



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université ECHAHID CHEIKH LARBI TEBESSI - Tébessa -



Faculté des Science Exactes et Sciences de la Nature et de le Vie
Département de sciences de la terre et de l'univers

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de MASTER
Domaine : Sciences de la terre et de l'univers
Filière : Géologie
Spécialité : Géologie de l'ingénieur et Géotechnique
Thème :

Etude hydrologique comparée des oueds les plus vulnérables à l'inondation de la région de Tébessa

Présenté par :

Bensouda Salma
Charifi Roumaïssa

Devant le jury :

Président	Mouici Ridha	MCB	Université de Tébessa
Rapporteur	Seghir Karima	MCA	Université de Tébessa
Examineur	Guefaïfia Omar	MCA	Université de Tébessa

Session : 2022/2023

Remerciement

*Notre premier remerciement A Allah Soubhanou w taala qui
nous à*

*donner le courage pour terminer cette formation et ce travail de fin
d'étude.*

*Nous tenons à remercier vivement notre encadreur **Dr. SEGHIR
Karima avec la collaboration de Dr.HADJLA Ali***

*Pour leur gentillesse, leur disponibilité et leur contribution
général l'élaboration de ce travail*

A tous les enseignants qui nous ont aidés durant notre formation.

A tous ce qui participé de près ou de loin à réaliser notre mémoire

Dédicaces

Je dédie ce projet :

A mon cher père

A ma chère mère

Qui n'ont jamais cessé , de formuler des prières à mon égard,
de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre
mes objectifs.

A mon frère Maroune

Mes chères sœurs Maraima ,Hafsa ,Chaima , Nissou

Et ses enfants

Pour ses soutiens moral et leurs aides et supports dans les
moment difficiles

A mon ami et binôme Roumaissa

A mon directrice de thèse Dr. Karima seghir

A mes professeurs Hadjla et Fahdi

Pour leurs aides et leurs conseils précieux

A mes chers amis Katai, Marwa, Bouthaina, Hannen

Pour leurs supports dans les moments difficiles

A toute ma famille

الإهداء

أولا وقبل كل شيء الحمد لله وكفى والصلاة
على الحبيب المصطفى أما بعد أهدي عملي
هذا المتواضع الى الذين لا يمكن أن أوفي دينهم
أبدا وكل الكلمات لا توفيهم حقهم أبي العزيز
الجمعي وأمي الحبيبة فضة فضوضة والى أخوتي
البنات مليكة سلوى مريم مروى منى والى أخي
الوحيد السند لي في هذه الحياة نسيم وزوجته
مليكة والى زميلتي في هذا العمل سلمى والى
أستاذتنا الدكتورة صغير كريمة التي لم تبخل
علينا بالمعلومات والى الدكتور علي حجلة
الذي ساعدنا كثيرا والدكتور فهدى شمس

الدين

Table des matières

Introduction	1
Partie 1	3
Synthèse bibliographique sur les inondations	3
1. Introduction	4
2. Caractéristiques fondamentales d'un cours d'eau	4
2.1. Lits du cours d'eau	4
2.2 Le lit d'une rivière :	5
Genèse des inondations	6
3.1. Les inondations fluviales :	6
3.2. Les inondations de ruissellement :	6
3.3. Les inondations côtières :	7
3.4. Les inondations urbaines	7
3.5. Les inondations de crue subite :	8
3.6. Les inondations de barrage :	8
4.Causes d'inondation	9
4.1. Les crues :	9
4.2. Les tempête :	10
4.3. La fonte des neiges :	10
4.4. Les marées de tempête :	11
4.5. La modification du paysage :	11
4.6. Les facteurs climatiques	12
5.Impact de l'inondation sur aménagement de l'ouvrage d'art	13
5.1. Érosion	13
5.2. Endommagement des ouvrages :	13
5.3. Défaillance des ouvrages :	13
5.4. Obstruction des ouvrages :	13
5.5. Impact sur la planification urbaine.	14
6. L'inondation en Algérie et les effets	15
7. L'inondation en Tébessa et les effets	16

7.1. Pertes humaines	16
7.2. Destruction de biens matériels	16
7.3. Perturbations économiques	16
7.4. Conséquences sur la santé :	16
7.5. Effets psychologiques :	16
Partie 2.....	18
Présentation de la région d'étude.....	18
Chapitre 01.....	19
Cadre géographique de la région de Tébessa.....	19
1 . Introduction	20
2. Contexte topographique.....	20
4.Contexte climatique.....	21
5.Le contexte hydrogéologique	22
6.Le couvert végétal.....	23
7.Conclusion.....	Erreur ! Signet non défini.
Partie 3.....	240
Etude hydrologique du bassin versant de la région de Tébessa	242
Chapitre 1.....	253
Etude hydrologique comparée des oueds les plus vulnérables à l'inondation	254
.1.Introduction	2635
2. Définition du bassin versant :	265
3. Sous bassins versant de la région de Tébessa.....	36
4. Comportement hydrologique	28
5. Les caractéristiques du sol et de son occupation	28
a- La nature du sol :	28
b- Le couvert végétal	28
c- L'occupation des terres :	29
6- Hydrographie du bassin versant de la région d'étude	40
6-1- Bassins partiels traversant la ville de Tébessa :	41
6-2- Localisation des chaque bassin :	42
6-3- Caractéristiques hydrologiques des bassins versants	43

7. Facteurs d'inondation	37
7-1- Facteurs topographiques :.....	37
7-2- Facteurs hydrographiques :.....	37
7-3- Facteurs climatiques :.....	37
7-4- les facteurs humains :	38
8- Comparaison des bassins versants	38
8-1- Méthodologie et outils de travail :.....	38
8-2- Étude et résultat	50
9- Classement des bassins versants partiels traversant la ville comme les plus dangereux, sur la base de 12 indicateurs	53
Conclusion	52
Chapitre 02	53
Proposition des solutions convenables	54
1. Introduction	55
2. Solutions proposées	56
2.1. Boisement	57
a. Objectifs de boisement :	58
2.2.-Banquettes	59
2.3. Création des zones d'expansion de crue	60
2.4. Bassin de rétention à l'air libre	61
2.5. Bassins de rétention souterrains:	62
2.6. Tranchées drainantes	63
2.7. Puits d'infiltration	64
2.8. Structures des réservoirs	66
Conclusion	66
Conclusion générale	67
Liste des références	68

List des figures

- Figure 01** : Profil transversal d'une plaine alluviale (Pottier N.,1998)[1]
- Figure 02**: Exemple sur inondations fluviales.
- Figure 03** : Exemple sur inondations de ruissellement.
- Figure04**: Exemple sur Les inondations côtières.
- Figure 05**: Exemple sur Les inondations urbaines.
- Figure 06** : Exemple sur Les inondations de crue subite.
- Figure 07** : Exemple sur Les inondations de barrage.
- Figure 08** : Exemple sur Les crues comme une cause d'inondation.
- Figure 09** : Exemple sur les tempêtes comme une cause d'inondation.
- Figure 10** : Exemple sur La fonte des neiges comme une cause d'inondation.
- Figure 11**: Exemple sur les marées de tempête comme une cause d'inondation.
- Figure 12** : Exemple sur la modification du paysage comme une cause d'inondation.
- Figure 13** : Exemple sur les facteurs climatiques comme une cause d'inondation.
- Figure 14** : Exemple sur l'érosion comme un impact d'inondation.
- Figure 15** : Exemple de l'impact d'inondation sur la planification urbaine.
- Figure 16** : Exemple sur les effets de l'inondation en Algérie.
- Figure 17**: Carte topographique de la zone d'étude.
- Figure 18** : Le contexte hydrographique de Tébessa.
- Figure 20**: Les principaux sous bassins versant de la région de Tébessa
- Figure 21** : Hydrographie du bassin versant de la région d'étude [Hadjela A.et al.; 2021]
- Figure 22** : bassin versant de oued Zaarour [Hajela A. et al., 2021].
- Figure 23** : Bassin versant secondaire Oued Nagues [Hajela A. et al., 2021].
- Figure 24** : Bassin versant secondaire Oued Rafana [Hajela A. et al., 2021].
- Figure 25**: Bassin versant secondaire Oued Esgui [Hajela A. et al., 2021].
- Figure 26** : Bassin versant secondaire Oued Razala [Hajela A. et al., 2021].
- Figure 27**:Variation des précipitations moyennes mensuelles durant la période d'observation (2013-2023).
- Figure28**: Photos d'Oued nagues.
- Figure 29** : Indice de Gravelius des bassins versants comparés.
- Figure 30** : Répartition de dimensions des sections longitudinale des bassins versants.

Figure 31 : Répartition de densité hydrographique sur le bassin versant.

Figure 32: Répartition de densité de drainage sur le bassin versant.

Figure 33: Réseaux hydrographique et débit dans les sous-bassins hydrographiques [Hadjela,A.,2021].

Figure 34 : Répartition des rapports de confluence des bassins versants.

Figure 35 : Répartition de rapport de longueur sur les bassins versants.

Figure 36: Répartition du coefficient de torrentialité sur les bassins versants.

Figure 37 : Répartition de temps de concentration dans les bassins versants.

Figure 38: Répartition de coefficient de différence.

Figure 39: Répartition des moyennes de l'indice NDVI dans les bassins versants partiels [Hadjela A. et al., 2021].

Figure 40: Répartition des moyennes de l'indice de couvert végétale sur les bassins versants.

Figure 41: Répartition du % des roches dures et tendres dans les bassins versants.

Figure 42 : périmètres urbanisés dans les sous bassins versants.

Figure 43: Aires communes des sous-bassins versants avec périmètre urbain [Hadjela et al., 2021].

Figure 44 : Classification des sous-bassins versants entrant dans la ville de tébessa suivant leurs caractéristiques morphologiques et leur sévérité [Hadjela A., et al., 2021].

Figure 45 : Technique de banquettes.

Figure 46 /47: Création des zones d'expansion des crues.

Figure 48 / 49 : Bassin de rétention à l'air libre.

Figure 50 : Bassin de rétention enterré.

Figure 51 : Création des bassins en béton.

Figure 52 : Schéma de tranchée.

Figure 53 : Les façades des tranchées.

Figure 54 : Les façades des puits d'infiltration.

Figure 55 : Schéma de travail de puits d'infiltration.

Figure 56 : Façade des structures de réservoirs.

Figure 57 : Schéma de travail de structure de réservoir.

Liste des tableaux

Tableau01 : Les caractéristiques des bassins versants [Hadjela A. et al.2021].

Tableau02 : Répartition de l'indice de compacité de gravelius (Kg).

Tableau03 : Répartition de dimensions des sections longitudinale des bassins versants.

Tableau04 : Répartition de densité du drainage sur les bassins versants.

Tableau05 : Répartition de densité du hydrographique sur les bassins versants.

Tableau06 : Répartition de rapport des confluences sur les bassins versants.

Tableau07 : Répartition de rapport de longueur sur les bassins versants.

Tableau08 : Répartition du coefficient de torrentialité sur les bassins versants.

Tableau09: Répartition de temps de concentration dans les bassins versants.

Tableau10 : Répartition de coefficient de différence sur les bassins versants.

Tableau11 : Répartition des moyens de l'indice de couvert végétal sur les bassins versants.

Tableau12 : Répartition du pourcentage des roches dures et mi-dures dans les bassins versants.

Tableau13 : Répartition des espaces communs des bassins versants avec l'environnement urbain de la vile.

Tableau14 : Arrangement des bassins versant.

Résumé

L'eau peut être une source de risque, comme elle est, toujours, considérer comme une source de vie. En effet les inondations sont à l'origine de plus de 80% des catastrophes naturelles, enregistrés dans le monde entre 1996 et 2006, provoquant ainsi des dégâts importants (humaines, économiques, et environnementales ...)

Dans un pays en voie de développement, comme l'Algérie, les inondations sont devenues des catastrophes naturelles les plus fréquentielles et les plus dangereuses.

La région de Tébessa, situé au Nord Est Algérien est marquée par une morphologie hydrologique très favorable aux phénomènes d'inondations au cours de cette décennie.

L'objectif de ce travail est, de faire une étude hydrologique comparative entre les principaux oueds, qui traversent la ville de Tébessa ; déterminer l'oued le plus vulnérable à l'inondation et proposer ainsi, une solution convenable à cette catastrophe naturelle.

Mot clés : Inondations, Tébessa, protection, Oued Nagues, Hydrologie.

Abstract

Water can be a source of risk, just as it is always considered a source of life. Indeed, floods are the cause of more than 80% of natural disasters, recorded in the world between 1996 and 2006, thus causing significant damage (human, economic, and environmental, etc.)

In a developing country like Algeria, floods have become the most frequent and dangerous natural disasters.

The region of Tebessa, located in the North East of Algeria, is marked by a hydrological morphology very favorable to flooding phenomena during this decade.

The objective of this work is to make a comparative hydrological study between the main wadis, which cross the city of Tebessa; determine the wadi most vulnerable to flooding and thus propose a suitable solution to this natural disaster.

Keywords: Floods, Tebessa, protection, Oued Nagues, Hydrology.

ملخص

يمكن أن تكون المياه مصدرًا للمخاطر ، تمامًا كما تعتبر دائمًا مصدرًا للحياة. في الواقع ، كانت الفيضانات سببًا في أكثر من 80٪ من الكوارث الطبيعية ، المسجلة في العالم بين عامي 1996 و 2006 ، مما تسبب في أضرار جسيمة (بشرية واقتصادية وبيئية ، إلخ)

في بلد نام مثل الجزائر، أصبحت الفيضانات أكثر الكوارث الطبيعية تواترًا وخطورة

تتميز منطقة تبسة الواقعة في الشمال الشرقي للجزائر بتكوين هيدرولوجي ملائم للغاية لظاهرة الفيضانات خلال هذا العقد

يهدف هذا العمل إلى إجراء دراسة هيدرولوجية مقارنة بين الأودية الرئيسية التي تعبر مدينة تبسة. تحديد الوادي الأكثر عرضة للفيضانات وبالتالي اقتراح حل مناسب لهذه الكارثة الطبيعية

الكلمات المفتاحية: الفيضانات ، تبسة ، الحماية ، واد ناجس ، الهيدرولوجيا

Introduction

Introduction

Les inondations constituent un risque majeur du monde contemporain. Elles figurent au premier rang des catastrophes naturelles dans le monde en occasionnant environ 20 000 victimes par an (Simona et Cedric, 2007).

À l'instar du reste du monde, la région méditerranéenne a connu de multiples inondations qui deviennent une menace de plus en plus redoutable. Les précipitations y dépassent souvent 200 millimètres en 24 heures (Ducrocq, 2006), et parfois en moins de six heures.

Étudier les aléas c'est chercher à caractériser ces phénomènes selon les principaux paramètres suivants : leur fréquence de survenance, intensité destructrice et leur étendue. En matière d'inondation, leur intensité s'exprime principalement pour un endroit donné, par la hauteur et la durée de submersion ainsi que la vitesse du courant.

L'étude hydrologique comparée des oueds les plus vulnérables à l'inondation de la région de Tébessa est un sujet de recherche qui vise à évaluer et comparer le potentiel d'inondation des différents oueds de la région. Cette étude est importante car elle permet de mieux comprendre les facteurs qui contribuent aux inondations dans la région et de développer des stratégies pour prévenir et gérer les risques d'inondation.

Cette étude pourrait être réalisée en utilisant une combinaison de méthodes, telles que l'analyse statistique des données hydrologiques, la modélisation hydrologique et la cartographie des zones à risque d'inondation. Elle pourrait également impliquer une collaboration étroite avec les autorités locales et les communautés pour mieux comprendre les impacts des inondations sur les populations locales et identifier les besoins en matière de prévention et de gestion des risques.

La problématique centrale de cette étude pourrait être formulée ainsi par quelques questions : Quels sont les oueds les plus vulnérables à l'inondation dans la région de Tébessa et quels sont les facteurs qui contribuent à cette vulnérabilité?; comment mesurer la vulnérabilité des oueds à l'inondation ? Quels sont les facteurs géographiques, hydrologiques et météorologiques qui contribuent aux inondations dans la région ? Comment les résultats de cette étude peuvent-ils être utilisés pour améliorer la gestion des risques d'inondation dans la région de Tébessa ? Autant de questions qu'on peut poser et chercher des réponses sur terrain et par l'analyse des données hydro-climatologiques disponible.

Notre réponse à ces questions est donnée dans trois parties essentielles :

Partie 1 : nous avons présenté une synthèse bibliographique sur le phénomène d'inondation dans le monde et en Algérie ;

Partie 2 : Présentation de la région d'étude, comprend deux chapitres :

- **Chapitre 1** : cadre géographique avec des données sur le contexte hydrographique, hydrogéologique,
- **Chapitre 2** : cadre géologique de la région de Tébessa ;

Partie 3 : comprends deux chapitres essentiels :

- **Chapitre 1** : Etude hydrologique comparée des oueds les plus vulnérable à l'inondation dans la région de Tébessa
- **Chapitre 2** : solution proposées et remèdes au phénomène d'inondation dans la région de Tébessa.

Finalement, nous avons terminé ce travail par une conclusion et des recommandations relatives à l'état actuel de la région de Tébessa.

Partie 1

Synthèse bibliographique sur les inondations

1. Introduction

La région de Tébessa est située dans le nord-est de l'Algérie et est considérée comme l'une des régions les plus importantes du point de vue géoéconomique. Elle est caractérisée par sa diversité géographique, ses ressources naturelles abondantes et sa position stratégique sur les routes commerciales reliant l'Afrique du Nord à l'Europe.¹

En termes d'agriculture, la région de Tébessa est célèbre pour ses vergers d'oliviers, ses cultures de blé et ses exploitations de moutons et de chèvres. Elle est également connue pour ses mines de fer, de plomb, de zinc et de phosphate, qui ont joué un rôle important dans le développement économique de la région.

Les industries manufacturières sont également présentes dans la région, avec des entreprises de transformation alimentaire, des industries textiles, des usines de ciment et des entreprises de fabrication de produits en métal.

La région de Tébessa est également un centre d'activités commerciales importantes. Elle possède un port à Annaba, qui est l'un des plus grands ports d'Afrique du Nord, ainsi qu'un important réseau de routes reliant l'Algérie à la Tunisie et à la Libye.

La région de Tébessa est riche en patrimoine culturel et historique. Elle possède de nombreux sites archéologiques, tels que la cité romaine de Timgad, qui a été inscrite sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO en 1982. La région est également connue pour son artisanat traditionnel, notamment la poterie, la tapisserie et la broderie.²

En somme, la région de Tébessa offre un environnement économique diversifié, avec une agriculture prospère, des industries manufacturières et une forte activité commerciale, ainsi qu'un riche patrimoine culturel et historique. Ces facteurs font de Tébessa une région importante pour l'économie algérienne et pour la région dans son ensemble.

2. Caractéristiques fondamentales d'un cours d'eau

2.1. Lits du cours d'eau

Les cours d'eau se caractérisent en général par l'existence de trois lits : le lit mineur, le lit moyen et le lit majeur. (fig 01)

- **Lit mineur** : qui est constitué par le lit ordinaire du cours d'eau, pour le débit D'étiage ou pour les crues fréquentes (crue annuelles).
- **Lit moyen** : Il correspond à l'espace fluvial ordinairement occupé par la *ripisylve*.
- **Lit majeur** : comprend les zones basses situées de part et d'autre du lit mineur,

Partie 1 : Synthèse bibliographique sur les inondations

sur une distance qui va de quelques mètres à plusieurs kilomètres. Sa limite est celle des Crues exceptionnelles. (Merabet,2008)

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

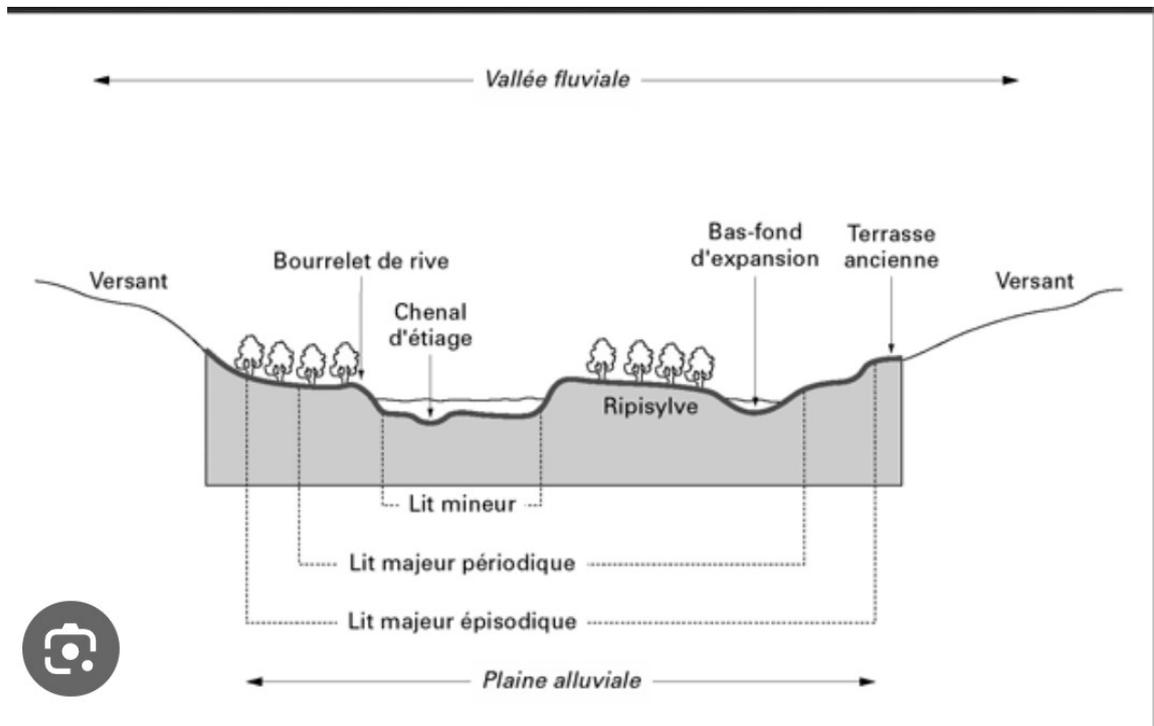


Figure 1: Profil transversal d'une plaine alluviale (Pottier N.,1998)[1]

Genèse des inondations

Une inondation est un événement naturel où une zone est submergée par une quantité d'eau importante qui dépasse la capacité d'absorption de la terre et des structures environnantes. Les inondations peuvent être causées par de nombreuses raisons, notamment des pluies torrentielles, des crues de rivières, des marées hautes, des ruptures de barrages, des tsunamis et des fontes de neige. Il existe plusieurs types d'inondations :

3.1. Les inondations fluviales :

Ce type d'inondation se produit lorsque le niveau d'eau dans une rivière ou un fleuve dépasse sa capacité de charge normale. Les pluies abondantes sont souvent la cause principale de ces inondations.



Figure 02: exemple sur inondations fluviales⁴

3.2. Les inondations de ruissellement : Ce type d'inondation se produit lorsqu'il pleut abondamment et que l'eau ne peut pas être absorbée par le sol, elle s'accumule alors en surface et s'écoule en aval en formant des torrents.



Figure 03 : exemple sur inondations de ruissellement⁵

3.3. Les inondations côtières :

Elles sont dues à une élévation soudaine et importante du niveau de la mer, souvent causée par des tempêtes ou des tsunamis.



Figure 04 : exemple sur Les inondations côtières⁶

3.4. Les inondations urbaines :Elles sont dues à la concentration de béton et de structures imperméables en milieu urbain, ce qui empêche l'eau de s'infiltrer dans le sol. Les fortes pluies peuvent alors causer des inondations dans les zones urbaines.



Figure 05 : exemple sur Les inondations urbaines⁷

3.5. Les inondations de crue subite :

Elles sont dues à des pluies torrentielles et soudaines, souvent associées à des orages. L'eau s'accumule alors rapidement et de manière soudaine, causant des dégâts considérables.



Figure 06 : exemple sur Les inondations de crue subite⁸

3.6. Les inondations de barrage :

Elles sont dues à la rupture ou à l'effondrement d'un barrage, entraînant une libération soudaine et massive de l'eau stockée.

Partie 1 : Synthèse bibliographique sur les inondations

Les inondations peuvent causer de nombreux dégâts matériels et humains, tels que la destruction de maisons, de routes, de ponts et de bâtiments, la perte de vies humaines et de biens. Il est donc important de prendre des mesures de prévention, telles que la construction de digues, la mise en place de plans d'urgence, la sensibilisation des populations et l'amélioration de la gestion des eaux.



Figure 07 : exemple sur Les inondations de barrage

4. Causes d'inondation

Les inondations sont des événements naturels qui se produisent lorsque de grandes quantités d'eau s'accumulent sur une zone donnée, dépassant la capacité du sol à absorber cette eau ou du système de drainage local à l'évacuer. Les causes des inondations sont diverses et peuvent être liées à des facteurs naturels ou humains. Voici une liste non exhaustive des principales causes d'inondation :⁹

Les précipitations excessives : Les fortes pluies peuvent provoquer des inondations en saturant le sol et les cours d'eau, ce qui entraîne une accumulation d'eau qui ne peut pas être évacuée.

4.1. Les crues : Les crues se produisent lorsque les rivières, les lacs ou les fleuves débordent de leur lit et inondent les zones environnantes. Les crues peuvent être causées par des précipitations abondantes, des fontes de neige, des débâcles de glace, ou encore des barrages qui cèdent.



Figure08 : exemple sur Les crues comme une cause d'inondation⁹

4.2. Les tempête : Les tempêtes peuvent causer des inondations lorsque les vents violents, les vagues et les marées de tempête poussent l'eau de la mer ou des lacs sur les terres adjacentes.



Figure 9 : exemple sur les tempête comme une cause d'inondation¹⁰

4.3. La fonte des neiges : La fonte des neiges peut entraîner des inondations lorsqu'elle se produit de manière rapide et importante. Les rivières et les lacs peuvent alors déborder de leur lit et causer des inondations.



Figure 10 : exemple sur La fonte des neiges comme une cause d'inondation¹¹

4.4. Les marées de tempête : Les marées de tempête sont des phénomènes climatiques qui se produisent lorsque des vents violents poussent l'eau de la mer vers les côtes. Ces marées peuvent provoquer des inondations côtières importantes.



Figure 11 : exemple sur les marées de tempête comme une cause d'inondation¹²

4.5. La modification du paysage : La modification du paysage peut entraîner des inondations. Par exemple, la construction de barrages, de canaux ou de digues peut modifier la circulation naturelle de l'eau et provoquer des inondations. De même, la déforestation ou l'urbanisation excessive peuvent réduire la capacité du sol à absorber l'eau, augmentant ainsi le risque d'inondation.



Figure 12 : exemple sur la modification du paysage comme une cause d'inondation¹³

4.6. Les facteurs climatiques : Les changements climatiques peuvent augmenter la fréquence et l'intensité des événements météorologiques extrêmes, tels que les tempêtes et les précipitations, qui peuvent à leur tour provoquer des inondations.



Figure 12 : exemple sur les facteurs climatiques comme une cause d'inondation¹⁴

En conclusion, les causes des inondations sont multiples et peuvent être liées à des facteurs naturels ou humains. La compréhension de ces causes est essentielle pour pouvoir mettre en place des mesures de prévention et d'adaptation efficaces pour minimiser les risques d'inondation et protéger les populations et les infrastructures.

5.Impact de l'inondation sur aménagement de l'ouvrage d'art

Les inondations peuvent avoir un impact significatif sur les aménagements et ouvrages d'art, qu'ils soient existants ou en cours de construction. Voici une explication détaillée sur les différents impacts possibles : ¹⁵

5.1. Érosion : Les inondations peuvent causer une érosion importante des sols, en particulier dans les zones où la vitesse de l'eau est élevée. Cette érosion peut endommager les fondations des bâtiments et des ouvrages d'art, les affaiblissant ainsi structurellement. Les ponts et les routes peuvent être particulièrement vulnérables à l'érosion, car l'eau peut facilement creuser le sol sous les fondations, ce qui peut provoquer l'effondrement de ces structures.



Figure 13 : exemple sur l'érosion comme un impact d'inondation¹⁶

5.2. Endommagement des ouvrages : Les inondations peuvent également endommager directement les ouvrages d'art, tels que les ponts, les barrages, les digues et les canaux. Les inondations peuvent causer des dommages structurels aux ouvrages d'art, notamment en érodant les fondations, en endommageant les surfaces de la structure ou en entraînant des matériaux de construction. Ces dommages peuvent rendre les ouvrages d'art dangereux et nécessiter des réparations coûteuses.

5.3. Défaillance des ouvrages : Dans les cas les plus graves, les inondations peuvent causer la défaillance complète des ouvrages d'art. Les digues peuvent être submergées et échouer, les ponts peuvent s'effondrer ou être emportés par les courants violents, les canaux peuvent se rompre et les barrages peuvent être endommagés de manière à ne plus remplir leur fonction. Ces défaillances peuvent causer des pertes humaines et matérielles importantes.

5.4. Obstruction des ouvrages : Les inondations peuvent également entraîner l'obstruction des ouvrages d'art, notamment des canaux, des drains et des égouts. Les

Partie 1 : Synthèse bibliographique sur les inondations

débris et les sédiments charriés par les eaux peuvent obstruer les canaux et les drains, ce qui peut causer des inondations supplémentaires et des dommages à l'environnement.

5.5. Impact sur la planification urbaine : Les inondations peuvent également avoir un impact significatif sur la planification urbaine. Les inondations peuvent rendre certaines zones inhabitables, ce qui peut causer des déplacements de population et une pression accrue sur d'autres zones. Les inondations peuvent également influencer les décisions de zonage et d'aménagement du territoire, en limitant les possibilités de développement dans les zones inondables.



Figure 14 : exemple de l'impact d'inondation sur la planification urbaine¹⁷

En conclusion, les inondations peuvent avoir un impact considérable sur les aménagements et ouvrages d'art, entraînant des dommages structurels, des défaillances complètes et des obstructions des ouvrages. Les inondations peuvent également influencer la planification urbaine, limitant les possibilités de développement dans les zones inondables. Il est donc essentiel de prendre en compte les risques d'inondation dans la planification et la conception des aménagements et ouvrages d'art, afin de minimiser les impacts potentiels des inondations.

6. L'inondation en Algérie et les effets

En octobre 2021, plusieurs régions de l'Algérie ont été touchées par des inondations qui ont causé des dommages importants et des pertes en vies humaines. Les pluies torrentielles ont commencé à tomber le 19 octobre, principalement dans la wilaya de Tipaza, dans la région côtière à l'ouest d'Alger. Cela a rapidement entraîné des inondations dans les zones urbaines et rurales, ainsi que des glissements de terrain et des coulées de boue.

Les effets des inondations ont été dévastateurs. Au moins 44 personnes ont été tuées et plus de 500 blessées, selon les derniers chiffres officiels. De nombreuses personnes ont été déplacées de leurs foyers et ont dû être hébergées dans des centres d'évacuation temporaires. Les infrastructures ont également été gravement endommagées, notamment les routes, les ponts, les bâtiments et les systèmes d'approvisionnement en eau et en électricité.¹⁸

Les inondations ont également eu un impact économique important, en particulier dans les zones agricoles et les industries locales. De nombreuses cultures ont été détruites, tandis que les installations industrielles ont subi des pertes importantes en raison des dommages causés aux infrastructures et aux équipements.

L'Algérie a mis en place une réponse d'urgence pour aider les personnes touchées par les inondations. Les autorités ont mobilisé des équipes de secours et de sauvetage, ainsi que des hélicoptères pour aider à évacuer les personnes piégées par les inondations. Des fournitures d'urgence telles que des couvertures, de la nourriture et de l'eau ont été distribuées aux personnes déplacées, tandis que des équipes ont été chargées de nettoyer et de réparer les infrastructures endommagées.

Les inondations en Algérie ont mis en évidence la vulnérabilité des populations et des infrastructures aux événements météorologiques extrêmes. Il est devenu de plus en plus évident que les pays doivent intensifier leurs efforts pour atténuer les effets du changement climatique, en investissant dans des infrastructures résilientes et en prenant des mesures pour réduire les émissions de gaz à effet de serre.



Figure 15 : exemple sur les effets de l'inondation en Algérie ¹⁹

7. L'inondation en Tébessa et les effets

En 2018, la ville de Tébessa, située dans l'est de l'Algérie, a été touchée par des inondations importantes qui ont eu des effets dévastateurs sur la région. Les pluies diluviennes ont commencé à tomber le 5 novembre 2018 et ont continué pendant plusieurs jours, provoquant la crue des rivières environnantes et des inondations généralisées dans la ville. Les effets des inondations ont été nombreux et graves. Voici quelques exemples :

7.1. Pertes humaines : Les inondations ont provoqué la mort de plusieurs personnes, dont des enfants. Les habitants de la ville ont été pris au dépourvu et n'ont pas pu évacuer rapidement leurs maisons, ce qui a entraîné des tragédies humaines.

7.2. Destruction de biens matériels : Les inondations ont causé d'importants dégâts matériels. De nombreuses maisons ont été détruites ou endommagées, et les routes et les ponts ont été emportés par les eaux. Les infrastructures publiques, comme les hôpitaux et les écoles, ont également subi des dommages importants.

7.3. Perturbations économiques : Les inondations ont perturbé l'activité économique de la région. Les entreprises ont dû interrompre leur production et les commerces ont été fermés pendant plusieurs jours. Les pertes économiques ont été importantes pour la ville et la région environnante.

7.4. Conséquences sur la santé : Les inondations ont également eu des conséquences sur la santé des habitants de la ville. Les eaux stagnantes ont favorisé la prolifération des moustiques et des maladies comme le paludisme et la dengue ont été signalés. Les conditions sanitaires sont devenues précaires, avec la multiplication des déchets et des eaux usées.

7.5. Effets psychologiques : Les inondations ont eu des effets psychologiques importants sur les habitants de la ville. Les personnes touchées ont connu un fort

Partie 1 : Synthèse bibliographique sur les inondations

stress émotionnel et ont été confrontées à la perte de leur logement et de leurs biens. La reconstruction a également été difficile pour les personnes touchées, qui ont dû faire face à un processus de récupération lent et complexe.

En conclusion, les inondations qui ont touché Tébessa en 2018 ont eu des effets dévastateurs sur la ville et ses habitants. Les conséquences humaines, matérielles, économiques, sanitaires et psychologiques ont été importantes et ont nécessité une réponse rapide des autorités pour aider les personnes touchées à se remettre de cet événement tragique.²⁰

Partie 2

Présentation de la région d'étude

Chapitre 01

**Cadre géographique de la région de
Tébessa**

1 . Introduction

La région de Tébessa est située dans le nord-est de l'Algérie, à environ 580 kilomètres de la capitale Alger. Elle se trouve à la frontière tunisienne. La région est caractérisée par son paysage de montagnes et de collines, avec des plaines fertiles au nord et des déserts au sud.

2. Contexte topographique

2.1.Situation géographique

La région de Tébessa est située au Nord Est Algérien.Elle appartient au domaine de l'Atlas saharien oriental, aux confins Algéro-Tunisiens, précisément au mont de Tébessa, qui constitue la partie orientale des monts de Nemmencha

Concernant les limites géomorphologiques, on peut citer :

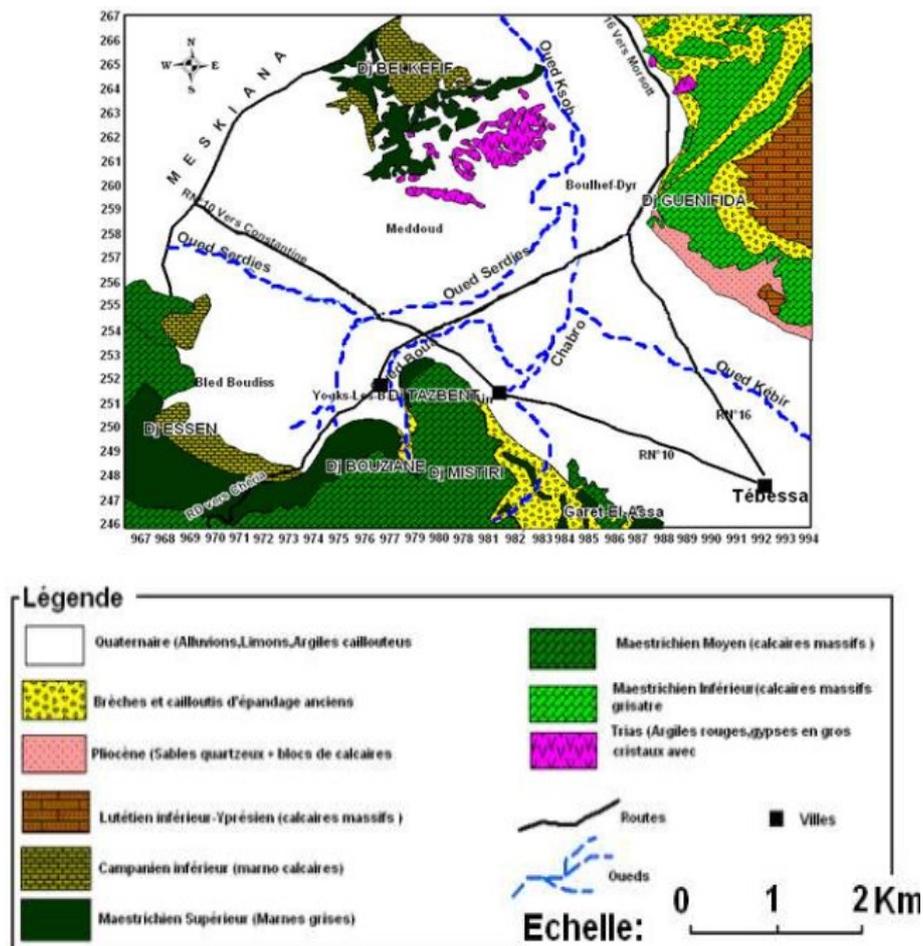
- au Sud : Dj. Gaaga, Dj.Bouzien, Dj Mestiri, et Tazbent ;
- à l'Ouest : le fossé d'effondrement d'el Hammamet, et Dj. Troubia, Dj Essen ;
- à l'Est : le fossé d'effondrement de Tébessa-Bekkaria (Plaine de Tébessa), DJ Guenifida, Dj ezitouna ;
- au Nord : le fossé d'effondrement de Tébessa –Morsott, Dj.belkfif.



Figure 16 : Carte topographique de Tébessa

3. Contexte hydrographique

Notre zone d'étude est marquée par un réseau hydrographique bien développé (Fig. 17), avec de nombreux Oueds, dont l'écoulement est temporaire. Ces Oueds sont les suivants d'Ouest en Est : Oued Serdiess - Oued Ksob - Oued Bou AKous, Oued boudiss ,Oued chabro, Oued Kébir, Oued Ksob. L'oued Bou Akous et Oued Kébir rejoignent dans la partie Nord Oued Ksob qui se jette dans Oued Méllégue, lequel s'inscrit dans le grand bassin de



Medjerda.

Figure 17 : Le contexte hydrographique de Tébessa [Seghir K., 2008]

4. Contexte climatique

La région de Tébessa a un climat semi-aride, caractérisé par des hivers frais et pluvieux et des étés chauds et secs. Les précipitations annuelles moyennes dans la région de Tébessa sont d'environ 350 mm, concentrées principalement entre les mois d'octobre et d'avril. Les mois d'été sont très secs, avec très peu ou pas de précipitations, mais, nous avons marqué des précipitations orageuses consécutives pendant les mois de Juillet et Aout (avec une précipitation journalière qui a dépassée

Partie2 : Présentation de la région d'étude

50 mm/j). Les températures moyennes mensuelles varient de 5°C au mois de janvier et 40°C au mois de juillet.

Les vents dominants dans la région de Tébessa sont le sirocco, un vent chaud et sec qui souffle du sud, et le chergui, un vent du sud-est qui apporte de la poussière et des températures élevées. Ces vents peuvent causer des tempêtes de sable et des conditions météorologiques difficiles.

Le climat semi-aride de la région de Tébessa a une influence sur l'environnement naturel, avec une végétation adaptée aux conditions sèches. Cependant, le changement climatique mondial a des effets sur la région de Tébessa, avec une diminution des précipitations et une augmentation des températures moyennes annuelles. Ces changements ont des impacts sur l'agriculture, l'économie locale et l'environnement naturel de la région.²¹

5. Le contexte hydrogéologique

La région de Tébessa est caractérisée par un contexte hydrogéologique complexe et varié, avec des formations géologiques hétérogènes qui influencent la disponibilité et la qualité de l'eau souterraine.

L'exploitation des eaux souterraines dans la région de Tébessa a augmenté au cours des dernières décennies, en raison de la croissance de l'agriculture irriguée, de l'industrie et de l'urbanisation. Cette exploitation excessive a conduit à une diminution de niveau statique des aquifères et à une dégradation de la qualité de l'eau, avec une augmentation de la salinité et de la concentration en nitrates.

Pour faire face à cette situation, des mesures de gestion des ressources en eau souterraine ont été mises en place, notamment des campagnes de sensibilisation, des programmes de surveillance de la qualité de l'eau et des restrictions sur les prélèvements. Ces mesures visent à garantir la durabilité et la protection des ressources en eau souterraine de la région de Tébessa.²²

6. Le couvert végétal

Le couvert végétal est l'ensemble des plantes qui recouvrent le sol d'une zone donnée. Il peut être naturel, comme la végétation d'une forêt, ou artificiel, comme les cultures agricoles ou les pelouses dans les parcs.²³

La région de Tébessa est caractérisée par une végétation de type steppique, avec une dominance de plantes xérophiiles adaptées aux conditions arides.

On peut retrouver dans cette région des espèces telles que l'alfa (*Stipa tenacissima*), le genévrier (*Juniperus phoenicea*), l'olivier sauvage (*Olea europaea* var. *sylvestris*), le chêne vert (*Quercus ilex*), le thym (*Thymus vulgaris*), le romarin (*Rosmarinus officinalis*), la lavande (*Lavandula angustifolia*), et de nombreuses autres plantes aromatiques.

Partie 3

Etude hydrologique du bassin versant de la région de Tébessa

Chapitre 1

Etude hydrologique comparée des oueds les plus vulnérables à l'inondation

1.Introduction

L'hydrologie de surface est la science qui traite des méthodes des problèmes qualitatifs et quantitatifs des écoulements à la surface des continents ; là où les facteurs morphologiques et hydrologiques jouent un rôle fondamental dans l'étude des inondations, comme on le sait, la wilaya de Tébessa est à risque d'inondation, tout comme de nombreuses wilayas du pays.

En définissant le bassin versant de la ville appartenant à la gamme climatique caractérisée par des pluies torrentielles à différentes périodes de fréquence, qui ont un impact négatif du fait de la montée brutale du niveau de l'eau et de sa déviation du cours d'eau des principales vallées, notamment celles qui se croisent avec l'extension du périmètre urbain de la ville, puis les parties les plus vulnérables de la ville ont été identifiés selon la priorité d'intervention pour réduire le risque d'inondations.

2. Définition du bassin versant :

Le bassin versant représente, en principe, l'unité géographique sur laquelle se base l'analyse du cycle hydrologique.

Considérons une section d'une rivière, on définit le bassin versant de cette rivière pour la section considérée comme la surface drainée par ce cours d'eau et ses affluents amont.

Tout écoulement prenant naissance à l'intérieur de cette surface doit traverser la section normale considérée pour poursuivre son trajet vers l'aval.

Le bassin versant qui peut être considéré comme un " système " est une surface élémentaire hydrologiquement close, c'est-à-dire qu'aucun écoulement n'y pénètre de l'extérieur et que tous les excédents de précipitations s'évaporent ou s'écoulent par une seule section à l'exutoire.

Le bassin versant sera donc limité par des lignes de partage des eaux. S'il n'y a pas d'écoulement souterrain, en général, la ligne de partage correspond à la ligne de crêtes le cheminement de l'eau n'est déterminé que par la topographie. On parle alors de bassin versant topographique.⁴³

3. Sous bassins versant de la région de Tébessa

L'assiette de la ville de Tébessa s'étend sur un couloir Est-Ouest suivant la route nationale N10. Elle se trouve aux piémonts du versant Nord des montagnes (Djbel Ozmor, Djbel Anoual, Djbel Doukkane) Le chevelu hydrographique est intense, les principaux sous bassins versants qui influencent particulièrement la situation hydrologique de la ville sont (Fig.20):

- Le bassin versant de oued Nagues ;
- Le bassin versant de oued Rafana ;
- Le bassin versant de oued Es-sgui ;
- Le bassin versant de oued Ghezala ;
- Les sous bassin 1 , 2 et 3 déversant dans la plaine de Taghda ;
- Le bassin versant de oued Zaarour ;
- Les bassin versant de oued mraghdia ;
- Le bassin versant de oued Elanba ;
- Le bassin versant de oued chabro ;

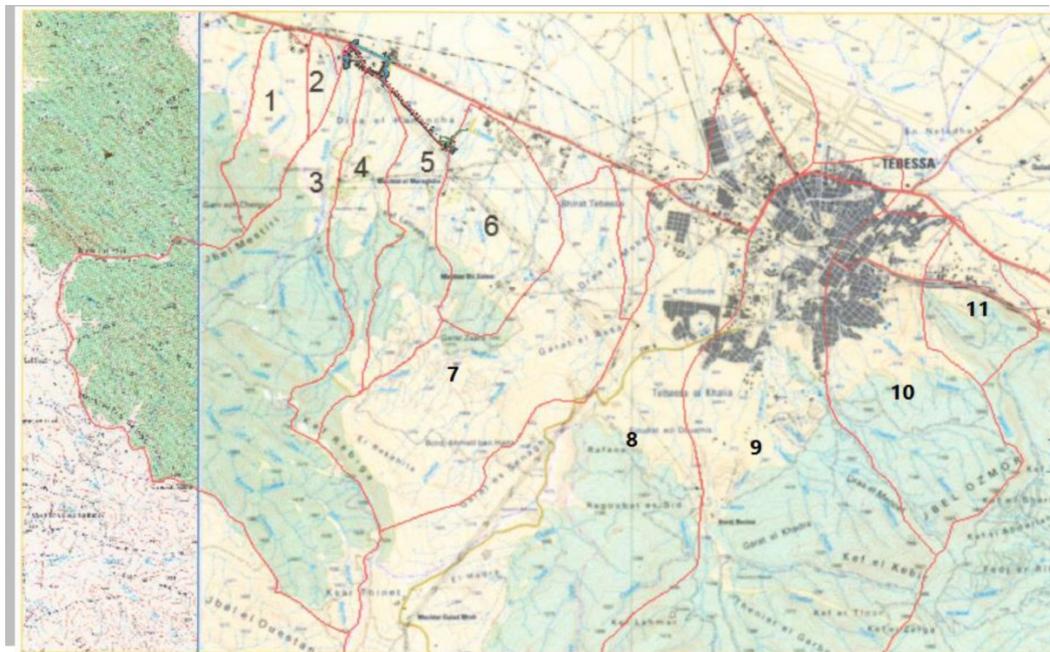


Figure 20 : Les principaux sous bassins versant de la région de Tébessa⁴³

4. Comportement hydrologique

L'analyse du comportement hydrologique d'un bassin versant (système hydrologique) s'effectue le plus souvent par le biais de l'étude de la réponse hydrologique du bassin face à une sollicitation (la précipitation). Elle est mesurée par l'observation de la quantité d'eau qui s'écoule à l'exutoire du système. La représentation graphique de l'évolution du débit Q en fonction du temps t constitue un hydro-gramme de crue. Elle peut également être représentée par un lumnigramme qui n'est autre que la représentation de la hauteur d'eau mesurée en fonction du temps.

La réponse hydrologique d'un bassin versant à une sollicitation particulière est caractérisée par sa vitesse (temps de montée « t_m », défini comme le temps qui s'écoule entre l'arrivée de la crue et le maximum de l'hydro-gramme) et son intensité (débit de pointe « Q_{max} », volume maximum « V_{max} », etc.). Ces deux caractéristiques sont fonction du type et de l'intensité de la précipitation qui le sollicite mais aussi d'une variable caractérisant l'état du bassin versant : le temps de concentration des eaux sur le bassin.⁴³

5. Les caractéristiques du sol et de son occupation

Le type de sol, le couvert végétal et l'occupation des terres jouent un rôle très important dans la réponse hydrologique d'un bassin versant à une sollicitation donnée (précipitation).

a- La nature du sol : La nature du sol a une influence sur le régime d'écoulement. En effet, le taux d'infiltration, le taux d'humidité, la capacité de rétention, les pertes initiales, le coefficient de ruissellement (C_r) sont fonction du type de sol et de son épaisseur. Les terrains perméables tels que les sables favorisent l'infiltration au détriment du ruissellement. La perméabilité des sols représente donc un facteur modérateur des crues.

b- Le couvert végétal : Le couvert végétal retient selon, sa densité, sa nature et l'importance de la précipitation, une partie de l'eau atmosphérique. Cette eau interceptée est soustraite à l'écoulement de surface. Les forêts par exemple jouent un rôle régulateur des crues et diminuent l'érosion. Elles limitent le ruissellement en offrant une plus grande rugosité à l'écoulement des eaux.

c- L'occupation des terres : Elle est liée à l'activité humaine agricole ou urbaine. Selon la nature de l'intervention, l'homme peut limiter l'érosion (en plantant des arbres, des haies...) ou au contraire favoriser le ruissellement (en imperméabilisant des surfaces par exemples).⁴³

6- Hydrographie du bassin versant de la région d'étude

La zone d'étude comprend le bassin versant de la ville de Tébessa, et les cinq bassins versants secondaires ou partiels (le bassin du Zarour, Bassin de oued Nagues, Bassin de ouad Rafana, Bassin de ouad Esgui, et Bassin de ouad Razala à l'ouest de la périphérie urbaine de la ville) qui provoquent des inondations, sachant que le risque d'inondation est considéré comme l'un des aléas naturels les plus fréquents dans la ville de Tébessa (Figure 21). Il attire depuis longtemps l'attention des autorités locales, et une telle préoccupation n'a pas atteint un niveau qui lui permette d'éviter ses dégâts matériels et humains.

Le bassin agrégé de la ville de Tébessa et les cinq bassins partiels mentionnés font partie du bassin versant de l'Oued Méllègue, et ce dernier appartient au grand bassin versant de la Medjerda (N° 12)

Chapitre 01 : Etude hydrologique du bassin versant de la région de Tébessa

Il est situé dans la partie sud-est de la ville. Il s'étend de la ligne de partage des eaux jusqu'aux sommets du mont Jawah 1400 m, du mont Ozmur 1463 m et du mont Tallah 1591 m. Puis il se rétrécit dans sa partie centrale au niveau de la partie orientale du quartier Al-Zaytoun et du quartier Al-Zawiya, Al-Atiq, où se sont répandus des bâtiments individuels chaotiques, s'étend ensuite à nouveau dans la partie nord pour inclure certains quartiers de la ville en tout ou en partie, comme le

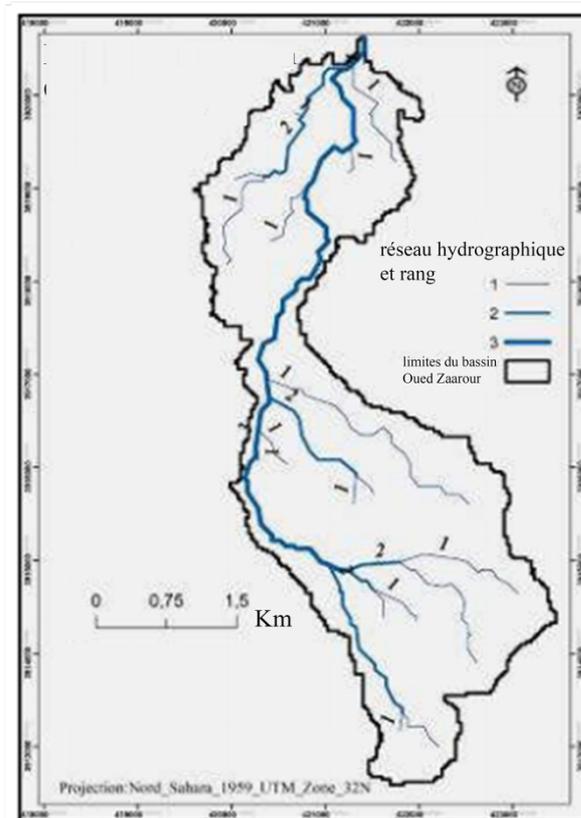


Figure 22: bassin versant de oued Zaarour ⁴⁴

quartier Al-Basateen, le quartier Al-Zuhur, l'église, Zaidi Lamin, se terminant par Wadi Al-Kabeer au nord-est de la ville, c'est-à-dire la plaine d'Al-Marjah, à une altitude de 807 mètres près de la piste de l'aéroport. La majeure partie du ruisseau Wadi Zaarour est couverte par tout souterrain (Figure 22)

6-2-2. Bassin versant secondaire Oued Nagues

Ses sources commencent par les hauteurs de Djbel Doukane 1718 m (Figure 23). Il se distingue par l'élargissement de la zone dans la partie sud de celui-ci, puis il s'allonge et se rétrécit vers le nord à partir des parties principales que le bassin traverse avec son cours d'eau principal, c'est-à-dire la vallée manquante avec ses affluents étant la plus grande partie. Du quartier Zeitoun, quartier Al-Mizab, quartier Al-Jorf au sud de la ville jusqu'à la rue Houari Boumediene, où elle se transforme en canal souterrain.

Ce bassin s'étend vers le nord jusqu'à l'aéroport de la ville, et le cours de la grande vallée, et plus on va vers le nord, le bassin collecteur devient plus étroit et plus long.

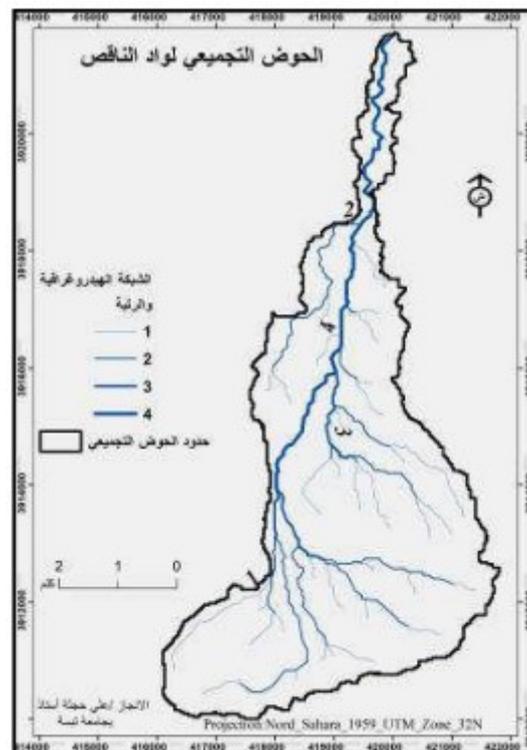


Figure 23 : Bassin versant secondaire Oued Nagues ⁴⁴

6-2-3 Bassin versant secondaire Oued Rafana

Ses sources partent du Dj.Doukane 1718m. Qui se caractérise par son ampleur au sud, allongé et étroit au nord. Ce bassin comprenait la zone d'expansion de la ville (le nouveau pôle résidentiel de Doukane) ; où la route nationale n ° 08 (reliant la ville aux municipalités de ElMA Labiod et Al-ogla Al-Malha au sud) et la division résidentielle de Rafana et la partie centrale de la zone industrielle jusqu'à la zone d'El Oued Kabir au nord, sa hauteur à l'embouchure est de 797 mètres (voir Figure 24).

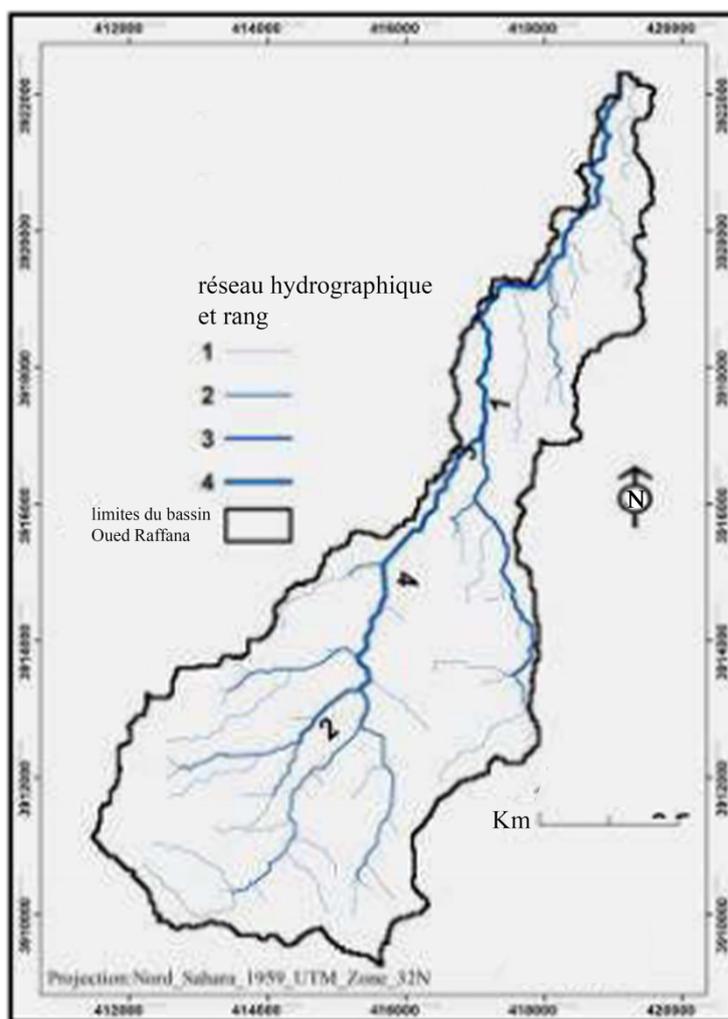


Figure 24 : Bassin versant secondaire Oued Rafana ⁴⁴

6-2-4 Bassin versant secondaire Oued Esgui

Il s'étend sous la forme d'une bande, malgré sa partie sud relativement large. Il est se trouve près de la faculté des sciences exactes, des sciences naturelles et La vie de l'université Echahid Cheikh Larbi Tébessi. Le bassin avec l'environnement urbain comprend également un ajout au quartier de 600 résidences, le quartier Dj. Anoual et une partie du quartier du premier novembre (voir Figure 25).

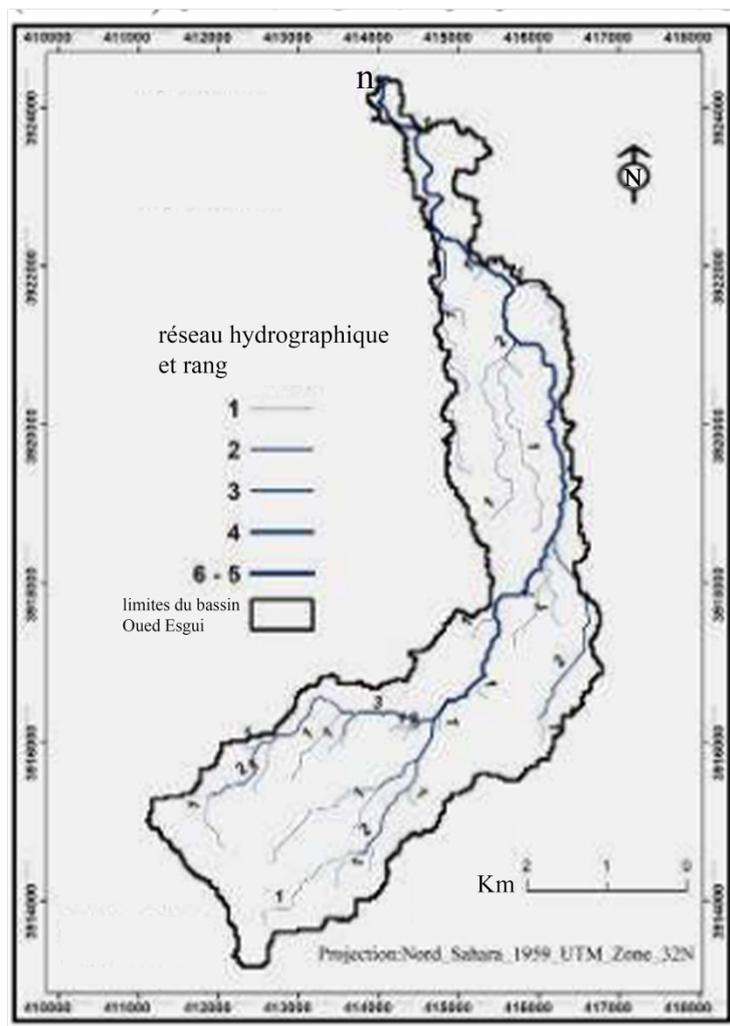


Figure 25 : Bassin versant secondaire Oued Esgui ⁴⁴

6-2-5 Bassin versant secondaire Oued Razala

Il est situé au sud-ouest du périmètre urbain de la ville, car il s'étend vers le nord entre Machtat Bir Salem et Al-Maraghdia pour traverser le quartier du premier novembre et l'université, et c'est le seul bassin qui son ruisseau coule (division Razala) dans la vallée de Bouakous avant que ce dernier ne rejoigne la grande vallée dans la plaine de Merdja au nord (Figure 26)

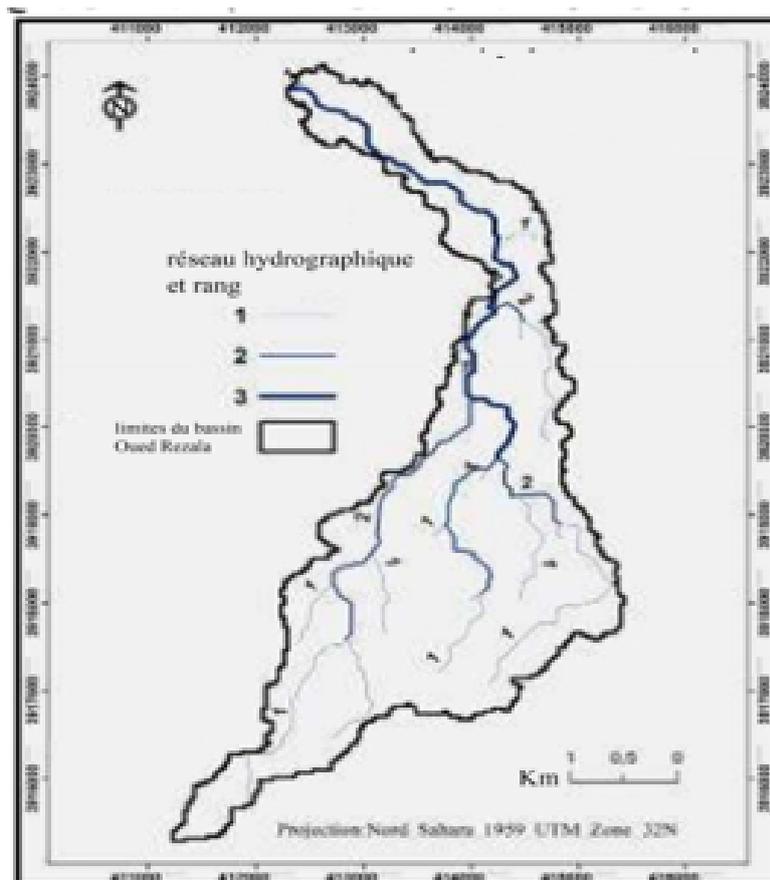


Figure 26 : Bassin versant secondaire Oued Razala ⁴⁴

6-3- Caractéristiques hydrologiques des bassins versants

Après avoir délimitée les sous bassins versants qui traversent la région de Tébessa

Les calculs des paramètres hydrologiques ont été effectués et vérifiée (Tableau 01)

Chapitre 01 : Etude hydrologique du bassin versant de la région de Tébessa

Tableau 1 : Les caractéristiques des bassins versants [Hadjela A. et al.2021]

Les caractéristiques hydrologiques	Oued Esgui	Oued Razala	Oued Rafana	Oued Zaarour	Oued Nagues
Superficies (A) km ²	19.212645	12.245801	35.268179	13.121282	26.550370
Périmètre (P) (km)	44.312	34.568	50.460	30.566	43.210
Nombre de cours d'eau (N)	210	123	395	146	272
La longueur du cours d'eau (L) km	15.3	11.7	18.5	9.96	14.9
Hauteur amont (H _{am}) m	1400	1260	1513	1333	1495
Hauteur aval (h _{av}) m	778	775	798	805	803
Longueur du réseau L (km)	76.880238	44.542	131.75676	48.455217	97.536141
N(x), x=1	105	63	201	74	137
N _(x+1)	50	26	90	32	59
L(x), x=1	37067.49	23536.85	69008.69	22958.2	46651.32
L(x+1)	18381.57	12214.45	31202.73	11862.04	18625.64
H _{moy} (m)	982.88	904.02	1136.61	1024.6	1122
H _{min} (m)	776	774	796	806	798
Dn1	1.93	1.92	1.96	1.75	1.76
Dt	4	3.87	3.74	3.69	3.67
Réalisation moyenne	11.86	10.26	15.2	13.88	16.99
La déviation standard	12.27	9.81	11.42	11.79	13.66

7. Facteurs d'inondation

7-1- Facteurs topographiques : Elle est représentée dans les pentes raides situées au sud de la ville, s'étendant sur des zones restreintes. Cependant, le rôle des pentes raides est évident au niveau des bassins. La pente forte se trouve au sud de la ville, là où se trouvent les sources d'eau. Quant à la ville, elle est dominée par une plaine.

7-2- Facteurs hydrographiques : Il est représenté dans le réseau d'eau dense qui pénètre dans la ville, et au-dessus de celui-ci (Oued Zaarour, qui prend sa naissance à l'extrême sud de la ville, pour y pénétrer en passant entre le quartier Al-Zaytoun .Le quartier d'Al-Zawiya, passe ensuite par le centre-ville à l'est du centre historique romain, Oued Al-Hammar en partant de l'ouest du quartier d'Al-Zaytoun, ou ce qu'on appelle Al-Jazeera, et Oued Nagues et ses affluents, qui coule de Dj.Djorf, passant à l'est du zone d'Al-Mizab se diriger vers le nord en direction de la ville.

7-3- Facteurs climatiques : Représenté par un climat semi-aride avec des hivers semi-froids, qui se caractérise par une quantité annuelle de précipitations estimée à 370,03 mm en moyenne (la période entre 1972 et 2008, des pluies souvent torrentielles et irrégulières, surtout au cours des trois dernières décennies comme une conséquence du changement climatique mondial). En se basant sur des données climatiques des dernières années, nous avons pu établir une courbe de variation des précipitations tombées sur la région de Tébessa

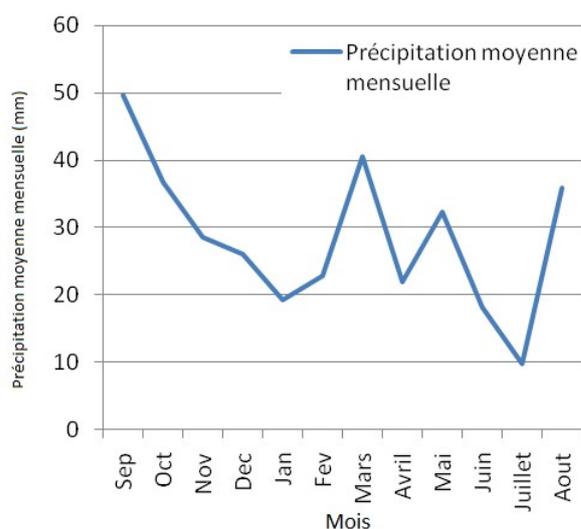


Figure 27 : Variation des précipitations moyennes mensuelles durant la période d'observation (2013-2023)

L'interprétation de cette courbe montre que les précipitations mensuelles maximum sont enregistrées pendant le mois de septembre, Mars, Mai, et Aout.

7-4- les facteurs humains :

Ces facteurs sont :

- L'étalement urbain au détriment des terrains inadaptés,
- le manque de surveillance dans ce domaine,
- le manque d'entretien et d'autres facteurs.

L'approche climatique est utilisée pour traiter le problème des inondations dans de nombreux cas. Il semble nécessaire de combiner les deux approches climatique d'une part, et la morphométrie hydrologique d'autre part. Nous avons choisi l'approche morphométrique et hydrologique comme une approche plus approfondie au problème des inondations dans la vill



Photos 27 : Oued Nagues

8- Comparaison des bassins versants

8-1- Méthodologie et outils de travail :

Pour atteindre l'objectif visé, selon l'étude précédent de Hadjela Ali et al., publié en 2021, ils ont utilisé l'approche analytique descriptive (données spatiales de type Raster ou vectoriel) liées aux indicateurs morphométriques (l'indice de Kg « Gravelius », les dimensions longitudinales des cours d'eau de bassin partiel H/L, la densité de drainage, l'intensité globale, Densité hydrographique, rapport de confluence (Rc), coefficient de longueur totale, rapport de longueur (RL), temps de concentration, $C_t = D_t * D_{n1}$, ou $T_c = ((4 * A^{0.5}) + (1,5 * L)) / 0,8 (h_{moy-h})^{0,5}$,

Gradients (coefficient de variation)),

Coefficient de différence = (écart modulaire/moyen) * 100,

ainsi que des indicateurs liés aux formations géologiques de la zone d'étude et à la proportion de celles les plus solides et résistantes par rapport aux facteurs d'érosion,

Indicateur des espaces communs de la zone urbaine de la ville et des bassins de rassemblement partiels. En outre, l'indice de couverture des centrales NDVI est l'un des indicateurs spectraux les plus couramment utilisés dans l'analyse des images satellitaires.

8-2- Étude et résultat

8-2-1- Indice Gravelius (Kg)

Utile pour comparer les bassins versants entre eux, on applique la relation de Gravelius suivante :

$$Kg = 0.28 \times P / (A^{0.5})$$

Tableau02 : Répartition de l'indice de compacité de gravelius (Kg)

Le bassin versant	Kg
Nagues	2.34804821
Zarour	2.3626959
Rafana	2.37910592
Razala	2.76591408
Esgui	2.83064759

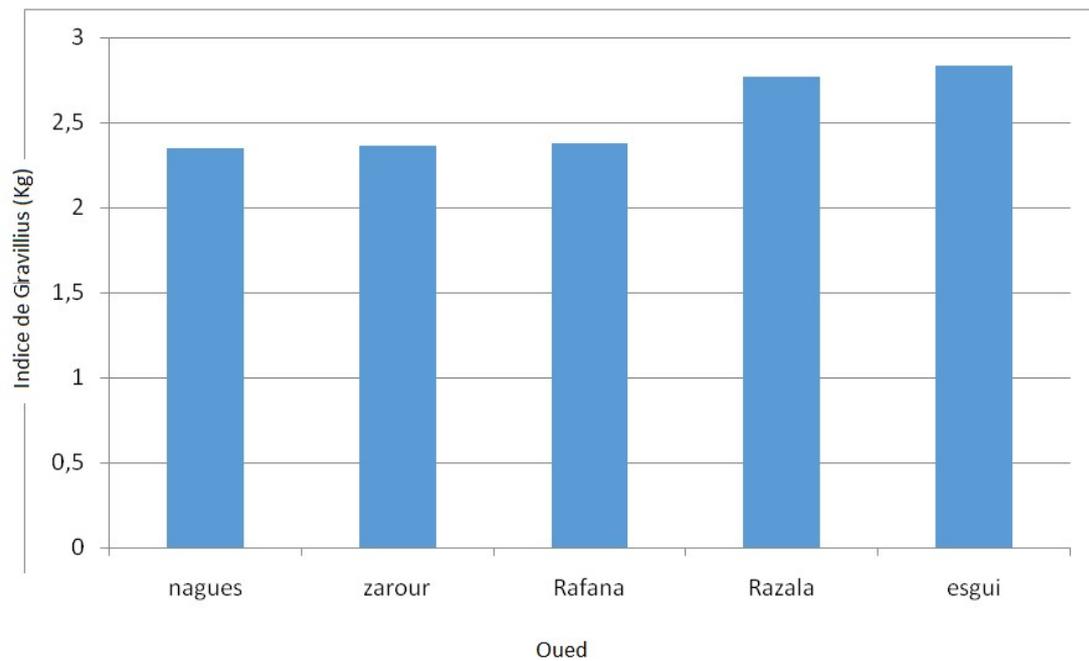


Figure 28 : Indice de Gravelius des bassins versants comparés

A travers les résultats présentés le graphique (Figure 28), nous pouvons dire que tous les sous bassins sont de forme allongée sauf le bassin de Oued Naguès qui présente une indice plus faible par rapport aux autres bassins.

8-2-2- Dimensions des sections longitudinales (H/L)

Nous l'obtenons avec une différence d'élévation entre l'amont H et l'aval le long du cours d'eau L.

Tableau03 : Répartition de dimensions des sections longitudinale des bassins versants.

Le bassin versant	H/L
Zarour	53.01
Nagues	46.44
Razala	41.45
Esgui	40.65
Rafana	38.65

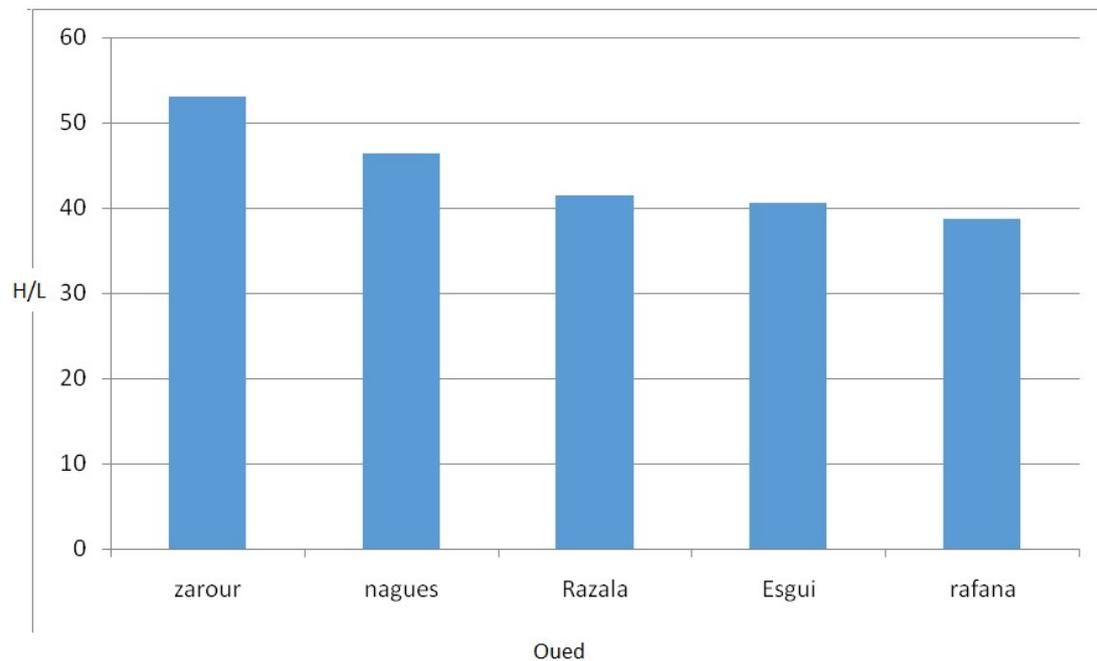


Figure 29 : Répartition de dimensions des sections longitudinale des bassins versants

Nous remarquons, à travers le graphique (Figure 29), que oued de Zaarour est de la plus grande importance (53,01 km), ce qui reflète relativement bien son écoulement rapide, c'est-à-dire qu'elle présente le plus grand risque.

8-2-3- Densité de débit (DD)et densité hydrologique(DH)

Comme la densité de rejet est égale à la somme des longueurs du réseau sur la surface du bassin collecteur et prend 3 à 4 valeurs où le ruissellement de surface est limité comme : $DD = L/A$. La densité hydrologique est égale à la division de l'eau de ruissellement dans le bassin versant par sa superficie $DH = N/A$

Le bassin versant	DD Km/Km ²
Esgui	4.00
Razala	3.87
Rafana	3.74
Zarour	3.69
Nagues	3.67

Tableau 04 : Repartition de densité du drainage sur les bassins versants

Le bassin versant	DH
Esgui	10.93
Razala	10.04
Rafana	11.20
Zarour	11.13
Nagues	10.24

Tableau 05 : Repartition de densité du hydrographique sur les bassins versants

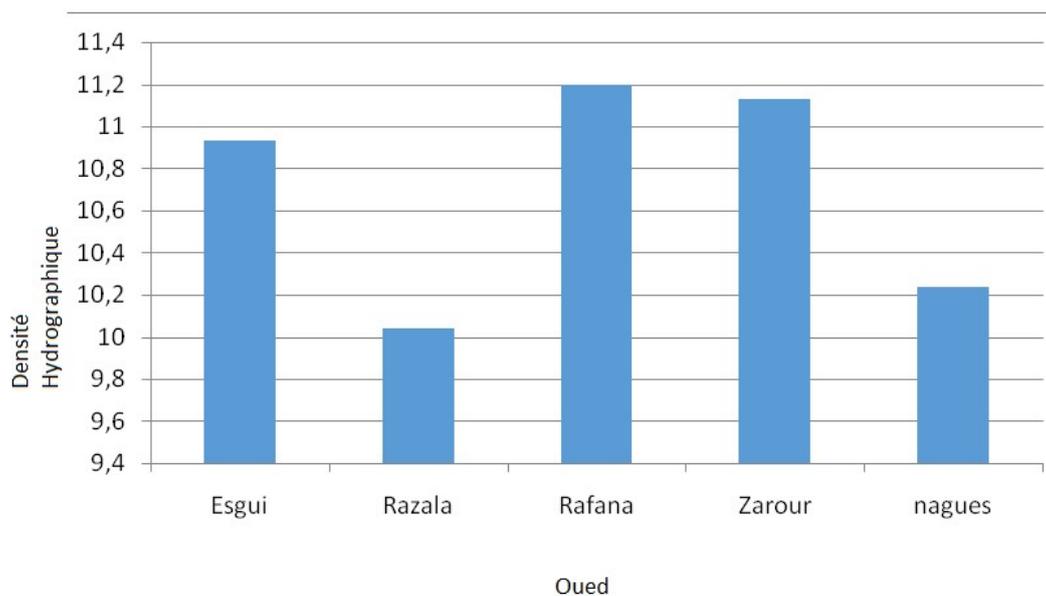


Figure 30 : Répartition de densité hydrographique sur les bassins versant.

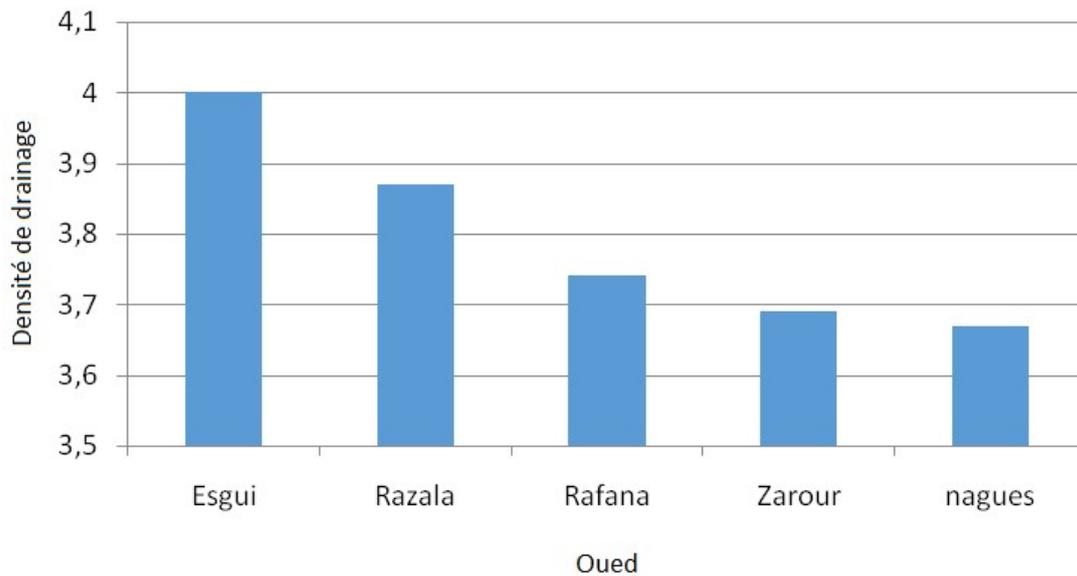


Figure 31 : Répartition de densité de drainage sur les bassins versant.

Par comparaison, oued Nagues présente la plus faible valeur de densité de drainage. On remarque, aussi, qu'il y a une remarquable convergence dans la densité des deux types au niveau des bassins, avec les bassins Razala et Rafana en tête du pourcentage le plus important et Rafana et Zaarour selon la densité hydrologique (Figure 30,31)

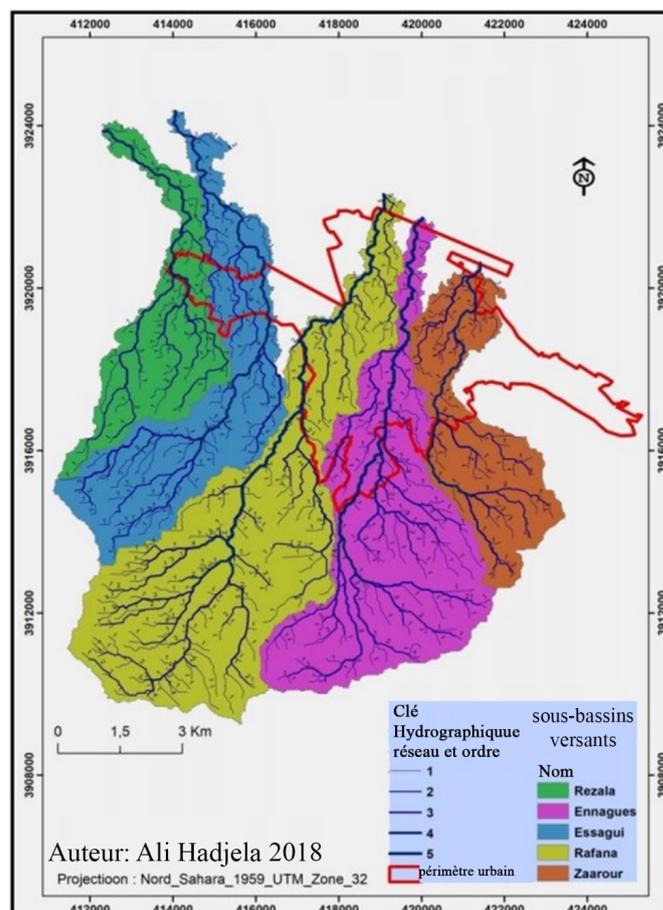


Figure 32 : Réseau hydrographique et débit dans les sous-bassins hydrographiques [Hadjela,A.,2021].

8-2-4- Coefficient de confluence (RC)

Il exprime le pourcentage du nombre de cours d'eau x . Le nombre de cours d'eau de l'ordre le plus élevé $X+1$, donné par la relation suivante :

$$RC = N_x / N_{x+1}$$

Comme le coefficient de confluence était grand, le flux était intense.

Tableau06 : Répartition de rapport des confluences sur les bassins versants

Le bassin versant	RC
Razala	2.42
Nagues	2.32
Zarour	2.31
Rafana	2.23
Esgui	2.10

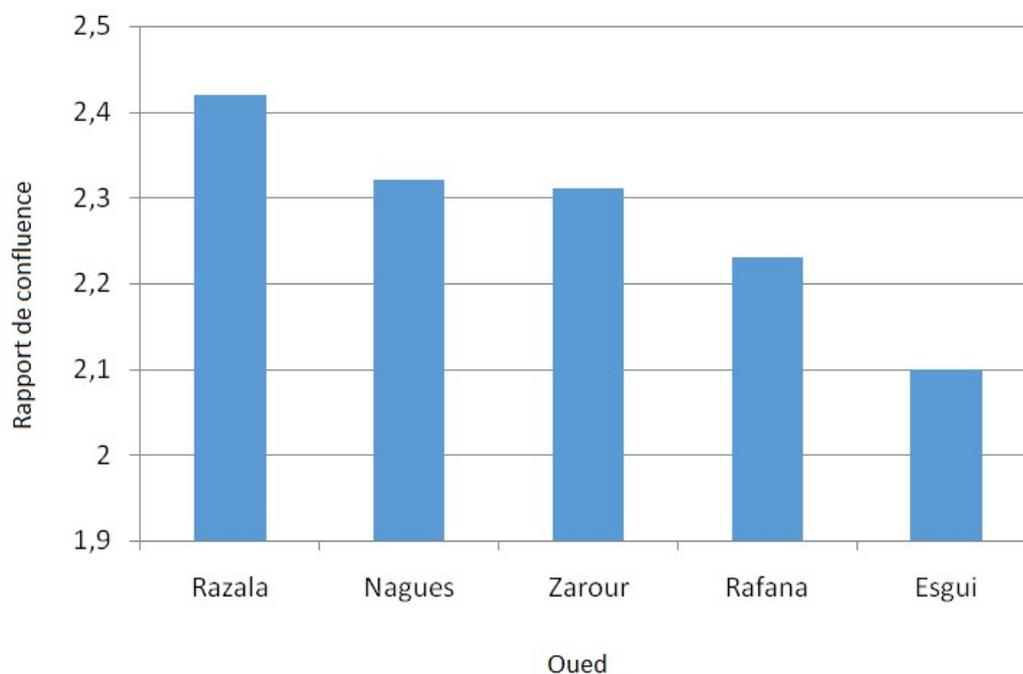


Figure 33 : Répartition des rapports de confluence des bassins versants.

On remarque à travers ces colonnes que Oued Razala est le plus grand en terme de coefficient de convergence, puis il est suivi directement par Oued Nagues, puis Oued

Chapitre 01 : Etude hydrologique du bassin versant de la région de Tébessa

Zaarour, Rafana, et enfin Oued Esgui, sachant que plus le coefficient de confluence est grand plus le ruissellement est intense (Figure 33)

8-2-4- Coefficient de longueur (RL)

Il exprime le rapport de la longueur des cours d'eau(Lx) .Le long des voies navigables du rang L+1 : $RL=Lx/Lx+1$

Tableau 07 : Répartition de rapport de longueur sur les bassins versants.

Le bassin versant	RL
Razala	1.927
Nagues	2.505
Zarour	1.935
Rafana	2.212
Esgui	2.017

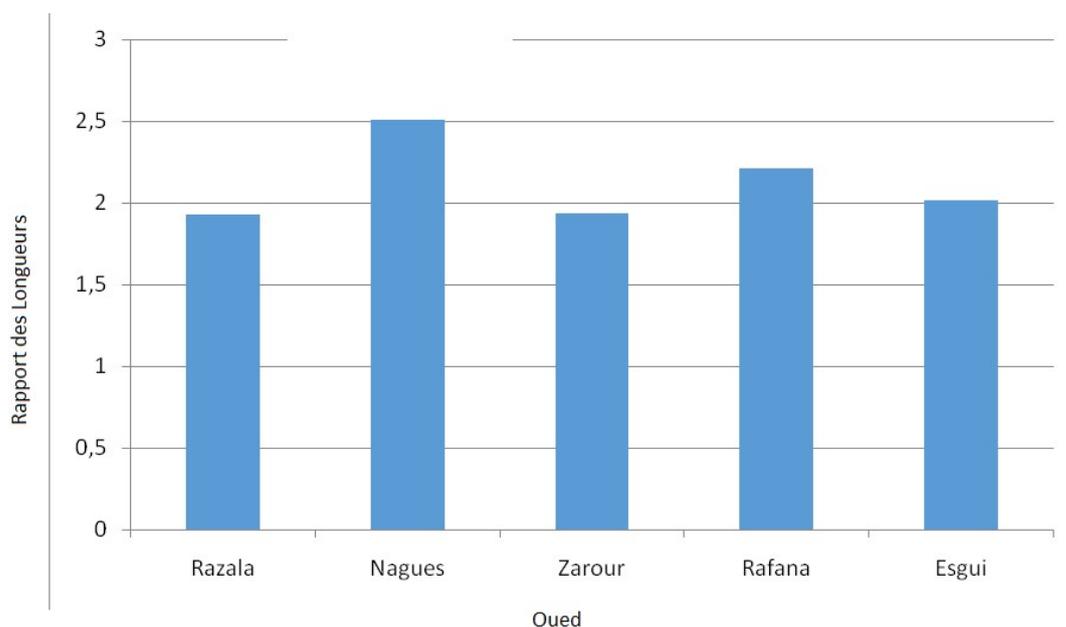


Figure34 : Répartition de rapport de longueur sur les bassins versants

On remarque à travers ces colonnes graphiques que Oued Nagues a le plus élevé pourcentage en termes de coefficient de longueur, puis il est suivi par Oued Rafana, et Oued Razala arrive en dernière position (Figure 34)

8-2-5- Coefficient de torrentielle (Ct)

On l'obtient avec la relation suivante :

$$Ct = Dt \times Dn1$$

Tableau08 : Répartition du coefficient de torrentialité sur les bassins versants

Le bassin versant	Ct
Esgui	7.72
Razala	7.44
Rafana	7.32
Zarour	6.46
Nagues	6.45

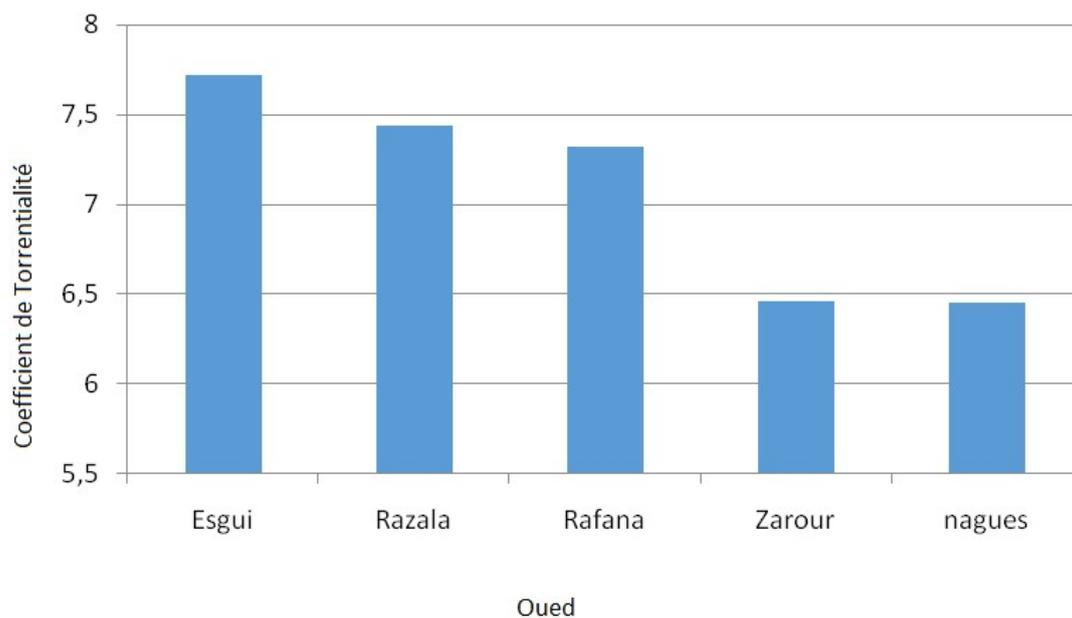


Figure 35 : Répartition du coefficient de torrentialité sur les bassins versants

On note que les bassins s'étendant à l'ouest de la ville (Oued al-Esgui, Razala et Rafana) sont les plus importants en termes de coefficient de torrentialité. D'où l'abondance des affluents de rang 1 (la densité des rejets d'eaux usées) dans leurs

affluents, et à partir de là les bassins situés à l'est de la ville (Oued Al-Zaarour, Oued nagues se saturent plus vite que les autres (Figure 35)

8-2-6- temps de concentration (Tc)

C'est la durée nécessaire à la pluie tombant sur le bassin versant pour parcourir la distance entre le point hydrologiquement le plus éloigné et son exutoire. Pour la détermination du temps de concentration il existe plusieurs méthodes, mais celle dont l'emploi est le plus fréquent reste la formule de GIANDOTTI. On a :

$$T_c = 4\sqrt{S+1,5L/0,8\sqrt{H_{moy}-H_{min}}}$$

Où : S est la surface du sous bassin versant en km²;

L est la longueur du talweg principal en km ;

H_{moy} est l'altitude moyenne en (m) ;

H_{min} est l'altitude minimale en (m).

Tableau09: Répartition de temps de concentration dans les bassins versants.

Le bassin versant	Tc (heure)
zarour	2.49
nagues	2.98
Razala	3.46
rafana	3.49
Esgui	3.52

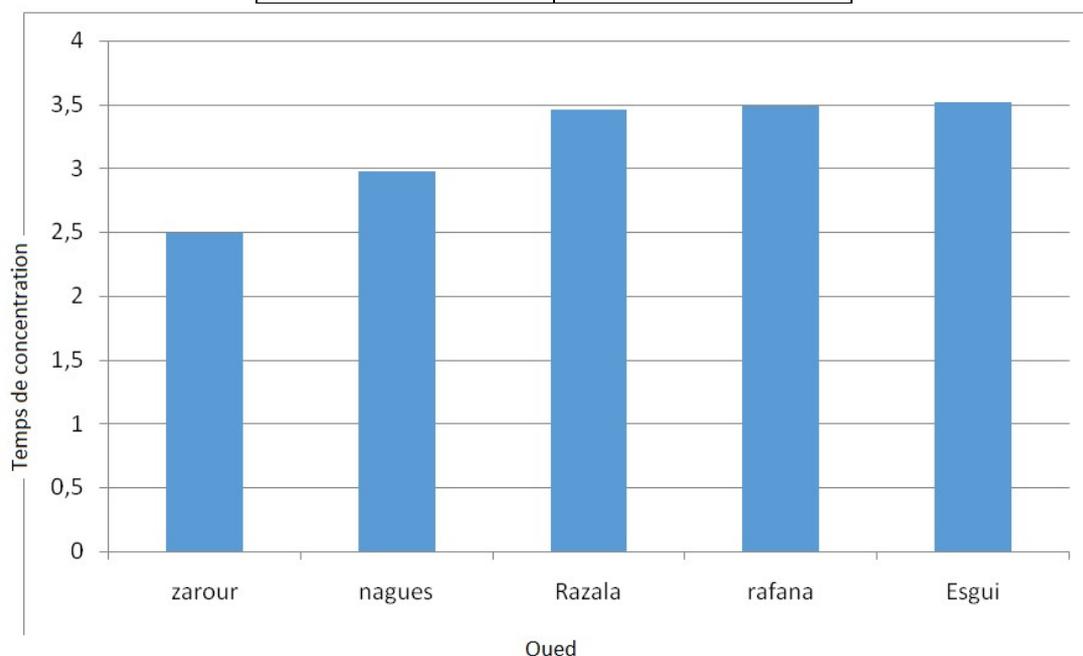


Figure 36 : Répartition de temps de concentration dans les bassins versants

Chapitre 01 : Etude hydrologique du bassin versant de la région de Tébessa

Notez que le temps de mise au point (T_c) Au niveau des bassins versants, en général et en particulier, court pour le bassin de Oued Al-Zaarour, qui prend 2,5 heures, ce qui est un temps court et qui augmente la possibilité d'inondations graves dans ce bassin. Vient ensuite oued Nagues qui prend 3heures pour comme temps de concentration (Figure 36)

8-2-7- Régressions (coefficient de régression)

Pour le calcul de la pente, il est utilisé le modèle numérique d'élévation DGEM avec une précision de 29 m. alors que:

Coefficient de Variation = $(\text{Écart-type} / \text{Moyenne} \times 100)$

Tableau10 : Répartition de coefficient de différence sur les bassins versants.

Le bassin versant	coefficient de différence
Rafana	75.13
Nagues	80.40
Zarour	84.94
Razala	95.61
Esgui	103.46

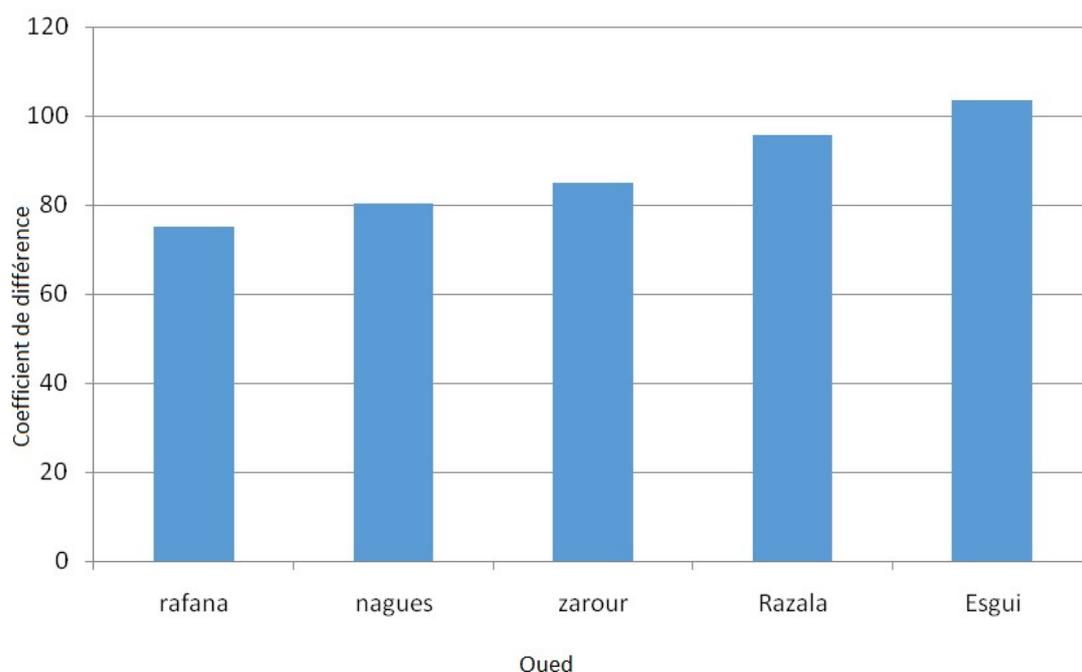


Figure 37 : Répartition de coefficient de différence

On remarque à travers ces histogrammes que l'Oued Esgui est le plus grand, suivi de l'Oued Razala. Puis Oued Zaarour, Al Nagues, et enfin Oued Rafana (Figure 37)

8-2-8- Végétation

La végétation aide à intercepter une partie de la pluie avec des feuilles et a un effet significatif sur la réduction du ruissellement de surface et la régression des inondations, comme nous le calculons la moyenne (NDVI).

Tableau11 : Répartition des moyens de l'indice de couvert végétale sur les bassins versants.

Le bassin versant	Valeurs moyennes du NDVI
Nagues	0.18
Rafana	0.16
Zarour	0.15
Esgui	0.11
Razala	0.11

Repartition de temps des moyens de l'indice de couvert végétale sur les bassins versants.

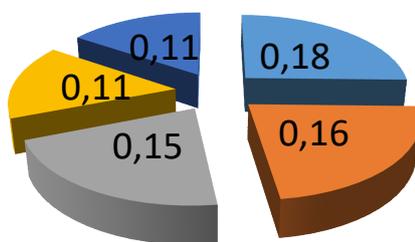


Figure 38 : Répartition des moyens de l'indice de couvert végétale sur les bassins versants

On peut voir à travers le cercle relatif les valeurs moyennes basses (NDVI) dans les bassins occidentaux (Esgui + Razala) (Figure 38), ce qui signifie qu'il manque plus de végétation,

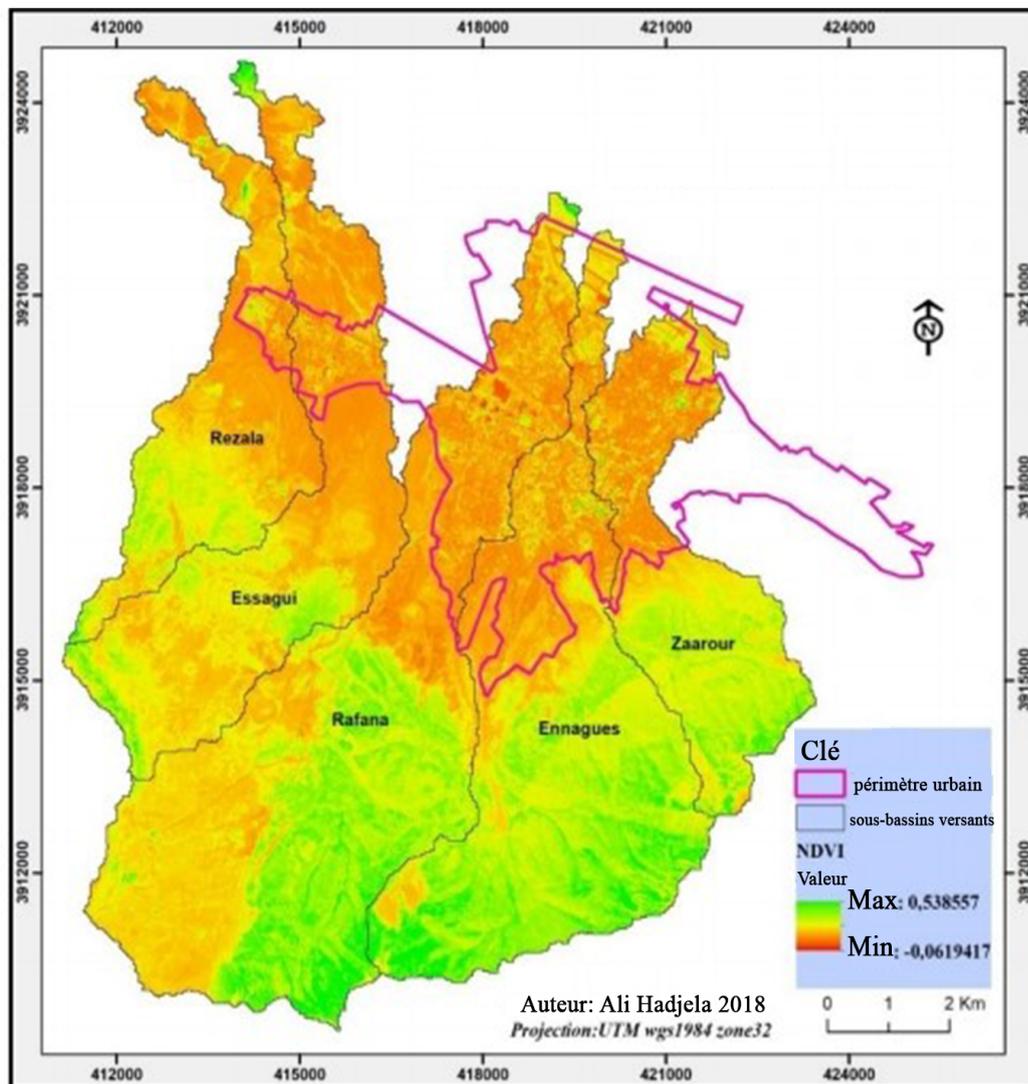


Figure 39 : Répartition des moyennes de l'indice NDVI dans les bassins versants partiels

8-2-9- Confrontation avec le contexte géologique

Sur la base de l'étude géologique de la zone d'étude, nous pouvons connaître les caractéristiques des roches. La carte suivante représente les formations géologiques des bassins versants s'étendant du sud de la ville vers son nord vers la grande vallée, où nous calculons le pourcentage des roches dures ou de résistance moyenne.

Tableau12 : Répartition du pourcentage des roches dures et mi-dures dans les bassins versants.

Le bassin versant	pourcentage des roches dure
zarour	65.32
nagues	71.38
rafana	77.67
Esgui	55.39
Razala	28.73

Repartition du pourcentage des roches dures et mi-dures dans les bassins versants

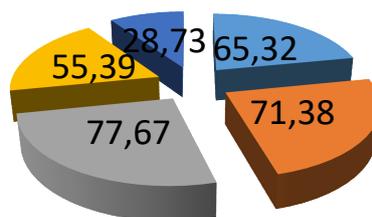


Figure 40: Répartition du % des roches dures et tendres dans les bassins versants

On remarque à travers le cercle relatif que, le plus grand pourcentage de roches dures ou moyennes se trouve dans le Oued Rafana avec un pourcentage de 77,67, suivi ensuite du Oued nagues avec un pourcentage de 71,38, puis du Oued Zaarour avec un pourcentage de 65,32, puis du Oued Esgui avec un pourcentage de 55,39, et à la dernière place se trouve Oued Razala (Figure 40)

8-2-10- La zone du bassin versant appartenant à la périphérie urbaine

Le périmètre urbain de la ville, y compris le tissu bâti, représente le plus gros parti qui nécessite une protection. Si les pluies torrentielles d'inondation constituent un danger imminent pour la ville, alors en augmentant l'espace commun entre la périphérie urbaine et le bassin collecteur, le risque d'inondation augmente [Hadjela A. et al., 2021]

Tableau13 : Répartition des espaces communs des bassins versants avec l'environnement urbain de la ville.

Le bassin versant	Espace commun	Pourcentage %
Rafana	716.56	23.90
Nagues	665.35	22.19
Zarour	465.75	15.54
Esgui	177.19	5.91
Razala	83.09	2.77

Repartition des espaces communs des bassins versants avec l'environnement urbain de la ville

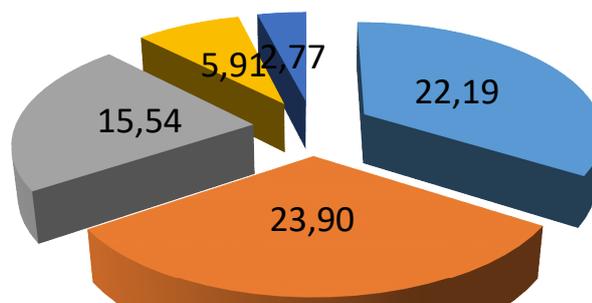


Figure 41 : Aires communes des sous-bassins versants avec périmètre urbain [Hadjela et al., 2021]

On note que le pourcentage le plus important de l'espace commun du bassin collectif appartenant à la périphérie urbaine se situe dans le Oued Rafana, suivi du Oued nagues, et le pourcentage le plus faible se situe au Oued Razala (Figure 42)

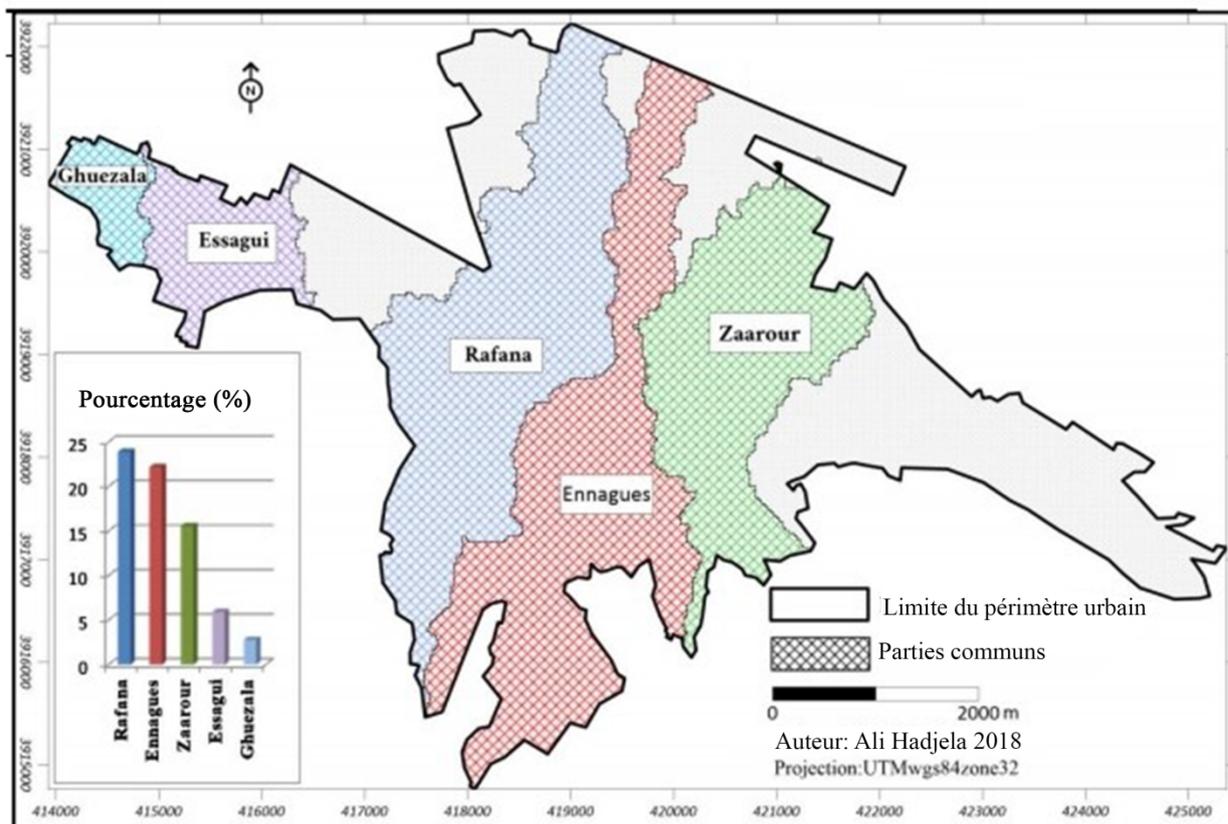


Figure 42 : périmètres urbanisés dans les sous bassins versants

9- Classement des bassins versants partiels traversant la ville comme les plus dangereux, sur la base de 12 indicateurs

A ce stade nous avons converti les valeurs de 12 indicateurs en pourcentages 100 plus élevés alors obtenons le tableau suivant (Tableau 14) :

Tableau 14: arrangement des bassins versant.

Bassin	Le total	Arrangement
Nagues	222.44	1
Zarour	210.16	2
Rafana	207.39	3
Esgui	76.38	4
Razala	44.29	5

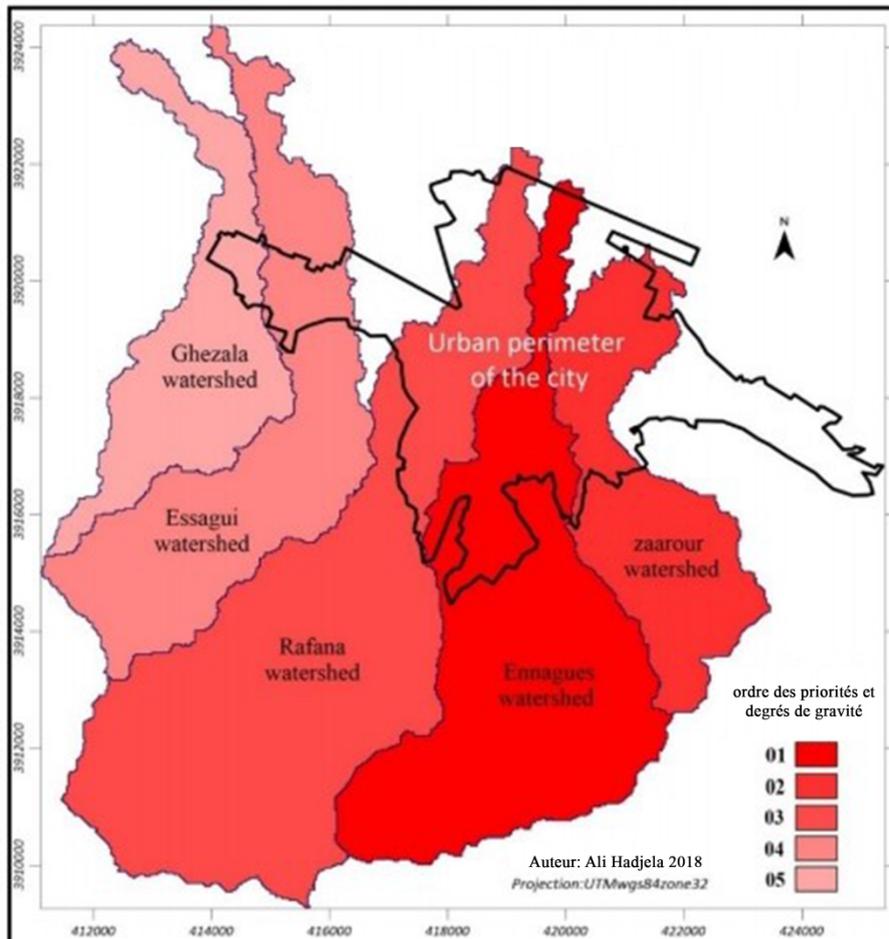


Figure43 : Classification des sous-bassins versants entrant dans la ville de tébessa suivant leurs caractéristiques morphologiques et leur sévérité [Hadjela A., et al., 2021]



Figure 44 : ouede nagse

Conclusion

D'après ce que nous avons mentionné et sur la base des 12 indicateurs sur lesquels nous nous sommes appuyés dans notre comparaison des bassins partiels qui pénètrent la ville de Tébessa, nous avons constaté que Oued Nagues présente le plus grand danger et mène l'ordre des bassins collecteurs en termes de priorité et le degré de danger, et nécessite de prendre les mesures nécessaires pour réduire les répercussions de ses inondations sur l'environnement urbain de la ville, car il s'agit dans un deuxième temps et avec un degré de danger pas moins que le bassin versant de Oued Zaarour , puis la Rafana, puis le bassin du Oued Esgui, puis le bassin de oued Razala, puisque de fait tous ces bassins constituent un grand danger pour la ville de Tébessa.

Malgré ce qui distingue les trois bassins, et cela a été confirmé par les inondations du 12 septembre 2018, suivi par d'autres pendant les années 2020, 2021, 2022, 2023.

Chapitre 02

Proposition des solutions convenables

1. Introduction

L'inondation sont les catastrophes naturelles les plus courantes, car elles causent de graves dommages et des pertes matérielles et humaines importantes.

De ce point de vue, nous avons consacré cette partie à parler de certaines recommandation et quelle que solutions qui peuvent contribuer à réduire ou réduire les en dommages causés par les inondations.

2. Solutions proposées

2.1. Boisement

C'est le processus d'augmentation des espaces verts dans les villes , les zones résidentielles , les zones arides et sèches ,en plantant des centaines de petits arbustes et jardinières dans un plan spécifique qui incluent le type d'arbres qui conviennent géographiquement et climatiquement à l'endroit.

a. Objectifs de boisement :

- La plantation d'arbres autour des oueds réduit considérablement les inondations.
- La présence d'arbres réduit également l'affluence des eaux de crue.
- La présence d'une bonne végétation contribue à l'absorption de l'eau par le s
- Pour stabiliser le sol et minimiser l'érosion du sol.
- Maintient la cohésion et la stabilité du sol.
- Réalisation de projets de drainage des eaux sous forme de canaux de protection entourant les zones et les villes opposées aux inondations.
- protéger et nettoyer continuellement les passages d'eau et enlever la boue, les barrières rocheuses et les déchets qui s'y trouvent pour faciliter le mouvement de l'eau et s'assurer qu'elle ne s'accumule pas à un certain point.
- Elargissement des cours d'eau pour réduire la vitesse d'écoulement.
- Entretien régulier des canaux d'égout.

2.2.-Banquettes

La technique des banquettes est de doubles objectifs, la lutte contre l'érosion et la réduction de ruissellement en favorisant l'infiltration due à la diminution de pente (Figure 45).⁴⁰

Leur effet est considérable dans la défense et la restauration de sol. La banquette mécanique se divisée en quatre zones

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

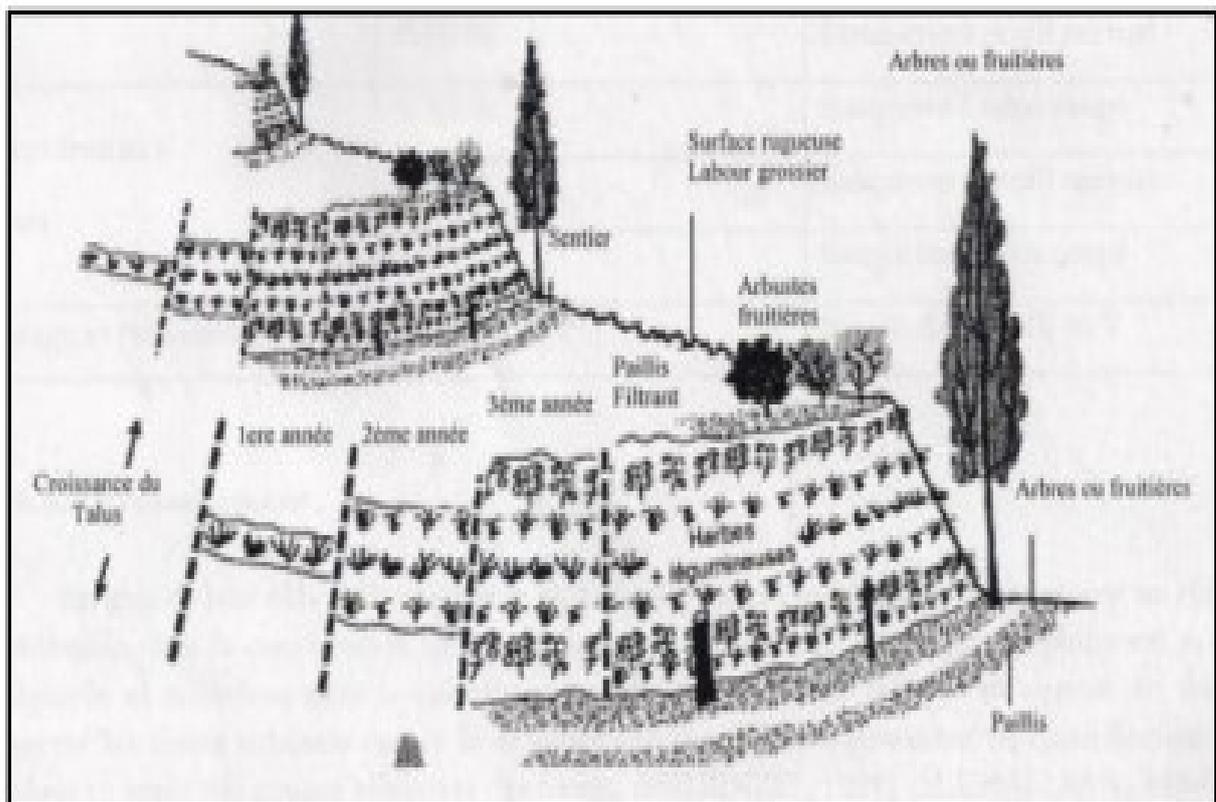


Figure 45 : Technique de banquettes⁴⁰

2.3. Création des zones d'expansion de crue

Le principe est proche de celui de barrage écrêteur. Il consiste à aménager un rétrécissement (contraction) d'une section sur le cours d'eau afin d'augmenter la ligne d'eau en amont et si nécessaire de construire des remblais barrant le lit majeur (Figure 46/47).

Le fonctionnement de tel aménagement est plus proche du fonctionnement naturel. Les champs d'expansion doivent prendre en considération la nature juridique des espaces aménagés afin d'indemniser les propriétaires ou les exproprier (déposséder).

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

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'amené.

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.

2.4. Bassin de rétention à l'air libre

Le bassin de rétention recueille, stocke et re-laisse régulièrement fuir l'eau de pluie dans le sol, ces bassins sont placés parallèlement à un ruisseau pour se nourrir des inondations ou remplis par l'eau de pluie⁴¹

a. Method application

Nous creusons un étang ouvert en général, avec ou sans barrage, il peut être équipé d'une membrane perméable qui permet à l'eau de s'infiltrer (Géotextiles)

b . Méthode d'entretien

L'entretien est effectué en nettoyant et désinfectant les berges et en vérifiant régulièrement les structures de contrôle (Figure 48)



Figure48 : bassin de rétention à l'air libre



Figure49 : bassin de rétention à l'air libre

2.5. Bassins de rétention souterrains:

Les bassins de rétention souterrains sont basés sur la collecte et le stockage de l'eau, et son retour dans l'environnement avec un débit régulier, ces bassins sont alimentés par l'eau de pluie ou en la créant en parallèle avec la voie navigable (Figure 50,51)

a. Method application:

Le bassin enterré peut être construit à partir de tuyaux en béton ou d'éléments préfabriqués

b. Method d'entretien:

Il est formé par l'évacuation des tuyaux des sédiments, l'inspection régulière et le nettoyage des structures, bien que cette solution n'occupe pas une grande distance car elle peut être construite sous les routes, mais elle est coûteuse et son entretien et l'inspection des structures est un processus complexe.



Figure 50 : bassin de rétention enterré



Figure 51 : des buses en béton

2.6. Tranchées drainantes

Une tranchée drainante est un trou rempli de matériaux tels que du gravier. L'eau de pluie est dirigée vers la tranchée par des tuyaux ou des eaux de ruissellement naturelles qui sont temporairement stockées dans la tranchée ou elle s'infiltré progressivement ou dirigée vers une sortie spécifique (drain de drainage)(Fig 52 ,53)

a. Méthode d'entretien

Consiste à éviter le colmatage, malgré sa simplicité, mais le processus d'entretien doit être régulier. Cela reste l'une des solutions optimales pour son intégration dans l'environnement civilisé et sa facilité d'installation, mais il a besoin d'entretien périodique pour éviter le colmatage et à une faible capacité d'absorption d'eau.

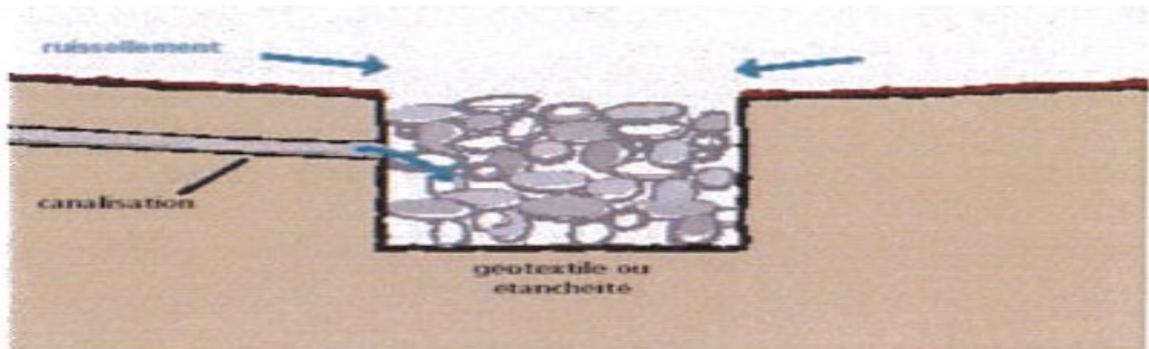


Figure 52 : Schéma de tranchée



Figure53 : les façades des tranchées

2.7. Puits d'infiltration

L'eau est dirigée par ruissellement ou par des canaux jusqu'au point de puits, ce qui lui permet d'être transportée vers des couches de sol perméables (Figure 54,55)

a. Méthode d'application : les contaminants sont généralement filtrés à travers des matériaux tels que le gravier, et ces puits peuvent être reliés à des installations de stockage telles que des bassins de rétention et des fossés de drainage.

b. Méthode d'entretien : Il est entretenu en nettoyant la structure pour éviter le colmatage et le lit de filtration est remplacé tous les 2 à 5 ans.



Figure 54 : les façades des puits d'infiltration

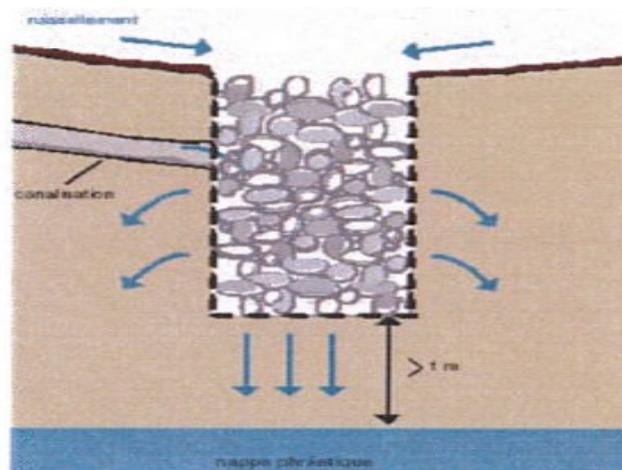


Figure 55 : schéma de travail de puits d'infiltration

2.8. Structures des réservoirs

L'eau de pluie pénètre directement dans le sol (perméable) ou par des canaux de drainage; puis elle est temporairement stockée puis transférée à une sortie spécifique ou infiltrée dans le sol (Figure 56,57)

a.Méthode d'entretien : c'est en empêchant le colmatage des dispositifs de drainage et de la structure de fuite, et les drains et les réseaux doivent être nettoyés régulièrement, mais cette solution est considérée comme l'une des solutions relativement couteuses.



Figure 56 : façade des structures de réservoirs

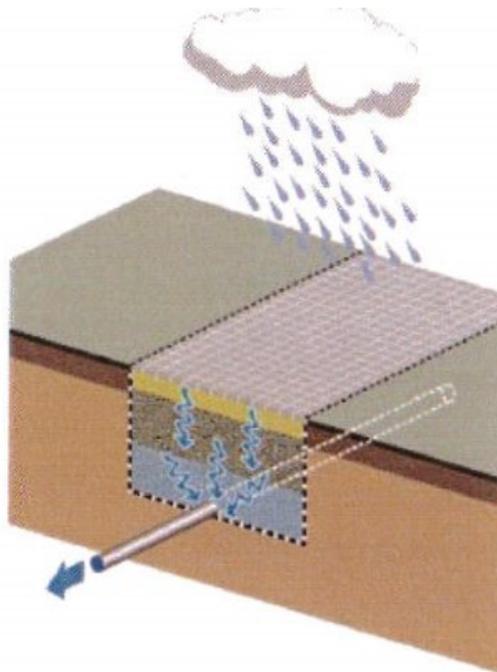


Figure 57 : schéma de travail de structure de réservoirs

Conclusion

A la fin de ce travail, nous avons vu que ces solutions sont les meilleures pour la région de Tébessa et convenable pour la protection de Oued Nagues en particulier ; mais elles restent des possibilités qui nécessitent des études hydro-climatologiques et géotechniques plus approfondies.

L'efficacité de ces solutions passent par une étude minutieuse, un travail élaboré et un entretien périodique de leurs structures pour éviter toute aggravation de la situation, ou destruction ultérieure et prolonge ainsi, la durée de vie de l'ouvrage hydraulique.

Conclusion générale

Les inondations sont des catastrophes faciles à prévoir, en effectuant un suivi et en étudiant la quantité de précipitations.

Grâce à notre étude de la région de la ville de Tébessa, nous avons vu que malgré le manque de pluie pendant les saisons humides, elle est sujette aux inondations qui se produit pendant des épisodes estivales nécessitant des études hydro-climatologiques plus approfondies.

Dans notre étude, nous avons distingués des études hydrologiques, pour en trouver les causes et comparer les oueds de la région pour traiter le problème, et voici ce que nous avons conclu:

- Grâce aux préparatifs étudiés, nous avons conclu que oued Nagues est l'oued le plus vulnérable aux inondations et qu'elle constitue une menace pour les habitants du centre-ville.
- Pour mesurer dans quelle mesure les oueds sont touchés par les inondations, nous nous sommes basées sur plusieurs contextes géographiques, hydrologiques, climatologiques et humains qui ont contribué de manière significative aux phénomènes d'inondations dans la ville.
- Grâce aux résultats obtenus dans cette étude, nous avons proposé des solutions qui permettent de réduire ou d'éviter ce phénomène dans la ville de Tébessa et de contribuer dans une moindre mesure à améliorer la gestion des risques d'inondations dans la région.

Liste des références

1. Pottier N.,1998 ; Site internet : www.ressources.fondation-ued.fr
2. Tébessa (Nord-Est algérien). Revue des Sciences de l'Eau, 30(1), 27-37.
3. Belhai, D., Benzaazoua, M., & Bouchelaghem, F. (2012). Caractérisation géotechnique des sols de la région de Tébessa (Nord-Est Algérien). Revue des Sciences de l'Eau, 25(2), 125-138.
4. memoire finale Etude hydrologique de quelques cours d'eau de la région de Tébessa : caractérisation du régime d'écoulement et perspectives de protection 2018/2019 page 3
4. Benito, G., Lang, M., & Barriendos, M. (2017). Les inondations et les changements environnementaux dans l'histoire: approches interdisciplinaires. Wiley.
5. <http://www.alpgeorisques.com/inondation-fluviale.html>
6. <https://www.actu-environnement.com/ae/news/inondations-ruissellement-guide-cepri-38939.php4>
7. <https://public.wmo.int/fr/ressources/bulletin/alertes-pr%C3%A9coces-aux-inondations-c%C3%B4ti%C3%A8res>
8. <https://www.ijc.org/fr/regler-le-probleme-de-la-gestion-des-inondations>
9. <https://www.sudouest.fr/international/chine/chine-une-crue-subite-fait-16-morts-et-des-dizaines-de-disparus-11976541.php>
10. "Les causes d'inondations en milieu urbain", Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse : <https://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/les-causes-dinondations-en-milieu-urbain>
11. <https://www.projetecolo.com/inondations-causes-et-consequences-433.html>

12. https://www.lepoint.fr/monde/australie-les-pluies-incessantes-provoquent-de-nouvelles-inondations-30-03-2022-2470158_24.php
13. <http://www.theriderpost.com/disciplines/snow/avoriaz-inondee-suite-a-la-fonte-des-neiges-et-la-pluie/>
14. <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1845548/ondes-tempete-est-du-quebec-vagues-vents-forts-fleuve>
15. https://www.liberation.fr/international/europe/inondations-le-nombre-de-morts-atteint-133-en-allemande-153-en-europe-20210717_AAKJJWRYWZEGNJIQ3KKNNKBDQY/
16. <https://www.equiterre.org/fr/articles/actualite-les-inondations-et-le-rechauffement-climatique-sont-ils-lies>
17. "Impact des inondations sur les ouvrages d'art" - Direction des routes et des infrastructures de transport (2015)
18. <https://www.google.com/search>
19. <https://ici.radio-canada.ca/sujet/changements-climatiques/actualites/document/nouvelles/article/1854530/carte-zones-inondables-nouveau-brunswick-adaptation-climat>
20. Maouche, S., Bouhadad, Y., Djellouli, Y., & Allili, T. (2019). Évaluation de l'impact des inondations sur l'environnement urbain en Algérie. *Environnement, Risques & Santé*, 18(3), 217-234.
21. <https://www.aps.dz/regions/128864-risques-d-inondations-a-alger-28-points-noirs-recenses>

22. R. Chellali, A. H. A. Ibrahim, and H. Djabri, "Assessment of flood risk in the urban area of Tébessa, Algeria," *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 27, pp. 422-431, 2018.
23. "La région de Tébessa : évolution socio-économique et dynamiques territoriales" de Amina Mesli et Souad Bendifallah (2020)
24. Bouchareb, A. (2013). Le relief de la région de Tébessa (Algérie orientale) : étude morphométrique et géomorphologique. *Revue Géographique de l'Est*, 53(3-4), 25-42.
25. Boumezbeur, A., & Belhadj-Aissa, A. (2005). L'analyse géomorphologique de la région de Tébessa (Nord-Est Algérien) par télédétection. *Cybergeo: European Journal of Geography*.
26. <https://fr-fr.topographic-map.com/map-fq8dkl/T%C3%A9bessa/?lock=10%2C616%2C1713>
27. Etude hydrogéologique et hydrochimique de la nappe phréatique de la plaine de Tébessa (Nord-est de l'Algérie). S. Madi, A. Harfouche, M. Rouabhia, A. Bouchelaghem. *Afrique Science*. 2017. (SEGHIR, 2008)
28. Zitouni, B., & Bouanani, A. (2016). Analyse de la variabilité climatique dans la région de Tébessa à l'aide de l'indice de précipitation normalisée (IPN). *Revue des Sciences de l'Eau*, 29(2), 179-192.
29. Benouareth, A., et al. (2017). Évaluation de la ressource en eau souterraine dans la région de Tébessa (Algérie) à partir des données hydrogéologiques et géophysiques. *Hydrological Sciences Journal*, 62(14), 2344-2359.
30. DRID Ilhem (1) (CHAABI Nabila)
31. Chefrou, A., Bellatreche, M., & Ammari, Y. (2017). Impact de l'activité humaine sur le couvert végétal dans la région de Tébessa (Algérie). *Revue des*

32. Boudiaf, N., Habi, S., & Beloued, A. (2018). Effet des modes d'exploitation sur la diversité et la composition floristique de la steppe aride de Tébessa (Nord-Est algérien). *Phytothérapie*, 16(3), 155-162.
33. Ouabadi, A., Boumendjel, K., & Mouici, Z. (2015). Geomorphological evolution of the Tebessa region (Northeast Algeria): new data from geomorphological mapping and morphometric analysis. *Arabian Journal of Geosciences*, 8(9), 7325-7336.
34. Fekirine, B., & Kherroubi, A. (2014). Contribution à l'étude géologique de la région de Tebessa (Nord-Est Algérien) par des méthodes géophysiques. *Bulletin de la Société géologique de France*, 185(1-2), 61-68.
35. (d'après Durozoy et Morel, 1956)
36. Bouamama B., Saadallah L., Aoues A., & Bachir A. (2015). Apport de la cartographie géologique à la compréhension de l'évolution structurale de la région de Tébessa (Algérie). *Revue des Sciences de l'Eau*, 28(2), 101-112.
37. Aridj, A., Meghraoui, M., & Beldjoudi, H. (2002). Évolution géodynamique de la région de Tébessa (Algérie orientale) au cours du Jurassique et du Crétacé : implications tectoniques. *Comptes Rendus Geoscience*, 334(2), 135-142.
38. Messaoudi, R., et al. (2017). Geological and structural study of the region between Tebessa and El Kala (NE Algeria): implications for the tectonic evolution of the Eastern Maghrebides. *Arabian Journal of Geosciences*, 10(2), 36.
39. Ayache, M., Bellalem, A., Meghraoui, M., & Chaïb, M. (2001). Etude tectonique et sismique de la région de Tébessa (Algérie orientale). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series IIA-Earth and Planetary Science*,

40. SEGHIR, K. 2022. Journée d'étude (واقع الموارد المائية في ولاية تبسة و آليات التسيير) الناجعة لهذه الموارد “ تجارب ميدانية” و كذلك ميكانيزمات حماية المدينة من مخاطر الفيضانات الموسمية » 15 SEPTEMBRE 2022. Wilaya de Tébessa

42. https://www.ville-laroquedantheron.fr/pdf/fiches_techniques_solutions_pour_la_retention.pdf

43- Mémoire de master, Etude hydrologique de quelques cours d'eau de la région de Tebessa, 2018/2019.

44- ALI HADJELA 2020 , Ali Hadjla M213 : introduction à la géomatique . Cours. Faculté des Sciences exactes et sciences de la nature et de la vie departement STU , <http://e-learning.univ-tebessa.dz.-moodle-course-view>.