



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



## **Université Amar Thelidji- Laghouat**

**FACULTÉ: Génie-Civil & Architecture**

**DÉPARTEMENT: Génie-Civil**

**DOMAINE : Science et Technologie**

**FILIÈRE : Génie-Civil**

**OPTION : Structures**

### **MÉMOIRE DE MASTER**

**Identification de la vulnérabilité des structures au débordement  
d'oued chaâba au niveau de la commune de Hamla. Batna**

**Présentés par : KHATTARA Omar et AOUF Zohir**

#### **Membre du Jury :**

M<sup>r</sup> B.BENFERHAT

MAA

Président

M<sup>me</sup> M.MERGHOUB

MAA

Examinatrice

M<sup>me</sup> F.BOULAGHMEN

MAA

Promotrice

M<sup>r</sup> A. BENCHEHEIDA

MAA

Co-Promoteur

Promotion Juin 2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## **Remerciements**

*Avant tout, nous remercions DIEU tout puissant de nous avoir donné la foi, la force, le courage, la persistance et nous a permis d'exploiter les moyens disponibles à fin d'accomplir ce modeste travail de Projet de Fin d'étude.*

*Une sincère reconnaissance pour nous avoir éclairé*

*Le chemin de la réussite.*

*Nos plus vifs remerciements vont à M<sup>me</sup> F. BOULAGHMEN et Mr A. BENCHEHEIDA pour avoir accepté de nous encadrer et nous diriger tout au long de la réalisation de ce projet, et pour tous les conseils instructifs et judicieux et surtout sa disponibilité.*

*Nous tenons à remercier également les membres de jury :*

*M<sup>r</sup> B. BENFERHAT. B et M<sup>me</sup> M. MERGHOUB pour avoir*

*accepté d'examiner ce travail.*

*Nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué au succès de ce travail, en particulier M<sup>r</sup> A. ANNANE et*

*M<sup>r</sup> A. GUIDOUM et M<sup>me</sup> OH. BELMECHRI.*

*Nous exprimons nos sincères remerciements à tous les professeurs du département de Génie-Civil qui, grâce à leurs conseils et à leurs efforts pendant toutes ces années de formations, nous ont donné la possibilité de nous accomplir comme étant cadre en Master Structures.*

*Un grand merci pour la fraternité au sein de la Promotion*

*2021*

## **Dédicace**

*En témoignage d'amour et d'affection, je dédie ce modeste travail  
avec une grande fierté à tous ceux qui me sont chers :*

*A ma très chère mère **Fatima** , qui a œuvré pour ma réussite, de par  
son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux  
conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie.*

*A mon très cher père **Messaoud**, qui peut être fier et trouver ici le  
résultat de longues années de sacrifices et de privations pour  
m'aider à avancer dans la vie.*

*Que Dieu vous protège et que la réussite soit toujours à ma portée  
pour que je suis puisse vous combler de bonheur.*

*A tous mes frères et sœurs pour leur dévouement, leur  
compréhension et leur grande tendresse, qui en plus de m'avoir  
encouragé tout le long de mes études, m'ont consacré beaucoup de  
temps et disponibilité, et qui par leur soutien, leurs conseils et leur  
amour, m'ont permis d'arriver jusqu'à ici car ils ont toujours cru en  
moi, Merci d'avoir toujours soutenu et merci pour tout les bons  
moments passé ensemble, et ce n'est pas fini.*

*A ma fiancée*

*A toute ma famille **KHATTARA***

*A mon chère binôme: **AOUF Zohir***

*A mes tous me amies sans exception ,Je ne peux trouver les mots  
justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées,  
vous êtes pour moi des sœurs et des amies sur qui je peux compter.  
En témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les  
moments que nous avons passés ensemble, je vous dédie ce travail et  
je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.*

***KHATTARA Omar.***

## **Dédicace**

*On dit souvent que le trajet est aussi important que la destination. Les années d'étude m'ont permis de bien comprendre la signification de cette phrase toute simple. Ce parcours, en effet, ne s'est pas réalisé sans défis que j'ai relevés à travers l'effort et travail.*

*Je tiens à remercier **ALLAH** le tout puissant de m'avoir donné la foi et de m'avoir permis d'en arriver là.*

*Je tiens à remercier tous ceux qui m'ont encouragé et se sont tenus à mes cotes bientôt et de loin, me souhaitant toujours du succès.*

*Je dédie ce modeste travail à l'homme de ma vie mon père **Slimane** et A la lumière de mes jours, ma vie et mon bonheur à ma mère **Messaouda**.*

*À mes chers frères et sœurs.*

*À ma fiancée.*

*Je dédie à la famille **AOUF** Et **OUALI** .*

*À toute ma famille.*

*A tous mes amis en particulier mon chère binôme: **KHATTARA Omar**.*

**AOUF Zohir.**

## **Résumé :**

*Les grands risques de toutes sortes sont au premier plan des préoccupations des pays développés, car ils sont étroitement liés à la vie quotidienne, d'une part, et à l'ampleur des pertes matérielles et humaines qu'ils provoquent, qui ont un impact direct sur le développement économique et social, sur l'autre. Les inondations, comme tous les autres dangers, constituent une menace pour tous les pays du monde. c'est devenu un phénomène fréquent ces derniers temps, laissant de grandes pertes dues à plusieurs considérations, dont les plus importantes sont : le changement climatique, l'urbanisation accrue et la reconstruction dans les zones inondables ..., La conduite des grands risques en Algérie en est encore à ses balbutiements, malgré toutes les tentatives précédentes. D'après le problème à l'étude et l'hypothèse possible, il s'avère que des inondations surviennent lorsque des éléments humains et naturels se réunissent. Après avoir évalué la ville de Batna, nous constatons qu'un endroit sensible est menacé par l'inondation. Notre conclusion est que la gestion de la menace d'inondation à Batna est secondaire pour les autorités concernées et pour les citoyens.*

**Mot clés :** Inondation, Oued, Structure, Vulnérabilité

## **Abstract:**

*Major risks of all kinds are at the forefront of the concerns of developed countries because they are closely linked to daily life, on the one hand, and because of the magnitude of the material and human losses caused by them, which have a direct impact on economic and social development, on the other. Flooding, like all other hazards, is a threat to all countries in the world. The conduct of major risks in Algeria is still in its infancy, despite all previous attempts. From the problem at hand and the possible hypothesis, it turns out that floods arise when human and natural elements come together. After assessing the situation in Batna, we find that a sensitive location is threatened by the flood. Our conclusion is that the management of the flood threat in Batna is secondary to the authorities concerned and to the citizens.*

**Keywords:** Flood, Oued, Structure, Vulnerability,

## **ملخص:**

المخاطر الكبرى بمختلف أنواعها مكان الصدارة في اهتمامات الدول المتقدمة لارتباطه الوثيق بالحياة اليومية من جهة , ولضخامة الخسائر المادية و البشرية الناجمة عنها و التي تؤثر بصورة مباشرة على الناحية التنموية الاقتصادية و الاجتماعية من جهة أخرى . الفيضان و على غرار جميع المخاطر الأخرى يعتبر تهديد تعاني منه جميع دول العالم , وقد أصبح كثير الحوادث في الأونة الأخيرة خلفا خسائر كبيرة و ذلك لعدة اعتبارات أهمها : التغير المناخي , زيادة التحضر و التعمير في مناطق الفيضان ... إن تسيير المخاطر الكبرى في الجزائر لا يزال في بداياته رغم جميع المحاولات السابقة كونه يتطلب تخطيط استراتيجي يأخذ بعامل المكان و الزمان . و من خلال الإشكالية المطروحة و الفرضية المحتملة , فقد تبين لنا أن الفيضانات تنشأ عند تجمع العناصر البشرية و الطبيعية معا . و بعد تقييمنا للوضع في مدينة باتنة وجدنا أن ذات موضع حساس يهدده خطر الفيضان . و خلصنا إلى أمر مهم هو أن تسيير خطر الفيضانات في مدينة باتنة هو أمر ثانوي بالنسبة للسلطات المعنية وللمواطنين, أما طرق التسيير فقد اقتصر على الحماية فقط و المجددة في منشآت الحماية هذه الأخيرة معظمها لم يعد فعال .

**الكلمات المفتاحية :** الهشاشة ، الواد ، الهياكل ، الفيضانات

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les zones sujettes aux inondations souffrent de différentes types d'inondations, y compris des caractéristiques qui affectent le cours de la crise et le degré d'impact humain et économique. Différentes zones d'exposition présentent des risques différents en raison de risque et vulnérabilités différentes ; les inondations se produisent de manière relativement lente dans les bassins plats, et très rapide et brutale dans les bassins inclinés. De plus, s'il n'y a pas ou très peu de personnes vivant dans les zones inondables, l'inondation ne provoquera pas de catastrophes pouvant marquer l'esprit.

Avant d'entamer une procédure de protection contre les inondations d'une zone urbaine, l'étude du site est nécessaire afin de connaître les caractéristiques physiques du lieu et les facteurs qui influencent sur la gravité de l'évènement majeur qui est l'inondation. En effet, chaque site présente des spécificités, touchant en particulier la protection que ce soit les données naturelles du site, les données démographiques de la population et les données propres d'hydrologie.

La ville de Batna fait partie de ces villes qui sont exposées au risque d'inondation de par sa situation géographique et du nombre d'affluents qui déversent dans la vallée (Oued Tazoult, Oued Azab, Oued Hamla Oued Segen) et se jettent en fin de parcours dans Oued Al-Kursi. Ces affluents existent dans une zone urbaine et représentent un réel danger pour les personnes et les biens malgré de nombreuses études et les capacités déployées depuis l'époque coloniale en 1948 jusqu'à nos jours. Le dernier de ces projets est de transformer la vallée par le détournement de ces affluents afin de protéger la partie Nord-Est, tandis que la partie Nord-Ouest de la ville reste exposée à de fréquentes inondations dès qu'un nuage de pluie arrive. Malgré que le projet a coûté deux milliards et 612 millions de dinars Algériens, le danger est encore grand. Pour ces raisons que nous avons établies une étude sur deux approches dont les plus importantes sont l'approche hydrologique et l'approche géomorphologique.

Dans cette dernière partie, il est présenté notre zone d'étude et expliqué la méthodologie qu'on nous avons suivis pour la réalisation des cartes de vulnérabilités de zone de Hamla. Par la suite, nous allons exploiter les données d'Oued Hamla introduit dans logiciel pour une éventuelle simulation d'écoulement. Pour cela il est recommandé d'établir des sections de façon linéaire sur une longueur de 100m. Les résultats obtenus peuvent être visualisés sous forme de fichiers graphiques (trapèze) ou sous forme de tableau.

## Liste du figure :

<b>Figure 1.</b> Comparaison des dégâts par les différentes catastrophes.....	2
<b>Figure 2.</b> Exemples d'Aléas naturels.....	3
<b>Figure.3.</b> Diagnostic en génie civile.....	13
<b>Figure 4.</b> Cycle du diagnostic des pathologies et de la maintenance d'un bâtiment.....	14
<b>Figure 5.</b> Inondation de Plaine.....	17
<b>Figure 6.</b> Inondation par remontées des nappes phréatiques.....	17
<b>Figure 7.</b> Inondation par crues torrentielles.....	18
<b>Figure 8.</b> Inondation par ruissellement en secteur urbain.....	19
<b>Figure .9.</b> Exemple de rupture de barrage comme Aléa technologiques.....	20
<b>Figure 10.</b> Inondation Ghardaïa, Octobre 2008.....	20
<b>Figure 11.</b> Situation géographique.....	25
<b>Figure 12.</b> Présentation d'Oued Hamla.....	27
<b>Figure 13.</b> Variation mensuelle des températures minimales et maximales.....	30
<b>Figure 14 .</b> Pluviométrie de la station de Hamla.....	32
<b>Figure 15.</b> Changements saisonniers de pluie de la station de Hamla(1996-2001).....	33
<b>Figure 16.</b> Nombre de jours de précipitations par station de Batna.....	33
<b>Figure 17 .</b> Débit de crue des bassins partiels de la Wilayat de Batna.....	34
<b>Figure 18.</b> Présentation la zone d'étude.....	36
<b>Figure 19.</b> Inondation de Batna 22/08/ 2018.....	36
<b>Figure 20.</b> Inondation de Batna 19/11/2011.....	37
<b>Figure 21.</b> Inondation de Batna 22/08/2018.....	37
<b>Figure 22.</b> Inondation de Batna 02/09/2019.....	37
<b>Figure 23.</b> Inondation de Batna 02/09/2020.....	37
<b>Figure 24.</b> Degré de danger selon l'aspect géologique.....	39
<b>Figure 25.</b> présentation de l'interface de SIG .....	42
<b>Figure 26.</b> Schéma d'un Système d'Information Géographique .....	43

<b>Figure 27.</b> Présentation de la table L'interface de Map-Info avec introduction des données.....	44
<b>Figure 28.</b> Interface de logiciel.....	45
<b>Figure 29.</b> la carte satellitaire numérisée de Hamla .....	45
<b>Figure 30.</b> Intégration des champs pour réaliser les différentes couches .....	46
<b>Figure 31.</b> Le tracé de la zone à risque en superposition de la carte satellitaire.....	46
<b>Figure 32.</b> Carte satellitaire avec indication des éléments de couches de Hamla .....	47
<b>Figure 33.</b> Présentation du logiciel HEC-RAS .....	48
<b>Figure 34.</b> Ouvrir les dessin .....	49
<b>Figure 35.</b> Sélection du fichier associé de Map-Info à Hec-Ras .....	49
<b>Figure 36.</b> Importation du fichier pour l'application du calcul .....	50
<b>Figure 37.</b> Introduction des données Géométries de Oued Hamla .....	50
<b>Figure 38.</b> Configuration urbaine de de la carte satellitaire de Hamla au HEC-RAS .....	51
<b>Figure 39.</b> La direction du cours d'eau d'Oued Hamla .....	51
<b>Figure 40.</b> Configuration des géométrique de l'Oued .....	52
<b>Figure 41.</b> Représentation trapézoïdale du lit d'Oued en 21 sections .....	52
<b>Figure 42.</b> Le contexte principal de sauvegarde et sélection des zones à risque .....	53
<b>Figure 43.</b> Représentation transversale et profondeur de l'eau à la section N°2000.....	55
<b>Figure 44.</b> Présentation photographique de la Section N°2000.....	55
<b>Figure 45.</b> Représentation transversale et profondeur de l'eau à la section N°1700.....	56
<b>Figure 46.</b> Présentation satellitaire de la proximité d'Oued Hamla à la zone militaire .....	56
<b>Figure 47.</b> Représentation transversale et profondeur de l'eau de la section N°1500.....	57
<b>Figure 48.</b> Présentation réelle de la section N°1500 par l'image satellitaire .....	58
<b>Figure 49.</b> Représentation transversale et profondeur de l'eau de la section N°1400.....	58
<b>Figure 50.</b> Présentation réel en image de la section N°1400 : Hamla 02.....	59
<b>Figure 51.</b> Représentation transversale et profondeur de l'eau de la section N°800.....	60
<b>Figure 52.</b> Présentation réel en image de la section N°800 : Hamla 01 .....	60

<b>Figure 53.</b> Représentation transversale et profondeur de l'eau de la section N°400.....	61
<b>Figure 54.</b> Présentation réel en image de la section N°400 : Hamla 01 .....	62
<b>Figure 55.</b> Présentation de la hauteur insuffisante des berges en pierre pour un débit maximal .....	63
<b>Figure 56.</b> Exemple de réalisation d'un mur de soutènement des berges d'Oued M'zab.....	63
<b>Figure 57.</b> Exemple de l'achèvement du mur de soutènement d'Oued M'zab (Ghardaïa).....	64
<b>Figure 58.</b> Présentation de la zone à protégée par un mur de soutènement d'oued Hamla ....	64
<b>Figure 59.</b> Présentation de la proposition d'élargissement d'oued Hamla.....	65

### Liste des images :

<b>Image 1.</b> system des portique au Hamla (Batna).....	10
<b>Image 2.</b> maison en maçonnerie au Batna.....	11

### Liste des Tableaux :

<b>Tableau 1 :</b> Les coordonnées géographiques des stations pluviales dans le Bassin de la ville de Batna.....	29
<b>Tableau 2 :</b> Variation des températures mensuelles.....	30
<b>Tableau 3 :</b> des variations annuelles des précipitations pour la période 1969 à 2001 au statut de station de Hamla.....	31
<b>Tableau 4 :</b> des variations annuelles de l'excédent et du déficit de pluie pour la période (1969-2001) .....	32
<b>Tableau 5 :</b> Changements saisonniers de pluie la station de Hamla.....	32
<b>Tableau 6 :</b> La valeur de Perte de la station de Batna en 2014.....	33
<b>Tableau 7 :</b> La superficie et le périmètre de chaque bassin partiel.....	34
<b>Tableau 8 :</b> Débit d'Oued Hamla .....	35
<b>Tableau 9 :</b> Historique des inondation.....	38
<b>Tableau 10 :</b> La population a doublé selon le taux de croissance .....	39
<b>Tableau 11 :</b> Tableau récapitulatif du coût des travaux de l'aménagement (vrd, aménagement, mur de soutènement.....	66

## **Glossaire :**

DGPCA: Direction Générale de la Protection Civile d'Alger.

SPPPI: Secrétariat Permanent pour la Prévention des Pollutions Industrielles

A N R H : Agence National Ressource Hydraulique

APC : assemblée populaire communale.

S I G : système informatique géographique.

U N I S D R : united nations international strategy for disaster reduction.

# Table des Matière

## Chapitre I: Généralités sur les Inondations et la Vulnérabilité des Structures

I.1	Introduction :	1
I.1.1	les catastrophes naturelles :	1
I.2	Risque :	2
I.2.1	Risque naturel :	3
I.2.2	Les risques technologiques :	3
I.3	Aléa :	3
I.4	Vulnérabilité :	4
I.4.1	Types de Vulnérabilité :	4
I.4.2	Vulnérabilité Urbaine:	4
I.4.2.1	Facteurs structurels de la vulnérabilité :	4
I.4.3	Facteurs géographiques et conjoncturels de la vulnérabilité :	6
I.4.4	Catégorie d'analyse de la vulnérabilité :	7
I.4.5	Types de vulnérabilités Urbaine:	8
I.5	Débordement des cours d'eau :	9
I.6	Oued :	9
I.7	Ville :	10
I.7.1	Structure :	10
I.7.1.1	Système poteaux poutres :	10
I.7.1.2	maçonnerie :	11
I.8	Définition d'un Diagnostic :	11
I.9	Inondation :	16
I.9.1	Inondations de plaines :	16
I.9.2	Inondations par remontées des nappes phréatiques:	17
I.9.3	Inondations par crues torrentielles :	18
I.9.4	Inondations par ruissellement en secteur urbain :	19

I.9.5	Inondations par rupture d'ouvrage ou d'embâcle : .....	19
I.10	Les inondations en Algérie : .....	20
I.11	Principaux paramètres spécifiant l'alea aux inondations : .....	22
I.11.1	Période de retour de crue : .....	22
I.11.2	Hauteur et durée de submersion : .....	22
I.11.3	Vitesse du courant : .....	22
I.11.4	Volume de matière transportée : .....	22
I.12	Les causes provoquant une inondation : .....	23
	Conclusion : .....	23

## **Chapitre II : présentation la zone d'étude**

II.1	Introduction : .....	24
II.2	Présentation générale de la wilaya de Batna : .....	25
II.2.1	Situation géographique : .....	25
II.2.2	Le relief : .....	26
II.2.3	Le climat : .....	26
II.2.4	L'hydrologie : .....	26
II.2.5	Démographie : .....	26
II.3	Présentation d'Oued Hamla : .....	26
II.3.1	Étude topographique : .....	27
II.3.2	Vallées : .....	28
II.4	Description de la zone : .....	35
II.4.1	Débit selon La Méthode synthétique : .....	35
II.4.2	Etude de sols : .....	35
II.5	Historique de Batna: .....	36
II.6	Etude géologique de la commune : .....	39
II.7	Etude démographique de la commune : .....	40

II.7.1	Densité de population :.....	40
II.7.2	Forte densité de population :.....	40
II.7.3	Densité moyenne de population :.....	40
II.7.4	Faible densité de population :.....	40
II.7.5	La population a doublé selon le taux de croissance :.....	40
II.8	Conclusion :.....	41

## **Chapitre III: Outils et Techniques de Cartographie du Risque Inondation**

III.1	Introduction :.....	42
III.2	Introduction aux SIG :.....	42
III.2.1	Présentation des outils de SIG :.....	43
III.2.2	Choix et fonctions du SIG :.....	44
III.3	Présentation des opérations effectuées :.....	44
III.3.1	Introduction des données :.....	44
III.4	Présentation du logiciel HEC-RAS :.....	48
III.4.1	Identification de HEC-RAS :.....	48
III.5	Conclusion :.....	53

## **Chapitre IV: Résultats, Analyses et Discussions**

IV.1	Introduction :.....	54
IV.2	Présentation des résultats d'analyse des données d'Oued Hamla :.....	54
IV.2.1	Introduction des données :.....	54
IV.3	Proposition des solutions d'aménagement d'Oued Hamla :.....	62
IV.3.1	Types d'ouvrage recommandé pour la protection des berges d'Oued Hamla:	63
IV.4	Conclusion :.....	66

**Chapitre I: Généralités sur les  
Inondations et la Vulnérabilité des  
Structures**

### I.1 Introduction :

Les zones inondables sont sujettes à différents types d'inondations, y compris les caractéristiques qui influencent le cours des crises et l'ampleur des impacts humains et économique. Le risque n'est pas le même dans les différents territoires exposés puisque ni le danger ni la vulnérabilité ne sont les mêmes; les inondations se produisent de telle manière plutôt lent sur les bassins plats lorsqu'ils se produisent extrêmement rapide et brutal sur les bassins en pente. de plus, les inondations n'ont pas causé catastrophes susceptibles de marquer les esprits si les zones inondables n'étaient pas ou peu occupé par l'homme.

La réaction à ce risque d'inondation a consisté pendant plusieurs décennies à lutter contre les inondations ce qui a d'abord fait en sorte que nous cherchions à agir sur le phénomène naturel - le déluge - et uniquement sur lui, c'est-à-dire sur une seule composante du risque - danger - et non sur les problèmes ou leur vulnérabilité [1]

Le but principal de ce chapitre est de développer la connaissance du risque inondation ; le phénomène naturel générateur de ce risque, ses causes, ses modalités de survenance et de déroulement ainsi que les enjeux et leur vulnérabilité. Il clarifie le désordre de cette notion en montrant que le risque d'inondation est un concept complexe bien souvent associé à l'unique dimension physique liée à l'aléa, alors que l'aléa n'est pas nécessairement le moteur du risque, la vulnérabilité aussi.

#### I.1.1 Les catastrophes naturelles :

Avec plus de 2,8 milliards de personnes affectées depuis 1990 à travers le monde[2],les inondations constituent le phénomène touchant le plus de personnes à l'échelle mondiale elles représentent néanmoins davantage un risque économique en raison de dégâts matériels induits qu'un risque léthal pour la population affectée. la comparaison par rapport aux autres types de catastrophes naturelles montre par exemple que les inondations engendrent nettement moins de décès que les tremblements de terre (Figure 1). [3].

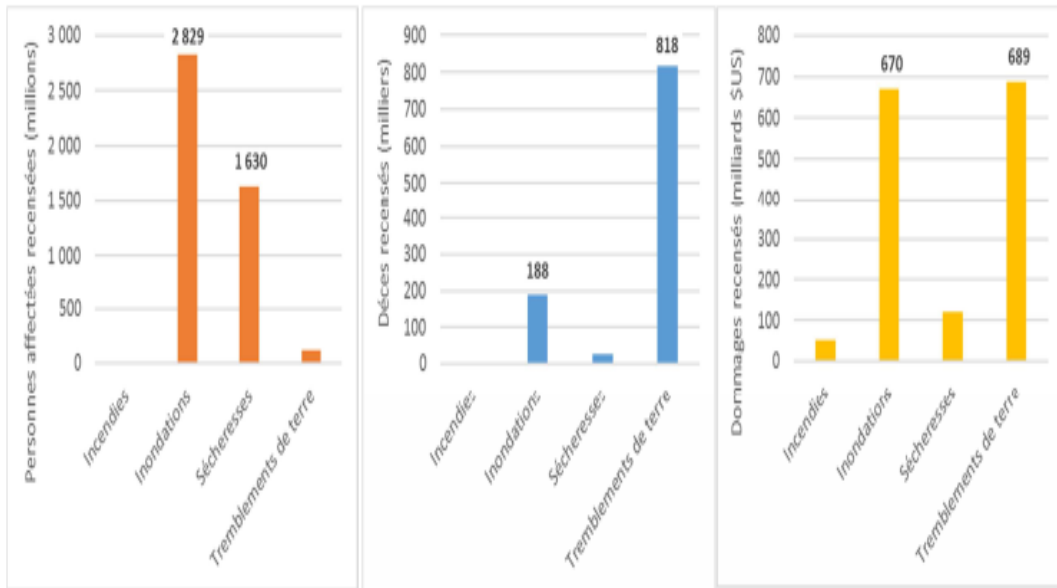


Figure 1. Comparaison des dégâts par les différentes catastrophes (Données sources : EMDAT –2016).

Les dégâts matériels générés impactent de manière significative les conditions de vie des personnes touchées par les inondations, notamment par la dégradation des bâtiments (les habitations et les infrastructures stratégiques telles que les hôpitaux et les écoles), la perturbation ou la rupture de réseaux (eau potable, assainissement, déchets, énergie, transport), la perturbation ou l'arrêt des activités économiques, et le déplacement de populations . a l'échelle mondiale, certains pays sont plus touchés que d'autres par les inondations(Figure2), L'Asie est particulièrement exposée : 9 des 10 premiers pays en termes de populations affectées par les inondations sont asiatiques.(dont la Chine en premier lieu)[4]. le détail des impacts, humains et matériels ,du saux inondations pour chaque pays d'intervention de l'AFD est présenté en annexe.

### I.2 Risque :

Pour la plupart des auteurs, la notion de risque équivaut à la notion de danger «Le risque est un danger, donc jusqu'à un certain point, nous pouvons mesurer la possibilité que nous peut plus ou moins prédire la probabilité mathématique de perdre une vie humaine, blessures, dommages matériels et dommages commerciaux pendant la période référence et dans une région donnée pour une menace spécifique ». A partir de la définition du concept de risque, on observe qu'il est le résultat d'une action conjugaison d'autres concepts qui peuvent être formalisés avec l'expression suivante: [5]

$$\text{Risque} = \text{Aléa} * \text{Vulnérabilité}$$

Les risques sont regroupés dans deux grandes familles :

### I.2.1 Risque naturel :

Est un risque déclenché par un phénomène dans lequel la nature est l'unique composante, sa source est donc un ou plusieurs aléas naturels, il peut être d'origine .

- Géologique: Séisme, Tsunami, Eruption volcanique, Mouvement du Terrain.
- Climatique: inondation, cyclone, Ouragan, Tempête et Vent, Avalanche, Sécheresse.
- Environnementale: Déforestation, Désertification...etc. [5]

### I.2.2 Les risques technologiques :

Ils regroupent les risques industriels, nucléaires, biologiques, rupture de barrage. [5]

### I.3 Aléa :

Le terme « aléa » issu du vocabulaire des probabilités, Il est défini par une probabilité qui prend en compte l'occurrence et l'intensité du phénomène considéré et qui est fonction de la durée et de l'espace considérés [6]. un aléa ne peut donc provoquer des dommages que si les organismes ou milieux y sont exposés. Ainsi l'aléa « pollution par un pesticide donné » est fonction de la capacité de ce polluant à être toxique pour l'écosystème et de sa potentialité à être présent dans le milieu de manière à y occasionner des nuisances. Alors, ce pesticide peut être très toxique pour le milieu aquatique. Cependant, si aucun agriculteur du bassin versant étudié ne l'utilise, l'aléa de ce pesticide, pour la période donnée, sera nul, car la faune aquatique de ce bassin versant n'y sera pas exposée.

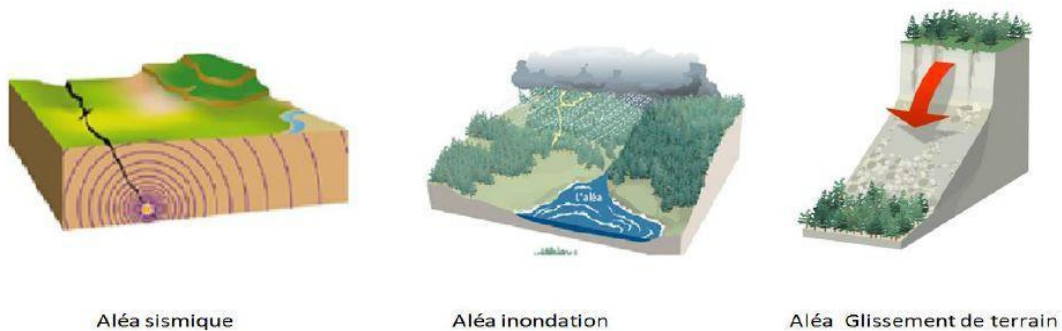


Figure 2. Exemples d'Aléas naturels Source : www.prim.net

### I.4 Vulnérabilité :

On appelle vulnérabilité les personnes, bien équipements et ou environnement susceptibles de subir des conséquences de l'événement ou le phénomène. «Étroitement liée à la notion de risque, puisque la blessure n'est pas avérée mais potentielle»[7]. Donc on peut définir la vulnérabilité comme un degré de fragilité d'une société (un système) face à un risque «la fragilité d'un système dans son ensemble et de manière indirecte, sa capacité à surmonter la crise provoquée par un aléa. Plus un système est apte à se rétablir après une catastrophe, c'est-à-dire plus il est résilient, moins il est vulnérable» [8] Elle doit être étudiée spatialement et temporellement. En effet, dans un espace donné, la Vulnérabilité varie à la fois selon la situation exacte et selon la période retenue (époque de l'année pour certains phénomènes, mais également période de la journée avec une répartition différente de la population sur le territoire).

#### I.4.1 Types de Vulnérabilité :

plusieurs types de vulnérabilité ont été recensés et classés:

- La vulnérabilité physique ou technique : relative au taux d'endommagement potentiel des éléments exposés et au concept de Seuil de Rupture.
- La vulnérabilité systémique: c'est une vulnérabilité qui se caractérise par une réaction en chaîne, à partir d'un ou plusieurs éléments exposés, provoquant un effet Domino.
- La vulnérabilité biophysique: c'est la vulnérabilité territoriale, touchant à la fois, les éléments physiques et les espèces humaine et animale.
- La vulnérabilité sociale :relative aux facteurs de vulnérabilité de la population et la possibilité de subir des pertes. [9]

#### I.4.2 Types de vulnérabilités Urbaine:

La vulnérabilité urbaine se manifeste tant par l'homme que par son environnement. Son « spectre » se développe suivant les deux dimensions concourantes qui sont la ville et la société [12].

##### I.4.2.1 Vulnérabilité liée à la ville :

Ayant trait à la ville, la vulnérabilité urbaine s'appréhende de façon géographique puis structurelle. Elle traduit la configuration des objets dans leur environnement physique.

### **I.4.2.2 Vulnérabilité géographique :**

Il correspond à l'aléa d'une ville dû à des phénomènes dangereux naturels ou technologiques, dont la source et les conséquences sont géographiquement spatiales. Si la vulnérabilité géographique est comprise en général (par exemple, le voisinage), elle doit être analysée à une échelle fine (c.-à-d. À l'échelle d'un bloc ou d'une parcelle). En effet, tous les problèmes exposés ne présentent pas la même vulnérabilité géographique à un aléa donné: par conséquent, tous les bâtiments situés dans des zones inondables ne sont pas menacés de la même manière.

La vulnérabilité géographique est causée par la résonance entre les caractéristiques physiques de la ville et la catastrophe. Pour les inondations, les conditions d'écoulement de l'eau, le niveau d'eau, la vitesse du courant, la durée d'immersion liée au terrain, l'utilisation du sol ... déterminent le degré de dommage. Dans les accidents industriels, la propagation des nuages toxiques et leur propagation dépendent de la topographie (relief), de l'encombrement (urbanisation) et des conditions météorologiques (en particulier le vent).

### **I.4.2.3 Vulnérabilité structurelle :**

Il reflète le niveau de protection assuré par les aménagements ou les structures des personnes, des biens et des activités. Cela vient en partie de leur conception architecturale et technique. Lorsque l'inondation menace la sécurité des personnes et des biens, il est recommandé d'inonder la voie de circulation (comme l'étage occupé d'une maison).

### **I.4.3 Vulnérabilité Urbaine:**

#### **I.4.3.1 Facteurs structurels de la vulnérabilité :**

Sur la base des travaux , la vulnérabilité de la société urbaine et des biens exposés aux risques urbains est définie qualitativement et semi-quantitativement par quatre catégories de facteurs structurels: socio-démographique, économique, socioculturel, fonctionnel et technique, institutionnel et politico-administratif. L'étude de ces facteurs nécessite un diagnostic interdisciplinaire à long terme ainsi qu'une solide base de données historiques rassemblant les expériences de catastrophe ou de catastrophe dans une zone urbaine donnée. [10]

- L'analyse des facteurs sociodémographiques et économiques vise à :

- Définir les populations vulnérables en fonction de leur structure et de leur mobilité: taux de croissance, ressources et activité, niveau de formation et d'éducation, état sanitaire et alimentaire et type de quartier urbain. [10],
- Repérer les facteurs de cohésion, de stabilité et d'inégalités sociales: mobilité, renouvellement, origine géographique et migrations, relations avec les campagnes environnantes, types d'associations et de communautés. [10],
- L'analyse des facteurs socioculturels, éducatifs et perceptifs vise à fournir une base pour mesurer le comportement individuel et collectif face à l'alarme et à la catastrophe. C'est l'occasion de résumer les connaissances et l'expérience acquises liées aux catastrophes naturelles, ainsi que l'existence et la qualité des solutions de prévention et de défense envisagées. En d'autres termes, cette analyse vise à prédire les modèles de comportement des populations vulnérables, y compris les réponses individuelles et collectives à une action préventive et à une alerte donnée. [10]

### **I.4.3.2 Facteurs Sociodémographique et économiques :**

L'objectif général de la définition des types de population et des associations est de prévoir les réponses inévitables et cachées aux crises et d'utiliser les structures sociales existantes pour communiquer des informations. [10]

### **I.4.3.3 Facteurs Socioculturels :**

L'analyse des facteurs socioculturels s'avère complexe, car elle doit être conduite dans des sociétés différentes, dont la population perçoit ou ne perçoit pas la menace, et à trois pas de temps discrets : pendant la crise, au moment de l'impact et après la catastrophe. [10]

### **I.4.3.4 Facteurs physiques, techniques et fonctionnels :**

L'analyse de ces facteurs implique une évaluation a priori et une évaluation a posteriori de l'efficacité de l'organisation, et l'identification de tous les obstacles et dysfonctionnements pouvant nuire à l'organisation de secours en cas de catastrophe. L'ensemble des recherches menées après la crise contribuera à terme à améliorer la qualité des programmes de prévention liés:

- La qualité du bâti (matériaux et techniques de construction. type d'habitat) et des infrastructures (voirie, appareil industriel, etc.). [10]

- La structure, le réseau et la qualité opérationnelle des organismes chargés de la prévention et de la protection civile (personnel, matériel et bâtiments de la Croix-Rouge, des pompiers et des hôpitaux, etc.) .
- L'accessibilité et la disponibilité des flux et relais existants (systèmes d'alerte, itinéraires d'évacuation, centres de secours, dépôts) .
- L'organisation et la mise en œuvre des secours et des plans d'intervention lors des sinistres passés.

### **I.4.3.5 Les facteurs institutionnels et politico-administratifs :**

La qualité des facteurs institutionnels peut être évaluée de deux manières: directement en analysant les textes juridiques liés aux risques en milieu urbain; et indirectement générée par l'impact des textes juridiques qui se mesurent en deux étapes dans des situations de crise potentielles et lorsque des urgences et des catastrophes surviennent. Influences. Savoir transmettre des messages de prévention et d'alerte entre les décideurs, les relais administratifs régionaux et locaux et les citoyens menacés sera un problème. Par conséquent, ces facteurs incluent des choix politiques pour les programmes de prévention, tels que:

- Occupation et utilisation du sol.
- Protection technologique, formation et éducation, politiques de relogement, les opérations de protection civile (plans d'intervention en cas d'alerte et d'urgence, mesures d'aide humanitaire) .
- Gestion de l'après-crise, c'est-à-dire la phase d'adaptation de la population sinistrée et de réhabilitation des biens endommagés. [10],

### **I.4.4 Facteurs géographiques et conjoncturels de la vulnérabilité :**

Lorsqu'une catastrophe se produit, la vulnérabilité des personnes et des biens prend une nouvelle dimension, qui est généralement différente des facteurs structurels mentionnés ci-dessus. En effet, les facteurs géographiques et cycliques jouent un rôle imprévisible. Les facteurs géographiques font référence aux restrictions de localisation, à l'emplacement et à l'heure précis, aux modèles et aux effets récurrents. Cependant, des facteurs cycliques, tels que le dysfonctionnement urbain et technologique, les blocages institutionnels et les défaillances temporaires, exacerbent l'impact de l'impact.

### **I.4.4.1 Les factures géographiques:**

Les facteurs géographiques font partie des dimensions temporelles et spatiales de l'impact des catastrophes, et les contraintes de localisation sont généralement utilisées comme facteurs limitant et facteurs déclenchant pour intervenir. A titre d'illustration, les facteurs limitant sont représentés par la pente et la forme de la vallée qui guide l'écoulement de l'eau sur le volcan, et la forme du lit principal qui peut inonder la vallée. Les paramètres géotechniques des facteurs déclenchant des matériaux impliqués dans la déformation provoquée par le glissement ou les tremblements de terre sont représentés par le rapport pluie / débit dans le bassin où se produit l'inondation, l'intensité sismique et la contrainte dynamique du sol impliqué dans la zone sismique.

### **I.4.4.2 Les facteurs conjoncturels ou contingents:**

Les facteurs cycliques ou contingents, caractérisés par leur temporalité et leur imprévisibilité, mettent en évidence les facteurs géographiques évoqués et modifient certains des facteurs structurels déjà évoqués. Par exemple, les dysfonctionnements urbains et technologiques imprévus font référence à des blocages temporaires ou permanents des réseaux et des lignes de communication qui peuvent perturber le trafic et provoquer la panique, la confusion des médias et la nature ambiguë des avertissements et des messages d'avertissement. Ils conduisent souvent à la déconnexion des communautés de quartier, ce qui conduit à l'interruption des relais décisionnels locaux. Quant aux dysfonctionnements institutionnels imprévus, il s'agit notamment de l'absence ou de l'échec des responsables compétents ou du personnel de relais des agences locales ou régionales.

### **I.4.5 Catégorie d'analyse de la vulnérabilité :**

les différentes étapes ou paliers par lesquels passe l'analyse de la vulnérabilité urbaine sont résumées comme suit :

- Vulnérabilités «inhérentes»: Ce sont les faiblesses uniques de chaque problème, telles que: faible niveau socio-économique de la population, âge des installations, composants insuffisants des systèmes techniques, mauvaise qualité des bâtiments.

- Dangers dangereux: sources naturelles (tremblements de terre, éruptions volcaniques, etc.) ou artificielles (stockage et transport de produits dangereux, etc.) et le risque d'être vulnérable aux dommages. Voici la question de la prise en compte de tous les dangers existants. La sensibilité aux dommages permet de considérer le fait que ces problématiques

sont plus ou moins sensibles à certains aléas (par exemple: les conduites d'eau souterraines ne sont pas sensibles aux chutes de cendres volcaniques).

- Dépendance: Il s'agit de déterminer toutes les fonctions de la fondation sur pieux, car le fait que ses fonctions dépendent d'autres éléments ou systèmes conduit à sa vulnérabilité (par exemple, la dépendance du réseau d'alimentation en eau à la station de pompage).  
Système électrique.

- Capacité de contrôle: si vous avez la capacité de détecter les problèmes et d'intervenir pour essayer de résoudre le problème, la vulnérabilité du problème est faible et la capacité de contrôle peut être évaluée de différentes manières, en tenant compte du système de communication existant, de la télécommande , et la présence de personnel qualifié, L'accessibilité des installations à terre;

- Alternatives opérationnelles: les alternatives de ses fonctions étant limitées, le problème est plus vulnérable.

- Le niveau de préparation à la gestion des crises :Il est difficilement envisageable d'éliminer tout à fait les formes de vulnérabilité qui précèdent. Le niveau de préparation à la gestion des situations d'urgence (plans de gestion de crises, exercices d'évacuations, simulations, systèmes de communication d'urgence, etc.) [10],.

### **I.5 Débordement des cours d'eau :**

Un débordement, peut avoir lieu suite à une crue, l'oued sort de son lit mineur pour occuper le lit majeur et envahir des zones à faibles altitudes et pentes : par submersion de berges, Les dégâts peuvent être élevés, avec existence de risque de noyade (notamment en franchissant les gués et arrivée simultanée de la crue). Le débordement indirect d'un cours d'eau, peut être causé aussi par la rupture d'un système d'endiguement (barrage) ou autres, ouvrages de protection.

### **I.6 Oued :**

Est un terme générique désignant un fleuve d'Afrique du Nord ou du Moyen-Orient et des régions semi-désertiques à régime hydrologique très irrégulier. Surtout présent dans les régions endoréiques, il s'anime lors des rares et fortes précipitations. Le plus souvent à sec, il peut connaître des crues spectaculaires, charriant d'énormes quantités de boue, qui provoquent parfois des changements de lit. C'est pourquoi on dit d'un oued qu'il roule plus qu'il ne s'écoule[17].

### I.7 Ville :

Une ville ( le milieu urbain )est à la fois un milieu physique et humain où se concentre une population qui organise son espace en fonction du site et de son environnement, en fonction de ses besoins et de ses activités propres et aussi de contingences notamment socio-politiques. La ville est un milieu complexe qui ne peut cependant pas se résumer à une approche physique, car l'espace urbain est aussi la traduction spatiale de l'organisation dans l'espace et dans le temps des hommes et de leurs activités dans un contexte donné. Ce contexte est autant physique, économique, que politique, social ou culturel. L'approche de la ville ne peut être que diachronique et l'histoire des villes, de chaque ville ou agglomération reste un élément d'analyse essentiel. La ville peut être comparée avec un écosystème qui interagit en permanence comme un milieu avec ses hôtes. Les principes qui régissent la structure et l'organisation de la ville sont étudiés par la sociologie urbaine, l'urbanisme ou encore l'économie urbaine [18].

#### I.7.1 Structures :

##### I.7.1.1 Système poteaux poutres :

- Les systèmes constructifs Dans tout processus de structuration de construction le choix du système de structure à utiliser est tout aussi important que les autres phases ou parties de la construction. Le type de structure choisie doit être compatible avec la nature, la forme, le coté économique, la destination et les conditions de la construction.



Image 1. : system des portique au Hamla (Batna)

( Source : auteur)

- Le système constructif portique: Un portique est par définition, un système constructif composé d'un ensemble d'éléments linéaires horizontaux (poutres ou traverses) et verticaux (poteaux ou montants). Le portique peut être posé simplement sur le sol ou complètement encastré au niveau des fondations. Les points de jonction des poteaux et des poutres sont appelés les nœuds. La zone nodale (nœud) représente alors le point le plus critique du portique. [18].

- Les différents types des portiques:

- Portiques encastrés : La rigidification des liaisons permet de réduire les déformations de la structure. Ces portiques seront donc utilisés en lieu et place des ossatures poteaux/poutres articulées.

- Portique à deux articulations : Il s'agit d'éléments de structures plus souples que dans l'exemple précédent. Cette souplesse se paye en retour par une moins grande résistance aux charges que pour les portiques encastrés, ainsi que par des portées légèrement plus courtes.

- Portiques à trois articulations : Ce sont des éléments de structure dérivés des précédents auxquels on a ajouté une articulation située généralement au milieu de la poutre haute. Les portiques à trois articulations bénéficient d'une souplesse maximale qui leur permet, par des déformations angulaires. [18].

### I.7.1.2 Maçonnerie :

La pierre naturelle, autrefois appelée pierre à bâtir, est un matériau de construction constitué de la roche d'où elle est extraite. Elle se distingue des produits manufacturés tels les blocs de béton ou les briques d'argile, qui sont appelés pierre artificielle.



**Image 2.** : maison en maçonnerie au Batna

( source : auteur)

Les pierres utilisées en construction doivent avoir une résistance mécanique suffisante, ainsi qu'une durabilité en rapport avec leur prix de mise en œuvre, celui-ci cumulant les coûts : d'extraction du matériau en carrière, d'acheminement du matériau (brut ou taillé) jusqu'au lieu de construction, de préparation du matériau (par exemple, taille des pierres en blocs parallélépipédiques), et de l'appareillage. Les principales roches utilisées en construction sont le granite, le calcaire, le grès, la pierre meulière, la marne, l'ardoise, le marbre [19].

### I.8 Définition d'un Diagnostic :

Le diagnostic est un acte intelligent qui consiste à identifier les anomalies ou dysfonctionnements qui apparaissent dans un ouvrage et à donner leurs causes probables. habituellement, le terme diagnostic désigne la réalisation des examens nécessaires à la formulation de conclusions, la définition précise des pathologies ainsi que l'identification des causes probables [20].

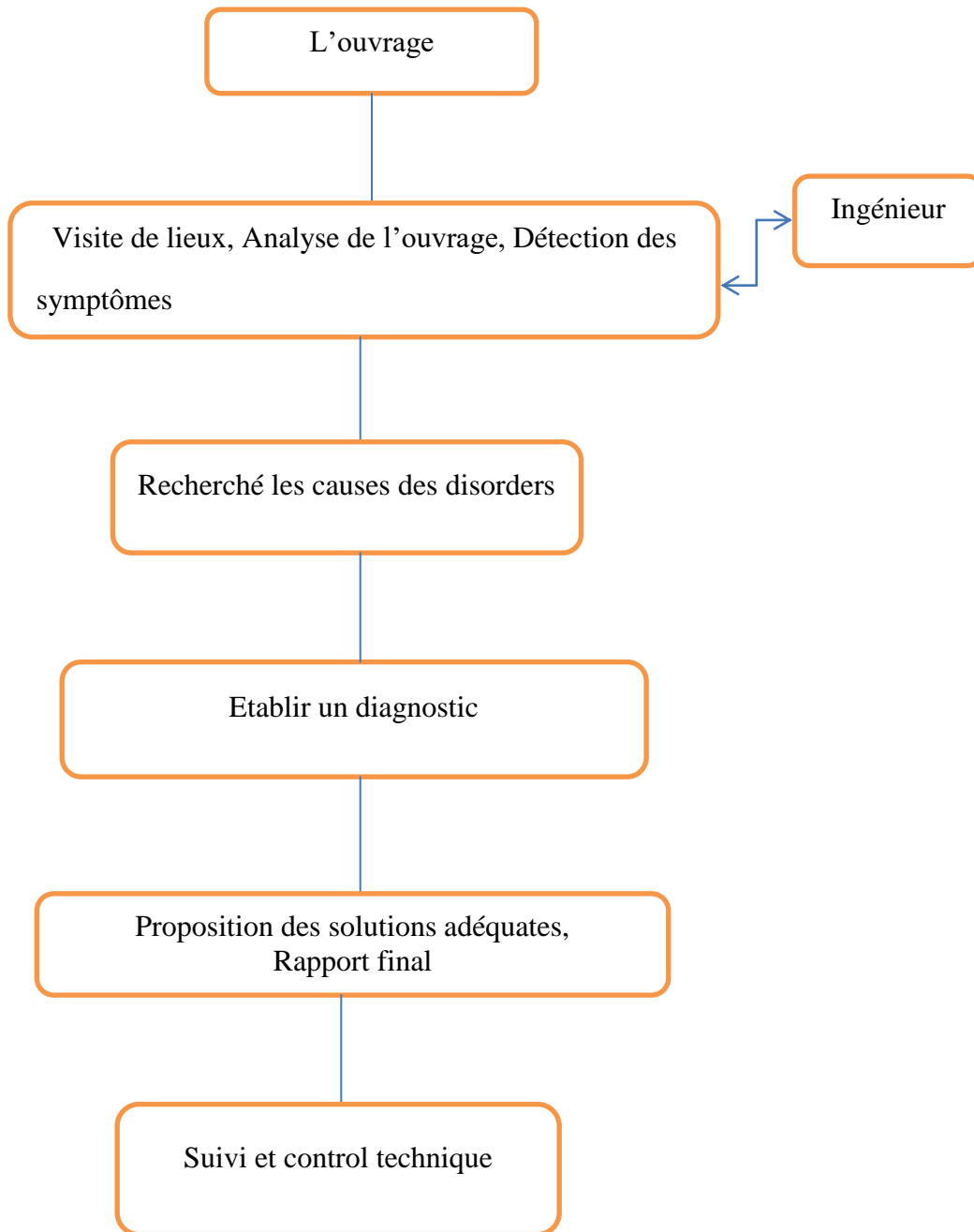
Le diagnostic peut être établi par un généraliste ou par un spécialiste de telle ou telle discipline technique en fonction de l'objectif à atteindre.

après un diagnostic on établit un pronostic sur l'état de l'ouvrage analysé et on se projette dans le futur avec le plus de certitude possible [20].

généralement on peut décomposer le diagnostic en trois parties :

- Observation des symptômes
- Analyse des données correspondantes.
- Raisonnement et conclusion (partie intelligente du diagnostic).

L'approche du diagnostic est liée aux moyens et outils d'acquisition des données et aussi aux méthodes utilisées dans l'analyse. Il s'agit donc d'une tâche à caractère relatif dans lequel il est rarement possible d'obtenir un recueil exhaustif des données [20].



**Figure.3.** Diagnostic en génie civile [20].

### I.8.1 Méthodologie à suivre en vue d'aboutir au diagnostic :

Il n'existe pas une démarche toute faite pour mener une opération de Diagnostic mais il y a un schéma de principe qui se dégage tel qu'indiqué à la Figure 4 suivant :

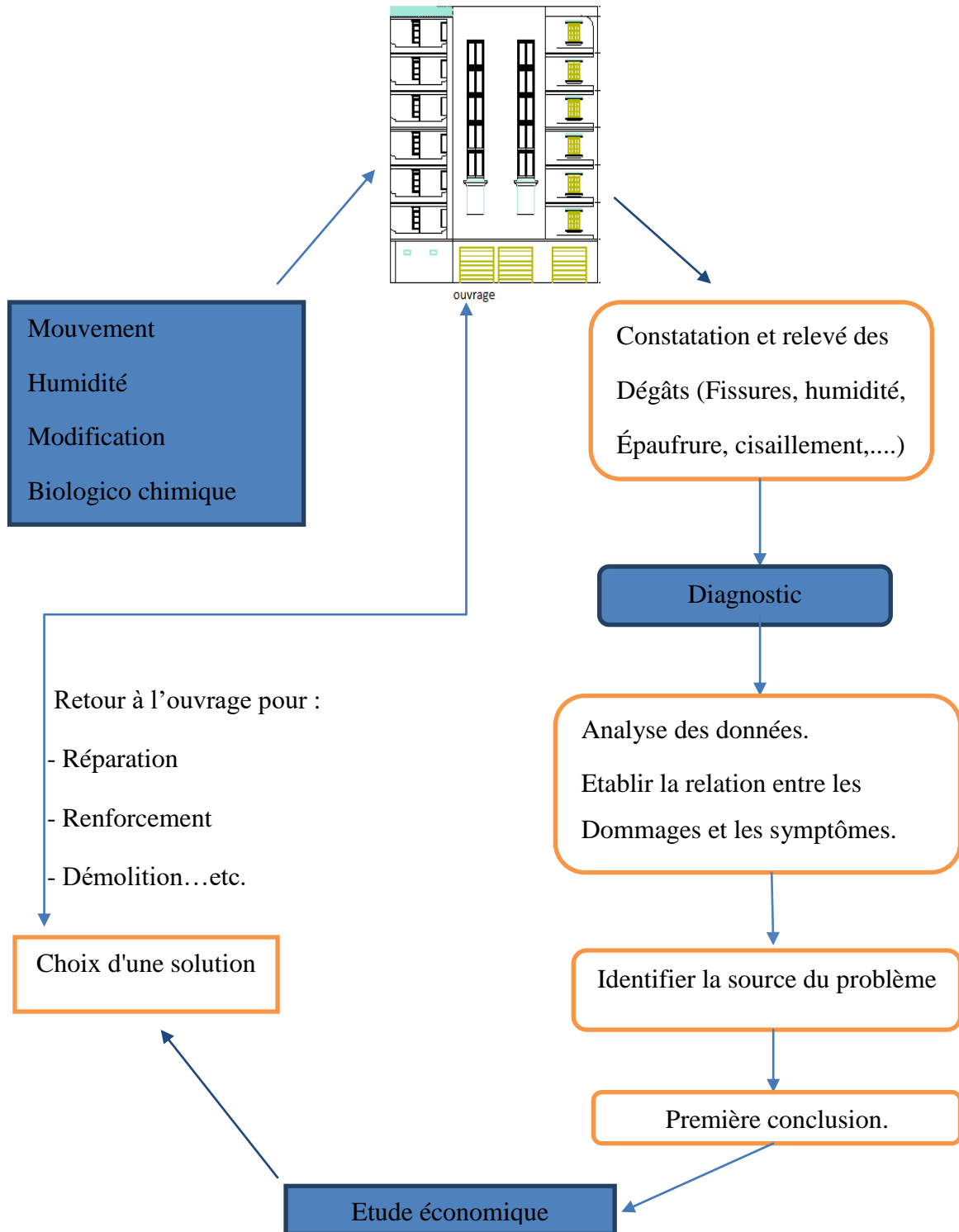


Figure 4. Cycle du diagnostic des pathologies et de la maintenance d'un bâtiment [20].

- Documenter la structure (identification de la structure).
- Analyse des conditions de service.
- Visite de site où "visite préliminaire".
- Visite détaillée.
- Evaluation des données nécessaires au diagnostic.

### **I.8.2 Documenter la structure (Identification de la Structure) :**

Cette étape vise à rassembler le maximum d'informations concernant la conception, la construction, l'entretien et l'utilisation de la structure, ces informations peuvent être obtenues par :

- Les dossiers techniques de la structure (plans d'architectures, plans de génie civil, photos...etc.)
- Le cahier de chantier, les rapports de réunions et tout autre document de surveillance.
- Les résultats d'essais de contrôle des matériaux.
- Le type d'intervention après réception :
  - entretien.
  - réparation "pourquoi et comment".

Si le projet concerné ne possède pas un dossier technique, dans ce cas on essaye de constituer le dossier d'identification par :

- la prise des photos.
- Le descriptif de la structure (conception, matériaux, année approximative de construction).
- Dessiner la structure (établir les plans d'architectures).
- Entretien avec le /les propriétaire(s).

### **I.8.3 Analyse des conditions de service :**

Le but de cette étape est d'évaluer dans quelle mesure la fonction actuelle de la structure (condition de service) correspond aux spécifications d'origine. Il faut mener cette étape avec soin car très souvent les causes de dégradation sont liées aux conditions de service.

### I.8.4 Visite de site où "visite préliminaire" :

Le but de cette étape est de définir l'état actuel de l'ouvrage et de proposer si possible des mesures d'urgence.

Cette visite consiste à :

- Prendre des photos.
- Mesurer des ouvertures et des longueurs des fissures.
- Localiser et observer des zones critiques (joints, système de drainage, appuis...etc.).
- Recueillir les données sur les dommages à savoir :
- Nature et intensité des désordres. (Fissures, corrosion, épaufrure ...etc.).
- Localisation des désordres (si possible positionner les désordres sur des plans).

### I.8.5 Evaluation des données nécessaires au diagnostic :

En tenant compte des résultats et données recueillies, les ingénieurs vont choisir les méthodes expérimentales par une évaluation convenable [20]. Les méthodes expérimentales d'évaluation disponibles actuellement permettent de définir les propriétés physico-chimiques du béton (résistance à la compression, granulométrie, taux d'humidité...etc.) et de quantifier la vulnérabilité actuelle de la structure envers l'environnement.

Le choix de la méthode d'évaluation est guidé par les points suivants :

- L'expérience du personnel chargé de l'expertise et du diagnostic.
- Le caractère du problème rencontré (nouveau, connu, inconnu, très connu).

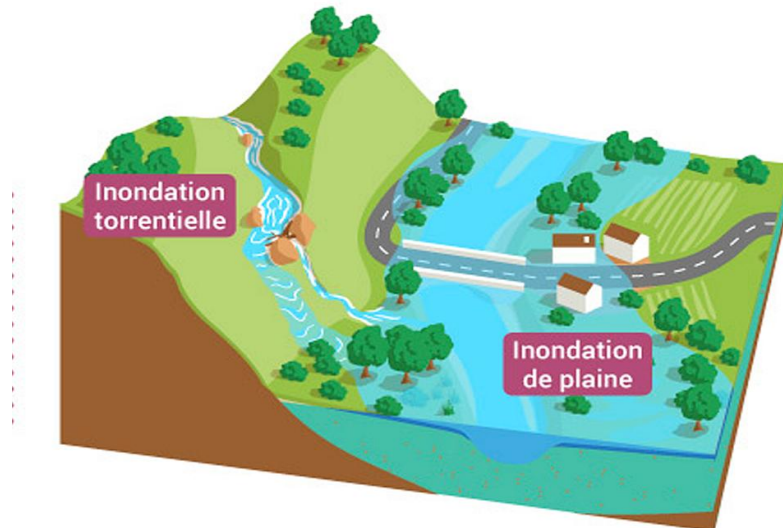
## I.9 Inondation :

L'inondation est définie comme « une submersion rapide ou lente, d'une zone habituellement hors d'eau, c'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 et où y'implantent constructions et équipements »[5]. Donc l'aléa d'inondation est défini comme étant le résultat de plusieurs phénomènes :

### I.9.1 Inondations de plaines :

Les inondations à basse altitude sont le résultat d'événements pluviométriques océaniques qui se transforme en averse à long terme mais modérément sur le sol avec un

long ruissellement déclenchement sur les bassins fluviaux moyens à grands (supérieurs à 500 km<sup>2</sup>). écouler occuper lentement son lit principal de son lit ordinaire et inonder la plaine temps relativement long. ces phénomènes concernent particulièrement les basses terres ou mauvais drainage. Sa lente dynamique peut durer plusieurs semaines [5].

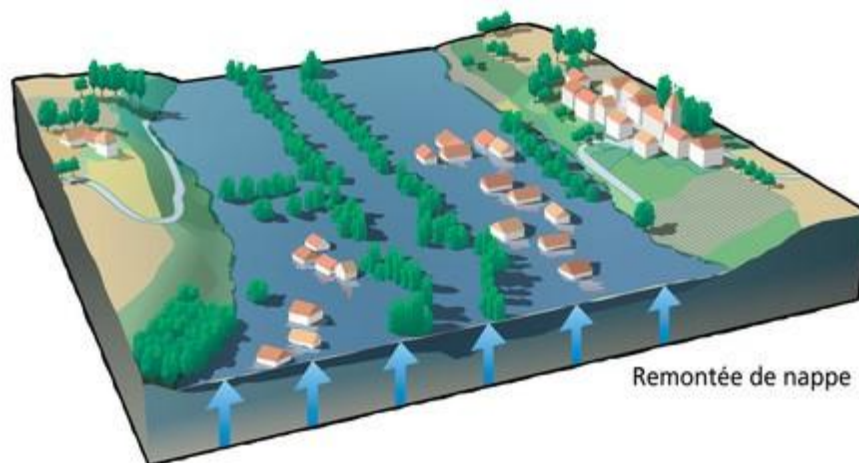


**Figure 5.** Inondation de Plaine.

Les dommages causés par ce type d'inondation sont dus à la hauteur et à la durée d'immersion. (source : Les inondations et submersions marines)

### I.9.2 Inondations par remontées des nappes phréatiques:

Ils correspondent aux inondations par le débordement indirect qui se manifeste par remontée de la surface de l'eau qui affleure la surface et / ou à la suite d'une pénétration d'eau à l'intérieur divers réseaux d'égouts.



**Figure 6.** Inondation par remontées des nappes phréatiques. [1]

Les désordres liés à ce type d'inondation se traduisent par des remontées sous bâtisses, l'engorgement des ouvrages souterrains, tassements de remblai, des glissements de terrain, des perturbations sur les réseaux publics, des pressions sous les constructions, etc.[14]

### I.9.3 Inondations par crues torrentielles :

Les fortes inondations sont des événements soudains et violents qui résultent d'épisodes pluies intenses et localisées, telles que les tempêtes convectives. de manière un peu conventionnelle, nous parle de fortes inondations lorsqu'une goutte d'eau tombe Le point «hydrologiquement» le plus éloigné de la sortie se situe à moins de 12 heures (ou 24 heures pour certains auteurs). les spécialistes maintiennent cinq critères pour définir les crues torrentielles: vitesse de réaction du cours d'eau, pente, nombre de Froude, transport solide, les effets de ces inondations. [1].

Ces inondations touchent principalement les zones de montagne et les rivières environnantes. en mer méditerranée, ils ont des vitesses d'écoulement élevées, même dans le lit principal du fleuve. Déposer les bassins versants qui pourraient être touchés par ces phénomènes sont ceux avec peu de zone moyenne et pente moyenne raide. [1].

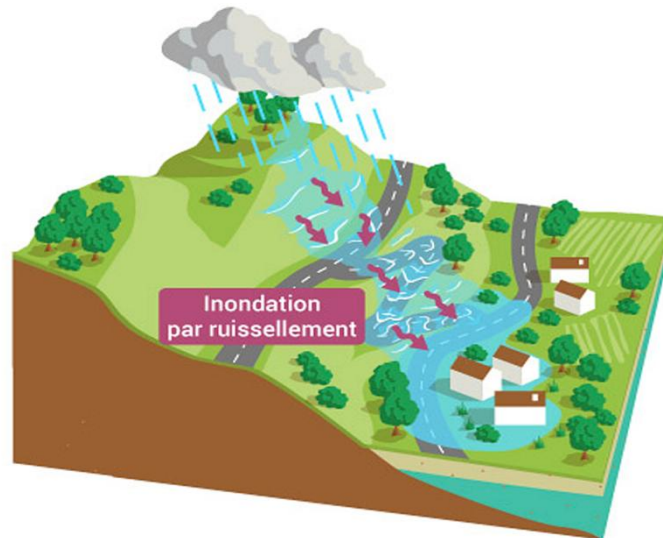
Les fortes crues se caractérisent par un transport et une profondeur constants très forts modification du lit à l'occasion de l'événement. les dommages qui peuvent être attribués à ces phénomènes ils sont principalement liés à la vitesse du courant, renforcée par les matériaux qu'ils peuvent transporter les rivières générant de telles crues [1].



Figure 7. Inondation par crues torrentielles. [1]

### I.9.4 Inondations par ruissellement en secteur urbain :

Les crues de ruissellement impliquent divers phénomènes physiques en fonction qu'ils se produisent dans les zones rurales, suburbaines ou urbaines. Mais ces phénomènes sont là se caractérisent par une soudaineté et une courte durée, ce qui les rend imprévisibles et difficile à contrôler en temps de crise. Ce sont des phénomènes locaux très intéressants petits bassins versants. [1] .



**Figure 8.** Inondation par ruissellement en secteur urbain. (source :Les inondation et submersions marins)

Le ruissellement des tempêtes urbaines provoque d'importantes inondations sur les terres ils sont plus imperméables, la végétation est plus faible, la pente est plus raide et la pluviométrie est plus élevée violent et reste un phénomène naturel qui ne peut être évité. malheureusement, l'intervention humaine est parfois à l'origine de l'aggravation de ce phénomène. C'était le cas inondations à Bâb El Oued le 10 novembre 2001 à Alger, pluies exceptionnelles et intense, sur une superficie de 40 km<sup>2</sup>, de l'ordre de 214 mm en 24 heures, a fait 750 morts et 120 personnes disparues et plus de 10 000 familles touchées. [15]

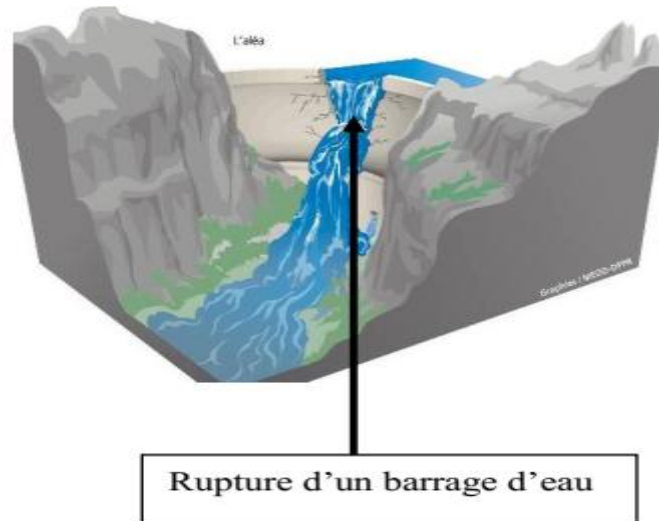
### I.9.5 Inondations par rupture d'ouvrage ou d'embâcle :

Dans le cas des rivières inondées de remblais, les inondations se produisent soudainement ou à la suite d'inondations sur la digue ou en brisant la digue. Ce phénomène peut être très brutal, et plus encore plus nocif que l'endroit est proche de la digue. Être derrière le travail une protection dimensionnée pour un niveau d'inondation donné peut donc augmenter le seuil de risque de en cas de fissure ou de dépassement de cette dernière. Les zones généralement hors de l'eau peuvent tout à coup, ils sont inondés. [1]

Lorsque la crue est suffisamment importante, elle remplit puis fait déborder la retenue.

L'ouvrage n'atténue donc plus les débits. Le cours d'eau inonde alors sa plaine alluviale comme s'il n'y avait pas d'aménagement. [14]

Plantes, arbres et arbustes déracinés puis emportés par le courant parfois ils s'enlisent et bloquent des ponts. Cela provoque une augmentation des inondations en amont. Briser la congestion peut provoquer une vague augmentant le risque d'inondation en aval.[16].



**Figure 9.** Exemple de rupture de barrage comme Aléa technologiques Source : [www.prim.net](http://www.prim.net)

Par exemple, le phénomène de la rupture du barrage a Ghardaïa le 01/10/2008

Une inondation à Ghardaïa Octobre 2008.



**Figure 10.** Inondation Ghardaïa, Octobre 2008  
Source : Algérie presse service

### I.10 Les inondations en Algérie :

Au cours de la décennie écoulée, nous avons pu avoir les données de quelques inondations par miles quelles :

- Le 20 octobre 1993 (ouest algérien) : 22 décès et 14 blessés à Oued Rhiou (Chlef).
- Mois d'octobre 1994, des inondations ont été signalées dans plusieurs régions du pays, bilan 60 décès et des dizaines de disparus au cours de dix jours d'inondations.
- Le 22 octobre 2000 : des inondations à l'ouest algérien, plus de 24 décès.
- Les 10 et 11 novembre 2001 : à Bab El Oued (Alger), les pluies diluviennes ont fait 733 victimes, 30 000 personnes sans-abris et d'importants dégâts matériels.
- Le 1er octobre 2008 : des pluies diluviennes s'étaient abattues sur la région de Ghardaïa, faisant dangereusement monter les cours d'eau. Au moins 33 personnes sont mortes, quatre-vingt-quatre personnes ont été blessées et près de 600 maisons détruites dans des inondations très importantes.
- Le 09 octobre 2008 : dans la wilaya d'Aïn Defla, les intempéries ont causé six décès et huit autres blessés parmi la population, suite à une inondation qui a surpris la région .
- La nuit du 12 octobre 2008 a été fortement pluvieuse, de 20h45mn à 23h35 mn, de pluie ont été enregistrées, surtout dans les localités de Khemis Miliana et Sidi Lakhdar où la force de l'averse a fait que le revêtement bitumeux de la chaussée en certains endroits a été endommagé, de même que des habitations noyées par des eaux chargées de terre argileuse et de gravier. Des torrents de boue provenant des collines surplombant la ville de Khemis Miliana ont envahi la majorité des quartiers. Même la voie ferrée n'a pas été épargnée par ces inondations.
- Durant ce mois d'Octobre 2008, d'autres crues et inondations sont signalées à Batna (450 km au sud-est d'Alger) où deux personnes ont été emportées par les eaux d'oueds en crue. A Bechar, région habituellement désertique et aride, situé à plus de 1.000 km au sud-ouest d'Alger, au moins huit personnes sont mortes noyées dans des inondations qui l'ont frappé mercredi et jeudi 15 et 16 octobre 2008.
- Le soir du 01 octobre 2011 a été fortement pluvieuse de P=60 mm à la ville d'EL Bayadh, de 17h à 18h30 mn, Au moins 11 personnes sont mortes, et près de 170 maisons détruites, et deux ponts dans des inondations très importantes.

### I.11 Principaux paramètres spécifiant l'aléa au inondations :

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

#### I.10.1 Période de retour de crue :

La notion de période de retour « T » n'est qu'une autre façon de caractériser la fréquence d'apparition d'un phénomène à un moment donné. Statistiquement, on la définit comme l'inverse de la probabilité d'occurrence de dépassement « p » de ce phénomène;  $T=1/P$ . Un phénomène ayant une période de retour de cent ans (phénomène centennal) a une chance sur cent de se produire ou d'être dépassé chaque année. Cela est vérifié à condition de considérer une très longue période. Mais elle peut aussi, sur de courtes périodes (quelques années), se répéter plusieurs fois. Autrement dit, en vingt ans, un individu a une chance sur cinq de vivre la crue centennale. On associe souvent à la notion de crue la notion de période de retour (crue décennale, centennale, millénaire, etc.) ; plus cette période est grande, plus les débits et l'intensité sont importants. Les événements les plus souvent représentés sur la carte d'aléa sont la crue décennale (Q 10) et la crue centennale (Q 100). [15].

#### I.10.2 Hauteur et durée de submersion :

La hauteur d'immersion peut avoir un impact important sur le cadre, notamment lorsqu'il dépasse la taille de référence. Lors de plongées prolongées, des problèmes d'assainissement peuvent survenir: l'eau est souvent sale, contaminée par les égouts et parfois du carburant s'écoule du réservoir. Pour l'homme, une eau d'une hauteur de plus de 50 cm est généralement considérée comme dangereuse. Par exemple, une voiture flotte sur une surface d'eau de 30 cm de haut [15].

#### I.10.3 Vitesse du courant :

La vitesse de l'écoulement est déterminée par la pente du fond et sa rugosité, le débit dépend du couple hauteur / vitesse. Par exemple, à partir de 0,5 m / s, la vitesse du courant devient dangereuse pour les personnes, ce qui peut entraîner le détournement ou la blessure du cours d'eau par les objets transportés. Haute vitesse [15].

#### I.10.4 Volume de matière transportée :

Ce volume est communément appelé "transport continu". Ce sont les matériaux (argiles, limon, sable, gravier, galets, rochers, etc.) qui se trouvent dans les cours d'eau et dont le transport peut être effectué soit en se suspendant dans l'eau, soit en se déplaçant vers le bas

du lit pour le plaisir de force actuelle. Le risque d'inondation d'une rivière précipitée sera essentiellement il se caractérise par une vitesse de courant élevée et un transport permanent puissant. [15].

### **I.11 Les causes provoquant une inondation :**

De manière générale, on peut définir trois (3) causes majeures d'inondations :

- il y a des inondations liées à des situations météorologiques inhabituelles provoquant de fortes pluies.
- Inondations causées par l'homme.
- Inondations des régions environnementales de topographie défavorable.

### **Conclusion :**

Ayant défini en général le risque d'inondation et la vulnérabilité des structures aux risques de débordement, le cas d'Oued Hamla dans la vallée de Batna est l'objectif de cette étude afin de mettre en avant les données de base concernant la possibilité d'un phénomène extrême dans cette région montagneuse qui connaît de forte crues durant les saisons à risque et par conséquent, peut causer des cas de catastrophe naturelle par la perte de vie humaines et des biens dans la région de quartier de Hamla dans la ville de Batna .

## Chapitre II : présentation la zone d'étude

### II.1 Introduction :

Avant d'entamer une procédure de protection contre les inondations d'une zone urbaine, l'étude du site est nécessaire afin de connaître les caractéristiques physiques du lieu et les facteurs qui influencent sur la gravité de l'évènement majeur qui est l'inondation.

En effet, chaque site présente des spécificités, touchant en particulier la protection que ce soit :

- Les données naturelles du site.
- Les données démographiques de la population.
- Les données propres d'hydrologique.

La finalité de cette analyse est de faire ressortir les facteurs de prédispositions que ce soient permanents ou temporaires commanditant la présence des divers aléas sur le territoire de cette commune. Ainsi on peut schématiser les atouts et les contraintes au développement de l'espace urbain et les risques générés sur cet espace géographique comme interaction physique et composante territoriale sociale économique et environnementale.

La ville de Batna fait partie de ces villes qui sont exposées au risque d'inondation de par sa situation géographique et du nombre d'affluents qui déversent dans la vallée (Oued Tazoult, Oued Azab, Oued Hamla Oued Segen) et se jettent en fin de parcours dans Oued Al-Kursi. Ces affluents existent dans une zone urbaine et représentent un réel danger pour les personnes et les biens malgré de nombreuses études et les capacités déployées depuis l'époque coloniale en 1948 jusqu'à nos jours. Le dernier de ces projets est de transformer la vallée par le détournement de ces affluents afin de protéger la partie Nord-Est, tandis que la partie Nord-Ouest de la ville reste exposée à de fréquentes inondations dès qu'un nuage de pluie arrive. Malgré que le projet a coûté deux milliards et 612 millions de dinars Algériens, le danger est encore grand. Pour ces raisons que nous avons établis une étude sur deux approches dont les plus importantes sont l'approche hydrologique et l'approche géomorphologique.

## II.2 Présentation générale de la wilaya de Batna :

### II.2.1 Situation géographique :

La Wilaya de Batna est localisée dans la partie Nord-Est de l'Algérie entre les " 4° et 7° " de longitude Est et " 35° et 36° " de latitude Nord. D'une Superficie de 12.038,76 kms<sup>2</sup>, le territoire de la Wilaya de Batna s'inscrit presque entièrement dans l'ensemble physique constitué par la jonction de deux Atlas (Tellien et Saharien) ce qui représente la particularité physique principale de la Wilaya et détermine de ce fait les caractères du climat et les conditions de vie humaine [22].

La wilaya de Batna est située au Nord-Est des circonférences des wilayas de l'Algérie, dans la région des Aurès. Elle est délimitée :

- au nord, par la wilaya de Mila.
- au nord-est, par la wilaya d'Oum-El-Bouaghi .
- à l'est, par la wilaya de Khenchela.
- au sud, par la wilaya de Biskra.
- à l'ouest, par la wilaya de M'Sila .
- au nord-ouest, par la wilaya de Sétif.



**Figure 11.** Situation géographique. ( Source : Monographie de la Région de Batna)

La wilaya de Batna compte 21 daïras réparties en 61 communes.

### **II.2.2 Le relief :**

Batna a été construite sur un relief en cuvette, entourée de montagnes.

### **II.2.3 Le climat :**

Le Climat de Batna est de type semi-aride, avec quatre saisons bien distinctes. Les températures moyennes varient de 4 °C en janvier à 35 °C en juillet. En hiver, la température descend en dessous de zéro la nuit, avec de fréquentes gelées. En été, la température peut atteindre les 45 °C à l'ombre. Le total annuel des précipitations est de 210 mm<sup>3</sup>, le taux moyen d'humidité est de 97 %, la neige ne fait son apparition que pendant quelques jours et surtout au mois de mars [22].

### **II.2.4 L'hydrologie :**

L'ensemble de la Wilaya de Batna est réparti sur 3 grands bassins versants :

- Le Bassin du Constantinois situé au Nord et Nord Est, qui s'étend sur une superficie de 4037 km<sup>2</sup> dans le territoire de la Wilaya.
- Le Bassin versant du Hodna situé à l'Ouest, qui s'étend dans les limites de la Wilaya sur une surface de 4 394 km<sup>2</sup>.
- Le Bassin des Aurès Nememcha, qui occupe la partie Sud et Sud Est de la Wilaya sur une superficie de 5 611 km<sup>2</sup>. [23]

### **II.2.5 Démographie :**

Selon l'ONS, la population de la ville de Batna était de 290 645 habitants en 2008 pour une superficie de 85 km<sup>2</sup> soit une densité de 3 419 habitants/km<sup>2</sup>, l'une des plus fortes d'Algérie. En 2008, l'agglomération définie par l'ONS comprend 61 communes et totalise 1 175 643 habitants. La population de la ville est relativement jeune : en 2008, selon l'ONS, le pourcentage d'habitants âgés de moins de 35 ans est de 67,35 % . [23]

## **II.3 Présentation d'Oued Hamla :**

Il coule du côté sud-est du bassin, Il prend sa source dans la ligne de partage des eaux du mont Balzma à plus de 1900 mètres d'altitude ,Où Pentes raides dans les coteaux, Ce qui permet la concentration de l'eau en direction directe vers la ville de Batna ,Oued Hamla verser à Oued al-Kursi, Dans le tissu urbain de la ville de Batna. [23]



**Figure 12.** Présentation d'Oued Hamla. (source : auteur)

La Figure 12. représente la conduite obstrue l'Oued de Hamla chargé de déchets ménagers et d'une profondeur insuffisante en cas de fortes crues ce qui peut représente un danger pour la population du quartier des berges d'Oued Hamla

### **II.3.1 Étude topographique :**

#### **II.3.1.1 Altitudes :**

De l'ouest et du nord-ouest: la chaîne de montagnes Shalala'a, qui appartient aux montagnes du parc national "Belzma", où l'altitude la plus élevée est estimée à 2091 m.

- Du sud : le mont Ish Ali, qui s'étend d'est en ouest.
- Du nord-est et de l'est : la chaîne de montagnes Bouarif .

- Ainsi que des collines éparses dans le bassin, surtout du côté est.

Quant aux vallées, elles sont denses et temporaires. Elles prennent leur origine dans les montagnes, où elles se rassemblent toutes dans la plaine de Batna. Où se situe la ville, de sorte que l'ensemble se jette dans l'Oued al-Kursi, qui à son tour se jette dans le Shattkdain.

Les montagnes entourent la ville de Batna dans toutes les directions, C'est ce qui en a fait un catalyseur dans la concentration de l'eau, en particulier l'état du nature barrage de cette ville [23] .

### **II.3.2 Vallées :**

Les vallées du bassin sont des cours d'eau temporaires, et les plus importantes de ces vallées sont [23]:

#### **II.3.2.1 Vallées orientales :**

Oued Tazolt : Qui est situé dans la partie sud-est du bassin, Prendre une direction sud nord, Lorsque le patin se rassemble pour changer de direction à un angle de 90° à l'ouest jusqu'à ce qu'il se jette dans Oued al-Kursi ,émettant d'une hauteur de 1833 mètres ,Quant à l'aval, on estime qu'il augmente 1040m ,Il s'agit d'une longueur de 19.00 km. [23]

Oued de Bouadan : qui est situé au nord-est du bassin, Il prend une direction nord-sud et à une distance d'environ neuf kilomètres de la source change de direction à un angle de 90° à l'ouest jusqu'à ce qu'il se jette dans Oued al-Kursi, La vallée de Bouadan se déverse d'une hauteur de 1646m, Son point en aval est 1040m, Sa longueur est de 20,50 km, Avant que la vallée de Bouadan n'atteigne la source, elle est reliée à la vallée de l'Azab, longue d'environ 8,95 km. [23]

#### **II.3.2.2 Les vallées qui coulent de l'ouest :**

Oued Hamla : Sa source est située au sud-ouest du bassin, orientée ouest-est, et sa direction change de 90 degrés vers le sud Il s'agit d'une distance de 2,5 km, pour changer à nouveau de direction vers le nord-est pour se jeter dans l'Oued al-Kursi, L'Oued de Hamla prend sa source à une hauteur de 2091 alors qu'il atteint une hauteur de 1040 mètres, sa longueur est estimée à 12.4 km. [23]

Oued Segen : Sa source est située au nord-est du bassin, prenant une direction ouest-est vers oued al-Kursi, Il prend sa source à une hauteur de 1792 mètres et se jette à une hauteur de 1040 mètres, sa longueur est estimée à 10.2 km. [23]

## Chapitre II : présentation la zone d'étude

---

On constate que toutes les vallées du bassin pénètrent dans la ville de Batna pour se teinter dans l'Oued Kersi, qui traverse la ville, ce qui la rend vulnérable aux risques d'inondation.

**Tableau 1 :** Les coordonnées géographiques des stations pluviales dans le Bassin de la ville de Batna

N	Nom de station	symbole national	degré de largeur (x)	degré de longueur(y)	Altitude(m) (z)
01	Batna	070316	35°33'53"	3° 50' 07"	1040
02	Tazolt	070303	35° 33' 08"	3° 40' 13"	1400
03	<u>Hamla</u>	070308	35° 33' 32"	3° 45' 35"	1081
04	Segen	070309	35° 41' 16"	4° 3' 00"	1112
05	Ben tenon	070304	35° 29' 13"	3° 55' 35"	1200

Source : Agence National Ressources Hydrauliques (A N R H)

### II.3.2.3 Plaines:

Il est confiné entre les blocs de montagne susmentionnés, où se trouvent les tissus urbains des municipalités de la communauté. Vers le nord-est sur la plaine de Mather et chaque fois que nous nous dirigeons vers l'est (Oyouun al-Asafir) sur la plaine de Timgad. Sa hauteur atteint 1000 mètres, où la majeure partie est adaptée à l'exploitation agricole et à la culture des céréales. Comme ce terrain a joué un grand rôle dans la répartition de la population, comme nous constatons que la plupart de la population réside dans les zones de plaine, tandis que les zones montagneuses semblent moins actives et densément peuplées[24] .

### II.3.2.4 Données climatiques :

Le climat est d'une grande importance dans les études urbaines, que ce soit sur le plan urbain ou architectural. la qualité des matériaux utilisés.

Le climat de la commune de Batna et de la commune de Oued al-Chaaba est soumis aux mêmes conditions climatiques prévalant au niveau de la région des Hauts Plateaux aux caractéristiques méditerranéennes semi-arides, caractérisées par des hivers froids et humides et chauds et relativement étés secs[24].

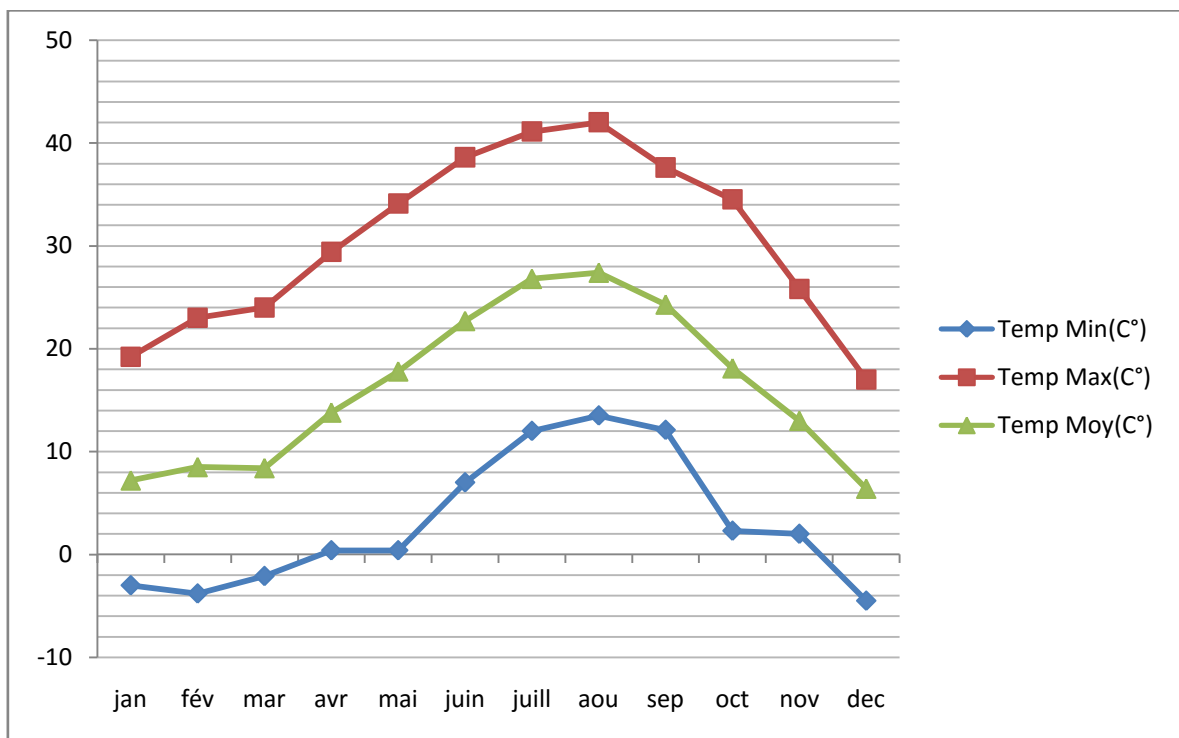
**II.3.2.5 La température:**

**Tableau 2 :** Variation des températures mensuelles

Mont Temp	Jan	Fév	mar	avr.	mai	juin	juil.	aou	sep	oct	nov	déc
Minimum	-3	-3.8	-2.1	0.4	0.4	7	12	13.5	12.1	2.3	2	-4.5
Maximum	19.2	23.0	24.0	29.4	34.1	38.6	41.1	42.0	37.6	34.5	25.8	17.0
Moyen	7.2	8.5	8.4	13.8	17.8	22.7	26.8	27.4	24.3	18.1	13.0	6.4

Source : Monographie de Batna Wilaya 2014

Le taux mensuel moyen dans la région varie entre 6,4°C, pendant le mois de décembre et 27,4 °C ,pendant le mois d'août, et le taux annuel est estimé à: 16,2 °C.



**Figure 13.** Variation mensuelle des températures minimales et maximales de la station de Hamla. Source : Monographie de Batna Wilaya 2014.

**II.3.2.5.1 Le Précipitation:**

En ce qui concerne les précipitations, le quartier Hamla est située dans une zone qui enregistre des précipitations comprises entre 300 mm à 400 mm / an, mais la plus élevée a été enregistrée en mars : 68,2 mm, et la plus basse a été enregistrée en juillet de 0,3 mm les précipitations désignent tous les types de précipitations, telles que la pluie et la neige[23].

**Tableau 3** : des variations annuelles des précipitations pour la période 1969 à 2001 au statut de station de Hamla

Anne	La variation standard (mm)	La variation moyen (mm)	Total annuel (mm)
<b>69-70</b>	41,95	135,33	452,84
<b>70-71</b>	41,37	133,44	184,07
<b>71-72</b>	38,11	122,95	440,46
<b>72-73</b>	67,98	219,29	536,80
<b>73-74</b>	12,92	41,69	359,20
<b>74-75</b>	33,01	106,49	424,00
<b>75-76</b>	50,50	162,89	480,40
<b>76-77</b>	41,69	134,49	452,00
<b>77-78</b>	11,29	36,41	281,10
<b>78-79</b>	15,32	49,41	268,10
<b>79-80</b>	24,96	80,51	237,00
<b>80-81</b>	31,87	102,81	214,70
<b>81-82</b>	0,53	1,71	315,80
<b>82-83</b>	50,58	163,17	154,34
<b>83-84</b>	50,29	162,21	155,30
<b>84-85</b>	30,25	97,59	415,10
<b>85-86</b>	21,84	70,44	387,95
<b>86-87</b>	2,20	7,11	324,62
<b>87-88</b>	40,36	130,18	187,33
<b>88-89</b>	2,69	8,69	326,20
<b>89-90</b>	31,43	101,39	418,90
<b>90-91</b>	9,98	32,19	349,70
<b>91-92</b>	16,95	54,69	372,20
<b>92-93</b>	20,06	64,71	252,80
<b>93-94</b>	29,54	95,29	222,22
<b>94-95</b>	11,85	38,21	279,30
<b>95-96</b>	80,44	259,49	577,00
<b>96-97</b>	42,47	137,01	180,50
<b>97-98</b>	72,05	232,41	85,10
<b>98-99</b>	26,11	84,21	233,30
<b>99-00</b>	15,90	51,29	368,80
<b>00-01</b>	29,21	94,21	223,30
	/	/	317,51

Source :Bureau météorologique de Constantine

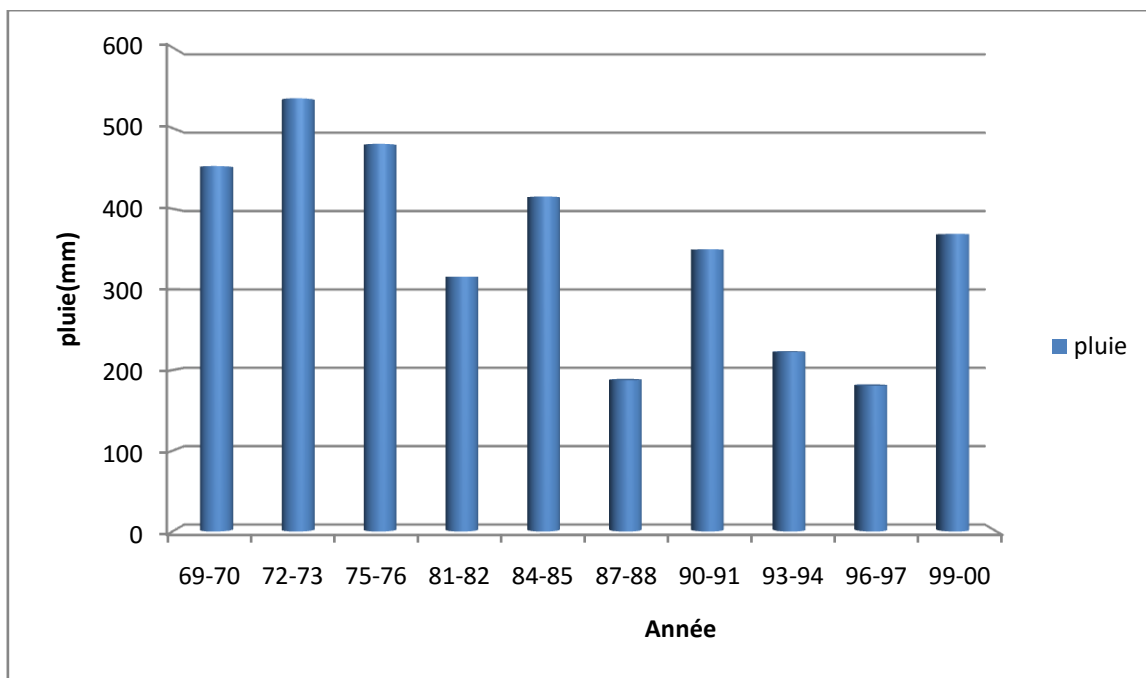


Figure 14 . Pluviométrie de la station de Hamla Source :Bureau météorologique de Constantine

Tableau 4 : des variations annuelles de l'excédent et du déficit de pluie pour la période (1969-2001)

station	Moyenne annuelle	années sèches			années pluvieuses		
		Le nombre d'années sèches	Pluie d'année sèche	année	Nombre d'années pluvieuses	année pluvieuse pluvieuse	année
Batna	370,7	17	182	93 / 94	15	578,5	71 / 72
Tazolt	367,92	21	205,3	93 / 94	11	547,8	95 / 96
segen	474,71	15	207,2	00 / 01	17	709,42	69 / 70
Hamla	317,51	17	85,1	97 / 98	15	536,8	71 / 72
Ben tenon	340.78	16	133,5	79 / 80	16	648,72	75 76

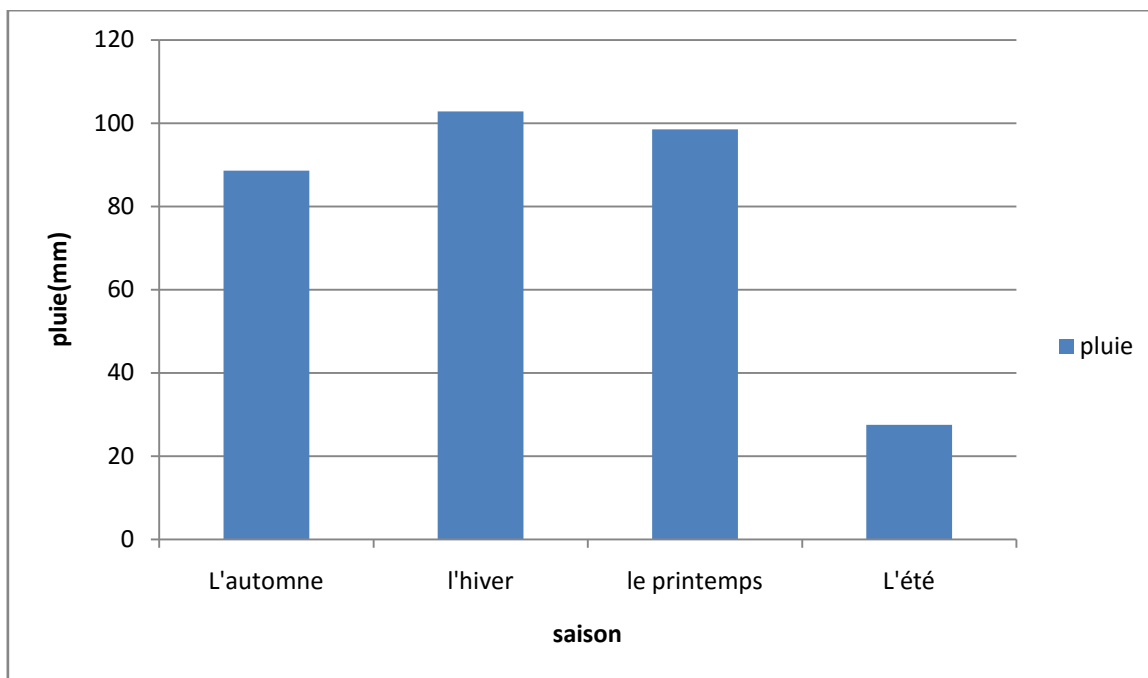
Source : (N,BALLA,2006)

### II.3.2.6 Changements saisonniers :

Tableau 5 :Changements saisonniers de pluie la station de Hamla

saison		L'automne	l'hiver	le printemps	L'été	total
Hamla	Précipitations estivales moyennes(mm)	88.61	102.82	98.55	27.54	317.51
	Précipitations estivales moyennes(%)	27.91	32.38	31.04	8.67	100.00

Source : (N,BALLA,2006)

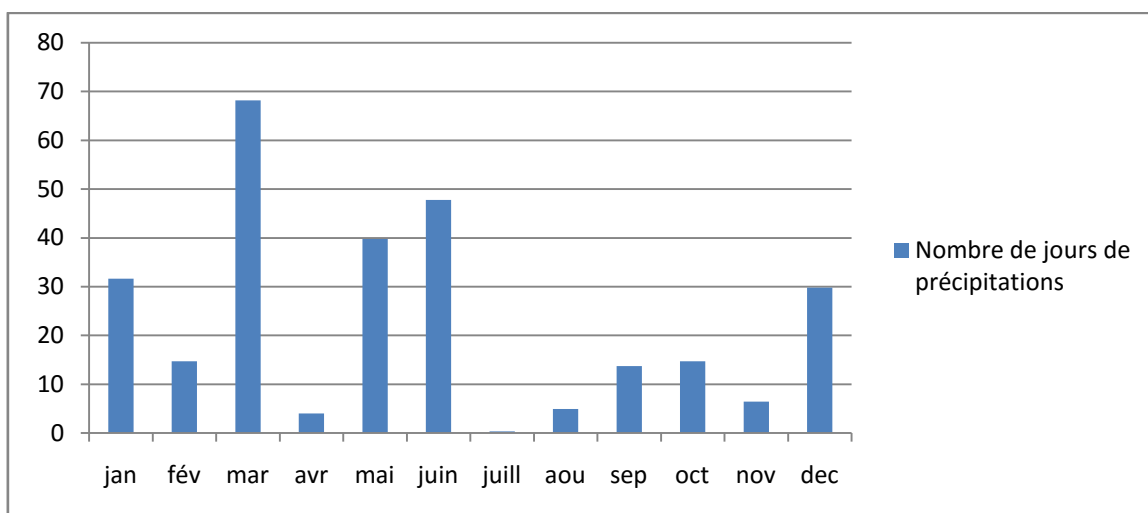


**Figure 15.** Changements saisonniers de pluie de la station de Hamla(1996-2001) Source :Bureau météorologique de Constantine

**Tableau 6 :**La valeur de Perte de la station de Batna en 2014.

le Mois	jan	Fev	mar	avr	ma	jui	juill	aou	sep	oct	nov	déce
Nombre de jours de précipitations	31.6	14.7	68.2	4	39.8	47.8	0.3	4.9	13.7	14.7	6.4	29.8

Source : Monographie de la Wilaya de Batna 2014.



**Figure 16.** Nombre de jours de précipitations par station de Batna. Source :Bureau météorologique de Constantine

**II.3.2.7 Le réseau hydrographique du bassin versant de Batna :**

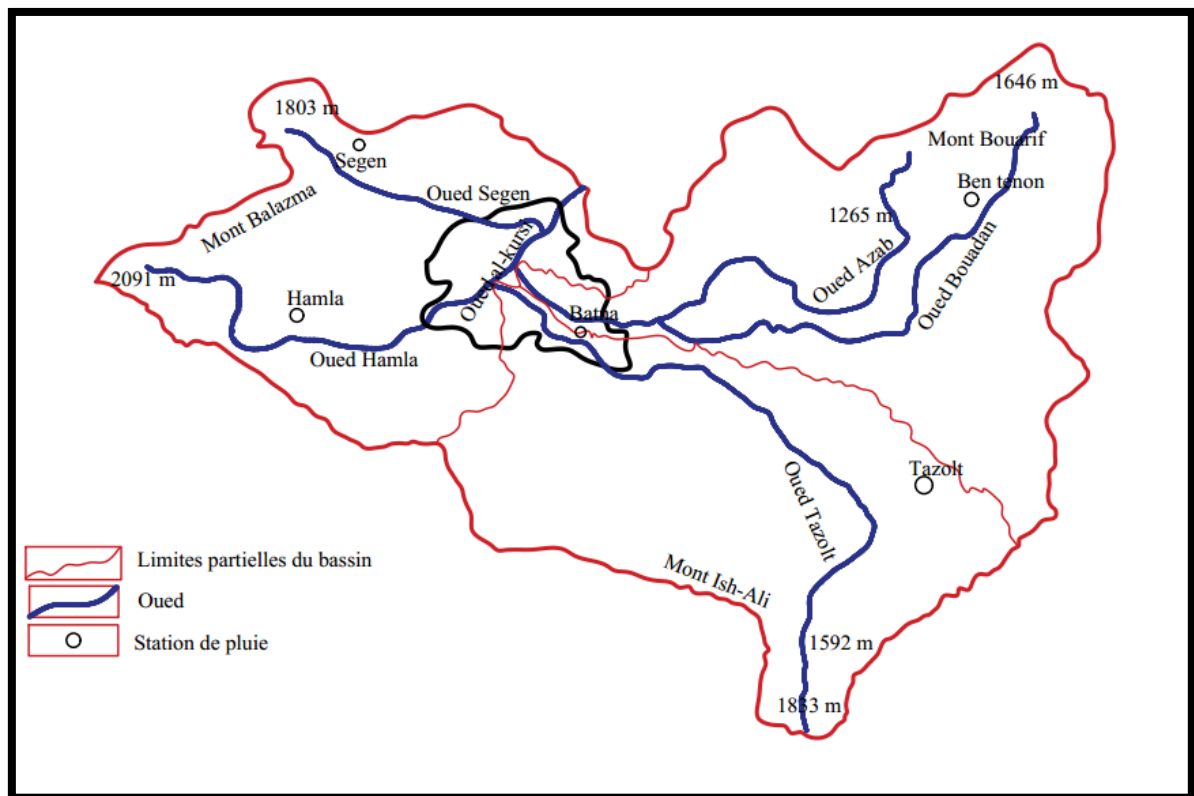
**Tableau 7 :**La superficie et le périmètre de chaque bassin partiel

bassin				
Bassin Ben tenon	Bassin Segen	<u>Bassin Hamla</u>	Bassin Tazolt	
123	34.65	44.82	103.25	Surface(km <sup>2</sup> )
56	22	30	44	océan (km <sup>2</sup> )

En calculant et analysant les indicateurs de la forme, de la régression et du réseau hydrographique du Bassin de Batna :

- La forme du bassin est allongée.
- fortes pentes.
- Réseau hydrographique temporaire et dense.

Par conséquent, les caractéristiques du bassin contribuent à l'effet cumulatif des précipitations ,D'où la concentration du flux.



**Figure 17 .**Débit de crue des bassins partiels de la Wilayat de Batna(source : auteur)

### II.4 Description de la zone :

La zone d'étude se compose d'une Hamla 01, et Hamla 02 et d'un Ecole supérieure d'armes et d'armures traversé par une Oued appelée Oued Hamla.

Hamla 01 est un complexe résidentiel composé de bâtiments de quatre étages, d'une école primaire et d'une mosquée nommée Al-Hussein Bin Ali, qui est le plus grand rassemblement de population par rapport à Hamla 02.

- Longueur d'Oued Hamla dans la zone d'étude est estimée à 2 km.
- Hauteur de Oued Hamla 1.5m.
- Oued Hamla contient 3 ponts et 1 passerelle.
- Les débit pris à partir de la relation synthétique .

#### II.4.1 Débit selon La Méthode synthétique :

Cette méthode vise à déterminer le débit maximal de la crue de différentes fréquences en fonction de l'intensité de la pluie selon la formule :

$$Q_i(\text{m}^3/\text{s}) = (1/3.6) * (S_i * L_e)$$

**Tableau 8 :** Débit d'Oued Hamla . Source : (N,BALLA,2006)

La zone d'étude	Débit	10anne	50anne	100anne	1000anne
Hamla	<b>QMAX F%</b> <b>m<sup>3</sup>/s</b>	<b>20,39</b>	<b>86,67</b>	<b>98,87</b>	<b>143,00</b>

La méthode synthétique c'est plus proche de la réalité parce que le débit total pour bassins partiels rapprochement les résultats calculés à la station hydrométrique à Fesdis [23] .

#### II.4.2 Etude de sols :

La synthèse des données géomorphologiques, géologiques, géotechniques et les calculs de fondations permettent de donner à grands traits les conclusions et recommandations suivantes [25] :

- Les sols sous jacents sont formés essentiellement par des argiles limoneuses à sableuses encroûtées peu graveleuses, et en surface un recouvrement de terre végétale.
- D'après les règles parasismiques algériennes RPA 99 / Version 2003, la zone sismique de la wilaya de Batna serait classée dans la zone I de sismicité faible.

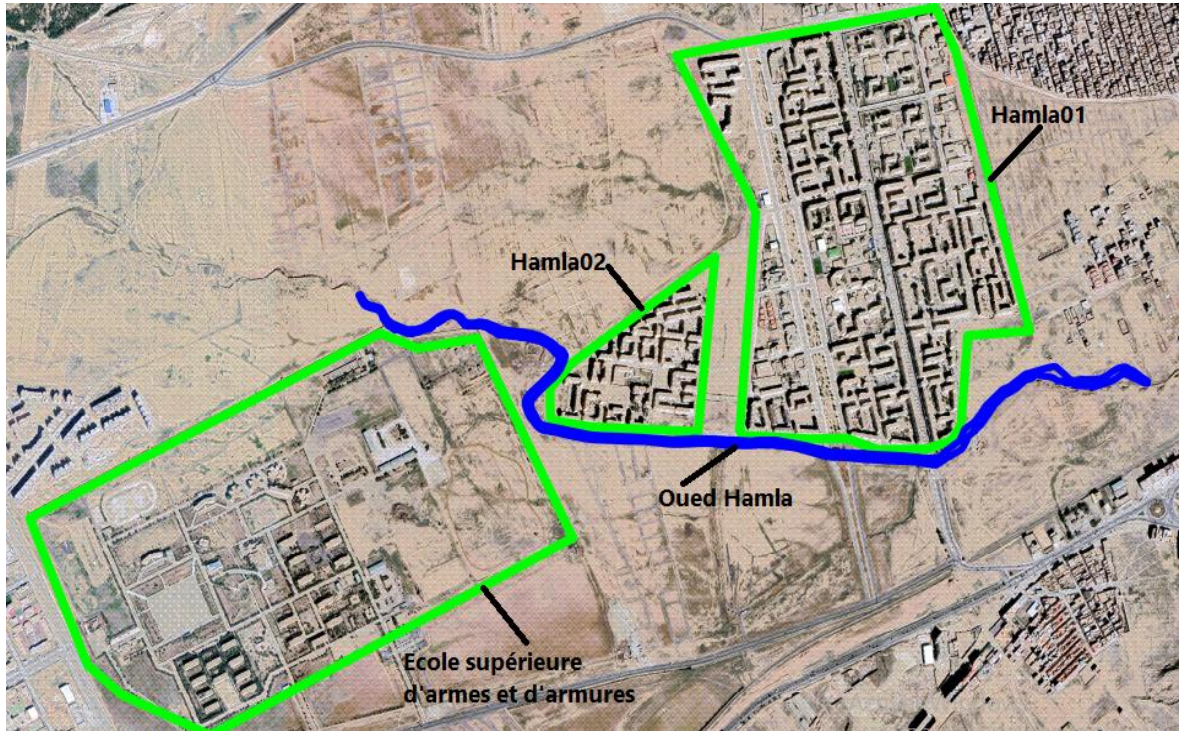


Figure 18. Présentation la zone d'étude (source : auteur)

### II.5 Historique des inondations au Batna:

La ville de Batna fait partie des villes à risque d'inondation à cause des Oueds qui la pénètrent, car elle touche plusieurs quartiers, Provoquant des pertes dans les logements, les structures de base et les équipements économiques, et pertes humains et parmi les inondations qui y ont été exposées La ville de Batna mentionne ce qui suit :



Figure 19. Inondation de Batna22/08/ 2018(source : internet)



**Figure 20.**Inondation de Batna 19/11/2011

(source :internet)



**Figure 21.** Inondation de Batna 22/08/2018

(source :internet)



**Figure 22.** Inondation de Batna 02/09/2019(source : internet)



**Figure 23.**Inondation de Batna 02/09/2020(source : internet)

## Chapitre II : présentation la zone d'étude

**Tableau 9 :** Historique des inondation (source : Direction de la Protection Civile de l'Etat de Batna+ auteur)

Historique des inondations.	Nombre de familles en détresse (famille)	Nombre de victimes (population)	Nombre de maisons détruites (logement)	Évaluation en cas de catastrophe (DZ)	Structures de base et projets endommagés
Jan 1965	2460	Blessure 7, décès 4	/	4560000.00	/
09/10/1969	7500	/	/	49577649.00	/
26/03/1973	880	Blessure 29 ,décès27	/	2825545.00	/
05/07/1987	167	/	34	/	/
03/09/1987	38	Décès2	11	/	/
12/01/1990	38	/	23	/	/
06/09/1994	/	/	/	/	raccords oravin O A I C 10 tonnes de blé Équipement aérien Algérie
31/08/1997	/	/	/	7000.000	es pertes de logement; Baies dans les unités industriel et commercial; Pertes de magasin Commercial; Pertes de bande de base.
19/11/2011	/	/	/	/	Bâtiments, commerces, routes, institutions administratives
22/08/2018	/	/	/	/	Invasion de plusieurs maisons, rues et bâtiments de citoyens
02/09/2019	/	Décès 3	/	/	Invasion de plusieurs maisons, rues et bâtiments de citoyens
02/09/2020	/	Décès 2	/	/	Bâtiments, commerces, routes, institutions administratives
03/03/2021	/	Décès 2	/	/	Bâtiments, commerces, routes, institutions administratives

Les cartes ont un rôle important, qui est d'alerte, car on s'appuie sur la carte dynamique des vallées, l'inspection de terrain, les crues précédentes, notamment la crue 97, la reconnaissance, l'insulte et les avis sonores en plus de la Direction de la Protection Civile, et les degrés de danger sont classés selon des catégories.

### II.6 Etude géologique de la commune :

Sous cette rubrique, nous parlerons des formations géologiques les plus importantes qui composent le domaine d'étude, considéré comme l'un des sujets importants dans l'étude du schéma d'occupation des sols, où, grâce à la connaissance des formations géologiques de la région, nous peut déterminer la géo technologie du sol et ensuite connaître les formations propices à la construction ou qui évitent de bâtir dessus.

Ainsi, l'analyse géologique de la région contribue, avec d'autres éléments naturels, à déterminer le potentiel de développement de la région, et à travers l'étude de la carte géologique du nord de l'Algérie à l'échelle 1 / 500.000 et des études antérieures, on constate que la formation prédominante est constituée de formations datant de la quaternaire représentées par de l'argile de galets blancs et de la boue de couleur jaune, elle a tendance à être brune [24].

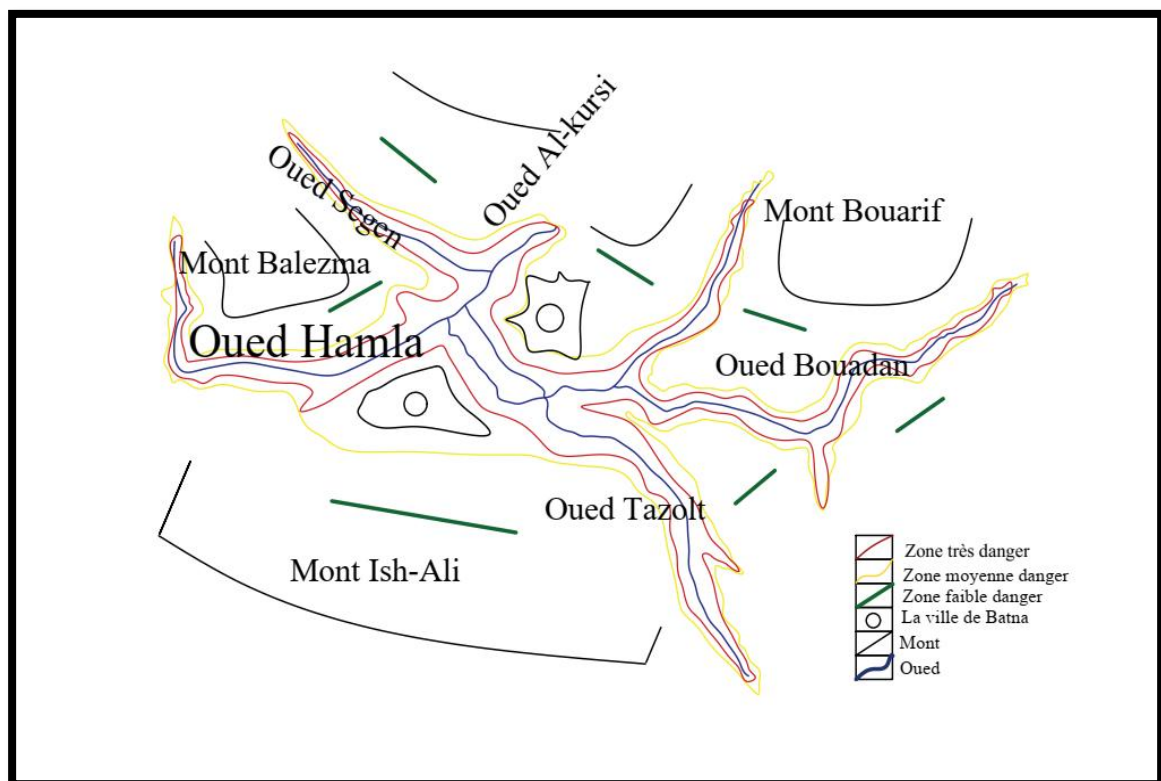


Figure 24. Degré de danger selon l'aspect géologique (Service Administratif APC)

### II.7 Etude démographique de la commune :

#### II.7.1 Densité de population :

C'est un indicateur important pour connaître l'ampleur du risque d'inondation, car la densité de population varie d'un secteur à l'autre comme suit :

#### II.7.2 Forte densité de population :

Elle a une population de plus de 270 personnes/Hectare, et on la retrouve concentrée dans des quartiers chaotiques comme Hay Bouakal, et des quartiers traditionnels comme Hay Sheikhi et Hay El Zamala.

#### II.7.3 Densité moyenne de population :

De 79 -270 personnes/Hectare, ce qui est au-dessus de la moyenne de la ville et se situe majoritairement en centre-ville.

#### II.7.4 Faible densité de population :

Il varie de 18 - 78 personnes/Hectare, et est réparti dans la nouvelle zone urbaine résidentielle.

Hamla est considérée comme l'une des zones résidentielles à faible densité car elle est répartie sur la nouvelle zone urbaine, avec une population comprise entre 18 -78 personnes/ Hectare.

#### II.7.5 La population a doublé selon le taux de croissance :

**Tableau 10:**La population a doublé selon le taux de croissance

Taux de croissance	%1.77	%1.62	%1.86	%0.5	%1	%1.5	%2	%2.5	%3	%3.5	%4
La période du doublement de la population (année)	39.5	43	38	139	70	46.5	35	28	23.4	20	17.7

Source : Monographie de Batna Wilaya 2014

A travers le tableau précédent, la population double en une période de 39,5 ans si le taux de croissance de la population reste égal à un intervalle de 77%. Comme pour le rassemblement principal sur une période de 43 ans, si le taux de croissance reste égal à un intervalle de 62 % Ces taux sont enregistrés au dernier recensement de 2008 [24].

### **II.8 Conclusion :**

Sur la base de tout ce qui a été récolté précédemment, nous pouvons conclure que les conditions géopolitique set administratives ont lancé la ville de Batna dans une croissance démographique remarquable soit dans son aspect urbain que dans sa position économique mise en place. La commune de Hamla subit un fort développement urbain alors qu'elle est précisément située dans une zone basse du bassin qui entoure les montagnes de chaque côté. Il s'agit à la base d'une zone inondable au long de l'année.

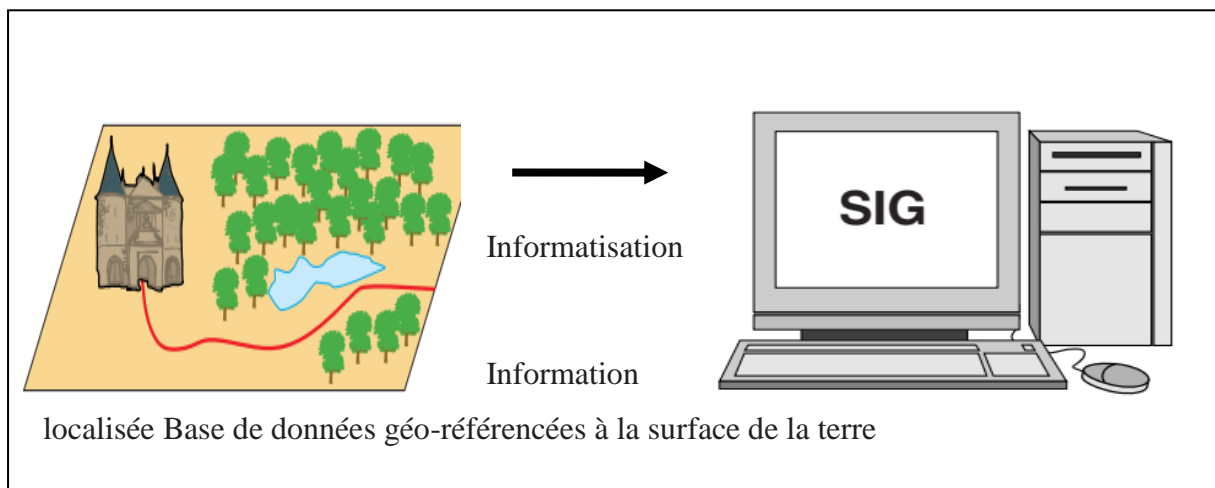
**Chapitre III: Outils et Techniques  
de Cartographie du Risque  
Inondation**

### III.1 Introduction :

Au cours des dernières décennies, la situation dans la zone d'étude a été exacerbée par des inondations répétés, notamment des dégâts matériels et pertes de vies humaines. Afin de réduire le risque d'inondation, nous sommes penchés sur la possibilité d'exploiter les données technologiques et les systèmes modernes d'information géographique.

Dans ce chapitre nous allons présenter notre zone d'étude et expliquer la méthodologie qu'on nous avons suivi pour la réalisation des cartes de vulnérabilités de zone de Hamla.

### III.2 Introduction aux SIG :



**Figure 25.** Introduction des données sur SIG. (source :auteur)

Un système d'information géographique (SIG) est un système informatique permettant à partir de diverses sources, de rassembler et organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement contribuant notamment à la gestion de l'espace [26].

Un système d'information géographique est aussi un système de gestion de base de données pour la saisie, le stockage, l'extraction, l'interrogation, l'analyse et l'affichage de données localisées.

C'est un ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision [27]. Un système d'information géographique, comme le montre la figure 25, est un ensemble d'équipements

informatiques, de logiciels et de méthodologies pour la saisie, la validation, le stockage et l'exploitation de données, dont la majorité est spatialement référencée, destinée à la simulation de comportement d'un phénomène naturel, à la gestion et l'aide à la décision [27].



Figure 26. Schéma d'un Système d'Information Géographique [24].

### III.2.1 Présentation des outils de SIG :

D'une manière générale, la mise en œuvre d'un SIG peut être faite avec différents logiciels parmi lesquels les quatre suivants constituent les plus utilisés : Géo concept, Arc-View, Arc-Gis et Map-Info. Tous ces logiciels ont une même vocation : apporter des réponses à la problématique spatiale grâce à des analyses cartographiques ou des thématiques. Les fonctionnalités techniques sont très proches les unes des autres. Ces logiciels s'adaptent à des usages dans les divers domaines, mais leur choix devra être éclairé par [27] :

- Son cout dépendant évidemment du budget alloué au projet du SIG.
- L'ergonomie de son interface.
- La nécessité de former les chargés d'études pour sa prise en main.
- Ses atouts en termes d'apport de solutions d'analyses.
- Les possibilités d'échanges de données.
- La compatibilité de ses supports de données avec d'autres.

- L'environnement Map-Info et ses sous programmes ont été utilisés dans ce travail.

### III.2.2 Choix et fonctions du SIG :

#### III.2.2.1 Concepts fondamentaux de Map-Info :

Confrontés aux nombreux systèmes d'information géographique adaptés au monde de la micro-informatique, notre choix s'est porté sur le système d'information géographique Map-Info pour bénéficier d'un produit performant, évolutif, largement diffusé auprès des utilisateurs.

### III.3 Présentation des opérations effectuées :

#### III.3.1 Introduction des données :

- 1- Pour faire apparaître l'image satellitaire sur l'interface de saisie de la table de données dans logiciel Map-Info , il est impératif de mettre en place un jeu de données permettant de faire ressortir la carte numérique de la région comme il est présenté sur la figure 27 :

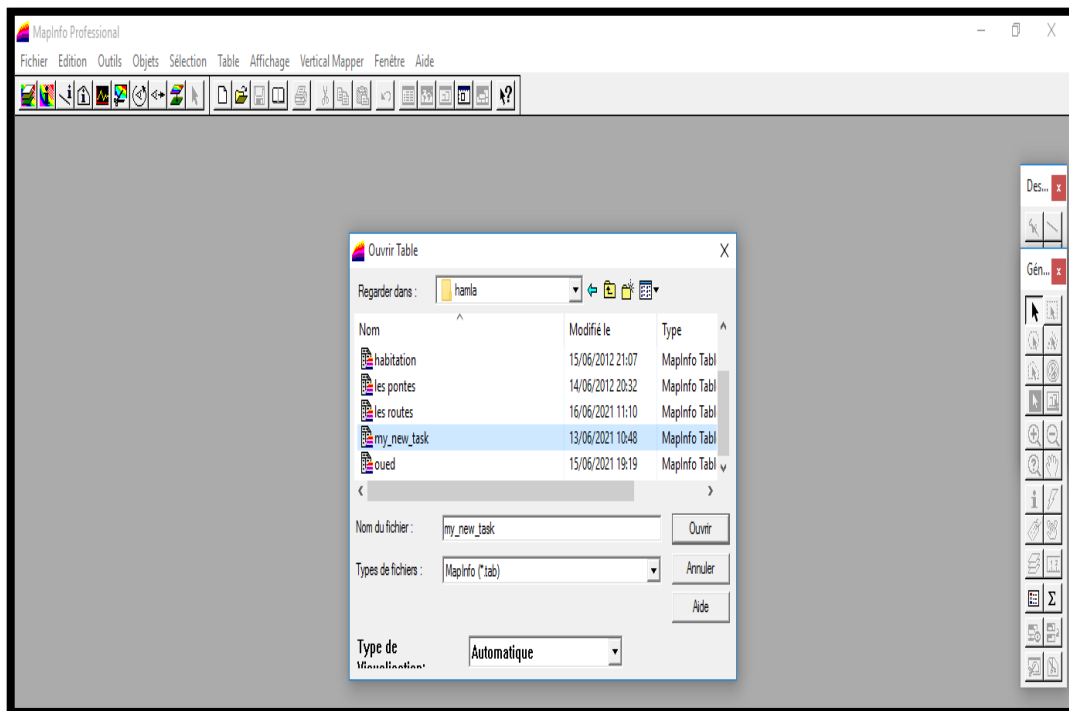


Figure 27. Présentation de la table L'interface de Map-Info avec introduction des données

- 2- Dans l'étape suivante, l'apartition de la carte satellitaire se fait par le choix de selection des couches en décochantlezoom selon la figure 28 :

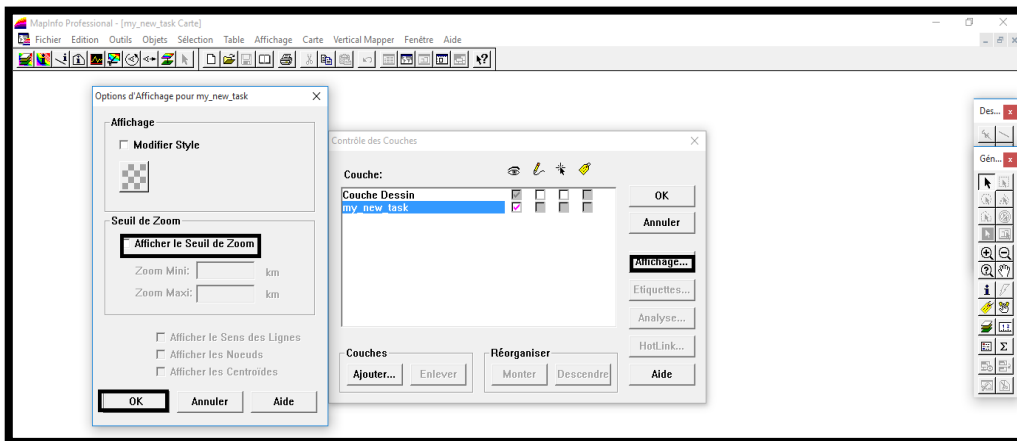


Figure 28.Interface de logiciel.

- 3- Il est présenté sur figure 29, l'apparition de la carte satellitaire numérisé de la région de Hamla

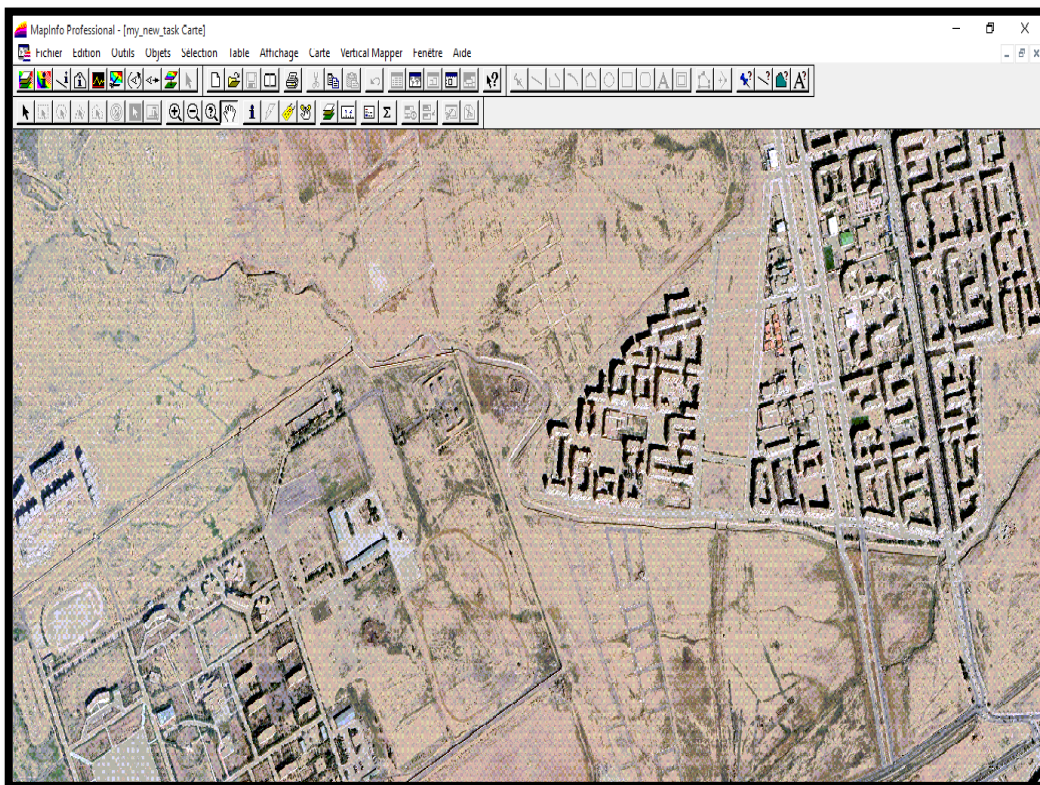


Figure 29.la carte satellitaire numérisée de Hamla

- 4- Pour effectuer des tracés sur la carte satellitaire, nous avons introduit des couches à partir de l'ajout de différents champs.

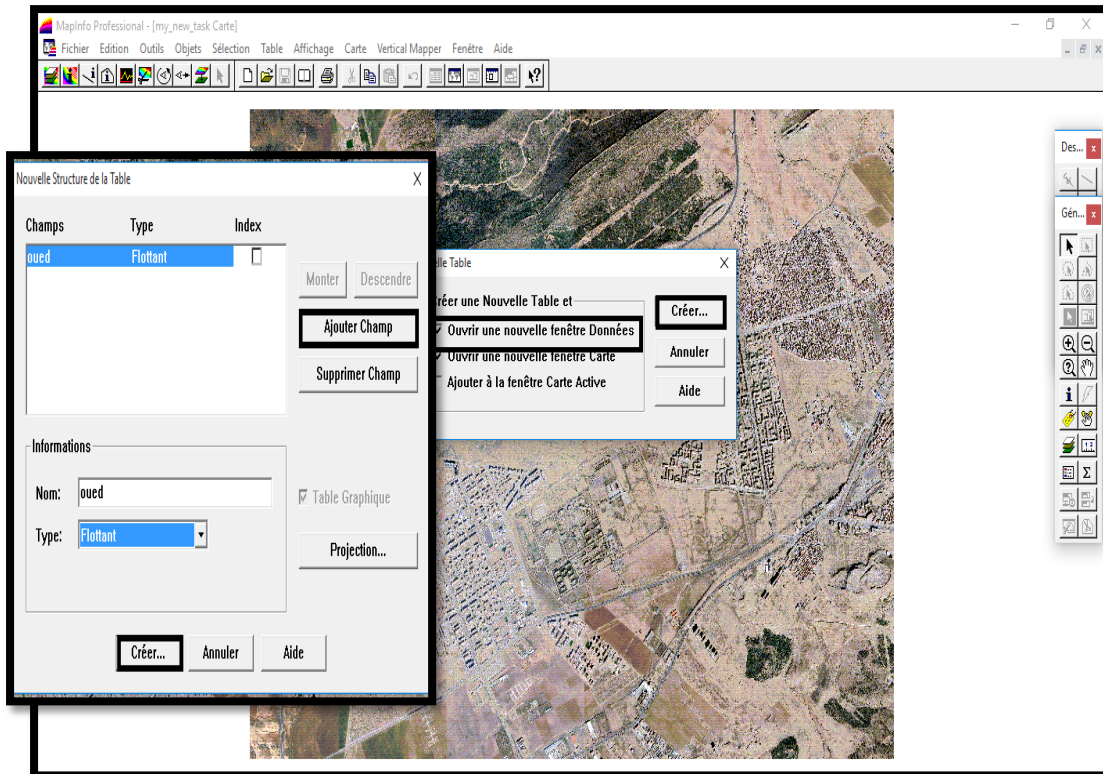


Figure 30. Intégration des champs pour réaliser les différentes couches

- 5- Après avoir extrait la carte satellitaire, nous avons mis en place 5 couches à l'aide des outils de dessins disponible de tracé et indications :

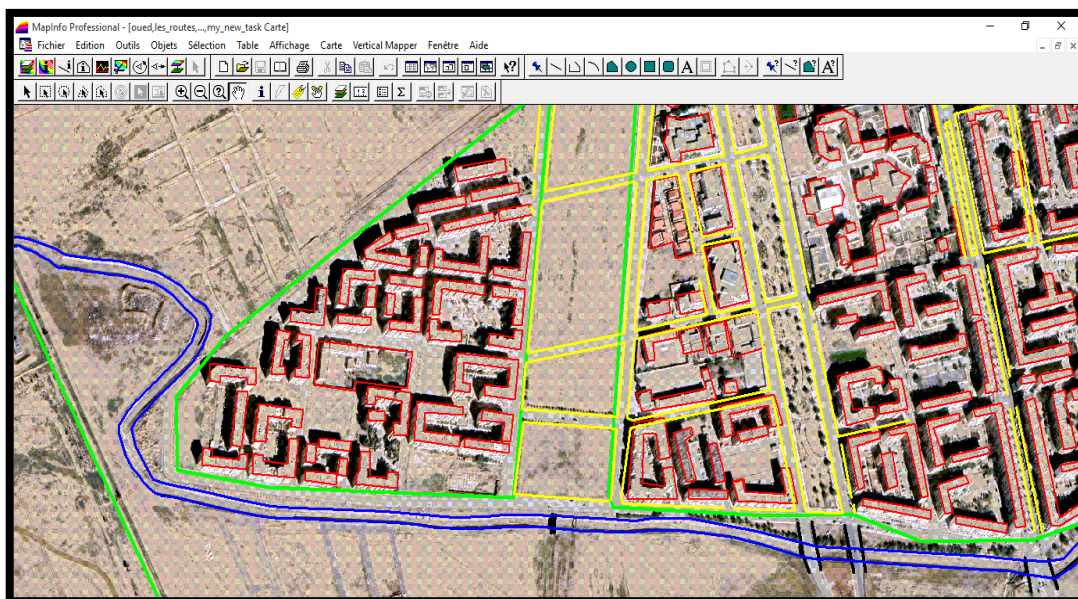
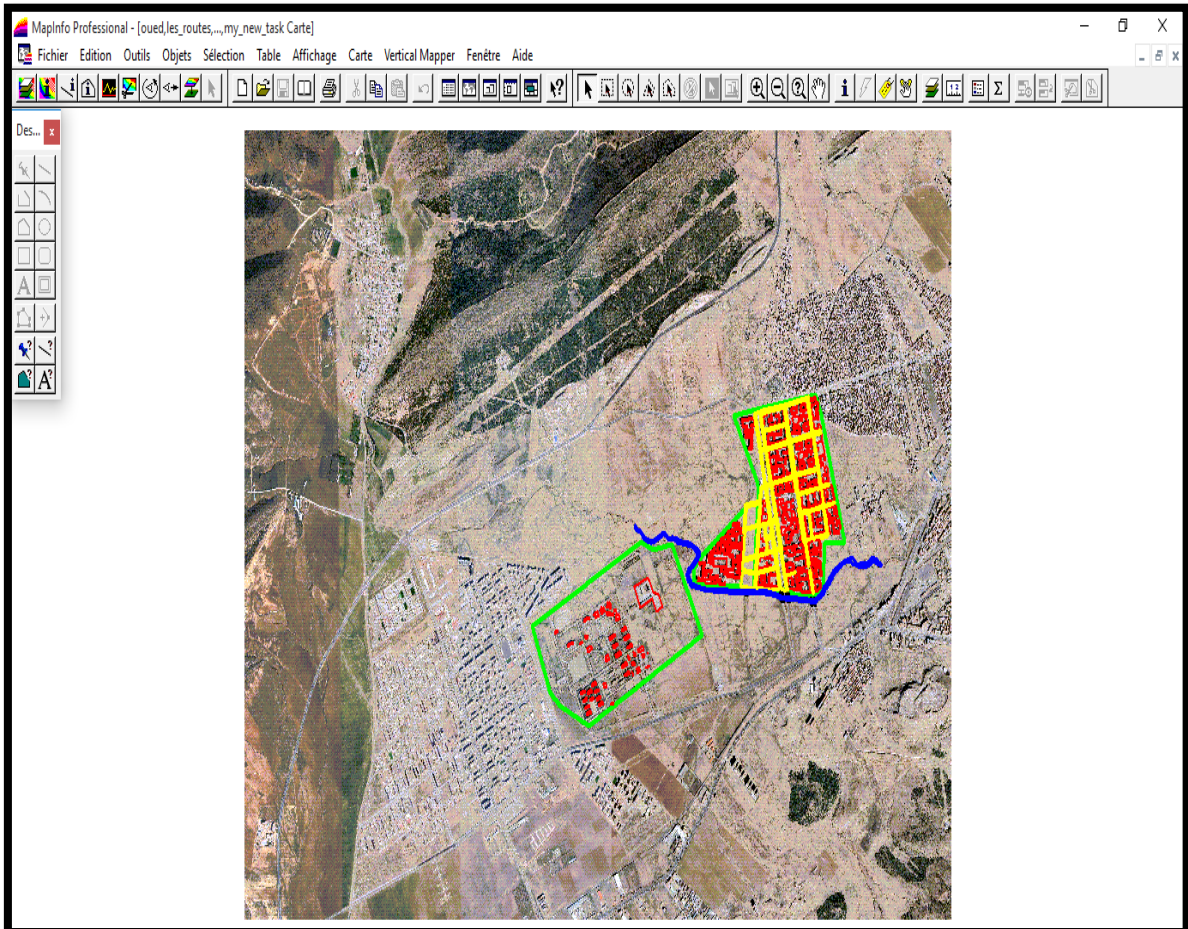


Figure 31. Le tracé de la zone à risque en superposition de la carte satellitaire.

6- Il est présenté sur la figure 32,les différentes couches utilisées :

- La couche de couleur rouge pour les habitations ;
- La couche couleur vert pour définir les quartiers ;
- La couche couleur bleu pour le tracé de l'Oued (Oued Hamla ) ;
- La couche couleur noir est pour les ouvrages existants(ponts) ;
- La couche couleur jaune est pour les routes dans les quartiers de Hamla .
- 



**Figure 32.**Carte satellitaire avec indication des éléments de couches de Hamla

Ainsi, nous avons dessiné les couches à l'aide du logiciel Map-info pour pouvoir, par la suite, simuler à partir du logiciel HEC-RAS l'écoulement hydraulique extrême d'Oued Hamla dans la région urbaine de Hamla.

### III.4 Présentation du logiciel HEC-RAS :

Hydrologic Engineering centres River Analysis System (System d'analyse des rivières du centre d'ingénierie hydrologique) 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 5.0 était unidimensionnel, ce qui signifie qu'il n'existait pas de modélisation directe des variations hydraulique dues aux changements de forme de la section transversale, a la présence de coudes ou autres aspects d'un écoulement 2D ou 3D. Depuis la version 5.0, il est possible de réaliser des modélisations 1D ou 2D de la rivière et des plaines d'inondation.

Le programme a été élaboré par le Ministère Américain de la défense (corps des ingénieurs de l'armée Etats-Unis) dans le but de gérer les rivières, les ports et autres travaux publics relevant de leur compétence, il a été largement diffusé de par le monde depuis sa publication en 1995. Développé par l'hydrologique Engineering Center (HEC) en Californie, ce system permet aux ingénieurs en hydraulique d'analyser les débits dans litdes rivières et de déterminer les zones inondables. il intégré de nombreux moyens de saisie de données, de composants d'analyse hydraulique, de stockage de données, d'édition de rapports sous forme de tables et graphiques [28].

#### III.4.1 Identification de HEC-RAS :

##### III.4.1.1 Les étapes d'introduction des données dans l'HEC-RAS :

- 1- Il est constaté sur la figure 33, l'interface conviviale du logiciel Hec-Ras qui s'intègre bien ave les données numérique cartographique que ce soit de Map-Info ou bien Arc-Gis c'est le contexte principal permettant l'introduction des données

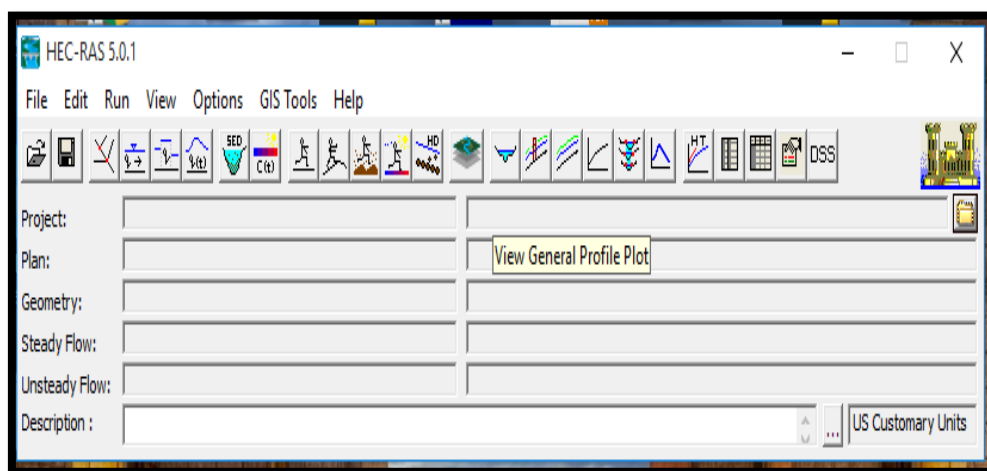


Figure 33. Présentation du logiciel HEC-RAS

- 2- Il est bien clair sur la figure 34, le basculement des données de Map-Info vers Hec-Ras pour permettre, par la suite, l'affichage des couches réalisées préalablement.

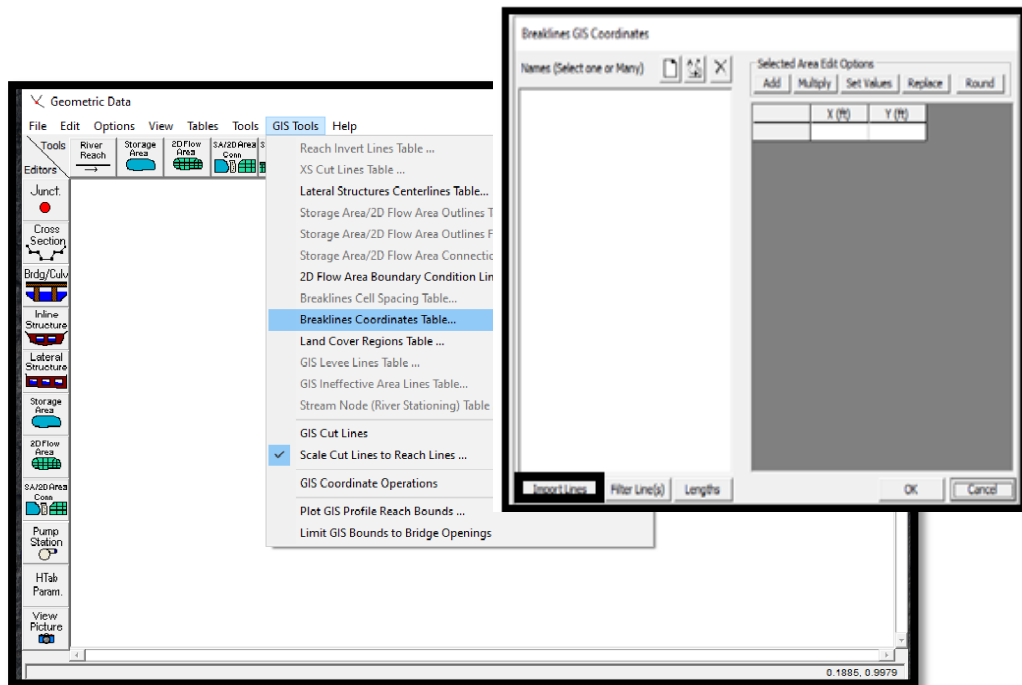


Figure 34. Interface de dessin

- 3- De la même manière que précédemment sur le logiciel Map-Inf, il est présenté sur la figure 35, la sélection de différentes couches d'Oued Hamla établis et configuré sur le logiciel HEC-RAS :

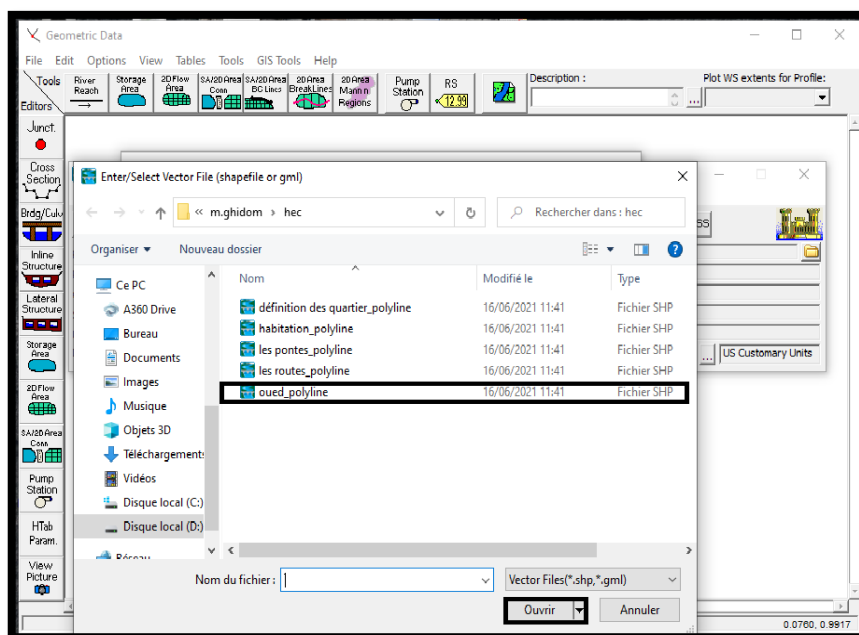


Figure 35. Sélection du fichier associé de Map-Info à Hec-Ras

- 4- L'avantage de l'utilisation de Hec-Ras est la superposition des données de calcul avec ajout de compléments permettant d'effectuer le calcul hydraulique de l'Oued :

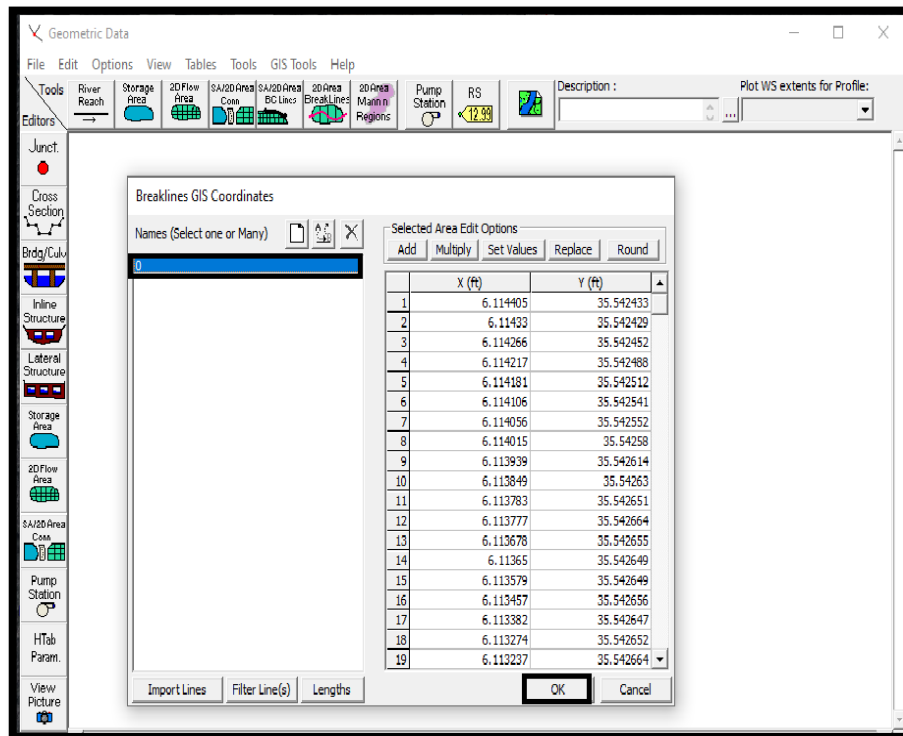


Figure 36. Importation du fichier pour l'application du calcul

- 5- Dans cette partie, il est présenté sur la figure 37, l'introduction des données géométriques complémentaire de l'Oued Hamla:

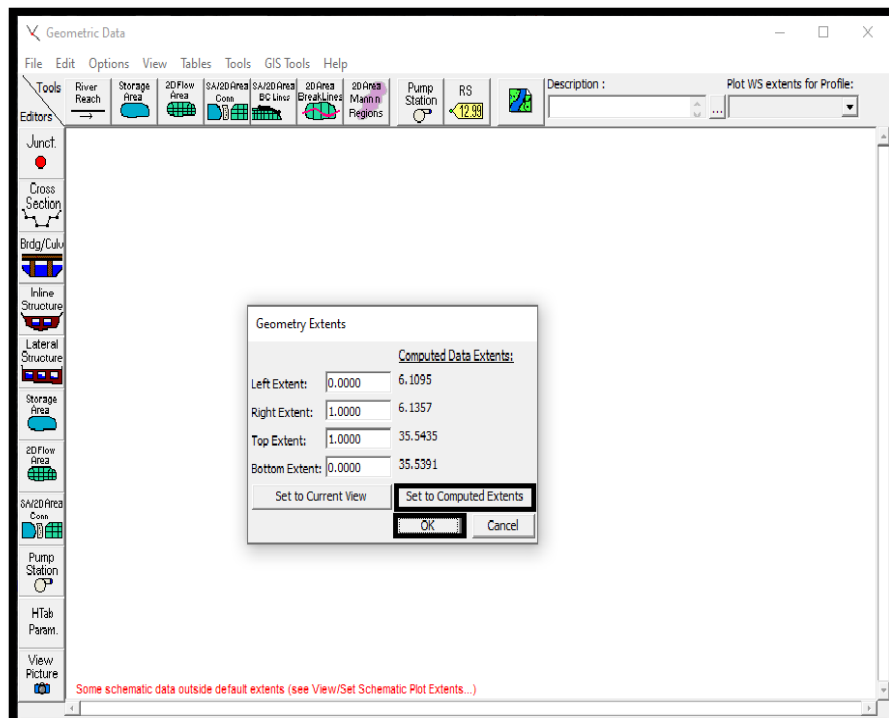
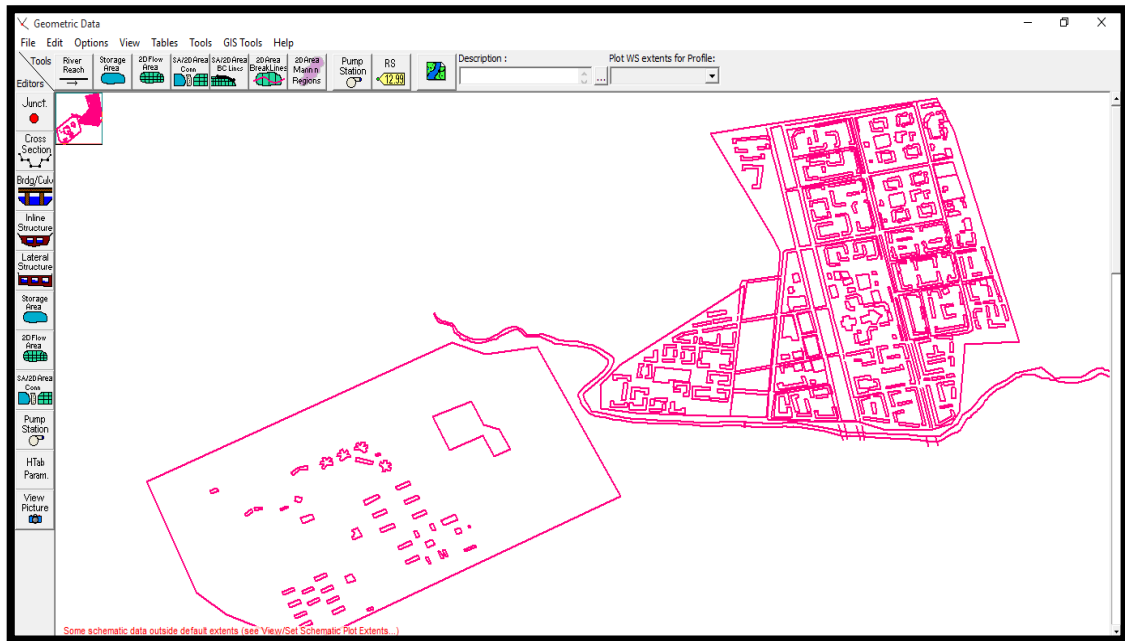


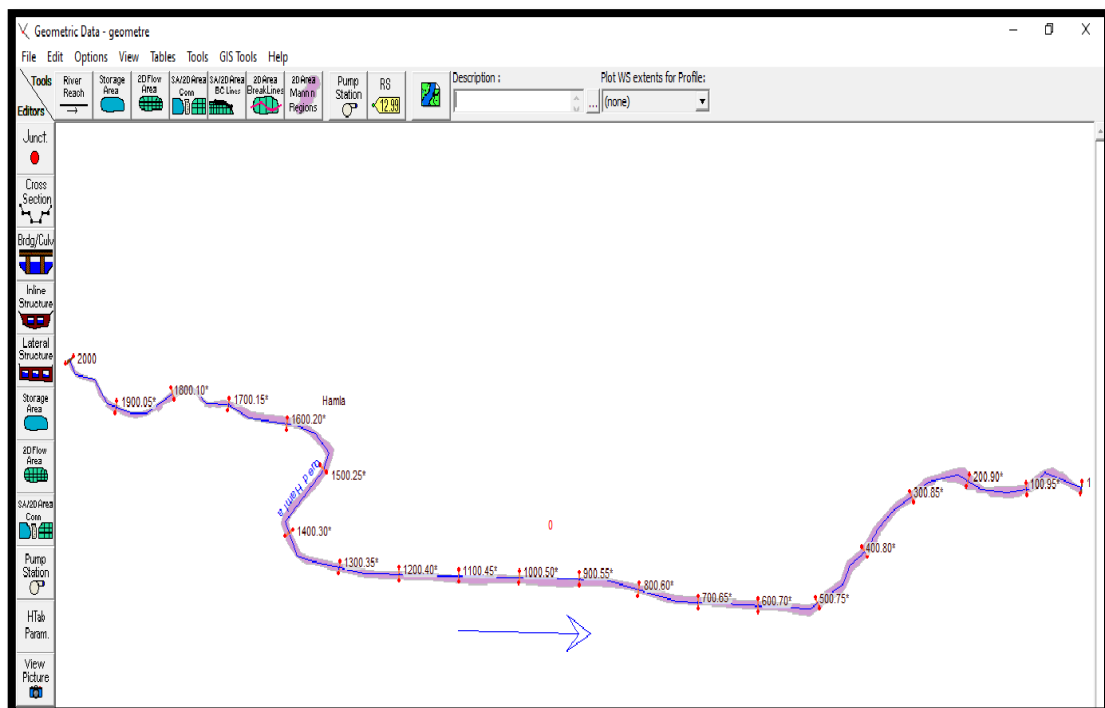
Figure 37. Introduction des données Géométries de Oued Hamla

De cette façon, nous obtenons la configuration de tous les graphiques dans le logiciel HEC-RAS afin de mettre en place les coupes selon la Figure 38 :



**Figure 38.** Configuration urbaine de la carte satellitaire de Hamla au HEC-RAS

6- Il est obtenu sur la figure 39 le tracé côté et sectionné linéairement tous les 100m



**Figure 39.** La direction du cours d'eau d'Oued Hamla

7- la méthode dans laquelle nous avons saisi les données de notre zone d'étude au niveau d'Oued Hamla, permet de mettre en avant la hauteur, la longueur et la forme de l'Oued, selon la figure 40 présentée ci-dessous :

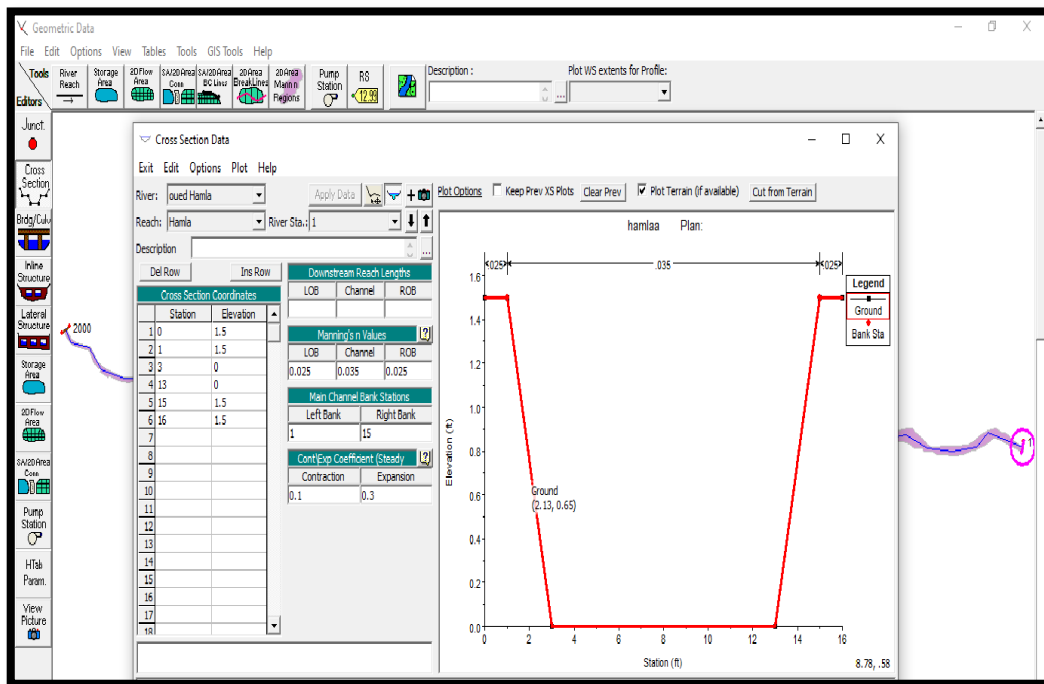


Figure 40. Configuration des géométrique de l'Oued

Les hypothèses de calcul établis permettent de mettre en avant les 21 sections de forme trapézoïdale de l'Oued comme il est indiqué sur la figure 41

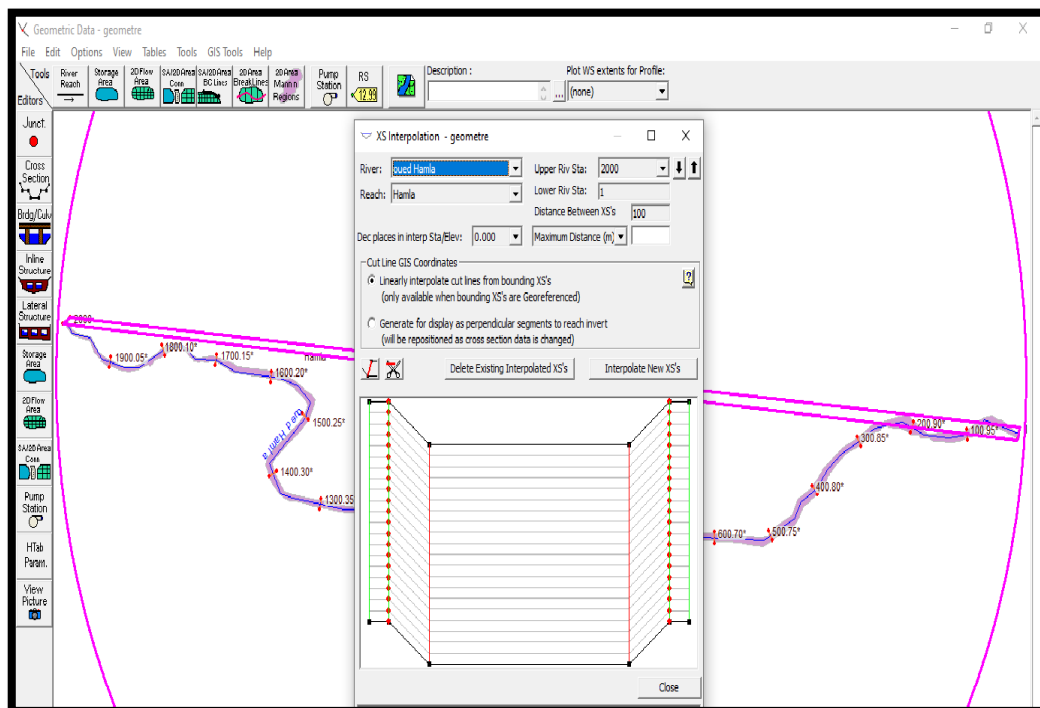
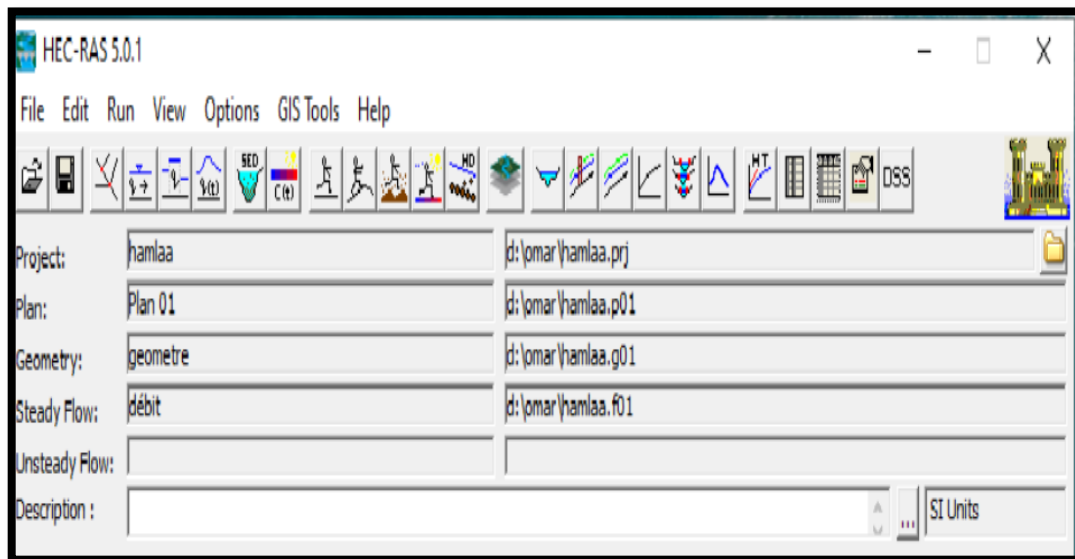


Figure 41. Représentation trapézoïdale du lit d'Oued en 21 sections

- 8- La sauvegarde des données se fait selon la figure 42, qui nous permettra, par la suite, de mettre en avant parmi ces 21 sections les sections à risque de débordement de d'Oued Hamla :



**Figure 42.** Le contexte principal de sauvegarde et sélection des zones à risque

### III.5 Conclusion :

Dans cette partie, l'étude appliquée des logiciels informatique (Map-Info et HEC-RAS) nous ont permis de réaliser la numérisation de la zone d'étude à des fins d'identification de la zone inondable et de faire ressortir les parties à risque de débordement mettant ainsi la zone urbaine dans une position vulnérabilité. Par la manipulation du logiciel (HEC-RAS), il est possible de cartographier en mode (GÉO-RAS) les étapes de simulation dans un but de déterminer jusqu'où les structures peuvent être submergé par Oued Hamla est de proposer une solution technique de protection de ces zones à risque de la commune de Hamla.

## Chapitre IV : Analyse, résultat et discussion

### **IV.1 Introduction :**

Dans ce chapitre nous allons exploiter les données d'Oued Hamla introduit dans logiciel pour une éventuelle simulation d'écoulement. Pour cela il est recommandé d'établir des sections de façon linéaire sur une longueur de 100m. Les résultats obtenus peuvent être visualisés sous forme de fichiers graphiques (trapèze) ou sous forme de tableau.

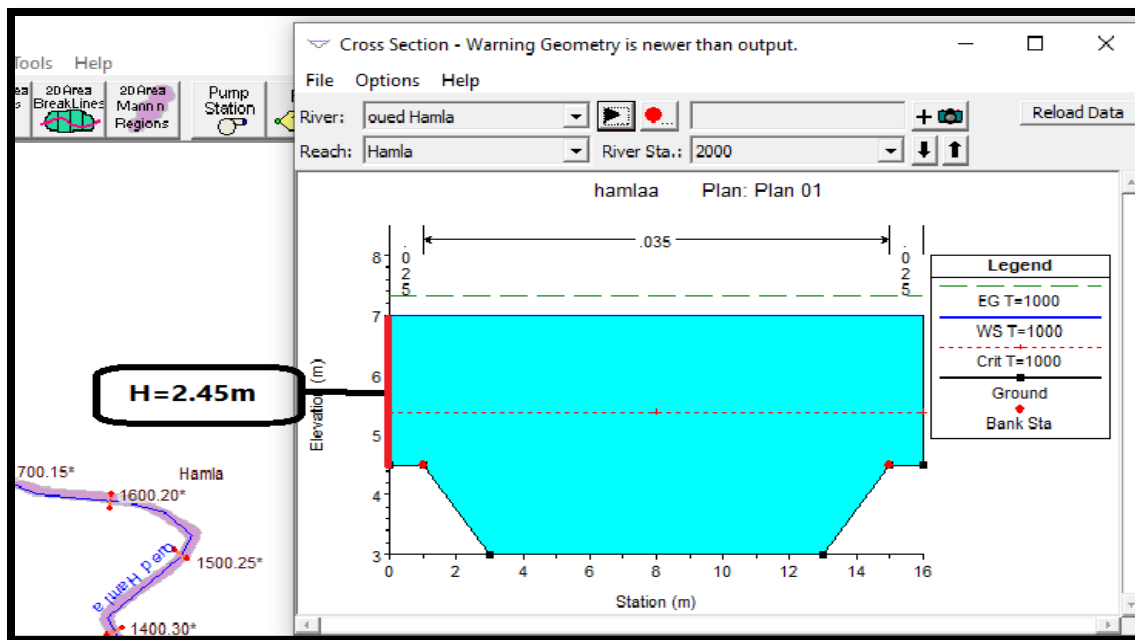
### **IV.2 Présentation des résultats d'analyse des données d'Oued Hamla :**

Le logiciel HEC-RAS effectue le processus d'analyse des données et de prélèvement des hauteurs d'eau qui excèdent les berges et cela en entrant des débits enregistré au préalables dans de cas réel d'inondation à Hamla ville.

#### **IV.2.1 Introduction des données :**

Etant donné que la wilaya de Batna est connue pour ses exploits dans le domaine économique, nous avons opté pour l'introduction de périodes de retours allant de 10 ans à 1000 ans. Le modèle établi ainsi nous permettra de mettre en avant le plan d'occupation de sol de cette région à fort risque d'inondation. La côte maximale de la hauteur d'eau pour les différents profils calculés ont été 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 sections transversale après simulation pour les différents profils (T10 ; T50 ; T100 ; T1000). C'est en se basant sur les débits les plus élevés que l'on peut faire ressortir les zones à risque.

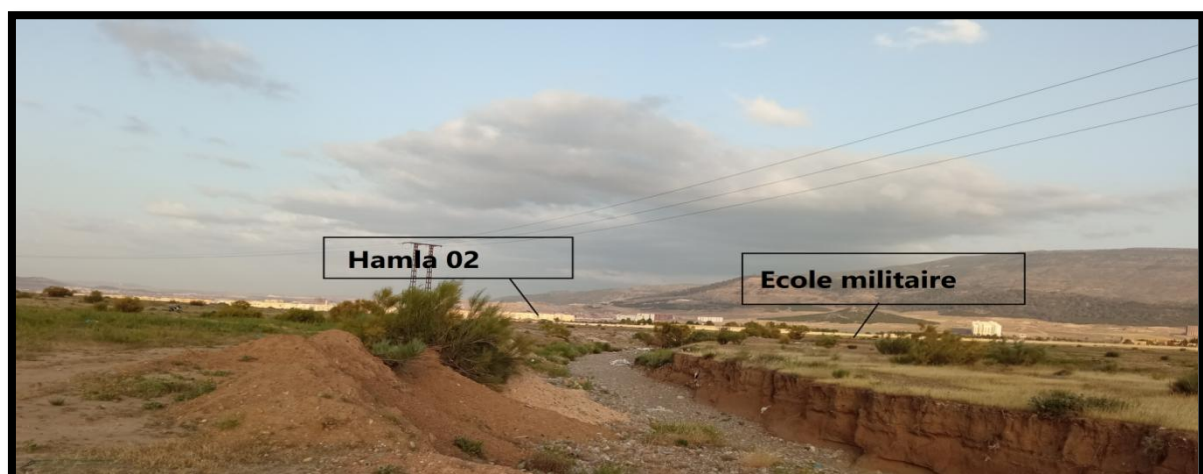
Selon la figure 43, il est représenté les résultats de simulation par étapes et conditions d'application d'une période de  $T=1000$  ans, débit  $=143 \text{ m}^3/\text{s}$  et qui présente une hauteur excèdent les 2,45 mètres . C'est la section N° 2000.



**Figure 43.** Représentation transversale et profondeur de l'eau à la section N°2000. ( source : auteur)

Après avoir analysé les résultats la Figure 44 qui nous est présentée par logiciel HEC RAS, nous concluons qu'en cas d'inondation dans la zone, le quartier Hamla 02 et l'école militaire d'armes peuvent être endommagés suite au débordement d'Oued Hamla , où la hauteur est estimé à 2,45 mètres au-dessus du niveau de la hauteur prescrite d'Oued Hamla.

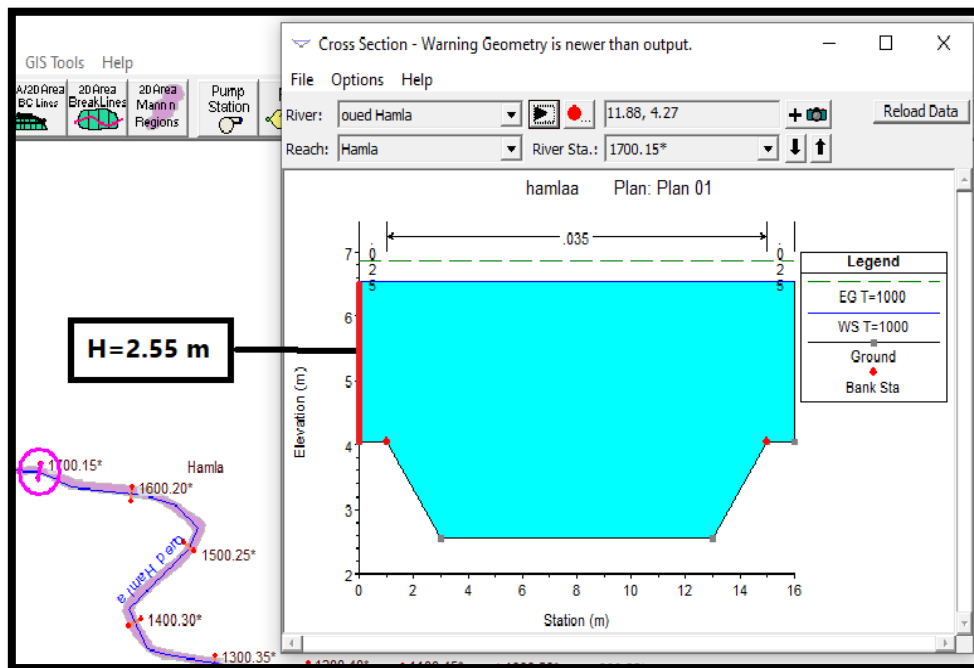
Selon la figure44, il est représenté le site concerné de la représentation trapézoïdale d'Oued Hamla avec indication des zones à risque. En plus du fait qu'il n'a aucun aménagement du lit d'Oued dans cette partie.



**Figure 44.** Présentation photographique de la Section N°2000. ( source : auteur)

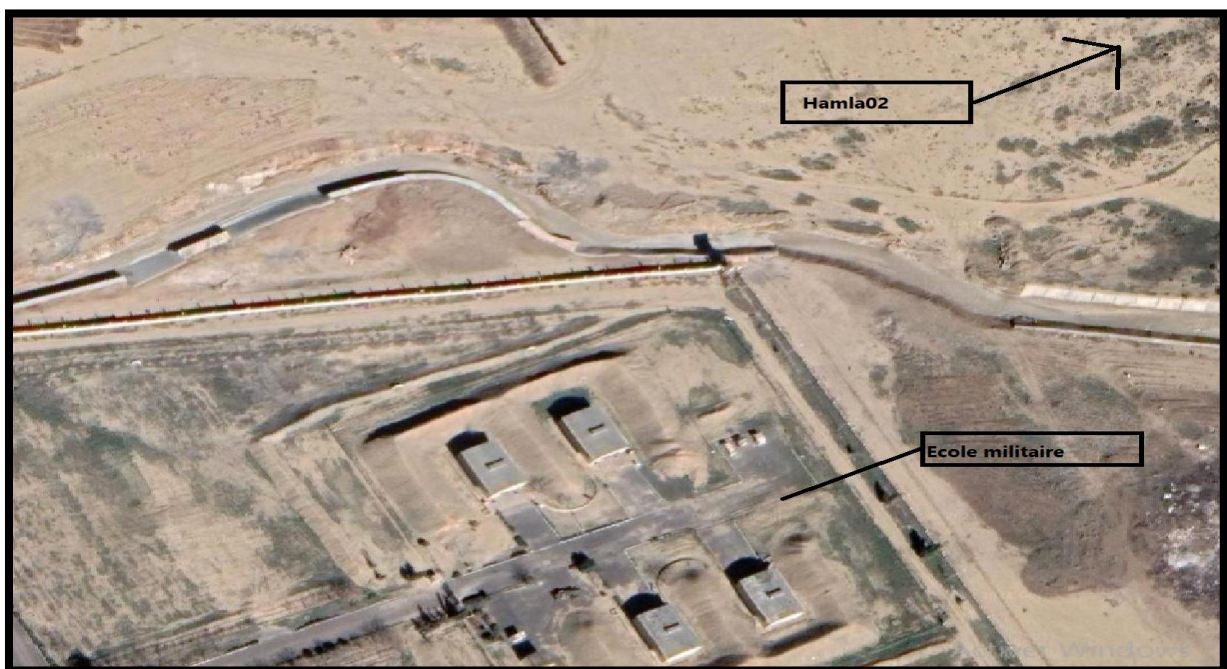
- 1- Sur la figure 45, Il est présenté la hauteur du surplus par simulation à la station N° 1700. Cette augmentation par rapport au niveau précédent arrive à une hauteur de 2.55

mètres , ce qui peut causer des dommages dans la zone Hamla 02 à proximité de l'école militaire :



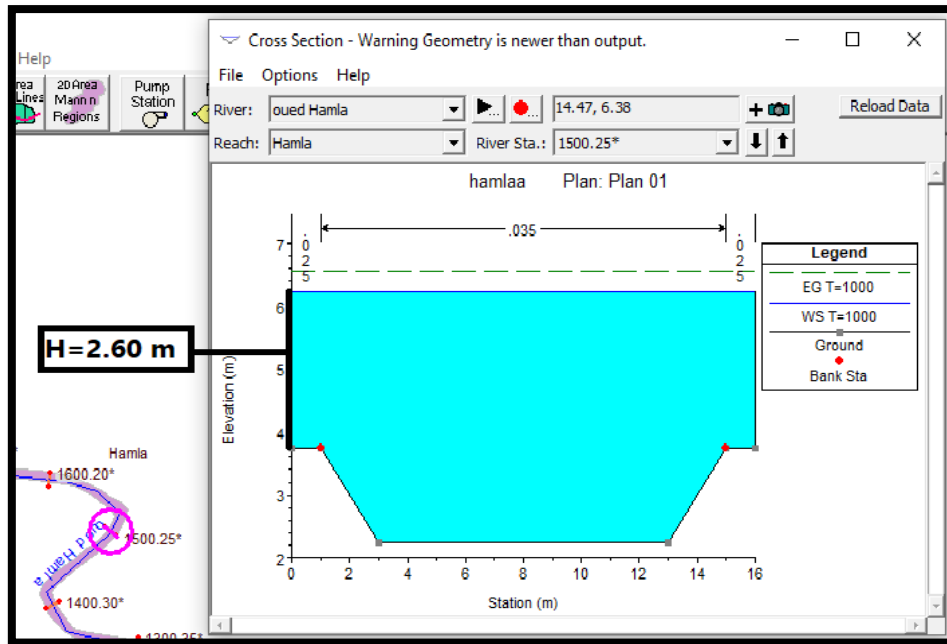
**Figure 45.** Représentation transversale et profondeur de l'eau à la section N°1700. ( source : auteur)

Sur la figure 46, il est présenté la vue satellitaire de la proximité d'Oued Hamla vis-à-vis de l'école militaire.



**Figure 46.** Présentation satellitaire de la proximité d'Oued Hamla à la zone militaire. ( source : auteur)

- 2- Sur la figure 47, il est présenté la section N° 1500. L'aspect transversal montre la hauteur du niveau de débordement d'Oued Hamla d'une valeur en croissance estimée à 2.60 mètre au-dessus des berges de l'Oued, qui augmente le risque de graves dommages au niveau du bâtiment de Hamla 02 uniquement en raison d'un changement de cap ou d'une déviation.



**Figure 47.** Représentation transversale et profondeur de l'eau de la section N°1500. ( source : auteur)

Sur la figure 48, il est présenté une image satellitaire de la zone concerné qui nous montre l'Oued de Hamla et certains bâtiments de quartier Hamla 02 situés sur le flanc de l'Oued et qui sont vulnérable au risque de débordement s'il arrive à se produire. L'image réelle nous montre l'étendue de l'inflexion et rotation de l'Oued.



Figure 48. Présentation réelle de la section N°1500 par l'image satellitaire. ( source : auteur)

- 3- Sur la figure 49, il est remarqué une diminution de la hauteur d'eau au niveau de la section N° 1400 par simulation numérique sous le logiciel HEC-RAS. Cela est expliqué par le relief topographique et reprend en hauteur.
- La hauteur d'eau simulé est de 2.40 mètres au-dessus des berges d'Oued Hamla..

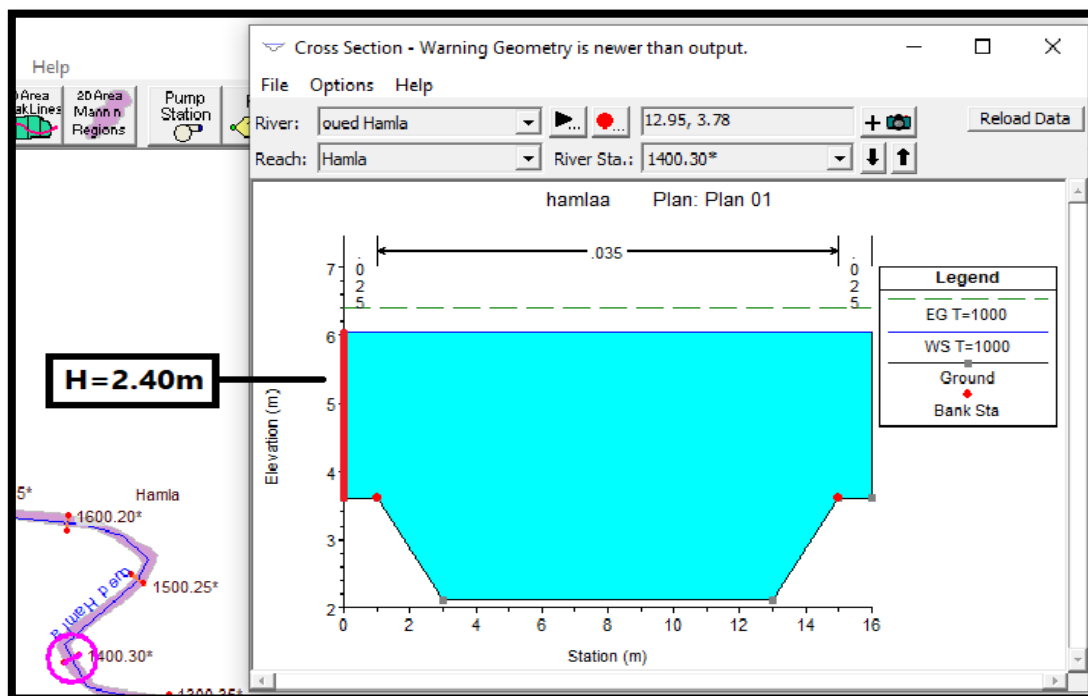


Figure 49. Représentation transversale et profondeur de l'eau de la section N°1400. ( source : auteur)

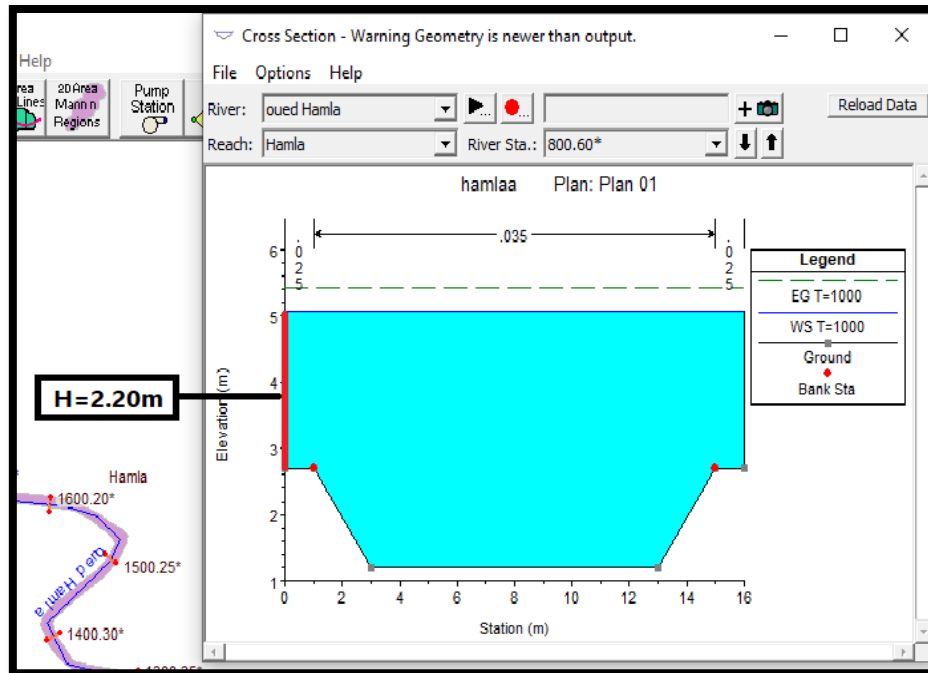
La figure 50 représente l'image réelle du quartier de Hamla , nous montre en oued Hamla et une Hamla 02 quant à l'école militaire, elle se situe loin du cours d'Oued Hamla par rapport à la section N°800.

La vulnérabilité aux inondations dans cette partie est bien visible du côté de la région de Hamla 02 où se trouve le passage de l'autoroute qui mène à Hamla 01 et on remarque à travers l'image que le cours de la vallée est de forme trapézoïdale, aménagé à proximité des bâtiments (mur de soutènement en pierres). Au cas d'inondation, le quartier selon la figure est directement exposé.



**Figure 50.** Présentation réel en image de la section N°1400 : Hamla 02. ( source : auteur)

La figure 51, il est représenté la section N° 800, dont la hauteur d'eau au cas de débordement de l'oues est estimé à 2.20 mètres au-dessus des berges selon la simulation via Hec-Ras de l'Oued toujours pour des raisons topographiques.



**Figure 51.** Représentation transversale et profondeur de l'eau de la section N°800. ( source : auteur)

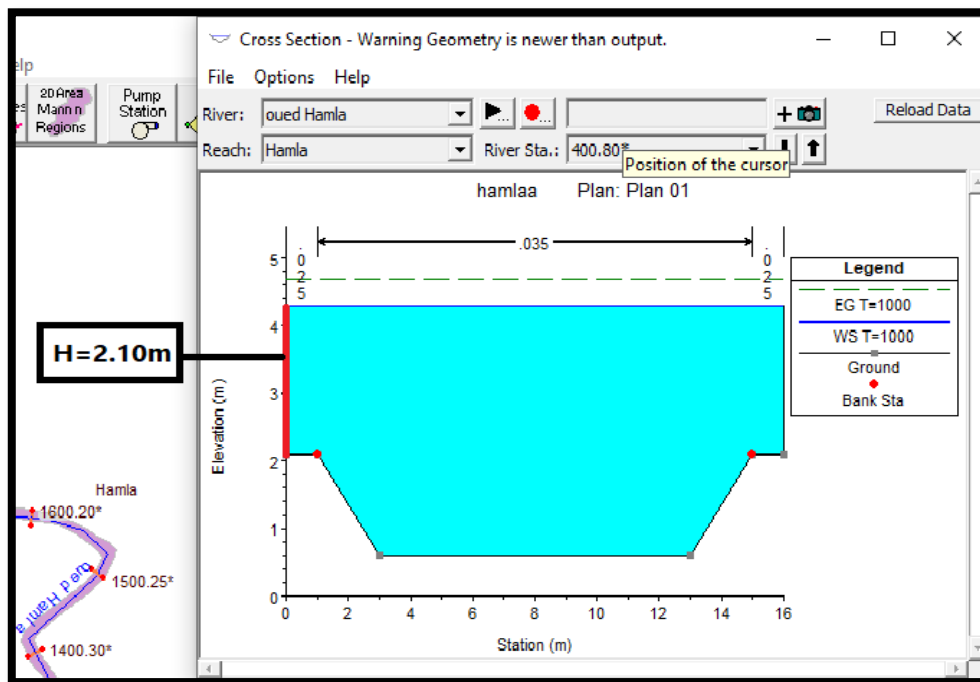
Sur la figure 52, il représenté l'image réelle du site du quartier de Hamla 01 où se trouve l'alignement d'Oued Hamla. De par sa proximité à la zone urbaine et le comportement doté d'un manque de civisme des occupants qui jettent leurs déchets ménagers dans le lit de l'Oued nous laissent perplexes et se posent des questions sur le sort des déchets au cas de débordement de l'Oued.



**Figure 52.** Présentation réel en image de la section N°800 : Hamla 01. ( source : auteur)

Sur la figure 53, nous illustrons le résultat de la simulation d'inondation de la présentation transversale de la section N°400, qui a atteint une hauteur de 2.10 mètres, qui est toujours une hauteur considérable à prendre en considération au cas de débordement d'Oued Hamla sur le quartier Hamla 01 ou les constructions de site urbain ne fait que croître.

La réalisation de l'ouvrage d'art « pont » est remarquablement bas au cas de débordement d'Oued Hamla.



**Figure 53.** Représentation transversale et profondeur de l'eau de la section N°400. ( source : auteur)

Sur la figure 54, c'est l'image réelle qui montre le cours de l'oued Hamla avec le manque de civisme des occupants qui jettent leurs déchets ménagers dans le lit de l'Oued. Il est constaté aussi dans certains endroits, la détérioration du mur en pierres sous la pression de l'écoulement qui a arrachés certains morceaux de ce mur. Le pont présente une hauteur insuffisante pour assurer la sécurité au cas de débordement d'Oued Hamla.



**Figure 54.** Présentation réel en image de la section N°400 : Hamla 01. ( source : auteur)

Suite à ces analyses et discussions, nos résultats conduisent à dire qu'au moyen de simulation les zones les plus proches à risque sont urbaines. Les solutions proposées à cette zone à risque afin de protéger cette zone. Le quartier Hamla 01 et Hamla 02 sont des zones en voie d'extension urbaine ainsi que la zone de sécurité militaire (école et caserne).

### **IV.3 Proposition des solutions d'aménagement d'Oued Hamla :**

Le cas de la commune de Hamla est une zone en voie d'extension urbaine dont l'investissement pour la protection des berges de l'oued est recommandé. Il a été déduit grâce à des études et des recherches sur les types de protections existants, nous optons pour la réalisation d'un mur de soutènement au long de l'Oued dans les zones à risque spécifique afin de réduire le coût possible afin de protéger la zone urbaine de la commune de Hamla 01 et Hamla 02. Nous avons mis en évidence cette proposition qui apporte des modifications aux établissements implantés, à travers :

Etude le débit  $Q_{1000}$  là où nous trouvons la vallée n'absorbe pas toute cette quantité d'eau , Où nous trouvons la hauteur d'oued Hamla à 1.5 m, Comme le montre Figure 55 , Nous avons inséré le débit et constaté que le niveau de Oued s'élève à 2.60 mètres , Il est suggéré qu'un mur de soutènement soit placé aux bords de l'Oued pour empêcher les zones environnantes d'être inondées.



**Figure 55.** Présentation de la hauteur insuffisante des berges en pierre pour un débit maximal. ( source : auteur)

#### IV.3.1 Types d'ouvrage recommandé pour la protection des berges d'Oued Hamla:

Le type d'ouvrage proposé est un mur en béton armé réalisé et fixé par des colonnes comme il est indiqué sur la Figure 56.



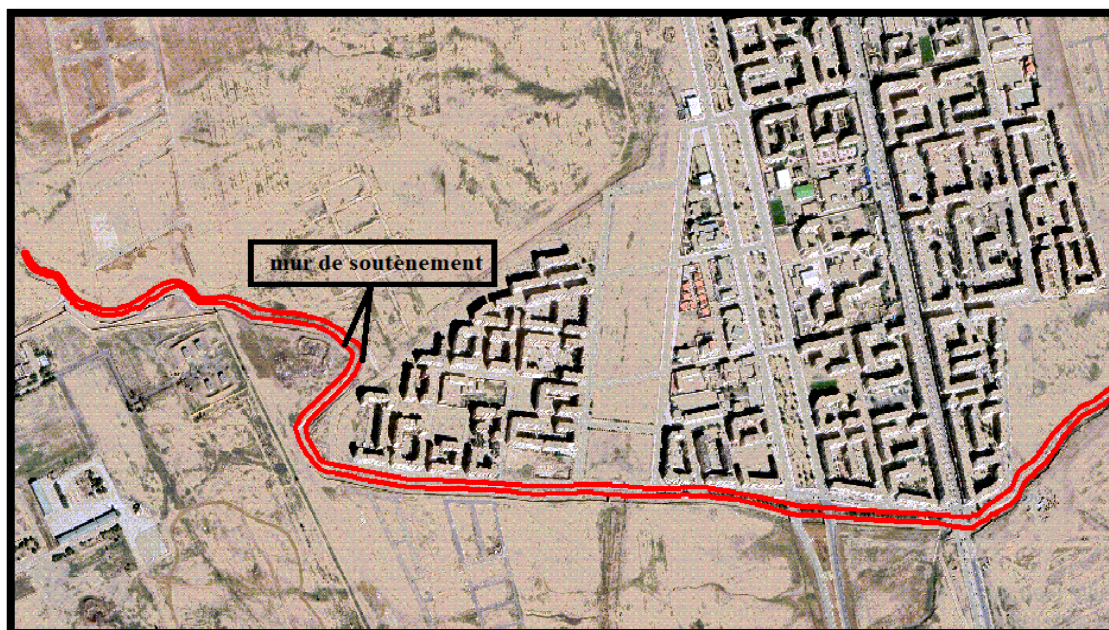
**Figure 56.** Exemple de réalisation d'un mur de soutènement des berges d'Oued M'zab (Ghardaïa). ( source : auteur)



**Figure 57.** Exemple de l'achèvement du mur de soutènement d'Oued M'zab (Ghardaïa). ( source : auteur)

D'après l'étude que nous avons proposé dans la vallée du Hamla s'inspire des travaux déjà réalisé dans la commune de Ghardaïa (figure 57) en effectuant une surélévation de la profondeur de l'Oued ainsi que la construction établis tout au de la zone urbaine.

Selon la figure 58, nous avons mis en évidence la zone urbaine à risque pour d'éventuelles protections



**Figure 58.**Présentation de la zone à protégée par un mur de soutènement d'oued Hamla. ( source : auteur)

### IV.3.2. Cartographie de la zone à protégé :

La possibilité d'élargir l'oued de Hamla du coté opposé de Hamla01 et Hamla02 est jugé nécessaire, car dans cette zone il n'y a pas encore de projets d'extension urbaine. La réalisation de talus est jugée suffisant afin de réduire le débit en situation critique comme le montre la figure 59

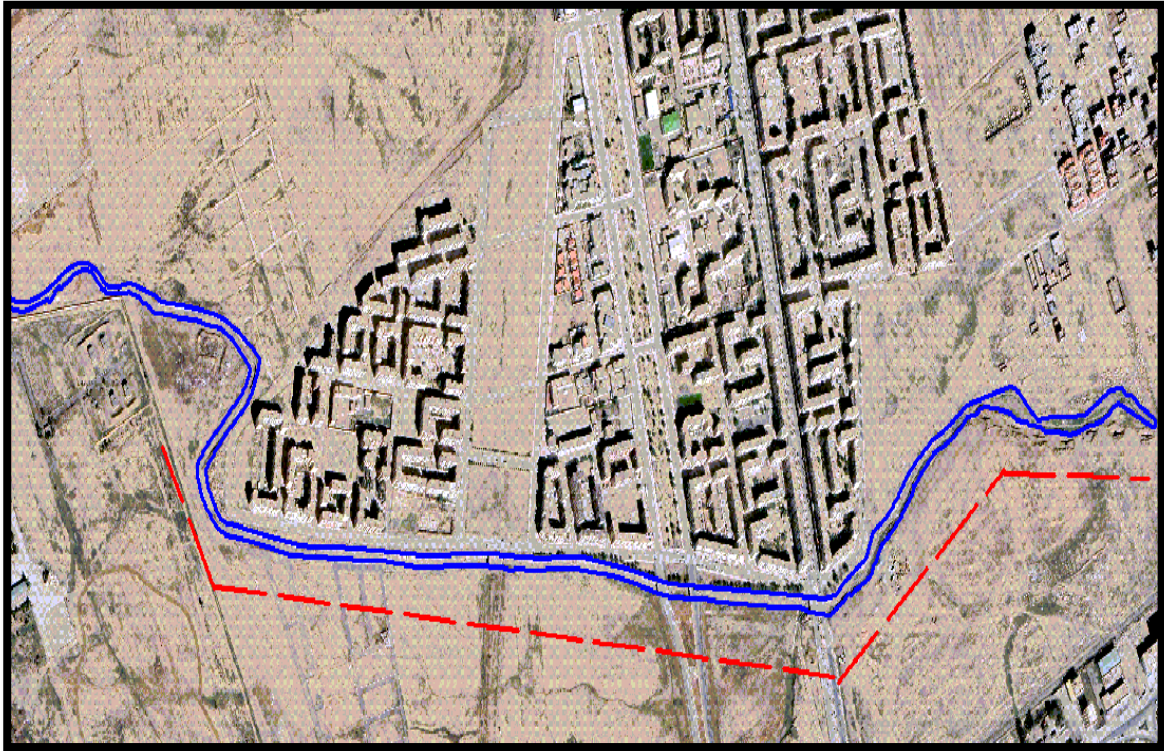


Figure 59. Présentation de la proposition d'élargissement d'oued Hamla

#### A- Exemple de montants estimés pour l'achèvement du mur de protection:

### IV.3.3 Estimation des travaux \* phase étude et coût\* :

Il est présenté sur le tableau suivant l'estimation en mètre linéaire le coût de la réalisation du mur de soutènement.

## Chapitre IV: Résultats, Analyses et Discussions

---

**Tableau 11 :** Tableau récapitulatif du coût des travaux de l'aménagement (vrd, aménagement, mur de soutènement)

N°	Désignation	Montant en da
1	Travaux de terrassement	25 000 000.00
2	Travaux de voirie et réseaux divers	120 000 000.00
3	Travaux d'aménagement	155 000 000.00
4	Réalisation du mur de protection plein en béton armé 07 m de hauteur avec une bande de gabion come structure protectrice au mur	880 000 000.00
	<b>Total en ttc</b>	<b>1 180 000 000.00</b>

### IV.4 . Conclusion :

Enfin les résultats obtenus ont mis en évidence les facteurs de prédispositions commanditant la présence persistant de l'aléa inondation sur le territoire de cette commune .Ainsi on peut schématiser les solutions au développement de l'espace urbain tout en prenant en considération l'aspect économique et environnementale qui peuvent être une raison pour réduire le taux de perte humaines et matérielles, et cela met en valeur l'importance de la sécurité des particulier et des biens contre les risques d'inondations à Batna dans la commune de Hamla.

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Ayant définis en général les risques d'inondations et la vulnérabilité des structures aux risques de débordement ; le cas d'Oued Hamla dans la vallée de Batna est l'objectif de cette étude de Projet de fin d'étude est de mettre en avant les données de base concernant la possibilité d'un phénomène extrême dans cette région montagneuse qui connaît de fortes crues durant les saisons à risque et par conséquent, peut causer des cas de catastrophe naturelle par la perte de vie humaines et des biens.

Dans l'étude de la zone, les conditions géopolitiques et administratives ont lancé la ville de Batna dans une croissance démographique remarquable soit dans son aspect urbain que dans sa position économique mise en place. La commune de Hamla subit un fort développement urbain alors qu'elle est précisément située dans une zone basse du bassin qui entoure les montagnes de chaque côté. Il s'agit à la base d'une zone inondable au long de l'année.

En effet, au cours des dernières décennies, la situation dans la zone d'étude a été exacerbée par des inondations répétées, notamment des dégâts matériels et pertes de vies humaines. Afin de réduire le risque d'inondation, nous sommes penchés sur la possibilité d'exploiter les données technologiques et les systèmes modernes d'information géographique.

Dans cette partie, l'étude appliquée des logiciels informatiques (Map-Info et HEC-RAS) nous ont permis de réaliser la numérisation de la zone d'étude à des fins d'identification de la zone inondable et de faire ressortir les parties à risque de débordement mettant ainsi la zone urbaine dans une position vulnérable. Par la manipulation du logiciel (HEC-RAS), il est possible de cartographier en mode (GÉO-RAS) les étapes de simulation dans un but de déterminer jusqu'où les structures peuvent être submergées par Oued Hamla est de proposer une solution technique de protection de ces zones à risque de la commune de Hamla.

La finalité de cette analyse est de faire ressortir les facteurs de prédispositions que ce soient permanents ou temporaires commandant la présence des divers aléas sur le territoire de cette commune. Ainsi on peut schématiser les atouts et les contraintes au développement de l'espace urbain et les risques générés sur cet espace géographique comme interaction physique et composante territoriale sociale économique et environnementale.

# BIBLIOGRAPHIE

- [1]. LEDOUX, « La gestion du risque inondation », Edition Tec et Doc, 2006.
- [2]. EM-DAT ,25 novembre 2016, Database, EM-DAT The International Disaster Database - extrait du 25/11/2016. Retrieved octobre 2015, from <http://www.emdat.be/database>.
- [3]. UNISDR, Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophes 2015-2030.
- [4]. Yves KOVACS, Nicolas DOUSSIN, Marion GAUSSENS ,SEPIA Conseils, Ce que l'on peut rapprocher en premier lieu de la densité moyenne de population dans cette région,2017.
- [5]. Robin. B, ville et inondation, guide de gestion intégrée du risque d'inondation, Washington, 2011.
- [6]. Dauphiné, «Risques et catastrophes : observer - spatialiser - comprendre . gérer », Armand Colin, Paris, 288 p, 2001.
- [7]. XAVIER.L et JEAN.P, «Risque et urbanisme», le moniteur, Paris ,2004.
- [8]. DAUPHINÉ. A, «Risques et catastrophes : observer - spatialiser - comprendre. Gérer », Armand Colin, Paris, 2001.
- [9]. Houcine RAHOUI, Vulnérabilité et Risques en milieu urbain : facteurs prépondérants et Conséquences», EPAU, Alger, 2008.
- [10]. Robert D'ERCOLE, « La vulnérabilité territoriale : une nouvelle approche des risques en milieu urbain » ,1996, Cybergeog : European Journal of Geography Vulnérabilités urbaines au sud, article 447, mis en ligne le 31 mars 2009,
- [11]. Clélia Bilodeau, Présentation des SIG Systèmes d'Information Géographique, Université. Paris Diderot-Paris 7, 2013<http://www.cybergeog.revues.org>.
- [12]. GUEZO. B, VERRHIEST. G, relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable,2006, Loi 03-10 du 19 juillet 2003.
- [14] .Boubchir, , Risques d'inondation et occupation des sols dans le thore (région de labruguiere et de mazamet). Toulouse ,2007.

- [15] .Merabet, A, «Etude de la protection de la ville de Sidi Bel Abbés contre les inondations», Mémoire de Magister, Université de Djilali Liabes-Sidi Bel Abbés,2006.
- [16]. SPPPI, « Prise en compte du risque inondation dans les études de dangers des installations, 2004.
- [17] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Oued>.
- [18] <https://fr.slideshare.net>.
- [19] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Pierres>.
- [20]. Mr Mahfoudi Brahim, Système expert pour le diagnostic des structures bâtiment, Mémoire de Magister, École Nationale Polytechnique, décembre 2006.
- [21] naturelles depuis 1990 à l'échelle mondiale(Données sources : EMDAT –2016).
- [22]ANDI Invest in Algeria , Willya de Battna , 2013.
- [23] Nssim BALLA, « قابلية الجريان في مدينة باتنة و اشكالية الفيضانات » , 2006 .
- [24]République Algérienne Démographie et Populaire « راجعة مخطط شغل الاراضي رقم03 حملة » , 2016 .
- [25] O.Naïmi, étude géotechnique pos extension 1 et 2 route Hamla wilaya de Batna.
- [26]. <https://fr.geoconcept.com/sig-systeme-dinformation-geographique>
- [27] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Hec-ras>