



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



## **Université Ammar Thelidji- Laghouat**

**FACULTE ou INSTITUT : FACULTE DE TECHNOLOGIE**

**DEPARTEMENT : GENIE CIVIL**

### **MEMOIRE DE MASTER**

**Présenté par :**

- **Cherifi ahmed Bachir**
- **Chaib hadj aissa**

**DOMAINE : SCIENCES ET TECHNIQUES**

**FILIERE : GENIE CIVIL**

**OPTION : SCIENCES ET TECHNIQUES TOPOGRAPHIQUES**

### **Thème**

**Amélioration de la carte d'alea d'inondation par l'intégration  
de l'information sur l'érosion hydrique et l'utilisation de  
l'imagerie À haute résolution**

**Jury de soutenance :**

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>qualité</b>
NAFTI Redouane	Maitre Assistant A	Président
DJABALLAH Ahmed	Maitre Assistant A	Examineur
GUERROUDJ Abdelhalim	Maitre Assistant A	Rapporteur

**Promotion : Juin - 2015**

# REMERCIEMENT

*Tout d'abord merci à dieu de nous avoir donné la chance et la force de mener à terme ce travail.*

*Toute notre gratitude va à notre encadreur : **Mr GUERROUDJ abdlhalim** pour avoir dirigé ce travail avec tant de bienveillance, nous le remercions pour ses précieux conseils et sa disponibilité indéfectible sans laquelle ce travail n'aurait pu être accompli.*

*Un grand merci à nos parents qui nous ont soutenus pendant toutes nos années d'études.*

*Nous remercions les membres de jury de nous faire l'honneur de juger ce travail et à leur présence.*

*A tous ceux qui, de près ou de loin nous ont soutenus durant la préparation de ce mémoire.*

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à nos enseignants durant le cursus universitaire*

*Enfin, nous tenons à remercier également toute personne ayant Contribuée de près ou de loin dans ce travail.*

# Dédicaces

*Ce travail est dédié à :*

*Mon cher papa, Monsieur CHERIFI MOURAD, qui a toujours cru en moi et a mis à ma disposition tous les moyens nécessaires pour que je réussisse dans mes études.*

*Ma chère mère, MILOUDI FATIMA, que je ne cesse de remercier pour tout ce qu'elle m'a donné. Elle m'a supporté 9 mois dans son ventre et a fait de moi l'homme que je suis aujourd'hui. Que Dieu la récompense pour tous ces bienfaits.*

*A mes chers frères et sœurs : BOUCHRA.MEHDI. AICHA. SOUHEIL.et ma cher sœur KHADIDJA*

*À tous mes proches de la famille CHERIFI, MILOUDI, et Mr belhbib Mohamed et A mes oncles, tantes, cousins et cousines. Spécialement BEN AISSA CHERIFI.*

*A mes amis : AISSA, TAHER, LAID.*

*À tous mes collègues de l'Université de Laghouat*

**Cherifi Ahmed Bachir**



# Dédicaces

*Je dédie ce mémoire :*

*A mon adorable mère qui m'a beaucoup donnée.*

*A mon père mon professeur de toujours.*

*A mes chers frères lamine, Bachir, Omar*

*En reconnaissance de tous les sacrifices consentis par tous et chacun pour me  
permettre d'atteindre cette étape de ma vie.*

*Avec toute ma tendresse.*

*A mes oncles, tantes, cousins et cousines.*

*Vous avez de près ou de loin contribué à ma formation.*

*Affectueuse reconnaissance.*

*A Mes Proches les familles chaib, mokhtari*

*A mes meilleurs amis : ben aissa, laid, Salah, Bachir, taher.mami.*

*Et à tous ce qui ont enseigné moi au long de ma vie scolaire*

**A TOUS MES PROCHEs ET AMIS**

**Chaib hadj aissa**

**III**

---

منذ عشرات بدأت تتسرع مظاهر الفيضانات و مخيفة و مجتاحة.  
عدة مشاريع لاستعمال الأرض معقدة بطبيعتها. وهذا مؤكد بشراكة الأطراف المعنية بهذا  
الخير .

وبهذا الصدد فان تطبيق الطرق التقليدية للتقييم أصبحت غير كافية حيث يوجد  
المتعددة المقياس أو المعيار الموجودة.

في هذه الدراسة نقترح مسعى سلس و لين في تهيئة الإقليم في ما يخص خريطة خطورة الفيضان

المساق المقترح يشمل إضافة عدة عوامل التي تساهم في معالجة جيدة لمضمون مشروع التهيئة

هذا يعتمد (SIG).

المقاييس (AHP)

## Résumé

Depuis quelques décennies les phénomènes d'inondation et d'érosion semblent advenir à un rythme plus accéléré et être potentiellement plus dangereux et plus dévastateurs.

Plusieurs projets d'utilisation du sol sont complexes par nature. Ceci est démontré par la participation de multiples parties prenantes. Par conséquent, l'application de méthodes traditionnelles d'évaluation est parfois insuffisante. Toutefois, d'autres méthodes telles que les méthodes multicritère sont disponibles.

Dans cette étude, nous proposons une démarche décisionnelle flexible en aménagement du territoire, en ce qui concerne la cartographie d'aléa inondation et érosion, le processus proposé, intègre plusieurs facteurs qui contribuent aux mieux pour analyser le contexte du projet d'aménagement. Il est basé sur une utilisation combinée de SIG "Systèmes d'information Géographique" et la méthode d'analyse multicritères (AHP) afin d'établir des cartes de prise de décision.

**Mots clés :** SIG, Analyse multicritère (AMC), AHP, Carte d'aléa, inondation, érosion.



## Table de matières

<b>Remerciement</b> .....	<b>I</b>
<b>Dédicace</b> .....	<b>II</b>
<b>Résumé</b> .....	<b>IV</b>
<b>Table des matières</b> .....	<b>V</b>
<b>Liste des tableaux</b> .....	<b>VII</b>
<b>Liste des figures</b> .....	<b>VIII</b>
<b>Signales et acronymes</b> .....	<b>IX</b>
<b>Introduction générale</b> .....	<b>1</b>

### **Chapitre I :**

<b>I.1.Introduction</b> .....	<b>3</b>
<b>I.2.L'inondation</b> .....	<b>3</b>
<b>I. 2.1.Les types d'inondations</b> .....	<b>3</b>
<b>I.2.2.L'inondation en Algérie</b> .....	<b>4</b>
<b>I.2.3.Les paramètres d'inondation</b> .....	<b>4</b>
<b>I.2.3.1.Le ruissellement</b> .....	<b>4</b>
<b>I.2.3.2.CRUE</b> .....	<b>5</b>
<b>I.2.3.3.Le lit de la rivière</b> .....	<b>5</b>
<b>I.2.4.Le bassin versant</b> .....	<b>6</b>
<b>I.2.4.1. Définition</b> .....	<b>6</b>
<b>I.2.4.2. les caractéristiques d'un bassin versant</b> .....	<b>7</b>
<b>I.2.4.3. Le bassin versant sera caractérisé généralement par</b> .....	<b>7</b>
<b>I.2.5. L'alea</b> .....	<b>7</b>
<b>I.2.6. cartographie de l'aléa inondation</b> .....	<b>8</b>
<b>I.2.7. La vulnérabilité</b> .....	<b>8</b>
<b>I.2.8. Principaux Paramètres Spécifiant L'alea « Inondation »</b> .....	<b>8</b>
<b>I.2.9. Les conséquences négatives d'une inondation</b> .....	<b>9</b>
<b>I.2.10. Comment lutter contre les inondations ?</b> .....	<b>10</b>
<b>I.2.10.1.En Europe</b> .....	<b>10</b>
<b>I.2.10.2.En Algérie</b> .....	<b>11</b>
<b>I.2.11.Les outils Réglementaires</b> .....	<b>11</b>
<b>I.2.12.Réduction de l'aléa</b> .....	<b>11</b>
<b>I.2.13.Réduction de la vulnérabilité</b> .....	<b>15</b>
<b>I.3. L'érosion hydrique</b> .....	<b>16</b>
<b>I.3.1.Introduction</b> .....	<b>16</b>
<b>I.3.2.La désagrégation par l'impact des gouttes de pluie</b> .....	<b>16</b>
<b>I.3.3.Effets visibles de l'érosion hydrique</b> .....	<b>16</b>
<b>I.3.4.Les différents types d'érosion hydrique</b> .....	<b>17</b>

<b>I.4. Conclusion</b> .....	18
------------------------------	----

## **Chapitre II : Collecte et prétraitement des données**

<b>II.1. Introduction</b> .....	19
<b>II.2. Présentation de la zone d'étude</b> .....	19
<b>II.3. Outils et matériels utilisés</b> .....	20
<b>II.4. Acquisition et préparation des données</b> .....	21
<b>II.4.1. Données spatiales</b> .....	21
<b>II.4.2. Données statistiques</b> .....	25
<b>II.4.3. Données cartographiques</b> .....	25
<b>II.5. Prétraitements des données collectées</b> .....	25
<b>II.5.1. Réalisation de la carte d'occupation des sols</b> .....	25
<b>II.5. 2. Réalisation de la carte des pentes</b> .....	27
<b>II.5. 3. Carte lithologique</b> .....	28
<b>II.5.4. Données météorologiques</b> .....	28
<b>II. 6. Conclusion</b> .....	30

## **Chapitre III : Cartographie de l'inondation et d'érosion : approche d'élaboration et résultats**

<b>III.1. Introduction</b> .....	31
<b>III.2. Cartographie du risque érosion</b> .....	31
<b>III.3. Cartographie du risque inondation</b> .....	33
<b>III.3.1. Analyse Multicritères et la méthode AHP</b> .....	34
<b>III.3. 2. Choix de l'unité spatiale d'intégration</b> .....	39
<b>III.3.3. Etude comparative</b> .....	40
<b>III.4. Conclusion</b> .....	41
<b>Conclusion général</b> .....	42
<b>Bibliographie</b> .....	44

## Liste des tableaux

<b>Tableau I.1.</b> L'inondation en Algérie .....	2
<b>Tableau II.1.</b> Outils et matériels utilisés lors des traitements des donnée .....	21
<b>Tableau II.2.</b> Donnée spatiale utilisée .....	21
<b>Tableau II.3</b> Bandes spectrale de SPOT-5 .....	22
<b>Tableau II.4.</b> Caractéristiques de la partie Nord de la scène SPOT-5 .....	23
<b>Tableau II.5.</b> Caractéristiques de la partie sud de la scène SPOT-5 .....	24
<b>Tableau II.6.</b> Données littérales et statistiques utilisées .....	25
<b>Tableau II.7.</b> Données cartographiques utilisées .....	25
<b>Tableau III.1.</b> Paramètres et principe de création de la carte du risque d'érosion des sols.....	32
<b>Tableau III.2.</b> Echelle de valeurs définie par Saaty .....	34

## Liste des figures

<b>Figure I.1.</b> Le lit mineur .....	5
<b>Figure I.2.</b> Le lit majeur .....	6
<b>Figure I.3.</b> Le lit moyen .....	6
<b>Figure I.4.</b> un bassin versant .....	7
<b>Figure I.5.</b> Etat initial .....	12
<b>Figure I.6.</b> Première intervention .....	12
<b>Figure I.7.</b> Deuxième intervention .....	13
<b>Figure I.8.</b> Troisième intervention .....	13
<b>Figure II.1.</b> Présentation de la zone d'étude d'El-Bayadh .....	20
<b>Figure II.2.</b> La détection stéréoscopique par SPOT .....	22
<b>Figure II.3.</b> Le satellite SPOT-5 .....	22
<b>Figure II.4.</b> Aperçu de la partie Nord de la scène d'El Bayadh .....	23
<b>Figure II.5.</b> Aperçu de la partie sud de la scène d'El Bayadh .....	24
<b>Figure II.6.</b> Extrait de la spatiocarte SPOT5 de la zone d'étude .....	25
<b>Figure II.7.</b> Etapes de classification supervisée .....	26
<b>Figure II.8.</b> Carte d'occupation des sols de la commune d'El-Bayadh (SPOT52006 .....	26
<b>Figure II.9.</b> Carte d'indice de végétation SARVI de la commune d'El-Bayadh (SPOT5-2006 .....	27
<b>Figure II.10.</b> Carte des pentes de la commune d'El-Bayadh .....	27
<b>Figure II.11.</b> Extrait de la carte lithologique de la commune d'El-Bayadh .....	28
<b>Figure II.12.</b> Carte pluviométrique de la commune d'El-Bayadh .....	28
<b>Figure II.13.</b> Etapes de délimitation des bassins versants .....	29
<b>Figure III.1.</b> Carte du risque d'érosion des sols .....	33
<b>Figures III.2.</b> Processus de création de carte de risque Inondation .....	36
<b>Figure III.3 :</b> Organigramme des poids des macro-critères et des alternatives .....	37
<b>Figure III.4.</b> Carte d'aléa du risque inondation .....	38
<b>Figure III.5.</b> Carte du risque d'inondation par bassins versants .....	39
<b>Figure III.6.</b> Carte du risque d'inondation (SPOT5 .....	40
<b>Figure III.7.</b> Carte du risque d'inondation (LANDSAT8) .....	40

## **Sigles et acronymes**

**AHP** : Processus d'Analyse **H**iéraphique.

**AMC** : Analyse **M**ulticritère.

**SARVI** : **S**oil **A**nd **A**tmospherically **R**ésistante **V**égétation **I**ndex.

**MNT** : **M**odèle **N**umérique de **T**errain.

**SIG** : **S**ystème **d'**Information **G**éographique.

**TIN** : **T**riangulated **I**rregular **N**etwork.

**TM** : **T**hematic **M**apper.

**UTM** : **U**niversel **T**ransver **M**ercator.

**WGS84** : **W**orld **G**eodetic **S**ystem 1984.

## 1. Contexte de l'étude

L'homme, depuis des siècles, s'installe aux bords des rivières afin de profiter de ses avantages; transport fluvial des marchandises, pêche, source d'alimentation en eau, source d'énergie hydraulique.... Mais il doit aussi en subir les caprices dont les plus redoutables sont liées aux crues.

Selon certains articles, l'inondation constitue la catastrophe naturelle la plus répandue et n'épargne aucune partie de la planète. Les inondations constituent des risques naturels les plus fréquents issus des phénomènes météorologiques et qui touchent le plus grand nombre d'individus sur la terre.

De ce point de vue, les auteurs estiment que les inondations ont représenté plus du tiers de l'ensemble des cataclysmes recensés de la fin du XXème siècle. Elles surviennent chaque année pour complexifier l'existence des populations de nos agglomérations tant urbaines que rurales.

Ces inondations subites emportent sur leur passage des champs, des habitations, les infrastructures socioéconomiques faisant alors de nombreux réfugiés climatiques avec ses multiples conséquences.

Quant à certains auteurs, les inondations permettent de rendre compte de la durée d'apparition des événements climatiques exceptionnels dont la non maîtrise augmente la vulnérabilité des populations surtout les plus pauvres.

Ainsi, la lutte contre les inondations constitue un enjeu important compte tenu du nombre d'endroits potentiellement affectés.

## 2. Problématique et objectifs

La recherche concernant les risques n'est pas purement théorique ; il s'agit d'améliorer, dans la mesure du possible, des décisions impliquant des vies humaines et marquant l'espace par des choix d'aménagement, donc aussi d'orienter le développement économique et social des secteurs concernés.

Avec le développement technologique de l'imagerie satellitaire, des techniques et des outils de traitement de l'information géographique (SIG), en lien avec l'évolution des capacités informatiques, de nouvelles techniques pour l'analyse et la prévention des inondations sont disponibles et utilisables.

De nombreuses méthodes d'acquisition de l'information géographique sont disponibles pour l'étude des risques naturels, notamment celles de la télédétection aéroportée ou spatiale. Ces techniques et méthodes peuvent être employées à différents moments du processus de gestion des risques : en prévision et en anticipation, en gestion de crise, puis pour le retour d'expérience et de la prévention.

En conséquence, il s'agit aussi d'expertise scientifique qui exige une approche pluridisciplinaire (météorologie, hydrologie, statistique, hydraulique, géologie, topographie, génie civil, économie, environnement, ...). A partir de là, l'analyse permet de maîtriser l'occupation et l'exploitation de son espace. Toute analyse des risques naturels doit être menée avec cette idée. La prévention des risques permet de les réduire car le risque nul n'existe pas et la connaissance est incertaine.

Dans cet ordre d'idées, ce travail vise à étudier un cas d'application pratique sur le rôle de l'analyse spatiale multicritères dans la réduction des incertitudes relatives à la connaissance du risque inondation, et érosion par leur prise en compte dans la cartographie de l'aléa.

### **3. Structuration du mémoire**

Le rapport des travaux effectués dans le cadre de ce projet de fin d'études, est structuré en trois chapitres :

- Nous aborderons dans le premier chapitre, la définition des notions liées aux inondations, l'érosion, et l'approche cartographique, ainsi que des solutions d'aménagements proposées.
- Puisque le mémoire est axé sur la problématique des inondations et l'érosion, le second chapitre est consacré à la présentation des prétraitements nécessaires liés aux produits dérivés utilisés dans l'étude de cartographie d'aléa inondation et érosion.
- Le dernier chapitre présente le déroulement pratique des applications qui sont autour de l'utilisation et l'intégration des données mixtes dans un SIG permettant la cartographie du risque inondation et érosion.

## *Chapitre I*

# **Les inondations et l'érosion : *notions théoriques, et mesures de lutte***

## I.1.Introduction

L'inondation est une submersion (rapide ou lente) susceptible d'affecter de vastes surfaces naturelles et urbaines, elle correspond au débordement des eaux lors d'une crue. Par définition, une crue est une augmentation rapide et temporaire du débit d'un cours d'eau. Elle est décrite par trois paramètres ; la hauteur, le débit et la vitesse du courant. (1)

Les inondations subites, qui peuvent survenir en automne dans les régions méditerranéennes sont généralement dues à des précipitations intenses sur une zone relativement réduite, les pratiques agricoles intensives diminuent la capacité du terrain à retenir l'eau et augmente le ruissellement.

Les zones inondables sont soumises à différents types d'inondation, dont les caractéristiques influencent le déroulement des crises et l'ampleur des impacts humains et économiques. Le risque n'est pas le même sur les différents territoires exposés puisque ni l'aléa ni la vulnérabilité sont les mêmes ; les crues surviennent de manière plutôt lente sur les bassins plats alors qu'elles se produisent de manière extrêmement rapide et brutale sur les bassins pentus. Aussi les inondations ne provoquent pas de catastrophes susceptibles de marquer les esprits si les zones inondables n'étaient pas ou peu occupées par l'homme. (3)

## I.2.L'inondation

### I.2.1.Les types d'inondations

Une inondation est une submersion, rapide ou lente, d'une zone pouvant être habitée ; elle correspond au débordement des eaux.

On distingue plusieurs types d'inondation par les fleuves et les rivières :

- **Les inondations des plaines :** qui se traduisent par le débordement d'un cours d'eau sorti de son lit habituel (lit mineur) et regagnant son lit majeur. Ce débordement peut être précédé ou suivi par des remontées de nappes phréatiques. Elles se caractérisent par une montée des eaux longue, peu rapide, et une durée de submersion pouvant atteindre quelques semaines.
- **Le ruissellement pluvial :** rapide, qui se manifeste soit en zone urbaine fortement imperméabilisée, soit en milieu rural avec érosions superficielles et réactivation des talwegs habituellement à sec.
- **Les remontées des nappes :** Elles correspondent à une inondation par débordement indirect. Elles se manifestent par la remontée de la nappe phréatique qui affleure en surface et/ou par l'intrusion d'eau dans les différents réseaux d'assainissement.
- **La rupture d'une digue de protection :** qui crée une inondation violente et très brutale.
- **Les crues torrentielles :** qui résultent de l'accélération du débit d'un cours d'eau suite à de fortes précipitations. Elles se caractérisent par une montée rapide des eaux, une vitesse d'écoulement très élevée et une durée de submersion très courte. Ces crues demeurent, malgré tout, exceptionnelles et constituent un grave danger pour les populations. (2)

### I.2.2.L'inondation en Algérie

Dans un pays en voie de développement comme l'Algérie, les inondations ont été marquées comme l'une des catastrophes naturelles les plus nombreuses dont plusieurs étaient dévastatrices, les plus récentes sont :

Date	Lieux	Victimes
05-06 octobre 2011	Oued Ferrane et Hai El Fidayîn El Bayadh	10 décès
Octobre - 2008	Ghardaïa	Plus de 40 décès
28 Mai 2006	(Boukhanéfis Sidi Bel Abbès)	
10-11 novembre 2001	Bâb El -Oued en Alger	733 décès
24 Octobre 2000	Sidi Bel Abbès	02 décès
Octobre 1994	plusieurs régions de pays	60 décès et des dizaines de blessés pendant 10 jours.
Octobre 1993	Oued R'hiou, wilaya de Ghilizane	22 décès et 14 Blessés

Tableau I.1.L'inondation en Algérie

### I.2.3.Les paramètres d'inondation

#### I.2.3.1.Le ruissellement :

Le ruissellement dépend de la nature du sol et de son occupation de surface. Il correspond à la part de l'eau qui n'a pas été interceptée par le feuillage, ni restituée à l'atmosphère par évaporation et qui n'a pas pu s'infiltrer, ou ressurgir très rapidement après infiltration et écoulement hypodermique ou souterrain. Il sera donc d'autant plus faible que le couvert végétal sera dense et que les sols profonds et non saturés par des épisodes pluvieux récents. Inversement, l'imperméabilisation des sols due à l'urbanisation (infrastructures, constructions) le favorisera.

Par ailleurs, l'intensité de la pluie joue aussi un rôle non négligeable en créant, au delà d'une certaine valeur un film d'eau à la surface du sol, qui va conduire à un écoulement maximum (5)

### I.2.3.2. CRUE

La crue correspond à l'augmentation de la quantité d'eau qui s'écoule dans la rivière et peut concerner l'ensemble du lit majeur de la rivière. De nombreux géographes et hydrologues ont adopté le critère qu'une rivière est en crue lorsque son débit est trois à cinq fois supérieur à son débit moyen. De façon plus pratique, on admet qu'une rivière est en crue lorsqu'elle déborde des limites de son lit mineur. Il s'agit d'un phénomène naturel périodique qui n'est exceptionnel que lorsque les débits deviennent considérables par rapport à son module ; on parle alors de crue critique, laquelle peut engendrer une inondation sur les zones riveraines (6).

### I.2.3.3. Le lit de la rivière

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



Figure I.1. Le lit mineur

- **Le lit majeur** Le lit majeur comprend les zones basses situées de part et d'autre du lit mineur, sur une distance qui va de quelques mètres à plusieurs kilomètres. Sa limite est celle des crues exceptionnelles. On distingue deux types de zones :

- **les zones d'écoulement** : au voisinage du lit mineur ou des Chenaux de crues, où le courant a une forte vitesse.

- **les zones d'expansion** : de crues ou de stockage des eaux, où la vitesse est faible. Ce stockage est fondamental, car il permet de-là- minage de la crue, c'est-à-dire la réduction du débit et de la vitesse de montée des eaux à l'aval.

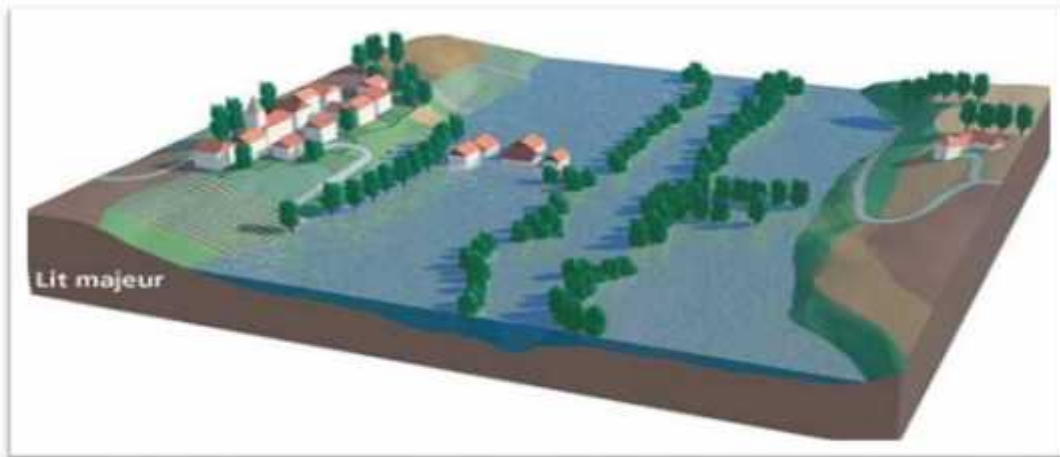


Figure I.2. Le lit majeur

- **Le lit moyen** : Sous certains climats, notamment méditerranéens, il peut être identifié un lit moyen. Pour les crues de période de retour de 1 à 10 ans, l'inondation submerge les terres bordant la rivière et s'étend dans le lit moyen. Il correspond à l'espace fluvial ordinairement occupé par la ripisylve, sur lequel s'écoulent les crues moyennes. (7)



Figure I.3. Le lit moyen

## I.2.4. Le Bassin Versant

### I.2.4.1. Définition

Le bassin versant est un territoire géographique bien défini : il correspond à l'ensemble de la surface recevant les eaux qui circulent naturellement vers un même cours d'eau ou vers une même nappe d'eau souterraine.

Un bassin versant se délimite par des lignes de partage des eaux entre les différents bassins. Ces lignes sont des frontières naturelles dessinées par le relief, elles correspondent aux lignes de crête. Les gouttes de pluie tombant d'un côté ou de l'autre de cette ligne de partage des eaux

alimenteront deux bassins versants situés cotes à cotes. A l'image des poupées gigognes, le bassin versant d'un fleuve est composé par l'assemblage dessous-bassins versants de ses affluents. (7)

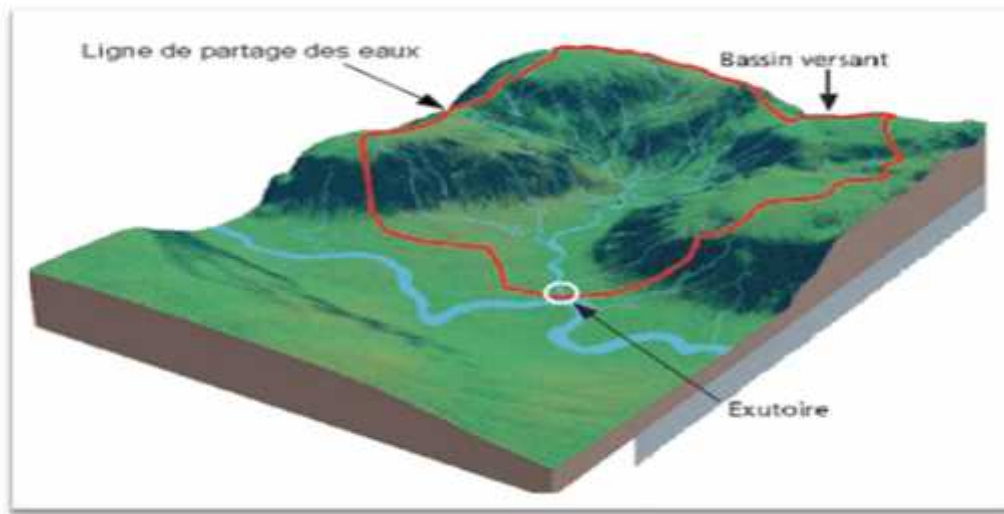


Figure I.4. Représentation schématique de Bassin Versant

**Le bassin versant** : région qui possède un exutoire commun pour tous ses écoulements de surface.

Un BV est toujours associé à :

- un cours d'eau
- une section de ce cours d'eau : l'exutoire ou émissaire. (12)

#### I.2.4.2.les caractéristiques d'un bassin versant

Chaque bassin versant est unique de par sa taille, sa forme, son orientation, la densité de son réseau hydrographique, le relief, la nature du sol, l'occupation du sol (cultures, haies, forêts, plans d'eau...), son climat..., mais également l'urbanisation et les activités humaines. (7)

#### I.2.4.3.Le bassin versant sera caractérisé généralement par :

- la morphologie (forme, superficie, périmètre, réseau hydrographique, relief et pentes ...),
- la nature du sol
- la couverture végétale(15)

#### I.2.5.L'aléa

L'aléa est une notion élémentaire. Dans son sens le plus général, l'aléa est un terme exprimant la mesure de la probabilité d'une situation, d'un événement ou d'une causalité quelconque. Il est lié à la notion de hasard. Pris dans le contexte de l'étude des risques, l'aléa se définit comme la

probabilité d'occurrence d'un phénomène. Il dépend de l'intensité du phénomène et de son occurrence, mais aussi de la durée considérée et de l'espace pris en compte. (2)

### **I.2.6. cartographie de l'aléa inondation :**

Pour les secteurs d'étude l'aléa inondation peut être caractérisé par deux facteurs la hauteur de submersion et la vitesse d'écoulement.

Les valeurs calculées des deux paramètres sur les modèles hydrauliques sont reportées Dans des fichiers Map Info et peuvent donc être visualisées à l'aide de cet outil.

#### ➤ HAUTEUR D'EAU :

- Aléa faible : hauteur d'eau compris entre 0 (ou 0.20) et 0.50 m

- Aléa modéré : hauteur d'eau comprise entre 0.5 et 1m

-Aléa fort : hauteur supérieure à 1m

#### ➤ VITESSE D'ECOULEMENT :

On considère comme faible une vitesse inférieure à 0.20 m/s, moyenne entre 0. 20 et

0.50 m/s et forte si elle dépasse 0.5 m/s. (9)

### **I.2.7. La vulnérabilité**

La vulnérabilité exprime l'importance des dommages potentiellement subits par des enjeux soumis à un aléa d'intensité donnée. La notion d'enjeu intègre les personnes, les biens et les activités susceptibles d'être affectés par l'aléa.

La notion de vulnérabilité concerne les conséquences néfastes, c'est à dire les dommages. Ces derniers peuvent être de plusieurs natures:

- pertes en vies humaines et effets sur la santé des personnes,
- dégâts matériels,
- impacts liés aux difficultés de fonctionnement, d'échange, et de communication (qualifiés d'impacts indirects). (17)

### **I.2.8. Principaux Paramètres Spécifiant L'aléa « Inondation »**

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

#### ➤ PERIODE DE RETOUR

La notion de période de retour « T » n'est qu'une autre façon de caractériser la fréquence d'apparition d'un phénomène à un moment donné. Statistiquement, on la définit comme l'inverse de la probabilité d'occurrence de dépassement « p » de ce phénomène ;  $T=1/P$ . Un phénomène ayant une période de retour de cent ans (phénomène centennal) a une chance sur cent de se produire ou d'être dépassé chaque année. Cela est vérifié à condition de considérer une très longue période. Mais elle peu taus si, sur de courtes périodes (quelques années), se répéter

plusieurs fois. Autrement dit, en vingt ans, un individu a une chance sur cinq de vivre la crue centennale.

➤ **HAUTEUR ET DUREE DE SUBMERSION**

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

➤ **VITESSE DU COURANT**

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

➤ **VOLUME DE MATIERE TRANSPORTEE**

Ce volume est communément appelé « transport solide ». Il s'agit de matériaux (argiles, limons, sables, graviers, galets, blocs, etc.) se trouvant dans les cours d'eau et dont le transport peut s'effectuer soit par suspension dans l'eau, soit par déplacement sur le fond du lit, du fait des forces liées au courant. L'aléa inondation d'une rivière torrentielle sera essentiellement caractérisé par une vitesse du courant élevée et un fort transport solide. (18)

### **I.2.9. Les conséquences négatives d'une inondation :**

➤ Sur les personnes :

Les risques d'une inondation pour les personnes sont d'abord les accidents (noyades, chutes, électrocution) dont la gravité varie selon l'intensité et la rapidité des phénomènes. Un événement lent et long peut entraîner des risques sanitaires liés au manque d'eau potable, au dysfonctionnement des structures de santé, etc. Les impacts sur la santé concernent aussi les conséquences psychologiques du drame pour les personnes qui se retrouvent éloignées de leur habitation, qui perdent leurs biens personnels ou leur emploi suite à la rupture de l'activité économique.

➤ Sur l'activité économique :

Les inondations peuvent entraîner la paralysie économique d'un territoire. La réparation ou la reconstruction des biens (privés ou publics) détruits ainsi que les dommages sur les différents réseaux (transports, télécommunications, eau, énergie) entraînent un coût important pour la société. Les inondations ont aussi des répercussions sur les activités économiques, car elles peuvent entraîner des interruptions dans la production ou de lourdes pertes financières (bâtiments et outils endommagés, stocks et récoltes perdues, etc.). La vulnérabilité des activités dépend également de leur couverture assurantielle, variable selon les différents types de dommages.

➤ Sur l'environnement :

Les crues peuvent avoir des effets positifs pour l'environnement : remplissage des nappes, fertilisation des sols (par le dépôt de sédiments), participation à la biodiversité des espaces alluviaux et contribution, par l'apport de sédiments, à la lutte contre l'érosion des deltas. Elles ont aussi des impacts négatifs car elles peuvent être responsables activités économiques, car elles peuvent entraîner des interruptions dans la production ou de lourdes pertes financières (bâtiments et outils endommagés, stocks et récoltes perdues, etc.). La vulnérabilité des activités dépend également de leur couverture assurantielle, variable selon les différents types de dommages.

➤ Sur le patrimoine culturel :

Le patrimoine et les biens culturels (matériels ou immatériels) incarnent des valeurs universelles irremplaçables. Les inondations peuvent abîmer ou détruire le patrimoine (par l'humidité, le développement de moisissures, le dépôt de sel) et favorisent le risque de pillages. Les impacts sont aussi indirects : la perte de biens culturels s'avère traumatisante pour une population, car le patrimoine fait partie de l'identité culturelle de la société. Les activités économiques liées à ce patrimoine peuvent aussi pâtir de la disparition des biens culturels. (7)

## **I.2.10. Comment lutter contre les inondations ?**

### **I.2.10.1. En Europe :**

Face au bilan catastrophique des inondations en Europe au cours des dernières décennies, la Commission européenne s'est mobilisée en adoptant, en 2007, la directive inondation relative à l'évaluation et la gestion des risques d'inondation. Cette directive fixe une méthode de travail pour permettre aux territoires exposés aux risques d'inondation de réduire les conséquences pour la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique. Dans ce cadre, des évaluations préliminaires des risques d'inondation (EPRI) ont été réalisées en 2011 par les services de l'État à l'échelle de chacun des 14 districts (unité de gestion, instituée à l'échelle européenne, pour la mise en œuvre de la directive-cadre sur l'eau et utilisée pour la mise en œuvre de la directive inondation. Le district hydrographique est l'équivalent d'un grand bassin ou d'un groupement de bassins.) Hydrographiques.

La méthode de l'EPRI comprend deux étapes. La première consiste à délimiter les enveloppes approchées des inondations potentielles (EAIP). Deux enveloppes ont été définies : l'enveloppe « débordements de cours d'eau » qui comprend l'ensemble des phénomènes de débordement de cours d'eau et de ruissellement dans les talwegs ; l'enveloppe « submersions marines » intégrant les effets potentiels du changement climatique en considérant une rehausse potentielle d'un mètre des niveaux marins d'ici 2100. La deuxième étape concerne le dénombrement des enjeux dans ces enveloppes.

Il s'agit d'évaluer les conséquences négatives potentielles d'une inondation, à l'aide d'indicateurs d'impacts sur la santé humaine, l'habitat, l'activité économique, l'environnement et le patrimoine culturel (ex. : nombre d'habitants, d'emplois, d'hôpitaux,

superficie du bâti remarquable, etc.). Pour la première fois, le risque inondation est envisagé au travers du prisme des enjeux et pas seulement de celui de l'aléa. (7)

### **I.2.10.2.En Algérie :**

D'une manière générale les causes des inondations en Algérie peuvent être classées en 3 types:

- Celles qui sont liées à des situations météorologiques remarquables se traduisant par une forte pluviosité (pluies importantes, orages violents)
- Celles liées à l'activité humaine (difficultés d'absorption du ruissellement par les différents réseaux, gonflement des oueds par les décombres, occupation des berges des cours d'eau etc...)
- les inondations produites dans des régions présentant un environnement topographique défavorable:
  - les villes traversées par des oueds (Bordj Bou Arreridj, Béchar, Ghardaia, Naama, Oued Rhiou, Sidi Bel Abbas)
  - les villes situées au piémont de montagne (Annaba, Ain Defla, Batna, Médéa)

### **I.2.11.Les outils Réglementaires**

L'idée de prévention des risques majeurs a émergée suite au séisme du 10 octobre 1980 de Chlef. Depuis les législateurs algériens a élaboré plusieurs lois.

- La loi n° 01-20 du 12 décembre 2001 relative à l'aménagement et au développement durable du territoire
- La loi n° 03 -10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.
- La loi n° 04-20 du 25 décembre 2004 relatif à la prévention des risques majeurs et la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable. La loi contient des prescriptions particulières en matière de prévention des inondations article 24 et 25.

### **I.2.12.Réduction de l'aléa**

L'objectif d'une stratégie de réduction de l'aléa est de réduire des eaux sur les zones comportant de forts enjeux humains et économiques à l'échelle du bassin versant.

L'atténuation de l'aléa possède trois grands principes :

- L'augmentation des capacités d'écoulement consiste à modifier le cours d'eau de telle sorte qu'il puisse supporter un débit plus important sans qu'il ait débordement. Les aménagements concernés sont : Recalibrage du cours d'eau, Endiguement du cours d'eau, Reboisement, Recalibrage des ouvrages d'art, Recalibrage des systèmes d'évacuation de l'eau.
- L'augmentation des capacités de stockage consiste à stocker pendant un certain temps un volume d'eau de telle sorte à laminer le débit de pointe en aval de la zone de stockage. Le débit étant moins fort. Le débordement est moins important. Les

aménagements qui permettent ce type de comportement : Préservation des zones d'expansion des crues, Barrage ou retenue d'eau, Réservoirs d'orage.

- Limitation des vitesses d'écoulement, soit au niveau du bassin versant, soit au niveau du cours d'eau. En réalisant ces travaux qui ont pour objet la lutte contre le ruissellement et l'érosion des sols, par conséquent la régularisation du débit liquide du cours d'eau et la diminution du débit solide. Parmi ces aménagements citons ici deux exemples : Correction torrentielle, Épis.

a) Recalibrage du cours d'eau :

Il s'agit de modifier la géométrie du lit du cours d'eau (abaissement de la ligne de fond, augmentation de la section en travers) pour modifier la valeur de la crue de plein bord.

À l'instar de l'endiguement, le recalibrage du cours d'eau a un effet positif mais également des effets potentiellement négatifs à l'aval de son implantation.

Le recalibrage du cours d'eau implique également des modifications à grande échelle de la dynamique géomorphologique du cours d'eau, dont les effets peuvent être négatifs (abaissement de la nappe phréatique, problème de transport solide etc....)

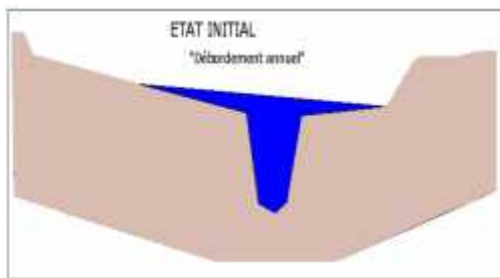


Figure I.5. Etat initial

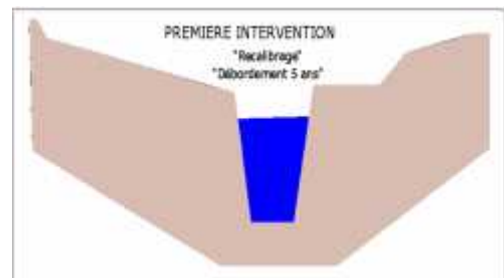


Figure I.6. Première intervention

b) Endiguement du cours d'eau :

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

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

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

c) Reboisement

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

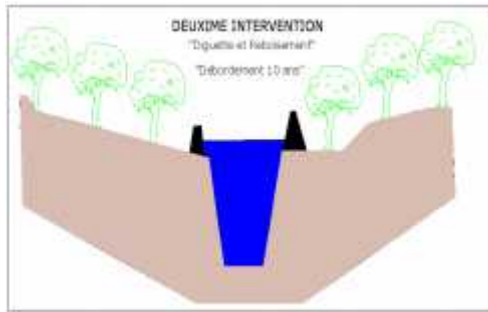


Figure I.7. Deuxième intervention

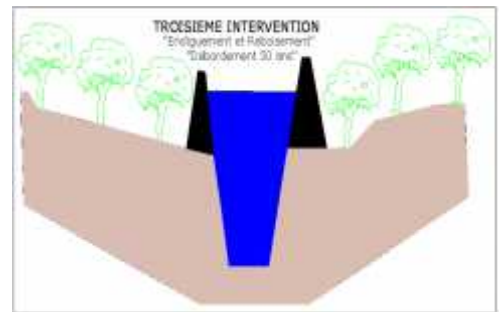


Figure I.8. Troisième intervention

Au plan de la tenue des berges, un arbre peut jouer différents rôles selon, sa taille, sa position et son espèce citons ici le platane qui tapisse la berge et la protège de l'érosion.

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

c) Recalibrage des ouvrages d'art :

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

d) Recalibrage des systèmes d'évacuation de l'eau :

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

Préservation – restauration -création des zones d'expansion des crues :

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

e) Retenues d'eau :

Une retenue crée un espace de stockage de l'eau de la crue. Elles peuvent être en eau seulement au moment de la crue ou de façon permanente. Dans ce dernier cas, elles ne que rarement construites dans un seul but de protection contre les inondations, mais ont également des objectifs de soutien d'étiage, de production hydro-électrique, de récréation.

Ces objectifs, qui sont souvent prioritaires, sont potentiellement contradictoires avec les objectifs de protection contre les inondations dans le sens où ils nécessitent que les retenues soient hautes en période de bas étiage.

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

Ce type de mesure modifie complètement l'hydrologie du cours d'eau aval, notamment sa partie aléatoire. En supposant qu'une retenue soit construite à l'aval d'un territoire considéré, ce qui était par exemple le débit de pointe associé à ce qui était considéré comme centennale auparavant sur ce territoire a toutes les chances d'être associé avec une période de retour bien plus importante. De la même façon, les Hydro grammes de crue vont être modifiés dans leur forme, sous l'effet de l'écrêtement.

Ces retenues peuvent avoir différentes échelles d'effet du local ou global selon leur importance.

La réalisation d'une retenue implique un risque supplémentaire sur le territoire en aval lié à la rupture de cette retenue en pleine eau. Les normes sont d'ailleurs très strictes vis-à-vis de ce risque qui expose très sévèrement les vies des riverains en aval.

f) Réservoirs d'orage :

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

Il existe des aménagements réalisés dans les versants et peuvent avoir de nombreux avantages, par exemple sur les ruissellements des crues, sur l'érosion ou sur le temps de transfert des pollutions. Ces aménagements constituent des obstacles linéaires disposés perpendiculairement à la pente favorables au ralentissement dynamique de l'écoulement (diminution de la vitesse des eaux de ruissellement pendant les averses intenses) et moins exigeants en terme de protection contre les crues, citons :

- Les embroussailllements,
- Les fossés, les haies, et les talus,
- Les corrections torrentielles et les banquettes in herbées.....

g) Correction torrentielle :

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

Un torrent est corrigé par la construction d'un nombre de digues successives transversales sur les lits des canaux naturels. Le nombre de digues est donné par la formule suivante

$$N = L * (p - i) / H$$

$L$  : Longueur du canal naturel

$P$  : Pente moyenne du lit

$H$  : Hauteur moyenne des digues (1-4) m

$i$  : Pente de compensation (pentes inter-digues elle est inférieure à la pente moyenne du lit)

$i < 0.01$ .

### **I.2.13. Réduction de la vulnérabilité**

Afin d'éviter le surcroît de la vulnérabilité, une attention toute particulière doit être accordée aux facteurs suivants :

- a. L'influence des facteurs anthropiques :

Les facteurs anthropiques constituent des facteurs aggravants et ont un rôle fondamental dans la formation et l'augmentation des débits des crues des cours d'eau.

- b. L'urbanisation et l'implantation d'activité dans les zones inondables :

Elles constituent la première cause d'aggravation du phénomène. En parallèle, l'augmentation du niveau de vie et le développement des réseaux d'infrastructures ont accru dans des proportions notables la valeur globale des biens et la fragilité des activités exposées (vulnérabilité).

- c. La diminution des champs d'expansion des crues :

Consécutives à l'urbanisation et parfois aggravées par l'édification de digues ou de remblais, elles ont pour conséquence une réduction de l'effet naturel d'écrêtement des crues, bénéfique aux secteurs habités en aval des cours d'eau.

- d. L'aménagement parfois hasardeux des cours d'eau :

Beaucoup de rivières ont été modifiées localement sans se soucier des conséquences en amont ou en aval. Ces aménagements inappropriés du territoire (suppression de méandres, endiguement, etc.) peuvent avoir pour conséquences préjudiciables l'accélération de crues en aval et l'altération du milieu naturel.

- e. La défaillance des dispositifs de protection :

Le rôle des dispositifs de protection (digues, déversoirs) peut être limité. Leur mauvaise utilisation et leur manque d'entretien peuvent parfois exposer davantage la plaine alluviale que si elle n'était pas protégée.

- f. L'utilisation ou l'occupation des sols sur les pentes des bassins versants :

Toute modification de l'occupation du sol (déboisement, suppression des haies, pratiques agricoles, imperméabilisation) empêchant le laminage des crues et la pénétration des eaux, favorise une augmentation du ruissellement, un écoulement plus rapide et une concentration

des eaux. Aussi le sens des cultures joue un rôle important dans le phénomène de ruissellement, non seulement du point de vue de la quantité d'eau ruisselée mais également de la quantité de matériaux emportés. L'idéal est de cultiver dans un sens parallèle aux lignes de niveau.

### **I.3. L'érosion hydrique**

#### **I.3.1.Introduction**

L'érosion hydrique est la désagrégation, le détachement, le transport et/ou le dépôt des particules du sol sous l'action combinée des précipitations et du ruissellement, et dont l'expression varie en fonction de la résistance du milieu (sol nu, couvert végétal, techniques culturales) et de la topographie. Elle engendre une perte de fertilité car elle affecte la partie superficielle des sols qui est généralement la plus riche en matière organique et en nutriments nécessaires au développement des plantes. La connaissance du ruissellement est centrale dans l'étude de l'érosion hydrique. (13)

#### **I.3.2.La désagrégation par l'impact des gouttes de pluie**

Les processus d'érosion impliquent notamment l'impact des gouttes de pluie et du ruissellement. L'impact des gouttes de pluie a pour effet de désagrégé les éléments présents à la surface du sol pour donner lieu à des agrégats de plus petite taille et des particules élémentaires. La désagrégation rend la surface du sol plus compacte et tend à diminuer la rugosité au fur et à mesure de l'exposition à la pluie. Ces effets dépendent de l'énergie cinétique des gouttes de pluie et des propriétés de la surface du sol tels que la texture, le pourcentage d'ions échangeables, la fraction de matière organique. La stabilité structurale du sol exprime sa résistance à la désagrégation par l'impact des gouttes de pluie. (13)

#### **I.3.3.Effets visibles de l'érosion hydrique**

Parmi les signes et effets physiques visibles de l'érosion hydrique, on peut citer:

- Les griffes, fines rigoles formées par l'eau, particulièrement en haut des pentes, sur le Bord des pistes ou dans les champs sillonnés par les labours, elles deviennent des ravines par élargissement dû à la concentration de ruissellement excessif.
- Les pavages de cailloux et de pierres laissés en surface, une fois les particules les plus fines du sol emportées par les ruissellements, observés dans un grand nombre de champs labourés et de terrains de pâture.
- Les buttes de sol résiduel, où sont perchées des touffes d'herbes, signes d'érosion, Quand elles n'ont pas été créées par l'accumulation de détritux foliacés et d'humus, ou par le fouissage des rongeurs.
- Les racines d'arbres et arbustes, exposées à l'air, ou mise à nu dans des cours d'eau, résultats d'une dispersion du sol ou d'un accroissement de ruissellement suite à la dégradation de bassins versants.
- Les dépôts de sols sur les pentes douces, ou de graviers, sables et limons, dans les lits De cours d'eau résultent d'une érosion en amont.
- Les taches nues dans les herbages et les pacages signes d'une tendance à la dégradation.
- Le déplacement du sol par piétinement résultant du pâturage sur les pistes à bétail au Long des courbes de niveau, où les animaux font progressivement glisser la terre en bas de la pente.
- Les atterrissements dans les retenues de barrages, lacs et étangs(14).

### I.3.4. Les différents types d'érosion hydrique

#### ➤ Erosion en nappe

L'érosion en nappe est liée à deux mécanismes :

- le détachement des particules de terre causé par le choc de gouttes des pluies (effets splash).
- le ruissellement superficiel lorsque l'intensité de la pluie devient supérieure à la vitesse d'infiltration (ruissellement hortonien).

#### ➤ Erosion linéaire

Lorsque l'intensité des pluies dépasse la capacité d'infiltration de la surface du sol, il se forme d'abord des flaques, ensuite ces flaques communiquent par des filets d'eau et lorsque ces filets d'eau ont atteint une certaine vitesse, 50 cm par seconde d'après Hjulström (1935), ils s'acquiescent une énergie propre qui va créer une érosion limitée dans l'espace au niveau de lignes d'écoulement.

#### ➤ Erosion en masse

Alors que l'érosion en nappe s'attaque à la surface du sol, le ravinement aux lignes de drainage du versant, les mouvements de masse concernent un volume à l'intérieur de la couverture pédologique. Les phénomènes de mouvement de masse sont très nombreux mais on peut les regrouper en six groupes principaux (Roose, 1994).

- Les glissements lents (creeping) :

C'est un glissement plus ou moins lent des couches superficielles de la couverture pédologique, généralement sans décollement, qui s'observe assez généralement sur les pentes fortes, grâce à la forme couchée des jeunes plantes forestiers et à la forme en croc de la base des arbres adultes

- Les glissements rapides :

Les glissements de terrain en planches ; sont des décollements d'une couche plus ou moins épaisse de sol, glissant sur un horizon plus compact (souvent de la roche altérée), servant de plan de glissement. Ce phénomène est très courant sur les schistes dont le pendage est parallèle à la topographie (pendage conforme) sur les gneiss et sur les marnes envies d'altération.

- Les versants moutonnés :

Formes molles apparaissant dans des conditions humides lorsque les horizons superficiels dépassent le point de plasticité et progressent lentement, comme une pâte dentifrice, entre la trame de racines qui retient l'horizon de surface et l'horizon compact imperméable que représente l'altérite des marnes ou des argilites par exemple.

- Les coulées boueuses (lave torrentielle) :

Ce sont des mélanges d'eau et de terre à haute densité ayant dépassé le point de liquidité et qui emportent à grande vitesse des masses considérables de boue et de blocs de roches de taille

imposante. Lorsqu'elles viennent de se produire, elles se présentent sous forme d'un canal terminé par une langue de matériaux de texture très hétérogène (cône de déjection). Les matériaux fins sont repris ultérieurement par l'érosion hydrique en nappe ou en rigole.

- Les glissements rotationnels en "coups de cuillère" :

Ce sont des glissements où la surface du sol et une partie de la masse glissent en faisant une rotation, de telle sorte qu'il apparaît une contrepente sur le versant. Il s'agit souvent de toute une série de coups de cuillère, laissant au paysage un aspect moutonné. Au creux du coup de cuillère, on observe généralement une zone humide où croît une végétation adaptée à l'hydromorphie (Carex).

- Les formes locales :

Il s'agit d'éboulements rocheux, de sapements de berges ou d'effondrements de versants qui entraînent des glissements localisés. Ceux-ci sont très fréquents en tête de ravine: ils entraînent l'éboulement de la partie supérieure des lèvres d'une ravine et font progresser la ravine vers le sommet de la colline par érosion régressive. On les retrouve également dans les oueds, en particulier dans les parties concaves de la rivière lorsqu'elle forme un méandre. (14)

#### **I.4. Conclusion**

Dans ce chapitre, plusieurs notions sur les inondations et l'érosion ont été définies brièvement dans un but de faciliter au lecteur, la compréhension du déroulement pratique des applications (chapitre III), qui portent principalement sur la cartographie du risque inondation et érosion par l'intégration des différents données spatiales.

L'objectif premier de cette cartographie, est de contribuer à l'élaboration des plans de gestion des risques d'inondation (au sens de réduction du risque). L'étape de cartographie apporte aussi des éléments quantitatifs permettant d'évaluer plus finement la vulnérabilité d'un territoire.

## *Chapitre II*

### *Collecte et prétraitement des données*

## II.1. Introduction

L'utilisation de l'imagerie satellitaire permet de dériver des cartes de risque d'inondation pour suivre géographiquement l'aléa risque afin d'étudier pratiquement les possibilités d'atténuer ce risque.

Dans ce chapitre, nous allons faire l'accent sur l'utilisation de différentes données (image satellitaire. Carte, Données statistique...etc.), et la présentation des prétraitements nécessaires liés aux produits dérivés utilisés dans notre étude.

## II.2. Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude choisie est la commune d'El-Bayadh, de la wilaya d'El-Bayadh.

La commune d'El-Bayadh est une commune steppique Algérienne, située au Nord - Ouest de l'Algérie, délimitée par les parallèles 33°, 2674 et 33°, 9179 Nord, et les méridiens 0, 7923 et 1°, 5866 Est. Nord choix est porté sur cette commune, car elle a une partie de son territoire steppique et une partie urbaine, ainsi que la disponibilité des données images nécessaires pour nos tests et applications. Sa superficie totale est de : 463,50 km<sup>2</sup>.

La commune d'El-Bayadh est délimitée géographiquement par les communes de:

- Au Nord : par la commune de Cheguig.
- Au Sud : Par les communes de Ain El Orak et Kraakda.
- A l'Est : par la commune de Stitten.
- A l'Ouest : par la commune de Rogassa.

# présentation de la zone d'etude

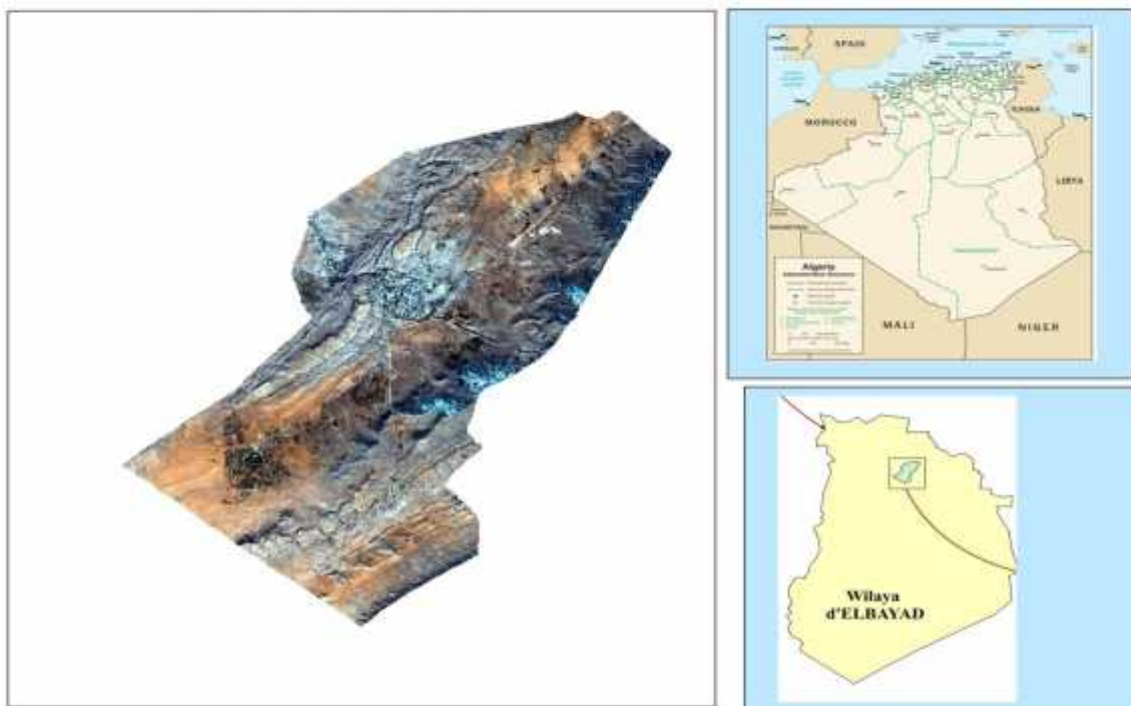



Figure II.1. Présentation de la zone d'étude d'El-Bayadh.

### III.3. Outils et matériels utilisés

Le tableau présente le matériel utilisé lors des traitements. Ainsi que les logiciels dédiés à la réalisation des applications de la thématique abordée.

Phases d'application Outils et matériels	Phase de traitement et utilisation des données
<p style="text-align: center;"><b>Matériel informatique</b></p> 	<p><b>PC1:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Carte graphique 2Go ;</li> <li>- RAM 4Go ;</li> <li>- Lecteur DVD ;</li> <li>- WINDOWS 7 ;</li> <li>- Disque dur 500 Go.</li> </ul> <p><b>PC2:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Carte graphique 1 Go ;</li> <li>- RAM 4 Go ;</li> <li>- Lecteur DVD ;</li> <li>- WINDOWS 7 ;</li> <li>- Disque dur 500 Go.</li> </ul>

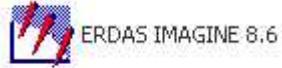

<b>Outils de traitements</b>	Erdas Imagine pour le calcul de l'indice de végétation et la réalisation de la carte d'occupation de sol 
	Arc GIS version 10 pour les prétraitements et l'analyse spatiale SIG. 

Tableau II.1. Outils et matériels utilisés lors des traitements des données

## II.4.Acquisition et préparation des données

Le steppe de la commune d'El-Bayadh est un milieu complexe qui se caractérise par la présence des types de végétation petits et isolés possédant des réponses spectrales difficilement à signifier à cause de la présence du sol au tour de ces types d'une part ( problème d'ensablement) et d'autre part de la nature de ces types (réflectance faible comparativement aux autres types dans les zones nord ). Ces contraintes exigent pour la réussite de notre application de travailler sur des images de niveau spatiale élevé.

### II.4.1. Données spatiales

Notre choix est porté sur une image SPOT5 multi-spectrale qui offrent une meilleur capacité d'analyse en milieu steppique.

Donnée	Capteur	Mode	Zone	Résolution spatiale (m)	Date d'acquisition
Image satellitale	SPOT5	Multi-spectral	El-Bayadh	2.5	2006

Tableau II.2. Donnée spatiale utilisée

- **Satellite d'observation de la Terre SPOT5**

Le Système Probatoire d'Observation de la Terre (SPOT) comporte le satellite. Lancé le 21 février 1986, ce satellite peut opérer dans trois bandes spectrales (vert, rouge et quasi-infrarouge) avec une résolution de 20 mètres.

En outre, SPOT est équipé d'un scanner panchromatique. Autrement dit, il balaye dans une bande qui comporte les plages verte et rouge de la lumière visible. La résolution spatiale de ce capteur est de 10 mètres, la résolution la plus élevée pendant des années pour un capteur non militaire.

SPOT comporte une fonctionnalité spéciale : il peut être programmé pour « regarder de côté » et balayer la même bande deux fois lors de deux survols consécutifs. Les deux angles visuels différents sur la même zone produisent un effet stéréoscopique, qui permet de cartographier les courbes de niveau.

Grâce à ses deux canaux visuels et son canal proche infrarouge, SPOT est l'outil idéal pour la cartographie de la végétation de petites surfaces locales.

➤ **Troisième génération SPOT-5 :**

- 2,5 mètres en super mode panchromatique ;
- 5 mètres en panchromatique ;
- 10 mètres en couleur.
- Capacités d'acquisition de couples stéréoscopiques améliorées, grâce à l'instrument HRS (Haute Résolution Stéréoscopique) ;
- Altitude à l'équateur : 822 km ;
- Inclinaison sur l'équateur : 98,7° ;
- Durée du cycle orbital : 26 jours ;
- Champ de vue : 2x60 km ;
- Lancement : Spot-5 a été lancé le 3 mai 2002

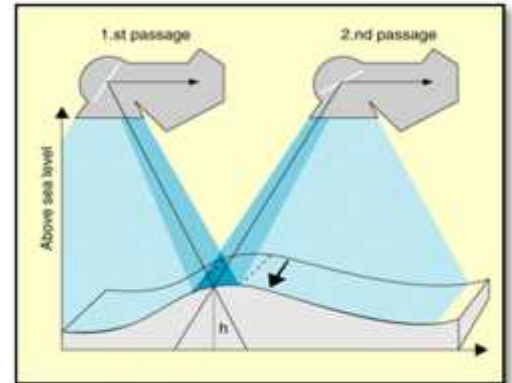


Figure II.2. La détection stéréoscopique par SPOT



Figure II.3. Le satellite SPOT-5

Mode	Bande	Bande spectrale	Résolution
Multi spectral	B1	0,50 - 0,59 $\mu\text{m}$ (vert)	10m x 10m
	B2	0,61 - 0,68 $\mu\text{m}$ (rouge)	10m x 10m
	B3	0,79 - 0,89 $\mu\text{m}$ (proche IR)	10m x 10m
	SWIR	1,58 - 1,75 $\mu\text{m}$ (moyen IR)	20m x 20m
M - mono spectral	PAN	0,51 - 0,73 $\mu\text{m}$	5m x 5m (ou 2,5m en super mode)

Tableau II.3 Bandes spectrale de SPOT-5

L'image SPOT 5 utilisé dans notre application est une spatiocarte, Carte dont le fond est une image, et non pas un dessin, obtenue par satellite (mosaïquage de plusieurs scènes brutes, ayant fait l'objet d'une correction géométrique rigoureuse), sur lesquelles ont été rajoutées des informations complémentaires, Pour notre étude, on a utilisé une scène SPOT-5 composée de deux parties, Nord et Sud de la commune d'El Bayadh, super mode de résolution 2,5 m. Les aperçus des images (figures III.3 et III.4) et leurs caractéristiques se résument dans les tableaux suivants (tableau III.2 et III.3) :

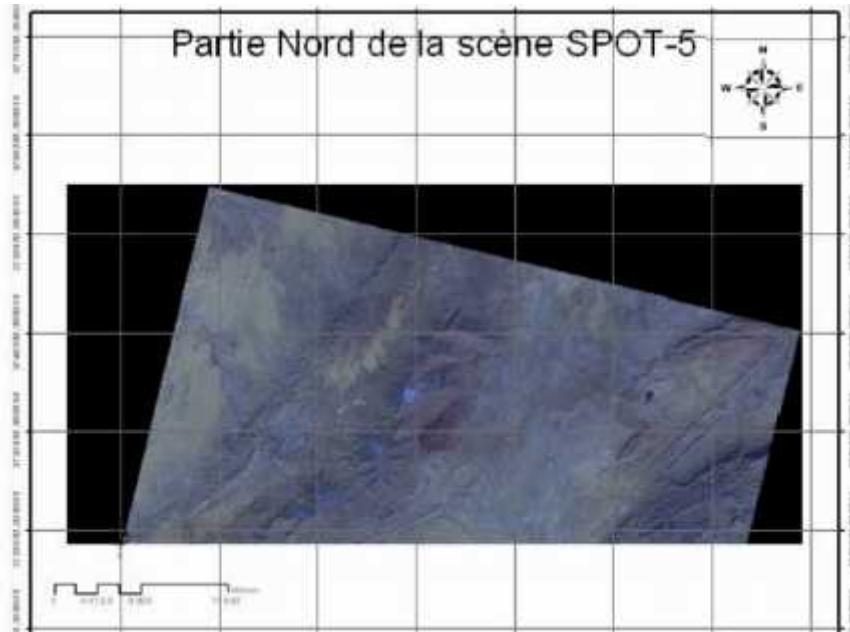


Figure II.4. Aperçu de la partie Nord de la scène d'El Bayadh.

Partie Nord de la scène	Caractéristiques
Nom de l'image	0 0-Algeria 050109 tx 282 6 spot view
Date	18-09-2006
Niveau de traitement géométrique	Précision 2A
Niveau de traitement radiométrique	BASIC
Nombre de colonnes	29813
Nombre de lignes	14593
Nombre de bandes spectrales	3
Table de géocodage	EPSG
Type de système de coordonnées horizontales	Projected
Nom d'identification de système de coordonnées horizontales	3263 1WGS84/UTM3 1N
Système de coordonnées géographique	WGS1984
Type de produit	SC241V20N
Résolution spatiale (mètre)	2.5*2.5
Fournisseur	SPOT IMAGE
Localisation géographique	min = 1.5866 (DEG)    min = 0.8451 ( DEG) min =33.9179(DEG)    max =33.5875(DEG)

Tableau II.4. Caractéristiques de la partie Nord de la scène SPOT-5.

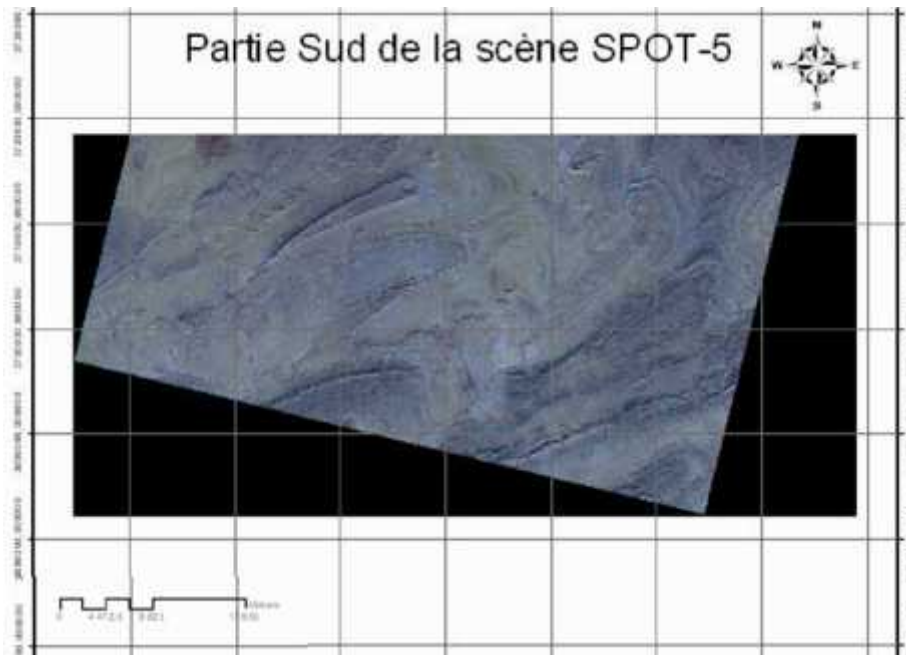
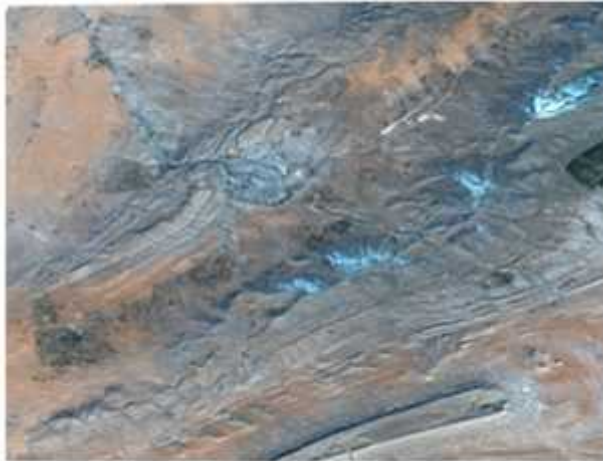


Figure II.5. Aperçu de la partie sud de la scène d’El Bayadh.

Partie Sud de la scène	caractéristiques	
Nom de l'image	1 0-algeria 050109 tx 042 282 6 spot view	
Date	18-09-2006	
Niveau de traitement géométrique	Précision 2A	
Niveau de traitement radiométrique	BASIC	
Nombre de colonnes	29813	
Nombre de lignes	14593	
Nombre de bandes spectrales	3	
Table de géocodage	EPSG	
Type de système de coordonnées horizontales	Projected	
Nom d'identification de système de coordonnées horizontales	3263 1WGS84/UTM3 1N	
Système de coordonnées géographique	WGS1984	
Résolution spatiale (mètre)	2.5*2.5	
Type de produit	SC241V20N	
Fournisseur	SPOT IMAGE	
Localisation géographique	min =1.5866(Deg)	min =0.8451(Deg)
	min = 33.9179(Deg)	max = 33.5875(Deg)

Tableau II.5.Caractéristiques de la partie sud de la scène SPOT-5.



**Figure II.6.** Extrait de la spatiocarte SPOT5 de la zone d'étude

#### II.4.2. Données statistiques

Type de données	Propriétés des données
Mesures pluviométriques	Coordonnées des stations et les hauteurs de pluie.

**Tableau II.6.** Données littérales et statistiques utilisées

#### II.4.3. Données cartographiques

Type de données	Echelle	Source d'acquisition
Carte topographique (extrait)	1/500 00	INCT (Cadastre de wilaya d'El-Bayadh)
Carte géologique (extrait)	1/200 000	ANRH

**Tableau II.7.** Données cartographiques utilisées

#### II.5. Prétraitements des données collectées :

On désigne par prétraitement des données, c'est la phase qui précède la manipulation des données. Elle consiste en :

##### II.5.1. Réalisation de la carte d'occupation des sols

Nous avons procédé à la classification de l'image sous le logiciel Erdas, en appliquant l'algorithme de maximum de vraisemblance pour ressortir quatre classes principales : sol, végétation, urbain, carrière.

Les étapes suivies sous Erdas Imagine pour la classification supervisée sont :

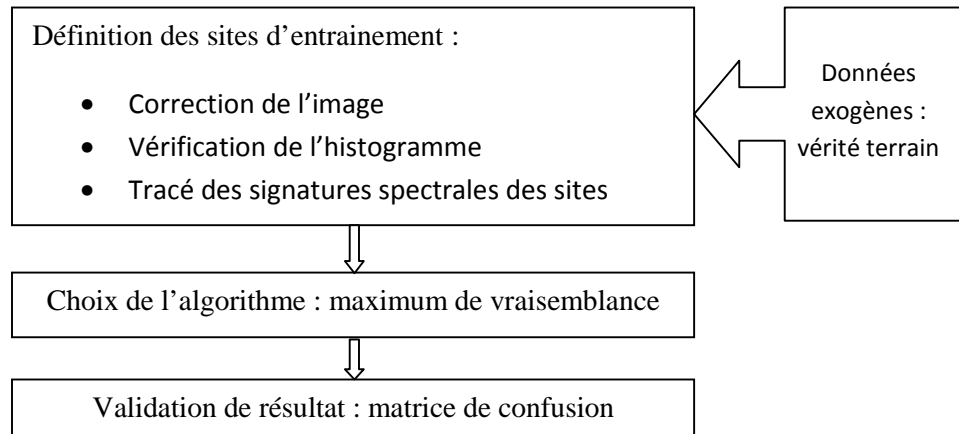


Figure II.7. Etapes de classification supervisée

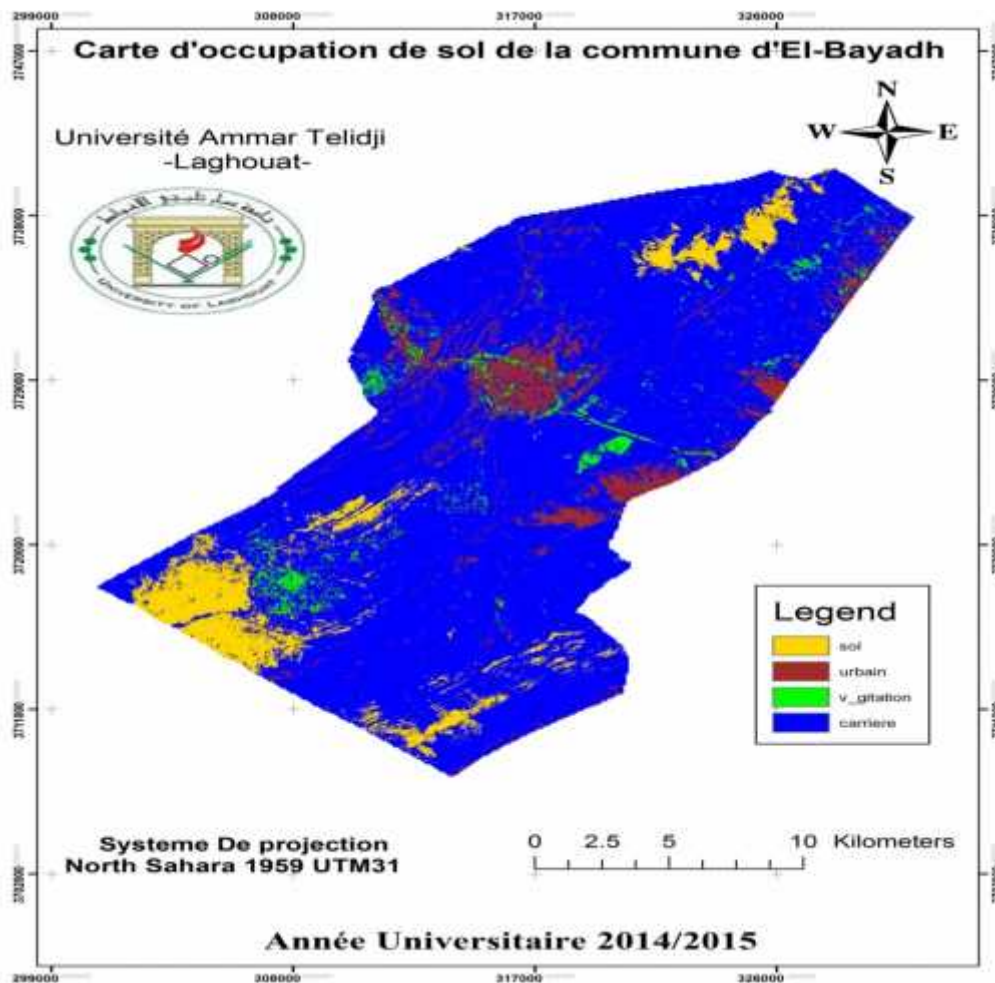


Figure II.8. Carte d'occupation des sols de la commune d'El-Bayadh (SPOT5-2006)

• **Carte d'indice de végétation**

L'indice de végétation normalisé est un indice qui permet de cerner l'objet végétation, en se basant sur le canal rouge et proche infrarouge.

Il est utilisé dans cette étude l'indice de SARVI comme couche d'information sur les espaces végétaux et non végétaux dans le processus de réalisation des cartes de risque majeurs.

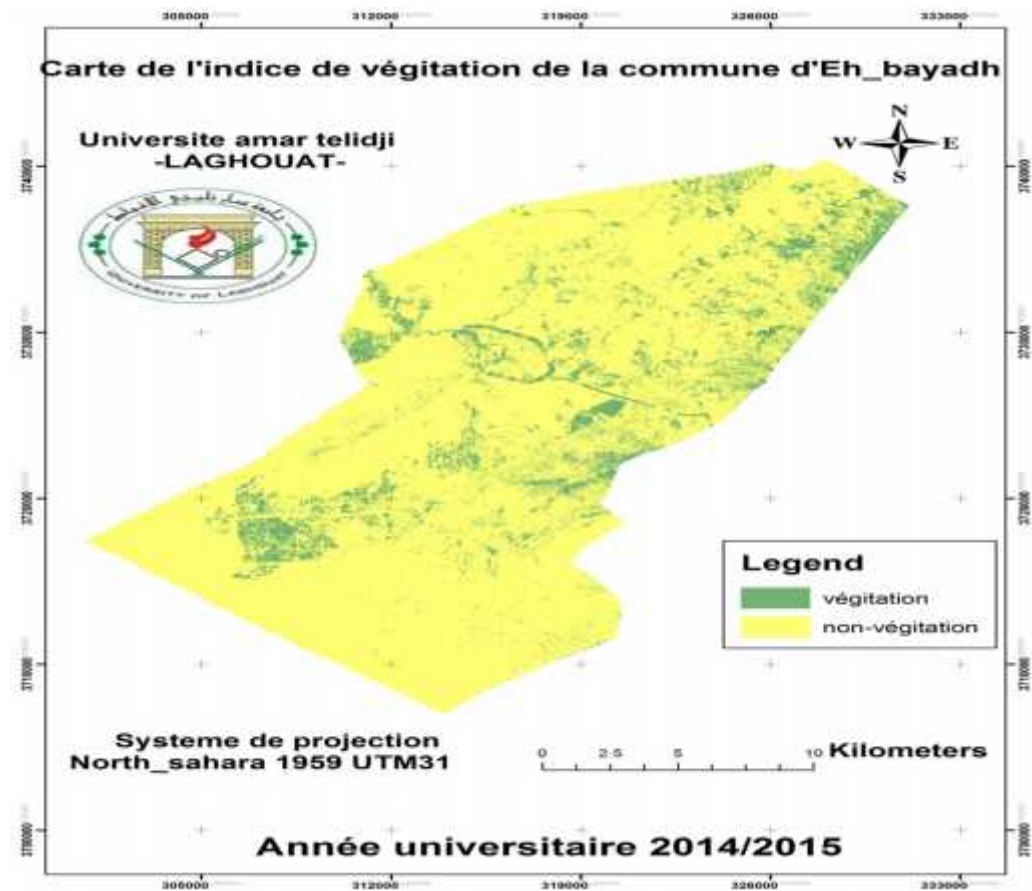
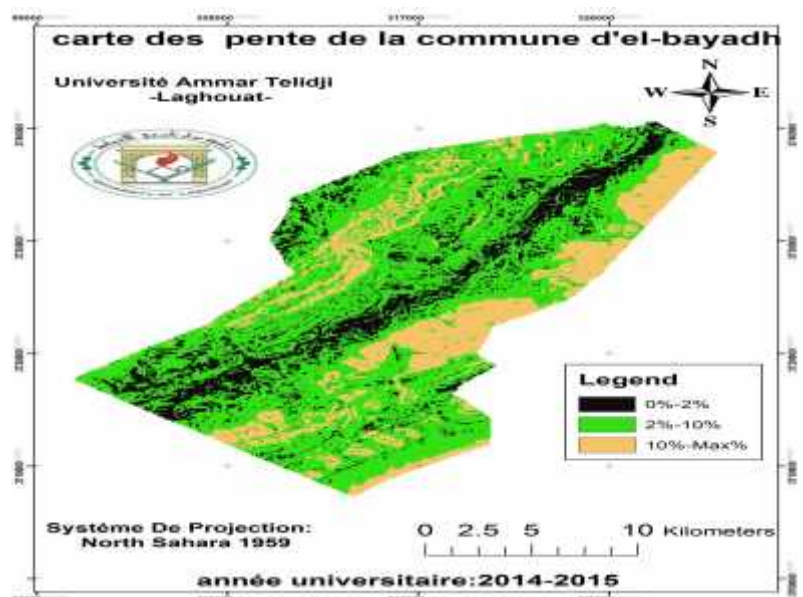


Figure II.9. Carte d'indice de végétation SARVI de la commune d'El-Bayadh (SPOT5-2006)

### II.5. 2. Réalisation de la carte des pentes

La carte des pentes est une couche essentielle dans les études des risques majeurs, du fait qu'elle définit la topographie de terrain sous forme de classes. Pour notre cas la carte a été créée sous le logiciel Arc GIS.

Figure II.10. Carte des pentes de la commune d'El-Bayadh



### II.5. 3. Carte lithologique

Nous avons extrait la carte lithologique qui correspond à l'étendu de la de la commune d'El-Bayadh, cette extraction nous a permis d'identifier les roches composants les unités géologiques et les classer selon leur aptitude à l'inondation.

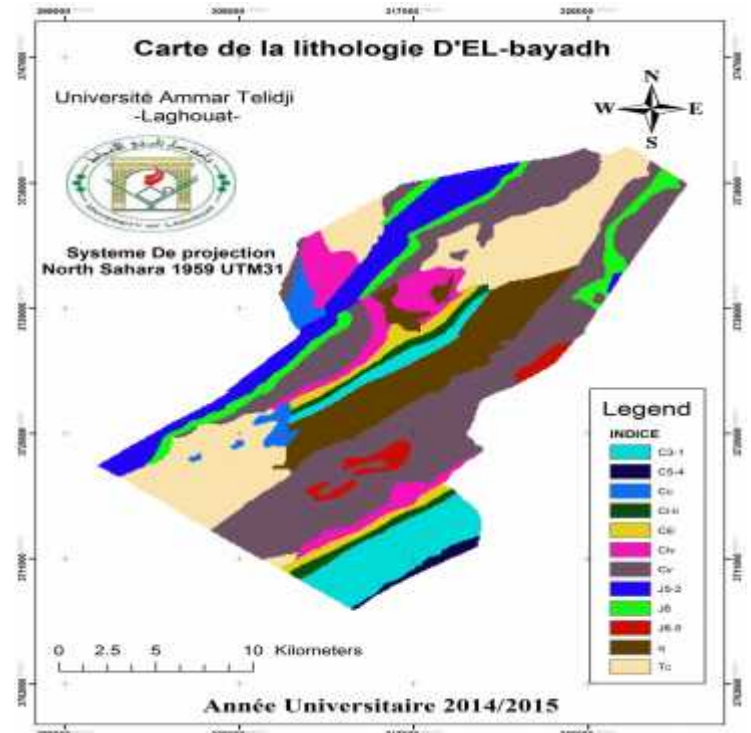


Figure II.11.Extrait de la carte lithologique de la commune d'El-Bayadh

### II.5.4. Données météorologiques

Grace aux informations ramenées auprès de la direction régionale de météorologie d'Oran, nous avons effectué une interpolation des mesures de pluviométrie à partir de dix stations de : El-Bayadh, Naama, Ain-Sefra, Laghouat, Hassi R'mel, Ghardaïa, Saida, Tiaret, Bechar et Adrar.

L'interpolation effectuée est de type Inverse de la Distance Pondérée (IDW) sous Arc GIS. Elle est basée sur le principe suivant : les points proches tendent à être similaires, ainsi les points éloignés auront un poids moindre dans les calculs.

L'extraction à partir de la carte globale, montre qu'il y a une classe de pluviométrie pour la commune d'El-Bayadh, la classe correspond à une précipitation faible de 361 mm/an.

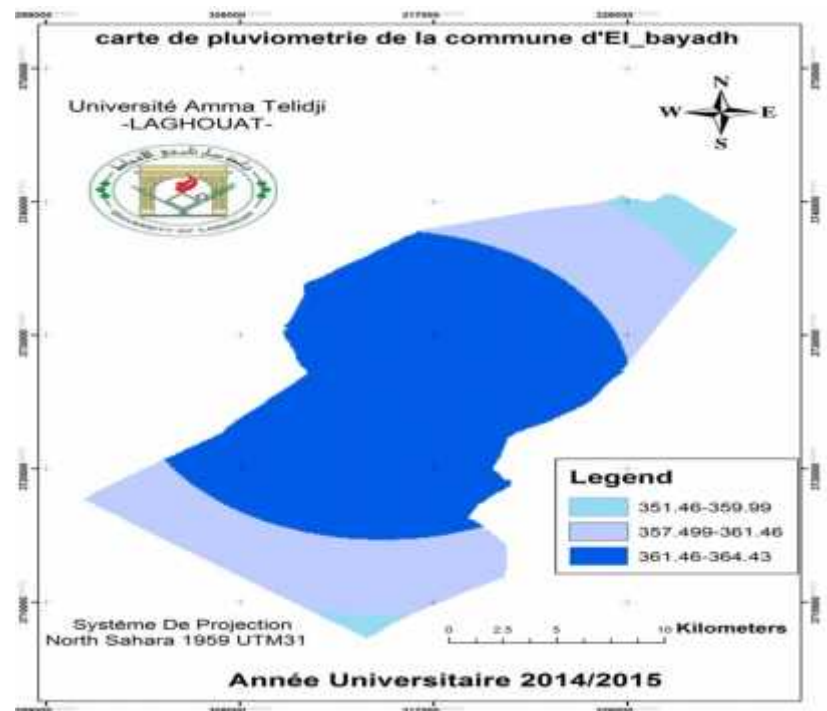


Figure II.12. Carte pluviométrique de la commune d'El-Bayadh

- **Carte des bassins versants**

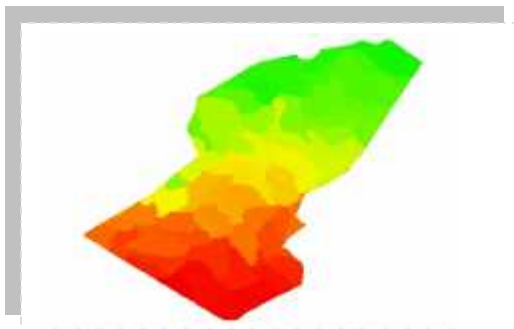
Cette carte possède des applications multiples, dans notre cas nous l'avons utilisé pour l'intégration de risque d'inondation selon les bassins versants. Pour arriver à cette délimitation nous devons disposer d'une grille d'altitude (MNT), les étapes suivies sous Arc GIS sont :

**Identification des puits :** mise en évidence, comptage des cellules identifiées comme étant des points bas et pouvant perturber le calcul d'écoulement.

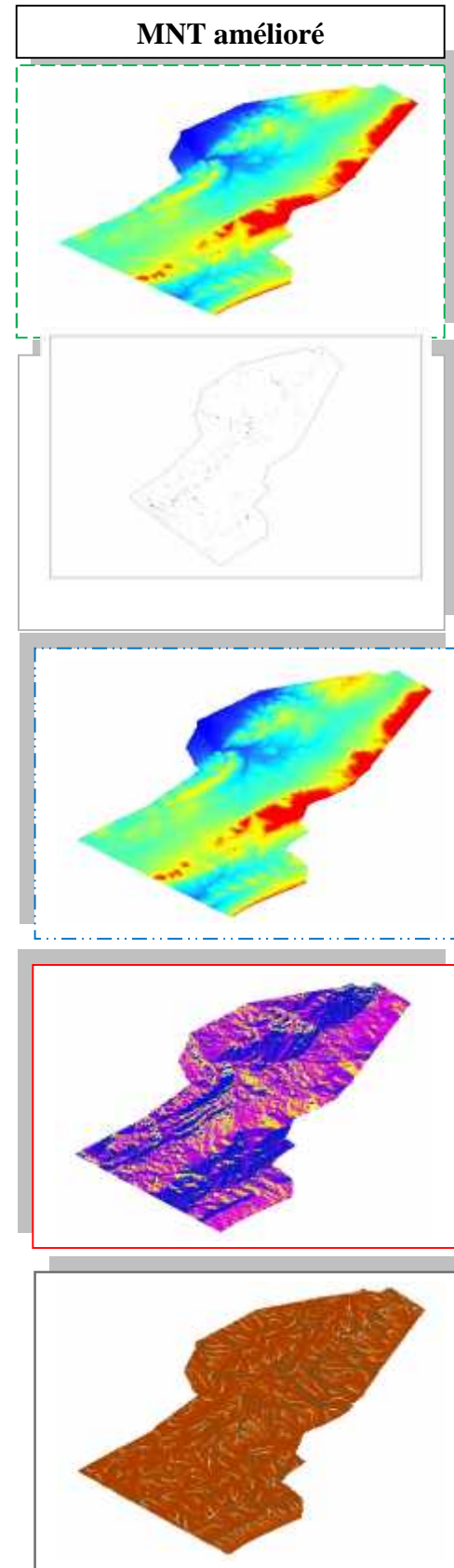
**Correction du MNT :** cette étape permet de combler les cellules identifiées comme étant des points bas.

**Calcul des directions des écoulements à partir du MNT corrigé.**

**Accumulation des écoulements :** cette étape permet de calculer la quantité d'eau accumulée dans la cellule du fait des écoulements en amont.



**Figure II.13.** Etapes de délimitation des bassins versants [14]



**Délimitation des bassins versants :** cette étape permet de générer une grille contenant la délimitation des bassins versants par un nombre de cellules minimum.

## II. 6 Conclusion

En plus de ces prétraitements, nous avons utilisé d'autres fonctions telles que la reclassification dans le cas où nous voulons regrouper certaines classes ou faire apparaître d'autres et le ré-échantillonnage qui permet de redéfinir la taille des pixels.

Ce genre de prétraitements est simple et leurs fonctions sont faciles à exécuter, néanmoins pour notre application nous avons besoin de créer les cartes des **risques d'inondation et d'érosion des sols** ce qui n'est pas facile sans le recours à une analyse multicritère et à une série de traitements précis sous Arc GIS.

## *Chapitre III*

# **Cartographie de l'inondation et d'érosion : approche d'élaboration et *résultats***

### III.1. Introduction

L'inondation qui fait partie des risques les plus répandus, est une submersion (rapide ou lente) d'une zone pouvant être habitée ; elle correspond au débordement des eaux lors d'une crue. Le débit d'un cours d'eau en un point donné est la quantité d'eau en (m<sup>3</sup>) passant en ce point par seconde ; il s'exprime en (m<sup>3</sup>/s). Une crue se traduit par une augmentation de la hauteur d'eau.

L'érosion du sol est une forme de dégradation au même titre que la compaction, la réduction des taux en matière organique, la détérioration de la structure du sol, le drainage souterrain insuffisant, la salinisation et l'acidification du sol. Toutes ces formes de dégradation, sérieuses en elles-mêmes, accélèrent l'érosion du sol.

La cartographie des risques d'inondation et l'érosion nécessite l'identification des paramètres déclenchant ce phénomène.

### III.2. Cartographie du risque érosion

L'érosion hydrique qu'elle soit pluviale ou fluviale s'accompagne par une mobilisation des alluvions apportées par l'écoulement à des époques géologiques antérieures. En cas d'un couvert végétal discontinu ou totalement absent, le ruissellement dû aux eaux de pluie et surtout à la suite d'averses torrentielles qui décape progressivement les horizons supérieurs du sol, jusqu'à atteindre parfois la roche mère.

De nombreuses recherches et articles ont été réalisés sur les risques de dégradations des terres agricoles. Différentes approches ont été conçues pour évaluer le risque d'érosion hydrique.

Dans notre cas d'étude, on a appliqué une approche qualitative faite à partir d'un modèle additif adéquat aux pays méditerranéens. (16)

$$\text{L'érosion} = ([\text{Sol}] * 30 + [\text{Pente}] * 35 + [\text{Géologie}] * 20 + [\text{Pluviométrie}] * 15) * 50 + [\text{couverture du sol}] * 50$$

Pour estimer l'aléa d'érosion, ce modèle utilise les facteurs suivants : la géologie, le sol, la pente, la pluie, l'occupation des sols. Différentes pondérations ont été attribuées à chacun de ces facteurs.

Le tableau suivant résume les paramètres liés à la combinaison des critères définissant le risque d'érosion au niveau de la commune d'ELBAYADH.


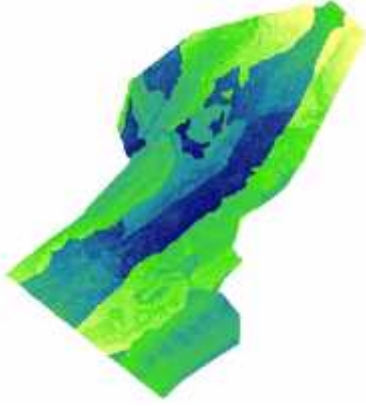




Type de données	Aperçu	Carte de risque d'érosion
Carte des pentes		
Carte lithologique		
Carte de pluviométrie		
Carte d'occupation des sols		
Carte des sols		

Tableau III.1. Paramètres et principe de création de la carte du risque d'érosion des sols

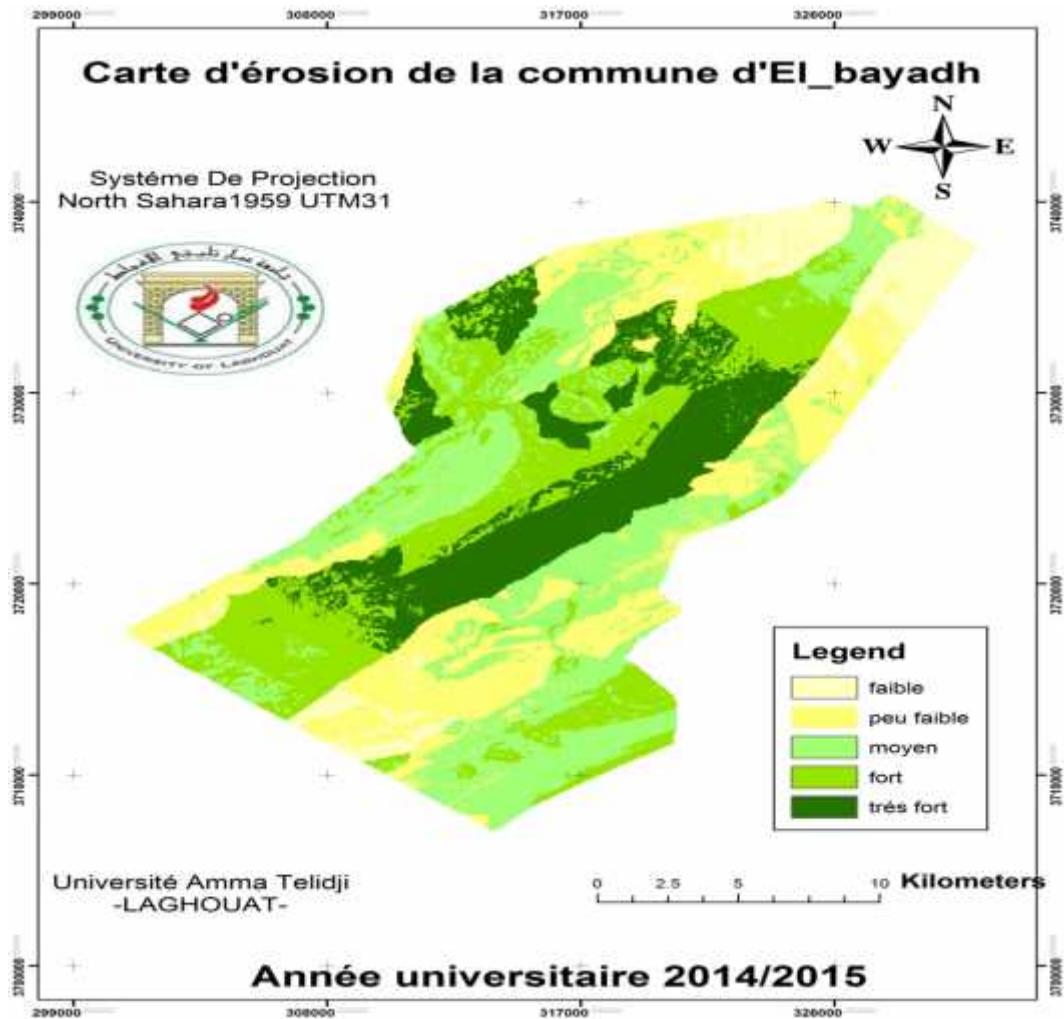


Figure III.1. Carte du risque d'érosion des sols

### III.3. Cartographie du risque inondation

L'inondation correspond au débordement des eaux lors d'une crue. Le débit d'un cours d'eau en un point donné est la quantité d'eau (m<sup>3</sup>) passant en ce point par seconde; il s'exprime en m<sup>3</sup>/s. Une crue correspond à l'augmentation du débit (m<sup>3</sup>/s) d'un cours d'eau, dépassant plusieurs fois le débit moyen : elle se traduit par une augmentation de la hauteur d'eau.

Contrairement au cas précédent et malgré qu'on utilise le même jeu de données cartes et images, la cartographie du risque d'inondation se diffère à celle d'érosion dans la manière de combinaison des critères.

Dans le premier cas, l'analyse spatiale peut servir à la réalisation de la carte demandée, mais dans le second cas, l'analyse multicritère ou la combinaison spatiale pondérée sont préconisées.

Dans notre étude nous avons sélectionné la méthode AHP (Analytical Hierarchy Process) pour faire la combinaison, c'est une Méthode à la fois puissante et souple de mise en œuvre et d'allocation des ressources en matière de gestion de portefeuille de produits.

### III.3.1. Analyse Multicritères et la méthode AHP

- **AMC**

Vincke a défini l'AMC ainsi : "l'aide multicritère à la décision vise, comme son nom l'indique à fournir à un décideur des outils lui permettant de progresser dans la résolution d'un problème de décision où plusieurs points de vue, doivent être pris en compte".

Sur le plan opérationnel, l'AMC compare des scénarios d'actions ou des variantes en fonction de problématiques générales.

L'AMC repose sur un ensemble de procédures permettant de détailler un problème décisionnel portant sur des situations complexes. Dans l'AMC, on cherche un domaine de résolution pouvant tenir compte de l'ensemble des critères susceptibles d'influencer la décision. Le critère se définit comme un facteur à prendre en considération pour évaluer un scénario donné ou pour apprécier une occasion d'actions. [19]

- **AHP**

La méthode AHP est un outil d'aide à la décision. La méthode permet notamment aux dirigeants de structurer les problèmes complexes auxquels ils sont confrontés en émettant des jugements selon leur expérience et les données informationnelles disponibles. [20]

Le processus d'analyse hiérarchique ou AHP est une méthode multicritère développée à la Wharton School of Business de l'Université de Pennsylvanie par T.L Saaty.

Échelle numérique	Échelle verbale
1.0	Importance égale des deux éléments
3.0	Un élément est un peu plus important que l'autre
5.0	Un élément est plus important que l'autre
7.0	Un élément est beaucoup plus important que l'autre
9.0	Un élément est absolument plus important que l'autre
2.0, 4.0, 6.0, 8.0	Valeurs intermédiaires entre deux jugements, utilisés pour affiner le jugement

Tableau III.2. Echelle de valeurs définie par Saaty [21]

La méthode AHP a été appliquée à de très nombreux problèmes. En 1995 on dénombrait plus de 1000 articles de revues scientifiques traitant de l'AHP. Elle a été implantée dans de nombreux logiciels d'aide à la décision tel (ExpertChoice, HIPRE3+, Which&why...).

Elle permet ainsi de résoudre un grand nombre de problèmes décisionnels de façon quantitative en élaborant un modèle d'aide à la décision, représenté sous la forme d'une hiérarchie.

Le principe de la méthode consiste à :

Étape 1 : Décomposer le problème complexe en une structure hiérarchique.

Étape 2 : Effectuer les combinaisons binaires.

Étape 3 : Déterminer les priorités.

Étape 4 : Synthétiser les priorités.

Étape 5 : Cohérence des jugements. (22)

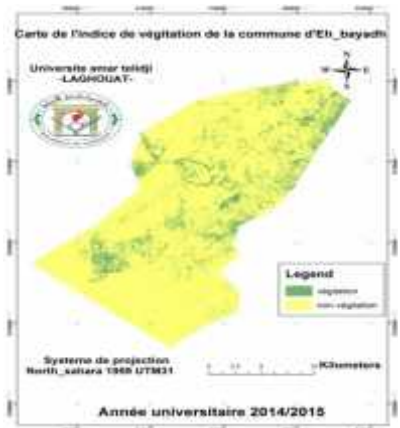
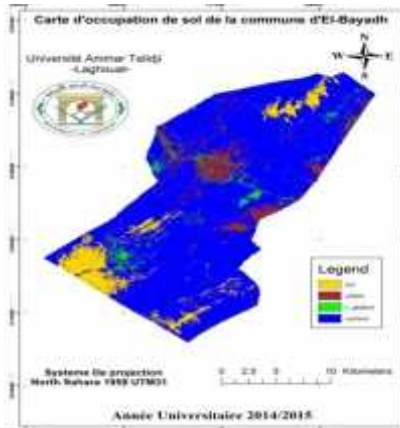
Afin de réussir le déroulement exact de notre approche méthodologique de pondération multicritères pour la l'élaboration de la carte du risque d'inondation, des prétraitements sont entrepris avant de les intégrer dans le processus SIG.

Ces derniers sont de deux types :

- Premier niveau relatif à l'analyse des données acquises selon leurs géométries, échelles,...
- Le deuxième niveau qui est le niveau avancé consiste à la création des cartes utiles et la cartographie des risques majeurs (inondation).

La figure ci-dessous résume les paramètres liés à la combinaison des critères définissant le risque d'inondation au niveau de la commune d'ELBAYADH.

**REALISATION DE LA CARTE DU RISQUE D'INONDATION**



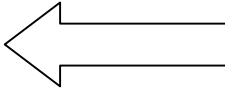
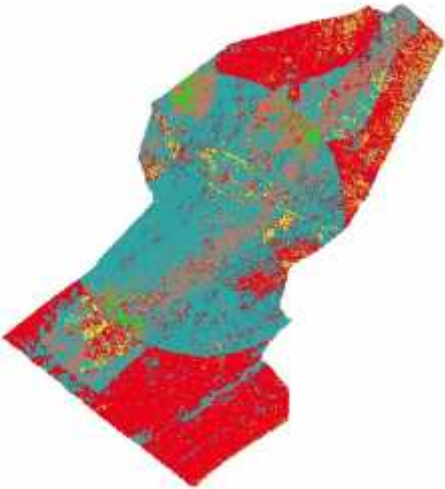
**Lithologie**

**PLUVIOMETRIE**

**OCCUPATION DES SOLS**

**SARVI**

**PENTE**



**RISQUE D'INONDATION**

Superposition pondérée

Raster	% Influence	Field	Scale Value
pluviometrie.tif	25	VALUE	1
		1	1
		2	3
		3	7
		NODATA	NODATA
occupation.tif	25	VALUE	1
		1	3
		2	3
		3	4
		4	2
		NODATA	NODATA
		VALUE	1
		1	1
		2	3
		NODATA	NODATA
		VALUE	1
		1	2

Somme des influences: 100 Définir une influence égale

Echelle d'évaluation: 1 à 100

Titre en sortie: D:\yessou\PROJON

OK Annuler Environnements Afficher l'aide >>>

Figures III.2. Processus de création de carte de risque Inondation

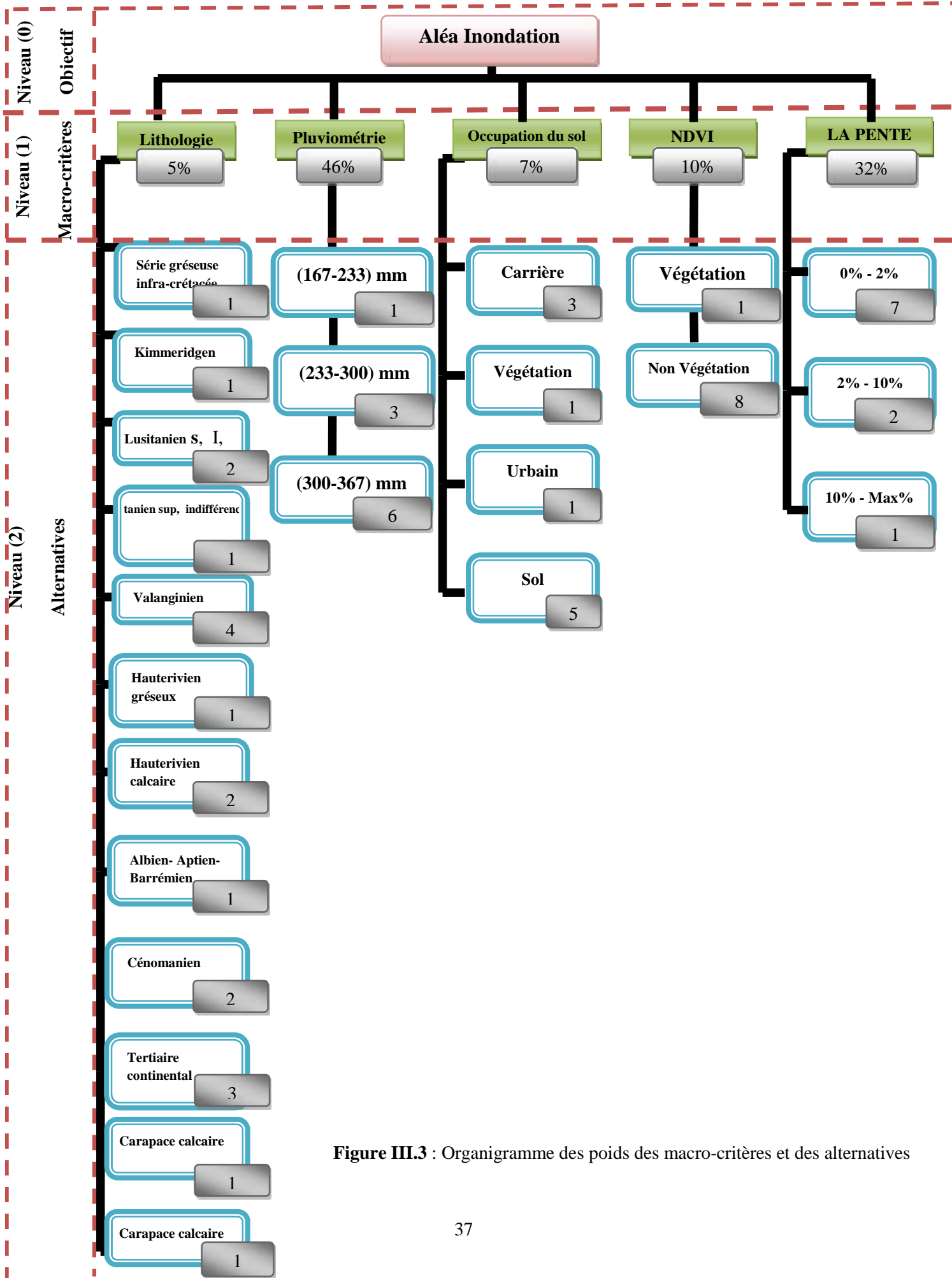


Figure III.3 : Organigramme des poids des macro-critères et des alternatives

Les deux cartes de risques : érosion des sols et inondation ont une représentation par classes qui expriment le degré du risque.

Cependant leur interprétation est difficile pour les non experts, pour cela il faut choisir des unités spatiales d'intégration qui sont de type soit administratives ou géographiques.

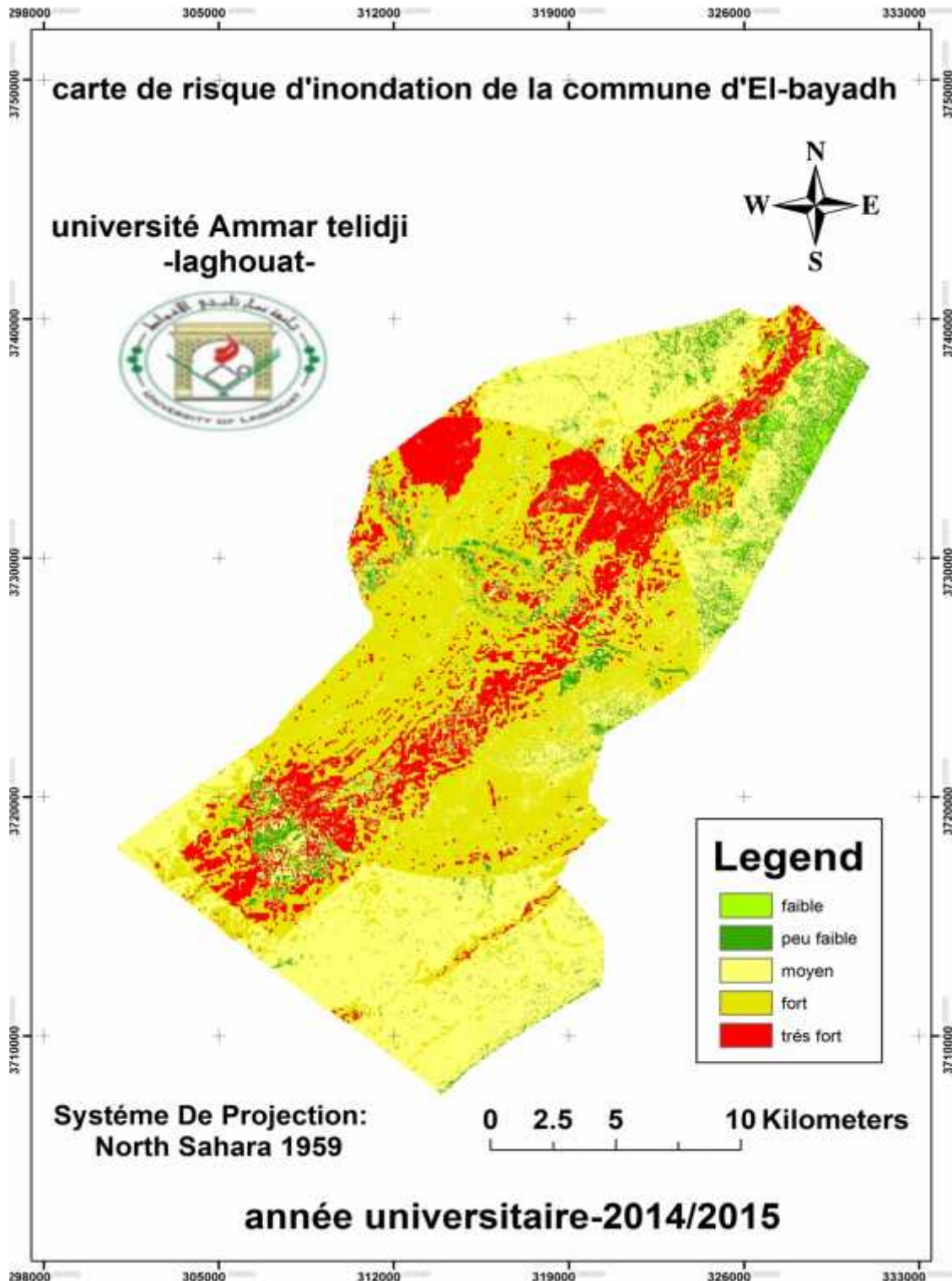


Figure III.4. Carte d'aléa du risque inondation

### III.3. 2. Choix de l'unité spatiale d'intégration

L'unité spatiale choisie doit permettre la délimitation de l'extension spatiale du système d'inondation, et qui offre l'avantage de visualiser les risques à l'échelle ou se déroule le processus inondation, cette entité spatiale est « le bassin versant ».

La Figure III.5 représente le résultat de la combinaison spatiale multicritère réalisée sous ArcGIS. La lecture de la carte finale montre qu'il y a 5 classes de terrains qui se différencient en termes de risque, autrement dit, elle représente une carte de prise de décision à l'échelle communale, les terrains sont bien classés et identifiés.

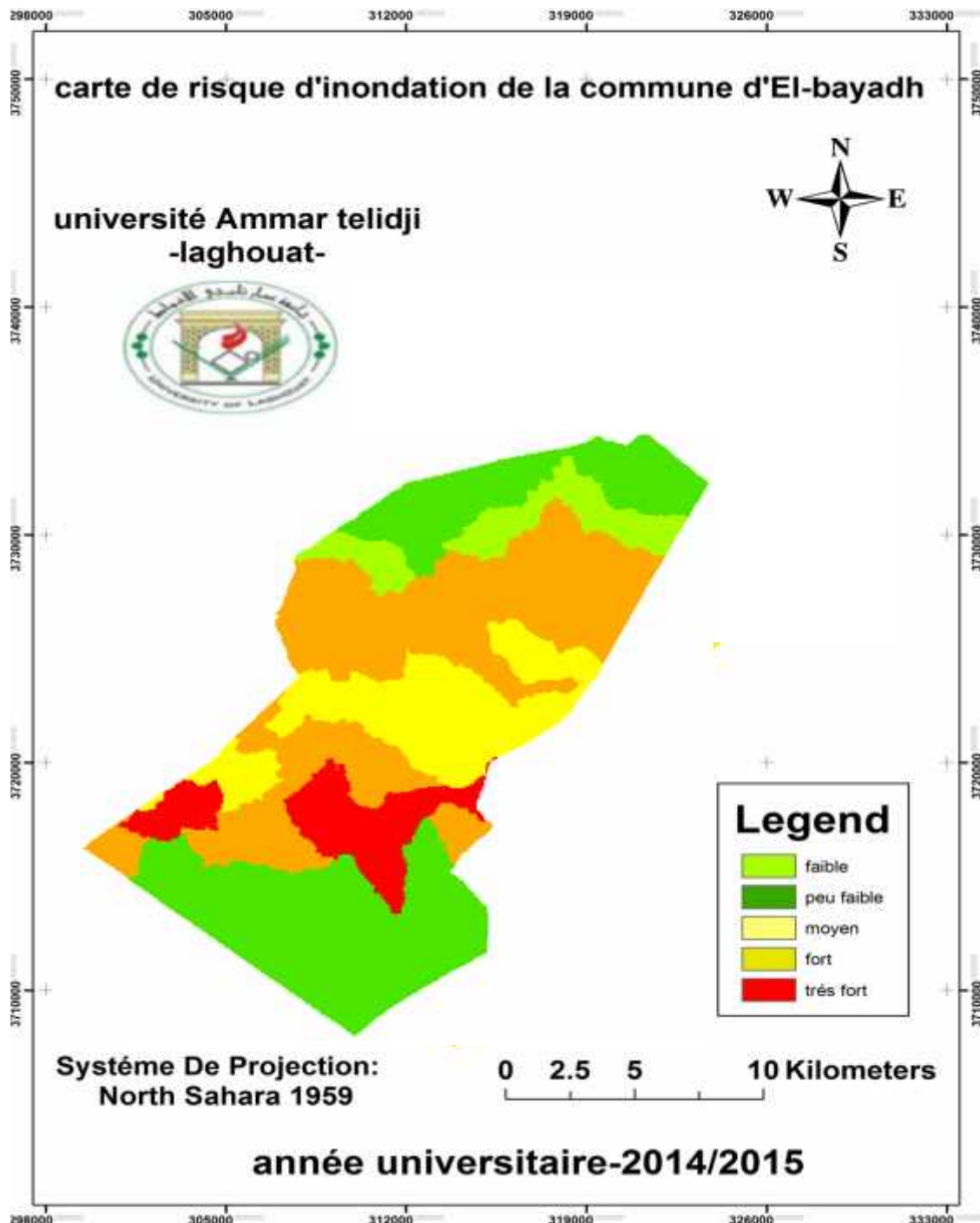


Figure III.5. Carte du risque d'inondation par bassins versants

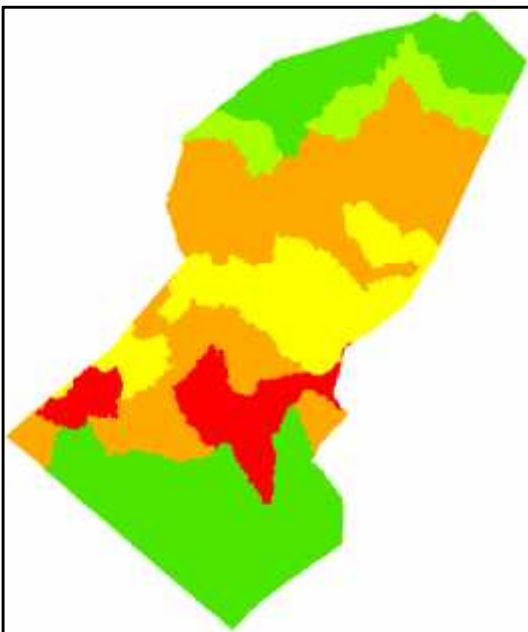
### III.3.3. Etude comparative

L'objectif principal de cette recherche était dans un premier temps d'analyser le risque géographiquement et l'amélioration de la carte d'aléa inondation par l'utilisation de l'imagerie SPOT5 et la prise en compte de d'autres critères tels que la carte d'érosion.

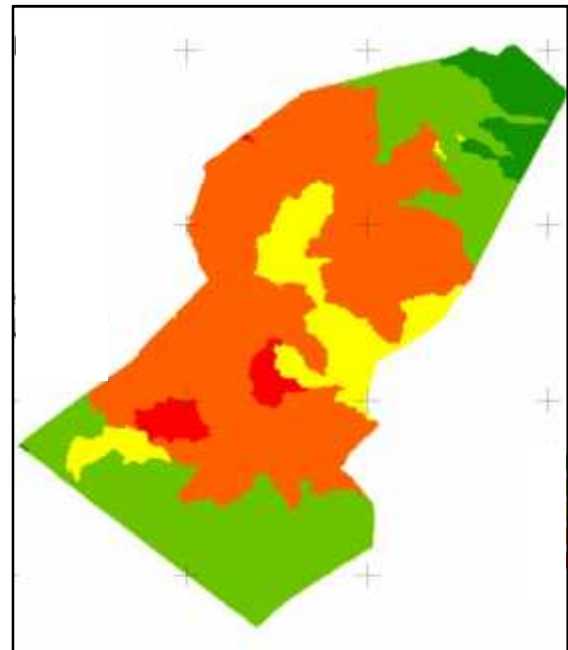
Comparativement aux résultats des recherches précédentes (de l'année passée) nous estimons que le changement de la qualité de l'image satellitaire - forcément la carte d'occupation de sol et la carte de l'indice de végétation - il améliore relativement la carte d'aléa inondation, ici il faut rappeler que les pondérations des deux couches (l'occupation de sol, et l'indice de végétation) ne dépassent pas 20%, et la majorité de pondération localise dans les facteurs pente et pluviométrie.

En plus on peut utiliser la carte d'érosion comme un facteur supplémentaire pour confirmer et assurer la qualité des résultats de la carte aléa inondation.

Cette étude comparative nous a permis aussi d'identifier les endroits susceptibles d'être touchés par l'inondation et déterminer leur degré de risque.



**Figure III.6.** Carte du risque d'inondation  
(à partir de la scène SPOT5)



**Figure III.7.** Carte du risque d'inondation  
(à partir de la scène LANDSAT8)

## Conclusion

De la fonction la plus simple à la fusion du haut niveau, sont appliquées pour préparer le jeu de données à intégrer dans notre application, et pendant toutes les étapes, nous avons veillé à assurer une précision acceptable.

Les préférences des deux niveaux pour la méthode AHP varient entre 1 et 9 selon l'échelle de saaty.

L'indice de cohérence de la vérification des matrices de pondération de la méthode AHP : ratio de cohérence  $Cr < 0,10$ .

La normalisation des différentes couches d'information combinées consiste à étaler la radiométrie de 0 à 255 et à ré-échantillonner tous les rasters sur 30 m.

Les normes de conception des bases de données ont été respectées notamment la cohérence logique et le contrôle de la redondance.

[10] **Fatima Zohra YOUNSI, Djamila BOUALOUAN, Djamila HAMDADOU, Bouziane BELDJILALI, 2010** « *Application du multicritère pour l'aide à la décision en aménagement du territoire* » Université d'Oran Es-sénia.

[11] **Ecole de Technologie Supérieure, 2012** « *Analytic Hierarchy Process* » Université du Québec.

[13] **Office National des Aéroports, 2009** « *Analyse Multicritère d'Aide à la décision – Méthodes et concepts-*».

Les crues et inondations urbaines posent un problème majeur et croissant pour le développement. Sur fond de croissance démographique, de tendance à l'urbanisation et de changement climatique, les causes des inondations évoluent, et leurs impacts ne cessent de s'intensifier. Ce défi considérable et changeant impose aux décideurs d'acquérir une connaissance plus fine du problème afin de gérer plus efficacement les risques actuels et futurs.

Ce mémoire est axé sur la problématique des inondations et de leur étude par l'utilisation des données mixtes dans le cadre de mise en place d'un SIG. Nous estimons que les résultats de ce travail pourraient constituer un document d'aide à la décision en termes de prévention, de prévision, de protection des espaces contre le risque d'inondation.

### **Apports du SIG**

- L'outil SIG mis en place dans le cadre de ce travail, donne une vue d'ensemble qui récapitule les principaux aspects avec lesquels les décideurs doivent se familiariser pour formuler des orientations politiques et élaborer des cadres stratégiques en vue de la bonne gestion du risque croissant d'inondation.
- Le support de décision élaboré, permet de trouver des solutions d'aménagement durable qui tient compte des paramètres hydrauliques.
- Enfin cet outil s'applique à la planification d'une région: il faudra éviter de placer des activités vulnérables et critiques dans des zones d'aléas forts pour ne pas les exposer à un risque.

### **Recommandations**

Certaines recommandations doivent être prises en considération pour la réussite des stratégies de lutte contre les inondations :

- Concrétisation des projets de recherche qui visent à développer la connaissance des phénomènes ou à mettre en place des architectures de service, par le transfert des résultats scientifiques au monde opérationnel.
- Le renforcement des dispositions légales et réglementaires en matière de gestion des risques, notamment la loi n° 04-20 du 13 Dhou El Kaâda 1425 correspondant au 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable, par l'exigence et l'application des mesures de lutte contre les inondations dans les études d'aménagement selon le cas étudié:
- L'augmentation des capacités d'écoulement consiste à modifier le cours d'eau de telle sorte qu'il puisse supporter un débit plus important sans qu'il ait débordement. Les aménagements concernés sont : recalibrage du cours d'eau, endiguement du cours

d'eau, reboisement, recalibrage des ouvrages d'art, recalibrage des systèmes d'évacuation de l'eau.

- L'augmentation des capacités de stockage consiste à stocker pendant un certain temps un volume d'eau de telle sorte à laminer le débit de pointe en aval de la zone de stockage. Le débit étant moins fort. Le débordement est moins important. Les aménagements qui permettent ce type de comportement : préservation des zones d'expansion des crues, barrage ou retenue d'eau, réservoirs d'orage.
- Limitation des vitesses d'écoulement, soit au niveau du bassin versant, soit au niveau du cours d'eau. En réalisant ces travaux qui ont pour objet la lutte contre le ruissellement et l'érosion des sols, par conséquent la régularisation du débit liquide du cours d'eau et la diminution du débit solide.

### **Perspectives**

Cette étude ouvre des pistes de réflexion autour des axes suivants :

- Amélioration de la qualité des cartes de risque aléa par l'acquisition des données plus précises sur la perméabilité des sols pour passer des cartes hydrogéologiques interprétatives à l'échelle 1/200000 à une échelle plus grande, ce qui va permettre aussi de normaliser les échelles d'analyse (échelle des données ANRH et imagerie spatiale).
- De tester l'approche développée dans le cadre de ce travail sur d'autres zones autres, comparer les résultats pour étudier la possibilité de la validation de cette approche.

## **BIBLIOGRAPHIE**

- 1- **Mr : belagoune fares ,2012** « étude et modelisation des crues des cours d’eaux en milieu semi-aride ».
- 2- **Mr. Abdallah boubchir , 2008** « risques d’inondation et occupation des sols dans le thore ». (Région de labruguere et de mazamet).
- 3-problematique du risque inondation en milieu urbain ; cas de l’agglomeration de sidi bel abbes, juillet **2011**.
- 4- **merabet 2006** « problematique du risque inondation en milieu urbain ; cas de l’agglomeration de sidi bel abbes ».juillet **2011**,
- 5- Direction générale de la protection civile.
- 6- salomon **1997**
- 7- Ministère de l’écologie et du développement durable.
- 8- Ledoux **2006**.
- 9-étude de l’alea inondation et cartographie des zones inondables sur les secteurs du valat de la reyne et de gallician. (**Juin 2004**)
- 10-**mr benmia kouider**, « evaluation de la performance des barrages de protection contre les inondations cas de la ville de ghazaouet »
- 11-**Bouakkaz Tarek 2014** « étude de changements des paramètres d’inondation dans le temps »
- 12- valérie borrell estupina cours d’hydrologie générale module flst403 12 **Montpellier 2011**.
- 13- **Lawani A. MOUNIROU** « Etude du ruissellement et de l’érosion à différentes échelles spatiales sur le bassin versant de Tougou en zone sahélienne du Burkina Faso : Quantification et transposition des données »
- 14- **Aouatif CHEGGOUR**, Mesures de l’érosion hydrique à différentes échelles spatiales dans un bassin versant montagneux semi-aride et spatialisation par des S.I.G. : Application au bassin versant de la Rhéraya, Haut Atlas, Maroc.
- 15-Mst d’hydrogéologie, **Marrakech**. [www.saidi.ma](http://www.saidi.ma)
- 16- **HUSSEIN El Hadj Hassan, 2011** « Les apports d’un SIG dans la connaissance des évolutions de l’occupation du sol et de la limitation du risque érosif dans la plaine de la Bekaa (Liban) ». Université d’Orléans France.
- 17-**Mme MAHDI Née ABDEDDAIM Hakima** «Contribution à la mise en œuvre d’une méthode d’analyse du risque d’inondation et de prévision des solutions d’aménagement».
- 18-**Frédéric GRELOT** «GESTION COLLECTIVE DES INONDATIONS».
- 19- **Fatima Zohra YOUNSI, Djamila BOUALOUAN, Djamila HAMDADOU, Bouziane BELDJILALI, 2010** « Application du multicritère pour l’aide à la décision en aménagement du territoire » Université d’Oran Es-sénia.
- 20- Ecole de Technologie Supérieure, **2012** « Analytic Hierarchy Process » Université du Québec.
- 22- Office National des Aéroports, **2009** « Analyse Multicritère d’Aide à la décision – Méthodes et concepts-».