



RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
UNIVERSITÉ AMAR THELIDJI- LAGHOUAT



FACULTÉ : GÉNIE-CIVIL ET ARCHITECTURE  
DÉPARTEMENT : GÉNIE-CIVIL

DOMAINE : Technologie  
FILIÈRE : Génie-Civil  
OPTION : Structures

## *MÉMOIRE DE MASTER*

Thème :

**ETUDE ET DIAGNOSTIC DE LA VULNERABILITE DU BATI  
EXISTANT FACE AUX DEBORDEMENTS D'OUED SERSOUF  
A TAMANRASSET**

Présentés par : HANNI abdelbasset

### Jury de soutenance :

<u>Nom et Prénom</u>	<u>Grade</u>	<u>Qualité</u>
<i>M<sup>r</sup> B.BENFARHAT</i>	<i>MAA</i>	<i>Président</i>
<i>M<sup>me</sup> M.MERGHOUB</i>	<i>MAA</i>	<i>Examinatrice</i>
<i>M<sup>me</sup> F.BOULAGHMEN</i>	<i>MAA</i>	<i>Promotrice</i>
<i>M<sup>me</sup> OH.BELMECHERI</i>	<i>MAA</i>	<i>Co- Promotrice</i>

Promotion : Juin 2023

## *Remerciements*

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

Nos plus vifs remerciements vont à Mm F.Boulaghmen et Mme BELMECHERI Oum-Habiba pour avoir accepté de nous encadrer et nous diriger tout ou long de la réalisation de ce projet, et pour Tous les conseils instructifs et judicieux et leur disponibilité.

Nous tenons à remercier également les membres de jury :

Mr B.Benferhat et Mm M.merghoub pour avoir accepté d'examiner ce travail. A tous les enseignants du département Génie Civil qui ont contribué à notre formation.

## *Dédicace*

Aux personnes les plus chères et les plus proches de mon cœur, ma chère mère et mon cher père, qui ont été mon aide et mon soutien, et leurs prières bénies ont eu le plus grand impact pour guider le navire de recherche jusqu'à ce qu'il s'ancre sur cette image.

A tous ceux qui ont partagé mes joies et mes peines, et qui m'ont soutenu dans cette vie, mes frères, que Dieu les protège.

A tous mes chères amies pour leurs aides et supports dans les moments difficiles.

A tous mes autres amis et à tous ceux que j'aime moi. Tout le monde.

A eux tous, je leur dédie cet humble travail, demandant à Dieu Tout-Puissant de nous en faire bénéficier et de nous accorder son succès.

**HANNI Abdel basset**

## TABLE DES MATIERS

### Liste des figures

### Liste des tableaux

### Introduction générale

### Chapitre I : Généralités

I.1 Introduction.....	1
I.2 Risques Majeurs – Inondations .....	1
1.3 Le Risque Inondation .....	2
I.4 L'aléa .....	2
I.5 La Vulnérabilité .....	3
I.5.1 Evaluation de la vulnérabilité.....	4
1.5.2 La vulnérabilité des bâtiments .....	5
1.5.3 Comment appréhender la vulnérabilité du bâtiment.....	5
1.5.4 La vulnérabilité liée à la sécurité des personnes.....	6
1.5.5 La vulnérabilité liée au retour à la normale .....	7
I.5.6 La vulnérabilité liée aux effets domino .....	8
I.5.7 La réduction de la vulnérabilité au risque inondation .....	8
I.5.8 La vulnérabilité dans les bâti en briques de terre (Toub) .....	10
I.5.9 Les effets de l'eau dans les constructions en brique de terre .....	10
I.5.10 Les désordres du mur en brique de terre (Toub) .....	11
1.6 Les Inondations .....	12
1.6.1 Etymologie.....	12
1.6.2 Définition 1 .....	12
1.6.3 Définition 2.....	12
1.6.4 Définition 3.....	12
I.7les Différents Types D'inondation.....	13
I.7.1 Inondation due à des crues de type torrentiel ou éclairé .....	13
I.7.2 Inondation de plaine ou fluviales .....	14
I.7.3 Inondation par ruissellements en secteur urbain .....	14
I.7.4 Inondations par remontée de nappe.....	14
I.7.5 La submersion de zones littorales .....	15
I.8 Les Causes Des Inondations .....	15
I.8.1 Mécanismes d'inondations .....	15
I.9 Gestion Du Risque D'inondation.....	16

I.9.3 L'aménagement du bassin versant .....	16
I.9.3.1 Au niveau des versants.....	16
I.9.3.2 Au niveau de lit .....	17
I.10 Les Crues .....	18
I.11 Définition du concept du risque .....	19
I.11.1 Les plans d'exposition aux risques des inondations (ORSEC).....	19
I.11.2 L'organisation du risque d'inondation .....	19
I.12 Causes et types des crues catastrophiques en Algérie.....	20
I.13 Origines et causes des inondations en Algérie.....	20
I.13.1 Les inondations liées à des situations météorologiques remarquables .....	20
I.13.2 Les inondations provoquées par des facteurs liés à l'effet de l'homme.....	21
I.13.3 environnement topographique défavorable .....	21
I.14 Les inondations les plus catastrophiques survenues en Algérie .....	21
I.14.1 Inondations causées par des pluies orageuses localisées .....	21
I.14.2 Inondations des grands bassins versants (pluies généralisées).....	21
I.14.3 Les différents types d'aménagement pour lutter contre les inondations .....	22
I.14.3.1 Protection indirecte .....	22
I.15 Conclusion .....	22
<b>Chapitre II : présentation de la zone d'étude</b>	
II.1 Introduction.....	23
II.2 Situation Administrative .....	24
II.3 Relief .....	24
II.4 Cadre Géologique De La Région Du Hoggar .....	25
II.4.1 La Géologie De La Zone D'étude.....	26
II.5.2 Caractéristiques des reliefs .....	27
II.6 Cadre Climatique II.6.1 La pluviométrie .....	28
II.6.2 Une forte évaporation .....	30
II.6.3 Température .....	30
II.6.4 Synthèse climatique .....	31
II.6.5 Relation entre le régime des précipitations et le régime des crues de l'Oued de Tamanrasset .....	31
II.7 géomorphologie La Wilaya De Tamanrasset .....	33
II.7.1 Les Plateaux du Tadmait et du Tinghert .....	33
II.7.2 Les Plaines .....	33
II.7.4 Le Fossé périphérique .....	33

II.8 L'exploitation Des Eaux Souterraines .....	34
II.9 Historique Sur Les Inondations Dans La Ville De Tamanrasset .....	34
II.9.1 Les inondations dans la ville de Tamanrasset et sa périphérie .....	36
II.10 Typologie De L'habitat A Tamanrasset .....	37
II.10.1 Habitat traditionnel (maison ancienne).....	37
II.10.2 L'habitat semi-collectif.....	38
II.10.3 L'habitat individuel.....	38
II.10.4 Type d'habitat spontané (habitat non contrôlé) .....	39
II.11 Conclusion .....	40

### **Chapitre III : Présentation des outils de calcul et application**

III.1 Introduction .....	42
III.2 Les SIG.....	42
III.2.1 L'information géographique.....	42
III.2.2 Les systèmes d'informations géographiques .....	42
III.2.2.1) Définition.....	42
III.2.2.2 Historique.....	43
III.2.2.3 Utilisation des SIG dans la modélisation hydrologique.....	43
III.2.2.4 vue d'ensemble du SIG.....	43
III.2.2.5 La différence entre SIG et Cartographie .....	44
III.2.3 Logiciels utilisés .....	45
III.2.3.1 Logiciel HEC-RAS .....	45
III.2.3.2 Système Arc GIS (Arc Map).....	45
III.3 Présentation de ARC GIS.....	45
III.3.1 Méthodologie de travail.....	45
III.3.2 Présentation du logiciel HEC-RAS .....	48
III.4 Etapes De La Modélisation .....	48
III.4.1 Projet.....	48
III.4.2 Géométrie Des Sections.....	49
III.4.3 Débit et conditions aux limites .....	50
III.4.4 Simulation Hydraulique.....	50
III.4.5 Visualisation Des Résultats .....	51
III.5 Conclusion.....	53

### **Chapitre IV : Résultat, analyse et discussion**

IV.1 Introduction.....	54
------------------------	----

IV.2.1 Résultats de la cartographie sous Arc-GIS .....	54
IV.2.2 Résultats de la modélisation sous HEC-Ras.....	54
IV.2.2.1 Principe d'élaboration.....	54
IV.2.2.2 Présentation des résultats sous HEC Ras.....	55
IV.2.2.3 Données géométriques de l'oued.....	56
IV.3 Analyses Discussions des Résultats .....	57
IV.3.1 Elaboration De Jeux De Données.....	57
IV.3.2 Simulateur de zone d'étude sous Hec-Ras .....	62
IV.4 Résultats,Analyses et Discussions .....	63
IV.5 Les propositions d'aménagement pour une meilleure gestion du risque d'inondation dans la zone d'étude .....	66
IV.6 Conclusion .....	68

## LISTE DES FIGURES

### Chapitre I : Généralités

<b>Figure I.1</b> : Choisir pour la stratégie “résister” .....	10
<b>Figure I.2</b> : Les mécanismes et les effets de l'eau dans le bâtiment.....	11
<b>Figure I.3</b> :Les désordres du mur en brique de terre (toub) .....	12
<b>Figure I.4</b> : Crues torrentielles .....	14
<b>Figure I.5</b> : Inondation par remontées des nappes phréatiques. ....	15
<b>Figure I.6</b> : lit mineur. ....	17
<b>Figure I.7</b> : lit majeur. ....	18
<b>Figure I.8</b> : lit moyen .....	18

### Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

<b>Figure II.1</b> : localisation de la ville de Tamanrasset en Algérie .....	23
<b>Figure II.2</b> : carte administrative de la wilaya de Tamanrasset.....	24
<b>Figure II. 3</b> : Carte géologique simplifiée de la région de Tamanrasset (Réalisée à partir d'un imageGoogleEarth2010).....	25
<b>Figure II.4</b> : Représentation du chevelu hydrologique du grand bassin versant de l'Oued Tamanrasset (J. Dubief, 1953).....	27
<b>Figure II.5</b> : Répartition des altitudes du bassin versant de l'Oued Tamanrasset.....	28
<b>Figure II.6</b> : Variation des précipitations moyennes annuelles de la station de Tamanrasset.....	29
<b>Figure II.7</b> : Précipitations moyennes mensuelles enregistrées à la station de Tamanrasset (1990/2020).....	29
<b>Figure II.8</b> : Variation des températures moyennes mensuelles de la station de Tamanrasset (1990/2020).....	30

<b>Figure II.9:</b> Diagramme pluviothermique de la région de Tamanrasset (période 1990-2020).....	31
<b>Figure II.10 :</b> crue de l’oued Tamanrasset .....	36
<b>Figure II.11 :</b> Localisation des zones menacées par l’inondation des oueds (Tamanrasset,Tahaggart et Sersouf) dans la ville de Tamanrasset.....	37
<b>Figure II.12:</b> Habitats anciens.....	38
<b>Figure II.13:</b> Habitat ancien au niveau du centre-ville .....	38
<b>Figure II.14 :</b> Habitat semi-collectif ; nouveau quartier .....	39
<b>Figure II.15:</b> Habitats individuels .....	39
<b>Figure II.16 :</b> Nouvelle typologie d’habitat .....	40
<b>Figure II.17:</b> Habitat spontané .....	40
<b>Figure II.18:</b> Typologie d’habitats de la ville de Tamanrasset .....	41
 <b>Chapitre III : Présentation des outils de calcul et application</b>	
<b>Figure III.1 :</b> Carte satellitaire de la ville Tamanrasset. Quartier sersouf Oued Tamanrasset[Google Earth] .....	46
<b>Figure III.2 :</b> Carte satellitaire de la ville Tamanrasset. [Google Earth ARC Gis]. .....	46
<b>Figure III.3 :</b> La représentation graphique des bâtiments à risque sur photo satellitaire par ARC GIS. ....	47
<b>Figure III.4 :</b> Interface du logiciel HEC-RAS .....	48
<b>Figure III.5 :</b> Présentation de l’interface New Project.....	48
<b>Figure III.6 :</b> Présentation de l’interface Geometric Data .....	49
<b>Figure III.7:</b> Présentation de l’interface Fenêtre Cross Section Data. ....	49
<b>Figure III.8 :</b> Présentation de l’interface Steady Flow Data. ....	50
<b>FigureIII.9:</b> Présentation de l’interface Steady Flow Analysis.....	51

<b>Figure III.10</b> : Présentation de l'interface de profil de surface de l'eau.....	52
<b>Figure III.11</b> : Introduction des données de simulation de l'Oued.....	52
<b>Figure III.12</b> : Introduction des informations sur le débit d'eau de crue .....	53
<b>Chapitre IV : Résultat, analyse et discussion</b>	
<b>Figure IV.1</b> : Représentation de la simulation d'inondations sous HEC-Ras.....	55
<b>Figure IV.2</b> : Représentation de la simulation canal d'inondations sous HEC-Ras .....	56
<b>Figure IV.3</b> : Données géométriques de l'oued sous HEC-RAS .....	56
<b>Figure IV.4</b> : Section transversale et profondeur de l'eau à la station (4696.207°).....	57
<b>Figure IV.5</b> : Identification urbaine de la section 4696.207 .....	58
<b>Figure IV.6:</b> Indication des résultats obtenus par jeux de données sous HEC-Ras.	
Section 5491.855 .....	59
<b>Figure IV.7</b> : Photo réelle recueillis de témoins résidants à la section 5491.855 .....	59
<b>Figure IV.8</b> : Indication des résultats obtenus par jeux de données sous HEC-Ras.	
Section 7298.421 .....	60
<b>Figure IV.9</b> : Identification urbaine de la section 7289.421 .....	60
<b>Figure IV.10</b> : Indication des résultats obtenus par jeux de données sous HEC-Ras.	
Section 7676.346.....	61
<b>Figure IV.11:</b> Identification urbaine de la section 7676.346 .....	62
<b>Figure IV.12</b> : Simulation 3D de la zone d'Oued à l'aide de MNT dans le programme de Hec-Ras. ....	62
<b>Figure IV.13:</b> Présentation de la hauteur d'eau sur RAS MAPPER de l'oued en régime permanent .....	63
<b>Figure IV.14</b> : carte de simulation d'oued Tamanrasset avec différents niveau par programme global mapper .....	64
<b>Figure IV.15</b> : Vue sur les bâtisses en Toub .....	65
<b>Figure IV.16</b> : Vue sur les bâtisses en béton dans le quartier de Sersouf.....	66

## **LISTE DES TABLEAUX**

### **Chapitre I : Généralités**

Tableau I 1. Classification du degré de vulnérabilité lié à la sécurité des personnes ..... 7

Tableau I 2. Classification des degrés de vulnérabilité susceptibles..... 8

### **Chapitre II : Présentation de la zone d'étude**

Tableau II.1: Exemples de quelques fortes intensités de la pluie à Tamanrasset .....32

Tableau II.2 : Un bref historique sur les inondations dans la wilaya de Tamanrasset. ....35



## **Résumé :**

La problématique de risque d'inondation est un sujet d'actualité, notamment aux regards des dix dernières grandes crues annuelles que la ville de Tamanrasset a connu. Pour cette raison, on a choisi d'aborder la thématique du diagnostic de la vulnérabilité du bâti existant au niveau de quartier. En effet la gestion de ce risque devient de plus en plus nécessaire et qui doit inclure tous les acteurs et tous les moyens disponibles possibles. L'objectif de ce travail est d'identifier les différentes modalités pouvant être mises en œuvre pour conduire des actions de réduction de la vulnérabilité des habitations des quartiers Sersouf menacées par l'effet de débordement d'Oued Sersouf. Cette étude s'appuie sur des concepts théoriques susceptibles d'être appliqués et vérifiés dans cette zone. Il a été traité plusieurs opérations de recensement, collecte de données et sorties sur terrains avec prise de note des différents sondages afin de mettre en évidence les paramètres qui nous ont permis de développer l'étude numérique. Le système d'information géographique (SIG) nous a apporté une contribution particulière dans l'évolution des recherches sur les risques d'inondations dans la ville de Tamanrasset. Le diagnostic de la vulnérabilité nous a permis de constater que les trois indicateurs suivants : la source du risque, la morphologie urbaine et le lever topographique, ont une relation directe avec l'aléa inondation et le milieu urbain. Pour cela nous avons mis au point l'élaboration des données numériques au service de la cartographie réelle afin de faire ressortir une carte de vulnérabilité global nous permettant ainsi de mettre en évidence les quartiers à risque d'immersion. La clé d'une réaction adéquate est l'anticipation par la prévention.

**Mot clés :** quartiers Sersouf, Inondation, Oued Tamanrasset, SIG, Vulnérabilité.

## **Abstract :**

The problem of flood risk is a topical subject, particularly in view of the last ten major annual floods that the city of Tamanrasset has experienced. For this reason, we chose to address the theme of the diagnosis of the vulnerability of existing buildings at the neighborhood level. Indeed, the management of this risk is becoming more and more necessary and must include all actors and all possible available means. The objective of this work is to identify the different methods that can be implemented to conduct actions to reduce the vulnerability of homes in Sersouf neighborhoods threatened by the overflow effect of Wadi Sersouf. This study is based on theoretical concepts likely to be applied and verified in this area. Several census operations, data collection and field trips were processed with note taking of the various surveys in order to highlight the parameters that allowed us to develop the digital study. The geographic information system (GIS) has made a particular contribution to the evolution of research on the risks of flooding in the city of Tamanrasset. The diagnosis of the vulnerability allowed us to note that the three following indicators: the source of the risk, the urban morphology and the topographic survey, have a direct relationship with the flood hazard and the urban environment. For this we have developed the development of digital data in the service of real cartography in order to bring out a map of global vulnerability thus allowing us to highlight the neighborhoods at risk of immersion. The key to an adequate response is anticipation through prevention.

**Keywords:** Sersouf neighborhoods, Flooding, Wadi of Tamanrasset, GIS, Vulnerability

## **ملخص :**

مشكلة مخاطر الفيضانات هي موضوع الساعة ، لا سيما في ضوء آخر عشرة فيضانات سنوية كبرى تعرضت لها مدينة تمنراست. لهذا السبب ، اخترنا معالجة موضوع تشخيص هشاشة المباني القائمة على مستوى الحي. في الواقع ، أصبحت إدارة هذا الخطر ضرورية أكثر فأكثر ويجب أن تشمل جميع الجهات الفاعلة وجميع الوسائل المتاحة الممكنة. الهدف من هذا العمل هو التعرف على الأساليب المختلفة التي يمكن تنفيذها للقيام بإجراءات الحد من هشاشة المنازل في أحياء سرسوف المهدة بتأثير الفائض لوادي تمنراست. تستند هذه الدراسة إلى مفاهيم نظرية يمكن تطبيقها والتحقق منها في هذا المجال. تمت معالجة العديد من عمليات التعداد وجمع البيانات والرحلات الميدانية مع تدوين الاستطلاعات المختلفة من أجل تسليط الضوء على المعلومات التي سمحت لنا بتطوير الدراسة الرقمية. قدم نظام المعلومات الجغرافية (GIS) مساهمة خاصة في تطور البحث حول مخاطر الفيضانات في مدينة تمنراست. سمح لنا تشخيص الضعف أن نلاحظ أن المؤشرات الثلاثة التالية: مصدر الخطر ، والتشكل الحضري والمسح الطبوغرافي ، لها علاقة مباشرة بخطر الفيضانات والبيئة الحضرية. لهذا قمنا بتطوير تطوير البيانات الرقمية في خدمة رسم الخرائط الحقيقي من أجل إبراز خريطة الضعف العالمي مما يسمح لنا بتسليط الضوء على الأحياء المعرضة لخطر الانغماس. مفتاح الاستجابة المناسبة هو التوقع من خلال الوقاية.

**الكلمات المفتاحية:** أحياء سرسوف ، الفيضانات ، واد تمنراست ، نظم المعلومات الجغرافية ، الهشاشة

# *Introduction générale*

# Introduction Générale

---

L'objectif de ce projet de fin de cycle est en premier l'élucidation des terminologies fondamentales, diagnostiquer les vulnérabilités des bâtiments existants face aux inondations dans la région centre de la ville de Tamanrasset qui est devenu un enjeu de plus en plus pressant. Elle consiste à étudier ce phénomène potentiel et à le traiter de manière appropriée.

Afin de mettre en évidence notre problématique, nous avons fait une étude des concepts théoriques susceptibles d'être appliqués et vérifiés dans la zone du quartier de Sersouf. Il a été traité plusieurs opérations de recensement, collecte de données et sortie sur terrain avec prise de note de différents sondages afin de mettre en évidence les paramètres qui nous permettront par la suite de développer l'étude numérique.

Les inondations résultent du débordement des berges des oueds dû à la montée des eaux ; ne pouvant être évitées, il est possible d'y mettre fin en maîtrisant les risques qu'elles impliquent. La meilleure façon de bien réagir est d'anticiper et de prévenir. En effet, la gestion de ce risque devient de plus en plus une nécessité, impliquant toutes les parties prenantes et utilisant tous les moyens disponibles.

Le diagnostic de la vulnérabilité de bâti existant face aux inondations, va nous permettre de constater que les trois indicateurs suivants : la source du risque, la morphologie urbaine et le lever topographique, ont une relation directe avec l'aléa inondation et le milieu urbain. Pour cela nous avons mis au point l'élaboration des données numériques au service de la cartographie réelle afin de faire ressortir une carte de vulnérabilité nous permettant de mettre en évidence les quartiers à risque.

Dans cette partie de l'étude, nous avons cherché à définir l'étendue de la zone inondable par des crues de différentes périodes de retour en utilisant les résultats obtenus dans l'étude hydrologique. Par ailleurs, nous nous intéressons aux conditions d'écoulement de plusieurs parties qui jouent un rôle important dans le débordement de l'Oued de Tamanrasset ainsi que celui de Sersouf (zone de confluence, zone d'expansion des crues).

Les conditions hydrauliques utilisées reposent sur le calcul numérique aux conditions limites selon l'étude bibliographique établis. La simulation sera faite en régime permanent. Cela va nous permettre de montrer comment se fait la simulation par l'introduction des débits en termes de fréquences dans le logiciel HEC-Ras.

*Chapitre I*  
*Généralités*

## I.1 Introduction

L'objectif de ce chapitre est l'élucidation des terminologies fondamentales concernant le projet de fin d'étude. Diagnostiquer les vulnérabilités des bâtiments existants face aux inondations est devenu un enjeu de plus en plus pressant. Le défi consiste à étudier et à traiter adéquatement ces risques potentiels.

## I.2 Risques Majeurs – Inondations

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

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

- **Risques technologiques** : d'origine anthropique, ils regroupent les risques industriels, nucléaire, biologique, rupture de barrage...etc

- **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.** (guerres et instabilité politique) [1]

Le risque majeur peut être défini comme la menace sur l'homme et son environnement direct, sur ses installations, la menace dont la gravité est telle que la société se trouve absolument dépassée par l'immensité du désastre .Alors seules les trois premières catégories font partie de ce risque majeur qui est caractérisé par :

- Une faible fréquence : L'homme et la société peuvent être d'autant plus enclins à l'ignorer que les catastrophes sont peu fréquentes.
- Une énorme gravité : Nombreuses victimes, dommages importants aux biens et à l'environnement. Dans le domaine de la gestion des risques, les probabilités d'occurrence des phénomènes naturels sont appelés des aléas ; 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. Ces paramètres sont fournis, avec une

précision plus ou moins grande, pour l'ensemble de la zone inondable par une crue de fréquence donnée. [2]

Pour faire une meilleure connaissance du risque inondation, on expliquera :

- ✓ L'aléa « inondation » ;
- ✓ Les enjeux exposés ;
- ✓ La vulnérabilité des enjeux exposés ;

### 1.3 Le Risque Inondation

Comme définition générale le risque est la possibilité de survenance d'un dommage résultant d'une exposition à un danger, c'est la composante de la probabilité d'occurrence d'un événement redouté (incident ou accident) et la gravité de ses conséquences [2].

Dans notre cas " le risque d'inondation " est la conséquence de deux composantes que sont : " la vulnérabilité " et " l'aléa ".

Il y a risque lorsque nous sommes sur une parcelle avec une occupation du sol incompatible avec l'aléa .Le risque étant déterminé par le croisement entre l'aléa et la vulnérabilité, il faut être capable de les comparer .Ceci est possible avec les modèles hydrologique en débit, durée et fréquence qui permettent de traduire dans la même unité les deux facteurs.

Si la vulnérabilité est plus faible que l'aléa, nous considérons la parcelle comme ne présentant pas de risque .Elle est correctement protégée, voire surprotégée .Dans le cas contraire, nous aurons une parcelle à risque qu'il faudra protéger ou évacuer [3]

### 1.4 L'aléa

Un aléa est un composant essentiel du risque, il est défini comme la probabilité d'occurrence d'un phénomène naturel [3]. Il se caractérise par plusieurs paramètres hydrauliques qui expliquent la capacité plus ou moins destructrice de l'inondation est sont :

- Le type ou la nature d'évènement ;
- L'intensité ;
- Probabilité d'occurrence ou la fréquence ;
- La localisation et l'étendue spatiale.

Il existe deux types de l'aléa :

## **1.4.1. Aléa naturel :**

Le PUND (Programme des Nations Unies pour le Développement) caractérise les aléas naturels comme ; « ... des phénomènes qui se produisent dans la biosphère susceptible de faire de différents dégâts, et qui peuvent être évités, si les activités humaines comme l'urbanisation arbitraire et la dégradation de l'environnement sont évités. »

## **1.4.2. Aléa anthropique:**

Est un phénomène d'origine naturelle transformé, c'est-à-dire le déclenchement est nature, mais dans l'évolution (en terme d'intensité, de vitesse, d'orientation spatial, ...etc.) est lié à l'action humaine et, en particulier, aux modalités d'occupation des espaces concernés. [4]

## **I.5 La Vulnérabilité**

Le fait qu'une rivière cause des dégâts résulte de la sensibilité du lieu où se produit le phénomène ; c'est la composante vulnérabilité. La présence de l'homme , qui s'installe dans l'espace alluvial , pour y implanter toute sortes de constructions ,d'équipements ou d'activités , cette occupation humaine joue un double rôle :d'une part elle constitue le risque en exposant des personnes et des biens aux inondations , d'autre part , elle aggrave l'aléa et le risque ,en amont comme en aval , en modifiant les conditions d'écoulement de l'eau . [3]

Il existe trois types de vulnérabilité qui sont : La vulnérabilité physique, environnementale et sociale [4].

### **- La vulnérabilité physique :**

- ✓ Bâtiment à usage d'habitation
- ✓ Equipements
- ✓ Infrastructures de communications
- ✓ Infrastructure de transport

### **- La vulnérabilité environnementale :**

- ✓ Dégradation des ressources naturelles
- ✓ La perte de résistances des systèmes écologiques et la diminution de la biodiversité
- ✓ Modification des paysages

- ✓ L'exposition aux polluants toxiques et dangereux
- ✓ Service de base VRD

### **La vulnérabilité sociale :**

#### **a. Facteurs sociaux influençant la vulnérabilité**

- ✓ croissance démographique
- ✓ La densité de la population
- ✓ Age de la population

#### **b. Groupes sociaux vulnérables :**

- ✓ Enfants
- ✓ Personne âgées
- ✓ Groupes intellectuellement, psychologiquement handicapés

### **I.5.1 Evaluation de la vulnérabilité**

Les analyses de vulnérabilité ont plus spécifiquement porté, jusqu'à présent, sur les aspects physiques et sur le bâti. L'endommagement se traduit ici par les dégâts matériels, plus ou moins importants selon l'intensité du phénomène, de la chute de quelques objets à l'effondrement total du bâtiment. Les spécialistes de vulnérabilité du bâti cherchent, dans leurs analyses, à définir la courbe représentant le degré d'endommagement d'un bâtiment selon l'intensité du phénomène considéré (fonction d'endommagement) [5]

Toutefois, nous avons montré dans la définition du système urbain que le milieu physique n'était qu'une composante du système. Aussi, la vulnérabilité de la ville ne peut être réduite à la seule estimation de la vulnérabilité physique. Les composantes humaines, économiques, fonctionnelles, identitaires, politiques,...etc., doivent également être envisagées en termes de vulnérabilité. Pour ce faire, nous proposons de préciser à quoi correspond " l'endommagement " (ou plus concrètement l'impact) pour chacune de ces composants [6]

Nous pouvons d'ores et déjà définir ce terme de manière générique comme les dégâts matériels, les traumatismes humains, ou les perturbations socio-économiques et les dysfonctionnements plus ou moins durables, consécutifs à un événement localisé et analyser les effets dommageables de l'aléa sur les enjeux. Différentes démarches méthodologiques permettent d'analyser et d'évaluer la vulnérabilité :

#### **a-Démarches quantitatives:**

Elle se fonde essentiellement sur l'élément vulnérable, il s'agit de mesurer les conséquences dommageables a priori d'un phénomène sur les enjeux. La vulnérabilité est ici conçue soit comme le pourcentage de ce qui peut être perdu en cas de sinistre, soit comme le coût économique des dommages probables. Généralement, ces méthodes couplent des modèles hydrauliques avec des relevés de l'occupation du sol, des hypothèses de valeur des biens et des courbes d'endommagement [7].

### **b-Démarches qualitatives :**

Dans une approche qualitative, la vulnérabilité apparaît comme la tendance d'une société donnée à subir des dommages en cas de manifestation d'un phénomène naturel comme l'inondation. Cette propension varie selon le poids de certains facteurs qu'il est nécessaire d'identifier et d'analyser car ils induisent un certain type de réponse de la société. [7]

### **1.5.2 La vulnérabilité des bâtiments**

La vulnérabilité d'un bâtiment au risque d'inondation se mesure à l'importance des conséquences des agressions que vont subir le bâtiment et ce qu'il contient, lorsqu'il est partiellement ou totalement immergé. La vulnérabilité doit apprécier à l'étude de trois critères principaux :

- L'atteinte à la sécurité des personnes : l'agression que le bâtiment est susceptible de subir en cas d'inondation peut-elle entraîner la mise en péril de vies humaines ?
- La perturbation ou l'arrêt de l'utilisation du bâtiment : quel est le délai de retour à un fonctionnement normal du bâtiment suite à l'épisode d'inondation ?
- Les effets domino : l'inondation du bâtiment peut-elle entraîner des perturbations sur l'environnement immédiat de celui-ci (pollution de bâtiments voisins, etc.) ?

### **1.5.3 Comment appréhender la vulnérabilité du bâtiment**

Définir la vulnérabilité du bâtiment face au risque d'inondation repose sur les réponses aux questions suivantes :

- En quoi les dommages sur le bâtiment résultant de l'inondation ?
- Contribuent-ils à rendre difficile le retour à la normale du fonctionnement du bâtiment ?
- Peuvent-ils générer des effets domino sur son environnement immédiat (pollution, sur endommagement) ?

### 1.5.4 La vulnérabilité liée à la sécurité des personnes

La vulnérabilité liée à la sécurité des personnes est la dimension la plus importante. On entend par sécurité des personnes la protection des personnes contre toutes les atteintes physiques. Il s'agit non seulement des personnes qui vivent ou sont présentes dans le bâtiment au moment de l'inondation mais aussi du personnel des services de secours, du personnel des entreprises chargées des travaux de remise en état, des bénévoles qui seraient amenés à intervenir lors de l'inondation ou après l'inondation.[8]

Les caractéristiques du bâti qui rendent les personnes vulnérables doivent être analysées lors du diagnostic. Il faut veiller en particulier à examiner :

- A possibilité pour les services de secours d'atteindre facilement cette zone hors d'eau pour évacuer les personnes qui s'y sont réfugiées.
- Les risques liés aux équipements techniques : les personnes pourraient être en effet exposées:
  - A l'électrocution du fait des installations électriques ou des matériels électriques encore sous tension si le tableau électrique qui les alimente a été atteint et le disjoncteur différentiel endommagé.
  - A l'explosion due à des fuites de gaz par suite de rupture de canalisations.
  - A l'intoxication par des produits polluants (stockage de matières dangereuses) ou par la présence de moisissures dans certaines parties du bâtiment où l'eau a stagné.
  - A la présence de cadavres d'animaux ou de matières organiques pouvant entraîner des risques sanitaires.
- Les risques liés aux modifications de l'environnement :
  - L'effondrement de la voirie par suite d'affouillement ou de formation de fontis.
  - L'effondrement de murs et la chute de matériaux.
  - Des sols rendus glissants par des dépôts de fines, provoquant des chutes.
  - La présence de bassins, d'excavations, de regards, de bouches d'égout, de zones basses ou de trous dus à l'affouillement pour lesquels les limites et la profondeur sont dissimulées par la présence d'eau résiduelle (risques de chute, blessure voire de noyade).

[9]

Les tableaux I.1 suivant propose une classification du degré de vulnérabilité lié à la Sécurité des personnes. [8]

## Chapitre I : Généralités

Tableau I 1. Classification du degré de vulnérabilité lié à la sécurité des personnes [8].

Niveau	Degré de vulnérabilité	Conséquence du dommage sur la sécurité des personnes
0	Nul	Pas des dommages Aucun risque pour la sécurité des personnes
1	faible	A l'origine d'un accident léger (contusion, choc, petite entorse)
2	moyen	Source d'accidents plus conséquents (fractures légères)
3	fort	Source d'accidents grave ou de mort (tableaux de répartition et de protection électrique inopérants, absence de zone hors d'eau en cas de montée brusque des eaux, etc.)

### 1.5.5 La vulnérabilité liée au retour à la normale

Elle se mesure par le délai qui s'écoule entre l'évènement "inondation" et le moment où l'activité dans le bâtiment (qu'elle soit d'ordre publique ou privée) peut reprendre de façon satisfaisante. [8]

Ce délai est composé du temps de nettoyage et de séchage des locaux, du mobilier et des matériels qui peuvent être conservés et de la durée des travaux de remise en état des locaux si cela s'avère nécessaire. [8]

Le retour à la normale dépendra donc à la fois de l'importance de l'endommagement des biens immobiliers, des structures et des éléments d'équipement de la construction, du délai de leur remise en état, mais également du délai de rétablissement du fonctionnement des services publics (eau, électricité, téléphone, gaz, évacuation des eaux usées).[8] Le tableau I 3 suivant propose une classification des degrés de vulnérabilité susceptibles d'être atteints du point de vue des délais de retour à la normale du fait de l'endommagement du bâtiment [8]

Tableau I 2. Classification des degrés de vulnérabilité susceptibles [8]

Niveau	Degré de vulnérabilité	Conséquence du dommage sur le retour à la normal
0	Nul	Pas de contrainte pour le retour à la normale.
1	Faible	Réparations nécessaires rendant le bâtiment indisponible pendant une durée de quelques jours.
2	Moyen	Réparations nécessaires rendant le bâtiment indisponible pendant une durée de plusieurs semaines.
3	Fort	Réparations nécessaires rendant le bâtiment indisponible pendant une durée de plusieurs mois (remplacement des closions, réfection des installations électriques,...etc.).

Les délais présentés ci-dessus sont des délais techniques résultant exclusivement des travaux de remise en état sans tenir compte des délais de passation de marchés et de déblocage des financements, de la disponibilité des entreprises de travaux, etc.

Ces délais sont susceptibles d'être fortement allongés, mais dans des proportions mal connues, dans le cas d'inondations généralisées sur de vastes territoires impactant en même temps des dizaines de milliers de bâtiment.

### **I.5.6 La vulnérabilité liée aux effets domino**

Cette vulnérabilité est liée aux impacts des dommages du bâtiment sur son environnement immédiat. L'inondation d'un site peut en effet créer une succession d'endommagements et de désagréments sur des bâtiments situés à proximité. Ces effets domino ont des impacts importants pour le propriétaire ou gestionnaire du bâtiment. Sa responsabilité juridique peut être engagée [8].

### **I.5.7 La réduction de la vulnérabilité au risque inondation**

Réduire la vulnérabilité d'un bâtiment, c'est faire en sorte que les risques d'atteintes aux personnes, les délais de retour à la normale du fonctionnement du bâtiment et les effets domino soient les plus faibles possibles [8].

Il existe deux stratégies principales pour réduire la vulnérabilité d'un bâtiment existant : **“Résister”** : c'est-à-dire empêcher la pénétration de l'eau dans le bâtiment.

“**Céder**” : c’est-à-dire laisser l’eau entrer dans le bâtiment et prendre toutes les dispositions nécessaires à la limitation de l’endommagement et à la réduction du délai de retour à la normale.

**Quelle que soit la stratégie retenue, il faut également prévoir de “mettre en sécurité” le bâtiment au moment de la crise [8].**

- Choisir une stratégie de « résistance » :
- Opter pour la stratégie “résister” consiste à occulter et imperméabiliser l’ensemble des voies par lesquelles l’eau est susceptible d’entrer, c’est-à-dire : [8]

- **Le sous-sol** : un sol gorgé d’eau suite à une remontée de nappes peut, faire remonter l’eau dans le sous-sol d’un bâtiment par capillarités.

- **Les ouvertures** : existantes aussi petites soient-elles (entrées d’air, fourreaux de réseaux, fissures, joints défectueux, vides ou fissures autour des menuiseries, etc.).

- **Le réseau d’évacuation des eaux usées** : dès que les installations de traitement sont inondées, la pression de l’eau peut refouler les eaux usées vers les bâtiments et les faire ressortir par les évacuations des équipements sanitaires.

- **Les murs** : plus la crue est longue, plus l’eau sera susceptible d’imbiber les murs et donc de remonter par capillarités et d’inonder l’intérieur du bâtiment. L’ensemble des mesures visant à “résister” à la pénétration de l’eau de l’eau dans le bâtiment est résumé dans la figure ci-dessous. Ces mesures sont classées par corps de bâtiment : [10]

- En rouge : les mesures concernent le gros œuvre.
- En marron clair : les mesures concernent le second œuvre.
- En bleu : les mesures concernent les fluides et les équipements.
- En vert : les mesures concernent l’environnement du bâtiment.

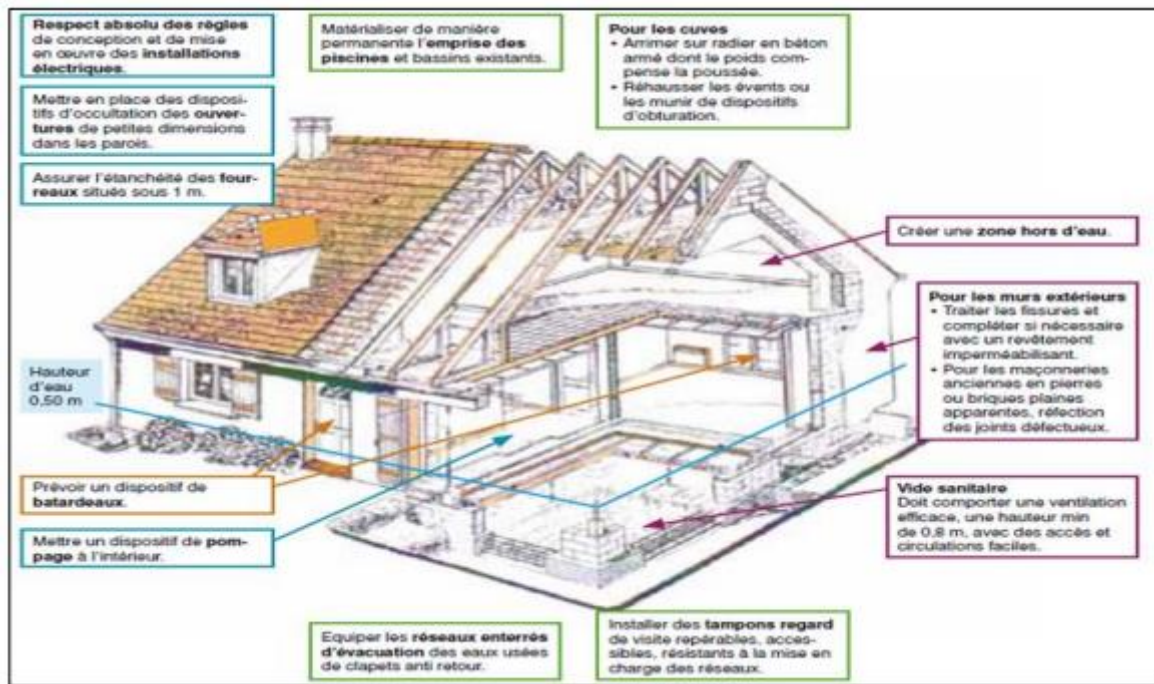


Figure I.1 : Choisir pour la stratégie “résister” [10]

## I.5.8 La vulnérabilité dans les bâtis en briques de terre (Toub)

Beaucoup de bâtisses en terre crue (adobe) et particulièrement celles construites avec des matériaux sans aucun traitement associé sont vouées à des sérieux problèmes de stabilité, d'usure progressive et voire d'émiettement en présence d'un taux humidité important, surtout dans les pays à forte pluviométrie. [11]

Les mêmes phénomènes sont aussi observés dans certaines bâtisses de briques de terre stabilisée surtout lorsqu'il n'a pas été envisagé un traitement surfacique sur ces briques.

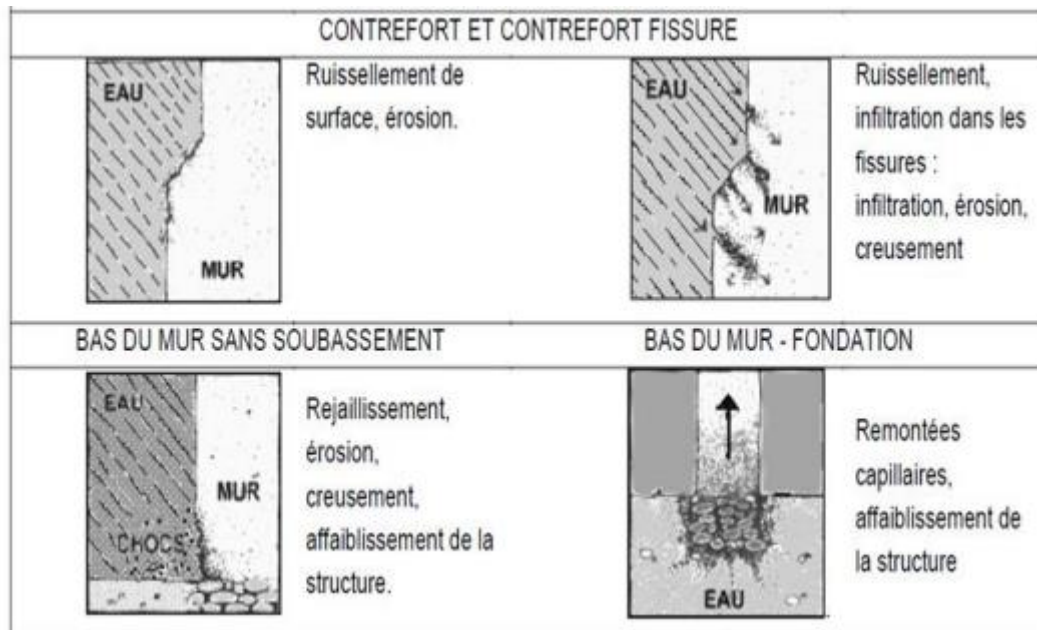
## I.5.9 Les effets de l'eau dans les constructions en brique de terre

Pour que l'eau affecte les constructions en terre, il faut réunir trois conditions : [12]

- Présence de l'eau à la surface du bâtiment.
- Présence d'ouvertures dans cette surface qui permettraient à l'eau de s'infiltrer.
- Présence d'une force qui fait pénétrer l'eau dans les ouvertures. La précaution à prendre est d'éliminer la conjonction de ces trois facteurs. Pour cela, plusieurs solutions sont possibles.

## Chapitre I : Généralités

La Figure 1-2, montre les mécanismes et les effets de l'eau dans le bâtiment. Plus le matériau est poreux, plus les précautions doivent être drastiques [13]



**Figure I.2.** Les mécanismes et les effets de l'eau dans le bâtiment.[13]

### I.5.10 Les désordres du mur en brique de terre (Toub)

Le désordre du mur en briques de terre (Toub) présenté dans la figure I.3 sont:

- Déchaussement des briques de terre crue.
- Déversement des murs vers l'intérieur ou l'extérieur qui désigne l'éloignement du mur par rapport à l'aplomb sous l'effet d'une poussée latérale ou d'un glissement de terrain.
- Désolidarisation des murs d'eau mauvais chaînage.
- Les fissures de poinçonnement dues à une mauvaise répartition de la charge (poids de la couverture ou du plancher).



**Figure I.3.** Les désordres du mur en brique de terre (Toub) à Tamanrasset

### 1.6 Les Inondations

#### 1.6.1 Etymologie

Le mot inondation vient du latin : «inondation» qui signifie submersion.

#### 1.6.2 Définition 1

Une inondation est un débordement d'un cours d'eau, le plus souvent en crue, qui submerge les terrains voisins. C'est-à-dire une augmentation du débit du cours d'eau lorsque ce débit ne peut plus transiter dans le lit mineur, lieu ordinaire des écoulements (débit d'étiage). Ce terme est souvent étendu aux débordements d'ouvrages artificiels tels que retenues ou réseaux d'assainissement, parfois associés à une remontée de la nappe phréatique.

#### 1.6.3 Définition 2

L'inondation est une submersion, rapide ou lente, d'une zone habituellement hors d'eau. Le risque d'inondation est la conséquence de deux composantes : l'eau qui peut sortir de son lit habituel d'écoulement et l'homme qui s'installe dans l'espace alluvial pour y implanter toutes sortes de constructions, d'équipements et d'activités.

#### 1.6.4 Définition 3

Une inondation est une submersion temporaire, naturelle ou artificielle, d'un espace avec de l'eau liquide. Ce terme est fréquemment utilisé pour décrire : le débordement d'un cours d'eau, en crue puis en décrue, sur les terrains voisins ; l'eau est répandue dans les talwegs et les dépressions topographiques.

- le ruissellement très important, soit sur des terres cultivées (inondation boueuse), soit en zone imperméable urbanisée ;
- le débordement ou les conséquences de la rupture d'ouvrages artificiels hydrauliques tels que retenues d'eau, digues, canalisations (agricoles, d'eau potable, d'assainissement) ou la rupture d'une retenue naturelle comme celle d'un lac glaciaire, provoquant une inondation soudaine ;
- la remontée émergente d'une nappe phréatique ;
- l'envahissement temporaire par la mer d'une zone côtière lors d'une submersion marine. [3]

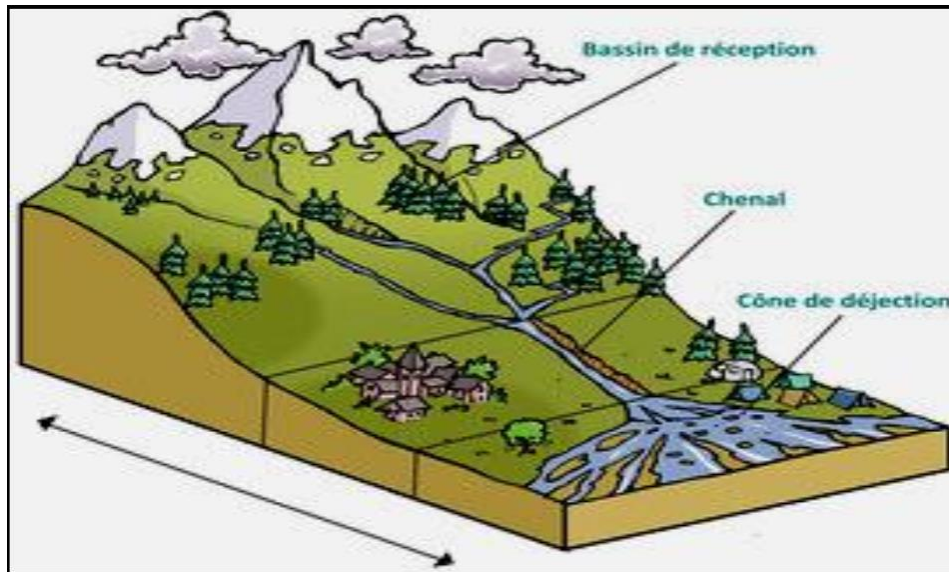
### **I.7 Les différents types d'inondation**

Sous les termes de crues et d'inondations se cache un phénomène multiforme. Le terme inondation est d'acceptation plutôt topographique ou géomorphologique. Il désigne le débordement d'un cours d'eau de son lit mineur, mais aussi le remplissage d'une cuvette topographique par les eaux de ruissellement local. [14]

Selon les caractéristiques des crues, leurs étendues, et leurs durées, les inondations sont de trois types :

#### **I.7.1 Inondation due à des crues de type torrentiel ou éclairé**

Dès que la pente de la rivière devient plus raide, en montagne ou immédiatement en aval d'un terrain balisé, la rivière coule beaucoup plus vite en crue et peut charrier beaucoup de matériaux. Ces inondations sont souvent des séquelles de tempêtes et sont particulièrement dangereuses affectant de petits bassins versants de plusieurs dizaines de kilomètres carrés, avec des délais de prévisions ou vent trop courts pour laisser peu de place Il est temps de réagir. Ce type d'inondation est particulièrement dangereux car La soudaineté et la rapidité avec lesquelles elles se sont produites, extrêmement Conditions rapides et furieuses possibles en moins d'une heure après la pluie et les ruisseaux Passez de quelques mètres cubes par seconde à des milliers de mètres cubes par seconde en aussi peu que 2 ou 3 heures. [14]



**Figure I.4:** Crues torrentielles.

### **I.7.2 Inondation de plaine ou fluviales**

Elles se caractérisent par des montées relativement lentes des eaux et peuvent être prévues plusieurs heures, voire plusieurs jours à l'avance. En dépit de leur évolution lente, les crues de plaine peuvent être accompagnées localement de phénomènes très dangereux, notamment lors d'une débâcle, c'est à dire lors de la rupture d'un obstacle d'un cours d'eau, après que l'écoulement des flots ait été bloqué par des embâcles (amoncellement de débris) sous les ponts.[14]

### **I.7.3 Inondation par ruissellements en secteur urbain**

En secteur urbain, des orages intenses peuvent occasionner un très fort ruissellement en dehors des lits des cours d'eau proprement dit, lorsque l'imperméabilité des sols et la conception de l'urbanisation et des réseaux d'assainissement font obstacle à l'écoulement normal des pluies intenses.

### **I.7.4 Inondations par remontée de nappe**

Le risque d'inondation dû à une crue peut être accru par un risque de remontée des eaux des nappes phréatiques. Dans certains endroits et sous certaines conditions une élévation exceptionnelle du niveau de ce type de nappe entraîne un type particulier d'inondation dit d'inondation par remontée de nappe. On admet que ce phénomène est fréquemment observé dans la zone de convergence des écoulements en raison de la présence d'un substratum imperméable. L'excès d'eau ne peut que s'émerger en surface; d'où l'apparition de zones

hydro-morphes (étangs, mares temporaires et marécages) dans certaines zones de dépression [14]



**Figure I.5 :** Inondation par remontées des nappes phréatiques.

### **I.7.5 La submersion de zones littorales**

De fortes marées submergent les zones littorales. Outre l'action propre de la mer, ce phénomène peut provoquer le débordement des cours d'eau qui débouchent à la mer.

### **I.8 Les Causes Des Inondations**

Elles peuvent avoir de nombreuses causes qui peuvent être cumulables :

- ✓ **Causes naturelles** : liées aux aléas climatiques et phénomènes météorologiques attendus.

- ✓ **Causes humaines directes** : établissements d'écluses de barrages permettant certes la navigation et le transport fluvial, mais diminuant la pente naturelle du cours d'eau, absence de gestion et de coordination des barrages à l'approche des crues.

- ✓ **Causes humaines indirectes** : liée aux modifications climatiques globales (émissions de gaz à effet de serre qui entraîne la fonte des glaciers et qui provoque une montée du niveau des océans, des cours d'eau ou encore cela pourrait entraîner des cyclones plus intenses. [3]

#### **I.8.1 Mécanismes d'inondations**

- **Les facteurs physiques qui influencent les inondations sont :**

- Le régime des pluies.

- Le relief.
  - La taille du bassin versant.
  - L'état des sols.
- **Les facteurs aggravants le risque d'inondation sont :**
- L'usage et l'occupation des sols.
  - Aménagements du territoire.
  - Le manque d'entretien des cours d'eau. [3]

### **I.9 Gestion Du Risque D'inondation**

Les inondations du début des années 80 auront eu le mérite de susciter une prise de conscience préalable à l'élaboration d'une politique de prévention des risques naturels dans plusieurs pays, les actions qui s'y réfèrent peuvent être résumées comme suit:

#### **I.9.1 La réglementation**

La réglementation est ancienne, variée, souvent incomplète et parfois mal adoptée, elle devrait systématiquement prendre en compte les actions anthropiques aboutissant à une modification substantielle du relief (travaux d'aplanissement, extraction de gravier et carrière etc...) à l'édification de toute construction en zone inondable. Très souvent la réglementation n'est pas respectée ce qui a amené à des situations très dangereuses. [15]

#### **I.9.2 La prévision**

La prévision des crues est la modélisation des quantités de précipitations, les apports solides ou liquides, reçues dans un bassin hydrographique et de leur effet sur l'écoulement dans les cours d'eau. Les services météorologiques nationaux utilisent des modèles de prévision numérique du temps pour estimer la quantité de pluie ou de neige qui devraient tomber. Mais souvent, ce sont des collectivités territoriales locales qui notent les quantités reçues, le débit des rivières et utilisent les programmes de modélisation des crues pour prévoir les débordements et limiter les dégâts d'inondation aux riverains.

#### **I.9.3 L'aménagement du bassin versant**

Du point de vue de la prévention des crues, l'aménagement du bassin versant apparaît comme fondamental tant au niveau des versants que du lit proprement dit.

##### **I.9.3.1 Au niveau des versants**

Le reboisement apparaît comme la première solution envisageable pour la protection des versants, car la forêt intercepte la pluie et retarde la fonte des neiges sous son couvert,

accroît l'évapotranspiration (en particulier en été ou la transpiration des arbres contribue à l'assèchement des sols et l'abaissement du niveau des nappes phréatiques, au bénéfice de la rétention).

### I.9.3.2 Au niveau de lit

En hydrologie, le lit est l'espace occupé par un cours d'eau, de façon permanente ou temporairement. Il regroupe deux entités distinctes.

#### ✓ Le lit mineur

Le lit mineur est constitué par le lit ordinaire du cours d'eau, pour le débit d'étiage ou pour les crues fréquentes (crues annuelles). [15]



**Figure I.6:** lit mineur.

#### ✓ Le lit majeur :

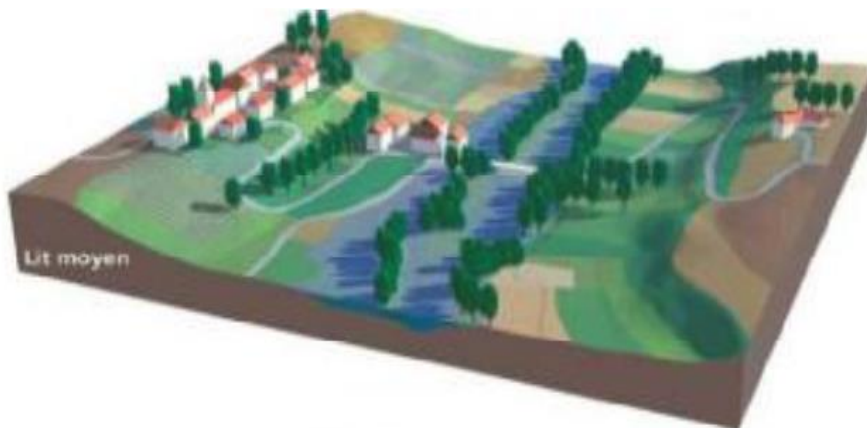
Appelé aussi « plaine d'inondation » ou « lit d'inondation », est la partie adjacente au lit mineur, inondée seulement en cas de crue. La bordure extérieure du lit majeur correspond au niveau de la plus grande crue historique enregistrée.



**Figure I.7 :** lit majeur.

### ✓ Le lit moyen

Sous certains climats, et pour certains cours d'eau on peut identifier un lit moyen. Pour les crues de période de retour de 1 à 10 ans, l'inondation submerge les terres bordant la rivière et s'étend dans le lit moyen. Il correspond à l'espace fluvial ordinairement occupé par la ripisylve, sur lequel s'écoulent les crues moyennes. [15]



**Figure I.8 :** lit moyen

## I.10 Les Crues

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. L'importance de l'inondation dépend des trois paramètres de la crue: la hauteur d'eau, la vitesse du courant et la durée de la crue. Ces paramètres sont conditionnés par les précipitations, l'état du bassin versant (aire géographique d'alimentation en eau d'une rivière) et les caractéristiques du cours d'eau aggravées par la présence d'activités humaines. [15]

### **I.11 Définition du concept du risque**

La notion de risque est communément définie comme la combinaison de deux composantes qui sont l'aléa et la vulnérabilité. En effet, d'après: « il n'y a pas de risque sans aléa naturel, il n'y a pas sans élément vulnérable exposé ». A crue représente le phénomène naturel au moyen de sa fréquence et de ses descripteurs physiques. La vulnérabilité exprime le niveau d'effet prévisible d'un phénomène naturel sur les enjeux. Les enjeux, quant à eux, représentent les personnes, biens, activités, moyens, patrimoines, ...etc ; susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel. [16]

#### **I.11.1 Les plans d'exposition aux risques des inondations (PERI)**

L'un des meilleurs moyens de prévention contre les risques d'inondation est d'éviter d'urbaniser les zones exposées à ce risque. C'est grâce à la loi Algérienne n° 04-20 du 25 décembre 2004 relative à l'indemnisation des victimes des catastrophes naturelles, que les pays ont mis en œuvre une politique active de prévention des risques naturels probables actuellement, le plan ORSEC est parmi les anciens documents définissant les zones inconstructibles et des zones constructibles sous réserves de respecter certaines prescriptions. Le champ d'action de ce plan ORSEC porte nom seulement sur l'urbanisation future, mais aussi sur les constructions existants (effet rétroactif) c'est un élément innovant par rapport aux autres outils. Sur les plans technique et réglementaires, l'année 2003 du séisme de Boumerdes représente donc, une date charnière à partir de laquelle la cartographie des risques, ainsi que les réglementations de contrôle de l'occupation du sol et des constructions deviennent des outils privilégiés de la politique de prévention des inondations en Algérie

#### **I.11.2 L'organisation face au risque d'inondation**

Celle-ci un phénomène spatial, qui peut s'étendre sur de vastes territoires géographiques, résultant de l'alternance des hautes et basses eaux d'une rivière. De fait, la gestion de ce risque s'organise également de façon cyclique, autour de trois temps principaux : avant, pendant et après. Avant l'inondation, les processus naturels sont abordés de façon rationnelle, dépassionnée et déconnectée des questions d'évaluation financière. Les outils de modélisation, mis au point pendant cette phase, permettent de tester les capacités de réaction des services d'inondation, quand le temps ne constitue pas une contrainte majeure, dont les moyens d'action peuvent et doivent être évalués pour améliorer l'efficacité des décisions. Le temps le plus marquant, à différents chefs, est évidemment l'inondation en elle-même autrement dit la catastrophe, où champs ne instants et chaque décision comptent car des personnes sont en jeu.

Une des préoccupations majeures est alors de connaître l'ampleur de l'évènement pour permettre le dimensionnement et le déploiement des moyens d'action.

Après l'inondation, le problème principal est de tirer des enseignements et des conclusions, de mesurer l'impact essentiellement en termes financiers et sociaux. Les moyens mis en œuvre et leurs interventions sont évalués pour améliorer les actions futures. [17]

### **I.12 Causes et types des crues catastrophiques en Algérie**

Les précipitations caractérisées, en Algérie, par une très forte irrégularité tant interannuelle que saisonnière entraînent des étiages extrêmement sévères des cours d'eau et inversement des fortes crues et des inondations engendrant des dégâts humains et matériels considérables. La genèse des fortes crues et leurs impacts sur l'environnement et les activités différentes d'une région à un autre en fonction des conditions géographiques, climatiques et d'occupation des sols qui les caractérisent.

La cause fondamentale de la plupart des inondations est la chute de pluie importante, mais les inondations des terres basses ou les destructions causées par les crues ne sont pas cependant toutes dues à des phénomènes hydrométéorologiques. D'autres facteurs agissent, soit pour aggraver les effets d'autre crue, soit pour créer eux même des phénomènes hydrauliques dans les surfaces de l'eau, tels que la présence des détritiques et des troncs d'arbres qui réduisent la capacité du lit de l'oued.[4]

### **I.13 Origines et causes des inondations en Algérie**

D'une manière générale, les causes des inondations survenues en Algérie peuvent être en trois types :

#### **I.13.1 Les inondations liées à des situations météorologiques remarquables**

Se traduisant par une forte pluviosité (pluies importantes, orages violents) tels que :

- ✓ Les inondations de Décembre 1957 des bassins du MAZAFRAN et du SEBAOU,
    - ✓ Les inondations de L'automne 1969 en Algérie et en Tunisie
    - ✓ Les inondations catastrophiques de Mars 1973 sur l'est Algérien
    - ✓ Les inondations de Mars 1974 des bassins versants de l'algérois et du SEBAOU }
- Les inondations de décembre 1984 sur tout l'est algérien.

### **I.13.2 Les inondations provoquées par des facteurs liés à l'effet de l'homme**

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

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

### **I.13.3 environnement topographique défavorable**

Comme le cas :

- ✓ Des villes traversées par des oueds (BORDJ BOU ARRERIDJ, OUED R'HIOU, BECHAR, BAYADH et SIDI BEL ABBES,)
- ✓ Des villes situées au pied d'une montagne (AIN DEFLA, BATNA, MEDEA)  
Ces agglomérations à forte concentration des populations et sous l'effet d'une urbanisation « anarchique » et non réglementées présentent des grands risques, des pertes humaines et des destructions de constructions sont enregistrées à chaque inondation aussi légère qu'elle soit.

## **I.14 Les inondations les plus catastrophiques survenues en Algérie**

### **I.14.1 Inondations causées par des pluies orageuses localisées**

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

### **I.14.2 Inondations des grands bassins versants (pluies généralisées)**

- ✓ Les crues de Mars 1973 à l'est du pays.
- ✓ Inondations de Mars 1974 dans le centre du pays.
- ✓ Inondations de Décembre 1984 à l'est du pays.

### **I.14.3 Les différents types d'aménagement pour lutter contre les inondations**

Pour empêcher ces inondations de se produire, il est cependant possible d'en atténuer les effets ou d'en diminuer la fréquence en priorité au niveau des zones les plus sensibles et les plus

exposées. Ces protections peuvent être réparties en deux groupes : directes et indirectes.

### **I.14.3.1 Protection directe**

Consiste à intervenir directement sur le site menacé.

### **I.14.3.1 Protection indirecte**

Consiste à intervenir plus loin des sites menacés, à l'extérieur du périmètre d'aménagement, en réalisant des ouvrages sur les oueds responsables des inondations. [18]

## **I.15 Conclusion**

L'urbanisation non contrôlée augmente le risque d'inondation non seulement par ce que La croissance urbaine et démographique dans l'aire de répartition identifiée est également due aux aménagements installés qui créent par la suite des obstructions à l'écoulement de l'eau, aggravant les conséquences de l'aléa.

Ces inondations urbaines présentent un risque potentiel pour la vie humaine, Le patrimoine environnemental et culturel des villes, qui contribue dans le monde entier à dommages, pertes de vie et dégâts matériels Développement économique, social et environnemental des villes dans un Inondation, tout va bien, sauvez les êtres de tout cœur Humanité et biens collectifs protégés, oublié de protéger le patrimoine La culture, malgré sa fragilité, est importante en tant que ressource héritée du passé, car une fois perdue, elle ne peut se régénérer.

Dans ce chapitre nous avons défini le phénomène d'inondation qui est un phénomène naturelle qui représente la moitié des catastrophes naturelles mondiales en raison de leur fréquence et de leurs graves conséquences humaines et matérielles. Nous avons aussi décrit d'une manière générale les causes et les principaux types d'inondation... etc. Ainsi nous avons donné un bref aperçu sur les inondations en Algérie.

## *Chapitre II*

### *Présentation de la zone d'étude*

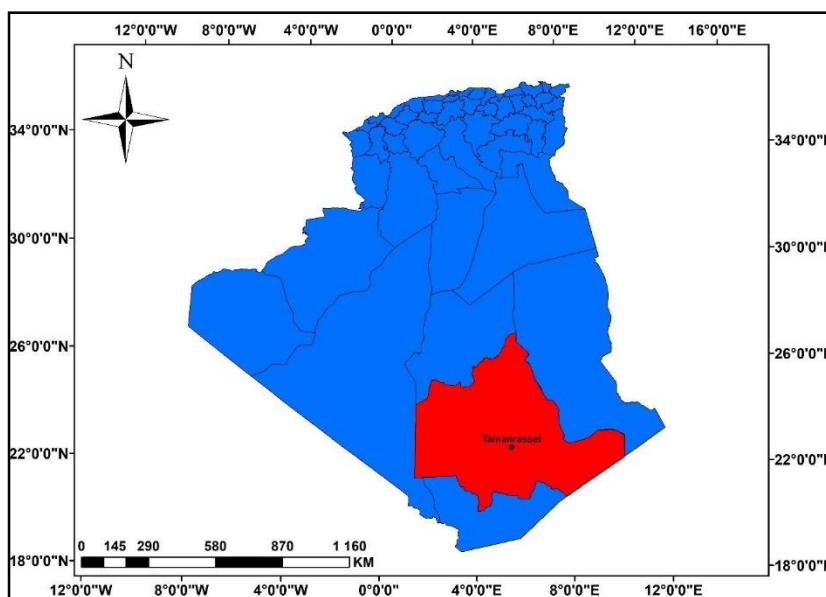
### II.1 Introduction

Dans ce chapitre, toutes les informations pertinentes sur l'emplacement et la description de la zone d'étude seront clarifiées afin d'identifier les zones à traiter pour déterminer le risque d'inondation dans la ville de Tamanrasset.

La région de Tamanrasset est située au sud de l'Algérie., une vaste terre aride, au milieu du Sahara Algérien, elle est la capitale du Hoggar. La zone d'étude située dans l'amont de la ville de Tamanrasset, caractérisé par un climat aride et avec une faible pluviométrie, des températures très élevées en été et une forte évaporation.

La wilaya de Tamanrasset est la plus grande wilaya de l'Algérie en superficie. Elle est délimitée :

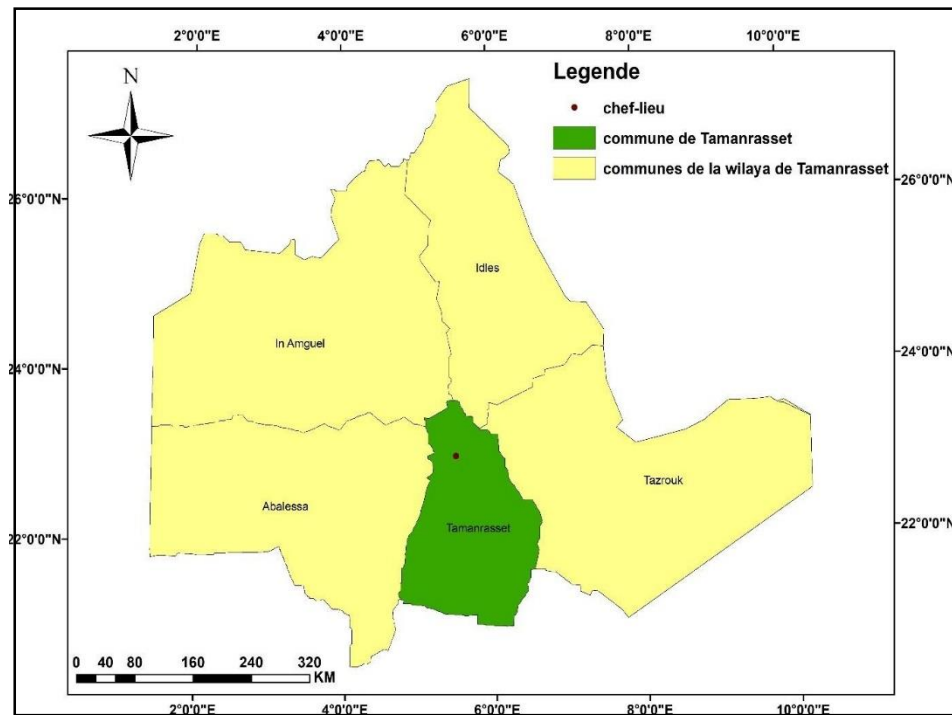
- au nord, par la wilaya d'In Salah
- au nord est, par la wilaya d'Ilizi
- à l'est, par les wilayas d'Ilizi et de Djanet
- à l'ouest, par les wilayas d'Adrar et de Bordj Badji Mokhtar
- au sud, par la wilaya d'In Guezzam
- au sud est, par le Niger
- La wilaya s'étend sur une superficie de 557906,25 km<sup>2</sup>, située à 1400 m d'altitude et à environ 2000 km au sud de la capitale Alger.



**Figure II.1** : Localisation de la ville de Tamanrasset en Algérie.

### II.2 Situation Administrative

La wilaya de Tamanrasset, qui compte maintenant (03) Daïras et (05) Communes.ils sont : Daïra de Tamanrasset Sil les communes de cette daïra est : Tamanrasset et in-Amguel. Daïra de Silet de commune Abalessa. Daïra de Tazrouk les communes de cette Daïra est Tazrouk et Ideles.



**Figure II.2:**carteadministrative de la wilaya de Tamanrasset.

### II.3 Relief

Plateau dans la wilaya de Tamanrasset

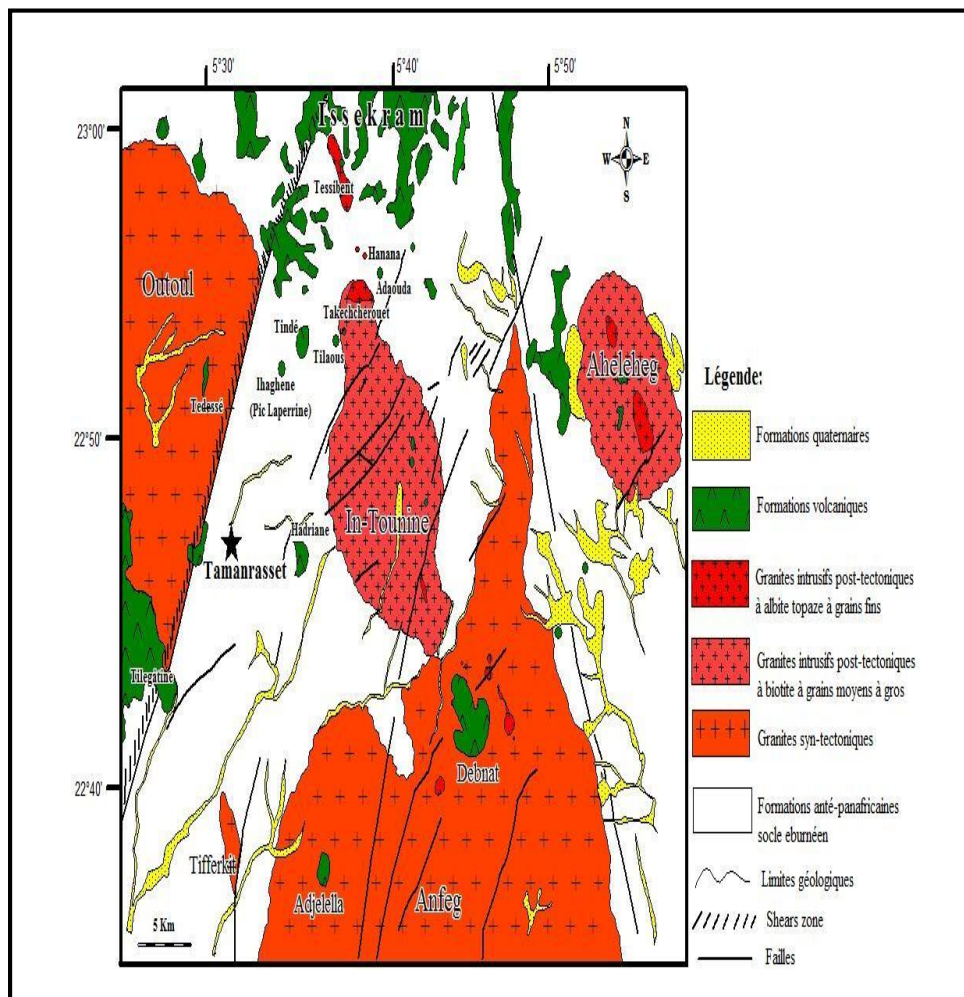
- La géomorphologie de la wilaya distingue le plateau du Tidikelt au nord, recouvert de sable et au climat aride et le Hoggar (*Ahaggar*) au sud, massif montagneux où les températures sont plus clémentes. La wilaya abrite le plus haut sommet d'Algérie, le mont Tahat à 3 003 m d'altitude situé dans le massif montagneux du Hoggar.
- La ville de Tamanrasset est le chef-lieu de la wilaya et constitue un carrefour important d'échange commercial avec les pays du Sahel. Située dans le centre du Hoggar, à 1 400 mètres d'altitude, Tamanrasset bénéficie d'un climat tempéré et sec, la température oscillante entre -8 degrés et 35 degrés Celsius

### II.4 Cadre Géologique De La Région Du Hoggar

La majeure partie de la région du Hoggar est occupée essentiellement par les terrains du socle cristallin. Elle est caractérisée par ses formations très anciennes (Suggarienne et Pharusienne), et surtout par les granites post-tectoniques. Le socle cristallin du Hoggar appelé également "bouclier targui" est une chaîne plissée d'âge protérozoïque supérieur ou paléozoïque, qui s'étale sur une surface de près de 500 000 km<sup>2</sup>.

Trois grands domaines structuraux ont été définis au Hoggar, séparés par des linéaments majeurs (Bertrand et Caby., 1978) ayant une orientation subméridienne : 4°50' et 8°30'.

Ce sont d'Ouest en Est : la chaîne pharusienne, le Hoggar central et le Hoggar oriental (Figure II.3).



**Figure II. 3 :** Carte géologique simplifiée de la région de Tamanrasset (Réalisée à partir d'un image Google Earth 2010).

### **II.4.1 La Géologie De La Zone D'étude**

La zone d'étude appartient au Hoggar centrale polycyclique montagneux, affecté par denombreuxaccidents tectoniques majeurs. Elle fait partie du bassin versant de l'Oued Tamanrasset. Ce dernier est formé par des plateaux basaltiques (vers l'Assekrem à 2000 m) et l'aval dans la haute vallée par les granites sur une vingtaine de km le long de l'oued Tamanrasset.

Les différentes formations géologiques qui prédominent dans la zone d'étude se superposent comme suit : de bas en haut on observe le bed rock, le socle altéré et les alluvions récentes.

### **II.4.2 Le socle sain**

Il constitue le substratum des formations détritiques. Il est composé de granites souvent diaclases, de gneiss et de micaschistes.

### **II.4.3 Formation intermédiaire**

L'altération transforme les gneiss et micaschistes antécambrien du bed rock en formation meuble. Il s'agit en fait de l'association conjointe d'une perméabilité d'interstices et de fissures.

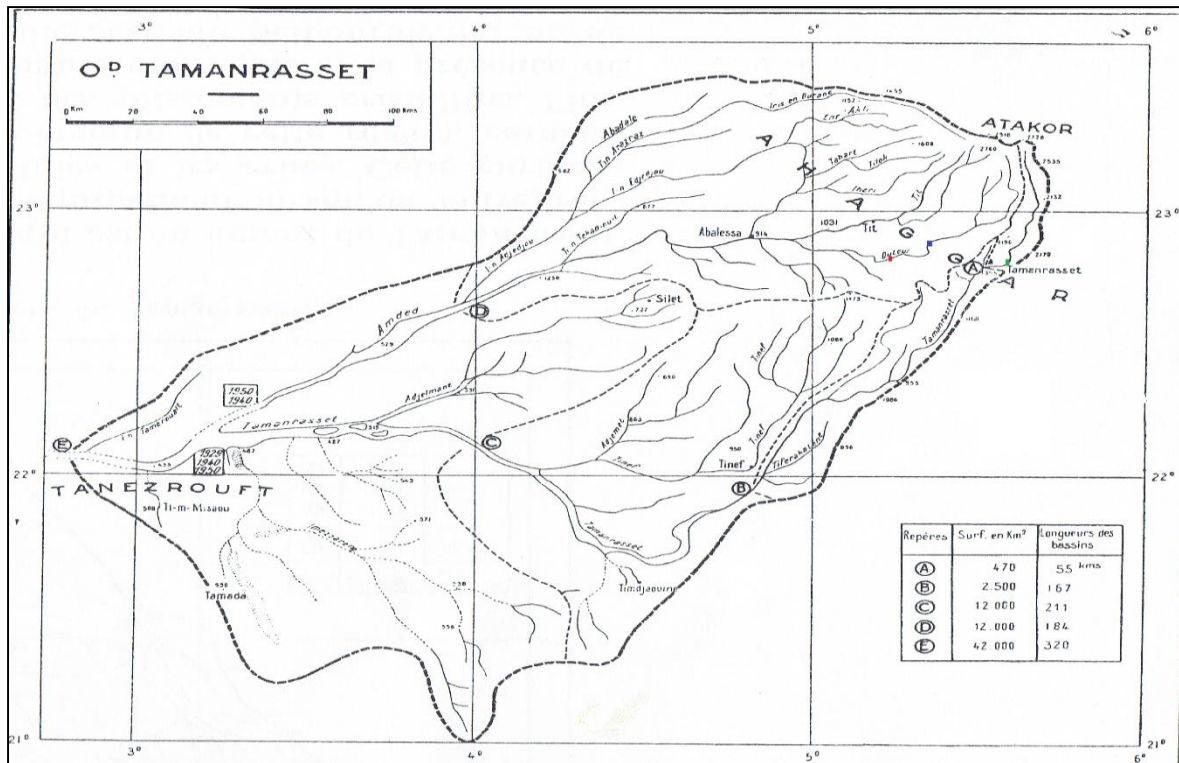
## **II.5 Hydrologie du bassin versant de l'oued Tamanrasset**

La réponse hydrologique d'un bassin versant dépend à la fois des conditions climatiques qui régissent les apports (par les précipitations) et des caractéristiques morphologiques qui influencent fortement le régime des écoulements en période de crue ou d'étiage.

### **II.5.1 Les principales caractéristiques**

Les principales caractéristiques dont dépend la réponse hydrologique d'un bassin et qui font l'objet de l'analyse physiographique sont d'une part, les caractéristiques morphométriques (surface, forme, élévation, pente) et d'autre part, les caractéristiques liées à l'organisation du réseau hydrographique. Enfin, à ces facteurs s'ajoutent encore d'autres facteurs tels que la nature géologique des terrains centrés sur le bassin, le type de couvert végétal, la nature du sol, les surfaces d'eau libres, etc.

La délimitation du bassin versant de l'Oued Tamanrasset a été faitpar J. Dubief en 1953 (Figure II.4).



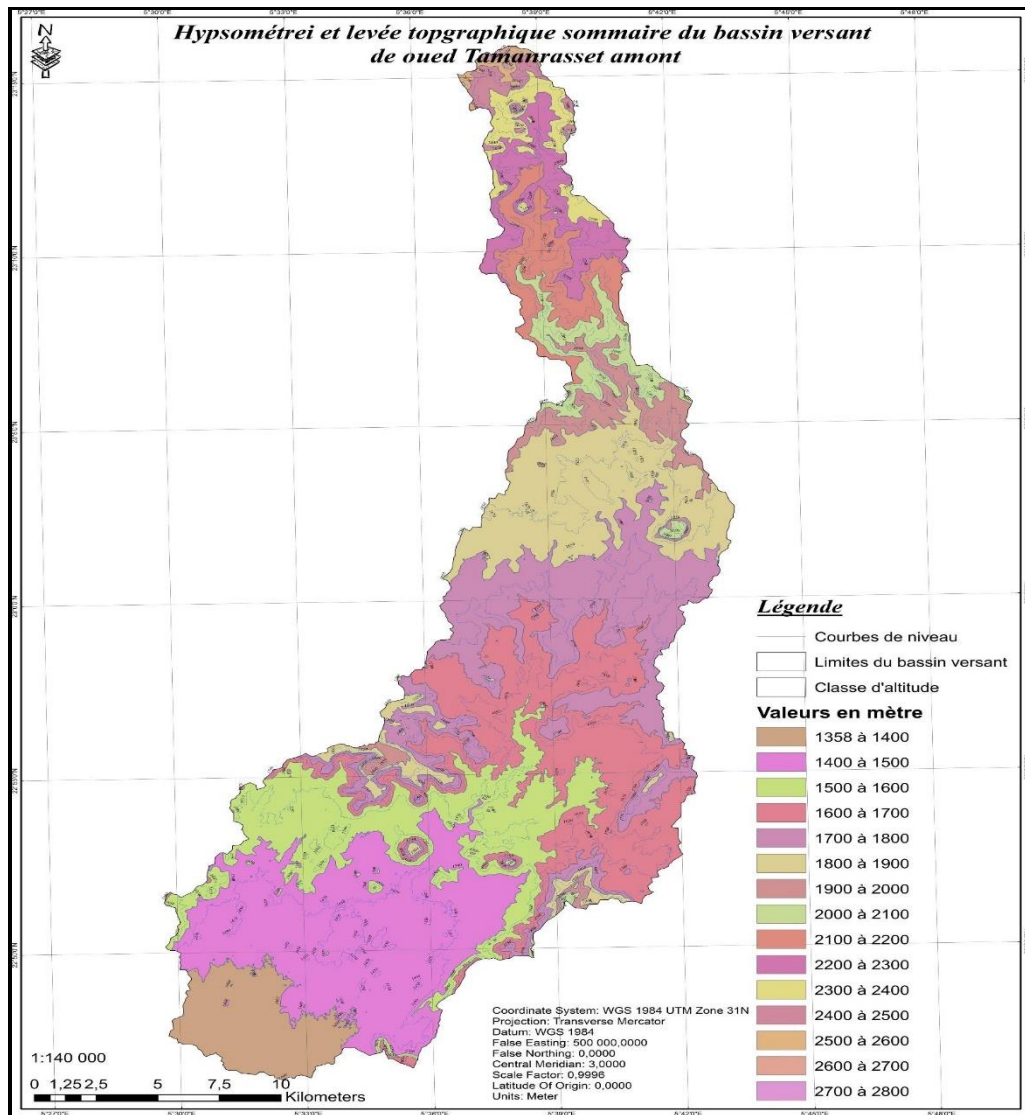
**Figure II.4 :** Représentation du chevelu hydrologique du grand bassin versant de l'Oued Tamanrasset (J. Dubief, 1953).

Le bassin versant de l'Oued Tamanrasset a une forme allongée. La zone concernée pour cette étude occupe une superficie de 499 km<sup>2</sup> pour un périmètre de 167 km. Le cours d'eau principal de l'oued traverse la ville de Tamanrasset sur une longueur de 92 km depuis les niveaux les plus élevés qui se retrouvent en amont sur les reliefs de l'Assekrem dont le point culminant est à 2703 m jusqu'à la ville de Tamanrasset dont sa côte moyenne est d'environ 1400 m.

(Figure II.4).

### II.5.2 Caractéristiques des reliefs

La carte des classes d'altitude (Figure II.5) indique que les altitudes du bassin versant de l'Oued Tamanrasset comprises entre 1358 m et 2703 m. Les plus fortes altitudes (supérieures à 2500 m) se retrouvent en amont sur le massif de l'Atakor et couvrent une surface de 2,7 km<sup>2</sup>. Les altitudes comprises entre 1500 et 1900 m représentent une surface dominante s'étendant sur 262 km<sup>2</sup>. Les niveaux les plus faibles (1358 – 1500 m) se situent à l'aval du bassin.



**Figure II.5 :** Répartition des altitudes du bassin versant de l'Oued Tamanrasset.

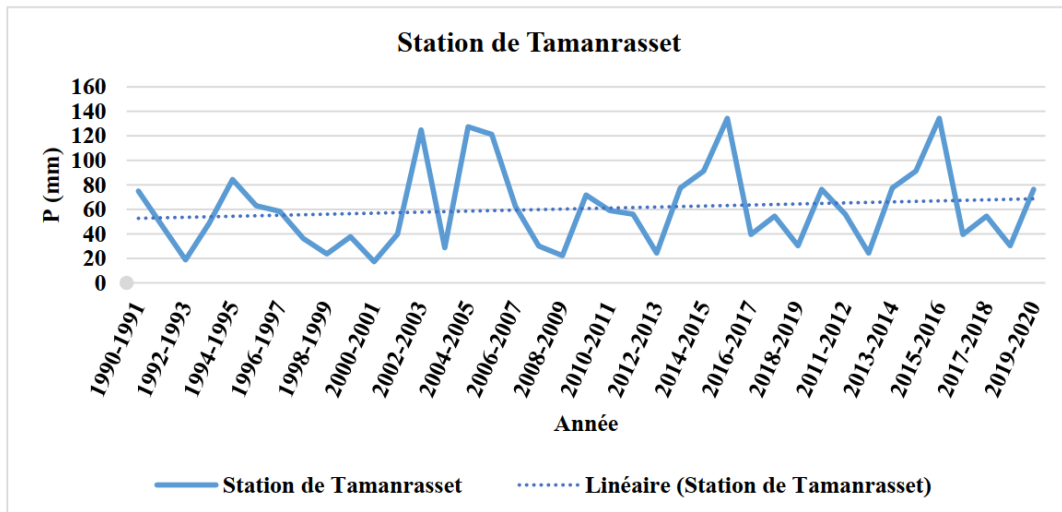
## II.6 Cadre Climatique

### II.6.1 La pluviométrie

La région de Tamanrasset est connue pour se caractériser par des précipitations annuelles tombant essentiellement pendant les mois de juillet et août, et restant notables en septembre.

La pluviométrie annuelle calculée à la station de Tamanrasset sur la période 1990 – 2020 oscille selon l'année entre 17,3 mm et 134,3 mm. L'année 2015/2016 apparaît comme la plus humide dans la région, suivie de l'année 2002/2003 avec une hauteur de 124,9 mm. L'année la plus sèche est l'année 2000/2001.

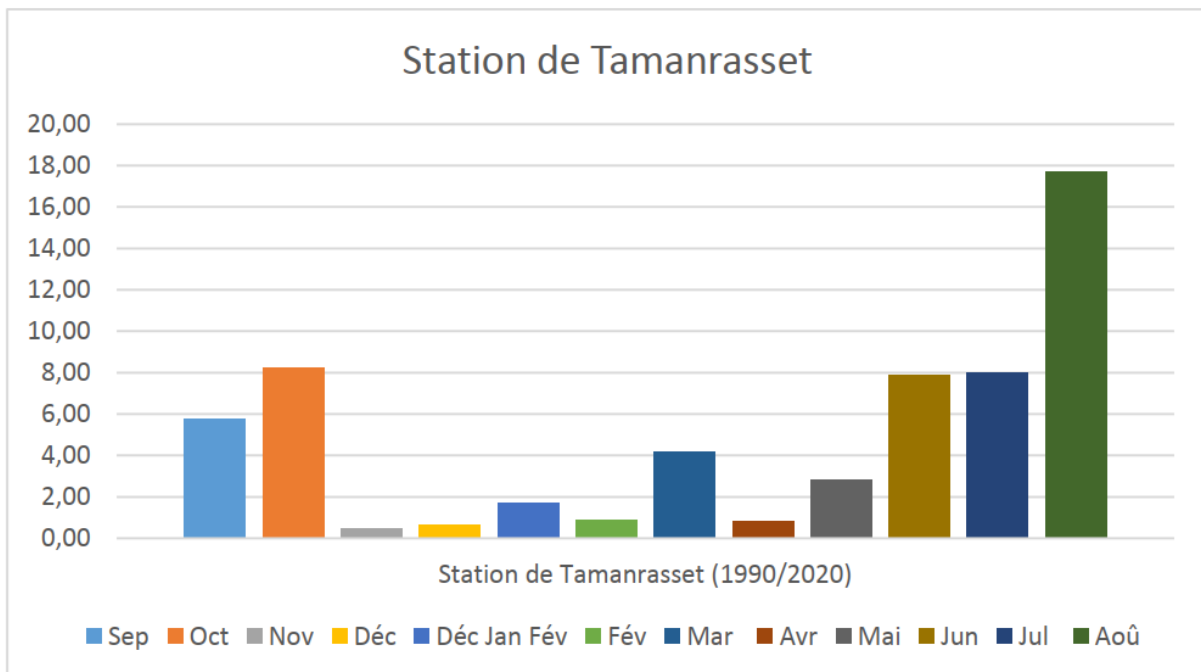
## Chapitre II : Présentation de la zone d'étude



**Figure II.6 :** Variation des précipitations moyennes annuelles de la station de Tamanrasset

Les valeurs moyennes mensuelles des précipitations enregistrées à la station de Tamanrasset sur la période 1990 – 2020 indique que le climat de la région de Tamanrasset est caractérisé par l'alternance de deux saisons contrastées :

une saison sèche d'octobre à mai et une saison de pluie allant de juin à octobre.



**Figure II.7 :** Précipitations moyennes mensuelles enregistrées à la station de Tamanrasset (1990/2020).

La figure II.7 montre l'irrégularité des précipitations dans toutes les saisons de l'année, où le maximum de précipitations a été enregistré au mois d'Août à 17,70 mm, tandis que le minimum a été enregistré au mois de Novembre.

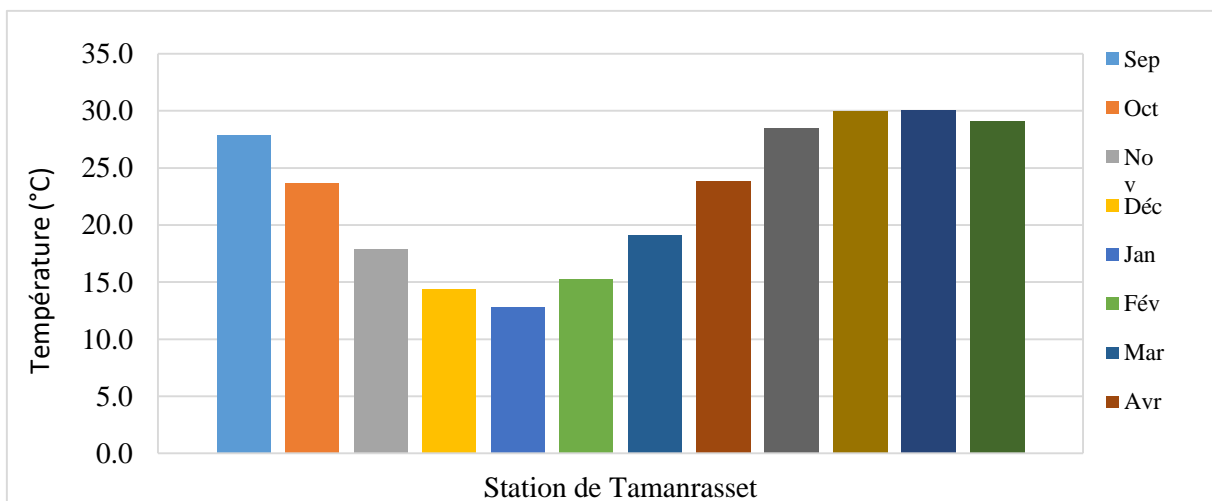
La pluviométrie moyenne mensuelle calculée à la station de Tamanrasset sur la période 1990/1991-2019/2020 est de 59.32 mm.

### II.6.2 Une forte évaporation

A cette aridité, il faut ajouter une évaporation intense. Tamanrasset, à 1400 mètres d'altitude, totalise 4,96 m d'évaporation théorique, l'Assekrem, à 2750 mètres, encore 3,2m.

### II.6.3 Température

Les valeurs moyennes mensuelles des températures relevées à la station de Tamanrasset pour la période 1990 – 2020 montrent des variations de 12,8 °C à 30,1°C. Les températures moyennes les plus basses sont enregistrées au cours du mois de janvier avec 12,8 °C et les plus élevées au mois de juillet avec 30,1°C. La température moyenne annuelle est de 21,87°C. La période chaude s'étale du mois de mai au mois de septembre.



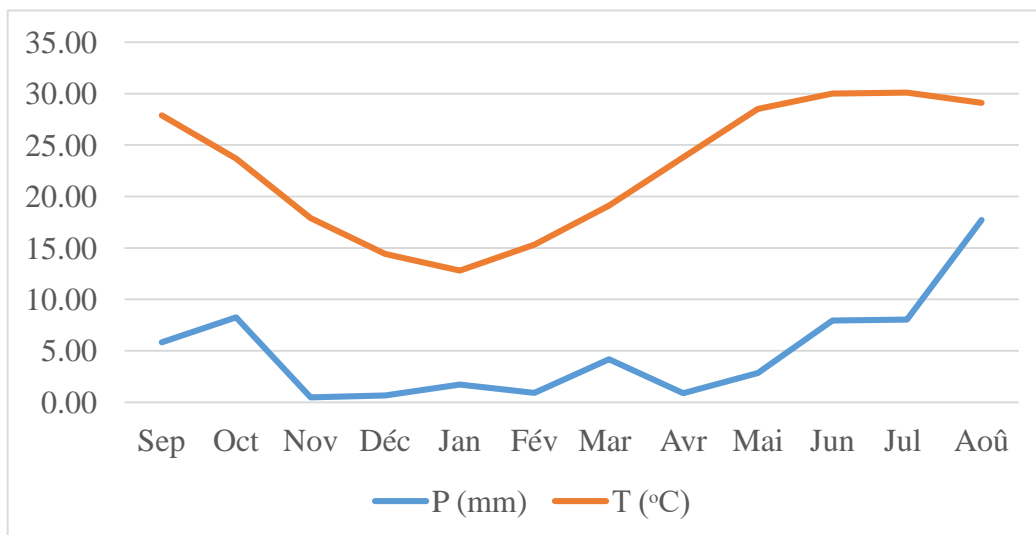
**Figure II.8 :** Variation des températures moyennes mensuelles de la station de Tamanrasset (1990/2020).

### II.6.4 Synthèse climatique

Il est important de déterminer le type de climat affectant notre région. Cela passe par l'établissement de la courbe pluviothermique dont le but est de déterminer les périodes sèche et humide.

Un mois sec est celui où le total moyen des précipitations (mm) est inférieur ou égale au double de la température moyenne (°C) du même mois. Cette relation permet d'établir un diagramme pluviothermique sur lequel les températures sont portées à une échelle double des précipitations.

Lorsque les températures passent au-dessus de la courbe des précipitations, la période correspondante est déficitaire en eau, et lorsque la courbe des précipitations passe au-dessus de celle des températures, la période correspondante est humide.



**Figure II.9:** Diagramme pluviothermique de la région de Tamanrasset (période 1990-2020).

On constate que durant l'année hydrologique qui s'étale entre 1990 et 2020 la région de Tamanrasset est caractérisée uniquement par une période sèche.

### II.6.5 Relation entre le régime des précipitations et le régime des crues de l'Oued de Tamanrasset.

Selon J. Dubief (1953), le régime des précipitations dans la région de Tamanrasset est sous la dépendance des deux facteurs :

- 1- La présence de masses d'air humide au sol ou à moyenne altitude. Ces masses d'air humide nécessaires à la production des précipitations notables proviennent, en hiver,

## Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

des régions lointaines de la Méditerranée ou de l'Atlantique, et du printemps à l'automne, des régions plus voisines du Soudan qui sont elles-mêmes d'autant plus humides que l'été est plus proche. De ce facteur découle toutes choses égales une fréquence pluviométrique croissante de l'hiver à l'été.

- 2- Une structure favorable de la basse atmosphère et aussi l'existence de mouvements convectifs. La présence d'air humide est en effet insuffisante à elle seule pour produire de la pluie s'il n'y a pas une structure appropriée de la basse troposphère. En particulier, il ne faut pas qu'il y ait des inversions de température en altitude, si fréquentes au Sahara qui limitent le développement vertical des formations nuageuses. Ces conditions favorables se rencontrent lors du passage des dépressions soudano-sahariennes et assez fréquemment en été lors de l'invasion de l'Ahaggar par la mousson soudanaise.

Dans la région de Tamanrasset, ce régime climatique régional contrôle le régime des crues de l'Oued Tamanrasset également sous la dépendance des fortes pentes des montagnes et leur imperméabilité qui favorisent un ruissellement élevé.

D'après ses observations sur la région de Tamanrasset, J. Dubief (1953) note que le ruissellement local commence dès qu'il est tombé 5 mm de pluie à une vitesse supérieure à 0,5 mm/min. Il cesse peu après celle-ci, en 30 minutes au maximum.

Le tableau ci-après renferme exemples de quelques fortes intensités de la pluie à Tamanrasset

Tableau II.1: Exemples de quelques fortes intensités de la pluie à Tamanrasset (d'après J. Dubief, 1953)

Date	Quantité précipitée en mm	Durée en minute	Intensité en mm/minute
14 avril 1948	12,3	10	1,23
13 septembre 1950	37	40	0,92
22 mai 1933	20	30	0,66
24 mai 1933	47,1	85	0,55 (a)
5 août 1932	12,5	45	0,28 (b)

a) La presque totalité de la pluie tomba en 20 minutes  
b) Dans le temps est compris la durée de la pluie fine qui précéda et succéda à l'averse torrentielle.

Ce tableau fait apparaître que les intensités de pluie les plus élevées correspondent à des quantités de pluie tombée sur une faible durée.

### II.7 Geomorphologie la wilaya de Tamanrasset

La Wilaya de Tamanrasset se caractérise par une diversité remarquable de son relief, et qui se résume en ce qui suit :

#### II.7.1 Les Plateaux du Tadmait et du Tinghert

Situés au Nord et au Nord-Est de la Wilaya, ils se présentent sous la forme de Hamadas et ont l'aspect de deux assises crevassées ; ils sont recouverts par endroits de dunes de sables du fait d'une érosion éolienne très active. La limite Sud du Plateau du Tadmait culmine à 836 m.

#### II.7.2 Les Plaines

En plus des plaines alluviales des Oueds de l'Ahaggar, on distingue : La plaine du Tidikelt au Nord (au pied du plateau de Tadmait). Elle est incisée profondément par une succession de vallées qui la traverse dans une direction Est Nord Est et Sud-Ouest. Le Tanezrouft à l'Ouest une zone hyperaride dans laquelle vient se jeter à l'oued de Tamanghasset. Le Ténéré du Tafessass et aussi austère que le Tanezrouft et les Oueds de l'air (Niger) viennent s'y jeter aussi.

#### II.7.3 Les Massifs isolés

Ce sont les massifs d'In-zize d'origine éruptive à l'Est de l'Ahaggar, de Tebertaba (200m) qui est située à l'Est sur la piste de Tamanrasset – Djanet et le versant Nord d'Adrar Nifforas au Sud-Ouest de la Wilaya (Région de Tinzaouatine).

#### II.7.4 Le Fossé périphérique

C'est une suite de dépressions circulaires avec une altitude variant entre 500 et 800m, et formant une couronne autour du massif central de l'Ahaggar. - Les Tassilis C'est la ceinture extérieure de l'Ahaggar, constituée par des formations de l'ère primaire :

- le mouydir au Nord,
- la Tassili N'ajjer à l'Est et au sud-Est,
- le Tassili OuanAhaggar au sud,
- l'Asedjrad, l'Ahnet et l'Immidir à l'Ouest et au Nord-Ouest.[19]

### II.8 L'exploitation Des Eaux Souterraines

Si la sédentarisation des nomades a eu lieu à Tamanrasset c'est bien grâce à l'abondance de ces eaux peu profondes, désormais, suite à une exploitation excessive depuis quelques années, ces eaux ne sont plus si profondes, et on a du mal de plus en plus à les trouver avant le seuil de 20 mètres de profondeur, et si ce n'est pas le cas, ce sont des eaux moins bonnes.

La preuve, que le puits qui est au milieu de la cour du Bordj de Charles de Foucaud n'a plus d'eau jusque 30 m de profondeur, alors qu'à l'époque du père de Foucault, l'eau était à 6 m.

Pour atteindre ces eaux il fallait forer plus profond, avec des moyens techniques plus complexes désormais plus coûteux. Les habitants ne peuvent pas forer leurs puits comme avant, ils ne peuvent plus combler leurs besoins pour l'irrigation, ils dépendent de l'État

pour assurer leurs besoins, qui ne peuvent être satisfaits qu'à un prix, difficilement accepté par les habitants.[20]

### II.9 Historique Sur Les Inondations Dans La Ville De Tamanrasset

Tableau II.2 : Un bref historique sur les inondations dans la wilaya de Tamanrasset.[14]

<b>La date</b>	<b>Lieu d'inondation</b>	<b>Les pertes</b>
05/01/1976	Oued Tamanrasset	Chute 38 maisons 2258 morts du bétail. 201 familles touchées par le risque d'inondation.
31/05/1979 06/06/1979	Oued Tamanrasset	616 familles sans abri 496 morts du bétail aux niveaux de Tamanrasset.
03 04 05/03/1988	Oued Tamanrasset	1100 Maisons inondées 1090 morts du bétail 122 pompes écrasées Effondrement de 217 Puits.
07/2000	Oued Tamanrasset	Les familles touchées (9) familles au niveau de Tamanrasset
08/08/2003	Oued Tamanrasset	sauvetage de 05 personnes dans l'oued de Tamanrasset.
23/07/2004	Route d'Assekrem	sauvetage de 08 personnes dans l'oued
23/07/2004	Oued Tamanrasset	sauvetage de 01 personne dans l'oued
15/06/2010 Oued	Oued Tamanrasset(Sersouf)	Extraira Une voiture appartenant à la douane
05/08/2010	Oued Tamanrasset (Sersouf)	Extraira une voiture au cours de l'Oued Tamanrasset
03/09/2010	Oued Tamanrasset	Sauvetage une victime de sexe masculin 20 ans
17/07/2011	Oued Tamanrasset Sersouf	Sauver trois personnes piégées dans un camion au cours de la vallée personnes.
08/10/2011	Oued de Sersouf	Sauver 11 victimes au sein d'un camion et deux voitures du cours de la vallée
26/08/2013	L'Oued de Tamanrasset	03 victimes secourues piégé bien sûr l'Oued de Tamanrasset la région de Talatnechouikh.
23/08/2014	Oued de Souro	Effectuer l'absorption d'eau
23/07/2016	Guatt El oued	Noyé dans l'oued d'une personne 30 ans.
10/08/2016	Oued Tamanrasset	Pris au piège dans l'oued, Sauver de 27 personnes piégées dans l'oued



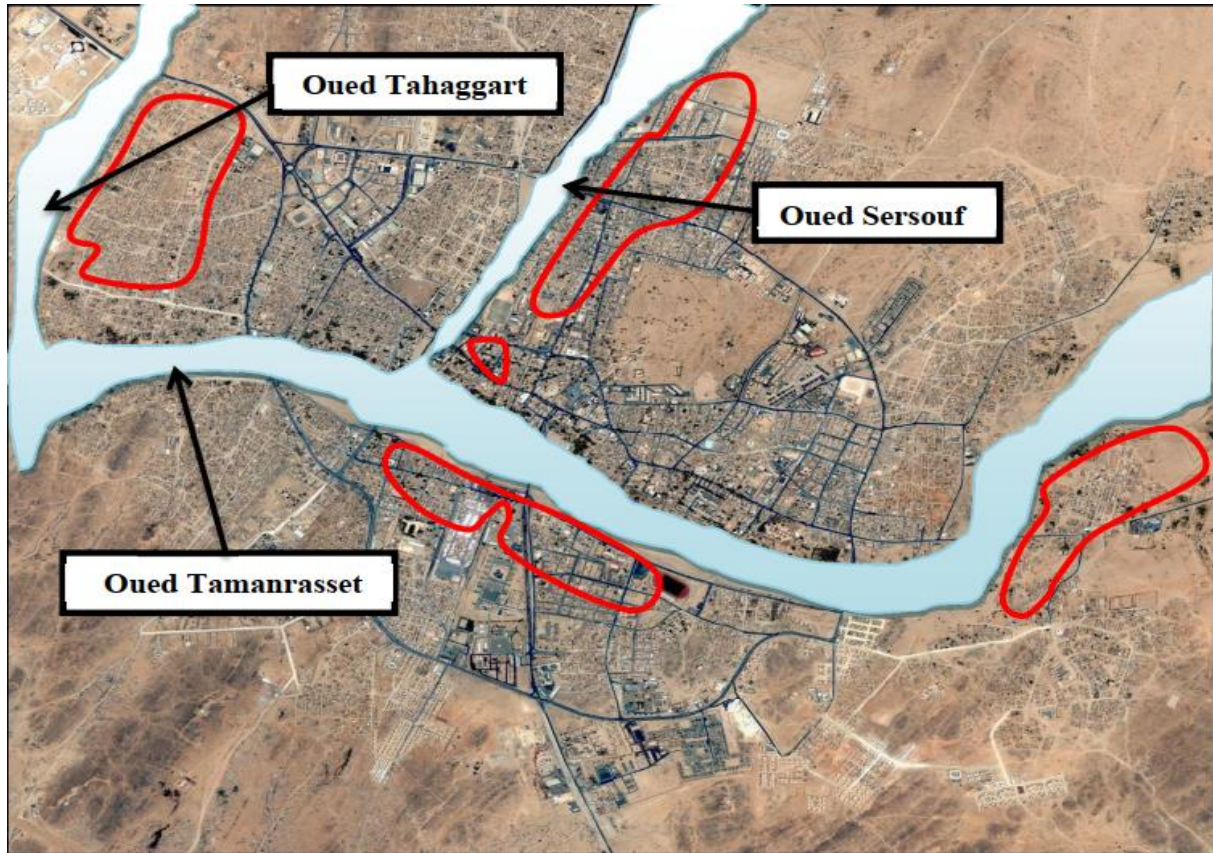
**Figure II.10** : crue de l'oued Tamanrasset

### **II.9.1 Les inondations dans la ville de Tamanrasset et sa périphérie**

Les inondations dans la ville de Tamanrasset et sa périphérie sont principalement liées aux crues (débordement d'oueds) aux ruissellements urbains et probablement à des crues de type torrentiel. L'urbanisation accélérée dans les zones naturelles d'expansion des crues de l'oued Tamanrasset au sud et de ses affluents (Oued Sersouf, Oued Tahaggart) a également fortement réduit la capacité de stockage de ces zones et a fait augmenter ainsi le risque de crue en amont d'Asskrem par rehaussement de la ligne d'eau et surtout en aval par augmentation du débit de transit. Corrélativement elle place en situation de grande vulnérabilité les constructions édifiées sur ces surfaces dont la vocation naturelle était de servir d'exutoire à de forts volumes d'eau.

Ces inondations dues généralement à des fortes intensités de pluie saisonnière (l'été) dans notre région d'étude, la durée des averses largement supérieures au temps de

concentration des eaux à un ruissellement important (dû à des versants élevés à pentes fortes).  
[21]



**figure II.11** : Localisation des zones exposées historiquement aux inondations des oueds (Tamanrasset, Tahaggartet Sersouf) dans la ville de Tamanrasset.

## II.10 Typologie De L'habitat A Tamanrasset

### II.10.1 Habitat traditionnel (maison ancienne)

Dans presque toutes les agglomérations des régions arides, les maisons sont introverties avec des pièces d'habitation ouvertes sur la cour intérieure « Rahba » qui joue le rôle de régulateur thermique. Ce type d'habitation représente 26.7% de l'habitat et caractérise surtout les anciens quartiers de Tahaggart Est, Hofra, et le centre-ville et de quelques autres habitations séparées dans les autres quartiers de la ville. [20]

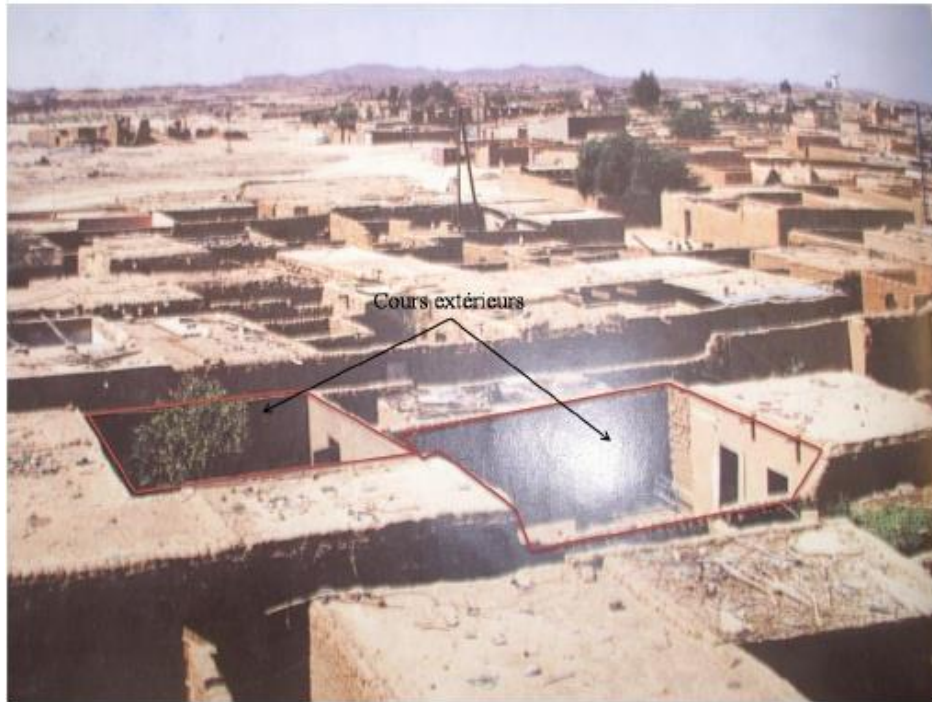


Figure II.12: Habitats anciens.



Figure II.13: Habitat ancien au niveau du centre-ville.

### II.10.2 L'habitat semi-collectif

Il se développe sur deux niveaux avec des espaces extérieurs, cours ou courettes en prolongement des espaces (deux ou trois pièces) réalisées avec des matériaux tels que parpaing, béton, pierre avec enduits extérieur et peinture en teinte rougeâtre. Ce type d'habitat se trouve à l'Adriane, Ankouf et Tihagouine [20]



**Figure II.14 :** Habitat semi-collectif ; nouveau quartier.

### II.10.3 L'habitat individuel

Ce type d'habitat est réalisé dans le cadre de création des lotissements communaux, qui sont réglementés par des cahiers des charges prescrivant le respect du style local en ce qui concerne la hauteur des maisons, limitée à un niveau et leur couleur, qui doit être en harmonie avec l'enduit ocre rouge des habitations traditionnelles. Ce type d'habitat est le plus dominant, il se trouve dans les nouvelles zones d'habitat surtout à Sorou, Sersouf et Immechouene. [20]



**Figure II.15:** Habitats individuels.



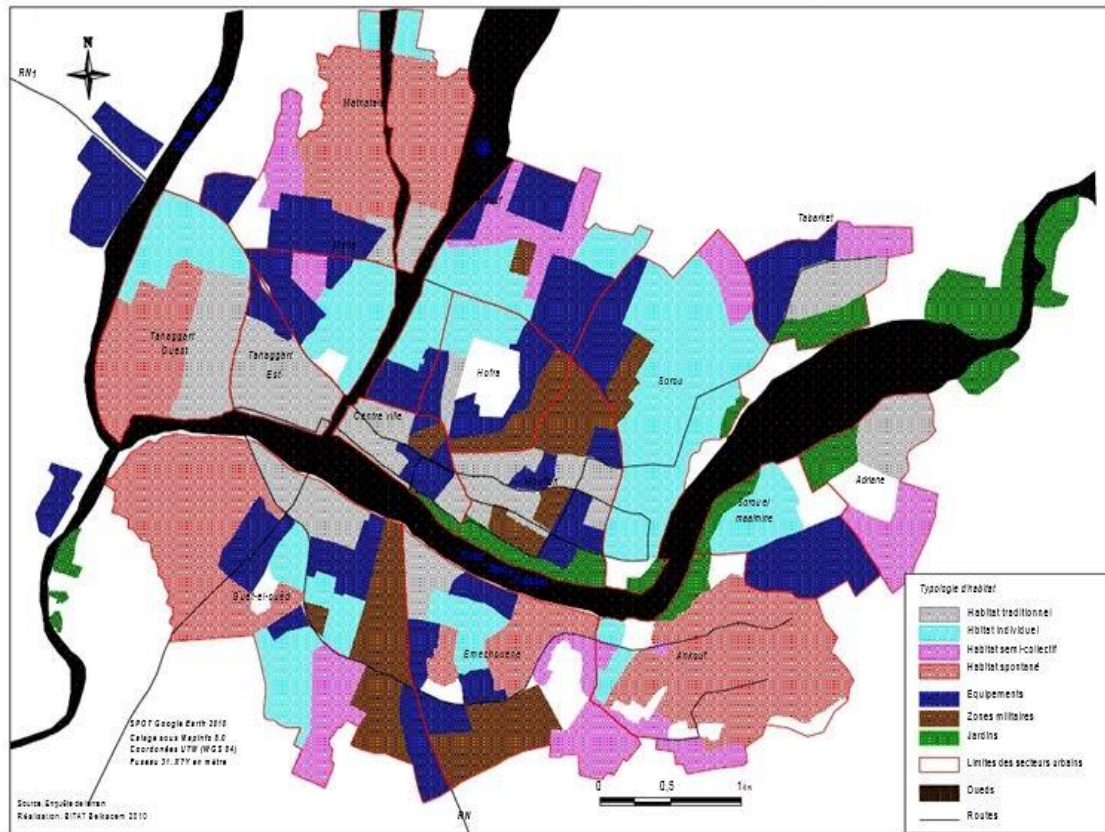
**Figure II.16 :**Nouvelle typologie d'habitat.

### **II.10.4 Type d'habitat spontané (habitat non contrôlé)**

Ce type d'habitat a été édifié d'une façon illicite pour répondre aux besoins accrus en matière de logement pour les nomades sédentarisés et les nouveaux immigrants.



**Figure II.17:** Habitat spontané



**Figure II.18 :** Typologie d'habitats de la ville de Tamanrasset [20].

### II.11 Conclusion

Dans ce chapitre on donne les informations nécessaires pour délimiter la zone la plus vulnérable du point de vue de géomorphologie, topographie et hydrogéologie. Ces données serviront par suite dans le chapitre 3 à préciser le profil du site et effectuer son recensement selon le type de construction et sa vulnérabilité variable aux risques d'inondation dans le centre-ville de Tamanrasset. En conséquence, les informations et les données sous-jacentes seront traitées pour permettre la structuration et le diagnostic au passage de l'eau en situation critiques.

***Chapitre III***  
***Présentation des outils de  
calcul et application***

# **Chapitre III : Présentation des outils de calcul et application**

---

## **III.1 Introduction**

Comme il a été présenté dans le chapitre 1, les inondations résultent du débordement des berges des oueds dû à la montée des eaux ; ne pouvant être évitées, il est possible d'y mettre fin en maîtrisant les risques qu'elles impliquent. La meilleure façon de bien réagir est d'anticiper et de prévenir.

En effet, la gestion de ce risque devient de plus en plus une nécessité, impliquant toutes les parties prenantes et utilisant tous les moyens disponibles. Dans ce chapitre, nous décrivons les outils de calcul et la méthodologie utilisés pour établir les applications nécessaires à différentes étapes de l'utilisation du SIG pour faire ressortir par la suite des cartes de vulnérabilité.

## **III.2 Les SIG**

### **III.2.1 L'information géographique**

L'Information géographique, localisée ou spatiale est une information que l'utilisateur peut marquer sur un plan ou une carte, c'est en particulier l'information sur un objet naturel ou une ressource culturelle ou humaine ou économique: Parcelle cadastrale, segment de réseaux, mobilier urbain, etc.

L'information géographique est décrite dans un système de référence. Elle est complétée par des propriétés, des caractéristiques qui sont appelées attributs. [22]

### **III.2.2 Les systèmes d'informations géographiques**

#### **III.2.2.1) Définition**

Un système d'information géographique (SIG) est un système d'information permettant de créer, d'organiser et de présenter des données alphanumériques spatialement référencées, autrement dit géo référencées, ainsi que de produire des plans et des cartes. Ses usages couvrent les activités géomatiques de traitement, de partage et de diffusion de l'information géographique. La représentation est généralement en deux dimensions, mais un rendu 3D ou une animation présentant des variations temporelles sur un territoire sont possibles. L'usage courant du système d'information géographique est la représentation plus ou moins réaliste de l'environnement spatial en se basant sur des primitives géométriques : points, des lignes, des polygones ou des maillages (format vecteur). À ces primitives sont associées des informations attributaires telles que la nature (route, voie ferrée, forêt, etc.) ou toute autre

## **Chapitre III : Présentation des outils de calcul et application**

---

information contextuelle (nombre d'habitants, type ou superficie d'une commune par exemple). Le domaine d'appartenance de ce type de systèmes d'information est celui des sciences de l'information géographique. [22]

### **III.2.2.2 Historique**

On distingue trois périodes principales dans l'évolution des SIG :

- fin des années 1950 – milieu des années 1970 : début de l'informatique, premières cartographies automatiques et naissance de l'éditeur de logiciels SIG ESRI (en 1969) ;
- milieu des années 1970 - début des années 1980 : diffusion des outils de cartographie automatique/SIG dans les organismes d'État (armée, cadastre, services topographiques...) ;
- depuis les années 1980 : croissance du marché des logiciels, développements des applications sur PC, mise en réseau (bases de données distribuées, avec depuis les années 1990, des applications sur Internet) et une banalisation de l'usage de l'information géographique (cartographie sur Internet, calcul d'itinéraires routiers, utilisation d'outils embarqués liés au GPS...), apparition de logiciels libres ou d'outils dédiés aux pratiques coopératives. [23]

### **III.2.2.3 Utilisation des SIG dans la modélisation hydrologique**

Les programmes SIG sont un outil très utile dans la modélisation hydrologique, fournissant à des modélisateurs un moyen rapide et facile de s'approprier des données de l'hétérogénéité du terrain, comme le type de sol et son occupation dans un bassin versant. Actuellement, il y a des données raster et vecteur décrivant toutes les caractéristiques des sujets disponibles, parfois on les trouve chez les organismes gouvernementaux et mieux encore ils sont parfois téléchargeables librement sur le net. Employer les fichiers raster dans les SIG permet un traitement des données beaucoup plus rapide qu'avec les autres moyens traditionnels et permet de faire ressortir des caractéristiques qui peuvent nous échapper si on n'a pas l'expérience suffisante et ce grâce à un traitement mieux spatialisé; de ce fait, ceci nous permet de nous éloigner de l'utilisation des modèles globaux en faveur des modèles distribués qui sont plus représentatifs des conditions normales. [23]

### **III.2.2.4 vue d'ensemble du SIG**

Les SIG représentent les systèmes d'information géographiques. Exprimé de cette façon,

les SIG décrivent l'idée de présenter des données géographiques dans l'espace. Ces données, désignées sous le nom d'attributs, peuvent inclure des valeurs de l'altitude au

## **Chapitre III : Présentation des outils de calcul et application**

---

sol, de l'occupation de la terre, de la densité de population et au sujet de n'importe quel type d'information qui change dans l'espace. Des attributs qui décrivent un type de données simple s'appellent les couches. Une base de données de SIG contient habituellement beaucoup de telles couches, chacune qui décrit la variation spatiale d'un attribut particulier. Le dispositif principal de n'importe quel programme de SIG est l'interface graphique, qui permet à un utilisateur de voir réellement comment un certain type de données change à travers un secteur géographique en montrant des couches d'attributs. De la même manière, un utilisateur peut étudier le rapport entre les attributs multiples en montrant plusieurs couches à la fois. Puisque ces systèmes sont orientés vers la visualisation, la plupart des bases de données de SIG utilisent une carte ou tout autre dossier d'image en tant que leur couche de référence. Les programmes de SIG permettent également à des utilisateurs de modifier des couches existantes d'attributs ou de créer de nouvelles couches en effectuant des opérations mathématiques sur les données, en fusionnant un ou plusieurs attributs basés sur les propriétés communes, et plusieurs autres options.[24]

### **III.2.2.5 La différence entre SIG et Cartographie**

Un SIG regroupe à la fois les dispositifs de collecte, de traitement et de restitution de l'information géographique. Actuellement, le terme de SIG est employé pour parler de plusieurs choses distinctes; mais dans tous les cas, un SIG est un logiciel graphique couplé à une base de données géographique (ou un logiciel de géographie couplé à une base de données). C'est un ensemble constitué d'un logiciel, mais aussi de données, de procédés et d'utilisateurs. Il est nécessaire de distinguer la cartographie automatique des SIG. Alors que la cartographie est l'art de la représentation (de manière réelle, théorique, thématique ou schématique), les SIG sont basés sur l'analyse et l'interprétation de données dans un espace donné représenté sur une carte. Bien sur la carte sera d'abord créée, c'est pourquoi :

- ✓ tout logiciel de SIG a des fonctions cartographiques;
- ✓ le lien est si étroit entre les SIG et la cartographie;
- ✓ la limite entre les SIG et la cartographie est si confuse;
- ✓ une utilisation de base des SIG est souvent considérée comme de la cartographie. [23]

## **Chapitre III : Présentation des outils de calcul et application**

---

### **III.2.3 Logiciels utilisés**

Comme cela a été évoqué précédemment, les logiciels utilisés pour la modélisation sont les suivants :

#### **III.2.3.1 Logiciel HEC-RAS**

Est un logiciel gratuit de modélisation hydraulique à une seule dimension. Il permet de modéliser l'écoulement dans une rivière et est principalement utilisé dans l'étude des zones inondables. Il a été développé par le ministère américain de la défense en 1995 et plus particulièrement par l'organisme HEC (Hydrologic Engineering Center) et est régulièrement amélioré. Ce logiciel permet à la fois des études en régime permanent et en régime instationnaire. (Site [enseiht.fr](http://enseiht.fr))

Dans notre étude nous avons utilisé la version 6.2

#### **III.2.3.2 Système Arc GIS (Arc Map)**

Le système Arc GIS est un ensemble de logiciels de système d'information géographique (SIG) développé par la société américaine ESRI, depuis 1969. Il permet la visualisation et la manipulation de cartes et d'images satellites. (Site [enseiht.fr](http://enseiht.fr))

Pour notre étude nous avons utilisé la version 10.8

### **III.3 Présentation de ARC GIS**

Arc Gis est un logiciel SIG bureautique permettant de créer, traiter et manipuler l'information géographique par des requêtes spatiales et de les cartographier (cartes, graphes, cartes thématiques...)

#### **III.3.1 Méthodologie de travail**

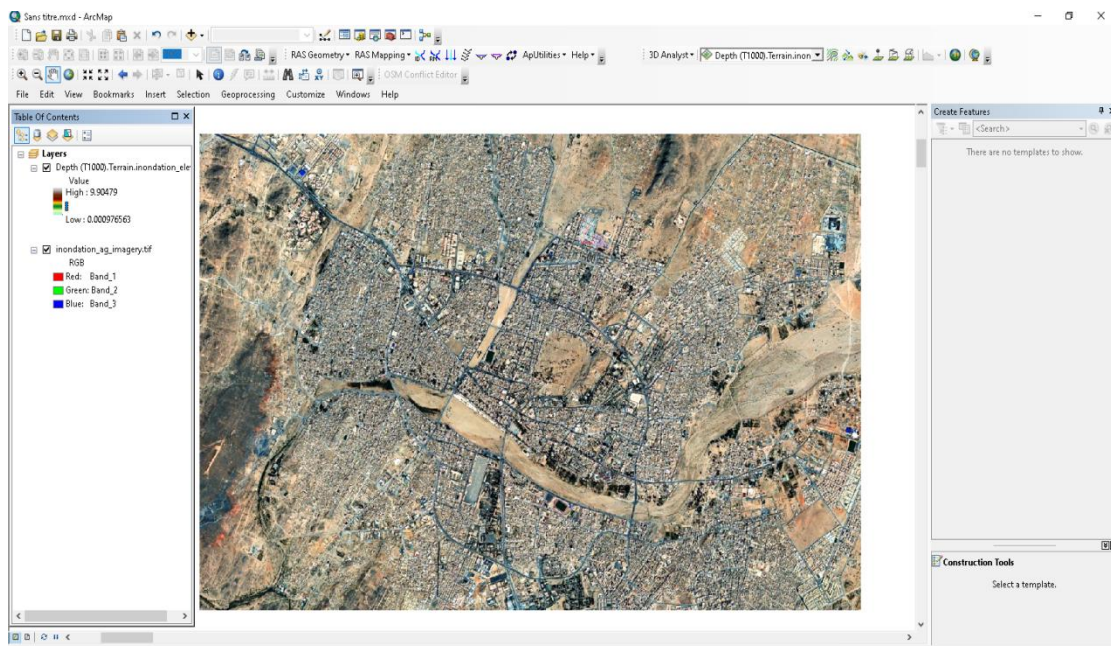
1- Afin de travailler selon le logiciel Arc Gis, nous effectuons d'abord plusieurs démarches en téléchargeant une carte satellitaire de la ville Tamanrasset, notamment la zone que nous souhaitons étudier au niveau du quartier le plus ancien du centre ville là où se trouve le marché principale près d'Oued Sersouf. L'objectif est d'identifier les bâtiments en pierres (Toub) et les structures urbaines qui peuvent être endommagés en raison de la remontée du niveau des eaux des deux Oueds, celui de Sersouf simultanément avec celui d'Oued Tamanrasset.

## Chapitre III : Présentation des outils de calcul et application



**Figure III.1 :** Carte satellitaire de la ville Tamanrasset. Quartier près d'Oued Sersouf [Google Earth]

2-Dans l'application établis par le Logiciel, et d'après la disponibilité des données, nous choisissons la première option, qui est (Longitude/Latitude). Il est présenté l'interface principale de travaille des étapes suivantes, après avoir lancer Arc GIS, nous choisissons la projection.



**FigureIII.2 :** Carte satellitaire de la ville Tamanrasset. [Google Earth, ARC Gis].

## Chapitre III : Présentation des outils de calcul et application

- 1- Nous avons élaboré des cartes à l'aide de calques (habitations, Oued, ponts) sur lesquelles sont dessinés en complément à la carte d'origine. Sur ces calques se trouvent les indications de l'espace qu'occupent les habitations, l'oued et les ponts existant ; qui par la suite, seront utilisés pour la simulation sur le logiciel HEC-Ras.
- 2- Dans l'étape suivante, il est défini la zone urbaine ainsi que le cours d'eau de la vallée passant par la ville de Tamanrasset. Afin d'établir une carte numérique sur Arc Gis, il est impératif de suivre les étapes citées ci-dessous.
- 3- Etablir le tracé des limites des bâtiments de la zone urbaine située au niveau du quartier de Sersouf Oued Tamanrasset en couleur rouge,
- 4- Dessiner les bords de la vallée (Oued Tamanrasset) en bleu.
- 5- Ayant introduit les données sur Arc Gis, nous faisons la conversions en fichier adapté au format HEC-RAS pour passer à un jeu de données afin d'établir une simulation en HEC-RAS telles que le débit de crue et les dimensions de la vallée (longueur, largeur, hauteur). Il est précisé que cela comprend la recherche des zones à risque qui peuvent submerger lors d'une forte crue engendrant le débordement de l'oued et l'identification des bâtiments qui peuvent être endommagés par une éventuelle l'inondation.



**Figure III.3 :**La représentation graphique des bâtiments à risque sur photo satellitaire par ARC GIS.

# Chapitre III : Présentation des outils de calcul et application

## III.3.2 Présentation du logiciel HEC-RAS

Le logiciel Hec-Ras est un logiciel de modélisation hydraulique destiné à simuler l'écoulement dans les cours d'eau et les canaux. Le modèle utilisé jusqu'à la version 6.2 était unidimensionnel, ce qui signifie qu'il n'existait pas de modélisation directe des variations hydrauliques dues aux changements de forme de la section transversale, à la présence de coudes ou autres aspects d'un écoulement 2D ou 3D. Depuis la version 6.2, il est possible de réaliser des modélisations 1D ou 2D de la rivière et des plaines d'inondation [25]

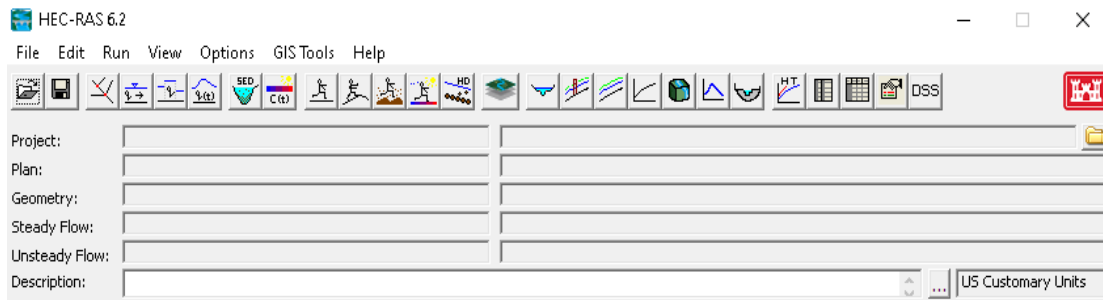


Figure III.4 : Interface du logiciel HEC-RAS

## III.4 Etapes De La Modélisation

### III.4.1 Projet

Dans le menu File, choisir l'option New Projet pour obtenir une fenêtre similaire à celle illustrée plus bas

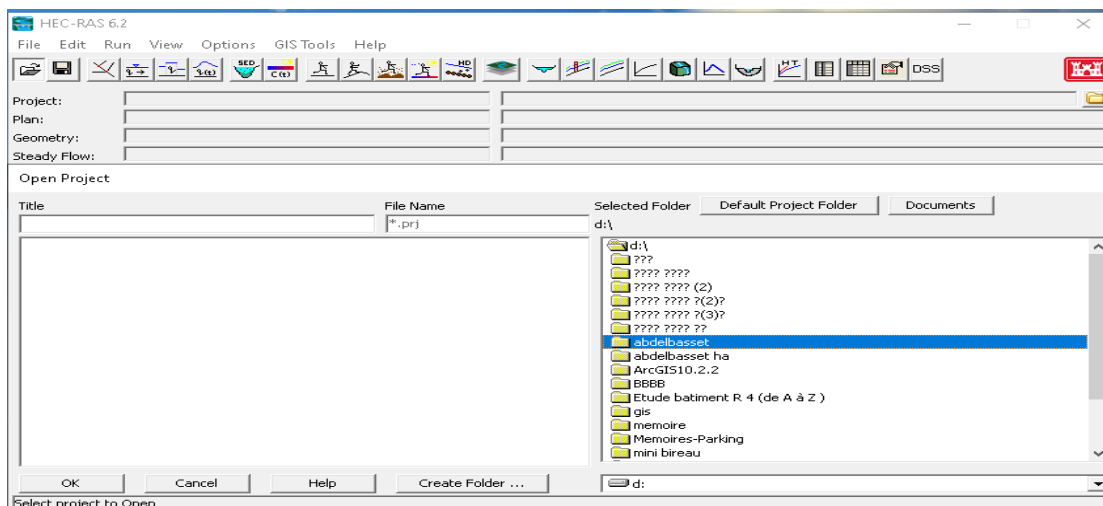


Figure III.5 : Présentation de l'interface New Project

# Chapitre III : Présentation des outils de calcul et application

## III.4.2 Géométrie Des Sections

Après avoir défini les principaux paramètres du projet, la deuxième étape est de définir les caractéristiques géométriques du système modélisé. Sélectionnée Edit/Geometric Data.... et la fenêtre Base Geometric Data apparaît (Figure III.6).

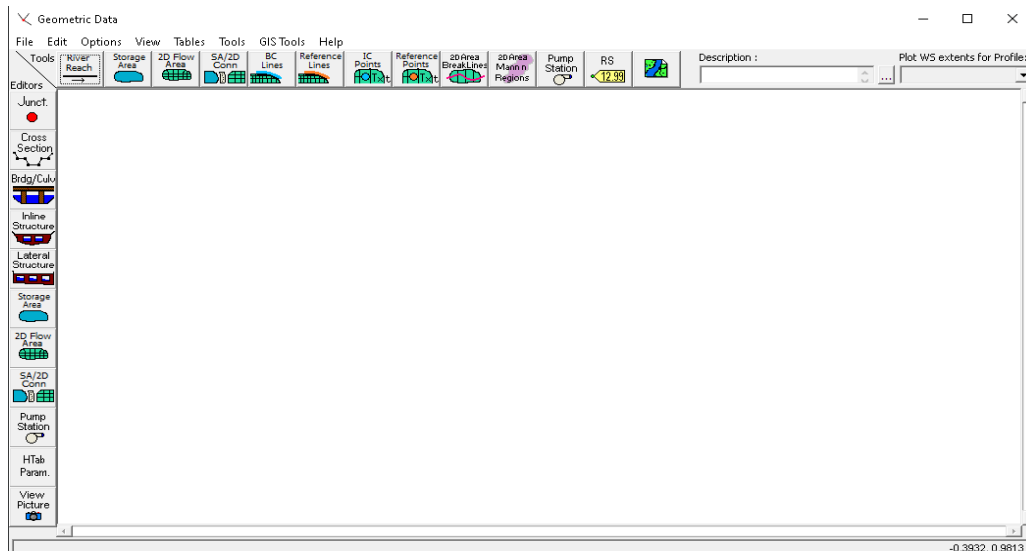


Figure III.6 : Présentation de l'interface Geometric Data

Pour entrer les données, vous devez cliquer sur le bouton Cross-Section dans la partie gauche pour obtenir une fenêtre similaire.

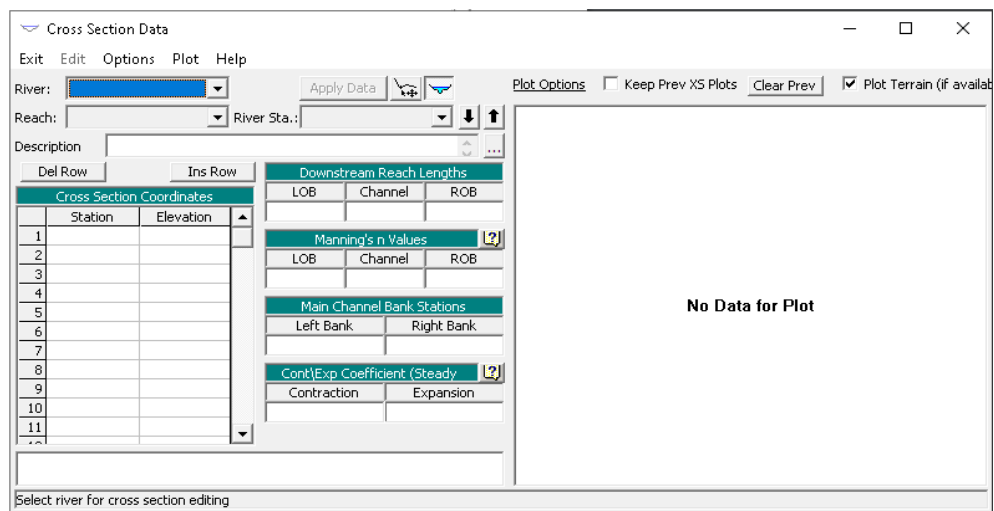


Figure III.7: Présentation de l'interface Fenêtre Cross Section Data.

## Chapitre III : Présentation des outils de calcul et application

### III.4.3 Débit et conditions aux limites

L'étape suivante de la modélisation hydraulique sur HEC-RAS est de spécifier les débits utilisés pour calculer les profils d'écoulement

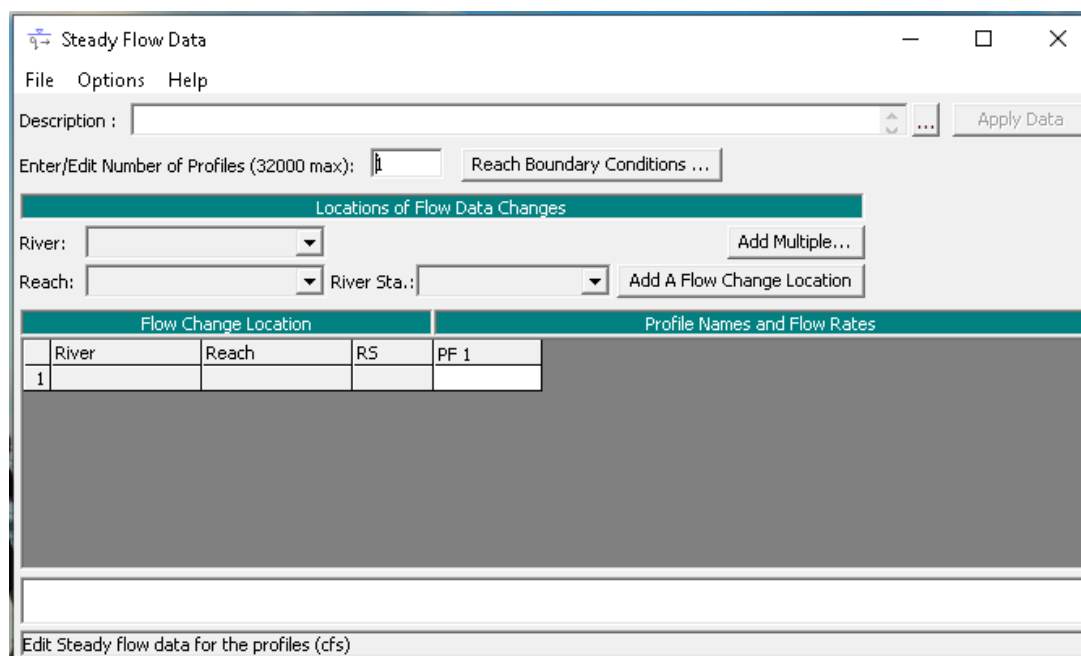
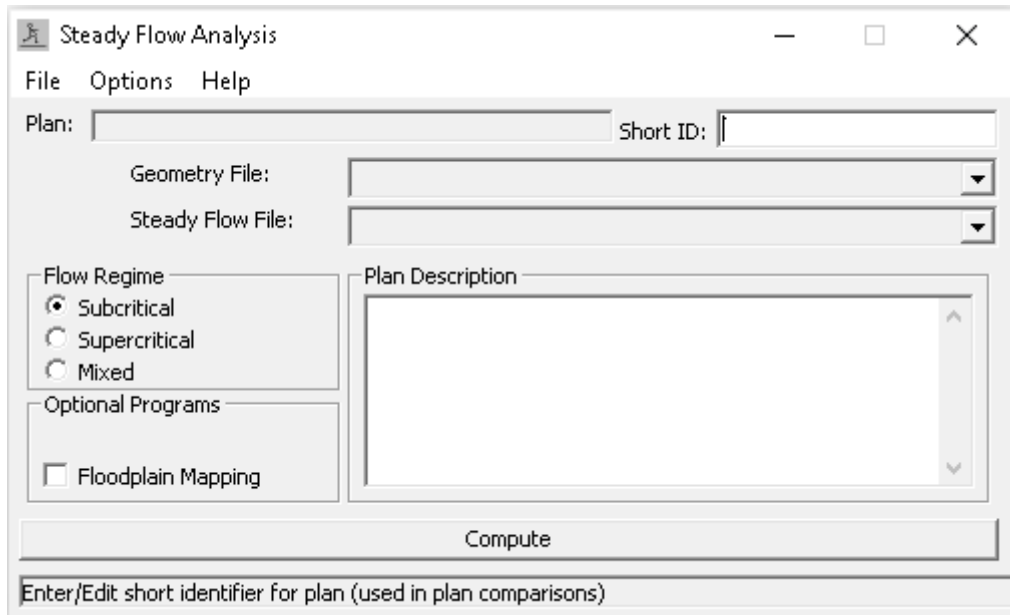


Figure III.8 : Présentation de l'interface Steady Flow Data.

### III.4.4 Simulation Hydraulique

La dernière étape nécessaire à la modélisation avec HEC-RAS est de définir le plan utilisé. Cliquez sur le bouton Perform à Steady Flow Simulation pour obtenir la fenêtre présentée plus bas. Le Geometry File et Steady Flow File que vous avez créés y sont indiqués. Dans le menu File, choisissez New Plan. Choisissez le régime d'écoulement et appuyez sur Computer pour débiter la simulation. Une fenêtre montrant la progression de la simulation s'ouvrira et les calculs s'effectueront (Figure). Lorsque le programme a terminé, vous pouvez fermer la fenêtre Hydraulique Computation, ainsi que la fenêtre Steady Flow Analysis.



**Figure III.9:** Présentation de l'interface Steady Flow Analysis

### III.4.5 Visualisation Des Résultats

A la suite de la simulation les résultats sont automatiquement sauvegardés dans un fichier. Un des résultats intéressant à consulter est la vue en profil du tronçon simulé. Cette fonction, View Profiles, est située dans la barre de boutons. Allez également dans le menu Option de cette fenêtre. Vous y trouverez les options d'affichage, telles que Zoom et Pan. Il y a aussi d'autres options qui permettent d'afficher les résultats d'un ou plusieurs plans, d'ajouter ou supprimer l'affichage de certains profiles, de changer le tronçon dont les résultats sont actuellement affichés. Ce menu Options est ailleurs similaire pour différentes fenêtre graphiques permettant de visualiser les résultats selon la figure si dessous.

## Chapitre III : Présentation des outils de calcul et application

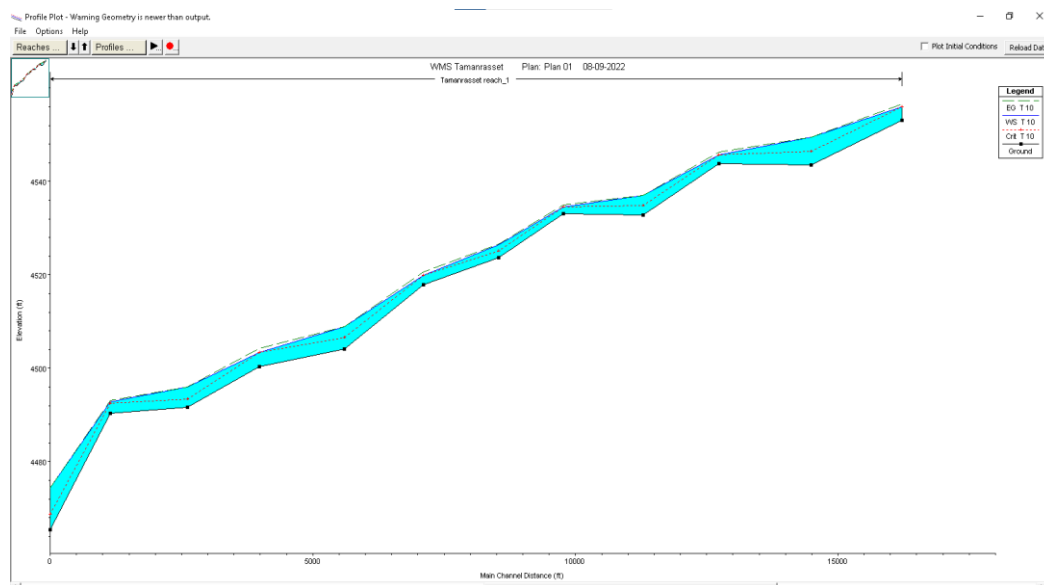


Figure III.10 :Présentation de l'interface de profil de surface de l'eau

L'étape suivante consiste à visionner la vallée dans (Géométric Data). Nous traçons une ligne qui passe par le milieu d'oued, afin de déterminer la direction du flux de crue ensuite les données de simulation se font introduire sous (Cross Section), telles que les mesures (longueur, largeur et hauteur).

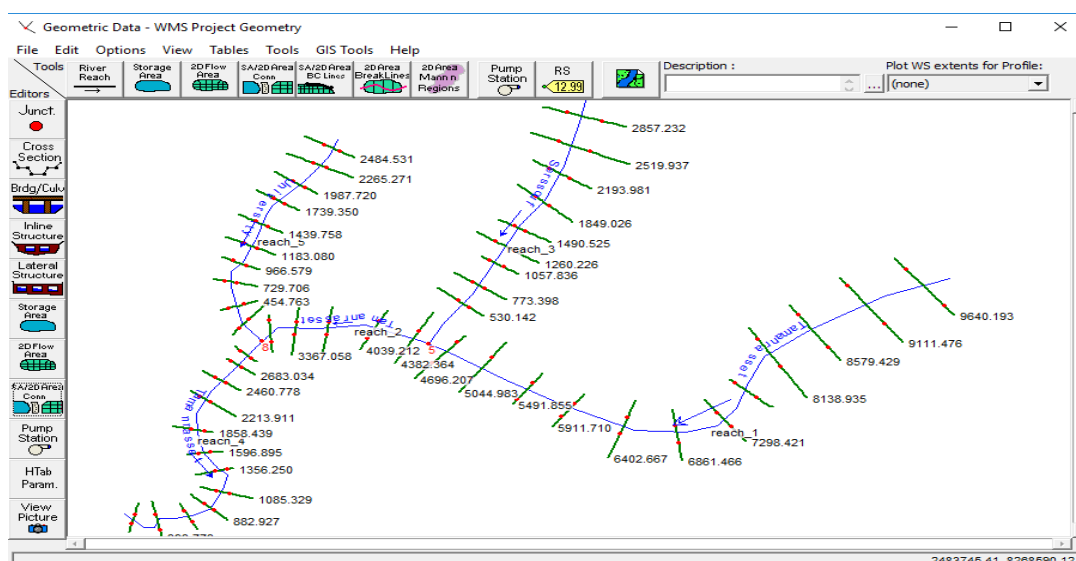


Figure III.11 : Introduction des données de simulation de l'Oued

Il est impératif de subdiviser l'oued en section linéaire de l'ordre de 100 mètres et le jeu de simulation se fait sous les différentes valeurs de débits : trois débits sont pris en considération en  $Q$  ( $m^3/s$ ) en termes de fréquence temps c'est ( $T=20$  ans,  $T=50$  ans,  $T=100$  ans).

## Chapitre III : Présentation des outils de calcul et application

Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates					
	River	Reach	RS	T 10	T20	T50	T100	T1000
1	Serssouf	reach_3	2857.232	1413.293	1625.887	1869.205	2082.859	2261.551
2	Tamanrasset	reach_1	9640.193	1413.293	1625.887	1869.205	2082.859	2261.551
3	Tamanrasset	reach_2	4382.364	1413.293	1625.887	1869.205	2082.859	2261.551
4	Tamanrasset	reach_4	2815.829	1413.293	1625.887	1869.205	2082.859	2261.551
5	University	reach_5	2484.531	1413.293	1625.887	1869.205	2082.859	2261.551

**Figure III.12:** Introduction des informations sur le débit d'eau de crue.

### III.5 Conclusion

Le quartier Serssouf dans la ville de Tamanrasset est représenté selon Arc Gis comme un exutoire traversé du Sud au Nord par la vallée Tamanrasset. Cette même vallée est la résultante de plusieurs vallées où les eaux de ruissellent convergent vers ces points à risque considéré comme étant des zones urbaines. L'analyse spatiale montre que ces zones sont à risque grave d'inondation puisque le point du rond-point près du Marché communal correspond à la fermeture cas totale de cet exutoire et les bâtiments exposés aux débordements d'Oued Tamanrasset sont sur le chemin d'Oued Serssouf. La simulation vis-à-vis de HEC-Ras nous a permis de faire ressortir les coupes (sections) où l'on peut mesurer la hauteur de débordement des Oueds afin de pouvoir par la suite estimer son étalement dans la zone à risque.

*Chapitre IV*  
*Résultat, analyse et discussion*

## **CHAPITRE IV : Résultats, Analyse et Discussions**

---

### **IV.1 Introduction**

Dans ce chapitre, pour le diagnostic de recherche de vulnérabilité aux inondations des bâtiments existants, nous avons retenu les trois indicateurs suivants : source de risque, ville et forme topographique, qui sont directement liés à l'aléa inondation et à l'environnement urbain. À cette fin, nous avons développé Digital Data for Real Mapping afin de produire une carte de vulnérabilité qui nous permet de mettre en évidence les quartiers à risque.

Dans cette partie de l'étude, nous avons cherché à définir l'étendue de la zone inondable par des crues de différentes périodes de retour en utilisant les résultats obtenus dans l'étude hydrologique. Par ailleurs, nous nous intéressons aux conditions d'écoulement de plusieurs parties qui jouent un rôle important dans le débordement de l'Oued de Tamanrasset ainsi que celui de Sersouf (zone de confluence, zone d'expansion des crues).

Les conditions hydrauliques utilisées reposent sur le calcul numérique aux conditions limites selon l'étude bibliographique établis. La simulation sera faite en régime permanent. La simulation sera faite en régime permanent. Cela va nous permettre de montrer comment se fait la simulation par l'introduction des débits en termes de fréquences dans le logiciel HEC-Ras.

### **IV.2 Modélisation**

#### **IV.2.1 Résultats de la cartographie sous Arc-GIS**

Pour le travail sur le programme Arc-GIS, Les résultats obtenus dans Map-Info sont exploité pour avancer dans notre étapes de détermination de la zone à risque mais cette fois en désignant un périmètre au long de Oued Tamanrasset comme il est indiqué sur la figure...

Par la superposition des cartes, il est indispensable d'insérer une carte MNT pour connaître les altitudes et les niveaux topographiques, et en superposition avec la carte satellitaire qui définit les zones à risque d'inondation ainsi nous obtenons la combinaison du tracé du relief de toute la vallée considéré dans notre zone d'étude du quartier Sersouf pendant l'inondation avec les données hydrogéologique.

#### **IV.2.2 Résultats de la modélisation sous HEC-Ras**

##### **IV.2.2.1 Principe d'élaboration**

L'objectif de cette modélisation est de simuler les crues d'oued Tamanrasset pour différentes périodes de retour établis selon historique recueillis de la région car aucun



# CHAPITRE IV : Résultats, Analyse et Discussions

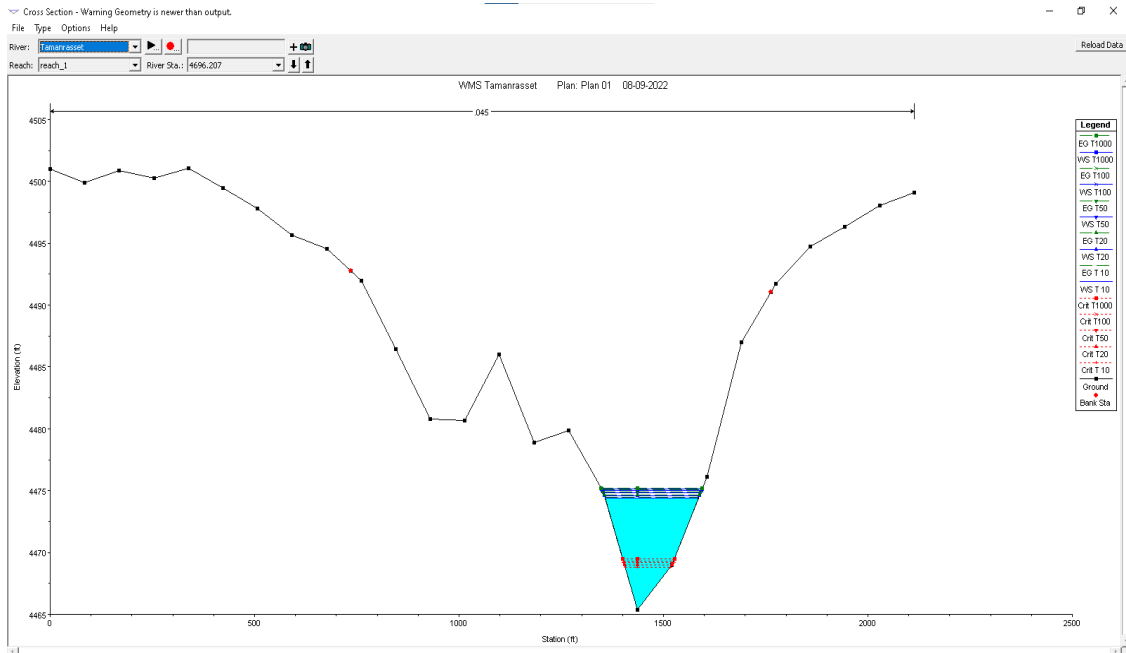


Figure IV.2 : Représentation de la simulation canal d'inondations sous HEC-Ras

## IV.2.2.3 Données géométriques de l'oued

La géométrie de l'oued sous HEC-RAS obtenu après analyse, traitement et transfert des données géométriques de l'oued de HEC-GeoRAS vers HEC-RAS sous l'environnement Arc GIS 10.8. La figure (IV.3) illustre l'allure de l'oued et ses stations qui représentent la section transversale.

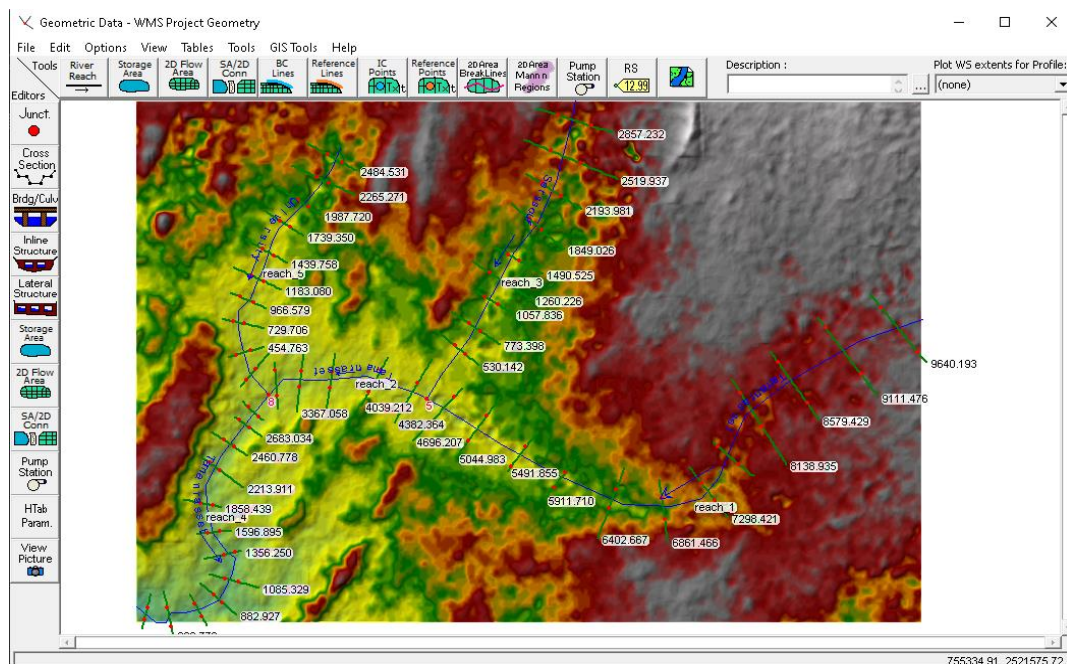


Figure IV.3 : Données géométriques de l'oued sous HEC-RAS

# CHAPITRE IV : Résultats, Analyse et Discussions

## IV.3 Analyses Discussions des Résultats

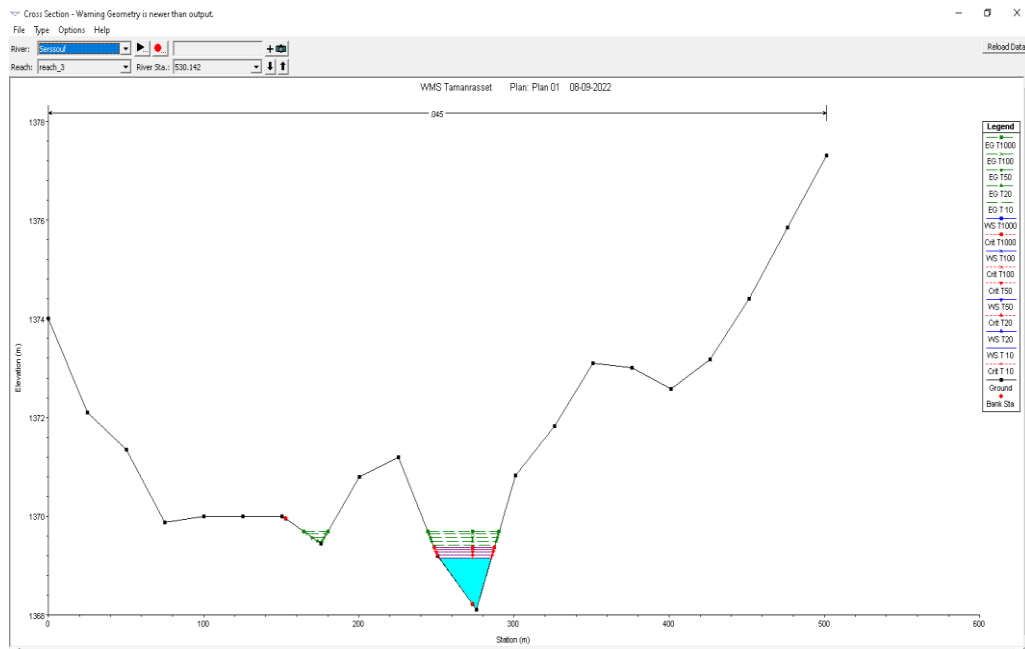
Enfin, ayant introduit pour chaque cas choisi selon ses paramètres ainsi que la prise en compte des caractéristiques, il est établi une subdivision de la linéarité d'oued Tamanrasset en section tous les 100 mètres, légèrement répartis. Un jeu de données sous le logiciel HEC-RAS nous permet de visualiser la forme d'un trapèze comme il est indiqué sur la figure

Montrant les résultats de la montée des crues le long du cours d'oued Tamanrasset, où l'on peut connaître la zone couverte par les eaux de crue en plusieurs points.

### IV.3.1 Elaboration De Jeux De Données

Une fois le modèle établi, nous optons pour les cas les plus défavorables. Les côtes maximales de la ligne d'eau pour les différents profils calculés peuvent être visualisées sous forme de graphique au niveau de chaque section transversale le long de l'oued ou sous forme de tableau récapitulatif des paramètres calculés. Les périodes de retour pris en considération correspondent aux sections transversales pour les différents profils (T=10 ; T=50 et T=100)

1. La figure IV.4 représente les résultats de simulation de débordement d'oued Tamanrasset à T=100 ans, avec un débit calculé de  $Q=2082.859\text{m}^3/\text{s}$  et qui représente Un débordement de l'ordre de 1.06mètre.



**Figure IV.4 :** Section transversale et profondeur de l'eau à la station (4696.207°)

## CHAPITRE IV : Résultats, Analyse et Discussions

---

Après avoir analysé les résultats de la Figure IV.5 par la simulation du programme HEC-RAS, nous avons obtenu qu'en cas de survenant dans cette zone la hauteur de l'inondation est arrivé à une hauteur de 49cm au-dessus du niveau de la hauteur d'oued Tamanrasset.

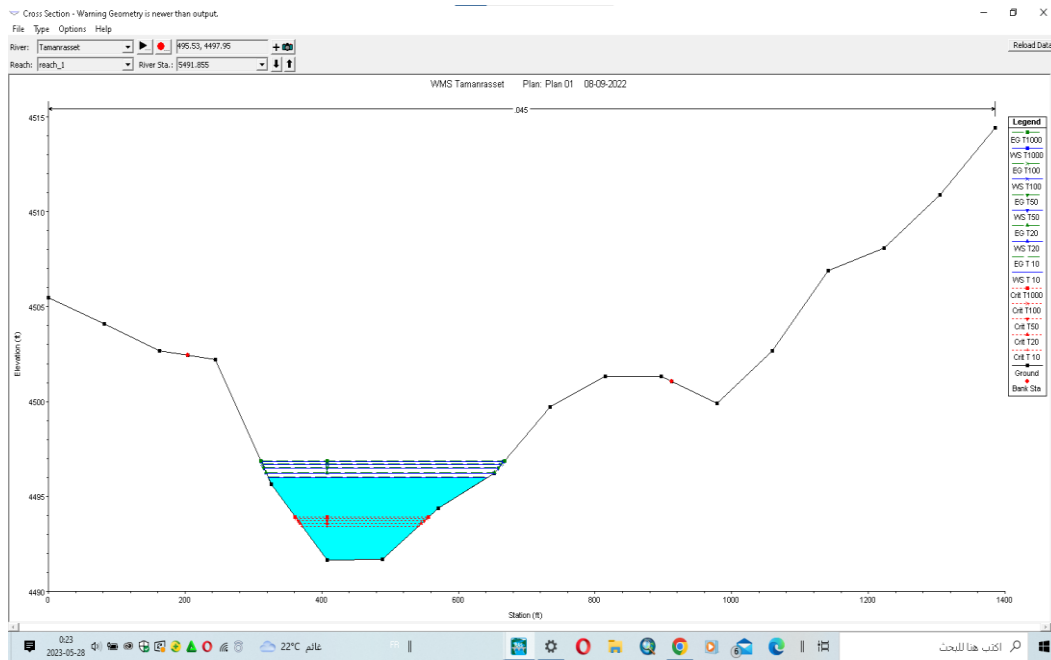


**Figure IV.5 :** Identification urbaine de la section 4696.207°

Cette partie du quartier Sersouf est très anciennes et d'après l'historique des inondations recueillis au niveau de la direction de la protection civil, il y'a eu des dommages sur les murs de clôture des constructions ainsi que pertes n'est pas protégé des inondations car il n'y a pas de protection. Les murs sont en pierres, ce qui signifie qu'il s'agit d'un ancien mur de soutènement ainsi que d'un court.

2. Sur la figure IV.6. il est représenté la montée du sur plus d'eau par simulation, qui est de l'ordre de 1.29 mètre, ce qui a causé d'après des témoignages des dommages dans cette partie.

## CHAPITRE IV : Résultats, Analyse et Discussions



**Figure IV.6:** Indication des résultats obtenus par jeux de données sous Hec-Ras. Section 5491.855°

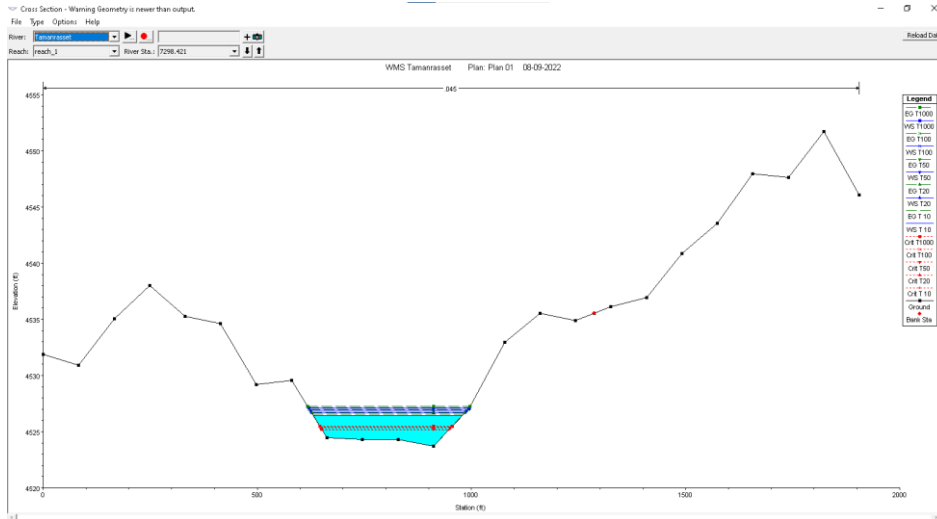
3. Sur la figure IV.7, une image réelle recueillie de témoins résidents le quartier Sersouf qui nous à cette endroit où le débordement qui est arrivée jusqu'à l'ordre de 0.59 mètre à quelques mètres de la berge de l'Oued Tamanrasset nous constatons la paralysie de la circulation avec immersion des véhicules des habitants.



**Figure IV.7 :** Photo réelle recueillie de témoins résidents à la section 5491,855°.2018

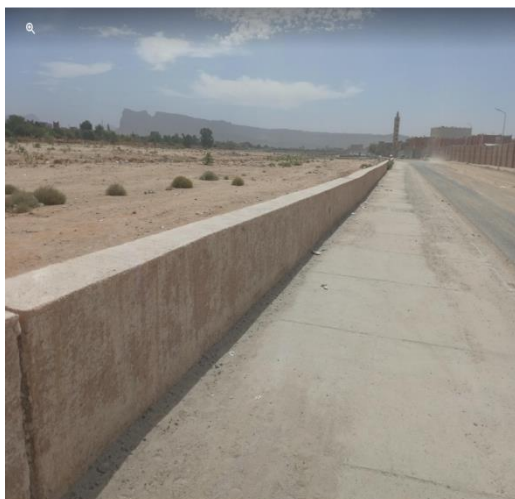
## CHAPITRE IV : Résultats, Analyse et Discussions

sur la figure. IV.8, il est représenté la montée du surplus d'eau par simulation, qui est de l'ordre de 0,60 mètre qui a diminué du niveau précédent de hauteur de 0,8 mètre, Mais reste-t-il que l'Oued Tamanrasset déborde toujours dans cette partie de la ville de Tamanrasset.



**Figure IV.8 :** Indication des résultats obtenus par jeux de données sous HEC-Ras. Section 7298.421°

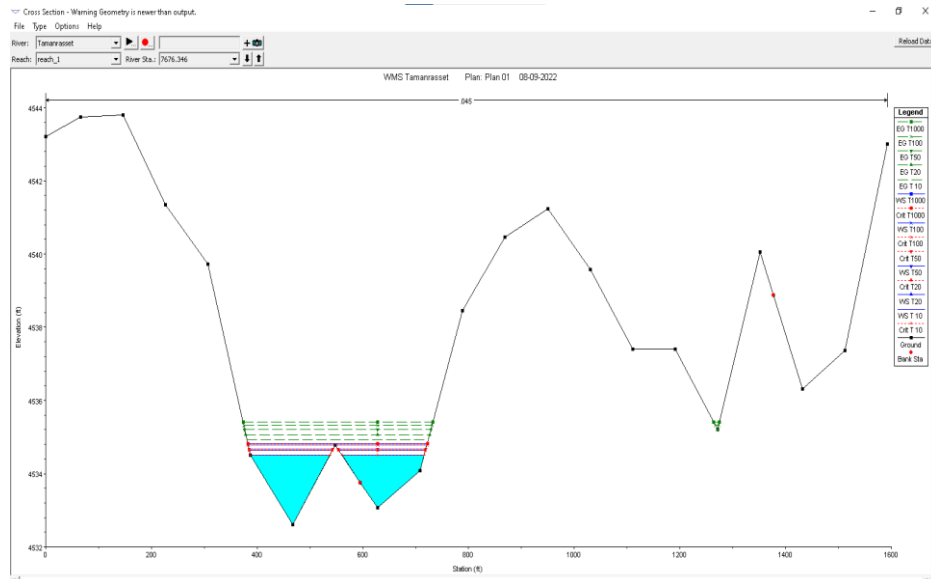
4. Sur la figure IV.9, il est représenté une image réelle du quartier Sersouf au niveau d'Oued Tamanrasset, montrant à quel point les habitations et jardins des particuliers sont proches de l'Oued ainsi que l'ancienne constitution du mur de soutènement en pierres et de faible profondeur, et cela constitue une réelle menace pour les habitants de la zone.



**Figure IV.9 :** Identification urbaine de la section 7289.421 (vue de côté et vue de face limitrophe à l'Oued Tamanrasset)

## CHAPITRE IV : Résultats, Analyse et Discussions

Sur la figure IV.9 il est représenté la montée du surplus d'eau par simulation, qui est de l'ordre de 0,42 mètre n qui a diminué du niveau précédent de hauteur de 0,56 mètre, Mais reste-t-il que l'Oued Tamanrasset déborde toujours. Comme la largeur à ce point augmente nous pensons que c'est la raison de cette diminution.



**Figure IV.10 :** Indication des résultats obtenus par jeux de données sous Hec-Ras. Section 7676.346

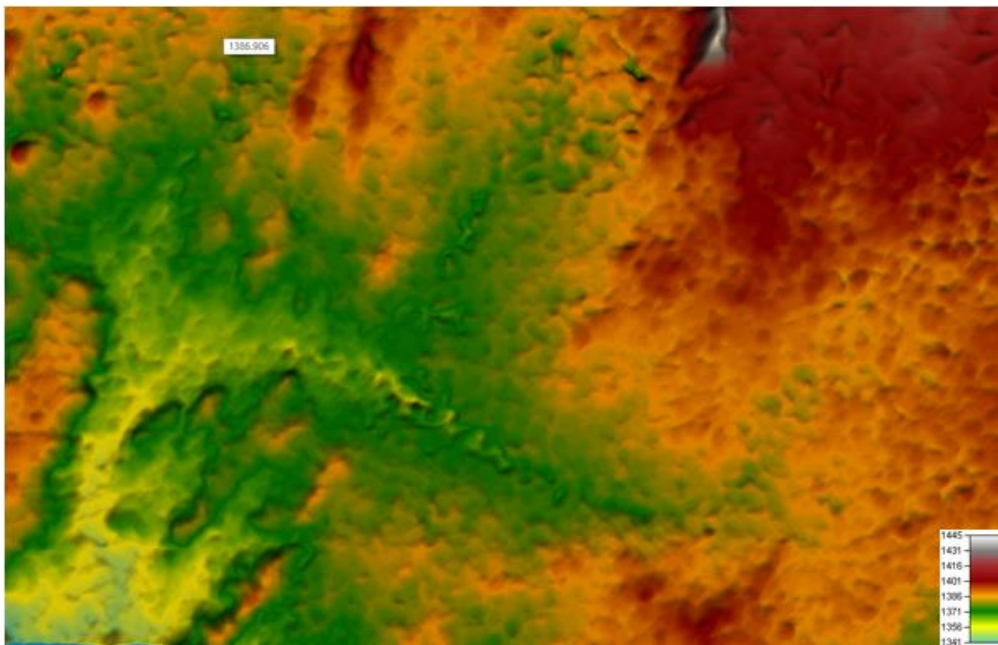
Sur la figure IV.10, il est indiqué une image réelle de la zone 7676.346 dans laquelle la hauteur de l'eau de crue est de 55 cm au-dessus du mur de soutènement en pierre, indiquant la proximité des bâtiments avec la vallée, et cela présente un danger pour les personnes et les biens du quartier de Sersouf.



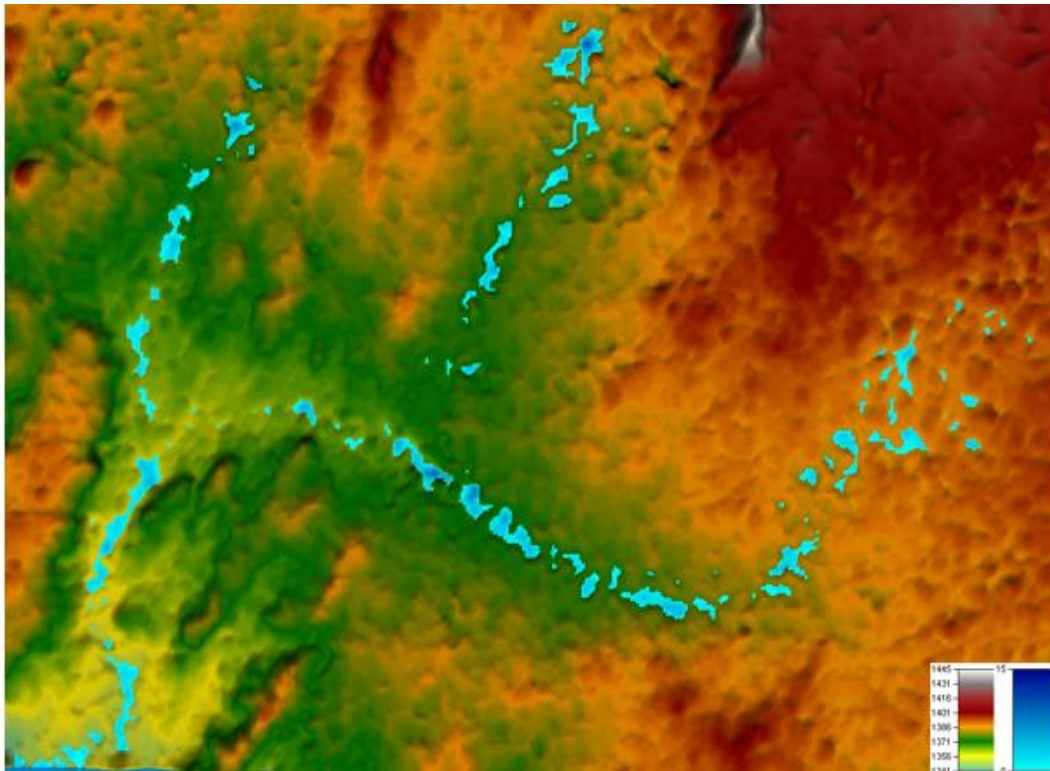
**Figure IV.11:** Identification urbaine de la section 7676.346

### IV.3.2 Simulateur de zone d'étude sous Hec-Ras

Au final, on remarque sur la carte du terrain figure IV.11 que nous avons obtenue à l'aide d'Arc-GIS sous HEC-Ras Géo-Ras, la zone d'étude sous forme 3D, ce qui nous montre que cette zone est située en un point critique bas ou toutes les averses de la vallée se regroupent, ce qui montre qu'il est exposé au risque d'inondation.



**Figure IV.12 :** Simulation 3D de la zone d'Oued à l'aide de MNT dans le programme de HEC-Ras.



**Figure IV.13:** Présentation de la hauteur d'eau sur RAS MAPPER de l'oued en régime permanent.

### IV.4 Résultats, Analyses et Discussions

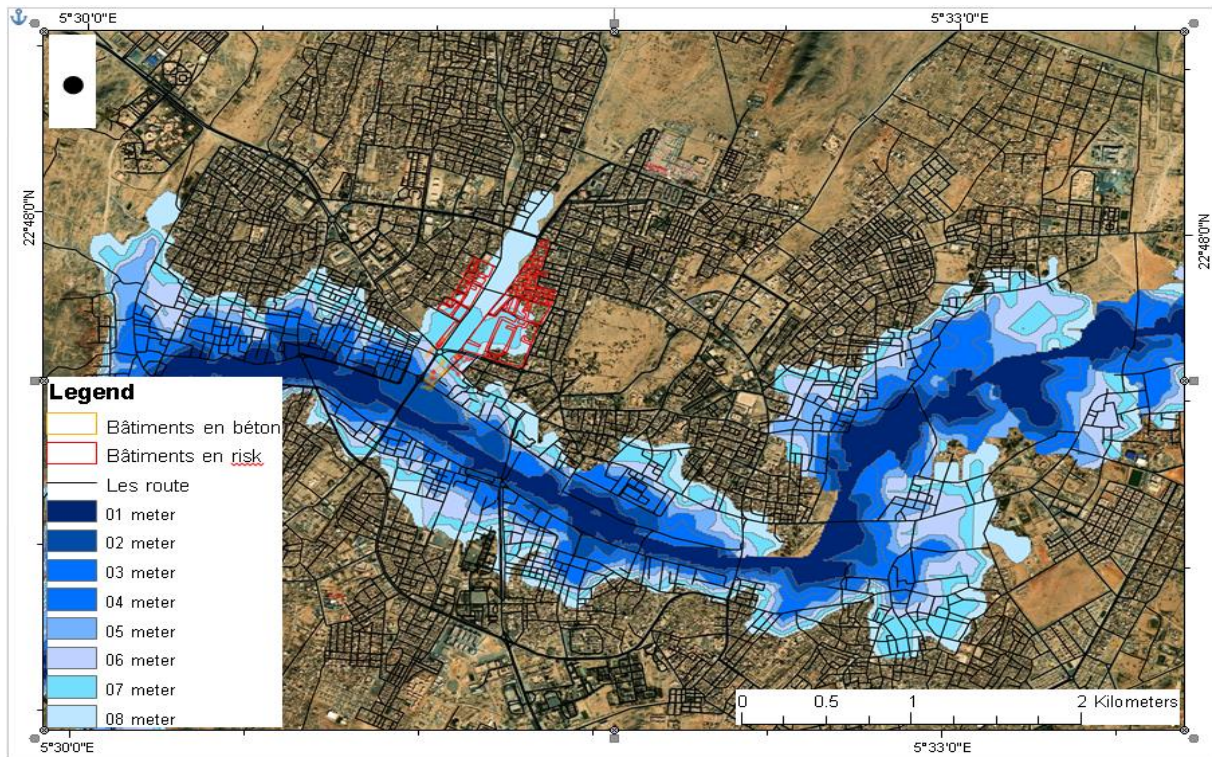
Nous avons simulé l'inondation de toute la vallée avec un débit de 10 à 100 ans à l'aide du modèle numérique d'élévation avec une précision de 10 mètres, et nous avons obtenu les résultats représentés sur la carte (Figure IV.13).

Le travail effectué avec un modèle numérique d'élévation de 10 mètres à l'aide de Global mapper nous a permis de voir la remonté des eaux et leurs pénétration dans le quartier Sersouf là ou l'accès des eaux se trouve confrontés à la présence d'un rond point qui cause l'élévation supplémentaire de l'eau

La zone de Sersouf est caractérisée par la diversité des constructions et la nature des structures en termes de composition. On remarque également que la plupart des aires urbaines sont des constructions en brique de terre (Toub), en termes de constructions en béton, leurs existence s'est faite par extension qui s'est étendue du bâtiment existant.

## CHAPITRE IV : Résultats, Analyse et Discussions

Dans la zone d'étude, nous avons constaté que la plupart des constructions sont anciennes et présentent une composition structurale en Toub, avec différentes méthodes de réalisation et de matériaux de constructions variés.



**Figure IV.14 :** carte de simulation d'oued Tamanrasset avec différents niveaux par programme global mapper.

L'analyse de la carte de simulation d'Oued Tamanrasset avec différents niveaux (Figure IV.13) nous a permis de qualifier et de hiérarchiser les niveaux de risques (de très fort à faible). Un risque d'inondation fort à très fort en quartier de Tahaggret Est et Tahaggret ouest peut être observé à partir d'un niveau de un mètre. Un risque d'inondation moyen à un niveau de 3 mètres peut être affecté l'agglomération de Guet-el-oued, Emechouene et Mouflon localisés le long de l'oued Tamanrasset. Les zones concernées par un niveau de risque faible se trouvent au Nord-est de la zone étudiée.

On remarque également dans la zone d'étude que le niveau d'eau par simulation peut atteindre jusqu'à 7 mètres de hauteur, ce qui constitue un grave danger pour les bâtiments construits en brique de terre (Toub) de la zone, et donc des mesures doivent être prises pour prévenir la survenance plausible d'un danger aussi important pour ce type de constructions qui par la présence de cette hauteur, les inondations peuvent impérativement provoquer leur effondrement complet.

## CHAPITRE IV : Résultats, Analyse et Discussions

---

Jadis, le quartier de Sersouf été caractérisé par un bâti traditionnel d'une architecture introvertie et des façades aveugle, mais l'état actuel de ce type de constructions est défiguré par les extensions de tous type de matériaux et a perdu son cachet patrimonial, à l'effet de plusieurs facteurs « l'effet du temps, vétuste du bâti, manque d'entretien, alternance dans les générations et changement dans les perceptions d'occupation. Cette mutation laisse une grande place au risque d'effondrement au cas de crues répétées.



**Figure IV.15 :** Vue sur les bâtisses en Toub (source : auteur).

Ces anciennes bâtisses, qui représentent la majorité de la région de Tamanrasset, n'ont pas été encore réhabilités et abrite une grande population de plusieurs générations, ce qui rend ces quartiers vulnérables aux pertes humaine et matériel suite à des inondations annuelle. Afin d'intervenir sur le bâti existant tel qu'il est, nous avons établis un recensement de ces bâtisses de mettre en avant leurs vulnérabilité pour d'éventuels restaurations ou réhabilitations tout en gardant leur aspect initiale et patrimoniale.

Il y a une timide proportion de constructions en béton qui ont vu le jour bien avant ces 30 dernières années et situé à l'extrémité de la zone d'étude. C'est à proximité de Sersouf que l'on recense le plus grand nombre de constructions en béton dont elle bénéficie d'un bouclier naturel vis-à-vis d'Oued Tamanrasset. Ce qui la rend assez invulnérable au risque d'inondation.



**Figure IV.15 :** Vue sur les bâtisses en béton dans le quartier de Sersouf (source : auteur).

Les structures en béton connus pour leurs résistance mécanique mais d'après la nature du sol de cette partie un risque d'affouillement des fondations est fort probable au cas de submersion répétées suit à des inondations annuelles.

La destruction d'une partie du mur en gabions de la berge d'Oued Tamanrasset a provoqué une vague violente d'une masse volumique importante de coulée de boue qui a trouvé refuge dans une zone de nivellement plus bas. Cela a causé de grave pertes matériels et par conséquent l'endommagement des structures de base des bâtisses existantes dans le quartier Sersouf, à force d'inondation répétées annuellement cela peut engendrés l'instabilité structurelle de ces dernières. Nous avons recensé près de 35 logements à travers les quartiers précités qui ont été gravement endommagés dont la nature des constructions était en Toub.

### **IV.5 Les propositions d'aménagement pour une meilleure gestion du risque d'inondation dans la zone d'étude**

- a) Réduire à moyen terme le cout des dommages liés à l'inondation :
- ✓ Eliminer le rond pond et rendre l'écoulement fluviale de l'Oued de façon naturelle;
  - ✓ Etablir un décapage de la berge qui est en face à la ville pour permettre à l'Oued de prendre son court dans un espace plus élargis ;
  - ✓ Une prise en compte de la gestion de l'exploitation du sable et tout venant de l'Oued pour éviter de déstabiliser l'écoulement naturel ;

## CHAPITRE IV : Résultats, Analyse et Discussions

---

- ✓ Elever le niveau du mur de soutènement prévu comme ouvrage de protection et le renforcer par des digues en blocs de béton armé afin de ralentir l'effet de pression fluviale;
- b) Un plan de secours des pour l'aire d'étude :
  - ✓ Réhabilitation les anciennes maisons.
  - ✓ Renforcement et renouvellement les éléments structuraux.
  - ✓ Utilisation des caniveaux a niveau des ruelles
- c) La nécessité d'un système d'alerte en cas de risque.
- d) Le citoyen doit être formé et informer pour mieux connaître le risque en développant les connaissances et la compréhension des inondations ce qui donne un citoyen partenaire dans le système de gestion des inondations.
- e) D'après les analyses des résultats obtenus en simulant les crues des périodes deretour de T à l'état critique à l'aide des logiciels HEC-RAS et Arc-GIS, nous avons obtenus des hauteurs d'eau en total allant jusqu'à 8 mètres à partir de la vallée la plus basse.

Afin d'éviter les conséquences dévastatrices des inondations du quartier Sersouf, il es t suggéré de protéger les résidences et les bâtiments du danger d'inondation par la construction d'un mur de soutènement en béton armé de 1.5m à la place du vieux mur de soutènement de 50cm existant en pierres sur les deux bords d'Oued Tamanrasset qui fait partie du centre de la commune de Tamanrasset à forte densité urbaine où l'oued se trouve juste au milieu.

- f) Révision des lois urbaines relatives à la définition des servitudes :

Elargir les zones de servitudes dans lesquelles la construction est interdite enrévisant la législation urbaine, où nous suggérons que la servitude soit supérieur à 150 mètres pour les zones et quartiers adjacents à Oued Tamanrasset ;

## **CHAPITRE IV : Résultats, Analyse et Discussions**

---

### **IV.6 Conclusion**

Dans cette dernière partie, nous avons essayé d'interpréter les résultats obtenus et analyser les conséquences d'une simulation qui peut devenir réalité en fonction de chaque sections tout en précisant les causes et conséquences afin d' identifier les sections à risque de débordement d'Oued Tamanrasset sur le long terme et proposer des solutions de protection urbaine dans une ville aussi importante que Tamanrasset (la porte de l'Afrique) que ce soit de par sa position géographique que par son rang économique vis-à-vis des wilaya du Sud du pays en prenant en considération le taux de perte humaines et matérielles sans autant oublier l'aspect technique et économique à des fins de réduire le cout des risque les inondation.



# *Conclusion générale*

## Conclusion Générale

---

L'urbanisation non contrôlée augmente le risque d'inondation non seulement par ce que la croissance urbaine et démographique dans l'aire de répartition identifiée est également due aux aménagements installés qui créent par la suite des obstructions à l'écoulement de l'eau, aggravant les conséquences de l'aléa.

Ces inondations urbaines présentent un risque potentiel pour la vie humaine, Le patrimoine environnemental et culturel des villes, qui contribue dans le monde entier à dommages, pertes de vie et dégâts matériels Développement économique, social et environnemental des villes dans un Inondation, tout va bien, sauvez les êtres de tout cœur Humanité et biens collectifs protégés, oublié de protéger le patrimoine La culture, malgré sa fragilité, est importante en tant que ressource héritée du passé, car une fois perdue, elle ne peut se régénérer.

Nous avons défini le phénomène d'inondation qui est un phénomène nature qui représente la moitié des catastrophes naturelles mondiales en raison de leur fréquence et de leurs graves conséquences humaines et matérielles. Nous avons aussi décrit d'une manière générale les causes et les principaux types d'inondation... etc. Ainsi nous avons donné un bref aperçu sur les inondations en Algérie.

Nous avons défini les données nécessaires pour notre zone d'étude que ce du point de vue géomorphologique, topographique et hydrogéologique. Ces données nous ont servis à éclaircir l'image du site vis-à-vis de sa sensibilité à l'aléa inondation. De ce fait, il a été donc traité par la suite les informations et données de base afin de lancer la structuration et le diagnostic de l'état des lieux par type de construction et par espace d'occupation de la périphérie des quartiers exposés et qui se résume à Sersouf.

Les caractéristiques spatiales et thématiques de la technologie SIG nous ont permis de superposer différentes données et nous ont facilité l'utilisation les opérateurs de gestion et de traitement de l'information.

Le quartier Sersouf dans la ville de Tamanrasset est représenté selon Arc Gis comme un exutoire traversé du Sud au Nord par la vallée Tamanrasset. Cette même vallée est la résultante de plusieurs vallées où les eaux de ruissellent convergent vers ces points à risque considéré comme étant des zones urbaines. L'analyse spatiale montre que ces zones sont à risque grave d'inondation puisque le point du rond point près du Marché communal correspond à la fermeture cas totale de cet exutoire et les bâtiments exposés aux débordements d'Oued Tamanrasset sont sur le chemin d'Oued Sersouf. La simulation vis-à-

## Conclusion Générale

---

vis de HEC-Ras nous a permis de faire ressortir les coupes (sections) où l'on peut mesurer la hauteur de débordement des Oueds afin de pouvoir par la suite estimer son étalement dans la zone à risque.

Nous avons tenté de développer les fondements de deux concepts composant la notion générale de la dualité du risque à savoir « Aléa » et « Vulnérabilité ». En effet, dès lors, nous avons émis comme hypothèse que la vulnérabilité urbaine est le fait de croisement des indicateurs qui ont une relation directe avec l'aléa d'inondation et le milieu urbain et à travers

Où est cet échantillon représentatif nous avons pu démontrer que cette évaluation en se basant sur la spatialisation et la cartographie des trois composants de la cryptique du risque traduit par une carte de vulnérabilité.

## *Références bibliographique*

## Références bibliographiques

---

- [1] MERABET Abbés (2006): «Etude de la protection de la ville de Sidi Bel Abbés contre les inondations», Mémoire de Magister, Université de Djilali Liabes-Sidi Bel Abbés.
- [2] LEDOUX Bruno (2006) : « La gestion du risque inondation », Edition TEC et DOC, 11 rue Lavoisier-Paris. Mr BACHI Mohamed BIBLIOGRAPHIE
- [3] HARIF HABIBA et FARDJAOUI Nesrine. RISQUES D'INONDATION ET OCCUPATION DES SOLS Cas de la ville de AIN EL MELH. UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA 2018
- [4] Hallil Abdelkader. La commune de Medrissa face au risque d'inondation Appréciation et perspectives de solutions. Mémoire master Académique. Université mohamed boudiaf – M'sila. 2017.
- [5] BENNIS Saad (2004) : « Hydraulique et hydrologie », 2ème Edition, École de technologie supérieure-Canada
- [6]. Conseil général de l'Environnement et du Développement durable, Vulnérabilité des réseaux d'infrastructures aux risques naturels, Volume 1, n° 008414-01, Septembre 2013.
- [7] HALLOUCHE Bachir (2007) : « Cartographie des zones inondables de la plaine de Sidi Bel Abbés par l'approche hydrogéomorphologique », Mémoire de Magister, Université Djilali Liabes - Sidi Bel Abbès
- [8]. CEPRI, Le bâtiment face à l'inondation Diagnostiquer et réduire sa vulnérabilité, Guideméthodologique, Mars 2010.
- [9] BOUBCHIR Abdellah (2007) : « Risques d'inondation et occupation des sols dans le Thore (région de Labruguière et de Mazamet) », Mémoire de Master en Géographie et Aménagement, Institut Daniel Faucher Université de Toulouse
- [10] CHACHOUA Abdeldjalil (2009) : « Gestion de crue dans un bassin versant ; Etude Hydrologique, Hydraulique et Aménagement », Mémoire de Magister-Université de Tlemcen.
- [11] Narcisse MALANDA, Paul LOUZOLO-KIMBEMBE, Yannick Destin TAMBANSEMI, Etude des caractéristiques mécaniques d'une brique en terre stabilisée à l'aide de la mélasse de canne à sucre, Document de recherche, Université Marien N°GOUABI, Octobre 2017.
- [12]. SALMI Safia, La construction en pise entre performances énergétiques et perception des usagers (cas du village kabyle Ait Itchir), Mémoire de Magister, Université Mouloud Mammeri– TIZI OUZOU, 26/02/2014.
- [13] J. Mater, Réhabilitation du patrimoine architectural en terre, un héritage à sauvegarder, ISSN : 2028-2508, CODEN : JMESCEN, 7 /10/ 2016
- [14] BOUTATA HABIBA(2017) : RISQUE D'INONDATION DANS LA REGION DE TAMANRASSET (SOUS BASSIN VERSANT D'OUED TAMANRASSET), centre Universitaire Amine Elokhal El hadj Moussa Eg Akhamouk-Tamanrasset.
- [15] Yahiaoui, A., 2012, Inondations torrentielles\_ cartographie des zones vulnérables en Algérie du nord (cas de l'oued Mekrara, wilaya de Sidi Bel Abbés), Thèse de doctorat, Ecole Nationale Polytechnique.

## Références bibliographiques

---

- [16] Torterotot, J. P., 1993, Le coût des dommages dus aux inondations : estimation et analyse des incertitudes, Thèse de doctorat, spécialité Sciences et Techniques de l'Environnement, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.
- [17], G., 2000, Flood disasters: lessons from the past worries for the future. Proc Instn Civ. Engrs Water & Mar. Engng, 2000.
- [18] Bououden Zineb et Kouadra Zeyneb(2020) :Contribution à la protection de centre-ville d'Aïn Mellouk wilaya de Mila contre les inondations. Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf –Mila.
- [19] BENZAZA Riadh & DAHECH Taher (2019): Modélisation de l'écoulement des eaux dans la nappe d'inféoflux dans la région de Tamanrasset,UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA. 2019
- [20] Belkacem Bitat (2013) : L'eau à Tamanrasset : Gestion d'une pénurie. Mémoire de magistère en Aménagement de territoire université de Constantine1.
- [21] Beloulou.L(2008): Vulnérabilité aux inondations en milieu urbain. Cas de la ville de Annaba (Nord-Est Algérien).Thèse de doctorat en Hydrologie université Badji MokhtarAnnaba.
- [22] : Mr Midoun – Cours « System d'Informations Géographiques » Master 2 informatique SIG Faculté des sciences exactes et de l'Informatique / Université de Mostaganem 2013.
- [23] : BEGUIN Michèle & PUMAIN Denise(2003) :La représentation des données géographiques : statistique et cartographie, Paris, Armand Colin.
- [24] Ben mansour nadir (2009): Etude de crues et localisation des zones inondables, Mémoire de Magister,Ecole Nationale Supérieure Agronomique El Harrach Alger.
- [25] BEN SIDI AHMED L'hachimi. MÉMOIRE DE MASTER.