

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

**Université 8 Mai 1945 Guelma**

*Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers*  
*(S.N.V.S.T.U)*

**Département des Sciences de la Nature et de la Vie**



**Mémoire**

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de  
**Master Académique en Hydrogéologie**

Par : **Mr. NAIDJA Ammar**

**THEME**

**Apport de la géomatique dans l'étude des risques  
d'inondation**

**(Cas de la commune de Guelma)**

**Dirigé par : Dr. BENNACER Leila**

**Devant le jury**

<b>PRESIDENT</b>	<b>Pr. NOUAR Tahar</b>	<b>Univ-Guelma</b>
<b>EXAMINATRICE</b>	<b>MAB. DJEMIL Wafa</b>	<b>Univ-Guelma</b>
<b>ENCADREUR</b>	<b>MCA. BENNACER Leila</b>	<b>Univ-Guelma</b>

**Session Juin 2024**

## Dédicaces :

أو من بالمقولة التي تقول:

\*أيما تقف فانك تقف على اصابع شخص ما\*

قد تنسى من شاركك الضحك لكن لن تنسى من شاركك البكاء.

لذا اكتب لكم جميعاً:

إلى اللذين دعموني بحبهما وإيمانهما الدائمين، وكانوا دائماً إلهاماً لي في متابعة أحلامي بالعزم والشغف. كان دعمكما اللامحدود هو نوري في أظلم اللحظات وقوتي في أوقات الشك والتردد، الى من انتظروا قطاف ثمرة . جهدي ابي وامي علي ووردة

إلى إخوتي وأخواتي، لدعمهم العاطفي والتشجيع المستمر طوال هذه الرحلة الأكاديمية ، إلى من يهدا ضجيج قلبي عند لقيانهم وتستكين روعي بقرب طيب ارواحهم اذكرهم بكل فخر سوسن. عبد الرزاق .ليلى ومشيرة. وإلى من انضممت لعائلتنا واصبحت جزءا منا زوجة اخي ح.ن.

الى من يتزين البيت بأصواتهم ابناء اخي التوأم منيب وعبد المجيب.

إلى من تطيب الاوقات بصحبتهم، ويصبح لكل شيء معنى اعمق بضحكاتهم اصدقاء المواقف لا سنين المعارف ساعد.كريم.اسامة.اشرف.رحيم.امجد.منصف.محمد الامين.اسلام.علي.سيف الدين .شمس الدين.....

.الى من اتخذوا من وقوعي شماتة...والى من امسكوا بيدي لمساعدتي على النهوض.....الاحباء والاعداء.

.إلى أساتذتي ومشرفي المذكرة، على خبرتهم وصبرهم وتوجيهاتهم القيمة التي أثرت على تكويني الأكاديمي

إلى كل من عبر عن دعمه ومساندته، سواء بشكل مباشر أو غير مباشر، في تحقيق هذا الإنجاز الشخصي والأكاديمي.

هذا العمل مخصص لكم جميعاً، بكل امتنان ومحبة صادقة.

## Remerciement :

Je tiens d'abord à exprimer ma profonde reconnaissance envers moi-même pour l'effort et le dévouement que j'ai déployés tout au long de ce parcours académique. Cette expérience d'apprentissage a été précieuse et enrichissante, représentant la réalisation d'un objectif personnel très important.

Je remercie mon encadreur de mémoire **Mme Benacer Laila**, pour leur encadrement tout le long de ce projet et pour leur orientation et conseil très efficace.

Je tiens également à exprimer mes vifs remerciements à **M. Nouar Tahar**, qui a eu l'honneur de présider ce jury, et à **Mme Djemil Wafa**, qui a accepté de faire partie du jury et d'examiner ce travail.

e n'oublierai jamais le soutien de tous les enseignants et du personnel du département, toujours disponibles pour aider et conseiller.

Un merci spécial à mes camarades de promotion pour leur soutien continu et leur collaboration tout au long de ce parcours académique. Cette expérience a été enrichissante grâce à vous tous, et je vous suis reconnaissant pour chaque moment que nous avons partagé ensemble dans cette aventure éducative.

Enfin, je remercie chaleureusement toutes les personnes qui ont contribué de quelque manière que ce soit à la réalisation de ce travail, aidant ainsi à atteindre mon succès personnel et académique.

## الملخص:

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو رسم خريطة قابلية الفيضانات لبلدية قالمة من خلال الجمع بين النموذج ونظام المعلومات الجغرافية (AHP) الإحصائي ولتحقيق هذا الهدف، تم تنفيذ نهج تحليلي للتوزيع الجغرافي المكاني للعوامل المشروطة في ظاهرة الفيضانات. تم اختيار سبعة عوامل تكيف الفيضان وفقاً لمساهمتها في الفيضان. تم حساب ترجيح كل عامل بواسطة طريقة AHP بناءً على بيئة نظم المعلومات الجغرافية. ونتيجة لذلك، تم إنشاء رسم خرائط موضوعية لحساسية الفيضانات الإقليمية من خلال تصنيف مؤشر الحساسية العالمي. والنتيجة أن 2.78% من المساحة الإجمالية للبلدية معرضة لقابلية عالية جداً للفيضانات، 13.83% لقابلية عالية، 23.66% لقابلية متوسطة، 20.28% 39.45% لقابلية منخفضة ومنخفضة جداً على التوالي. تقع الفيضانات الكارثية التاريخية في مناطق ذات قابلية عالية إلى عالية جداً، مما يساعد على التحقق من صحة خريطتنا. هذه الخريطة الاصطناعية التي تحاكي الفيضانات المحتملة ستجعل من الممكن تحديد المناطق المعرضة للفيضانات، وبالتالي ستكون بمثابة أداة تكيف مع تخطيط استخدام الأراضي لاستكشاف المناطق المحمية من مخاطر المياه في حالة حدوث فيضان مدمر.

**الكلمات المفتاحية:** الاستشعار عن بعد، نظم المعلومات الجغرافية، الحساسية، الفيضانات، AHP، قالمة، الجزائر.

## **Résumé :**

L'objectif principal de cette étude est de cartographier la susceptibilité aux inondations de la commune de Guelma par la combinaison du modèle statistique (AHP) et le système d'information géographique. Pour atteindre ce but, une démarche analytique de la distribution géo spatiale des paramètres intrinsèques au phénomène d'inondation a été réalisée. Sept facteurs conditionnant l'inondation ont été choisis suivant leur contribution pertinente à l'inondation. Une pondération de chaque paramètre a été calculée par la méthode AHP basée sur l'environnement du SIG. En conséquence, une cartographie thématique de la susceptibilité aux inondations régionales a été établie par la classification d'indice global de la susceptibilité. Il en résulte que **2.78%** de la superficie totale de la commune est soumise à une susceptibilité très haute aux inondations, **13.83%** à une susceptibilité haute, **23.66%** à une susceptibilité moyenne, **20.28%** et **39.45%** à une susceptibilité faible et très faible respectivement. Les inondations catastrophiques historiques sont localisées dans les zones de susceptibilité élevées à très élevée, ce qui permet de valider notre carte. Cette carte simulée synthétique aux inondations potentielles permettra de définir les zones susceptibles à l'inondation et servira ainsi comme outil adapté à l'aménagement du territoire pour explorer des zones abritées au risque hydrique en cas d'une inondation dévastatrice.

**Mots-clés:** La télédétection ,SIG ,susceptibilité, inondation ,AHP ,Guelma ,Algérie.

**Abstract:**

The main objective of this study is to map the susceptibility to flooding of the municipality of Guelma by combining the statistical model (AHP) and the geographic information system. To achieve this goal, an analytical approach to the geospatial distribution of parameters intrinsic to the flooding phenomenon was carried out. Seven factors conditioning the flood were chosen according to their relevant contribution to the flood. A weighting of each parameter was calculated by the AHP method based on the GIS environment. As a result, a thematic mapping of regional flood susceptibility was established by global susceptibility index classification. The result is that **2.78%** of the total area of the municipality is subject to very high susceptibility to flooding, **13.83%** to high susceptibility, **23.66%** to medium susceptibility, **20.28%** and **39.45%** to low and very low susceptibility respectively. . Historical catastrophic floods are located in areas of high to very high susceptibility, which helps validate our map. This synthetic simulated map with potential floods will make it possible to define areas susceptible to flooding and will thus serve as a tool adapted to land use planning to explore areas sheltered from water risk in the event of a devastating flood.

**Keywords:** Remote sensing, GIS, susceptibility, flooding, AHP, Guelma, Algeria.

## Table des matières

Dédicaces :	
Remerciement :	
الملخص:	
Résumé :	
Abstract:	
Table des matières	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction Générale.....	1
<b>CHAPITRE I:LES INONDATION: ampleur, définition, notion de risque</b>	
Introduction : .....	4
I.1 Définition des inondations : .....	4
I.2 Les types d'inondations : .....	5
I.2.1 stagnation d'eaux pluviales : .....	5
I.2.2 Débordement de cours d'eau :.....	6
I.2.3 Rupture d'ouvrages ou d'embâcles :.....	6
I.2.4 Ruissellement en secteur urbain : .....	6
I.2.5 Crues torrentielles : .....	7
I.3 Les paramètres d'une inondation : .....	8
I.3.1 Intensité et durée des précipitations : .....	8
I.3.2 Topographie :.....	8
I.3.3 Type de sol : .....	9
I.3.4 Débit des cours d'eau :.....	9
I.3.5 Niveau de la nappe phréatique :.....	9
I.3.6 Infrastructure urbaine :.....	9
I.3.7 Présence de barrages ou de digues :.....	9
I.4 Problématique des inondations :.....	10
I.4.1 Dans le monde : .....	10
I.4.2 En Algérie :.....	11
I.4.3. Les inondations à Guelma : .....	12
I.5 Les composantes du risque d'inondation : .....	12
I.5.1 Définition :.....	12
I.5.2 Evolution du risque d'inondation :.....	13
I.5.3 Boucle « Catastrophe » : .....	14
I.6 Problématique des inondations dans la ville de Guelma :.....	14

I.6.1 Cause d'inondations dans la ville de Guelma :.....	15
I.7 Utilisation des outils numériques : .....	16
Conclusion : .....	17

**CHAPITRE II : Techniques d'analyse géomatique.**

Introduction : .....	19
II.1 Définition de la géomatique :.....	19
II.2 Définition de la télédétection : .....	19
II.2.1 Éléments de la télédétection :.....	20
II.2.2 Utilisation de la télédétection dans la gestion de catastrophes : .....	21
II.2.3 Applications de la télédétection dans l'hydrologie :.....	21
II.3 Le Modèle numérique de terrain : .....	22
II.4 système d'information géographique (SIG) : .....	23
II.4.1 définition : .....	23
II.4.2 structures d'un sig :.....	24
II.4.3 LES DONNEES DANS LES SIG :.....	25
II.4.3.1 Modes d'acquisition de données :.....	25
II.4.3.2 Types de données dans un SIG :.....	29
II.4.3.4 Modes de données dans les SIG :.....	33
II.5.Logiciel Arc GIS : .....	35
II.5.1. Architecture générale de l'Arc GIS :.....	36
II.5.2. Principes de fonctionnement de l'ArcGIS (tout SIG) :.....	36
Conclusion : .....	38

**CHAPITRE III :Présentation de la zone d'étude**

III.1. La situation géographique de la commune de Guelma : .....	40
III.2. Topographie de la commune de Guelma :.....	40
III.3. Géologie :.....	41
III.4. Hydroclimatologie :.....	42
III.4.1. Station de Mesure :.....	42
III.4.2.Facteurs Climatiques :.....	42
III.4.3. Diagramme pluviothermique : .....	43
III.4.4.Bilan hydrologique :.....	44
III.4.5.Estimation de Ruissellement :.....	46
III.4.6.Estimation de l'infiltration :.....	46
III.4.7.Calcul d'indice d'aridité : .....	47
III.4.8.Précipitations saisonnières :.....	47

---

III.5.hydrologie : .....	48
<b>CHAPITRE IV :Analyse de vulnérabilité au risque d'inondation dans la commune de Guelma</b>	
Introduction : .....	51
IV.1. Les facteurs conditionnant l'inondation :.....	51
IV.1.1. Accumulation de flux : .....	52
IV.1.2.Pluviometrie : .....	53
IV.1.3.La densité de drainage : .....	54
IV.1.4.Pente : .....	55
IV.1.5. L'occupation du sol : .....	56
IV.1.6. Altitude : .....	57
IV.1.7.Types de sol : .....	58
IV.2. Processus d'analyse multicritère hiérarchique : .....	60
Iv.3. Analyse de la susceptibilité aux inondations :.....	65
IV.4.Résultats et discussion :.....	68
Conclusion générale :.....	73
Bibliographie : .....	75

## Liste des figures

Figure I. 1: Schéma du processus d'inondation des zones basses.....	5
Figure I. 2: Inondation par stagnation d'eaux pluviales.....	6
Figure I. 3: Inondation par ruissellement.....	7
Figure I. 4: Crue torrentielle.....	8
Figure I. 5: Nombre d'inondation et tempêtes depuis 1990.....	10
Figure I. 6 : Nombre d'inondations par année. Dartmouth (USA).....	11
Figure I. 7: Boucle « Catastrophe » (N. GENDREAU).....	14
Figure II. 1: Le processus de télédétection.(EOS DATA ANALYTICS).....	21
Figure II. 2: Modèle MNT de terrain.....	22
Figure II. 3: Représentation d'un système d'information géographique.....	24
Figure II. 4: Structure d'un SIG (Abdel Baki C., 2012).....	24
Figure II. 5: Opération de digitalisation.....	25
Figure II. 6: Extraction des couches.....	26
Figure II. 7: Exemple de résultat de digitalisation.....	26
Figure II. 8: Extrait d'une carte scannée.....	27
Figure II. 9: Exemple de photos aériennes.....	27
Figure II. 10: Exemple d'image satellitaire.....	28
Figure II. 11: Exemple d'importation de fichiers vers le SIG.....	28
Figure II. 12: Types de données dans un SIG.....	29
Figure II. 13: Données spatiales.....	30
Figure II. 14: Notion de couches de données.....	32
Figure II. 15: mode Raster. (KOELN et al 1994).....	33
Figure II. 16: mode vecteur (KOELN et al 1994).....	34
Figure II. 17: Architecture générale de l'ArcGIS.( Dr. Wahiba MENAD).....	36
Figure III. 1: situation géographique de la ville de Guelma.....	40
Figure III. 2: carte géologique de Guelma.....	42
Figure III. 3: Diagramme pluviométrique de Guelma.....	44
Figure III. 4: Carte des réseaux hydrographique de la commune de Guelma.....	49
Figure IV. 1: Accumulation de flux de la commune de Guelma.....	53
Figure IV. 2: carte de précipitations(2015-2022).....	54
Figure IV. 3: densité de drainage de la commune de Guelma.....	55
Figure IV. 4: carte de pente.....	56
Figure IV. 5: carte d'occupation du sol de la commune de Guelma.....	57
Figure IV. 6: carte d'altitude commune de Guelma.....	58
Figure IV. 7: carte types de sole la commune de Guelma.....	60
Figure IV. 8: Reclassification des critères incluent dans la cartographie de la susceptibilité aux inondations du la commune de Guelma : a)Accumulation de flux, b)Altitude, c)Densité de drainage, d) Occupation du sol, e)Pente, f) Pluviométrie, g)Type de sol.....	67
Figure IV. 9: carte de susceptibilité aux inondation dans la commune de Guelma.(l'outil raster calculator).....	68
Figure IV. 10: carte de susceptibilité aux inondation dans la commune de Guelma.(l'outil AHP).....	69

## Liste des tableaux

Tableau II. 1: Comparaison entre le mode VECTEUR et le mode RASTER. ....	35
Tableau III. 1: Caractéristiques géographiques et topographiques de la station de Guelma .....	42
Tableau III. 2: Précipitations moyennes mensuelles de la station de Guelma. ....	43
Tableau III. 3: Température moyenne mensuelle de la station de Guelma. ....	43
Tableau III. 4: Bilan d'eau de Thornthwaite de la station de Guelma. ....	45
Tableau III. 5: Terme du bilan hydrologique. ....	47
Tableau III. 6: Précipitation saisonnière. ....	48
Tableau IV. 1: Données utilisées dans cette étude. ....	52
Tableau IV. 2: les type de sol dans la commune de Guelma. ....	59
Tableau IV. 3: Échelle proposée par Saaty. ....	61
Tableau IV. 4: Matrice de comparaison par paire. ....	62
Tableau IV. 5: Matrice de pondération. ....	62
Tableau IV. 6: Valeur de CA [24] .....	63
Tableau IV. 7: Classes des facteurs et leur pondération .....	64

# **INTRODUCTION GENERALE**

### Introduction Générale

Les risques naturels, en particulier les inondations, constituent des défis majeurs pour les sociétés modernes. Ces phénomènes, souvent imprévisibles et destructeurs, mettent en péril des vies humaines, des infrastructures et l'environnement. La ville de Guelma, située dans une région sujette à des précipitations abondantes et à des crues soudaines, n'est pas épargnée par ces risques. Face à ces défis, la gestion des risques d'inondation devient une priorité pour les autorités locales et les chercheurs.

Dans ce contexte, la géomatique émerge comme une discipline incontournable pour l'étude et la gestion des risques naturels. En combinant la géographie, l'informatique et les sciences de l'information, la géomatique offre des outils puissants pour la collecte, l'analyse et la visualisation des données spatiales. Ces outils permettent de mieux comprendre les dynamiques des inondations, de prévoir les zones à risque et de planifier des mesures d'atténuation efficaces.

Une méthode particulièrement pertinente dans ce cadre est l'Analyse Hiérarchique des Processus (AHP). Cette méthode multicritère permet de hiérarchiser et de prendre des décisions complexes en intégrant diverses variables et en comparant leur importance relative. L'AHP est particulièrement utile pour évaluer les risques d'inondation car elle permet de combiner des données variées, telles que les précipitations, la topographie, l'occupation du sol, et les infrastructures existantes.

Ce mémoire a pour objectif de démontrer l'apport de la géomatique, en utilisant la méthode AHP, dans l'étude des risques d'inondation à Guelma. Nous examinerons comment les technologies géospatiales, telles que les Systèmes d'Information Géographique (SIG), la télédétection et la modélisation hydrologique, couplées avec l'AHP, peuvent être utilisées pour analyser les données relatives aux inondations et développer des stratégies de gestion des risques adaptées à cette région.

La première partie de ce travail présentera une revue de la littérature sur les inondations, les techniques géomatiques et la méthode AHP utilisées dans leur étude. Ensuite, nous décrirons la méthodologie adoptée pour cette recherche, en détaillant les outils, les données et la manière dont l'AHP a été intégré dans notre analyse. Enfin, nous analyserons les résultats obtenus et discuterons des implications de ces résultats pour la gestion des risques d'inondation à Guelma.

Par cette étude, nous espérons contribuer à une meilleure compréhension des risques d'inondation dans cette région et offrir des solutions pratiques pour réduire leur impact. La géomatique et la méthode AHP, par leur potentiel analytique et prédictif, se révèlent être des alliés précieux dans cette quête pour la sécurité et le développement durable des territoires vulnérables.

## **CHAPITRE I**

# **LES INONDATION: ampleur, définition, notion de risque**

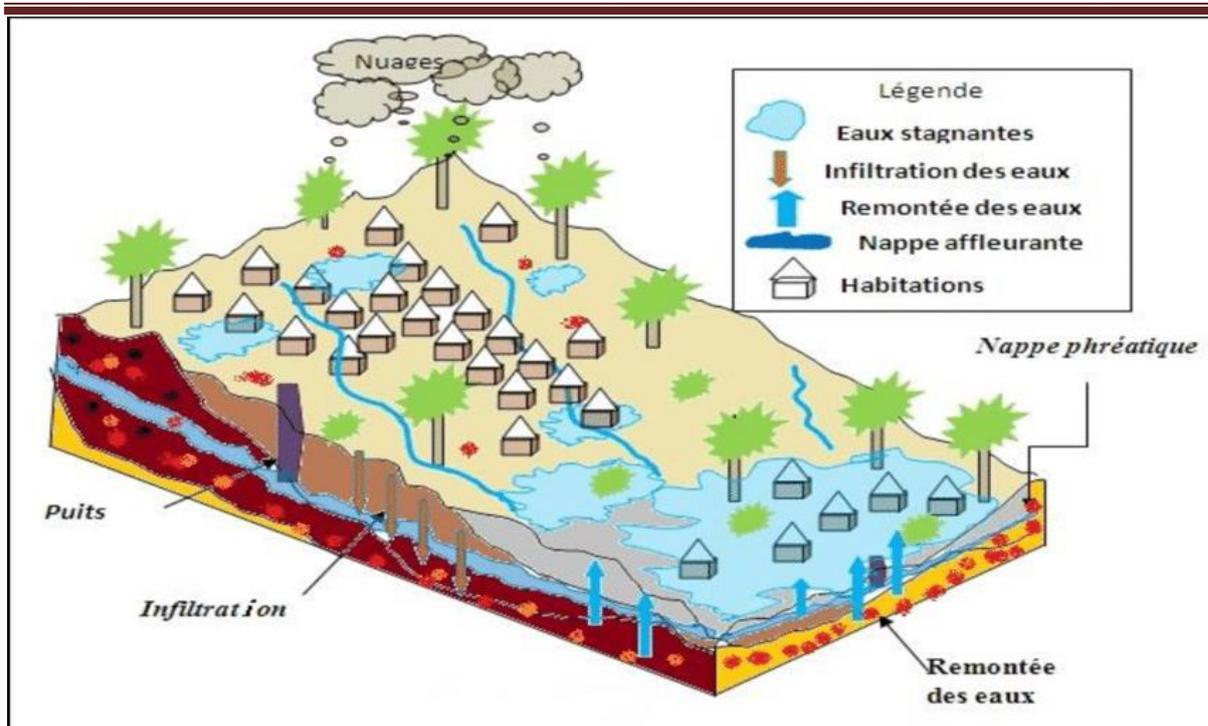
### **Introduction :**

L'eau revêt une importance capitale pour les besoins essentiels de l'être humain et pour l'équilibre de son environnement. Les eaux souterraines constituent une ressource indispensable pour répondre aux besoins en eau douce des communautés. La gestion des ressources hydriques, ainsi que la conception et la réalisation des aménagements du territoire qui y sont liés, font largement appel aux connaissances et aux méthodes de l'hydrologie. En effet, les événements climatiques récents ont souligné, dans de nombreux endroits de la Suisse et d'autres pays, la fragilité de certaines portions de cours d'eau ou des structures construites pour les aménager ou protéger leurs rives. Par ailleurs, il est impératif de surveiller avec rigueur la qualité des eaux de nos lacs et rivières afin de prévenir toute catastrophe écologique. L'hydrologie s'attache à comprendre les interactions entre les précipitations sur un bassin versant et les débits mesurés à son exutoire, tout en élaborant des modèles de simulation pour anticiper les impacts potentiels des événements climatiques, qu'ils soient exceptionnels ou non.

### **I.1 Définition des inondations :**

Les **inondations** sont des événements hydrologiques qui surviennent lorsqu'une étendue d'eau, généralement un cours d'eau, déborde de son lit naturel et recouvre des terres qui ne sont pas habituellement submergées. Ces phénomènes sont souvent causés par des précipitations intenses, la fonte des neiges, ou une combinaison des deux, ce qui entraîne un volume excessif d'eau qui ne peut pas être absorbé par le sol ou évacué rapidement. Les inondations peuvent avoir des conséquences dévastatrices sur les populations locales, entraînant des pertes matérielles importantes, des déplacements de population, voire des pertes en vies humaines.

Les **inondations** sont des événements géographiques qui se caractérisent par leur étendue spatiale et leur cyclicité, résultant de l'alternance des niveaux d'eau élevés et bas dans les cours d'eau. Par conséquent, la gestion de ce risque s'articule également autour de trois phases principales : la prévention avant l'événement, la réponse pendant celui-ci, et la réhabilitation après.



**Figure I. 1:** Schéma du processus d'inondation des zones basses.

(les inondations dans la commune de Ziguinchor Sénégal diagnostic conséquences et stratégies de gestion)

### **I.2 Les types d'inondations :**

Différents types d'inondations peuvent être observés.

#### **I.2.1 stagnation d'eaux pluviales :**

La stagnation des eaux pluviales se produit lorsque l'eau de pluie s'accumule sur des surfaces imperméables, telles que les routes, les parkings, les trottoirs, ou les terrains plats, en raison d'un drainage insuffisant ou bloqué. Ce type d'inondation est souvent associé à des événements de pluie intense ou prolongée, où le système de drainage existant est submergé par le volume d'eau. La stagnation des eaux pluviales peut entraîner des inondations locales, des perturbations de la circulation routière, des dommages aux infrastructures urbaines, ainsi que des risques pour la santé publique en favorisant la prolifération de moustiques et d'autres vecteurs de maladies.



**Figure I. 2:** Inondation par stagnation d'eaux pluviales.

### **I.2.2 Débordement de cours d'eau :**

Il est un phénomène où le niveau d'eau des rivières dépasse leurs limites naturelles et inonde les zones environnantes. Cela peut causer des inondations, des dommages matériels et des pertes en vies humaines. Les changements climatiques et les développements urbains contribuent à l'aggravation de ce phénomène.

### **I.2.3 Rupture d'ouvrages ou d'embâcles :**

La "rupture d'ouvrages d'embâcles" désigne la défaillance des structures construites pour prévenir la formation d'embâcles, tels que les barrages ou les digues, dans les cours d'eau. Lorsque ces structures cèdent, elles permettent à l'embâcle de se libérer soudainement, provoquant des inondations rapides et potentiellement destructrices. Cette situation peut entraîner des pertes humaines et matérielles considérables.

### **I.2.4 Ruissellement en secteur urbain :**

Le ruissellement en secteur urbain se réfère au mouvement de l'eau à travers les surfaces imperméables telles que les routes, les trottoirs, les toits et les parkings dans les zones urbaines. Dans ces environnements, les surfaces imperméables empêchent l'eau de s'infiltrer dans le sol, ce qui entraîne une accumulation rapide d'eau de pluie qui peut causer des inondations, l'érosion du sol et la pollution des eaux de surface. Les problèmes de ruissellement urbain sont souvent exacerbés par le développement urbain, la densité de la population et l'insuffisance des infrastructures de drainage adéquates.

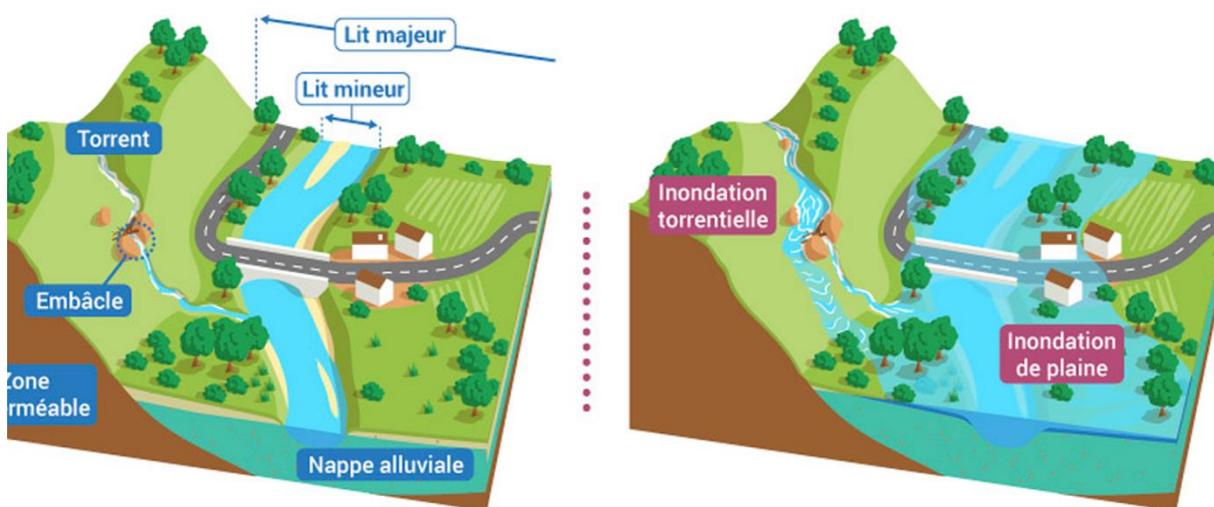


**Figure I. 3:** Inondation par ruissellement.

(inondations aggro toulousaine.fr)

### **I.2.5 Crues torrentielles :**

Les crues torrentielles désignent des inondations soudaines et extrêmement rapides qui se produisent généralement dans des régions montagneuses ou des zones géographiques où le ruissellement est rapide en raison de fortes précipitations ou de fonte de neige rapide. Ces crues peuvent être dévastatrices en raison de leur vitesse et de leur pouvoir destructeur, emportant tout sur leur passage, y compris les infrastructures, les habitations et parfois même des vies humaines. Les crues torrentielles sont souvent associées à des conditions météorologiques extrêmes telles que les orages violents ou les précipitations intenses sur de courtes périodes.



**Figure I. 4:** Crue torrentielle.

(les inondations et les submersions marines. eaufrance)

### I.3 Les paramètres d'une inondation :

#### I.3.1 Intensité et durée des précipitations :

Les précipitations abondantes et prolongées sont l'un des principaux déclencheurs des inondations. L'intensité des précipitations, c'est-à-dire la quantité d'eau qui tombe par unité de temps, est cruciale. De plus, la durée des précipitations peut également influencer l'ampleur des inondations, car des précipitations prolongées peuvent saturer le sol et augmenter le ruissellement.

#### I.3.2 Topographie :

La topographie, ou la forme du terrain, joue un rôle majeur dans le déroulement des inondations. Les zones situées en aval de montagnes ou sur des terrains en pente sont plus susceptibles de subir des inondations, car l'eau a tendance à s'accumuler dans les vallées et les plaines.

### **I.3.3 Type de sol :**

La nature du sol influence sa capacité à absorber l'eau. Les sols imperméables, tels que l'argile, limitent l'infiltration de l'eau dans le sol, ce qui entraîne un ruissellement plus important et des inondations plus graves.

### **I.3.4 Débit des cours d'eau :**

Le débit des rivières et des cours d'eau détermine leur capacité à transporter l'eau. Lorsque le débit dépasse la capacité des canaux à contenir l'eau, cela entraîne des débordements et des inondations.

### **I.3.5 Niveau de la nappe phréatique :**

Le niveau de la nappe phréatique peut avoir un impact sur les inondations, surtout dans les zones où la nappe est proche de la surface du sol. Si la nappe phréatique est déjà élevée en raison de précipitations antérieures ou d'autres facteurs, cela peut aggraver les inondations en limitant la capacité du sol à absorber l'eau supplémentaire.

### **I.3.6 Infrastructure urbaine :**

L'aménagement urbain, y compris les systèmes de drainage, les égouts et les surfaces imperméables telles que les routes et les bâtiments, peut influencer la propagation et la gravité des inondations. Des infrastructures adéquates peuvent atténuer les inondations en permettant l'évacuation rapide de l'eau, tandis que des infrastructures insuffisantes peuvent aggraver les inondations en retenant l'eau dans les zones urbaines.

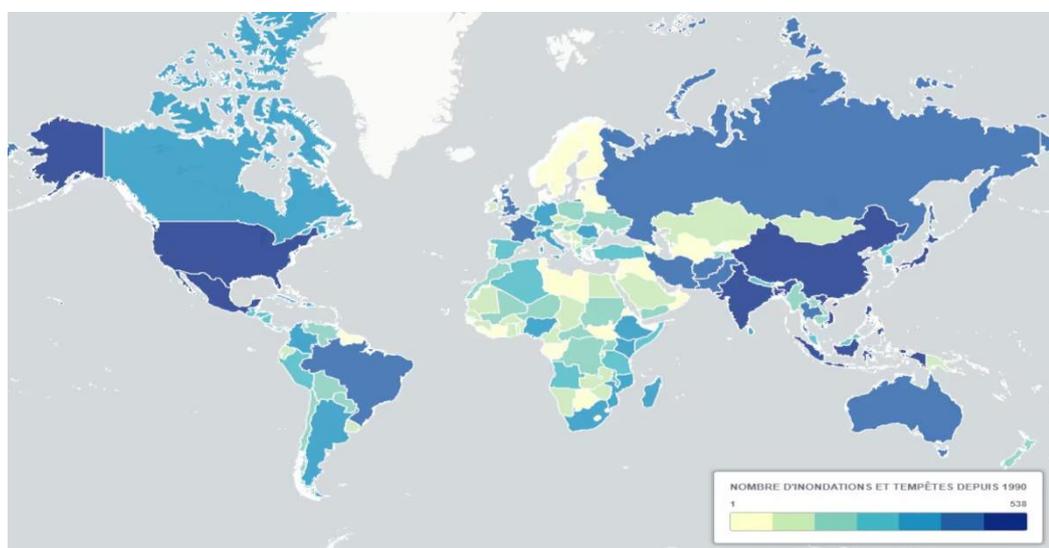
### **I.3.7 Présence de barrages ou de digues :**

Les barrages et les digues peuvent jouer un rôle dans la prévention ou l'atténuation des inondations en contrôlant le flux d'eau dans les cours d'eau. Cependant, la défaillance de ces structures peut également entraîner des inondations graves en amont et en aval. Des études en génie hydraulique ont évalué l'efficacité des barrages et des digues dans la réduction des risques d'inondation.

### I.4 Problématique des inondations :

#### I.4.1 Dans le monde :

La problématique des inondations dans le monde est un défi majeur, amplifié par le changement climatique, l'urbanisation croissante et la déforestation. Ces phénomènes entraînent des pluies plus intenses, des crues soudaines et une élévation du niveau de la mer, augmentant ainsi le risque d'inondations. Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), les inondations devraient devenir plus fréquentes et plus graves dans de nombreuses régions du globe.



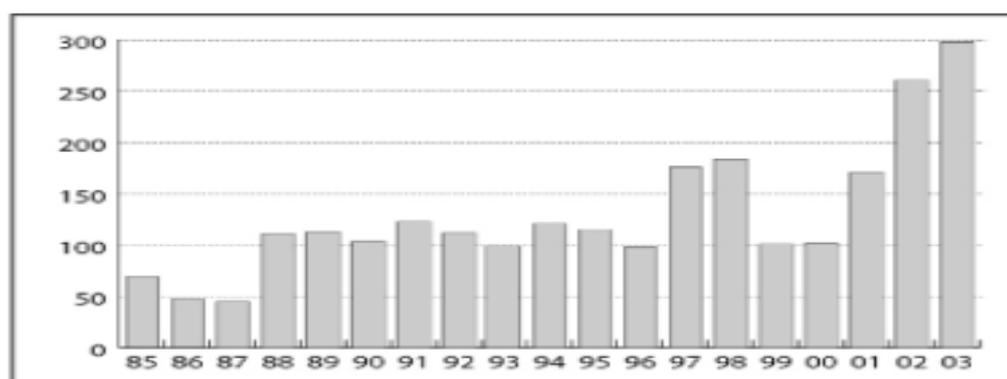
**Figure I. 5:** Nombre d'inondation et tempêtes depuis 1990.

(source : base de données internationale des catastrophes du centre de recherche de l'épidémiologie des désastres-université catholique de Louvain, Bruxelles)

\* Le nombre **d'inondations** dans le monde augmente à mesure que la couleur devient plus foncée sur la carte du monde.

\*Plus de **339 millions** de personnes ont été victimes de ce phénomène entre **1900 à 2005** selon l'ONU.

L'Observatoire des Inondations de Dartmouth (USA) après étude a publié en **2004** la fréquence des inondations des **20 dernières années. (Fig.I.6).**



**Figure I. 6 :** Nombre d'inondations par année. Dartmouth (USA).

### I.4.2 En Algérie :

Les inondations en Algérie sont un problème récurrent qui peut avoir des conséquences dévastatrices. Un exemple récent est survenu en 2018, lorsque des pluies torrentielles ont provoqué des inondations dans plusieurs régions du pays, notamment à Alger et dans la région de l'Aurès. Ces inondations ont causé des pertes humaines, des dégâts matériels importants, et ont entraîné des évacuations d'urgence. Les images des rues inondées et des véhicules emportés par les eaux ont illustré l'ampleur du désastre, mettant en évidence la nécessité de mesures de prévention et de gestion des risques plus efficaces.

Les principales **causes d'inondations** en Algérie (1970-2023), se subdivisent en trois (03) catégories :

**1. Précipitations intenses :** Pendant cette période, certaines régions d'Algérie ont été touchées par des précipitations extrêmes, dépassant souvent les capacités de drainage des cours d'eau et des systèmes d'égouts, provoquant ainsi des inondations. ( En novembre **2001**, des pluies torrentielles se sont abattues sur la région de **Bab El Oued à Alger**, provoquant des inondations catastrophiques.)

**2. Urbanisation rapide :** L'expansion des zones urbaines sans une planification adéquate a entraîné la construction dans des zones à risque d'inondations, telles que les plaines côtières et les vallées fluviales, aggravant ainsi les effets des précipitations intenses. (**la ville d'Oran** dans les années **1990** a conduit à la construction de logements informels dans des zones à risque d'inondations, telles que les plaines côtières. **En 1994**, des pluies torrentielles ont provoqué des inondations majeures dans ces zones nouvellement urbanisées.)

## **Chapitre I : LES INONDATION: ampleur, définition, notion de risque**

---

**3. Infrastructures de drainage inadéquates :** Les systèmes de drainage des eaux pluviales et des cours d'eau étaient souvent insuffisants pour faire face aux événements météorologiques extrêmes, ce qui a entraîné des inondations dans de nombreuses zones urbaines et rurales. ( **En février 2018**, des pluies intenses ont provoqué des inondations dans la région de **Constantine** Les systèmes de drainage des eaux pluviales n'étaient pas en mesure de gérer le volume d'eau, ce qui a entraîné des inondations importantes dans les zones urbaines.)

Ces facteurs combinés ont contribué aux inondations récurrentes en Algérie au cours de cette période. Les autorités algériennes ont pris des mesures pour améliorer les infrastructures de drainage et la gestion des risques d'inondation, mais des défis persistent en raison de l'urbanisation rapide et des conditions météorologiques extrêmes.

### **I.4.3. Les inondations à Guelma :**

En **mai 2023**, la région de **Guelma** en Algérie a été touchée par des inondations importantes. Ces inondations ont causé des **dommages significatifs**. Pour aider les familles touchées, une aide financière a été remise à **13 familles** de la commune de **Hammam N'bail**, dont les habitations ont été endommagées. Les montants de ces aides variaient entre **150.000 et 700.000 dinars**, en fonction des dommages subis par chaque maison.

En outre, un projet d'amélioration urbaine a été lancé à la **Mechta de Douakha** pour améliorer le cadre de vie des citoyens. Ce projet comprend des travaux sur le réseau d'assainissement, les trottoirs, les routes et l'éclairage public. Ces efforts font partie des mesures prises par les autorités pour répondre aux conséquences des inondations et pour prévenir de futurs incidents.

Il est essentiel de continuer à surveiller les conditions météorologiques et de mettre en œuvre des stratégies de gestion des risques d'inondation pour protéger les communautés vulnérables contre de tels événements climatiques extrêmes.

## **I.5 Les composantes du risque d'inondation :**

### **I.5.1 Définition :**

Les composantes du risque d'inondation sont des éléments clés pour comprendre et gérer les inondations. Voici une définition détaillée:

## **Chapitre I : LES INONDATION: ampleur, définition, notion de risque**

---

✓ **Aléa:** C'est la probabilité qu'un événement naturel, comme une inondation, se produise. Il est souvent évalué en fonction de la fréquence historique des événements similaires dans une région donnée.

✓ **Vulnérabilité:** Cela fait référence à la sensibilité des personnes, des biens, de l'économie et de l'environnement aux dommages causés par les inondations. La vulnérabilité dépend de divers facteurs, tels que l'emplacement des bâtiments, la qualité de la construction et la préparation des communautés.

✓ **Exposition:** C'est le degré auquel une communauté, une région ou un système est susceptible d'être affecté par un aléa. Par exemple, les zones plus proches des rivières ou des zones basses sont généralement plus exposées aux inondations.

✓ **Capacité d'adaptation:** Cela représente la capacité d'une communauté ou d'un système à s'adapter et à se rétablir après une inondation. Cela inclut les mesures préventives, telles que les digues ou les systèmes d'alerte précoce, ainsi que la capacité à répondre et à se remettre d'une inondation.

✓ **Enjeux:** Ce sont les éléments à protéger, comme les populations, les infrastructures, les biens culturels et l'environnement. Les enjeux sont souvent cartographiés dans les plans de prévention des risques d'inondation (PPRI) pour aider à la prise de décision.

Ces composantes sont interdépendantes et doivent être prises en compte ensemble pour évaluer le risque d'inondation et élaborer des stratégies de gestion efficaces.

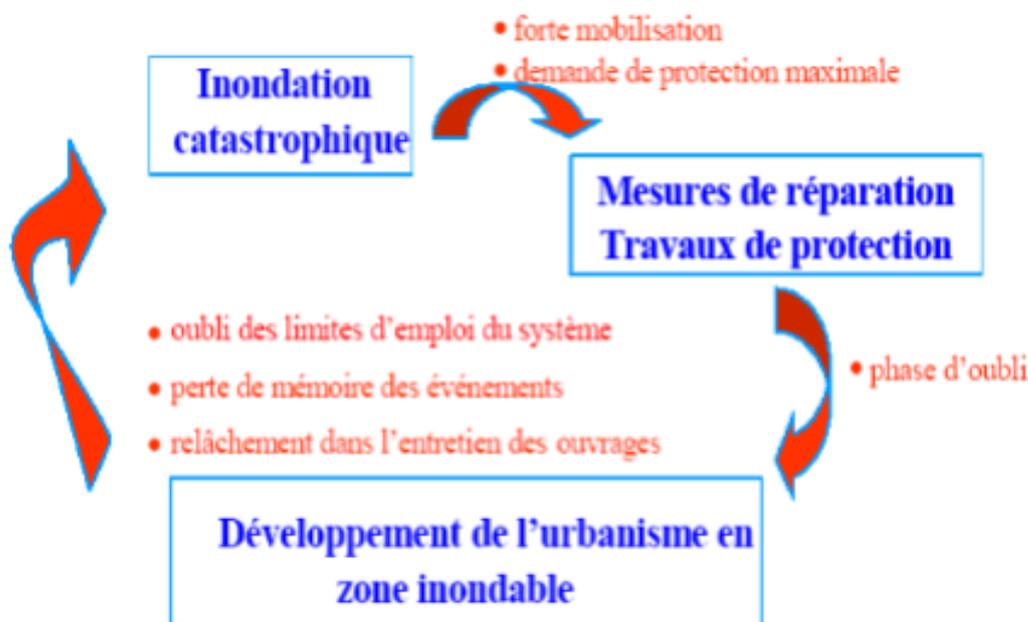
### **I.5.2 Evolution du risque d'inondation :**

Les pertes causées par les inondations augmentent au fil des années, malgré les efforts déployés pour réduire les risques. L'augmentation des dommages peut être expliquée par les observations suivantes:

- Accroissement de l'activité économique dans les plaines inondables;
- Accroissement de la densité de population et de l'utilisation du territoire dans les plaines inondables;
- Tendance de la population à surestimer le degré de protection offert par les ouvrages de contrôle des inondations;
- Manque de données sur les débits et sur les dommages potentiels;
- Variabilité des caractéristiques hydrologiques des crues.

### I.5.3 Boucle « Catastrophe » :

Lorsqu'une catastrophe survient, elle révèle la vulnérabilité du site. En général, elle est suivie d'un cycle de réactions humaines comprenant des mesures de réparation et des travaux de protection. Cette réaction peut modifier la vulnérabilité du site, influençant ainsi les catastrophes futures.



**Figure I. 7:** Boucle « Catastrophe » (N. GENDREAU)

### I.6 Problématique des inondations dans la ville de Guelma :

La ville de Guelma en Algérie fait face à des défis liés aux inondations urbaines. Le risque d'inondation urbaine à Guelma est actuellement considéré comme faible, ce qui signifie qu'il y a plus de 10 % de chances qu'une inondation susceptible de causer des dommages et des victimes se produise dans les dix prochaines années. Cependant, les effets du changement climatique pourraient augmenter ce risque à l'avenir.

Des projets sont en cours pour protéger certaines communes de la wilaya de Guelma contre les risques d'inondation. Par exemple, des mesures sont prises pour l'aménagement de l'Oued Zenati et d'autres oueds, qui sont souvent sujets à des crues et des inondations. Malheureusement, la ville a déjà subi des inondations par le passé, comme celles de janvier 1985 et de l'été 2002, qui ont causé des dégâts matériels et des pertes en vies humaines et animales.

## **Chapitre I : LES INONDATION: ampleur, définition, notion de risque**

---

Il est également rapporté que des précipitations orageuses intenses ont récemment provoqué des inondations dans la ville, exacerbées par un réseau d'assainissement défectueux. Les fortes pluies ont également entraîné des glissements de terrain et des difficultés de circulation.

### **I.6.1 Cause d'inondations dans la ville de Guelma :**

Les inondations dans la ville de Guelma, située dans le nord-est de l'Algérie, peuvent être attribuées à plusieurs facteurs interconnectés. Voici une analyse détaillée des principales causes :

#### **✓.Facteurs Naturels :**

##### **\*Précipitations Intenses :**

Guelma connaît des épisodes de précipitations intenses, surtout pendant les saisons pluvieuses (automne et printemps). Ces pluies torrentielles peuvent rapidement saturer les sols et les cours d'eau, entraînant des inondations.

##### **\*Topographie et Géographie :**

La ville est située dans une région vallonnée et au pied des montagnes. Cette configuration topographique facilite le ruissellement rapide de l'eau vers les zones basses, y compris les zones urbaines, augmentant le risque d'inondation.

##### **\*Hydrologie Locale :**

Les rivières et les oueds (cours d'eau intermittents) qui traversent Guelma peuvent déborder en cas de fortes pluies. L'accumulation de débris et de sédiments dans ces cours d'eau peut aussi réduire leur capacité à contenir l'eau, exacerbant les inondations.

#### **✓.Facteurs Humains :**

##### **\*Urbanisation et Occupation des Sols :**

L'expansion urbaine rapide et souvent non planifiée de Guelma a conduit à l'imperméabilisation des sols (augmentation des surfaces en béton et asphalte). Cela réduit l'infiltration de l'eau de pluie et augmente le ruissellement.

##### **\*Infrastructure Inadéquate :**

Le système de drainage de la ville peut être insuffisant ou mal entretenu. Des égouts obstrués et des canaux de drainage mal conçus ou sous-dimensionnés ne peuvent pas gérer efficacement les volumes d'eau importants lors des fortes pluies.

##### **\*Déforestation et Dégradation Environnementale :**

La déforestation dans les zones environnantes pour l'agriculture ou d'autres usages peut diminuer la capacité des sols à absorber l'eau, augmentant ainsi le ruissellement superficiel vers la ville.

## **Chapitre I : LES INONDATION: ampleur, définition, notion de risque**

---

### **\*Construction en Zones Inondables :**

La construction d'habitations et d'infrastructures dans les zones inondables ou à proximité des cours d'eau expose ces structures à un risque accru d'inondation.

### **✓. Changements Climatiques :**

#### **\*Augmentation des Événements Climatiques Extrêmes :**

Le changement climatique global contribue à l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements météorologiques extrêmes, y compris les fortes pluies, ce qui accroît le risque d'inondation.

#### **\*Modification des Modèles de Précipitations :**

Les changements climatiques peuvent altérer les schémas de précipitations, avec des périodes plus longues de sécheresse suivies de précipitations soudaines et intenses, créant des conditions propices aux inondations soudaines.

### **I.7 Utilisation des outils numériques :**

Les méthodes traditionnelles pour déterminer les paramètres influençant l'hydrodynamique des bassins versants deviennent obsolètes en raison des changements rapides des indicateurs tels que l'occupation des sols et la pluviométrie. Elles sont lourdes à mettre en œuvre et inefficaces face aux aménagements hydrauliques actuels (**MEDERBAL, 2007**).

Pour pallier ces insuffisances, l'utilisation de nouveaux outils comme la télédétection, la cartographie numérique et les systèmes d'information géographique (**SIG**) est essentielle. Ces outils sont bien adaptés aux problèmes d'aménagement hydraulique et de **cartographie des zones inondables**. La complexité de la modélisation des données pour la gestion du monde réel nécessite une stratification efficace.

Nous présentons donc quelques définitions des outils numériques modernes utilisés pour la caractérisation spatiale des réseaux hydrographiques, tels que les **SIG**, avant d'entamer notre application. Les **SIG** permettent de collecter, stocker, analyser et visualiser des données spatiales, essentielles en hydrologie pour créer des modèles numériques de terrain, analyser les bassins versants, simuler les écoulements et prédire **les zones inondables**. La télédétection offre des données actuelles et précises sur l'occupation des sols et les changements environnementaux, fournissant ainsi une vue intégrée et dynamique pour une gestion efficace des ressources en eau et la prévention des risques hydrauliques.

### **Conclusion :**

Les inondations mettent en lumière la nécessité pressante d'une approche holistique et proactive dans la gestion de ce risque naturel. En comprenant les mécanismes sous-jacents, les facteurs déclencheurs et les conséquences potentielles des inondations, nous sommes mieux équipés pour prendre des décisions éclairées en matière de prévention, de préparation et de réponse. Toutefois, il est crucial de reconnaître que les inondations ne sont pas simplement des événements isolés, mais plutôt des manifestations complexes de dynamiques hydrologiques, environnementales et sociales. Par conséquent, une collaboration étroite entre les gouvernements, les communautés locales, les experts en sciences environnementales et les intervenants est essentielle pour élaborer et mettre en œuvre des stratégies efficaces de gestion des inondations. En adoptant une approche intégrée qui combine la surveillance météorologique avancée, l'aménagement du territoire résilient, l'éducation publique et la mise en place d'infrastructures adaptées, nous pouvons minimiser les pertes humaines et matérielles associées aux inondations tout en renforçant la résilience des communautés face à ce défi omniprésent.

**CHAPITRE II :**  
**Techniques d'analyse géomatique.**

### **Introduction :**

L'analyse géomatique, qui combine la géographie et l'informatique, est un outil essentiel pour la collecte, le traitement, l'analyse et la visualisation des données spatiales. Les techniques d'analyse géomatique jouent un rôle crucial dans divers domaines tels que l'urbanisme, la gestion des ressources naturelles, la protection de l'environnement et la gestion des catastrophes.

Les principales techniques d'analyse géomatique incluent la cartographie numérique, les systèmes d'information géographique (SIG), la télédétection et la modélisation spatiale. La cartographie numérique se concentre sur la création et l'utilisation de cartes numériques, tandis que les SIG facilitent la gestion, l'analyse et la visualisation des données géoréférencées. La télédétection implique la collecte de données à distance via des satellites ou des drones, permettant d'obtenir des informations précieuses sur des zones difficiles d'accès. Enfin, la modélisation spatiale permet de simuler et de prévoir des phénomènes géographiques, fournissant des outils puissants pour la prise de décision.

En explorant ces techniques, nous mettrons en lumière leurs applications pratiques et leurs impacts significatifs sur notre compréhension et gestion de l'espace géographique.

### **II.1 Définition de la géomatique :**

La géomatique est un domaine interdisciplinaire qui combine les sciences de la terre, les technologies de l'information et les méthodes d'analyse spatiale pour collecter, gérer, analyser et visualiser des données géographiques et spatiales. Elle englobe des disciplines telles que la cartographie, la télédétection, les systèmes d'information géographique (SIG), la géodésie et la modélisation spatiale. La géomatique est utilisée dans une variété de domaines, notamment l'urbanisme, la gestion des ressources naturelles, l'agriculture, l'environnement, l'aménagement du territoire, les transports, et bien d'autres encore.

### **II.2 Définition de la télédétection :**

est une technique permettant d'obtenir des images et des informations sur la surface de la Terre sans un contact direct avec celle-ci. Elle repose sur l'utilisation de différentes méthodes et connaissances pour déterminer les propriétés biologiques et physiques des objets observés à distance, sans qu'il soit nécessaire d'entrer en contact direct avec eux. Ce système vise à recueillir des informations sur la Terre en utilisant des images capturées par des

## CHAPITRE II : Techniques d'analyse géomatique

---

satellites ou des plates-formes aériennes qui exploitent le rayonnement électromagnétique émis depuis la surface terrestre.

### II.2.1 Éléments de la télédétection :

L'interaction du rayonnement incident avec les objets étudiés et sa détection par un capteur représentent une illustration notable de la télédétection. Les systèmes d'imagerie sont un exemple parlant, incorporant généralement les éléments de télédétection énumérés ci-dessous. Il convient néanmoins de noter que la télédétection englobe également des capteurs non imageurs ainsi que la détection de l'énergie émise.

Les sept constituants fondamentaux suivants forment l'infrastructure de base de la télédétection :

✓ **Source d'énergie/illumination** : Une source d'énergie est requise pour éclairer l'objet d'intérêt ou pour lui fournir un rayonnement électromagnétique.

✓ **Rayonnement/énergie et atmosphère** : Tout au long de son trajet, du point de départ à la destination, le rayonnement interagit avec les particules atmosphériques. Une fois que l'énergie parvient de l'objet au capteur, une deuxième interaction peut se produire.

✓ **Objet d'étude** : Quand l'énergie atteint enfin sa cible, leur interaction est gouvernée par les caractéristiques propres au rayonnement et à l'objet.

✓ **Capteur enregistreur de rayonnement** : Un capteur placé à distance de l'objet d'étude doit capturer le rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi par la cible.

✓ **Système de traitement des données** : Les données enregistrées par le capteur doivent être acheminées (habituellement de manière électronique) vers un centre de réception et de traitement, où l'énergie mesurée est convertie en une image utilisable.

✓ **Analyse et interprétation** : À la suite du traitement des données en télédétection, l'image est soumise à une analyse et une interprétation visuelles et/ou numériques en vue d'obtenir des informations sur l'objet étudié.

✓ **Application pratique** : En fin de compte, le processus vise à exploiter les informations tirées des images pour approfondir la compréhension de la cible, découvrir des éléments jusqu'alors méconnus ou contribuer à la résolution de problèmes.

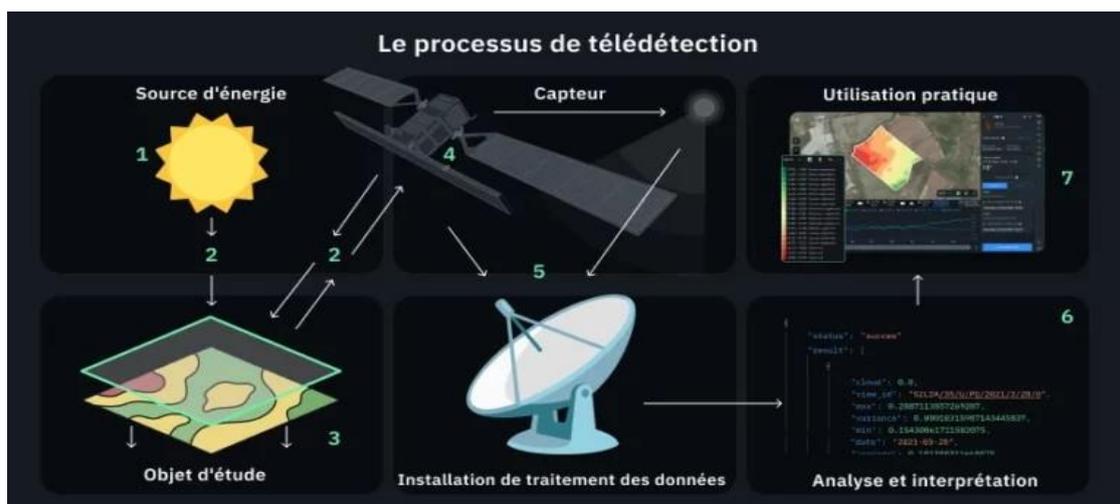


Figure II. 1: Le processus de télédétection.(EOS DATA ANALYTICS)

### II.2.2 Utilisation de la télédétection dans la gestion de catastrophes :

Grâce à la capture régulière de données précises, cohérentes et actualisées sur de vastes zones à travers le monde, les satellites sont souvent le seul moyen pour visualiser les conséquences d'une catastrophe sur un site donné. Dans le domaine de la gestion des catastrophes, la télédétection se révèle particulièrement précieuse pour :

✓ **Surveiller les glissements de terrain** : Parmi les méthodes de télédétection utilisées dans ce domaine figurent la détection et la cartographie des glissements de terrain, ainsi que l'analyse de leurs déclencheurs. À mesure que la résolution spatiale et temporelle des images satellites s'améliore, elles deviennent de plus en plus utiles pour la prévision et la surveillance des glissements de terrain .

✓ **Évaluation des risques** : Une vigilance accrue envers les catastrophes météorologiques, telles que les ouragans, les tremblements de terre et les inondations, est cruciale. L'analyse des données de télédétection permet d'améliorer les plans de préparation avant et après ces événements catastrophiques.

### II.2.3 Applications de la télédétection dans l'hydrologie :

La télédétection joue un rôle crucial en hydrologie en permettant la surveillance et la gestion des ressources en eau à grande échelle. Elle peut être utilisée pour cartographier les étendues d'eau, surveiller les niveaux de précipitations, détecter les changements dans les masses d'eau et évaluer les caractéristiques des bassins versants. Cela aide les chercheurs et

## CHAPITRE II : Techniques d'analyse géomatique

les décideurs à mieux comprendre les cycles hydrologiques, à prédire les inondations et les sécheresses, et à gérer les ressources en eau de manière plus efficace.

### II.3 Le Modèle numérique de terrain :

Le Modèle Numérique de Terrain (MNT) est une représentation informatique tridimensionnelle de la surface terrestre. Il est généralement créé à partir de données topographiques et altimétriques, qui sont collectées à l'aide de diverses méthodes telles que la télédétection par satellite, la photogrammétrie aérienne, ou des relevés sur le terrain.

Les MNT sont largement utilisés dans de nombreux domaines, notamment la cartographie, la planification urbaine, l'ingénierie civile, la gestion des ressources naturelles, la modélisation environnementale et bien d'autres. Ils fournissent des informations précieuses sur la forme de la surface terrestre, y compris les reliefs, les pentes, les courbes de niveau, et les caractéristiques topographiques.

Les données d'un MNT sont généralement stockées sous forme de grille régulière où chaque cellule ou pixel contient une valeur d'altitude. Ces données peuvent être utilisées pour générer des modèles 3D, créer des profils topographiques, calculer des volumes de terrain, simuler des processus naturels tels que l'érosion ou l'écoulement d'eau, et bien d'autres applications.

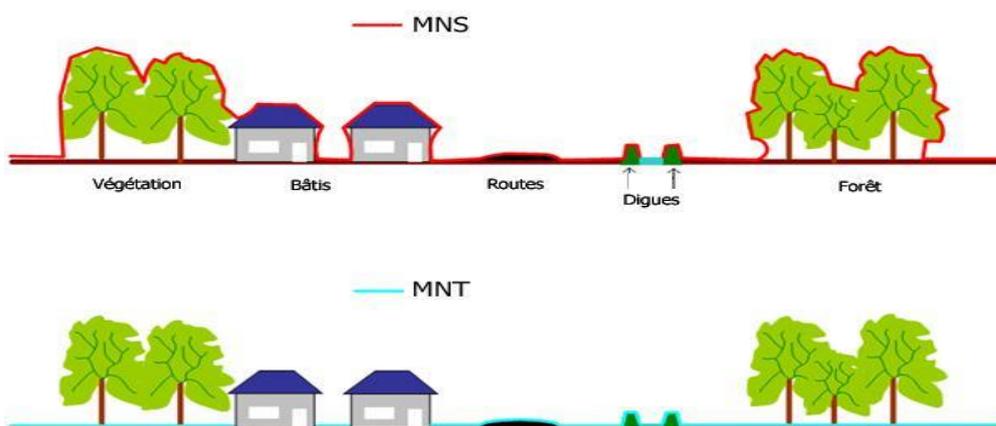


Figure II. 2: Modèle MNT de terrain.

### II.4 système d'information géographique (SIG) :

#### II.4.1 définition :

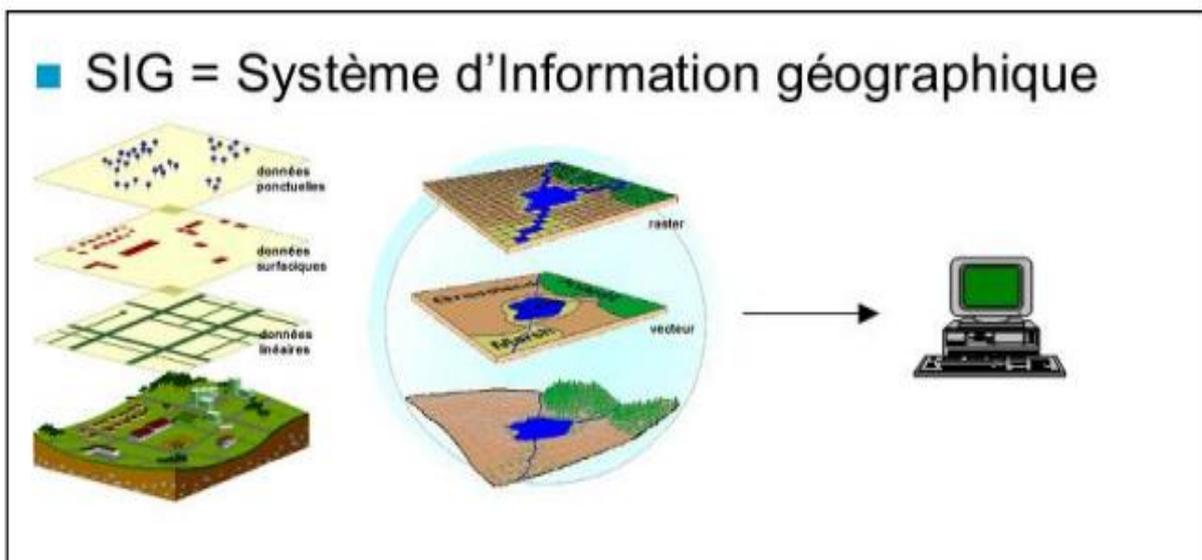
est un système conçu pour collecter, stocker, analyser, gérer et visualiser des données géographiques et spatiales. L'utilisation des SIG permet aux utilisateurs de représenter et d'analyser les données géographiques de manière visuelle et cartographique, facilitant ainsi la prise de décisions basées sur la localisation géographique.

A l'heure actuelle il y'a plusieurs concepts d'information géographique dans l'espace francophone en proposant ses propres appellations, relativement équivalentes pour des raisons techniques ou commerciales:

- ✓ Système d'Information Environnementales (SIERS).
- ✓ Système d'Information à Référence Spatiale (SIRS).
- ✓ Système d'Information d'Aide à la décision (SADS).
- ✓ Système de géomanagement.
- ✓ Système d'Information sur le Territoire (SIT).

Les systèmes d'information géographiques permettent de:

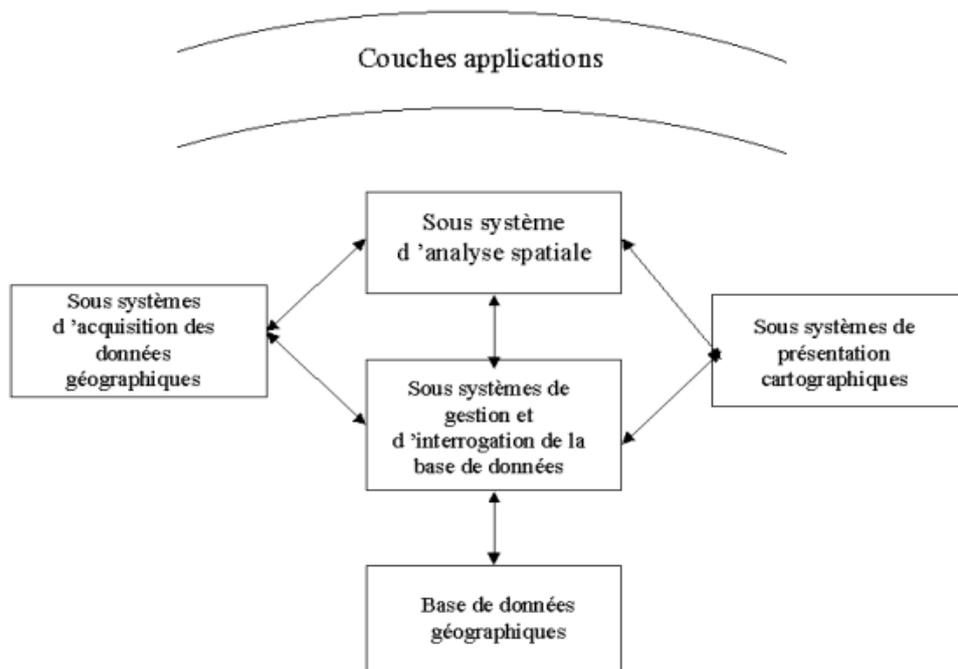
- Organiser les éléments selon un système de référencement géographique.
- Convertir les éléments graphiques d'un système à un autre.
- Simplifier la superposition de cartes provenant de sources diverses.
- Identifier tous les éléments géographiques situés à une distance spécifique d'une route.
- Regrouper les éléments partageant une caractéristique commune (ex : toutes les maisons connectées à un réseau d'eau potable).
- Calculer l'itinéraire le plus direct vers un lieu spécifique.
- Délimiter des zones en combinant plusieurs critères (par exemple : identifier les zones inondables en tenant compte du type de sol, du relief, etc.).



**Figure II. 3:** Représentation d'un système d'information géographique  
(S.Théry.IST,novembre 2005)

### Ii.4.2 structures d'un sig :

La **figureII.4** met en évidence quatre groupes de fonctionnalités au-dessous d'une couche d'applications: l'acquisition des données géographiques d'origines diverses, la gestion pour le stockage et la recherche des données, l'analyse spatiale pour le traitement et l'exploitation et enfin la présentation des résultats sous forme cartographique.



**Figure II. 4:** Structure d'un SIG (Abdel Baki C., 2012)

### II.4.3 LES DONNEES DANS LES SIG :

Le premier aspect auquel on pense quand on évoque la notion de logiciel de cartographie informatique ou de système d'information géographique est celui de manipuler les données.

#### II.4.3.1 Modes d'acquisition de données :

Dans la pratique, les données géographiques proviennent de sources différentes, ont des modes d'acquisition différents, sont sur des médias différents, on dit qu'elles sont multi sources. Certaines données sont directement mesurées sur le terrain (levés topographiques) ou captées à distance (système de positionnement Global GPS, photos aériennes, images satellitaires), ou saisies à partir de cartes ou de plans existants, ou récoltées par des organismes de production de données et ensuite importées. Il s'agira d'intégrer ces données hétérogènes, car de qualité, de fiabilité, de précision et d'extensions spatiales bien différentes. Nous présentons dans ce qui suit les principales méthodes d'acquisition de données.

##### a. Numérisation :

La numérisation (digitalisation ou vectorisation) permet de récupérer la géométrie des objets disposés sur un plan ou une carte préexistante comme illustré dans la **figure II.5**



**Figure II. 5:** Opération de digitalisation

[https://docs.qgis.org/2.8/fr/docs/gentle\\_gis\\_introduction/data\\_capture.html](https://docs.qgis.org/2.8/fr/docs/gentle_gis_introduction/data_capture.html)

<http://www.forumsig.org/showthread.php/37012-Vente-Table-%C3%A0-digitaliser>

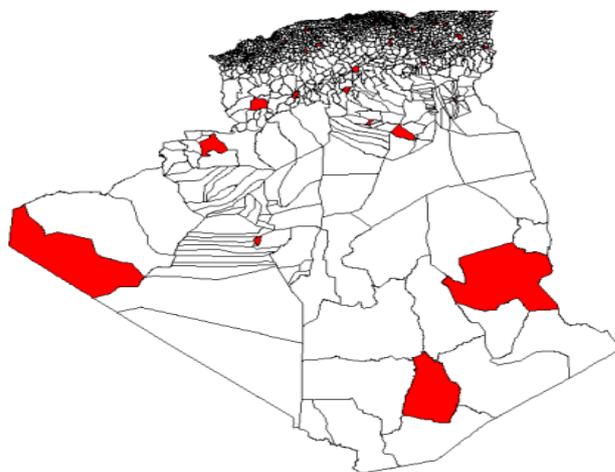
## CHAPITRE II : Techniques d'analyse géomatique

Elle consiste à faire évoluer un curseur sur un plan posé sur une table à digitaliser et préalablement calé en coordonnées. La table est réceptive aux signaux électriques émis par le curseur. Elle peut localiser ces signaux sur le plan de la table avec une précision de l'ordre du dixième de millimètre. La **figure II.5** présente un exemple d'extraction des couches et la **figure II.6** présente le résultat de la digitalisation.



**Figure II. 6:** Extraction des couches.

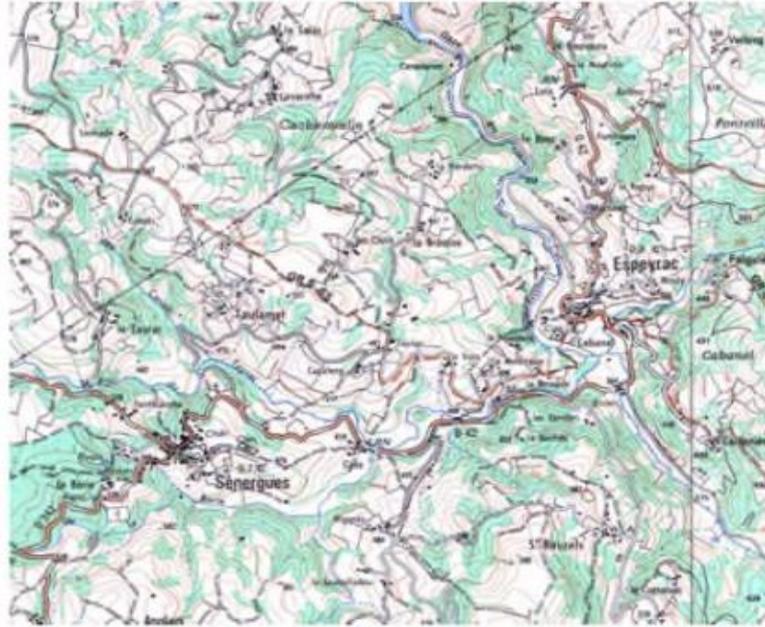
<https://themamap.greyc.fr/fr/node/17>



**Figure II. 7:** Exemple de résultat de digitalisation

### **b. Balayage électronique (scannérisation) :**

Le balayage électronique (réalisé avec un scanner) est un autre moyen de saisir un plan existant (**figure II.8**). Il est plus rapide que la digitalisation manuelle.



**Figure II. 8:** Extrait d'une carte scannée

### **c. Photogrammétrie :**

La photogrammétrie aérienne est utilisée de façon systématique pour constituer les cartes à moyenne échelle. Elle est retenue également dans les pays dont la couverture cartographique et géodésique est déficiente et utilisée pour la constitution de plans à grande échelle pour un coût qui peut être très avantageux. **figure II.9** présente un exemple de photos aériennes.



**Figure II. 9:** Exemple de photos aériennes.

### **d. Images satellitaires (télédétection) :**

## CHAPITRE II : Techniques d'analyse géomatique

La télédétection est une méthode très pratique pour générer des données à intégrer dans les SIG. Elle implique l'utilisation, dans des conditions spécifiques et strictes, soit de photographies aériennes, soit d'images enregistrées et transmises par satellite.



Figure II. 10: Exemple d'image satellitaire.

### e. Import de fichiers :

C'est une façon de réduire les coûts de saisie et de récupérer des données existantes et de les convertir au format, au système d'unités et au système de projection souhaités comme c'est illustré dans la **figure II.11** . Pour cela, on utilise des interfaces qui permettent:

- soit de transformer directement les données dans le format interne du SIG récepteur grâce à des bibliothèques de conversions à ce format interne.
- soit de passer par l'intermédiaire d'un format d'échange reconnu, par une fonction d'importation de données du SIG récepteur.

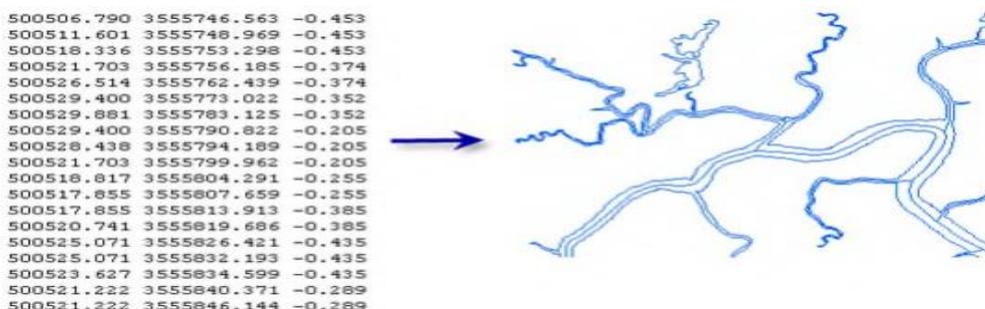
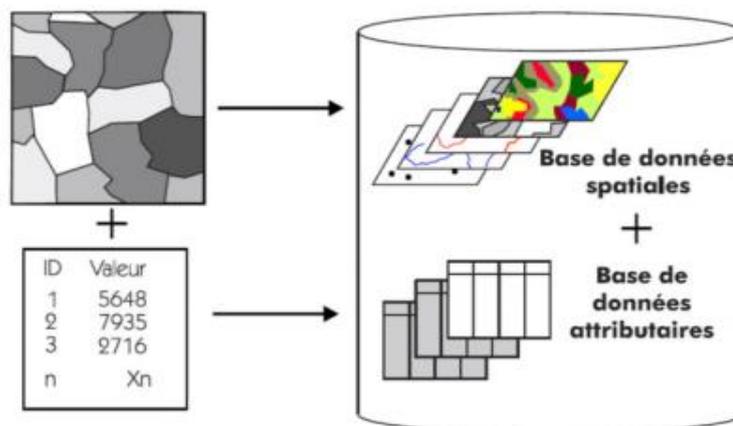


Figure II. 11: Exemple d'importation de fichiers vers le SIG

<http://www.arcorama.fr/2015/01/sig-3d-35-conception-de-donnees-3d.ht>

### II.4.3.2 Types de données dans un SIG :

Les données sont le cœur d'un Système d'Information Géographique (SIG), un outil puissant utilisé pour capturer, stocker, gérer, analyser et visualiser des informations géographiques. Dans un SIG, les données peuvent être de divers types, chacun fournissant une perspective unique sur le monde géographique qui nous entoure.



**Figure II. 12:** Types de données dans un SIG

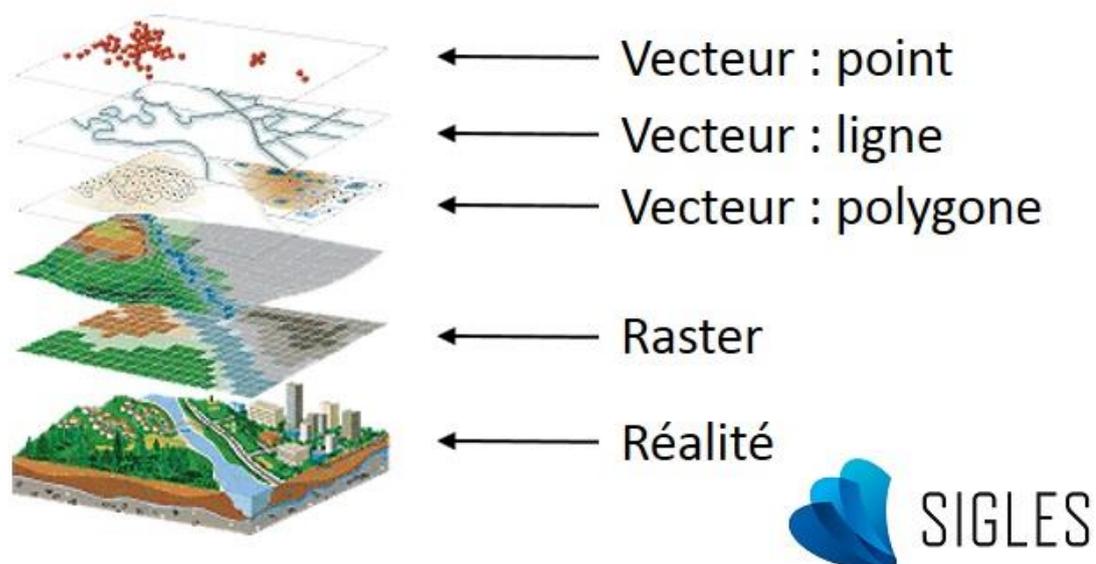
<http://resources.arcgis.com>

Les deux principaux types de données utilisés dans un SIG sont les données spatiales et les données attributaires. Les données spatiales décrivent la géométrie et la position des objets géographiques, tandis que les données attributaires fournissent des informations descriptives associées à ces objets.

#### **a- Données spatiales :**

Les données spatiales dans un SIG se réfèrent à toute information qui est géographiquement référencée, c'est-à-dire liée à des positions sur la surface de la Terre. Ces données décrivent la géométrie et la localisation des objets géographiques tels que des points, des lignes et des polygones. Les données spatiales sont essentielles pour représenter le monde réel dans un environnement numérique et sont la base de nombreuses fonctionnalités

d'un SIG.



**Figure II. 13:** Données spatiales.

<https://www.sigles-sante-environnement.fr/wp-content/uploads/2016/06/Bandeau.jpg>

- 1. Points :** Les points représentent des objets géographiques ponctuels tels que des sommets de montagnes, des bâtiments, des puits, etc. Chaque point est défini par une paire de coordonnées géographiques (latitude et longitude) qui indique son emplacement sur la surface de la Terre.
- 2. Lignes (ou polygones) :** Les lignes représentent des objets géographiques linéaires tels que des routes, des rivières, des chemins de fer, des pipelines, etc. Elles sont généralement définies par une séquence de points connectés.
- 3. Polygones :** Les polygones représentent des objets géographiques qui occupent une zone fermée, comme des lacs, des parcs, des limites administratives, des bâtiments, etc. Ils sont définis par une série de points connectés, avec le premier et le dernier point identiques pour former une forme fermée.

Ces données spatiales peuvent être stockées sous différentes formes dans un SIG, telles que des données vectorielles et des données raster. Les données vectorielles utilisent des coordonnées géographiques explicites pour décrire la forme et la position des objets géographiques, tandis que les données raster les représentent sous forme de grilles régulières de pixels.

## **CHAPITRE II : Techniques d'analyse géomatique**

---

Les données spatiales dans un SIG peuvent également inclure des informations sur les projections cartographiques utilisées pour représenter la surface de la Terre sur une surface plane, ainsi que des systèmes de coordonnées pour définir des positions géographiques précises. En utilisant ces données spatiales, les utilisateurs d'un SIG peuvent effectuer des analyses spatiales, créer des cartes thématiques, effectuer des requêtes spatiales et prendre des décisions éclairées basées sur des informations géographiques précises.

### **b- Données associées :**

Les données associées des objets spatiaux complètent la représentation géométrique de l'entité spatiale. En fait, chaque élément de l'espace (c.à.d. point, ligne, ou polygone) reçoit un code d'identification (ID) qui peut être numérique ou littéral. Ce dernier compose en une étiquette déterminant l'entité spatiale. Parmi les données associées on distingue :

#### **✓ Données de classification :**

Permettent de classer le point, la ligne, ou le polygone dans une classe déterminé tel que le type de parcelle (irrigué, non irrigué), type de route (primaire, secondaire), etc.

#### **✓ Données d'identification :**

Donnent la possibilité de distinguer chaque objet figurant sur la carte, par exemple nom de la commune, numéro de parcelle, numéro de vanne, etc.

Ces données permettent d'individualiser chaque objet figurant sur le plan: nom propre de l'objet, par exemple nom de la commune ou numéro permettant de l'identifier: numéro de parcelle, numéro de vanne...

## CHAPITRE II : Techniques d'analyse géomatique

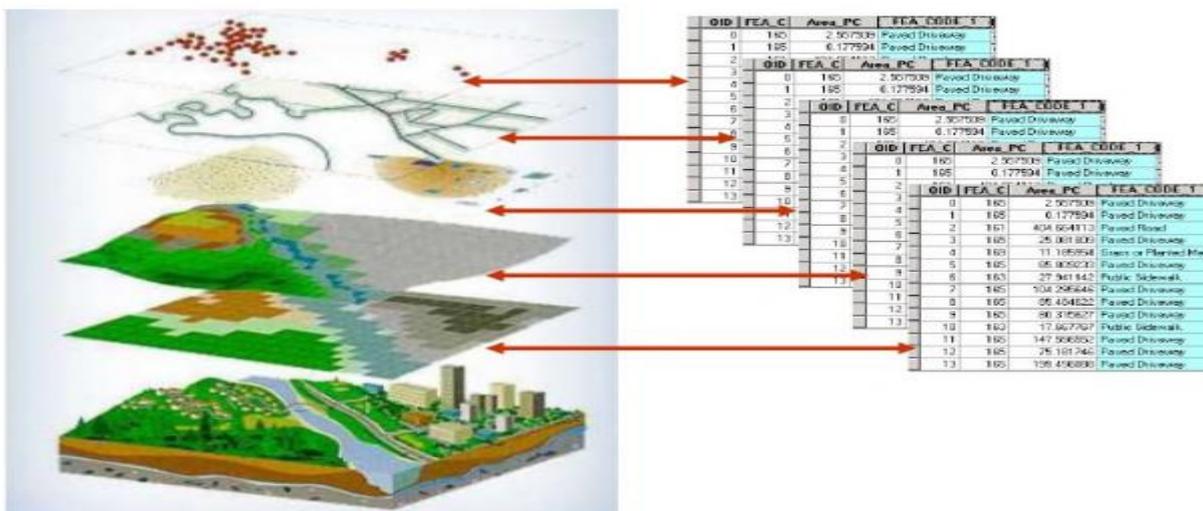


Figure II. 14: Notion de couches de données.

<http://www.seos-project.eu/modules/agriculture/agriculture-c03-s01.fr.html>

### ✓ Données attributaires (alphanumériques ou sémantiques) :

Les descriptifs des objets géographiques, les attributs sont stockés dans une table attributaire, associée aux objets géographiques d'un même thème.

ID	Shape *	Id	Nom	Area Km <sup>2</sup>	Average al	Average an	Tem Average	Con
0	Polygon	0	K'sob	3041	670	350	15,6	
1	Polygon	1	Scoubella	183,87	790	250	15,7	
2	Polygon	2	Lougman	337	650	300	16,27	
3	Polygon	3	Leham	638,6	710	292	16,2	
4	Polygon	4	Miof	5321	950	251	14,7	
5	Polygon	5	Eham	6187	819	250	15,44	
6	Polygon	6	Boussaada	2953,7	670	290	16,5	
7	Polygon	7	Barika	3823	920	345	15	

Par exemple les attributs décrivant les sous-bassins de Hodna (base de données sont stockés dans la table attributaire définie par des champs ID\_ CODE\_NOM,... dont le type peut être « Caractère », « Numérique », « Date »,..... Chaque sous-bassin correspond à un enregistrement dans la table attributaire et possède un identifiant unique. Les données attributaires peuvent provenir d'autres sources comme des fichiers textuels (format , dbf) ou des bases de données (Postgre SQL, SQL Server, Oracle,...).(Djamel 11-2020)

### II.4.3.4 Modes de données dans les SIG :

#### a) Raster :

Ce système regroupe les données graphiques par trame ou image en les faisant montrées, localisées ou stockées en employant une matrice ou une grille des cellules. Chaque cellule ou Pixel a des données discrètes d'attribut assignées à elle, dont la taille des pixels joue un rôle essentiel dans la résolution de l'image. Généralement, les données de trame exigent moins le traitement que des données de vecteur, mais elles consomment plus d'espace de mémoire interne (KOELN et al 1994 ; HUXHOLD, 1991)

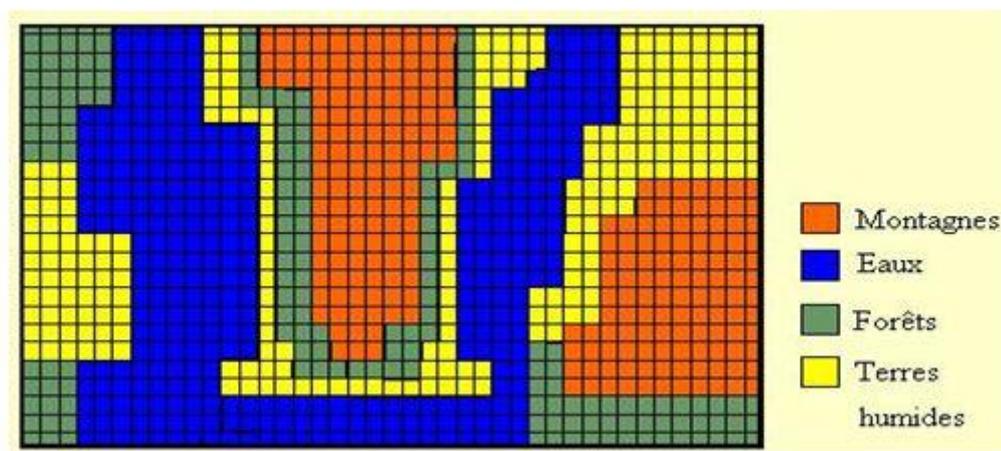


Figure II. 15: mode Raster. (KOELN ET AL 1994).

#### b) Vecteur :

Dans ce mode, les données graphiques d'affichage sont basées, comme points, lignes (courbes), ou secteurs avec des attributs. Les lignes ou les arcs sont des séries de points commandés (c'est-à-dire par des coordonnées cartésiennes X et Y), également les secteurs ou les polygones sont stockés comme listes numérotées de points, mais en faisant le commencement et la fin diriger le même nœud que la forme est fermée et définie. Ce mode peut définir de haute résolution, mais il exige des données plus complexes avec un espace inférieur requis de mémoire interne.

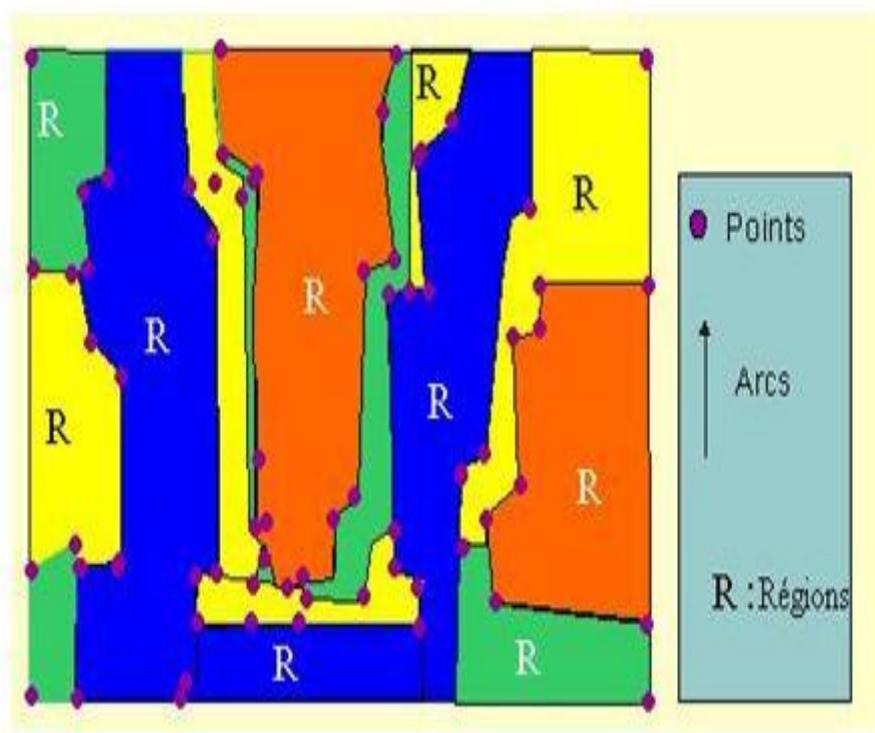


Figure II. 16: mode vecteur (KOELN et al 1994).

### c) Comparaison entre le mode VECTEUR et le mode RASTER :

Le **Tableau II.1** présente une comparaison résumée entre le mode VECTEUR et le mode RASTER.

Aucunes des deux formes de présentation des données ne convient au mieux pour toutes les applications d'un SIG, et le choix de la forme et du mode de traitement sera en fonction du type de phénomène à étudier. On ajoute aussi que les informations ou les données modelées des deux systèmes peuvent être converties d'un mode vers un autre et vice versa; les données de trame peuvent être vectorisées et vice versa. Il existe beaucoup de systèmes permettant de modeler des données sous la forme de trame à recouvrir sur des données de vecteur et vice versa.

## CHAPITRE II : Techniques d'analyse géomatique

Tableau II. 1: Comparaison entre le mode VECTEUR et le mode RASTER.

(KOELN et al 1994).

MODE	AVANTAGES	INCONVENIENTS
RASTER	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Structure de données simple.</li><li>✓ Compatible avec des données à distance senties ou analysées.</li><li>✓ Procédures spatiales simples d'analyse.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>* Exige un plus grand espace mémoire sur l'ordinateur.</li><li>* Selon la taille de Pixel, le rendement graphique peut être moins agréable.</li><li>* Les transformations de projection sont plus difficiles.</li><li>* Plus difficile de représenter des rapports topologiques.</li></ul>
VECTEUR	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Exige moins d'espace de mémoire à disque.</li><li>✓ Les rapports topologiques sont aisément maintenus.</li><li>✓ Le rendement graphique ressemble plus étroitement aux cartes tirées par la main.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>* Structure de données plus complexes.</li><li>* Non compatible avec des données à distance senties.</li><li>* Le logiciel et le matériel sont souvent plus chers.</li><li>* Quelques procédures spatiales d'analyse peuvent être plus difficiles.</li><li>* Recouvrement des multiples cartes de vecteur est souvent long.</li></ul>

### II.5. Logiciel Arc GIS :

Comme on a pu voir dans la chapitre I, les logiciels SIG sont conçus d'une manière à assurer leurs principales fonctions (acquisition, manipulation, création et la gestion des données géographique, cartographie, ... )

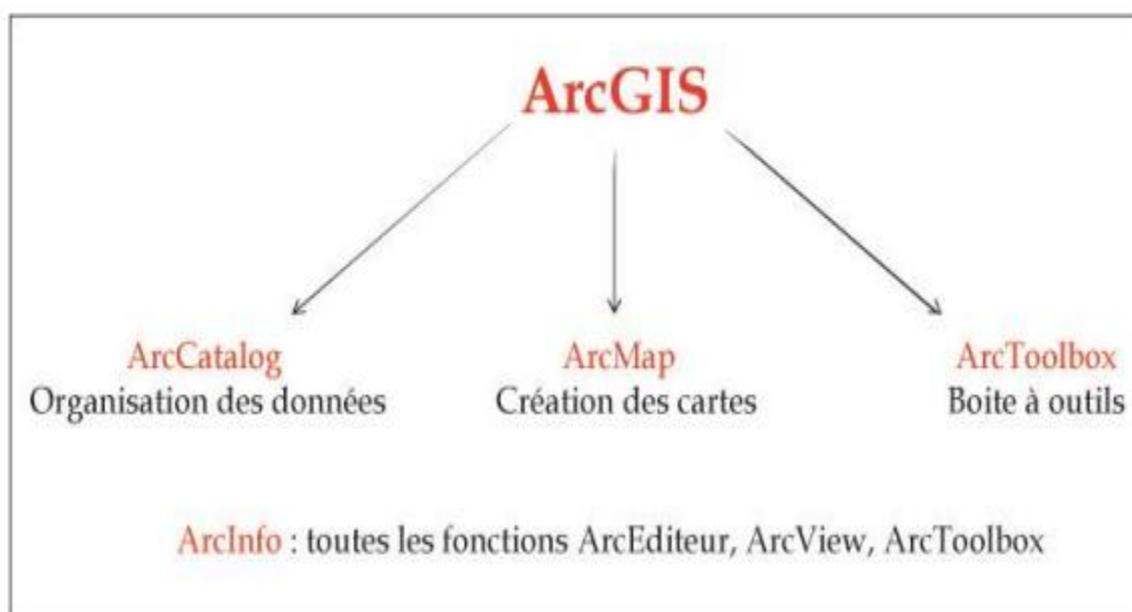
Le nombre de logiciels SIG existant sur le marché est important ; on les a divisé auparavant en logiciels libres, propriétaires à accès gratuits et propriétaires commerciaux (ArcGIS, MapInfo, GeoConcept, ...).

Dans le cadre de notre module on a fait le choix de travailler avec le logiciel ArcGIS1 , un logiciel du leader mondial des SIG ESRI. Un choix justifié par le fait que ce dernier est l'un des logiciels SIG les plus complet et le plus utilisé à l'échelle international.

### II.5.1. Architecture générale de l'Arc GIS :

Le logiciel Arc GIS peut être réparti en trois grands compartiments (**figure II.15**), à savoir:

1. **ArcCatalog** assure l'organisation et la gestion des données SIG ;
2. **ArcMap** c'est l'application centrale d'Arc GIS, dont elle assure à la fois la visualisation et le traitement (analyse, édition,...) des données dans la fenêtre « data view ». La mise en page des cartes est réalisée dans la fenêtre « layout view ». A noter qu'il existe l'ArcGlobe, qui est comparable à ArcMap mais permet une visualisation 3D de la donnée ;
3. **ArcToolbox** « boîte à outils », c'est là où ils sont regroupés l'ensemble des outils de géotraitements. Il est disponible à trois niveaux progressifs de perfectionnement à savoir : ArcView, ArcEditor, ArcInfo (le niveau le plus complet et le plus sophistiqué). ( Dr. Wahiba MENAD)



**Figure II. 17:** Architecture générale de l'ArcGIS.( Dr. Wahiba MENAD)

### II.5.2. Principes de fonctionnement de l'ArcGIS (tout SIG) :

#### a. Acquisition des données :

- Acquisition de la donnée non numérique : scan des cartes, géoréférencement, digitalisation et la création des tables attributaires.
- Acquisition de la donnée numérique : importation de fichiers, Coordonnée GPS, ... .

### **b. Analyse des données :**

Cette fonction est l'une des premières missions du SIG

- Requêtes : sélection toutes les zones où il y a des écoles.
- Analyses spatiales ou géotraitements : création de zones tampon, calculs des surfaces.

### **c. Représentation des données :**

- Visualisation des données : une interaction avec la carte est possible (zoom, déplacement, ... ;)
- Calculs dans les tables attributaires : calculs des densités de la population à partir des colonnes nombres par wilaya et surface de wilaya (cf. Infra).

### **d. Cartographie thématique :**

Elle traduit les relations spatiales d'un ou plusieurs thèmes, de phénomènes. de population  
(Dr. Wahiba MENAD)

### **Conclusion :**

les techniques d'analyse géomatique représentent une formidable avancée dans notre capacité à comprendre et à interpréter les données spatiales pour prendre des décisions éclairées. Leur utilisation s'étend à de nombreux domaines, de la gestion des ressources naturelles à la planification urbaine, en passant par la surveillance environnementale et la gestion des catastrophes. Grâce à l'intégration de technologies telles que les systèmes d'information géographique (SIG), la télédétection et la modélisation spatiale, les analystes sont en mesure de visualiser des phénomènes complexes, de détecter des tendances et de prédire des scénarios futurs. Cependant, il est essentiel de garder à l'esprit que les techniques d'analyse géomatique ne sont que des outils, et que leur efficacité dépend de la qualité des données, de la rigueur méthodologique et de l'expertise des utilisateurs. En continuant à développer ces compétences et à explorer de nouvelles applications, nous pouvons exploiter pleinement le potentiel de l'analyse géomatique pour résoudre des défis sociétaux complexes et contribuer à un avenir durable.

## **CHAPITRE III :**

### **Présentation de la zone d'étude**

### III.1. La situation géographique de la commune de Guelma :

La commune de Guelma est située dans la wilaya éponyme, dont elle est le chef-lieu, en Algérie. Elle se trouve à **60 km** au sud-ouest d'**Annaba**, à **110 km** à l'est de **Constantine**, à **60 km** de la mer Méditerranée et à **150 km** de la **frontière tunisienne**. Les coordonnées géographiques (Latitude, Longitude) de la wilaya de Guelma sont :  $36^{\circ}27'43''$  Nord et :  $7^{\circ}25'33''$  Est

Guelma est au cœur d'une grande région agricole, à une altitude de **290 mètres**, et est entourée de montagnes qui contribuent à sa fertilité, notamment grâce à la rivière **Seybouse**.

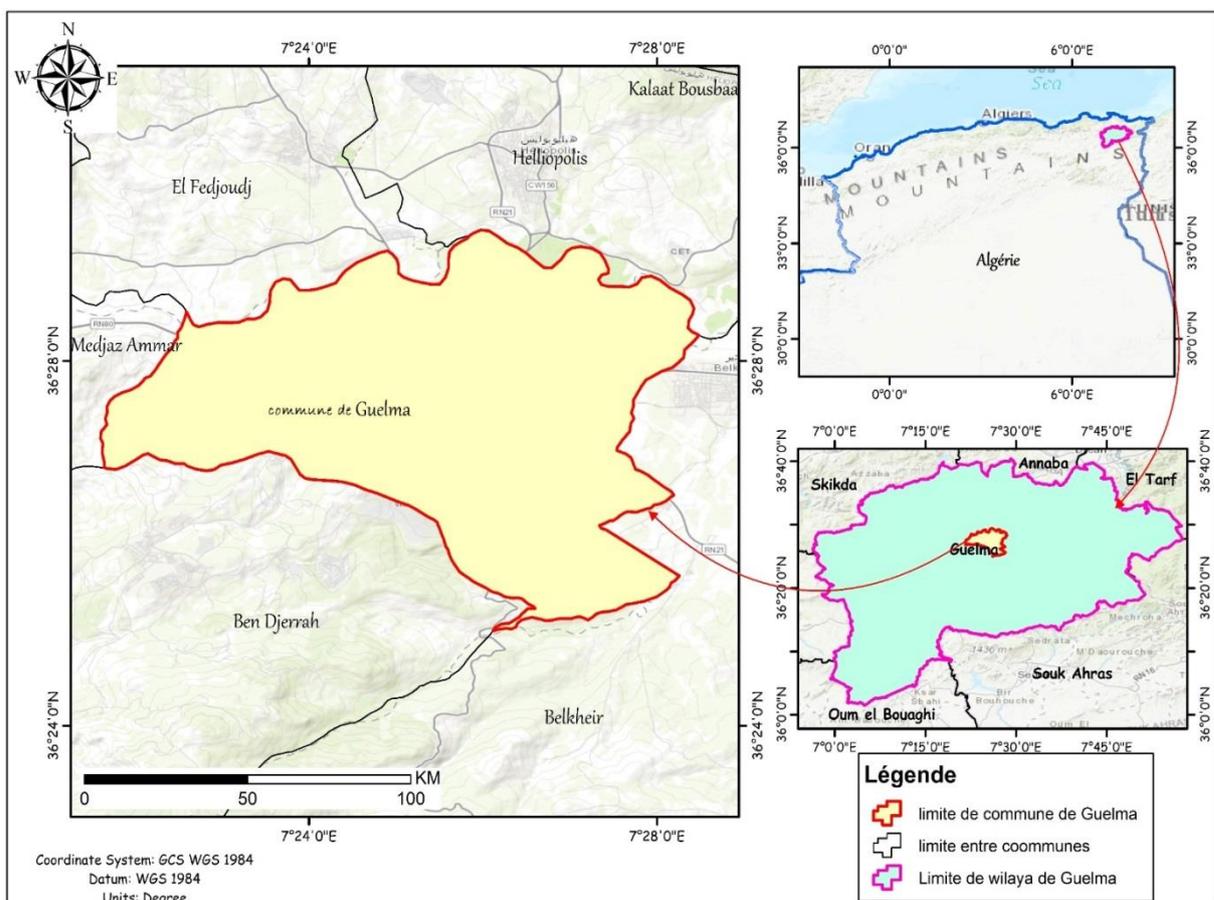


Figure III. 1: situation géographique de la ville de Guelma

### III.2. Topographie de la commune de Guelma :

La commune de Guelma, située au **Nord-Est de l'Algérie**, présente une topographie variée avec un relief diversifié. Voici quelques détails sur sa géographie:

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

---

✓ **Altitude moyenne:** l'altitude moyenne de la commune de Guelma, située en Algérie, est d'environ **290** mètres au-dessus du niveau de la mer.

✓ **Cours d'eau:** La Seybouse est le principal cours d'eau qui traverse la région, et autres affluants : oued Maiz, Oued, Zimba, oued Skhoune, oued Bou Sorra, oued Fragha, oued Djefeli, oued Meboudja.....etc

✓ **Superficie:** La commune s'étend sur **44.80 km<sup>2</sup>**.

✓ **Population:** Elle compte environ **120.847** habitants en **2023**, avec une densité moyenne de **2690 habitants par km<sup>2</sup>**.

### III.3. Géologie :

✓ **Crétacé moyen (à l'ouest) et Crétacé inférieur sous-marin (au sud-ouest) :**

Les roches de ces périodes, souvent calcaires ou marneuses, peuvent être très perméables ou imperméables. Les calcaires perméables peuvent permettre une infiltration rapide de l'eau, réduisant ainsi le ruissellement superficiel. En revanche, les marnes imperméables peuvent favoriser l'accumulation d'eau en surface, augmentant le risque d'inondations.

✓ **Oligocène (au sud-est):**

Les dépôts de l'Oligocène peuvent inclure des sédiments marins et continentaux variés. Si ces sédiments sont principalement argileux ou marneux, ils seront moins perméables, favorisant le ruissellement et augmentant le risque d'inondations. Les zones avec des grès perméables pourraient réduire ce risque en facilitant l'infiltration.

✓ **Miocène et Quaternaire (dans le nord) :**

Des formations du Miocène inférieur, caractérisées par des sédiments marins comme des calcaires et des marnes, ainsi que des dépôts quaternaires tels que des alluvions et des matériaux éoliens, influençant la topographie locale et la dynamique des inondations.

✓ **Paléocène et Crétacé inférieur (à l'est) :**

Les sédiments de ces périodes peuvent varier largement en termes de perméabilité. Les formations argileuses et marneuses seront plus susceptibles de provoquer des ruissellements et des inondations, tandis que les formations plus perméables, comme certains calcaires et grès, peuvent aider à atténuer ces risques.

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

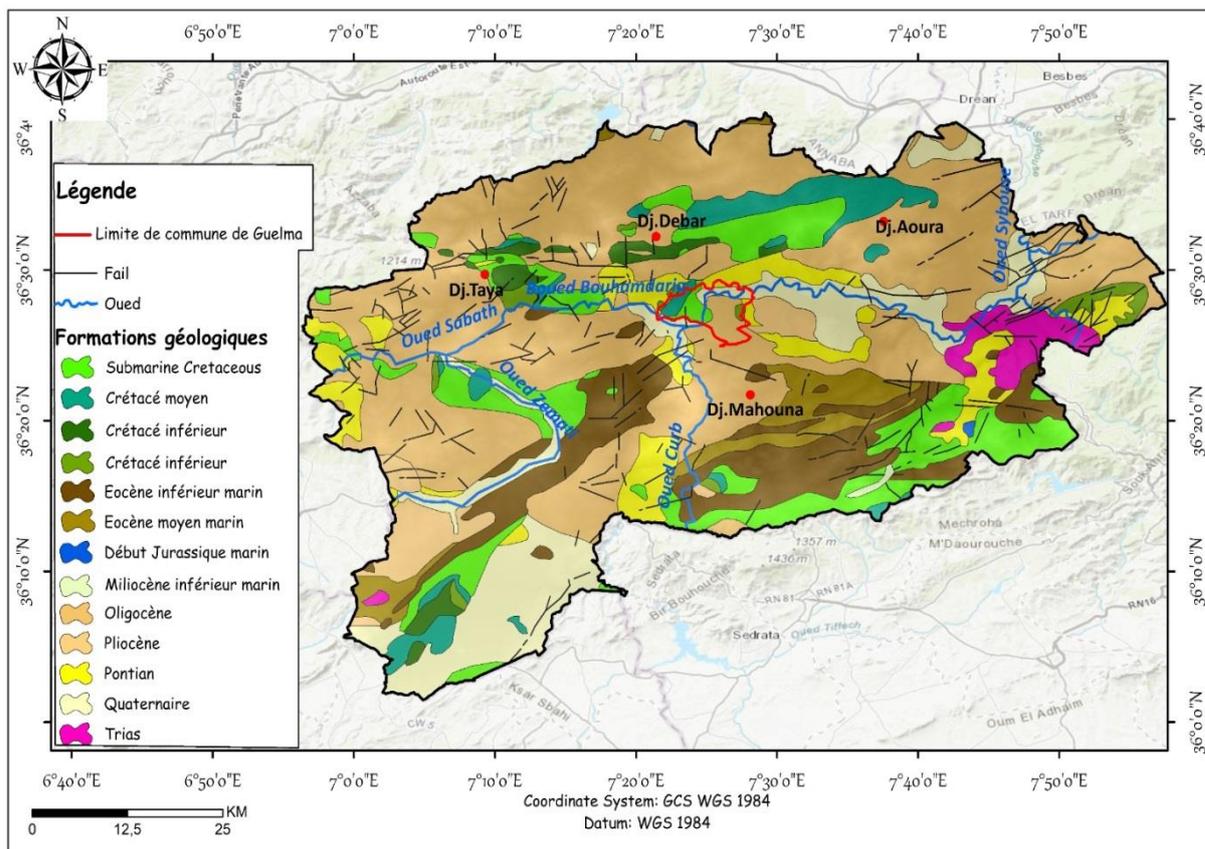


Figure III. 2: carte géologique de Guelma.

### III.4. Hydroclimatologie :

#### III.4.1. Station de Mesure :

La période d'observation s'est faite à travers la station de Guelma, allant de 1969 à 2018 .

Tableau III. 1: Caractéristiques géographiques et topographiques de la station de Guelma

station	Altitude	Longitude	Latitude	Période d'observation
Guelma	227	7°28'E	36°28'N	2012/2022

#### III.4.2. Facteurs Climatiques :

Les précipitations sont le facteur le plus important dans l'établissement du bilan hydrique, parce qu'elles reflètent la circulation des eaux de surface et souterraines. Toute étude climatologique doit donc prendre en compte une analyse détaillée des précipitations afin de bien caractériser les régimes des cours d'eaux.

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

### ➤ Les Précipitations :

La pluviométrie dans cette région se caractérise par une forte intensité des précipitations au printemps avec un maximum de 82.9 mm au mois de janvier à la station de Guelma, et d'une diminution des amplitudes pluviométriques en été avec un minimum de 2.33 mm au mois de Juillet (**Tableau III.2**).

**Tableau III. 2:** Précipitations moyennes mensuelles de la station de Guelma.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
P	32.21	53.17	75.63	57.36	82.9	62.09	74.9	35.6	30	7	2.33	18.11

### ➤ La Température :

Le second facteur le plus important dans l'étude climatique est la température qui agit sur le phénomène d'évapotranspiration influençant ainsi le ruissellement et l'infiltration dans un bassin versant. On dispose des données des températures moyennes mensuelles de la station de Guelma durant la période (2012/2022). Les données sont condensées dans le **Tableau III.3**.

D'après le **Tableau III.3**, nous constatons que les plus faibles valeurs sont rencontrées aux mois de Janvier et février de 9.87 et 10.39 °C respectivement tandis que les plus fortes caractérisent les mois de Juillet et Août avec 27.70 et 27.51 °C respectivement. L'écart thermique entre le mois le plus chaud et le mois le plus sec est de 19.06°C.

**Tableau III. 3:** Température moyenne mensuelle de la station de Guelma.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
T(c°)	24.68	19.62	14.88	11.31	9.87	10.39	12.55	15.54	19.26	24.55	27.7	27.51

### III.4.3. Diagramme pluviothermique :

La combinaison des paramètres température - précipitation permet de déterminer l'alternance des saisons dans une région et aussi de distinguer le climat d'une région à une autre. La courbe des températures passe au-dessus de celle des précipitations pendant les mois secs. La saison sèche débute au mois de avril et se termine en Septembre. Quant à la saison humide, elle commence à partir d'Octobre et se termine en avril (**figure III.3**).

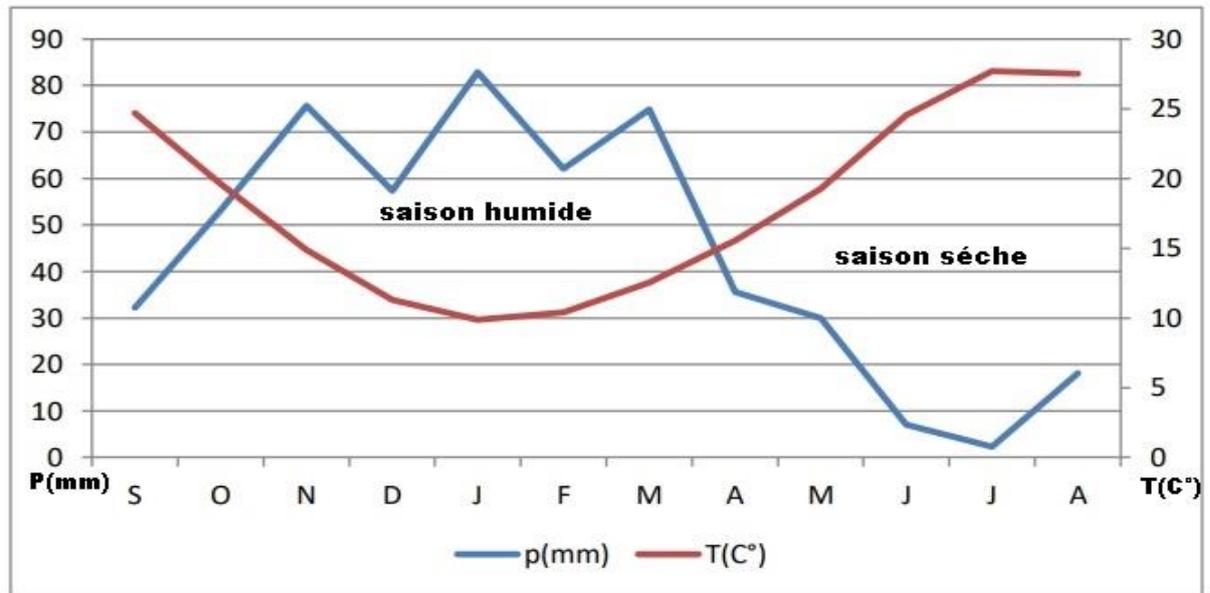


Figure III. 3: Diagramme pluviothermique de Guelma.

### III.4.4. Bilan hydrologique :

L'étude du bilan hydrologique permet d'évaluer la répartition des quantités d'eau reçues par un bassin versant entre ses différents composants (écoulement, infiltration et évaporation). Il est calculé par la formule suivante :

$$P = ETR + R + I$$

Où tous les termes sont en mm

#### ➤ Bilan de Thornthwaite :

Les données ont permis de dresser le bilan d'eau par la méthode de Thornthwaite (1948), cette méthode est utilisée pour les climats subhumide et semi-aride. Vu les caractéristiques intermédiaires du climat méditerranéen, cette formule est appliquée. Elle fait ressortir les quatre paramètres qui sont l'évapotranspiration réelle et potentielle, l'excédent et le déficit agricole (Tableau III.4). L'évapotranspiration potentielle est calculée par la formule suivante :

$$ETP = 1.6 (10t/T) a. F(\lambda)$$

Où :

$$i = (t/5)^{1.5}, I = \sum_{1}^{12} i \text{ et } a = 1.6/100. I + 0.5$$

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

$t$ : température moyenne annuelle.

$i_t$ : indice thermique mensuel.

$I_t$ : indice thermique annuel.

$F(\lambda)$ : Facteur de correction intégrant la durée d'insolation et le nombre de jour, de mois et la Température.

Pour le calcul de l'ETR, deux cas sont considérés :

- Si les précipitations du mois sont supérieures à l'ETP, l'ETR est égale à l'ETP ;
- Si les précipitations du mois sont inférieures à l'ETP, l'ETR sera égale à l'ETP aussi longtemps que les réserves en eau du sol demeurent.

Tous ces paramètres sont directement liés à la RFU, en d'autres termes dépendent de sa valeur qui est très difficile à estimer. Dans notre cas la RFU est prise égale à 100 mm (SOGREAH, 1990).

**Tableau III. 4:** Bilan d'eau de Thornthwaite de la station de Guelma.

	Tp	IT	CL	ETPC	Pr	BH	CH	VR	RFU	ETR	DEF	EXC
S	24.68	11.2	1.03	117.5	32.21	-85.3	-0.7	0.0	0.0	32.2	85.3	0.0
O	19.62	7.9	0.97	71.3	53.17	-18.1	-0.3	0.0	0.0	53.2	18.1	0.0
N	14.88	5.2	0.86	37.2	75.63	38.4	1.0	38.4	38.4	37.2	0.0	0.0
D	11.31	3.4	0.81	20.7	57.36	36.6	1.8	36.6	75.1	20.7	0.0	0.0
J	9.87	2.8	0.87	17.1	82.9	65.8	3.8	24.9	100.0	17.1	0.0	40.9
F	10.30	3.0	0.85	18.2	62.09	43.9	2.4	0.0	100.0	18.2	0.0	43.9
M	12.55	4.0	1.03	32.1	74.9	42.8	1.3	0.0	100.0	32.1	0.0	42.8
A	15.54	5.6	1.10	51.7	35.63	-16.1	-0.3	-16.1	83.9	51.7	0.0	0.0
M	19.26	7.7	1.21	85.8	30	-55.8	-0.7	-55.8	28.1	85.8	0.0	0.0
J	24.55	11.1	1.22	137.8	7	-130.8	-0.9	-28.1	0.0	35.1	102.8	0.0
J	27.70	13.4	1.24	176.6	2.36	-174.3	-1.0	0.0	0.0	2.4	174.3	0.0
A	27.51	13.2	1.16	163.1	18.11	-145.0	-0.9	0.0	0.0	18.1	145.0	0.0
Annuel	18.2	88.6		929.3	531.4	-397.9				403.9	525.4	127.5

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

---

- $T_p$  : Température mensuelle en °C.
- $P$  : Précipitation mensuelle (mm).
- $i$  : Indice thermique .
- RFU : Reserve Facilement Utilisable (mm) .
- $CL$  : Coefficient de latitude .
- ETR : Evapotranspiration réelle (mm).
- ETPc : Evapotranspiration potentielle corrigée (mm).
- Déf: Déficit agricole (mm).
- Exc : Excédent (mm).

### III.4.5.Estimation de Ruissellement :

Pour l'estimation de l'écoulement, l'application de la formule de Tixeront-Berkalof est habituellement utilisée en Algérie pour les précipitations inférieures à 600 mm et sur des très petits bassins versants. L'inconvénient est qu'elle ne tient pas compte de la nature du sol ou des formations traversées. Il faudrait donc faire des corrections en fonction de la nature du sol du bassin et de sa superficie (capacité de rétention, perméabilité, étanchéité...). La formule est la suivante :

$$R = P^3 / 3(ETP)^2 \quad (1)$$

Cette relation n'est valable que pour les précipitations inférieures à 600 mm

$R$  : Ruissellement (mm),       $P$  : Précipitations moyennes annuelles (mm).

$ETP$  : Evapotranspiration potentielle (mm/an).

Le ruissèlement calculé à l'aide de la formule Tixeront-Berkalof est estimé à Guelma 66.06 mm/an.

### III.4.6.Estimation de l'infiltration :

La disponibilité des différents facteurs régissant l'équation du bilan hydrologique nous permet de déterminer l'infiltration efficace( $I$ ) qui s'écrit comme suit :

$$P = I + ETR + R \quad (2)$$

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

---

D'où l'infiltration sera égale

$$I = P - ETR - R \quad (3)$$

La lame d'eau infiltrée est de 48.9mm/an à Guelma.

**Tableau III. 5:** Terme du bilan hydrologique.

Paramètres	P(mm)	Etr(mm)	R(mm)	I(mm)
Station Guelma	531.3	423.6	66.06	60.34

### III.4.7. Calcul d'indice d'aridité :

Il a été défini par De MARTONNE (1923) selon la formule et la classification suivante:

$$A = P / (T + 10) = 531.3 / (18.15 + 10) = 19.92 \quad (\text{Guelma})$$

La formule climatique de MARTONNE et appelée indice d'aridité, il est fonction de la température et de la précipitation :

**P** : précipitation ( mm )                      **T** : température moyenne annuel °C

Si  $A < 5$                       le climat est hyperaride

Si  $5 < A < 7.5$                       le climat est désertique

Si  $7.5 < A < 10$                       le climat est steppique

Si  $10 < A < 20$                       le climat est semi-aride

Si  $20 < A < 30$                       le climat est tempéré

Si  $A > 30$                       le climat est humide

L'indice d'aridité calculé à la station de Guelma est estimé à 18.87 ce qui traduit que la zone d'étude est située sous un climat semi-aride.

### III.4.8. Précipitations saisonnières :

Selon la classification des précipitations saisonnières, nous constatons qu'elles sont de type HPAE. Avec surtout dominance des précipitations hivernales suivies de celles de printemps (**Tableau III.6**).

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

---

**Tableau III. 6:** Précipitation saisonnière.

Station	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Observation
Guelma	145	208	167	30	HPAE

### III.5.hydrologie :

Le réseau hydrographique est très dense. Il est constitué principalement de l'oued Seybouse et de ses affluents .

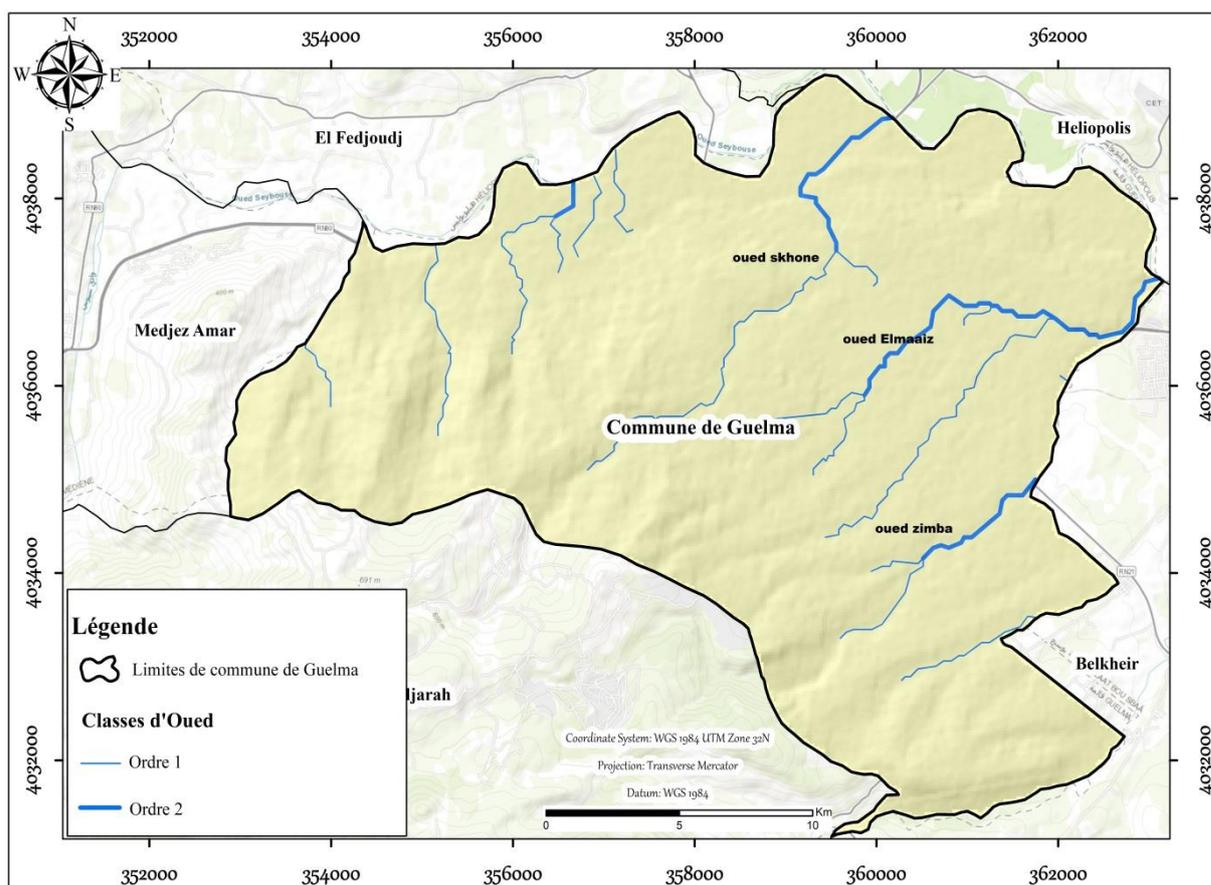
**a)Les principaux cours d'eau qui constituent le réseau hydrographique sont:**

✓ **l'oued Seybouse :** (57,15 km, second oued d'Algérie après l'oued Chéelif), présente l'axe de drainage du bassin versant. Il a un apport annuel de **408 hm<sup>3</sup>/an** à la station de Boudaroua et prend naissance dans les hauts Haracta, Ain Abid et Sedrata et se jette dans la méditerranée après un parcours de **160 km** (debbieche, 2002). Son débit non régulier varie de **0 à 100 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>**, mais peut atteindre des valeurs de **630 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>** (observées le **01 /01/1985**,selon l'Algérie national des ressources hydriques d'Annaba).

**b)Ses principaux affluents sont :**

✓ **l'oued Maiz, Oued, Zimba, oued Skhoune, oued Bou Sorra, oued Fragha, oued Djefeli, oued Meboudja.....etc.**( BENFIALA.I et HAOULI. Z.2017).

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



**Figure III. 4:** Carte des réseaux hydrographique de la commune de Guelma.

## **CHAPITRE IV :**

### **Analyse de vulnérabilité au risque d'inondation dans la commune de Guelma**

## **CHAPITRE IV :Analyse de vulnérabilité au risque d'inondation dans la commune de Guelma**

---

### **Introduction :**

Dans cette étude, pour produire la carte de susceptibilité aux inondations, la technique d'analyse multicritère AHP combinée au SIG, a été utilisée. Cette technique fournit une approche systématique pour évaluer et intégrer les impacts de divers facteurs qui impliquent différents degrés d'informations dépendantes ou indépendantes, qualitatives et quantitatives. Le processus de la méthode peut être résumé en trois étapes: la sélection et l'évaluation des facteurs, l'analyse multicritère AHP, et l'analyse de la susceptibilité aux inondations.

### **IV.1. Les facteurs conditionnant l'inondation :**

L'identification des facteurs induisant l'inondation est la plus importante étape dans l'évaluation de la susceptibilité aux inondations. Le choix de ces facteurs doit se faire dans un cadre garantissant l'englobement de l'ensemble du problème. En outre, l'ensemble des facteurs doit être réduit au minimum afin de réduire la complexité du processus d'évaluation. Les facteurs pluviométrie, occupation du sol, pente, densité de drainage, altitude, géologie, utilisés dans cette étude ont été sélectionnés en raison de leur contribution pertinente à l'inondation dans la zone d'étude. Ils ont été validés par des experts. Cependant, ils ne contribuent pas à la même amplitude raison pour laquelle nous procédons à une analyse multicritère pour évaluer le poids de la contribution de chaque facteur.

Les couches de données d'entrée ont des échelles et des unités de mesure différentes. Afin de calculer la susceptibilité comme une valeur cumulée de tous les facteurs, elles ont toutes été ramenées à la même échelle. La méthode de classification des ruptures naturelles pour les ensembles de données continues est utilisée pour séparer les valeurs de pixel. Ces dernières sont reclassées en cinq classes, de un à cinq, reflétant la susceptibilité à l'inondation de un très faible à cinq très Haut.

Les données physiques utilisées dans cette étude, ont été collectées des sources diverses(**Tableau.IV.1**).

## CHAPITRE IV :Analyse de vulnérabilité au risque d'inondation dans la commune de Guelma

**Tableau IV. 1:** Données utilisées dans cette étude.

Type de donnée	Source
Model numérique de terrain (MNT)	Earth explorer
Accumulation de flux	MNT
Occupation du sol	Sentinel-2 Land Use/Land Cover
Précipitation	Power Larc NASA
Pente	MNT
Densité de drainage	MNT
Types de sol	Carte des types de sol d'Algérie

### IV.1.1. Accumulation de flux :

Cette méthode permet d'estimer le débit accumulé, un critère important de l'occurrence des inondations. Elle le fait en agrégeant les flux d'eau de la montée à la descente sur la grille de sortie. Des valeurs élevées de débit accumulé indiquent les cellules dans lesquelles l'eau qui s'écoule a tendance à se concentrer.

Ces zones sont plus sujettes au risque d'inondation. les valeurs d'accumulation de débit sont comprises entre **0** et **10832**. La **Figure IV.1** montre la distribution de l'indice d'accumulation de débit dans la région étudiée, les valeurs élevées ne se produisant que dans les affluents et leurs sorties(oued skhon ;oued maaiz, oued zimba) .

## CHAPITRE IV :Analyse de vulnérabilité au risque d'inondation dans la commune de Guelma

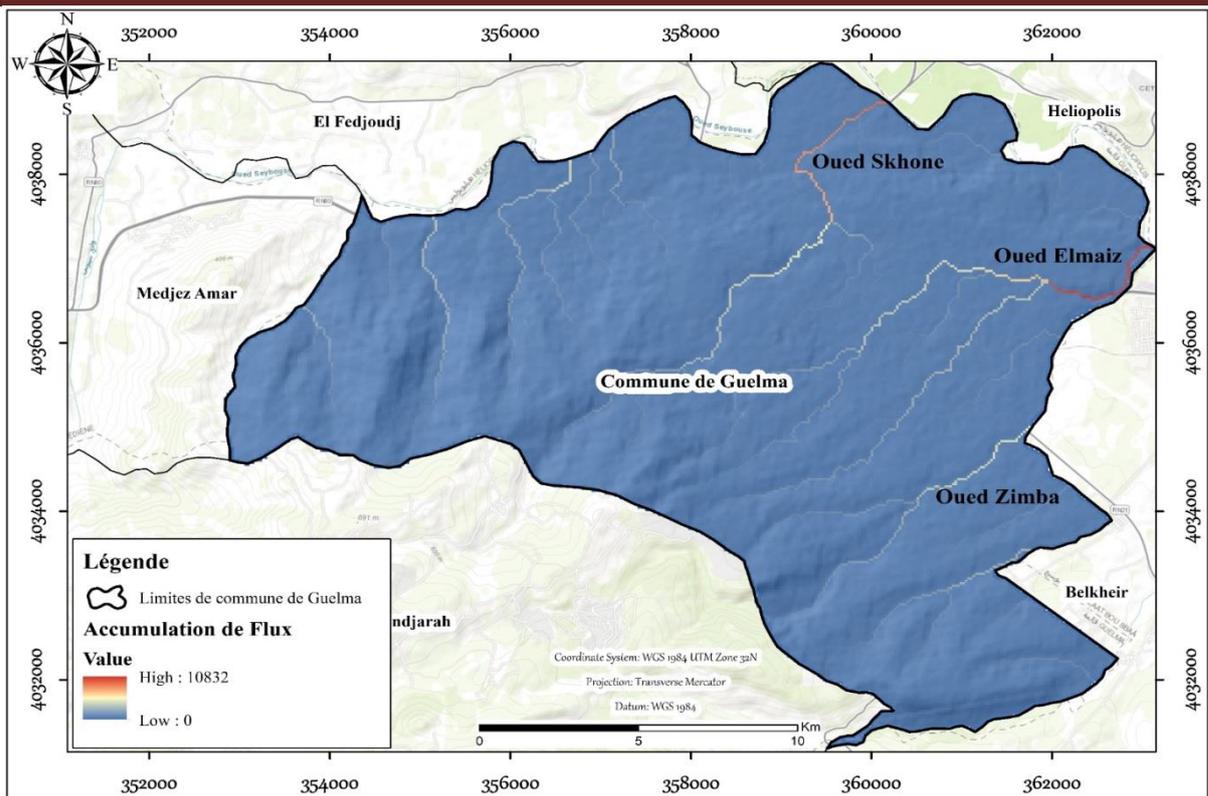


Figure IV. 1: Accumulation de flux de la commune de Guelma.

### IV.1.2.Pluviometrie :

Les précipitations ont une influence significative sur les inondations lorsque les cours naturels des rivières ne peuvent pas transporter l'excès d'eau. Par conséquent, les berges débordent entraînant des crues fluviales.

Dans cette méthode, nous avons utilisé le site **Power Larc NASA** afin d'obtenir des données de précipitations dues à la petitesse de la zone d'étude. C'est pourquoi il nous a donné des valeurs proches, où la plus petite valeur est 54,43mm et la plus grande valeur est 56,40mm. Nous avons calculé ces valeurs en calculant  $P_{JMAX}$  sur la période allant de **2015** à **2022**.

✓ **Pluies journalières maximales moyennes ( $P_{jmax}$ )** elle s'exprime par la formule suivante (BOODY) :

$$P_{jmax} = 0.0525 \cdot P_{an.moy} + 18.6$$

Avec :  $P_{jmax}$  : Pluies journalières maximales moyennes (mm)

$P_{an.moy}$  : Pluies annuelles moyennes (mm)

## CHAPITRE IV :Analyse de vulnérabilité au risque d'inondation dans la commune de Guelma

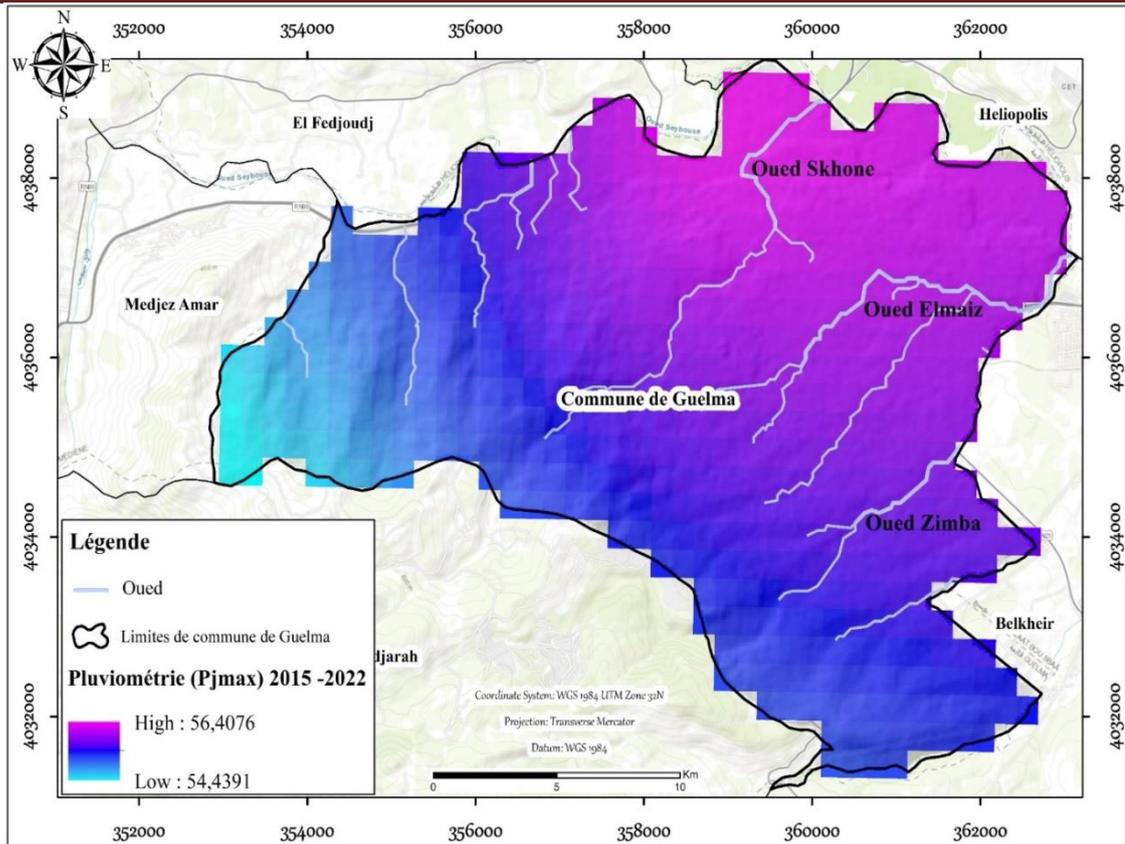


Figure IV. 2: carte de précipitations(2015-2022)

### IV.1.3.La densité de drainage :

La densité du drainage est un élément important dans les mesures de contrôle des crues. Généralement, une densité de drainage élevée signifie une grande surface de ruissellement par rapport aux zones de faible densité de drainage. Par conséquent, elle a une forte probabilité d'être inondée. La carte de densité de drainage a été produite en utilisant l'outil d'analyse densité- ligne de **ArcGIS**.

Dans notre zone d'étude nous avons trouvé **2 ordre** de rivières(Stream ordre. Eng). Comme notre zone d'étude est petite, nous n'avons trouvé que **deux classes**. À mesure que la superficie de la zone d'étude augmente, le nombre de classes augmente également. La valeur la plus élevée que j'ai identifié est **:7.50**

## CHAPITRE IV :Analyse de vulnérabilité au risque d'inondation dans la commune de Guelma

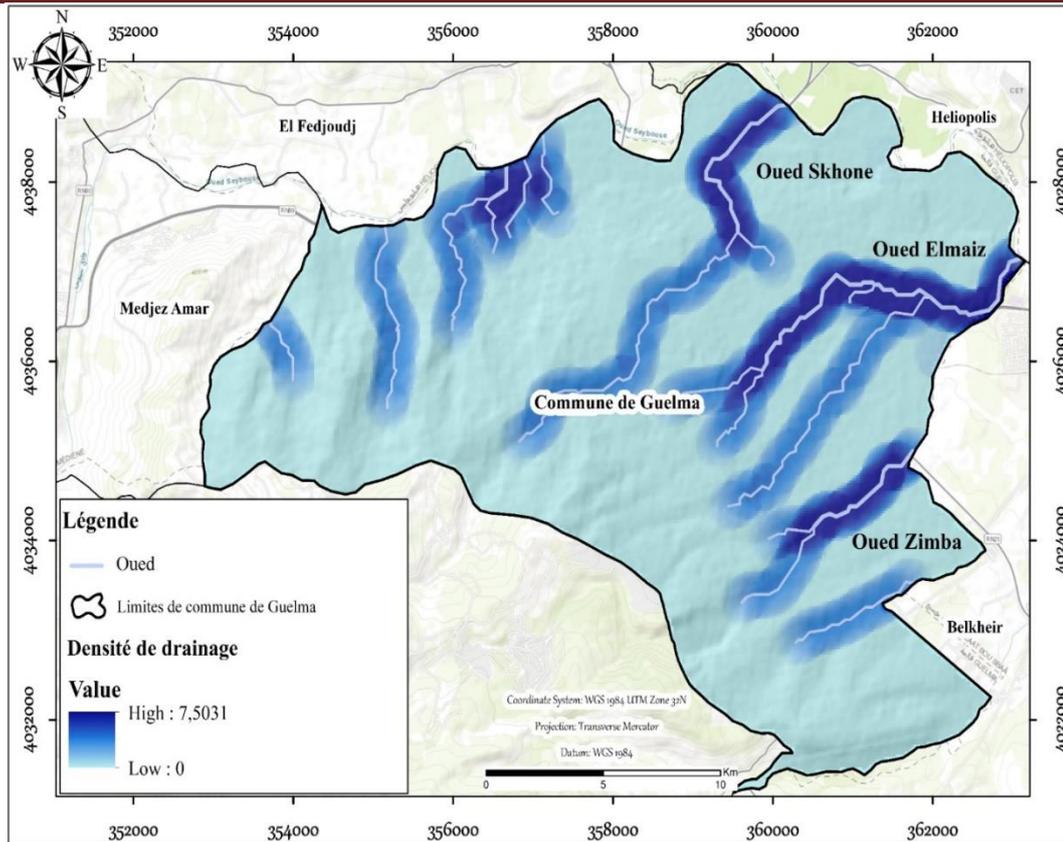


Figure IV. 3: densité de drainage de la commune de Guelma.

### IV.1.4.Pente :

L'inondation se produit dans les zones de faible pente due à l'accumulation vers le bas de l'eau en provenance des zones de haute altitude. La carte des pentes a été créée à partir du Modèle Numérique de Terrain de la zone d'étude où les pentes varient de  $0^{\circ}$  à  $10^{\circ}$ . L'analyse des pentes montre que la surface de la zone d'étude est dominée par des valeurs faibles avec  $1.8^{\circ}$ . Les pentes modérées, hautes et très hautes, moins étendues, respectivement à  $3.9^{\circ}$  et  $6.5^{\circ}$  et  $10^{\circ}$ . Dans ce cas, plus le degré de pente est important, plus les inondations sont faibles. A l'inverse, plus le degré de pente est faible, plus les inondations sont hautes.

## CHAPITRE IV : Analyse de vulnérabilité au risque d'inondation dans la commune de Guelma

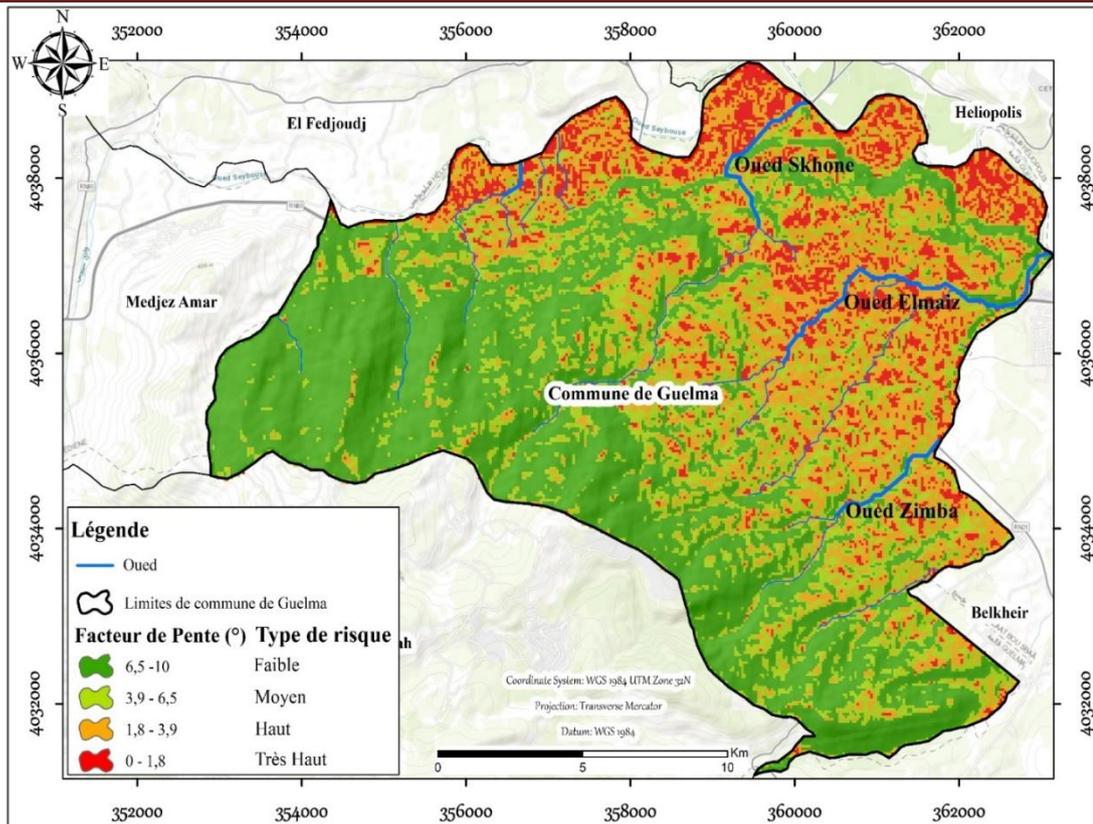


Figure IV. 4: carte de pente.

### IV.1.5. L'occupation du sol :

L'occupation du sol constitue le principal facteur pour identifier les zones susceptibles d'être submergées par les crues. Cette dernière influence le taux d'infiltration. Par exemple, la forêt et la végétation favorisent l'infiltration de l'eau. D'autre part, la zone urbaine, qui est principalement constituée de surfaces importantes et imperméables et de terres nues, augmente le ruissellement des eaux.

Dans notre zone d'étude l'occupation du sol classier sur 5 classes : végétation, Sol Nu, Urbain, Cultures, pâturages.

## CHAPITRE IV :Analyse de vulnérabilité au risque d'inondation dans la commune de Guelma

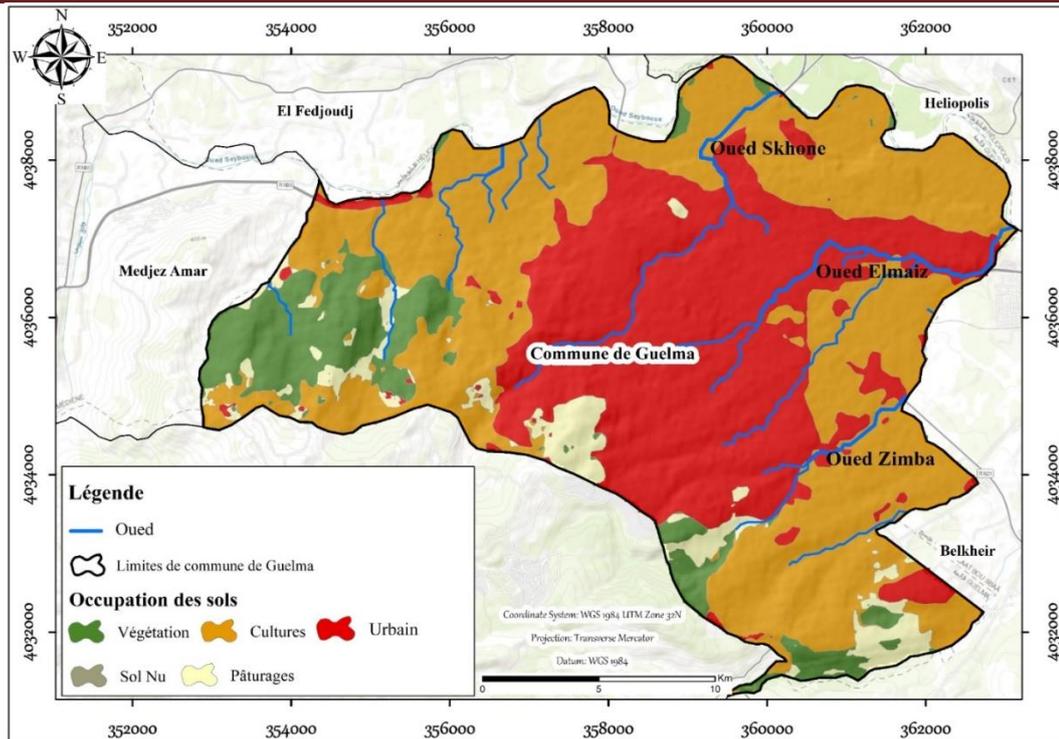


Figure IV. 5: carte d'occupation du sol de la commune de Guelma.

### IV.1.6. Altitude :

Les inondions sont généralement concentrées en basse d'altitude car les précipitations en haute altitude s'accablent en aval en raison des forces gravitationnelles. Les classes d'altitude ont été automatiquement extraites du Modèle Numérique de Terrain (MNT).

## CHAPITRE IV :Analyse de vulnérabilité au risque d'inondation dans la commune de Guelma

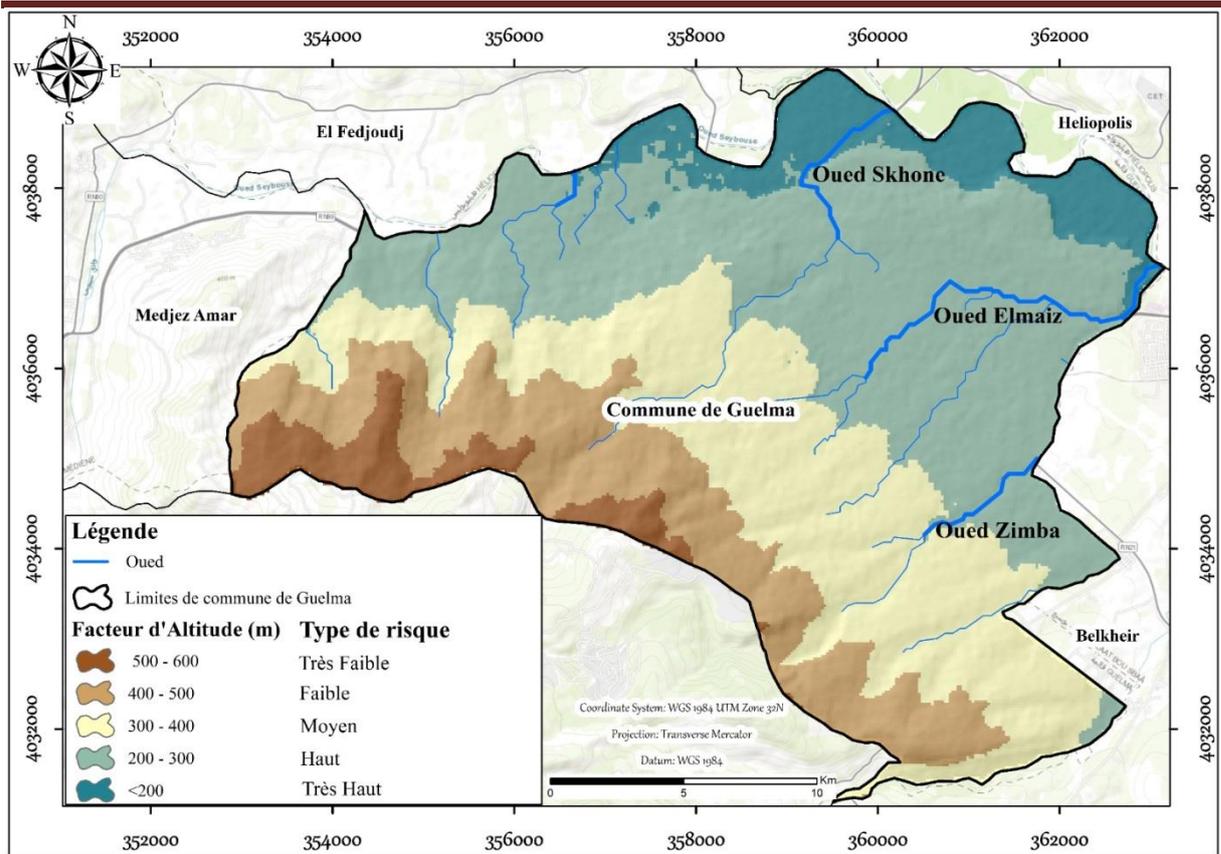


Figure IV. 6: carte d'altitude commune de Guelma.

### IV.1.7.Types de sol :

Le type de sol est un facteur important dans l'étude des risques d'inondation, car elle peut soit amplifier, soit atténuer le degré de risque lié à cette catastrophe naturelle. Ce facteur est lié à la perméabilité et à la capacité de stockage de l'eau qui varie selon les types de sols. Lorsque le sol est imperméable, l'infiltration des eaux pluviales est moins importante, ce qui favorise l'extension des surfaces de ruissellement et amplifie les effets des inondations.

Dans notre zone d'étude les types de sol classier sur 4 classe : Sol calcaire, alluviaux, calciques et insaturés. (Tableau.IV.2)

## CHAPITRE IV :Analyse de vulnérabilité au risque d'inondation dans la commune de Guelma

**Tableau IV. 2:** les type de sol dans la commune de Guelma.

Type de sol	Description	Capacité d'infiltration	Risque d'inondation
alluviaux	Les sols alluviaux se trouvent généralement le long des rivières et des plaines inondables. Ils sont formés par les dépôts de sédiments transportés par les cours d'eau	Généralement, les sols alluviaux ont une bonne capacité d'infiltration en raison de leur texture souvent sablo-limoneuse.	Très élevé, Bien qu'ils puissent infiltrer une certaine quantité d'eau, leur emplacement dans des zones inondables les rend plus susceptibles aux inondations en cas de crue.
calcaire	Les sols calcaires contiennent une forte proportion de carbonate de calcium. Ils sont souvent bien drainés et se trouvent dans des zones de reliefs variés.	Bonne à excellente. Les sols calcaires sont souvent bien drainés et permettent une bonne percolation de l'eau	élevé et moyen, Grâce à leur bonne capacité de drainage, les sols calcaires sont moins sujets aux inondations.
calciques	Les sols calciques sont similaires aux sols calcaires, mais ils peuvent contenir plus de calcium dans la couche superficielle. Ils sont souvent bien structurés.	Variable. Elle peut être bonne, mais dépend de la structure et de la compaction du sol.	élevé et moyen ,Si le sol est bien structuré et non compacté, le risque est faible. Toutefois, une compaction excessive peut réduire l'infiltration et augmenter le risque d'inondation.
insaturés	Les sols insaturés sont ceux qui ne sont pas complètement saturés en eau, et leur capacité de rétention est élevée.	Très bonne. Ils peuvent absorber de grandes quantités d'eau sans devenir saturés.	Faible, Leur capacité à absorber l'eau les rend moins susceptibles aux inondations, sauf en cas de précipitations extrêmes.

## CHAPITRE IV :Analyse de vulnérabilité au risque d'inondation dans la commune de Guelma

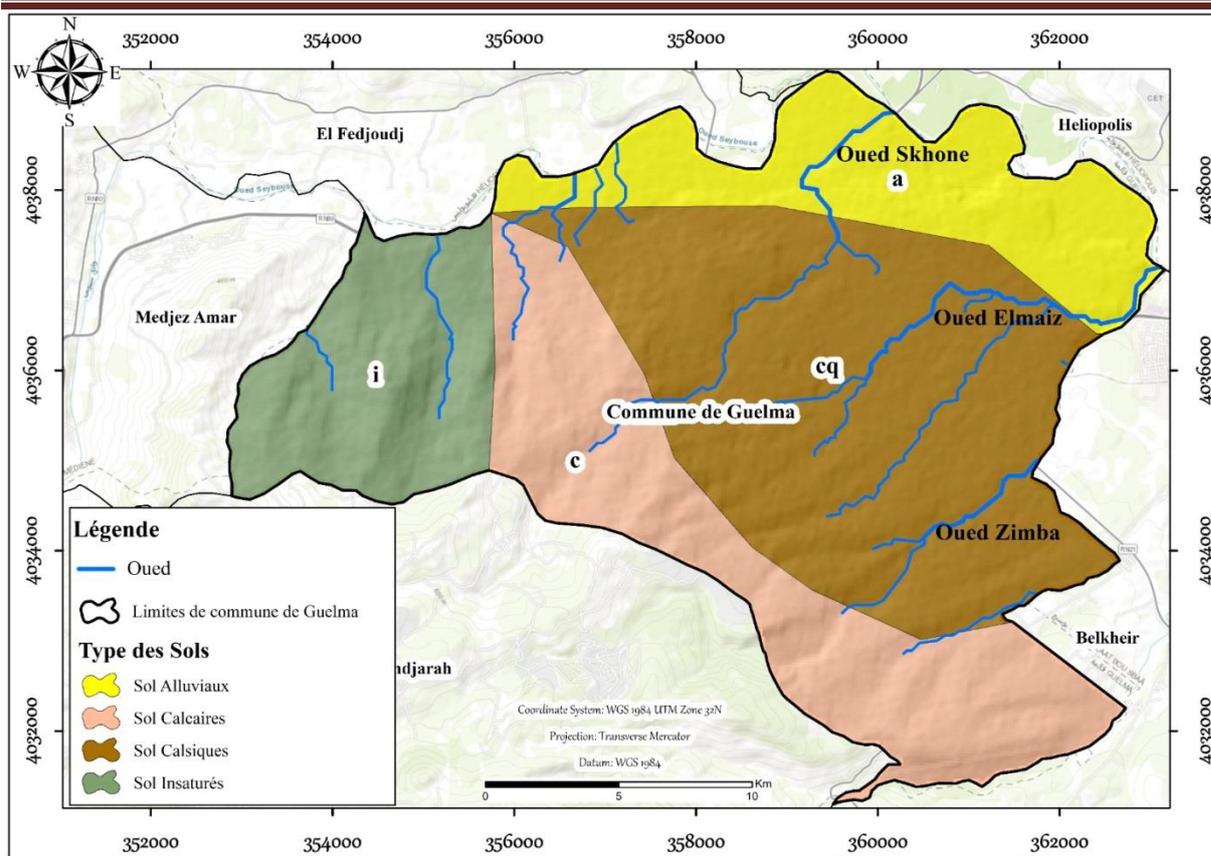


Figure IV. 7: carte types de sole la commune de Guelma.

### IV.2. Processus d'analyse multicritère hiérarchique :

La première étape de ce processus a consisté en la préparation des couches de données compatibles à l'interface Arc Gis. Après cette préparation, tous les facteurs ont été pondérés suivant l'Analyse Multicritère Hiérarchique (AHP) qui est une technique de prise de décision multicritères.

La méthode est basée sur la comparaison des différents facteurs, par paire. A partir de la construction d'une matrice carrée, on évalue l'importance relative d'un facteur par rapport à un autre, en utilisant pour cela, une échelle adéquate telle proposée par, (Tableau.IV.2 ). Les comparaisons par paires de tous les facteurs ont été prises comme données d'entrée de la matrice. Une fois que la matrice de comparaison est remplie, on calcule la valeur propre de chacune et le vecteur propre lui correspondant.

Le vecteur propre indique l'ordre de priorité ou le poids des facteurs étudiés. Ce résultat est important pour l'évaluation de la probabilité ;

Puisqu'il sera utilisé pour indiquer l'importance relative de chaque facteur induisant l'inondation.

## CHAPITRE IV :Analyse de vulnérabilité au risque d'inondation dans la commune de Guelma

La matrice de comparaison par paires de cette étude, est présentée dans le **tableau.IV.3** en utilisant une matrice **7 x 7**, où les valeurs de la diagonale sont égales à **1**. Les valeurs de chaque ligne sont comparées à chaque colonne pour définir l'importance relative de chaque facteur afin d'obtenir une valeur.

**Tableau IV. 3:** Échelle proposée par Saaty.

Intensité d'importance	Définition
1	Importance égale de deux éléments.
3	Faible préférence(l'élément i par rapport à l'élément j)
5	Forte préférence(l'élément i par rapport à l'élément j)
7	Très Forte préférence(l'élément i par rapport à l'élément j)
9	Préférence absolue (l'élément i par rapport à l'élément j)
2,4,6,8	Valeur intermédiaires entre deux jugements(l'élément i par rapport à l'élément j)
1/3	Faible préférence(l'élément j par rapport à l'élément i)
1/5	Forte préférence (l'élément j par rapport à l'élément i)
1/7	Très Forte préférence (l'élément j par rapport à l'élément i)
1/9	Préférence absolue (l'élément j par rapport à l'élément i)
1/2, 1/4, 1/6, 1/8	Valeur intermédiaires entre deux jugements (l'élément j par rapport à l'élément i)

## CHAPITRE IV :Analyse de vulnérabilité au risque d'inondation dans la commune de Guelma

Tableau IV. 4: Matrice de comparaison par paire.

	Accumulation de flux	Altitude	Pluviométrie	Pente	Densité de drainage	sol	Occupation du sol
Accumulation de flux	1	2	1	2	1/3	2	1/3
Altitude	1/2	1	2	2	1/3	2	1/3
Pluviométrie	1	1/2	1	2	1/3	2	1/3
Pente	1/2	1/2	1/2	1	1/3	2	1/3
Densité de drainage	3	3	3	3	1	3	1/3
Sol	1/2	1/2	1/2	1/2	1/3	1	1/3
Occupation du sol	3	3	3	3	3	3	1

Tableau IV. 5: Matrice de pondération.

Facteur	Accumulati on de flux	Altitud e	Pluviométr ie	Pent e	Densit é de draina ge	sol	Occupatio n du sol	Poid s
Accumulati on de flux	0.105	0.190	0.091	0.148	0.059	0.133	0.111	0.120
Altitude	0.053	0.095	0.182	0.148	0.059	0.133	0.111	0.112
Pluviométr ie	0.105	0.048	0.091	0.148	0.059	0.133	0.111	0.099
Pente	0.053	0.048	0.045	0.074	0.059	0.133	0.111	0.075
Densité de drainage	0.316	0.286	0.273	0.222	0.176	0.200	0.111	0.226

## CHAPITRE IV :Analyse de vulnérabilité au risque d'inondation dans la commune de Guelma

sol	0.053	0.048	0.045	0.059	0.059	0.067	0.111	0.060
Occupation du sol	0.316	0.280	0.273	0.222	0.529	0.200	0.333	0.308
Somme	1	1	1	1	1	1	1	1

Après l'élaboration de la matrice de comparaison et la définition des poids des facteurs, il est nécessaire de vérifier la cohérence des jugements, par le calcul du ratio de cohérence. L'équation suivante donne le calcul du ratio de cohérence [22]:

$$CR=CI/CA \quad (1)$$

Où CI est l'indice de cohérence et CA est l'indice de cohérence aléatoire (**Tableau 5**) dont la valeur dépend du nombre n, et n le nombre de critère (facteurs).

La matrice sera cohérente si le rapport est <0,1.

$$CI=(\lambda \max-n) / (n-1) \quad (2)$$

Où :

**CI**: indice de cohérence; n: nombre de facteurs évalués,

**$\lambda \max$** : la valeur propre calculée à partir de la matrice de comparaison.

La matrice de comparaison par paires est cohérente si  $\lambda \max \geq n$  [20].

( $\lambda \max$  est obtenu par la somme du produit de chaque élément du vecteur propre et la somme de la colonne correspondante de la matrice de comparaison), [23].

**Tableau IV. 6:** Valeur de CA [24]

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CA	0	0	0.58	0.90	0.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

## CHAPITRE IV :Analyse de vulnérabilité au risque d'inondation dans la commune de Guelma

Tableau IV. 7: Classes des facteurs et leur pondération .

Facteur	Classes	Range	Qualification de critère	Poids
Accumulation de flux	0-500	1	Très faible	12
	500-1000	4	Faible	
	1000-2000	6	Modérer	
	2000-5000	8	Haut	
	5000-10832	10	Très haut	
Altitude	<200	8	Très haut	11
	200-300	4	Haut	
	300-400	3	Modérer	
	400-500	2	Faible	
	500-600	1	Très faible	
Pluviométrie	54.5	6	Modérer	10
	55	7	Haut	
	56.44	8	Très haut	
Pente	0-1.8	8	Très haut	8
	1.8-3.9	4	Modérer	
	3.9-6.5	2	Faible	
	6.5-10	1	Faible	
Densité de drainage	<1	2	Très faible	23
	2-3	4	Faible	
	4-5	6	Modérer	
	5-6	8	Haut	
	>7	10	Très haut	
Sol	Sol alluvial	4	Très haut	6
	Sol calcaires	3	Haut	
	Sol calciques	3	Haut	

## CHAPITRE IV : Analyse de vulnérabilité au risque d'inondation dans la commune de Guelma

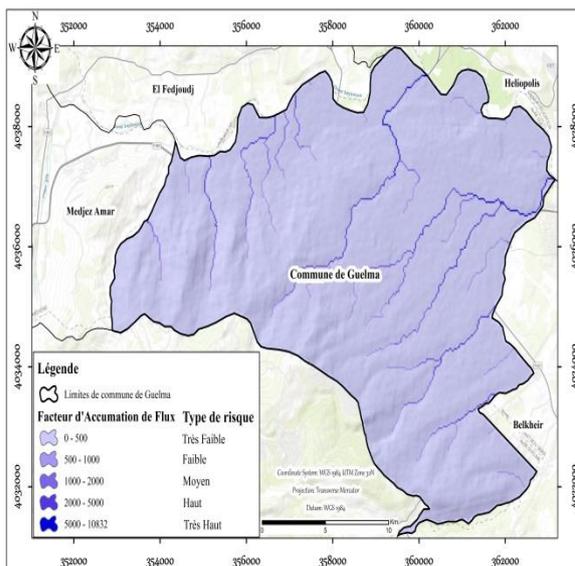
	Sol insaturés	2	Moyen	
Occupation du sol	Végétation	2	Faible	30
	Pâturage	3	Haut	
	Cultures	2	Faible	
	Urbain	10	Très haut	
	Sol nu	8	Haut	

### Iv.3. Analyse de la susceptibilité aux inondations :

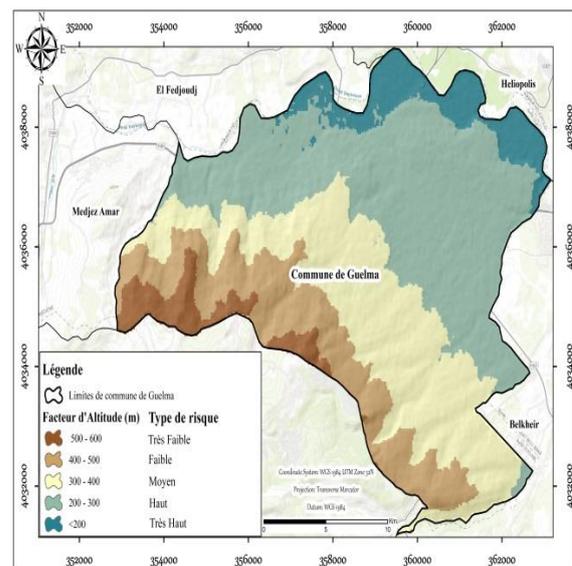
Toutes cartes thématiques sont établies par les performances du logiciel Arc-GIS, aménagées sous l'environnement SIG, par l'emploi d'une méthode de combinaison linéaire de pondération. En conséquence, une cartographie de la susceptibilité aux inondations a été obtenue par la classification d'indice de susceptibilité respectivement réparti en Cinq classes d'inondation potentielle: très faible, faible, moyenne, haut, très Haut.

La spatialisation de la susceptibilité aux inondation a été déterminée en utilisant l'outil Raster calculator pour agréger toutes les trames de facteur pondérés afin de produire le résultat final, ceci en intégrant l'équation.

$$\text{Susceptibilité d'inondation} = (\text{Accumulation de flux} * 0,120) + (\text{Altitude} * 0,112) + (\text{Pluviométrie} * 0,099) + (\text{Pente} * 0,075) + (\text{Densité de drainage} * 0,266) + (\text{Sols} * 0,060) + (\text{Occupation du sol} * 0,308)$$

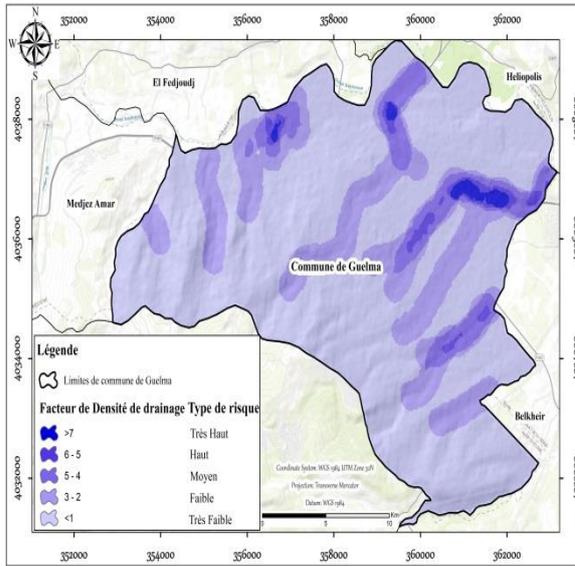


(a)

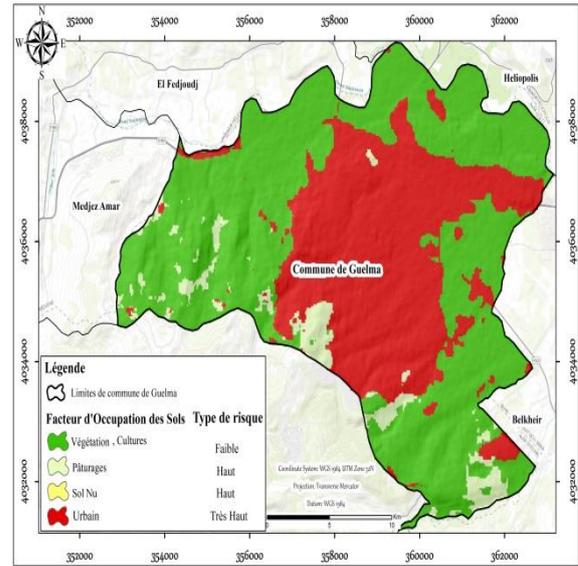


(b)

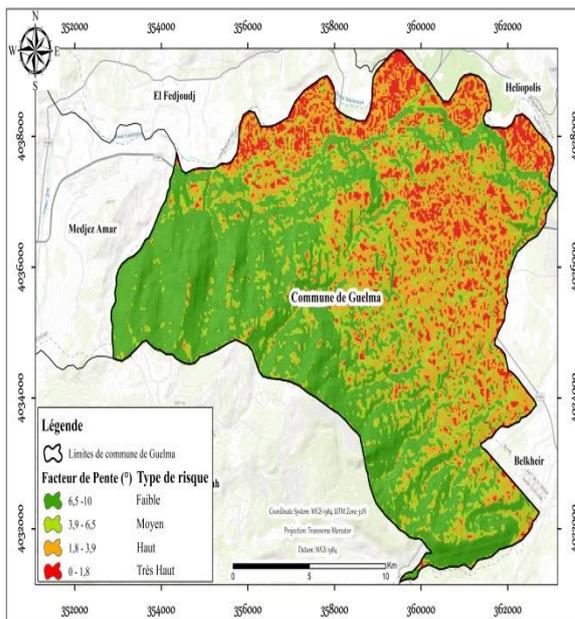
# CHAPITRE IV : Analyse de vulnérabilité au risque d'inondation dans la commune de Guelma



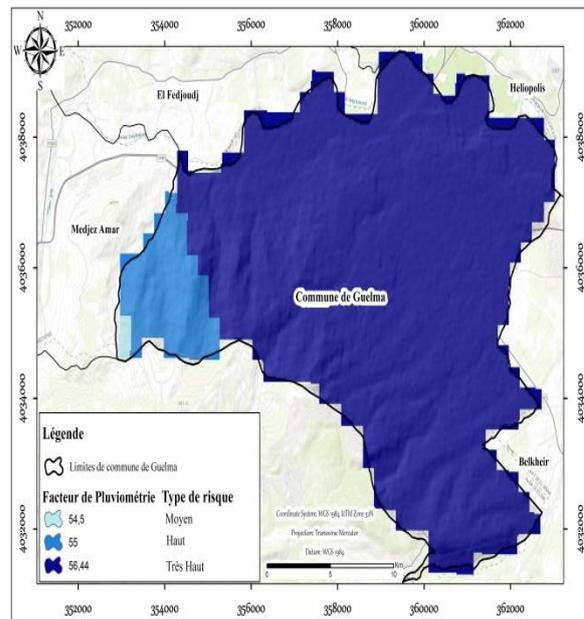
(c)



(d)

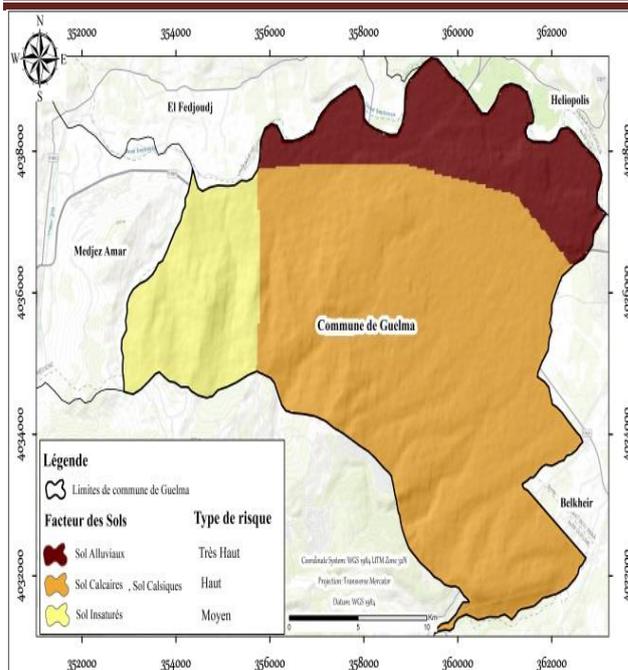


(e)



(f)

## CHAPITRE IV :Analyse de vulnérabilité au risque d'inondation dans la commune de Guelma

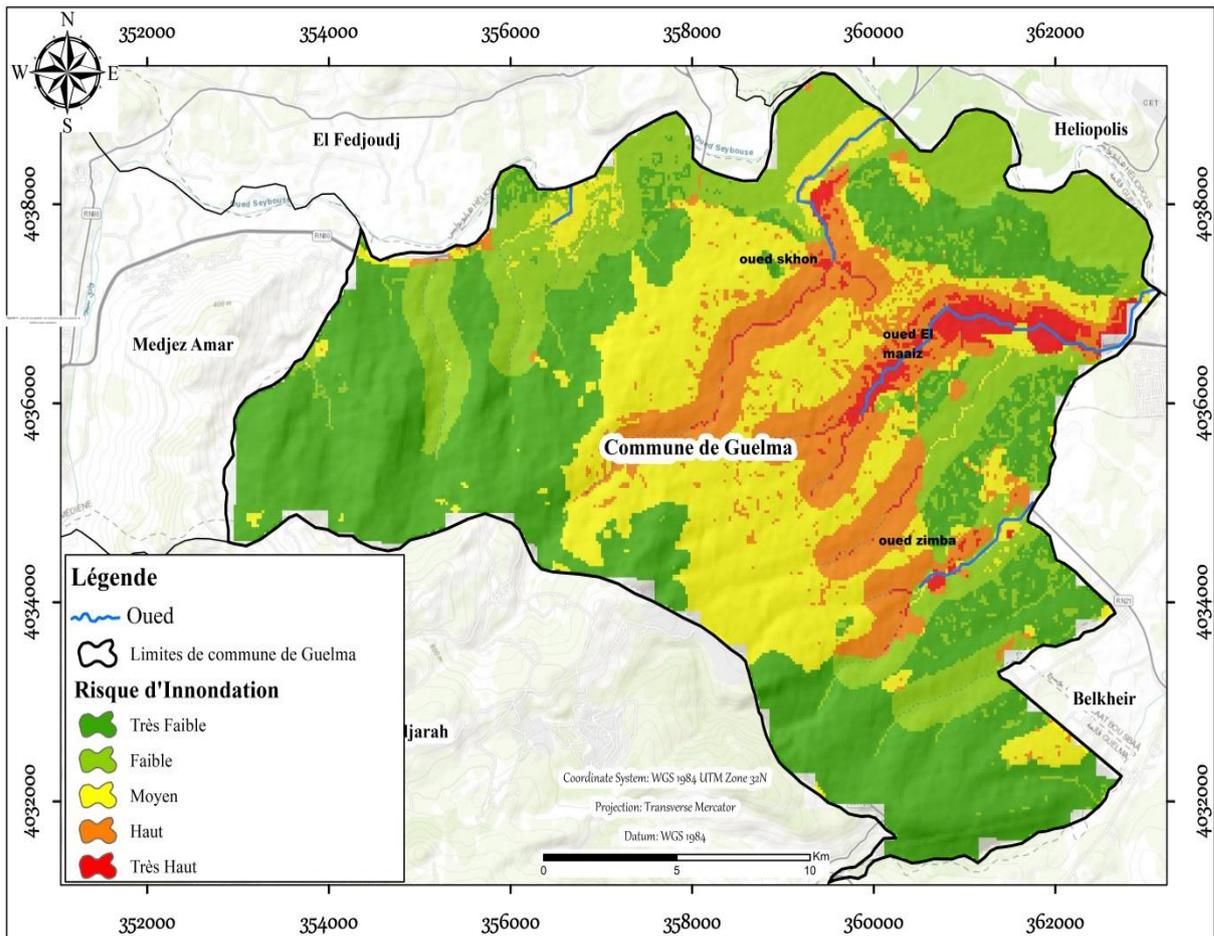


(g)

**Figure IV. 8:** Reclassification des critères incluent dans la cartographie de la susceptibilité aux inondations du la commune de Guelma : a)Accumulation de flux, b)Altitude, c)Densité de drainage, d) Occupation du sol, e)Pente, f) Pluviométrie, g)Type de sol.

# CHAPITRE IV :Analyse de vulnérabilité au risque d'inondation dans la commune de Guelma

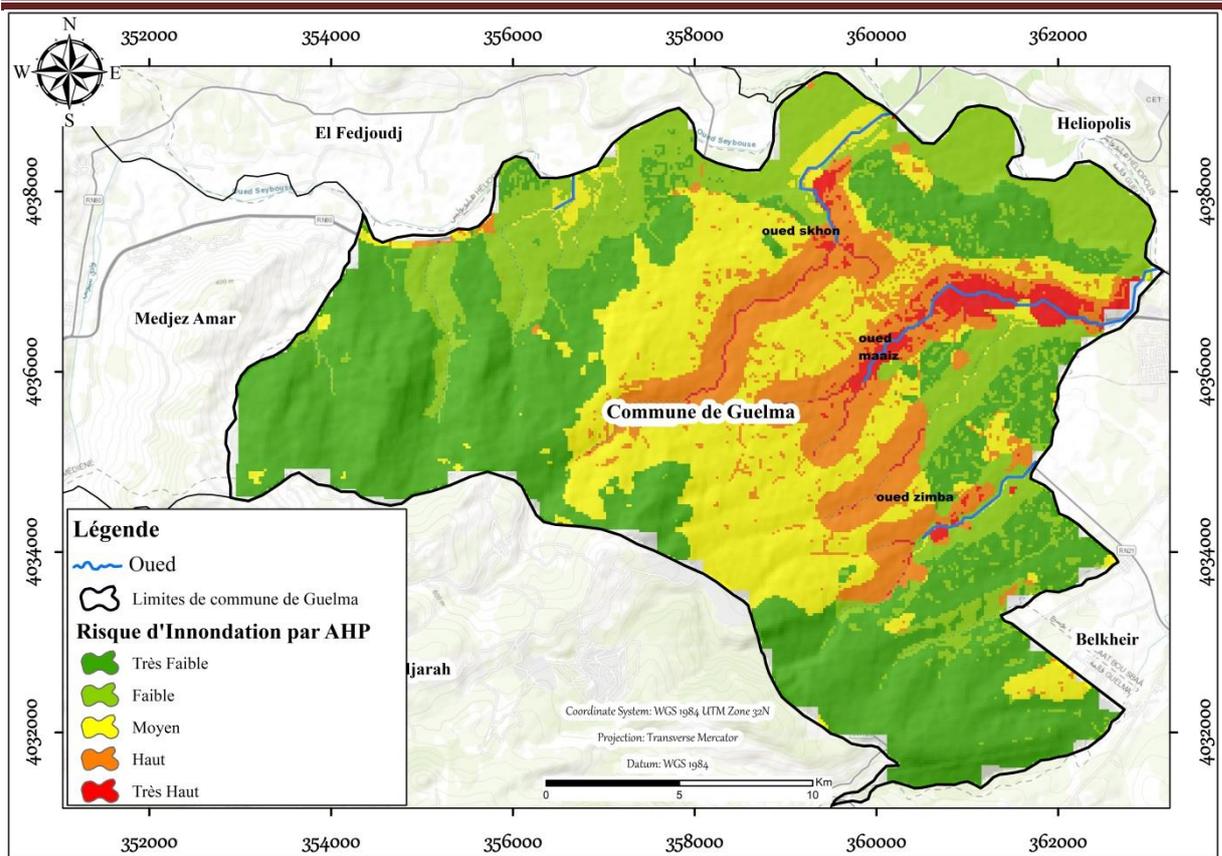
## IV.4.Résultats et discussion :



**Figure IV. 9:** carte de susceptibilité aux inondation dans la commune de Guelma.(l’outil raster calculator).

Il nous avant utilisé aussi l’outil AHP sur l’Arc GIS pour agréger toutes les trames de facteur pondérés afin de produire le résultat final. (**FigureIV.10**)

## CHAPITRE IV :Analyse de vulnérabilité au risque d'inondation dans la commune de Guelma



**Figure IV. 10:** carte de susceptibilité aux inondations dans la commune de Guelma.(l'outil AHP).

- ❖ **Remarque :** On remarque que les résultats des deux cartes sont identiques entre eux lorsqu'on utilise l'outil de raster calculator ou bien l'outil de AHP. C'est une analyse suffisante pour comprendre la carte des inondations.

### Interprétation :

Le calcul aboutit à une image où chaque pixel affiche une valeur continue entre 1 et 5, représentant la susceptibilité aux inondations pour chaque emplacement. Bien que les résultats soient fortement influencés par les pondérations appliquées, les valeurs combinées conservent des informations sur le degré de sensibilité relatif. La carte de susceptibilité aux inondations, illustrée à la **FigureIV.10** , est reclassée en cinq niveaux : très faible, faible, moyen, haut et très haut.

La carte montre que les zones de très haute sensibilité couvrent 1,22 Km<sup>2</sup>de la superficie totale. Elle Occupent Oued Elmaaiz par un grand surface et des quelques espace sur les Oued suivant : Oued skhone et Oued Zimba ,le risque qui suivent leurs chemins de rivière

## **CHAPITRE IV :Analyse de vulnérabilité au risque d'inondation dans la commune de Guelma**

---

voir La carte de réseau hydrographique 3333 et aussi occupent quelques petites espace de tissu urbain sur le Nord Est de Guelma .Ces zones présentent des pentes et des altitudes faibles et dans la grand classe de accumulation (5000 -10832). L'eau de pluie descendant des hautes altitudes inonde ces zones plates et les lits des rivières peuvent facilement déborder, par ce que les faibles pentes augmentent le risque d'inondation car l'eau s'y accumule et retarde son drainage, ce qui contribue à augmenter le ruissellement de surface lors de fortes pluies. Ces zones sont plus vulnérables aux inondations en raison de leur incapacité à gérer efficacement les précipitations, ce qui nécessite des mesures pour améliorer le drainage et réduire les masses d'eau.

La zone de susceptibilité haute occupe une partie considérable dans la zone d'étude Par une surface de 6,02 KM<sup>2</sup> de la superficie total ,cette zone est marquée par une pente faible et situé À propos des environs externe des vallées(les oueds principales Oued Skhone ,Oued Elmaaiz et Oued Zimba de leurs petites branchesque la densité de drainage haut et moyen et faible entre 2 ET 6.

La zone sensible moyenne se situe dans le cadre bâti spécialement la ville de Guelma qui occupe une superficie 10,30 KM<sup>2</sup> de la superficie total de signifie que l'urbanisation et le changement d'affectation des terres augmentent le ruissellement et réduisent l'absorption d'eau, augmentant ainsi le risque d'inondation. Les activités humaines qui contribuent au changement climatique entraînent des conditions météorologiques plus extrêmes et une augmentation des inondations. Une mauvaise gestion des ressources en eau et des infrastructures médiocres augmentent également l'impact des inondations.

La zone de faible à très faible susceptibilité à l'inondation couvre 26 Km<sup>2</sup> de la superficie totale (8,83 KM<sup>2</sup> Faible et 17,17 KM<sup>2</sup> Très faible ) et est localisée dans les surfaces de la végétation et les cultures (grand surface ) et les pâturage et dans surface de pente élevée et très élevés et dans la surface de densité de trainage très faible, les pratiques agricoles durables comme le non-labour et la couverture végétale améliorent l'absorption de l'eau par le sol, tandis que la création de barrières végétales et l'amélioration des systèmes d'irrigation et de drainage préviennent la saturation du sol et réduisent le risque d'inondations. La restauration des zones humides contribue à retenir les excès d'eau et à diminuer les impacts des inondations. Les pentes élevées jouent un rôle crucial dans la réduction du risque d'inondations en facilitant le drainage rapide et efficace des eaux de surface. Grâce à cette capacité, les eaux sont dirigées loin des zones habitées et basses, réduisant ainsi le danger de

## **CHAPITRE IV :Analyse de vulnérabilité au risque d'inondation dans la commune de Guelma**

---

stagnation et d'inondations. Cette optimisation du flux améliore le système de drainage naturel et atténue les dommages potentiels causés par les fortes pluies et les crues.

**Conclusion Générale :**

### **Conclusion générale :**

L'étude menée sur l'apport de la géomatique dans l'évaluation des risques d'inondations dans la commune de Guelma a permis de mettre en évidence la distribution spatiale de la susceptibilité aux inondations au sein de cette région. Les résultats obtenus indiquent que 2,78% de la superficie totale de la commune est exposée à une susceptibilité très haute aux inondations, 13,83% à une susceptibilité haute, 23,66% à une susceptibilité moyenne, tandis que 20,28% et 39,45% de la superficie sont respectivement soumis à des susceptibilités faibles et très faibles.

Ces résultats soulignent l'importance de la géomatique comme outil essentiel pour la gestion des risques naturels, notamment les inondations. En fournissant une cartographie précise des zones à risque, cette technologie permet aux autorités locales et aux décideurs de mieux planifier et mettre en œuvre des mesures de prévention et de gestion des catastrophes. L'identification des zones les plus vulnérables facilite également la priorisation des interventions et des ressources, garantissant ainsi une meilleure protection des populations et des infrastructures.

En conclusion, l'utilisation de la géomatique dans l'étude des risques d'inondations à Guelma démontre son potentiel significatif pour améliorer la résilience des communautés face aux aléas climatiques. Il est donc recommandé de poursuivre l'intégration de ces outils dans les stratégies locales de gestion des risques et d'encourager leur utilisation dans d'autres communes présentant des risques similaires.



# **Bibliographie**



## Bibliographie

---

### Bibliographie :

**BACHI ,M.2011.** Problématique Du Risque Inondation En Milieu Urbain: Cas De L'agglomération De Sidi Bel Abbes. « Mémoire De Magister En Hydraulique». Université De Tlemcen.

**BEKHTARI, Mohammed Cherif.2015.** Les méthodes multi-critères pour analyser les aptitudes des terres agricoles: le cas du blé tendre en Languedoc-Rousillon analysé avec la méthode AHP. « Mémoire De Master» Université Paul Valéry de Montpellier.

**Burrough, P.A. 1986.** Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. « Oxford University Press».

**DEMARGNE.2001.** Qualité des MNT pour l'hydrologie "application a la caractérisation du régime de crues des bassins versants thèse ".« doctorat UNIVERSITE DE MARNE LA VALLÉE 275p».

**Economic commission for Africa.1993.** La télédétection aux fins de la cartographie topographique et thématique . « Cartographic and remote sensing bulletin».

**Environmental Protection Agency (EPA).2016.** "Urban Runoff." Retrieved from: <https://www.epa.gov/urban-runoff>.

**ESCADAFAL,R.1992.** Caractérisation de la surface des sols arides par observation de terrain et par télédétection. «Etudes & Thèses»

**Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC).2018 .** Rapport spécial du GIEC sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1,5°C par rapport aux niveaux préindustriels.

**Hébert,M & Pelletier,G.2008.** Inondations majeures au Québec : Analyse historique et recommandations pour la prévention, la prévision et la gestion . Gouvernement du Québec, «Ministère de la Sécurité publique».

<https://www.gesteau.fr/sites/default/files/gestion-des-risques-dinondation.pdf>

**Jenson& dominique. 1988.** Extracting topographic structure from digital Elevation data for geographic information system analysis. Photogrammetric engineering and remote sensing pp 1593-1600

**Kundzewicz, Z., & Robson.2000.** « Changes in river flood hazard in Europe » , International Journal of Climatology.

**MADI,RIDA.2014.** contribution a l'étude des crues pour une gestion du risque aux inondation «mémoire de master». école national supérieure d'hydraulique-arbaoui abdellah.

## **Bibliographie**

---

**MDERBAL.2007.**« SYSTEME D'AIDE AUX RISQUES D'INONDATION» – établissement d'un zonage du territoire pour une modélisation hydrologique à discrétisation spatiale selon la sensibilité aux risques d'inondations.

**MENAD,Wahiba.2017-2018.**Systeme d'Information Géographique «cours et travaux pratiques».Université Hassiba Ben Bouali de Chleff.

**Musy,André et Higy,Christophe.2011.** « hydrologie ».presses polytechniques et universitaires romandes .

**Stuart ,Marsh.2017.** « Urban Flood Management ».

**United States Geological Survey(USGS) :** « Flood Hazards ». Retrieved from: <https://www.usgs.gov/mission-areas/water-resources/science/flood-hazards>.

**Zhao,C.2018.** Remote Sensing of Landslides—A Review. Remote Sensing, . <https://doi.org/10.3390/rs10020279>