA%D8%AD%D8%B3%D8%A8%D8%A7%D9%84%D8%B3%D9%86%D8%A9>