

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة عمار ثليجي بالأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT

كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
قسم البيولوجيا
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sciences Ecologiques

Option : écologie végétale et environnement

THEME

***ETUDE DU RISQUE D'INONDATION AU MOYEN DES DONNEES
SENTINEL-2, CAS DE L'OUED ISSER (BOUMERDES L'ALGERIE)***

Présenté par :

KHELIFI Rahma

NEDJAM Lamaria

Devant le jury :

Président(e) : MARFOUAA Meriam

Rapporteur : BEN CHATTOUH Ahmed

Co_rapporteur : DJABALLAH Ahmed

Examineur (rice) s : CHAIBI Rachid

Soutenu publiquement le :2018.

Remerciement

Au terme de ce travail, nous remercions **Allah** tous puissant pour son aide et sa bénédiction.

Notre profonde gratitude à notre encadreur **Ben chattouh Ahmed** qui à diriger ce travail avec beaucoup de compétence et d'efficacité, ainsi que pour son entière disponibilité malgré ses nombreuses charges scientifiques, et cou encadreur **Djeballa Ahmed** pour ses orientations et ses conseils qui nous ont été d'un grand apport.

A toutes les personnes qui ont contribués à la réussite de ce travail soit en prenant part aux débats, soit en fournissant des documents ; nos Sincères remerciements.

Enfin nous tenons à remercier tous les collègues de master 2 écologie et environnement et tous les enseignants du département de biologie. Un grand merci à tous.

Dédicaces

*Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut...
Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude,
L'amour, le respect, la reconnaissance...
Aussi, c'est tout simplement que*

*Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut...
Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude,
L'amour, le respect, la reconnaissance...
Aussi, c'est tout simplement que
Je dédie cette
Thèse ...*

À MES CHERS PARENTS

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive

. A MES CHERS ET ADORABLE FRERES ET SŒURS

Mon frère kaddour et mes sœurs messouda et kheira que j'aime profondément. En témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et que Dieu, le tout puissant, vous protège et vous garde.

À mes chers frères et sœurs

Aissa et zaineb aya Aucune dévotion ne peut exprimer tout l'amour que vous aimez , Votre joie et votre joie, je suis heureux. Dieu vous protège, illumine votre chemin,

À MA GRANDE MÈRE CHERIE

*Qui m'a accompagné avec ses prières, sa douceur, Dieu l'a longtemps prêté
Vie et bcp de la santé et du bonheur dans les deux cas.*

À MES CHERS ONCLES, TANTES, LEURS EPOUX ET EPOUSES

A MES CHERS COUSINS COUSINES

Veuillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.

À MES AMIS DE TOUJOURS : RAHMA, SOUMAIA,

et tous les amis étudiant et qui les aiment, ... En souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble. Veuillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.

Un dédicace spécial à tous ceux qui m'ont aidé et se sont levés avec moi merci

beaucoup

A TOI LAMARIA



Dédicace

Je dédie ce mémoire

*A mes **parents** pour leur amour inestimable, leur confiance, leur soutien, leurs sacrifices et toutes les valeurs qu'ils ont m'inculquer.*

*A mes frères: **Mohamed, Abed alhamide.***

*A mes sœurs : **Fatíha, Saída, et .Barkahem .***

A toutes les familles pour leurs conseils et leurs encouragements.

*Et mon ami dans ce travail **nedjam lamaría***

A tous mes amis sans exception, et je vous souhaite la prospérité et le succès.

Ainsi à toutes personnes qui m'ont encouragé ou aidé au long de mes études.

RAHMA .K

Résumé

La problématique des risques naturels en général et des inondations en particulier est un sujet d'actualité qui marque une action mémorable dans le monde et spécifiquement en Algérie, notamment au regard des dernières grandes crues catastrophiques. En effet, la gestion de ce risque devient de plus en plus une nécessité qui doit inclure tous les acteurs et tous les moyens disponibles possibles. Dans ce travail, on a exposé la cartographie de l'aléa d'inondation par l'approche de la modélisation AHP à travers l'exemple, du bassin versant d'Isser. Cette AHP est scindée en appuyant sur la contribution du système d'information géographique (ArcGIS et ENVI). Les résultats obtenus au moyen de l'approche AHP/SIG montrent que le bassin versant de l'oued Isser produit une quantité moyenne des pertes en sol de l'ordre de 0,17 t/ha/crue avec un écart type de 0,045. La quantité totale des terres arrachées par l'inondation est de l'ordre de 770 000 de tonnes par crue avec des valeurs maximales et minimales de l'ordre de 0,40 et 0,25 t/ha/crue respectivement.

Mots clés : Aléa, Inondation, risque, Isser, Arc Gis, Approche AHP/SIG.

Abstract

The issue of natural hazards in general and Floods in particular is a topical issue that marks a memorable action in the world and specifically in Algeria, especially with regard to the latest major catastrophic floods. Indeed, the management of this risk is becoming more and more a necessity which must include all the actors and all the available means possible. In this work, flood hazard mapping was exposed by the AHP modeling approach through the example of the Isser Watershed, which split and by supporting the contribution of the geographic information system. (ArcGIS and ENVI) .The results obtained using the AHP / GIS approach show that the Oued Isser watershed produces an average amount of soil losses of the order of 0.17 t / ha / flood with a standard deviation of 0.045. The total amount of land archived by the flood is of the order of 770 thousand tons per flood with maximum and minimum values of the order of 0.25 and 0.40 t / ha / flood respectively.

Key-words: hazard, flood, Isser, Arc Gis, AHP / GIS approach.

الملخص

إن قضية الأخطار الطبيعية بشكل عام والفيضانات بشكل خاص هي قضية الساعة التي تمثل عملاً لا ينسى في العالم وتحديداً في الجزائر ، خاصة في ضوء أحدث الفيضانات الكارثية في الواقع أصبحت إدارة هذا الخطر أكثر فأكثر ضرورة يجب أن تشمل جميع الجهات الفاعلة وجميع الوسائل المتاحة الممكنة . في هذا العمل ، تم الكشف عن خرائط مخاطر الفيضانات من خلال نهج النمذجة في AHP من خلال نموذج مستجمع مياه Isser. يتم تقسيما هذا AHP عن طريق الضغط على مساهمة نظام المعلومات الجغرافية (ArcGIS) و (ENVI). تظهر النتائج التي تم الحصول عليها باستخدام نهج AHP / GIS أن مستجمعات المياه Oued Isser تنتج كمية متوسطة من فقدان التربة بترتيب 0.17 طن / هكتار / فيضان مع انحراف معياري قدره 0.045 . وتبلغ الكمية الإجمالية للأرض التي مزقتها الفيضانات حوالي 770,000 طن لكل فيضان مع قيم قصوى ودنيا تبلغ حوالي 0.40 و 0.25 طن / هكتار / فيضان على التوالي.

الكلمات المفتاحية: *AHP / GIS* ، نهج *Arc Gis* مخاطر ، فيضان ، يسر (واد) ،

Liste des figures		
	Titre	Pages
Figure 1.	Définition du risque	03
Figure 2.	Inondation de Plaine :	07
Figure 3.	Inondation par remontées des nappes phréatiques.....	07
Figure 4.	Inondation par crues torrentielles	08
Figure 5.	Inondation par ruissellement en secteur urbain.....	09
Figure 6.	Mécanismes à l'origine de la genèse des crues	13
Figure 7.	Dégât d'inondation.....	15
Figure 8.	Les composantes principales de SIG	16
Figure 9.	Structure d'un SIG	17
Figure10.	Composants du processus de Télédétection par satellite.....	18
Figure11.	Localisation de la zone d'étude.....	21
Figure12.	carte de précipitation.....	25
Figure13.	les courbes de niveau.....	27
Figure14.	carte des pentes (%).....	28
Figure15.	carte d'exposition des reliefs.....	29
Figure16.	carte de réseau hydrographique du bassin versant de l'oued isser.....	31
Figure17.	Organigramme général de l'approche AHP/SIG pour l'estimation du risque d'inondation.....	37
Figure18.	La carte d'érosivité R.....	41
Figure19.	Carte de type du sol facteur K.....	43
Figure20.	Carte de la pente S.....	44
Figure21.	Carte de la densité de drainage Dd.....	45
Figure22.	Carte du facteur du couvert végétal C.....	46
Figure23.	Carte de l'érosivité des pluies obtenue par l'AHP.....	48
Figure24.	carte d'érodibilité du sol par obtenue par l'AHP.....	49
Figure25.	Carte d'occupation du sol obtenue par AHP.....	51
Figure26.	Carte de la densité de drainage obtenue par l'AHP.....	52
Figure27.	Carte des pentes obtenues par AHP.....	54
Figure28.	. Carte de l'aléa d'inondation de bassin versant d'Isser.....	56
Figure29.	Distribution des classes d'inondation en t/ha/ crue en fonction des surfaces.....	57

Liste des tableaux

N°	Titres	Pages
Tableau1	Quelques satellites d'observation de la terre.....	18
Tableau2	Les classes de pente de la zone d'étude.....	28
Tableau3	Surface des orientations des reliefs.....	30
Tableau4	Caractéristiques des stations pluviométriques.....	33
Tableau5	Caractéristiques physiographiques du bassin versant de l'oued ISSER.....	33
Tableau6	Matrice de comparaison et calcul de son vecteur propre.....	35
Tableau7	Échelle proposée par SAATY (1991).....	36
Tableau8	Valeurs de CA en fonction de l'ordre de la matrice.....	36
Tableau 9	Les valeurs de R mesurés.....	40
Tableau10	définir type de sol	42
Tableau11	Evaluation de l'érosivité des pluies selon l'échelle de Saaty.....	47
Tableau12	Evaluation d'érodibilité selon l'échelle de Saaty.....	49
Tableau13	évaluation d'occupation des sols selon AHP.....	50
Tableau14	Evaluation de la densité de drainage selon AHP.....	52
Tableau15	Evaluation des pentes selon AHP.....	53
Tableau16	l'évaluation des critères selon l'échelle de Saaty.....	54
Tableau17	Les classes d'inondation selon la technique AHP	56

LISTE DES ABREVIATIONS

SIG : Système d'Information Géographique

AHP : Analyse hiérarchique multicritères

MNT : Modèle Numérique de Terrain

SRTM: Shuttle Radar Topography Mission

ETM+: Enhanced Thematic Mapper +

UTM: Universal Transverse Mercator

USGS: United States Geological Survey

WGS84: World Geodetic System 1984

MSI : Multi spectral Instrument

P: Precipitations (mm)

X: Longitude (m)

Y: Latitude (m)

IC : indice de cohérence

RC : ratio de cohérence

CA : cohérence aléatoire

J.O.R.A : Journal Officiel de la République Algérienne

Medd : ministère de l'Écologie et du Développement durable

Table des matières

Résumé	i
Abstract	..ii
ملخص	..iii
Dédicaces.....	iv
Remerciements.....	v
Liste des tableaux	vi
Liste des figures	vii
Liste des abréviations	..viii

1. Introduction générale.....	1
-------------------------------	---

Chapitre I. Généralités sur l'Aléa d'inondation

1.1. Introduction.....	3
1.2. Généralités sur les risques.....	3
1.2.1. Qu'est qu'un risque ?	3
1.2.2 Types des Risques.....	4
1.2.3 L'aléa	5
1.2.4 Connaissance des enjeux et de vulnérabilité	5
1.3 Les Risque des inondations.....	6
1.3.1 Types d'inondations	6
1.3.1.1 Inondations de plaines	6
1.3.1. 2 Inondations Par Remontées Des Nappes Phréatiques	7
1.3.1. 3 Inondations Par Crues Torrentielles	7
1.3.1. 4 Inondations Par Ruissellement En Secteur Urbain	8
1.3.1. 5 Inondations Par Rupture D'ouvrage Ou D'embacle	9
1.3.1 .6 Inondations Marines	9
1.3.2 Paramètres fondamentaux du cours d'eau	10
1.3. 2.1 Lits du cours d'eau	10
1.3.2.2 Rive, Berge.....	10
1.3.2 .3 Ripisylve.....	11
1.3.2. 4 Crue.....	11
1.3.2. 4.1 les Différentes Crues Selon Les Saisons	11
1.3.2. 4.2 Le Processus De Formation Des Crues	12

1.3.3 L'homme Et L'inondation	13
1.3.4 Gestion Des Inondations	14
1. 3.5 Les Factures Influençant l'inondation	14
1.4 Historique Des Inondations En Algérie	14
1.5 Aperçu sur le SIG et la télédétection	16
1.5.1 Définition d'un SIG.....	16
1.5.2 Fonctionnalité du SIG	16
1.5.3 Composants du processus de télédétection.....	17
1. 6 .Conclusion	19

Chapitre II. Données et Méthodes

2.1 Introduction.....	20
2. 2 Présentation de la zone d'étude.....	20
2.2.1 Situation géographie	20
2.2.2 Aperçu physiographique du milieu	21
2.2.2.1 Géologie du bassin versant.....	21
2.2.2.2 Topographie	23
2.2.2.3 Végétation	23
2.2.2.4 Climat.....	24
2.3 Données et méthode	26
2.3.1. Les dérivées du MNT	26
2.3.1. 1 Les courbes des niveaux.....	27
2.3.1.2 Les pentes	27
2.3.1.3 Expositions.....	29
2.3.1.4 Le réseau hydrographique et localisation des ravinements	30
2.3.2. Les images satellitaires (Sentinel-2).....	32
2.3.3. Les données climatiques	32
2.3.3.1 Modélisation des paramètres climatiques	32
2.3.3.2 Caractéristiques des stations pluviométriques.....	32
2.3.3.3 Les courbes d'isohyètes et d'iso thermiques du bassin versant	33
2.3.4 Les méthodes d'analyse multicritères	34
2.4. Conclusion	38

Chapitre III. Résultats et discussion

3.1. Introduction.....	39
3.2. Démarches cartographiques de l'aléa d'inondation au moyen de l'approche AHP/SIG ..	40
3.2.1. Le facteur R (l'érosivité de pluie)	40
3.2.2. Le facteur K (érodibilité).....	42
3.2.3 Le facteur S (la pente)	44
3.2.4 Facteur Dd (densité de drainage).....	45
3.2.5 Facteur C (occupation du sol)	46
3.3 Évaluation des facteurs de l'inondation par la méthode AHP	47
3.3.1 Pondération du critère selon l'échelle de Saaty	47
3.3.1.1. Evaluation de l'érosivité des pluies R selon Saaty.....	47
3.3.1.2 Évaluation d'érodibilité du facteur K selon Saaty.....	48
3.3.1.3 Évaluation du facteur C selon de Saaty.....	50
3.3.1.4 Évaluation du facteur Dd selon Saaty	51
3.3.1.5 Évaluation du facteur S selon Saaty	53
3.3.2 L'évaluation de l'aléa d'inondation au moyen de la technique AHP/SIG	54
Conclusion Générale.....	59
Références Bibliographiques.....	61

L'Algérie est l'un des pays confrontés aux phénomènes de crues et d'inondations qui se manifestent de façon catastrophique constituant ainsi une contrainte majeure pour le développement économique et social (Lahlah, 2004). Les catastrophes qu'a connues l'Algérie récemment en particulier les inondations à Bab El Oued et de Ghardaïa montrent qu'en de telles situations, les préjudices humains et matériels peuvent être considérables.

Par ailleurs, parmi les quatorze risques majeurs répertoriés par l'ONU, le risque d'inondation en Algérie fait partie des dix risques majeurs présents sur le territoire et cités par la loi 04-20 du 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable (JORA, 2004). Il est en deuxième position après les séismes et les risques géologiques dans le classement national des risques majeurs, vu l'ampleur des dégâts matériels et humains engendrés (Nouri et al., 2016). Ce phénomène est marqué comme l'une des catastrophes naturelles les plus nombreuses dont plusieurs étaient dévastatrices, les plus récentes sont les inondations d'Octobre 2008 (Ghardaïa), plus de 40 morts et des dégâts matériels très lourds; les inondations du 10-11 Novembre 2001 (Bab El-Oued en Alger) avec un bilan de 733 décès et 3000 sans-abri; les inondations d'Octobre 2000 (ouest algérien), plus de 24 décès; les inondations du 24 Octobre 2000 (Sidi Bel Abbès) qui résultent 02 décès et d'importants dégâts matériels; les inondations d'Octobre 1994 (plusieurs régions de pays) avec 60 décès et des dizaines de blessés pendant 10 jours et les inondations d'Octobre 1993 (Oued R'hiau, wilaya de Ghilizane) avec un bilan de 22 décès et 14 blessés (Bachi, 2011).

L'utilisation des techniques multicritères intégrées dans les outils spatiaux tels que le SIG et de la télédétection devient une approche d'aide indispensable pour la collection des données de différents facteurs influençant le risque d'inondation.

Le présent travail consiste à réaliser des cartes thématiques à l'aide des données satellites intégrées dans un environnement SIG, afin de mettre en évidence le comportement hydrologique du risque d'inondation (Furusho, 2010) dans le bassin versant d'Isser.

Donc une étude préliminaire de connaissance de terrain sera indispensable pour modéliser ces caractéristiques.

Pour ce faire, le bassin versant de l'oued Isser, région de Boumerdes a été choisi comme zone d'étude dans laquelle nous avons appliqué l'approche AHP/SIG afin de dresser une carte à risque d'inondation dans la région d'étude.

Objectif de notre travail est de collecter les différents facteurs du risque d'inondation au moyen du SIG et de télédétection en les intégrant dans l'approche *AHP* afin de classer en importance les facteurs influençant ce phénomène.

Ce chapitre consiste à présenter des généralités sur l'aléa d'inondation, ses origines et ses conséquences dans le monde et en Algérie.

Le présent travail s'articule autour de trois chapitres:

Chapitre I: Généralités sur l'aléa d'inondation.

Chapitre II: Données et méthodes.

Chapitre III : Résultats et discussion.

1.1. Introduction

Le phénomène d'inondation lors des précipitations est défini comme l'envahissement passager des lieux habituellement émergés par l'eau de pluie (Antoine et al., 2008). Les inondations résultent de l'accumulation des eaux en raison de facteurs géomorphologiques, hydrologiques, topographiques, météorologiques ou anthropiques d'une région donnée (Laceede, 2010) provoquant des risques naturels. Ce risque est intrinsèquement lié au lieu : certains espaces sont plus vulnérables à l'aléa que d'autres. L'aléa prend forme physiquement lorsque des inondations surviennent : il a une durée, une fréquence, une magnitude, une extension spatiale ... etc (Laganier et al., 2004).

Ce chapitre consiste à présenter des généralités sur l'aléa d'inondation, ses origines et ses conséquences dans le monde et en Algérie.

1.2. Généralités sur les risques

1.2.1. Qu'est qu'un risque ?

Définition : Tout d'abord, le risque est un croisement de l'aléa et de la vulnérabilité ; l'aléa peut être défini comme la probabilité d'occurrence d'un phénomène physique par exemple, le débit de la crue centennale est défini comme le débit qui a une chance sur cent d'être dépassé au cours d'une année, il est caractérisé par son intensité, son étendue, sa fréquence, sa durée. Tandis que, la vulnérabilité étant les personnes, les biens et les activités susceptibles de subir des dommages lorsque survient l'aléa (Cortes et al., 2006).

Le risque résulte de la conjonction d'un aléa non maîtrisé ou non maîtrisable et de l'existence d'un enjeu (personnes, biens ou environnement).



Figure 1 : Processus de risque (Gendreau et al., 1998).

Toutefois, dans l'étude des risques et des catastrophes, une première distinction oppose ce qui est potentiel, c'est-à-dire ce qui peut advenir, à ce qui se produit réellement. Les termes risque », « aléa », « fléau », « fluctuation », « hasard », « endommagement potentiel », serviront à définir les divers volets de la science des risques, tandis que les termes « catastrophe », désastre », « cataclysme », « fléau », « calamité », « sinistre » seront au contraire retenus pour décrire une réalité, un phénomène qui s'est véritablement produit (Dauphine,2005).

1.2.2 Types des Risques

Les types de risques d'après Merabet (2006)auxquels chacun de nous peut être exposé sont regroupés en cinq familles:

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

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

- ❖ **Risques de transports collectifs** (personnes, matières dangereuses) : sont des risques technologiques, on en fait un cas particulier car les enjeux varient en fonction de l'endroit où se développe l'accident.

- ❖ **Risques de la vie quotidienne** (accidents domestiques, accidents de la route...);

- ❖ **Risques liés aux conflits.**

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

- ❖ Une faible fréquence : L'homme et la société peuvent être d'autant plus enclins à l'ignorer que les catastrophes sont peu fréquentes .

- ❖ Une énorme gravité : Nombreuses victimes, dommages importants aux biens et à l'environnement(Rahmani, 2004).

1.2.3L'aléa

L'aléa est une notion élémentaire, dans son sens général. Il est un terme exprimant la mesure de la probabilité d'une situation, d'un événement ou d'une causalité quelconque (Boubchir, 2008) .

L'aléa est un évènement naturel, caractérisé par son amplitude et une périodicité incertaine. Un aléa ne devient un risque que s'il y a des enjeux. La connaissance de l'aléa passe par une analyse de ses spécificités spatiale, dynamique, sa fréquence, son intensité...L'analyse des aléas s'appuie donc sur des données quantifiables (vitesse, intensité, magnitude, hauteur...)(Pablo ,2007) .

1.2.4Connaissance des enjeux et de vulnérabilité

La vulnérabilité est littéralement le fait qu'une personne ou un bien soit exposé à des atteintes, des blessures (Larousse, 2012). Cette première définition se rapproche de celle du guide général des Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles (PPR) de 1997 du ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement : « La vulnérabilité au sens le plus large, exprime le niveau de conséquences prévisibles d'un phénomène naturel sur les enjeux. ». Les enjeux cités ici sont les personnes et les biens. Il s'agit donc pour un aléa d'intensité donnée d'estimer les dommages subis par les hommes et leurs biens (vulnérabilité matérielle, structurelle) et matériel (vulnérabilité non structurelle : interactions des personnes au sein de la société par exemple) à travers le temps et l'espace. Cette démarche est analytique car les enjeux peuvent être décomposés plus ou moins finement (Gwendolineet , 2012) .

La manière dont est définie la vulnérabilité est primordiale car elle influe sur son évaluation et sur les moyens de réduction mis en œuvre. Nous proposons donc deux approches de la vulnérabilité :

- ❖ la vulnérabilité d'une société représente les enjeux humains et matériels accumulés et produits, qui peuvent être perdus ou bien endommagés lors d'un évènement.

- ❖ elle est définie comme la capacité de réponse d'une société face à une crise (capacité à faire face), « la capacité d'une personne ou d'un groupe à anticiper, tenir le coup, résister et reconstruire après les impacts provoqués par une catastrophe » (Blaikie et al., 2004).

Cette définition renvoie au concept de résilience, c'est-à-dire la capacité d'une société à revenir à un état initial suite à un phénomène (Géraldine, 2011).

1.3 Les Risque des inondations

Une inondation est une submersion plus ou moins rapide d'une zone habituellement hors d'eau. L'inondation est la conséquence de deux composantes :

- l'eau qui peut sortir de son lit habituel d'écoulement (le lit mineur) ou apparaître par remontée de nappes phréatiques par exemple (DDRM, 2012).
- l'homme qui s'installe dans l'espace alluvial pour y implanter toutes sortes de constructions, d'équipements et d'activités (Mars , 2012), le risque d'inondation génère le plus de dommages matériels parmi les risques naturels et humains (80 % des 150 millions d'euros de dommages par an en moyenne concernent les inondations) (Mendieta et al , 2014) .

Pour faire une meilleur connaissance du risque inondation, Ykhlef et al. (2014) ont expliqué ainsi :

❖ L'aléa « inondation »: probabilité d'apparition d'un phénomène donné sur un territoire donné, dans une période de référence donnée.

L'aléa est caractérisé par trois éléments selon le cas, comme par exemple : description du phénomène, définition spatiale (point de départ et épandage) et appréciation de l'occurrence temporelle (rupture peu probable dans les 5 ans).

- ❖ Les enjeux : Personnes, biens, équipements ou environnement menacés.
- ❖ La vulnérabilité des enjeux exposés

1.3.1 Types d'inondations

1.3.1.1 Inondations de plaines

Les inondations de plaine se produisent à la suite d'épisodes pluvieux océaniques prolongés mais d'intensités modérée, s'abattant sur des sols où le ruissellement est long à déclencher, sur des bassins versants moyens à grands (supérieur à 500 km²). Le cours d'eau sort lentement de son lit ordinaire pour occuper son lit majeur et inonder la plaine pendant une période relativement longue. Ces phénomènes concernent

particulièrement les terrains bas ou mal drainés. Sa dynamique lente perdure plusieurs semaines (Merabet ,2006).

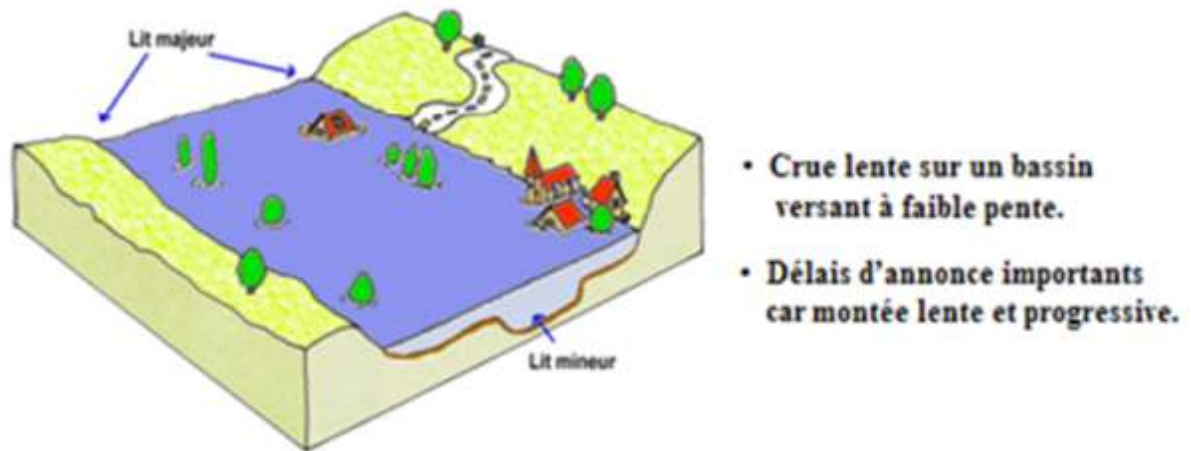


Figure 02 : Inondation de Plaine (Merabet ,2006)

1.3.1. 2Inondations Par Remontées Des Nappes Phréatiques

Elles correspondent à des inondations par débordement indirect qui se manifestent par remontée de la nappe phréatique qui affleure en surface et/ou par l'intrusion d'eau dans les différents réseaux d'assainissement(Merabet ,2006).



Figure 03 : Inondation par remontées des nappes phréatiques(Merabet ,2006)

1.3.1. 3Inondations Par Crues Torrentielles

Les crues torrentielles sont des phénomènes brusques et violents résultant d'épisodes pluvieux intenses et localisés, du type orages convectifs. De manière un peu

conventionnelle, on parle de crues torrentielles lorsque la durée nécessaire pour qu'une goutte d'eau tombant sur le point « hydrologiquement » le plus éloigné atteigne l'exutoire est inférieure à 12 heures (ou 24 h pour certains auteurs). Les spécialistes retiennent cinq critères pour définir la crue torrentielle : la rapidité de la réponse du cours d'eau, sa pente, le nombre de Froude, le transport solide, les effets de ces crues.

Ces crues touchent principalement les zones de montagne et les cours d'eau du pourtour méditerranéen, elles ont des vitesses d'écoulement importantes, même dans le lit majeur. Les bassins versants qui peuvent être affectés par ces phénomènes sont celles qui ont de petite à moyenne superficie et une forte pente moyenne. Les crues torrentielles se caractérisent par un très fort transport solide et une profonde modification du lit à l'occasion de l'événement. Les dommages imputables à ces phénomènes sont avant tout liés à la vitesse du courant, renforcés par les matériaux que peuvent charrier les rivières générant de telles crues (Ledoux, 2006).

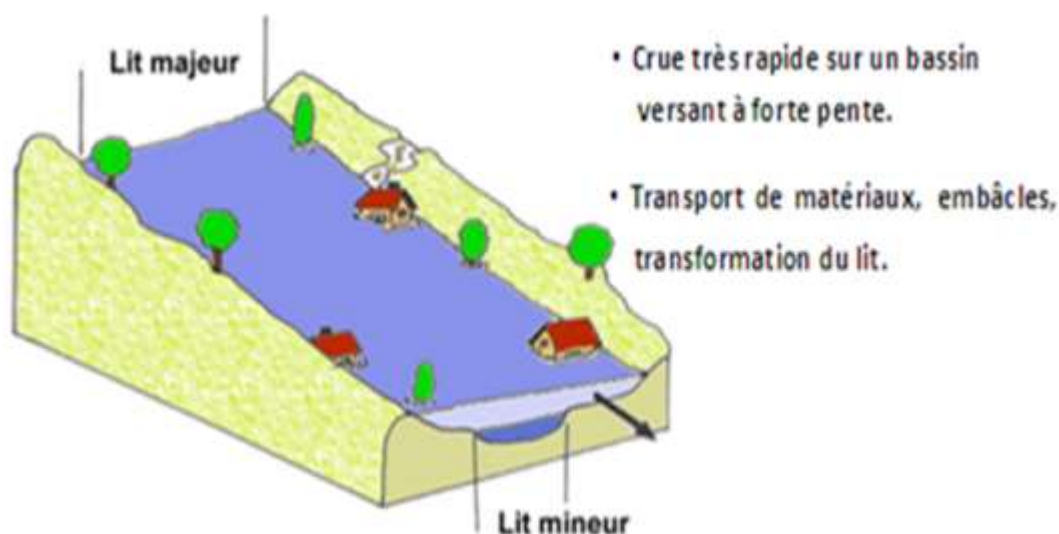


Figure 04 : Inondation par crues torrentielles(Merabet ,2006)

1.3.1. 4 Inondations Par Ruissellement En Secteur Urbain

Les inondations par ruissellement recouvrent des phénomènes physiques différents selon qu'elles se produisent en milieu rural, périurbain ou urbain. Mais ces phénomènes se caractérisent par leur soudaineté et leur courte durée, ce qui les rend peu prévisibles et difficilement maîtrisables en période de crise. Il s'agit de phénomènes très locaux, intéressant les petits bassins versants (Ledoux, 2006).



Figure 05 : Inondation par ruissellement en secteur urbain(Merabet ,2006)

Le ruissellement pluvial urbain provoque d'importantes inondations lorsque les terrains sont plus imperméables, le tapis végétal plus faible, la pente plus forte et les précipitations plus violentes et il demeure un phénomène naturel que l'on ne peut pas empêcher. Malheureusement, l'intervention humaine est parfois source d'aggravation de ce phénomène.

1.3.1. 5 Inondations Par Rupture D'ouvrage Ou D'embacle

Dans le cas de rivières endiguées, l'inondation survient brutalement soit par débordement au-dessus de la digue, soit par rupture de la digue. Le phénomène peut être très brutal et d'autant plus dommageable que le site est proche de la digue. Le fait d'être derrière un ouvrage de protection dimensionné pour un certain niveau de crue peut donc rehausser le seuil de risque en cas de rupture ou dépassement de ce dernier. Des secteurs habituellement hors de l'eau peuvent se trouver brutalement inondés (Boubchir, 2007).

1.3.1.6 Inondations Marines

Les submersions marines sont des inondations temporaires de la zone côtière par la mer dans des conditions météorologiques (fortes dépressions et vents de mer) et forts coefficients de marée. Elles se traduisent par l'invasion par des eaux salées particulièrement agressives. Elles se manifestent soit lors d'un raz de marée ou de tsunami (occurrence très faible, mais phénomène dévastateur), soit lors d'une tempête (surcote marine, vents et précipitations importants) ou en cas de rupture des défenses contre la mer (dans ce cas, les risques se concentrent le long du boulevard de littoral dans les secteurs dépressionnaires) (Spppi, 2004).

Dans ce projet de fin d'étude on se limitera à l'étude des inondations dues au ruissellement à cet effet et pour mieux comprendre l'aléa inondation, on commentera les notions élémentaires suivantes ; les paramètres fondamentaux du cours d'eau , la crue, l'inondation , les principaux paramètres caractérisant l'aléa inondation, les types d'inondations et les causes de formation des crues et des inondations (Blin, 2001).

1.3.2 Paramètres fondamentaux du cours d'eau

1.3. 2.1 Lits du cours d'eau

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

Lit mineur : correspond à « des formes actives de la dynamique fluviale, en évolution fréquente » (Ballais et al., 2011). Il est composé « d'un ou plusieurs chenaux bien marqués » (Degoutte, 2006), est peu ou pas constitué de végétation aérienne (Tu ngo, 2014).

Lit moyen : Il correspond à l'espace fluvial ordinairement occupé par la ripisylve (Merabet ,2006).

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 (Merabet ,2006). Ce type de lit fluvial est constitué de zones inondables potentielles. Ce lit peut se décomposer en deux parties principales :

- une zone d'écoulement, généralement au voisinage du lit mineur, où la vitesse de courant est forte.
- une zone d'expansion de crues ou de stockage des eaux, où le courant a une faible vitesse (Pprni, 2012).

1.3.2.2 Rive, Berge

La berge est le talus incliné qui sépare le lit mineur et le lit majeur. Tandis que la rive est le milieu géographique qui sépare les milieux aquatique et terrestre. Elle démarre au sommet de la berge et constitue une partie plate plus ou moins étendue qui reste sous l'influence du milieu aquatique (Merabet, 2006) .

1.3.2.3 Ripisylve

C'est la formation végétale naturelle située sur la rive. Elle peut être une véritable forêt alluviale s'étendant sur plusieurs dizaines ou centaines de mètres de part et d'autre du lit mineur. Le rôle de la Ripisylve sur les crues peut être important ; lorsqu'elle occupe une part significative du lit majeur, elle augmente notablement la rugosité du lit, d'où deux conséquences de nature hydraulique :

- Une diminution des vitesses dans le lit majeur, et donc une réduction des effets érosifs du courant ;
- Un écrêtement des crues pour l'aval (Merabet, 2006).

1.3.2. 4Crue

Une crue se forme lorsqu'une forte quantité de pluie tombe sur le bassin versant. Il en résulte une montée des eaux, plus ou moins rapide en fonction de l'intensité de la pluie, de son étendue géographique, de sa durée, mais aussi de l'état de saturation des sols. Cette alternance permet l'auto-curage des lits (Amrani, 2016).

Les mécanismes de génération des crues en rivières et fleuves conduisent à une élévation du niveau de l'eau dans le lit mineur, puis à un débordement dans le lit majeur (Dreal, 2009).

Une crue se caractérise par son hydro-gramme graphique qui représente les variations de débit en fonction du temps. Plus précisément, c'est la partie montante de ce hydro-gramme qui est appelé « crue », la partie descendante étant « la décrue ».

Une crue se définit par différents critères : sa genèse, sa durée, sa fréquence, son débit de pointe et son volume (Bachi, 2011) .

1.3.2. 4.1les Différentes Crues Selon Les Saisons

Les crues d'été : (crues éclair, crues "cévenoles") sont le fait de précipitations très intenses sur un bassin au relief assez fort sur lequel un effet « entonnoir » concentre vers la rivière la quasi-totalité de l'eau tombée, dans un laps de temps très court, qui n'a pu ni s'infiltrer, ni s'évaporer. Ces crues sont à déclenchement rapide (quelques heures après la pluie), ne durent que quelques jours et se traduisent par des écoulements torrentiels.

Les crues de redoux : Elles surviennent à la suite d'un épisode froid au cours duquel le sol a gelé, avec ou sans neige. Au redoux (influence atlantique, vents d'ouest et pluies intenses), l'atmosphère froide et humide ne permet aucune évaporation, la neige fond. Par son inertie thermique, le sol reste gelé plusieurs jours ou semaines : il est alors totalement imperméable. Le ruissellement est maximum. La durée de ces crues est de l'ordre d'une à deux semaines.

Les crues de nappes : Plusieurs facteurs favorisent ces crues : nappes hautes en fin d'été à la suite d'au moins deux années humides, pluies d'hiver abondantes, éventuellement un épisode de pluies très intenses, milieu géologique très poreux possédant une capacité de stockage considérable (craie), relief de plateau avec une nappe plus haute que la plaine alluviale. On peut alors assister à des crues fortes, durant entre deux semaines et deux mois (Robin, 2005).

1.3.2. 4.2 Le Processus De Formation Des Crues

Comprendre ce processus revient à analyser les différents facteurs concourant à la formation et à l'augmentation temporaire des débits d'un cours d'eau. On distingue :

- l'eau mobilisable : constituée de l'eau reçue par le bassin versant
- le ruissellement : qui correspond à la part de l'eau qui n'a pu s'infiltrer dans le sol. Il dépend de la nature du sol, de son occupation de surface et de l'intensité de l'épisode pluvieux
- le temps de concentration : qui est défini par la durée nécessaire pour qu'une goutte d'eau partant du point le plus éloigné de l'exutoire du bassin versant parvienne jusqu'à celui-ci
- la propagation de l'onde de crue : qui est fonction de la structure du lit et de la vallée alluviale, notamment de la pente et des caractéristiques du champ d'inondation (Medd, 2004).

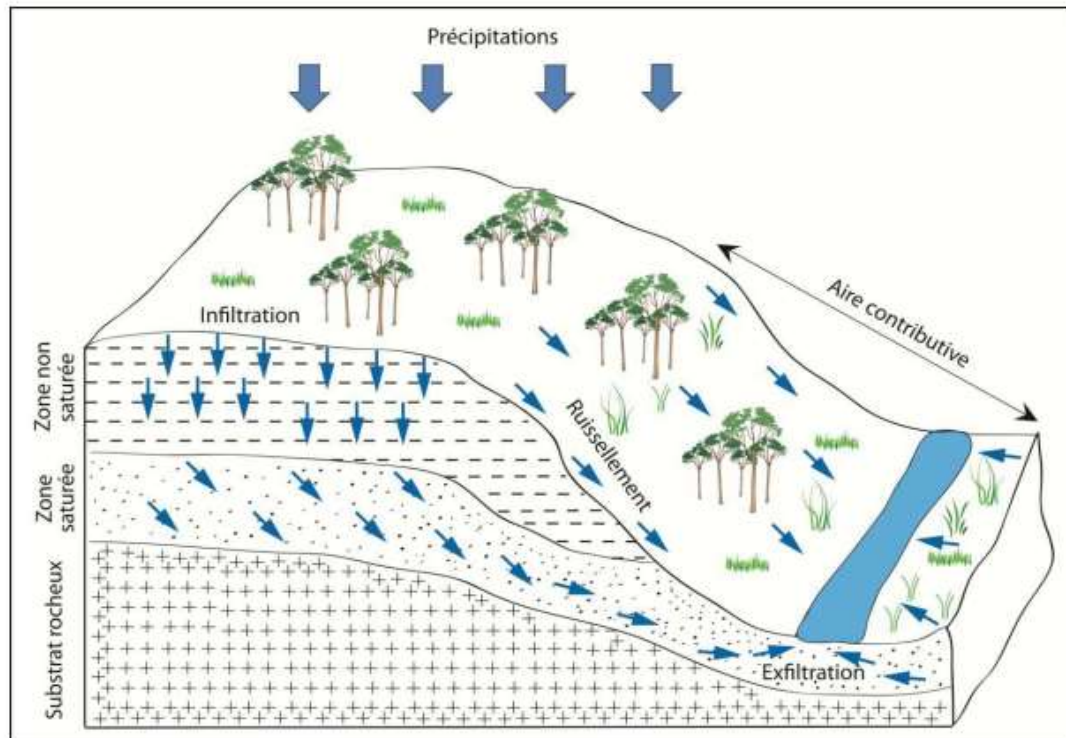


Figure 6 : Mécanismes à l'origine de la genèse des crues (Menad,2012).

1.3.3 L'homme Et L'inondation

Depuis la naissance de l'humanité, les inondations ont eu un caractère magique et religieux. Malgré cela et grâce à sa technique, l'homme est arrivé à infléchir, autrement contrôler, le cours naturel des rivières, oubliant peu à peu ce que sont des phénomènes naturels.

Alors qu'en fonction de leur importance et leur localisation géographique, les crues et les inondations peuvent se produire et provoquer des dégâts et catastrophes dramatiques qui se manifestent surtout par :

- ❖ L'érosion des cours d'eau et des sols parfois fertiles et cultivés.
- ❖ La destruction des forêts que différents travaux ont montré que lorsque les inondations sont violentes, les forêts sont détruites sur de vastes surfaces mettant en place des formations peu denses et plus fragiles.
- ❖ La destruction d'ouvrages d'arts (barrages, ponts), de voies de communication (routes et chemin de fer) et de construction (bâtiments collectifs, usines etc.).

- ❖ La modification de la configuration du cours d'eau par la présence des sapements ou les accumulations de galets chassés par à-coups lors des fortes crues (Bachi, 2011).

1.3.4 Gestion Des Inondations

La gestion du risque inondation doit intervenir à la fois au niveau de l'aléa et de la vulnérabilité, elle doit répondre à deux objectifs principaux qui sont de limiter l'implantation des biens et des personnes au sein des zones fortement exposées et de protéger l'existant. La combinaison de ces deux objectifs est la base d'une démarche cohérente de gestion des inondations.

Pour présenter la gestion des inondations en général, on a choisi pour structurer les idées deux aspects complémentaires qui se différencient par le niveau d'urgence des moyens à mettre en œuvre :

- ❖ La prévention et le retour d'expérience : hors contexte de crise,
- ❖ La prévision et la gestion de crise : en contexte de crise (Hostache, 2006).

1.3.5 Les Factures Influençant l'inondation

- **les précipitations** : c'est le facteur principal provoquant l'inondation due au ruissellement.
- **la topographique** : l'influence de la pente ou la longueur de la pente est traduit par le fait que les pentes les plus longues permettent une plus forte accumulation du ruissellement.
- **L'occupation du sol** : c'est facteur peut considérer aggravant l'aléa si les sols sont urbanisés, et améliorant si les couvert végétale qui est le dominant dans le bassin versant.
- **Le type de sol** : c'est un facteur correcteur de la précipitation par l'intervention des coefficients de ruissellement (traduit par la perméabilité et l'imperméabilité du sol, plus les sols sont imperméable plus les quantités des eaux de ruissellement est grand plus l'aléa est dangereuse.
- **La densité drainage** : l'équivalent de temps de concentration, est un facteur dégradant la situation ou augmentant l'occurrence de provenance de l'aléa inondation.

1.4 Historique Des Inondations En Algérie

L'Algérie connaît épisodiquement des phénomènes de crues et d'inondations qui se manifestent de façon catastrophique constituant ainsi une contrainte pour les activités et une entrave pour le développement économique et social. Ces inondations sont les catastrophes naturelles les plus destructives et même les plus fréquentes et provoquent d'importants dégâts humains et matériels (Lahlah, 2004).

Des événements survenus. Elles se concentrent essentiellement sur des localisations bien précises. Effectivement, deux grandes inondations ont marqué le milieu urbain et se démarquent de l'ensemble des événements :

- Les 9 et 10 novembre 2001 à Bâb El Oued (bassin versant de l'oued Koriche-Alger) qui a fait plus de 772 morts, 320 blessés, 126 disparus et plus de 30 milliards de dinars de pertes matérielles (259 millions d'euros)(Nouri et al., 2016).
- Le 1^{er} et 2 octobre 2008 dans la région de Ghardaïa, avec 43 morts, 86 blessés et 2,5 milliards de dinars (21,6 millions d'euros), dont 2 milliards de dinars pour les infrastructures publiques. Il est évident que la gestion d'eau dans cette région était l'un des domaines où excellaient ses habitants. Cependant, la forte urbanisation de la région et l'absence de conscience collective ont amené à une sous-estimation des charges que peuvent engendrer une forte pluviométrie(Nouri et al., 2016).

Les inondations ont entraînés des dégâts importants (terre agricoles submergées en totalité, des biens empotés par les eaux,...etc.



Figure 07 : Dégât d'inondation (Boumerdes2001)

1.5 Aperçu sur le SIG et la télédétection

1.5.1 Définition d'un SIG

Le Système d'Information Géographique (SIG) peut être défini comme un outil qui permet de stocker ,d'interroger, de localiser, d'analyser et de représenter des données ayant une référence spatiale (El Hmaidi et al., 2014), on décompose le territoire en couches thématiques (relief, routes, bâtiments...) structurées dans des bases de données numériques. Les bases de données qui alimentent les SIG doivent être géo-référencées, c'est à dire partager un cadre commun de repérage appelé système de projection. Ce cadre commun est fixé légalement. En Algérie, il s'agit du système géodésique Nord Sahara 1956 (Hammoum, 2010).

Selon Zerouali(2005) un SIG comprend principalement 5 composantes :

- Le matériel informatique;
- Les logiciels de traitement;
- Les données organisées en données alphanumériques;
- Les méthodes;
- Les ressources humaines (les utilisateurs).

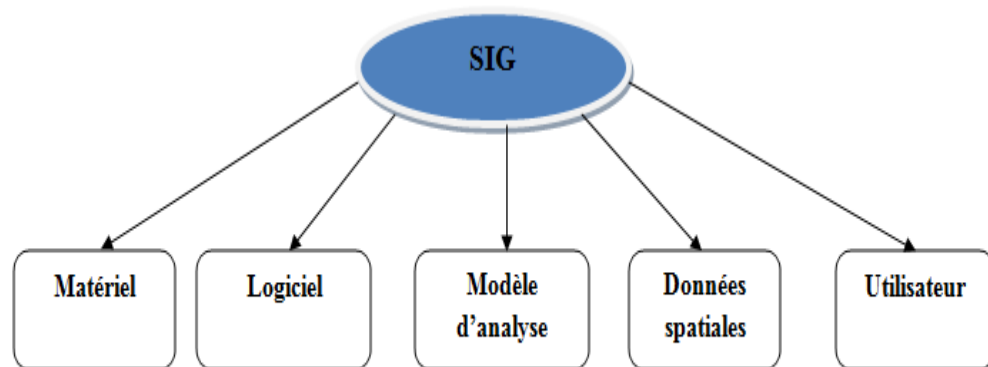


Figure 8: Les composantes principales du SIG (Zerouali, 2005).

1.5.2 Fonctionnalité du SIG

La structure d'un SIG peut être représentée en quatre fonctions (figure15), l'acquisition des données géographiques d'origines diverses , la gestion de la base de données, l'analyse spatiale (traitement et exploitation) et la présentation des résultats sous forme cartographique(Zerouali, 2005).

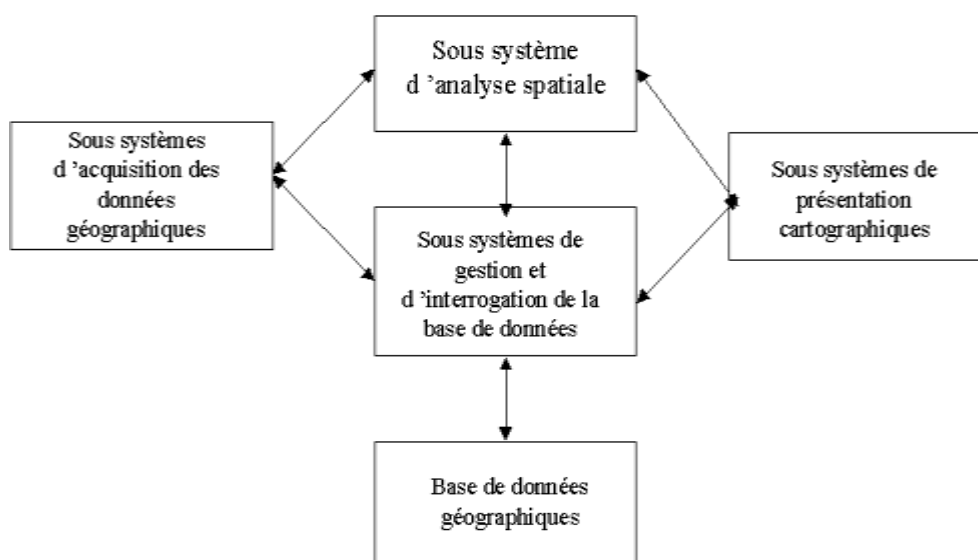


Figure 9 : Structure d'un SIG (Abdelbaki, 2012)

Les systèmes d'information géographique ont la particularité de faire appel à de nombreux domaines scientifiques et techniques et à de nombreuses méthodes, allant de la géodésie aux systèmes de gestion de bases de données, en passant par le traitement d'images, l'algorithmique géométrique, la modélisation et l'interpolation géométrique, la statistique, la cartographie automatique, l'analyse spatiale, etc. Construire un système d'information géographique sans s'éloigner de la rigueur scientifique est une tâche complexe, aussi bien en termes de définition des concepts, d'organisation fonctionnelle, d'architecture logicielle, d'algorithmique, d'ergonomie. La fonction de SIG stocke les informations sous la forme de couches thématiques pouvant être reliées les unes aux autres par la géographie. Ce concept, à la fois simple et puissant, a prouvé son efficacité pour résoudre de nombreux problèmes concrets (Bougouss, 2008).

La télédétection est définie comme l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer les caractéristiques physiques et biologiques d'objets par mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci. Le principe de ce travail est basé sur une succession des étapes permettant l'élaboration des cartes thématiques de la zone d'étude (Abdelbaki, 2012).

1.5.3 Composants du processus de télédétection

Les éléments qui composent le processus habituel de Télédétection sont présentés dans la figure 16. La première exigence présume d'avoir une source d'énergie qui nourrisse l'objet d'intérêt (champ cultivé, forêt, mer, ville, etc.). Le plus courant est que cette source

d'énergie soit le soleil lui-même (A). Le rayonnement solaire, sur son chemin vers la Terre, traverse et coopère avec l'atmosphère (B). Après avoir atteint la surface de la Terre, coopère avec les objets contenus dans celle-là. Le rayonnement réfléchi est en fonction des caractéristiques des objets, ce qui permet de les distinguer (C). Un senseur à bord d'un satellite recueille et enregistre le rayonnement réfléchi par la surface et l'atmosphère elle-même (D). (Labrador et al. ,2014).

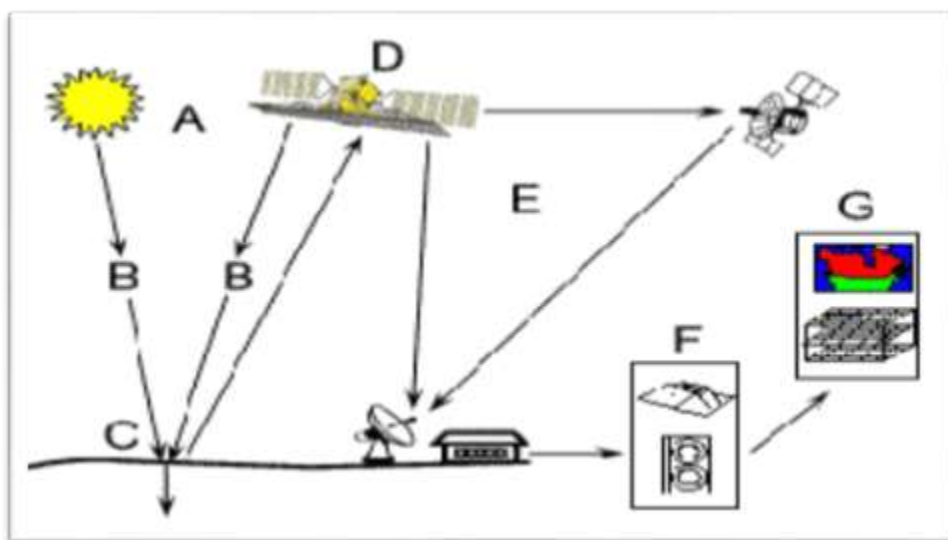


Figure10 : Composants du processus de Télédétection par satellite.

Tableau 1 : quelques satellites d'observation de la terre

Satellites	Caractéristiques
SPOT	Ils sont dotés de deux capteurs du spectre visible à haute-résolution (HRV). Ces capteurs permettent l'obtention d'images sur quatre bandes dont une panchromatique. Les capteurs HRVIR gardent les mêmes résolutions spatiales de 10 m pour le panchromatique et 20 m pour les autres bandes que le HRV (Dubois ,2009).
Landsat	lancé dans l'espace le 15 Avril, 1999 est à ce jour là le dernier satellite de la série commencé avec la sortie du LANDSAT-1 en 1972.LANDSAT est coordonné conjointement par la NASA et l'USGS (<i>United States Geological Survey</i>) des Etats-Unis . ETM+ (Enhanced Thematic Mapper +) : Ce senseur est capable de capturer des informations sur 6 bandes spectrales allant du visible à l'infrarouge, avec une résolution spatiale de 30 m/pixel. http://landsat.usgs.gov
SRTM	Parmi les MNT on distingue trois types de fichiers : • SRTM1 : résolution d'une <u>seconde d'arc</u> (31 m à l'<u>équateur</u>), couvre uniquement les <u>États-Unis d'Amérique</u> et ses dépendances ; • SRTM3 : résolution de trois secondes d'arc (93 m à l'Équateur), couverture mondiale ; SRTM30 : résolution de 30 secondes d'arc (926 m à l'Équateur), couverture mondiale, sorte de <i>mise à jour</i> du format GTOPO30.

Conclusion

Les inondations ont plusieurs aspects, en effet, il existe différents types d'inondation : les inondations par débordement direct, les inondations par débordement indirecte et les inondations par ruissellement. Ces inondations sont déclenchées par différents facteurs tels que la quantité de pluie ou bien encore l'état des sols. Ensuite, les inondations peuvent avoir diverses conséquences: elles entraînent de nombreux dégâts, les principaux types de dégâts sont les dégâts matériels et les dégâts humains. Beaucoup d'aménagements sont détruits suite aux inondations, et de nombreuses personnes trouvent la mort. Cependant, les inondations n'ont pas que des conséquences négatives, dans certains pays, elles ont un effet bénéfique. Enfin, de nombreuses mesures ont été prises dans le but de lutter contre les inondations comme la délimitation des zones inondables et la préservation des champs d'expansion des crues. De plus, de nombreux travaux de protection ont été réalisés par différents organismes pour faire face aux inondations. L'Etat est lui aussi assez actif dans ce domaine car c'est en partie lui qui prend ces mesures, il a aussi un rôle préventif envers la population(Stéphanie, 2009).

2.1 Introduction

Le développement des techniques modernes d'acquisition de mise en disposition d'information numérisée par le biais du modèle numérique de terrain (MNT) et des données satellitaires multi-dates a rendu possible la caractérisation physiographique et bioclimatique d'un bassin versant (Thibault, 2011).

Le présent travail consiste à réaliser des cartes thématiques à l'aide des données satellites intégrées dans un environnement SIG, afin de mettre en évidence le comportement hydrologique du risque d'inondation (Furusho, 2010) dans le bassin versant d'Isser.

Donc une étude préliminaire de connaissance de terrain sera indispensable pour modéliser ces caractéristiques.

2. 2 Présentation de la zone d'étude

2.2.1 Situation géographique

Le bassin de l'oued Isser se situe au Centre-nord de l'Algérie. Il fait partie du grand bassin versant cotes algérois-Hodna-Soummam. D'une superficie de 4 210 Km² et d'une forme allongée ($K_G = 1,75$). Il est encadré par l'Atlas tellien algérois au Nord qui culmine à 1 130 m au Djebel Tamesguida et de la chaîne des Bibans au Sud qui culmine à 1 790 m au Djebel Dira. Il se situe entre les latitudes Nord de 35° 52' 27,1" et 36° 51' 31,3" et les longitudes Est de 2° 52' 36,5" et 3° 57' 21,8". L'altitude du bassin versant varie de 0 m à 1791 m (fig. 08). Elle décroît du Sud vers le Nord avec une élévation moyenne de 843 m.

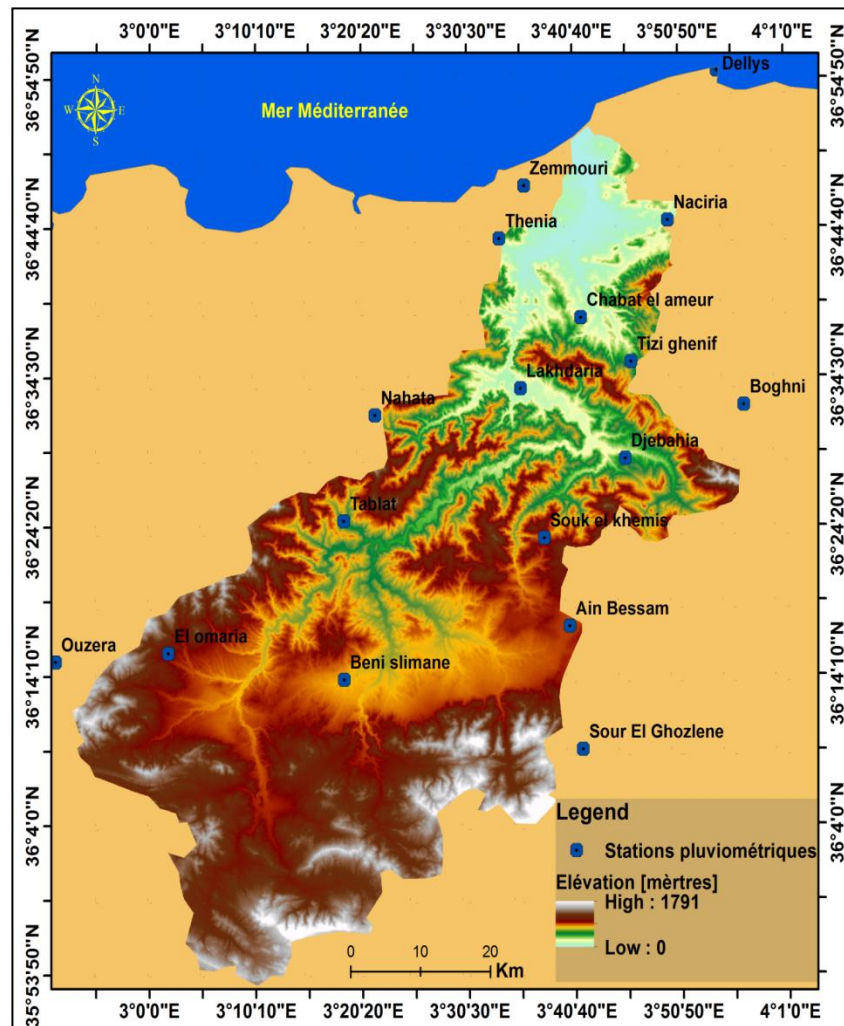


Figure 11 : Localisation de la zone d'étude

2.2.2 Aperçu physiographique du milieu

2.2.2.1 Géologie du bassin versant

Le bassin versant de l'oued Isser est constitué par trois grands faciès géologiques, ainsi :

Le haut Isser

Le haut Isser est constitué à des formations marneuses et de marno-calcaires appartenant au crétacé inférieur moyen et supérieur. Les argiles et le sable rouge de l'aquitanien continental occupent 13 % du bassin. On y trouve également des alluvions en terrasses du quaternaire continental. Ces formations occupent 12% de la surface

du bassin. Des époinçements triasiques dans le crétacé supérieur ont provoqué la salure des eaux de l'oued Mellah.

Les marnes qui constituent 69 % de la superficie totale de notre zone d'intérêt, se fissurent et craquellent par déshydratation pendant la saison sèche. Elles s'altèrent sur plusieurs centimètres en formant un tapis des gravillons mêlé de poussière argilo-calcaire qui partent en débâcle aux premières averses orageuses de la saison de pluie. Ces formations sont assez facilement érodibles.

Le Moyen Isser

Les schistes argileux, les marnes grises et schisteuses avec des couches de grés occupent 70 % du moyen Isser. Ces formations appartiennent au crétacé inférieur moyen et supérieur. On rencontre l'oligocène marin dont les formations sont présentées par des conglomérats, grés et marnes constituent 13,4 % de la superficie totale du bassin. Le miocène inférieur est représenté par des grés et des marnes; ces formations constituent 4 %. Les alluvions du quaternaire continental occupent près de 7 % de la superficie totale. On note la présence des traces de trias marin ou lagunaire formant 0,6 % du bassin. Le moyen Isser présente en général des formations meubles, facilement érodibles.

Le Bas Isser

Le bas Isser est constitué de 43,2 % des formations marneuses des grés et des conglomérats, appartenant à l'oligocène marin. Le miocène inférieur marin dont les formations sont des grés et des marnes constituant une surface de près de 15 % du bas Isser.

Les schistes cristallins et micacés sont respectivement des schistes à chlorite et à séricine et quartz à biotite, formant d'environ 20 % de la superficie totale.

Le crétacé inférieur occupe 2 % du bassin. Ces formations sont représentées par des schistes argileuses, des marnes grises et des grés; les alluvions de quaternaire continentales occupent près de 19 % du bas Isser. On y trouve des granites formant 2 % de la superficie totale. Ces formations dures 'conglomérats et granites' donnent au bas Isser, une faible érodibilité comparativement au haut Isser (Boussaid, 2014).

2.2.2.2 Topographie

Le Haut Isser

Le haut Isser dont les lignes de crête se situent entre 1200-1791 m à une altitude moyennes 843 m, 50% de la surface est comprise entre les altitudes 700- 1100 m.

Il Nord- Ouest est moins élevée, son altitude passe de 1240 m au Kef-R'mel à 1971 au Bou mali.

L'arrête présente deux arrêtes principales orientées, Sud – Ouest et Nord –Est. L'arrête Sud –Ouest est plus élevée et passe de 1460m à Kef Lakhdar Chergui à la cote 1791 au Bjeble Dira, point culminant du bassin.

Le Moyen Isser

Le relief est plus au moins accentué. Il se situe entre l'altitude 900 m à la station Lakhdaria à 1265m au Bjeble fouda.

Le Bas Isser

Les altitudes du bas Isser sont comprises entre 0-1031 m sur la bordure du massif occidental du Djurdjura. Il présente une topographie accentuée(Boussaid ,2014).

2.2.2.3 Végétation

Le Haut Isser

La caractéristique la plus apparente en étudiant le bassin est l'absence d'une couverture végétale arbustive dense, ce qui favorise le phénomène de l'érosion et provoque des dégâts tels que, les pertes des terres cultivables et l'envasement des ouvrages hydrauliques existants au niveau de ce bassin.

Les collines marneuses de haut Isser sont couvertes des cultures céréalières, maraîchères et fourragères. On y trouve aussi, mais en faible quantité l'arboriculture fruitière. Les versants abrupts sont dénudés ou couverts de broussailles clairsemées, on y trouve surtout du Pin d'Alep et le chêne vert.

Le Moyen Isser

Les cultures annuelles occupent la quasi-totalité des terres agricoles de moyen Isser, Les plaines, tout en long d'oued Isser sont couvertes des cultures maraîchères et d'arboricultures fruitières. Les collines sont occupées par la céréaliculture et l'arboriculture.

On note que le moyen Isser manque d'un couvert végétal forestier dense, seuls subsistent les forêts au sud du bassin, mais souvent dégradées.

Le Bas Isser

On rencontre le même problème de végétation arbustive dans le bas Isser.

Les cultures annuelles dominent la majeure partie basse du bassin à savoir l'arboriculture fruitière, fourragère et aussi céréalicultures qui occupent les plaines.

Les collines sont couvertes d'une grande partie de céréaliculture et fourragère. Quant aux montagnes et les piémonts, on y trouve de l'olivier et autres espèces forestières (Boussaid, 2014).

2.2.2.4 Climat

D'après Sogetha-Sogreah (1962), la région de l'oued Isser est soumise au climat de l'atlas tellien, présentant des degrés de continentalité qui croît très rapidement en s'éloignant de la mer.

La température moyenne annuelle décroît de 17 °C à 10 °C par effet orographique. L'amplitude moyenne mensuelle passe de 16°C à 20 °C du Nord au Sud de cette région du fait principalement des minima observés en hiver.

On peut observer des gelées blanches, pendant 1 à 50 jours par an de Novembre en Mars et la neige persiste plus de 20 jours par an sur les cimes au-dessus de 1000 m d'altitude.

➤ Température

Le bassin est soumis à un climat méditerranéen. Le bassin versant de l'oued Isser est caractérisé par une température relativement humide d'octobre au mois d'Avril et sèche de Mai à Septembre. La température moyenne annuelle à Benislimane altitude (600m) est de l'ordre de 14 °C(Boussaid,2014).

➤ Précipitations

Les précipitations englobent la pluie, la neige...etc. c'est-à-dire toute les chutes d'eau arrivant au sol, cette quantité d'eau s'exprime en millimètres(Prévoist, 1999).

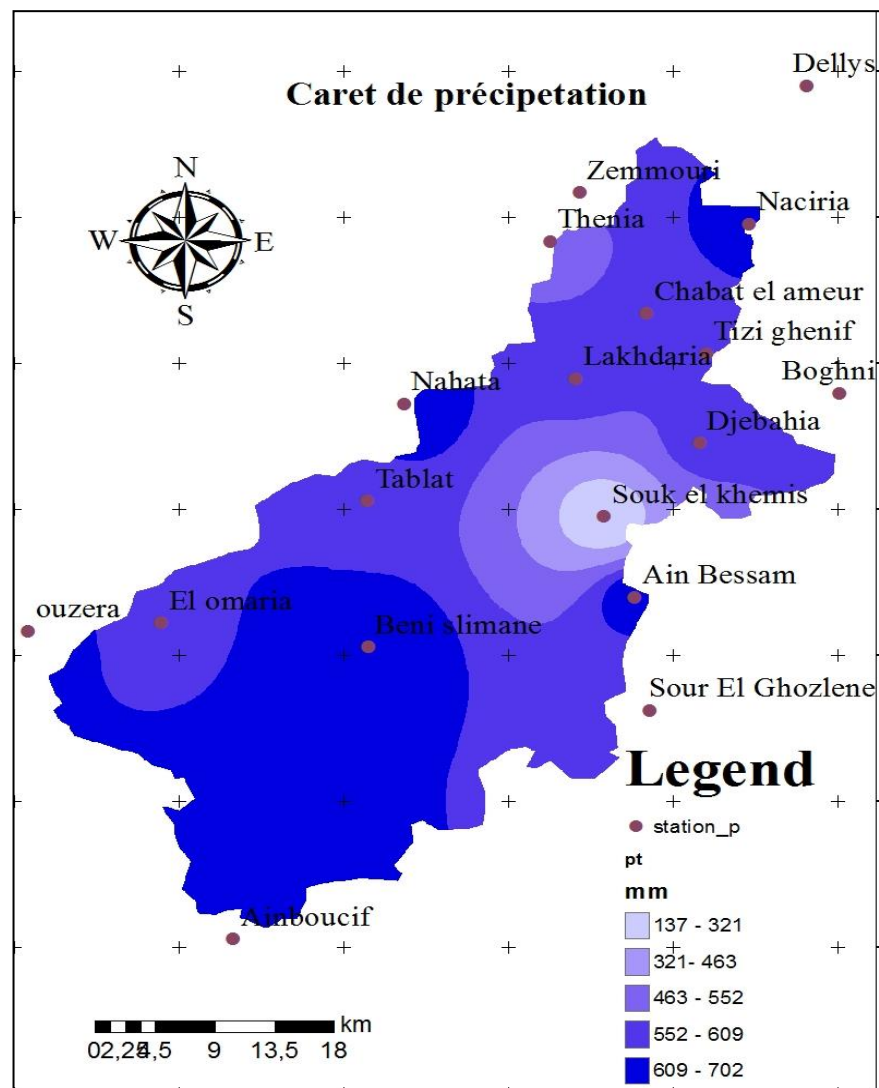


Figure 12: carte des précipitations.

En se référant à la figure 12, on remarque que, la répartition des moyennes de précipitations se fait selon un gradient pluviométrique sur le bassin versant. En effet, au sud de la zone d'étude les moyennes annuelles des précipitations dépassent le seuil de 702 mm/an. Elles diminuent progressivement vers le centre de bassin versant. Elles deviennent très faibles à l'Est enregistrant une valeur de 137 mm/an.

2.3 Données et méthodes

2.3.1. Les dérivées du MNT

Le modèle numérique d'élévation en format SRTM Version 3 (*Shuttle Radar Topography Mission*), de 36° latitude et de 00° longitude obtenu sur le site: <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>. a été utilisé comme source de donnée numérique pour la création d'un modèle numérique de terrain MNT.

Toutes ces données sont intégrées et analysées dans un environnement SIG pour cartographier les caractères physiographiques et bioclimatiques du milieu d'étude.

2.3.1. 1 Les courbes des niveaux

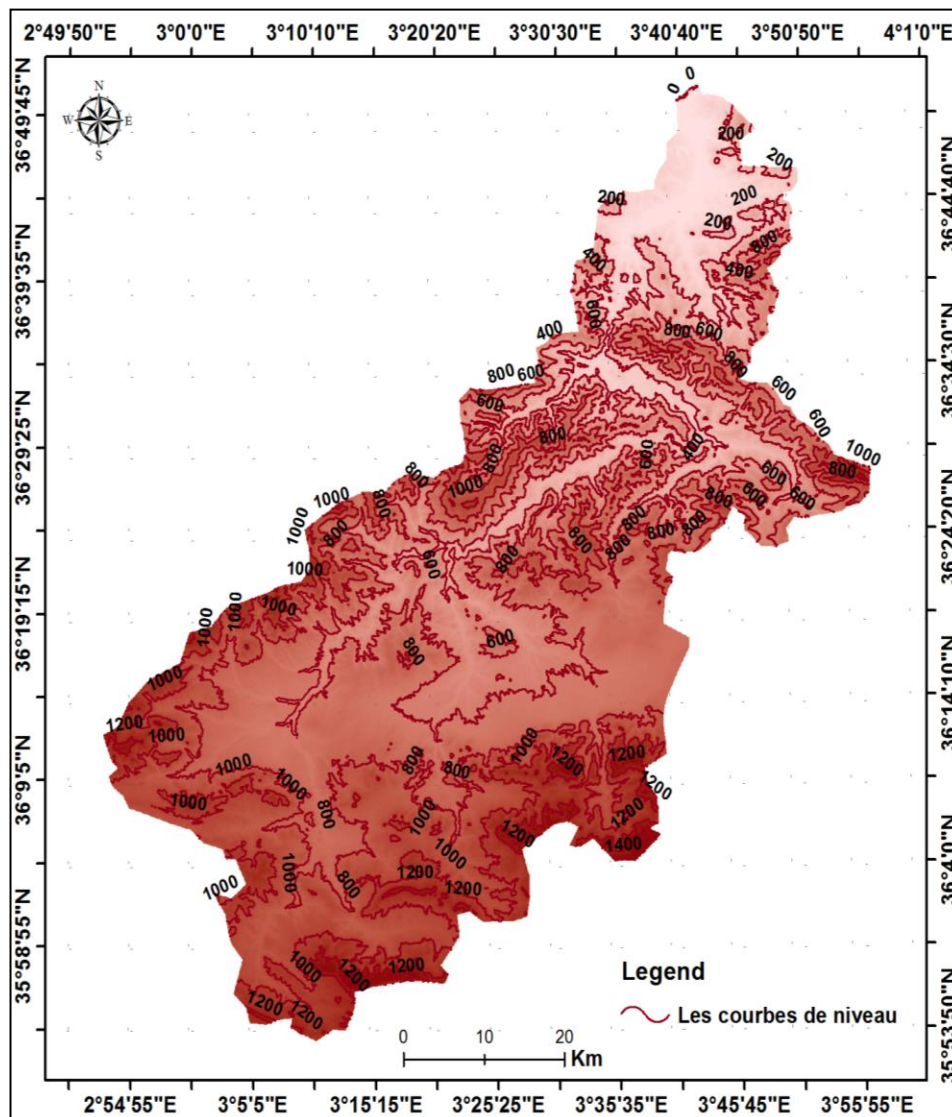


Figure13 : les courbes de niveau.

Le relief dans une étude environnemental est un paramètre essentiel. Il détermine en grande partie l'effet interdépendant des facteurs climatiques et leur influence sur l'occupation des sols au sein d'une région bien définie. Ainsi, c'est un élément capital dans le comportement hydrologique d'un bassin versant (El hmaidi et al., 2014).

2.3.1.2 Les pentes

La carte des pentes donne la topographie générale de la région d'étude. D'après la classification de Dimitrios et al. (2013), la grande partie (78,3 %) de la zone d'étude est caractérisée par des pentes modérées (inférieure à 15 %) (Tableau 2). La majeure partie de ces deux classes des pentes se situent exclusivement dans le secteur Nord-est (fig.14).

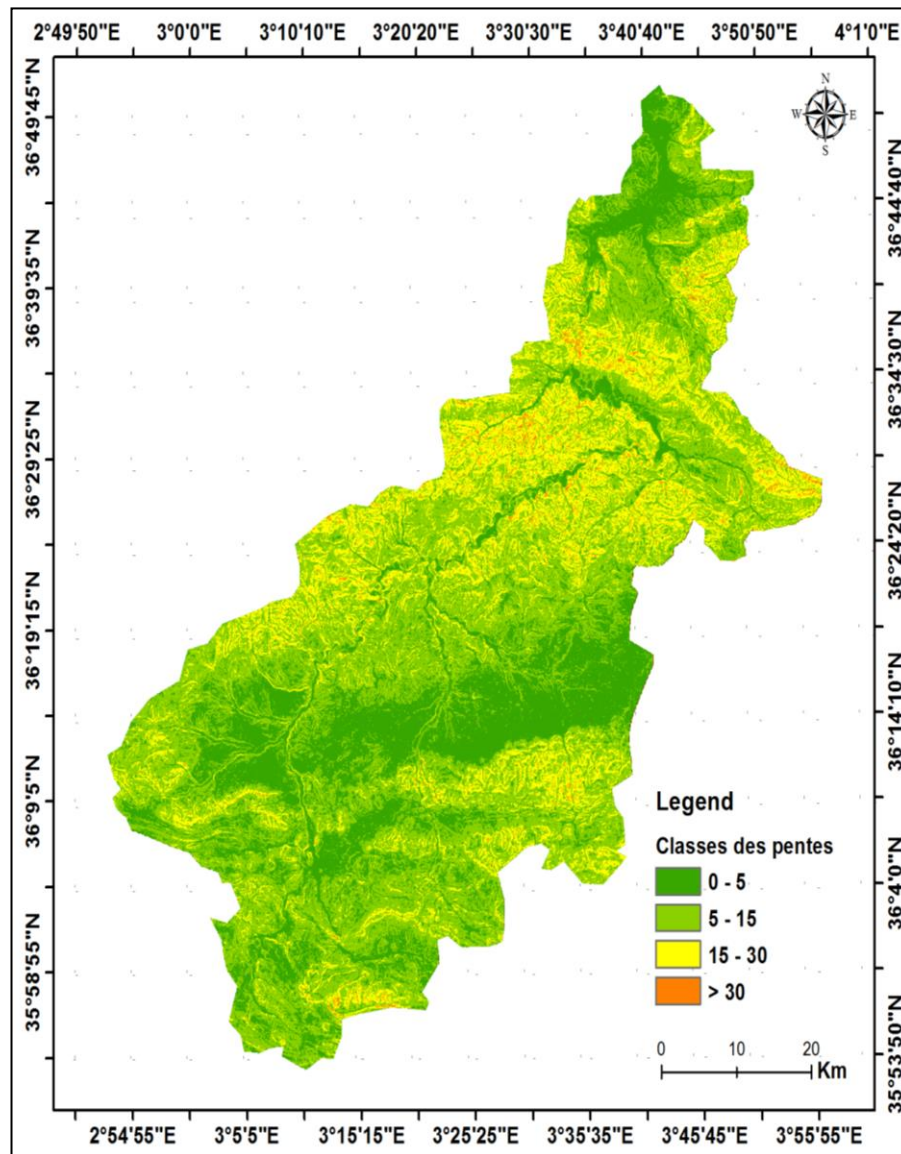


Figure14: carte des pentes (%).

Tableau 2: les classes de pente de la zone d'étude

Classe des pentes (%)	Surfaces	
	Km ²	%
Faible : 0-5	1174,1	27,9
Modérée : 5-15	2121,5	50,4
Elevée 15-30	874,5	20,8
Très élevée > 30	40,0	0,95
Total	4210	100

2.3.1.3 Expositions

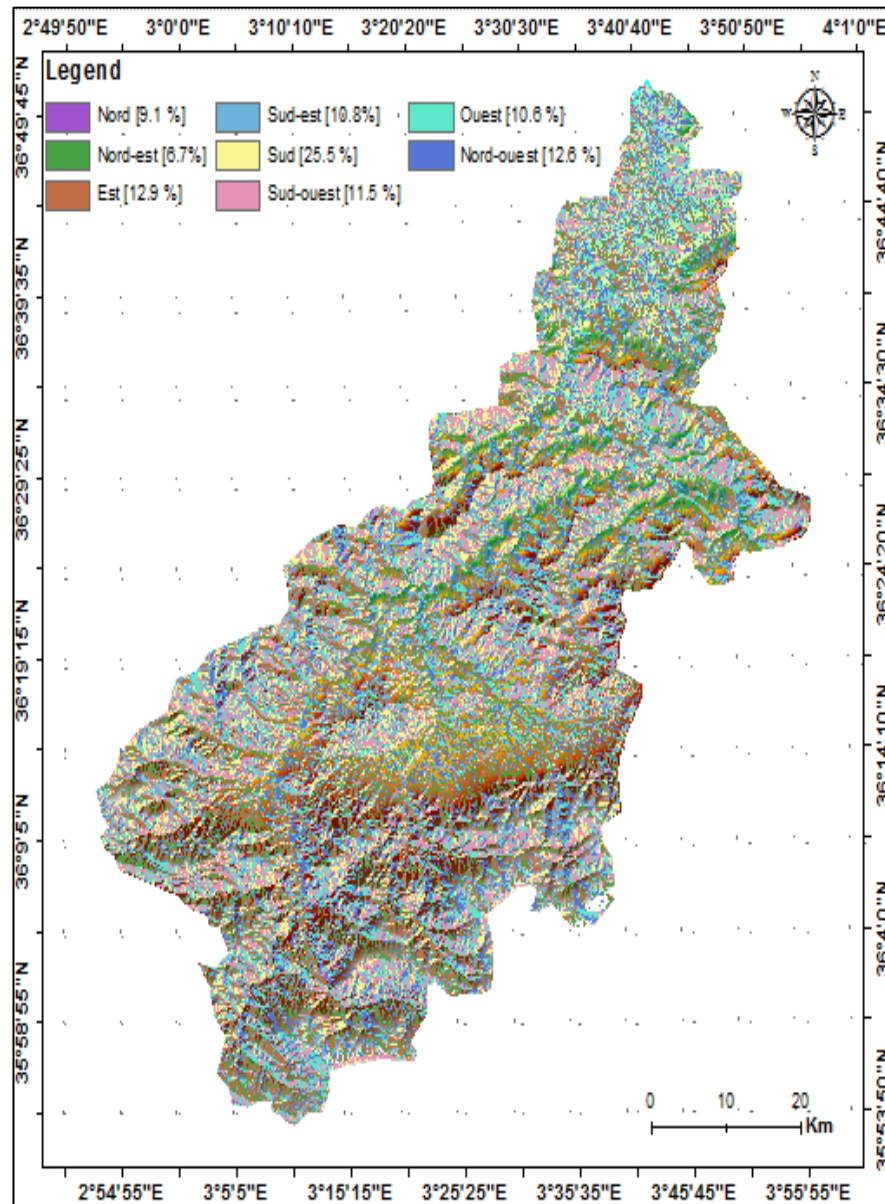


Figure 15: carte d'exposition des reliefs

Tout phénomène naturel dans une région donnée, varie d'un secteur à un autre. Comme nous l'avons dit, cette variabilité spatiale est liée beaucoup plus au facteur relief.

Le relief des marnes tertiaires du Tell Algérois est très morcelé. Les profondes entailles en V sont généralement plus raides en exposition Sud qu'en exposition Nord. Cette asymétrie est due à des différences de pédogénèse, de météorisation et d'ablation selon l'exposition (Gomer, 1994). Cette asymétrie est due à des différences de pédogénèse, de météorisation et d'ablation selon l'exposition (Benchettouh, 2012).

L'influence de l'orientation des versants est déterminée par l'intermédiaire des facteurs tels que la durée d'ensoleillement, l'état hydrique du sol et la direction des vents (notamment ceux qui sont dominants). Huit classes sont considérées (Nord, Nord-est, Est, Sud-est, Sud, Sud-ouest, Ouest et Nord-ouest).

La carte d'exposition des versants (fig.15) élaborée en intégrant le MNT30 de la zone d'étude dans un environnement SIG traité sous l'outil *surface/aspect* dans le kit: *Spatial analysttools* permet de déterminer l'orientation des versants avec leurs pourcentages.

Tableau 03 : surface des orientations des reliefs

Les orientations des reliefs	Surface	
	Km ²	%
Nord	382,8	9,1
Nord-est	283,2	6,7
Est	544	12,9
Sud-est	455,6	10,8
Sud	1077,5	25,6
Sud-ouest	486,3	11,6
Ouest	449,8	10,7
Nord-ouest	530,9	12,6
Total	4210	100

Ainsi, l'exposition des reliefs est dominée principalement par l'orientation Sud (25,59 % de la surface de la zone d'étude) (tableau3).

2.3.1.4 Le réseau hydrographique et localisation des ravinements

Les paramètres indiquant la sensibilité à l'inondation linéaire (ravinement) sont la densité de drainage et le coefficient de torrentialité.

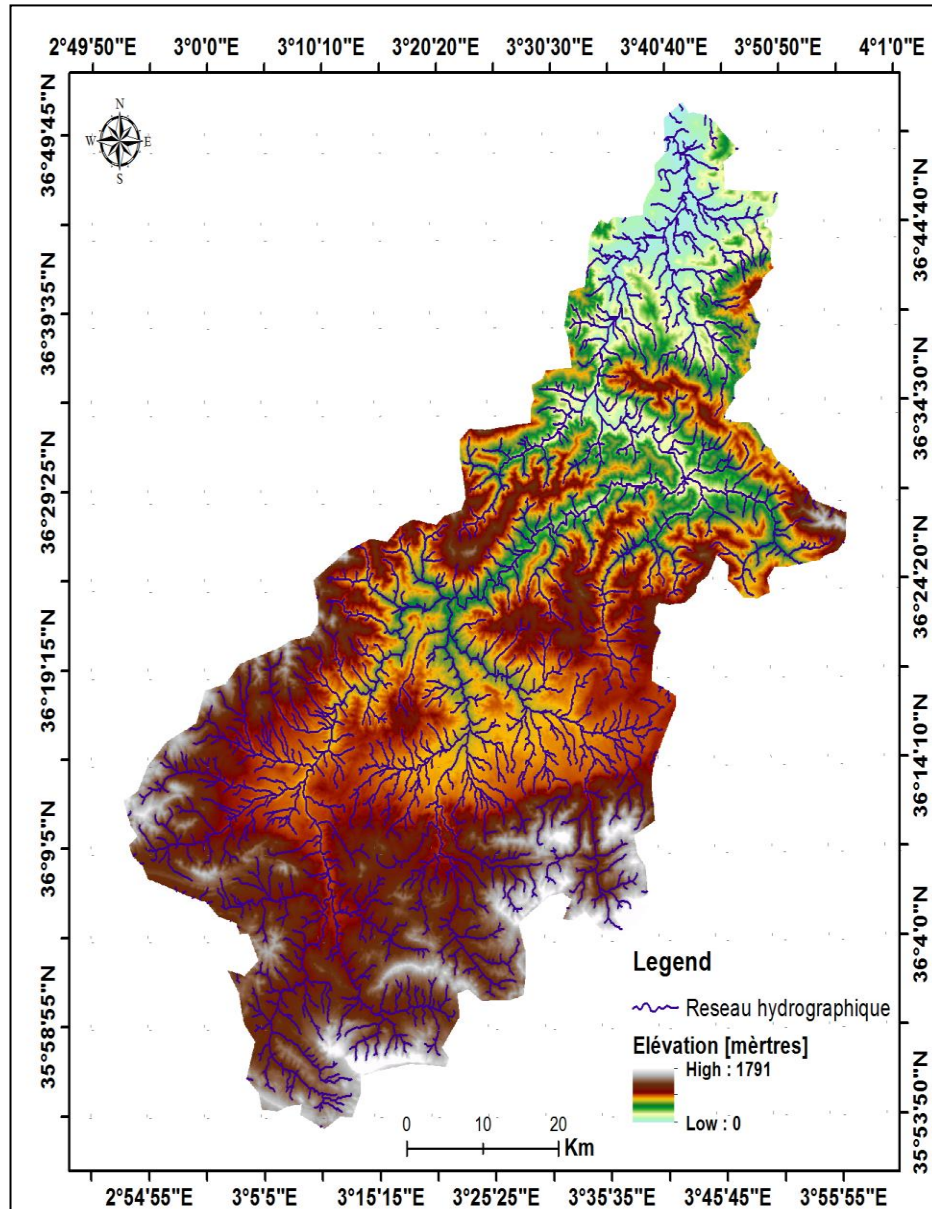


Figure 16 : carte de réseau hydrographique du bassin versant de l'oued Isser.

Densité de drainage

Pour un bassin donné de superficie A, la densité de drainage (Dd) est le rapport de la longueur totale des cours d'eau de tout ordre à la surface drainée.

$$Dd = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{A} \quad (1)$$

Tel que, L_i : longueur du cours d'eau d'ordre «i» en Km; A: surface du sous bassin versant en Km².

2.3.2. Les images satellitaires (Sentinel-2)

Le MSI Sentinel-2 Multispectral Instrument (MSI) recueille des images sur les surfaces, terrestres, les grandes îles et les eaux intérieures et côtières de la Terre avec une possibilité de revisiter tous les dix jours. Le capteur MSI acquiert 13 bandes spectrales très complémentaires des données acquises par l'imageur terrestre opérationnel (OLI) Landsat 8 de l'USGS et par l'outil Landsat 7 Enhanced Thematic MapperPlus(ETM+). <http://eros.usgs.gov/sentinel-2>. Acquise le 22/10/2006 après deux ans de la mise en service de barrage de l'oued ISSER a été utilisée comme outil pour pouvoir positionner le point aval du bassin versant (la digue du barrage). Ces images sont fournies par le site <http://earthexplorer.usgs.gov/>, au format Geotif.

2.3.3. Les données climatiques

2.3.3.1 Modélisation des paramètres climatiques

Le bassin versant de l'oued Isserest encadré vers le Sud et l'Ouest par des montagnes d'altitudes relativement élevées (autour 1791 m) qui forment des barrières face aux courants continentaux apportant des vents chauds. Il est par contre ouvert vers le Nord et l'Est sur la mer méditerranéenne, ce qui favorise les influences courants marins humides.

Les données pluviométriques ont été obtenues à partir des sites Web: <http://tn.freemeteo.com> et <https://power.larc.nasa.gov/cgi-bin/cgiwrap/solar/agro.cgi> pour les 19 stations (Tizi ghenif, Souk el khemis, Tablat, El omaria, Chabat el ameur, Djebahia, Médéa, Boghni, Dellys, Lakhdaria, Beni slimane, Ain Bessam, Naciria, Sour El Ghazlene, Ouzera, Nahata, Thenia, Zemmouri et ain boucif) de la zone d'étude.

2.3.3.2 Caractéristiques des stations pluviométriques

Les stations pluviométriques sont réparties spatialement comme suit: 13 stations localisées au sein de la zone d'étude et 6 autres sont situées hors de la zone d'étude (fig. 11). Leurs caractéristiques sont données dans le tableau 4.

Tableau 4: caractéristiques des stations pluviométriques

Station	Projected Coordinate System: Nord_Sahara_1959_UTM_Zone_31N				
	X	Y	Altitude (m)	Localisation	P(mm)
Ain boucif	514440,42	3971759,78	1176	(+)	701
Tizi ghenif	568878,27	4049667,2	476	(+)	593,12
Souk el khemis	556499,86	4027390,86	979	(+)	136 ,67
Tablat	527794,27	4029469 ,64	516	(+)	565,59
El omaria	502694,93	4012787,3	754	(+)	591,91
Chabat el ameur	561682,14	4055159,27	373	(+)	568,26
Djebahia	568080,09	4037458,07	296	(+)	587,13
Medéa	477542,27	4012815,86	1005	(-)	584,55
Boghni	585034,87	4044264,8	344	(-)	589,81
Dellys	581053,93	4086384,44	1	(-)	591,78
Lakhdaria	553065,55	4046227,13	203	(+)	593,29
Beni slimane	527858,25	4009503,85	624	(+)	701,91
Ain Bessam	560164,06	4016322,68	692	(+)	668,75
Naciria	574091,95	4067460,75	300	(+)	678,90
Sour El Ghozlene	562070,54	4000806,34	889	(-)	570,22
ouzera	486523,65	4011688,12	1005	(-)	632,39
Nahata	532227,52	4042796,07	454	(+)	705,60
Thenia	550002,45	4065067,21	228	(+)	499,21
Zemmouri	553532,38	4071744,67	80	(-)	567,82

(+) : se localise au sein de la zone d'étude

(-) se localise hors zone d'étude

2.3.3.3 Les courbes d'isohyètes et d'iso thermiques du bassin versant

Les données ponctuelles des précipitations moyennes mensuelles de la zone d'étude sont tout d'abord traitées dans une page Excel avec leurs coordonnées géographiques en utilisant la projection: *ProjectedCoordinate System: Nord_Sahara_1959_UTM_Zone_31*. Ensuite ces données sont introduites dans l'ArcGIS 10.3. L'outil *Géo-statistical-analyst-tools* a été utilisée afin d'interpoler/extrapoler ces données. Ces données sont déjà calculées selon des formules empiriques adoptées en élaborant des cartes thématiques permettant d'interpréter la variabilité spatiale de l'effet des facteurs climatiques fondamentaux.

Tableau 5: caractéristiques physiographiques du bassin versant de l'oued Isser

Superficie du bassin versant (Km ²)	4210km ²
Périmètre du bassin versant (Km)	404,4km
Le plus long talweg (Km)	112km
Indice de compacité de Gravelius (K _G)	1,75
Longueur du rectangle équivalent (L)	178,6 km
Largeur du rectangle équivalent (l)	23,58km
Altitude max (m)	1791 m
Altitude min (m)	0
Altitude moyenne (m)	843m

Densité de drainage (Dd) (Km/Km ²)	0 ,73
--	-------

2.3.4. Les méthodes d'analyse multicritères

Les méthodes d'analyse multicritère sont des outils d'aides à la décision développées depuis les années 1960. De nombreuses méthodes ont été proposées afin de permettre aux décideurs de faire un bon «choix ». Pour certain expert du domaine, ce choix existe dans l'esprit du décideur, et le processus d'aide à la décision doit le faire ressortir pour d'autres, le processus d'aide à la décision doit créer ce choix.

Les méthodes d'analyse multicritère ou, plus exactement, les méthodes d'aide multicritère à la décision sont des techniques qui permettent d'intégrer tout type de critères, ces procédures semblent mieux permettre de se diriger vers un judicieux compromis plutôt qu'un optimum souvent désuet (BenMena, 2000).

L'Analyse Multicritère (AHP : *AnalyticHierarchyProcess*)

L'AHP est une des méthodes de prise de décision multicritères développée par Saaty en 1970. C'est une méthodologie systématique, flexible et simple, utilisée fréquemment par les chercheurs et les praticiens afin de comparer plusieurs objectives ou alternatives. L'application de la méthode AHP se fait à 2 niveaux: la structure hiérarchique et l'évaluation. Les décideurs peuvent rassembler les critères qualitatifs et quantitatifs dans la structure hiérarchique (Saaty,2007). La méthode intègre l'opinion et l'évaluation des experts(Bagherzadeh et Daneshvar 2013; Rahmati et al. 2017 et Zare et al. 2017) et décompose le problème de décision à multicritères en un système des hiérarchies, en descendant dans la hiérarchie de grands aux petits éléments (Ayadi et al.,2009).La structure hiérarchique de la méthode AHP reflète la tendance naturelle de l'esprit de l'homme. Elle clarifie le problème et permet la contribution de chaque élément à la décision finale (Hua et al., 2008).

Afin d'élaborer la carte de susceptibilité à l'inondation dans notre région d'étude, nous avons suivi la méthode AHP. Cette méthode est basée sur la comparaison des différentes caractéristiques, deux par deux. À partir de la construction d'une matrice carrée (tableau 06), on évalue l'importance relative d'une caractéristique par rapport à une autre, en utilisant pour cela, une échelle adéquate. Saaty (1991) propose d'utiliser l'échelle indiquée dans le tableau 07. 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 la hiérarchie des caractéristiques étudiées. Selon Ramose et al. (2014), le résultat obtenu de cette méthode est important pour l'évaluation de la probabilité, puisqu'il sera utilisé pour indiquer l'importance relative de chaque critère opérant. La valeur propre est la mesure qui permettra d'évaluer la cohérence ou la qualité de la solution obtenue, représentant ainsi, un autre avantage de cette méthode.

Tableau 6 : Matrice de comparaison et calcul de son vecteur propre (Ramos et al., 2014)

Facteurs	F1	F2	F3	...	Fn	Wi
F1	$1/\sum F1$	$W2-1/\sum F2$				$\sum F1/n$
F2	$W1-2/\sum F1$	$1/\sum F2$				$\sum F2/n$
F3	$W1-3/\sum F1$		$1/\sum F3$			$\sum F3/n$
...				...		
Fn	$W1-n/\sum F1$				$1/\sum Fn$	$\sum Fn/n$
	$\sum F1$	$\sum F2$	$\sum F3$	...	$\sum Fn$	

Quand w_{ij} représente le jugement quantitatif de la paire de caractéristiques C_i, C_j , il est défini par les règles suivantes :

1. Si $w_{ij}=\alpha$, alors $w_{ji}=1/\alpha, \alpha \neq 0$
2. Si C_i est considéré comme étant d'une importance relative égale à celle de C_j ,
Alors $w_{ij}=1, w_{ji}=1$ et $w_{ii}=1$, pour tout i .

Le vecteur propre de la matrice peut être trouvé par la formule suivant :

En outre, celui-ci doit être normalisé pour que la somme de ses éléments soit égale à l'unité. Pour cela, il suffit de calculer la proportion de chaque élément par rapport à l'addition.

Soit T le vecteur propre normalisé utilisé pour quantifier et évaluer l'importance de chaque critère.

Afin de tester la cohérence de la réponse qui indique si les données ont un rapport logique entre elles, Saaty (1977) propose de suivre le procédé suivant (2):

$$\Lambda_{\max} = T \cdot w(2)$$

Où w est calculé par l'addition des colonnes de la matrice de comparaisons.

On calcule, alors, l'indice de cohérence (IC) (3):

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} (3)$$

Le ratio de cohérence (RC) se calcule par l'équation(4):

$$RC = \frac{IC}{CA} \quad (4)$$

RC est le ratio entre IC et un indice de cohérence aléatoire (CA). L'indice CA, présenté dans le Tableau 8, est issu d'un échantillon de 500 matrices réciproques positives géré de façon aléatoire, dont la taille atteint 11 par 11.

On considère comme acceptable un ratio de cohérence inférieur à 0,10

Tableau 7 : Échelle proposée par Saaty (1991)

Degrés d'importance	Définition	Explication
1	Importance égale	Deux caractéristiques contribuent de la même façon à l'objectif.
3	Faible importance d'une caractéristique par rapport à une autre	L'expérience et l'appréciation personnelles favorisent légèrement une caractéristique par rapport à une autre.
5	Importance forte ou déterminante	L'expérience et l'appréciation favorisent fortement une caractéristique par rapport à une autre.
7	Importance très forte ou attestée	Une caractéristique est fortement favorisée et sa dominance est attestée dans la pratique.
9	Importance absolue	Les preuves favorisant une caractéristique par rapport à une autre sont aussi convaincantes que possible
2 .4.6.8	Valeurs associées à des jugements Intermédiaires.	Lorsqu'un compromis est nécessaire.

Tableau 8 : Valeurs de CA en fonction de l'ordre de la matrice

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CA	0	0	0,58	0,90	1,12	1.24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51

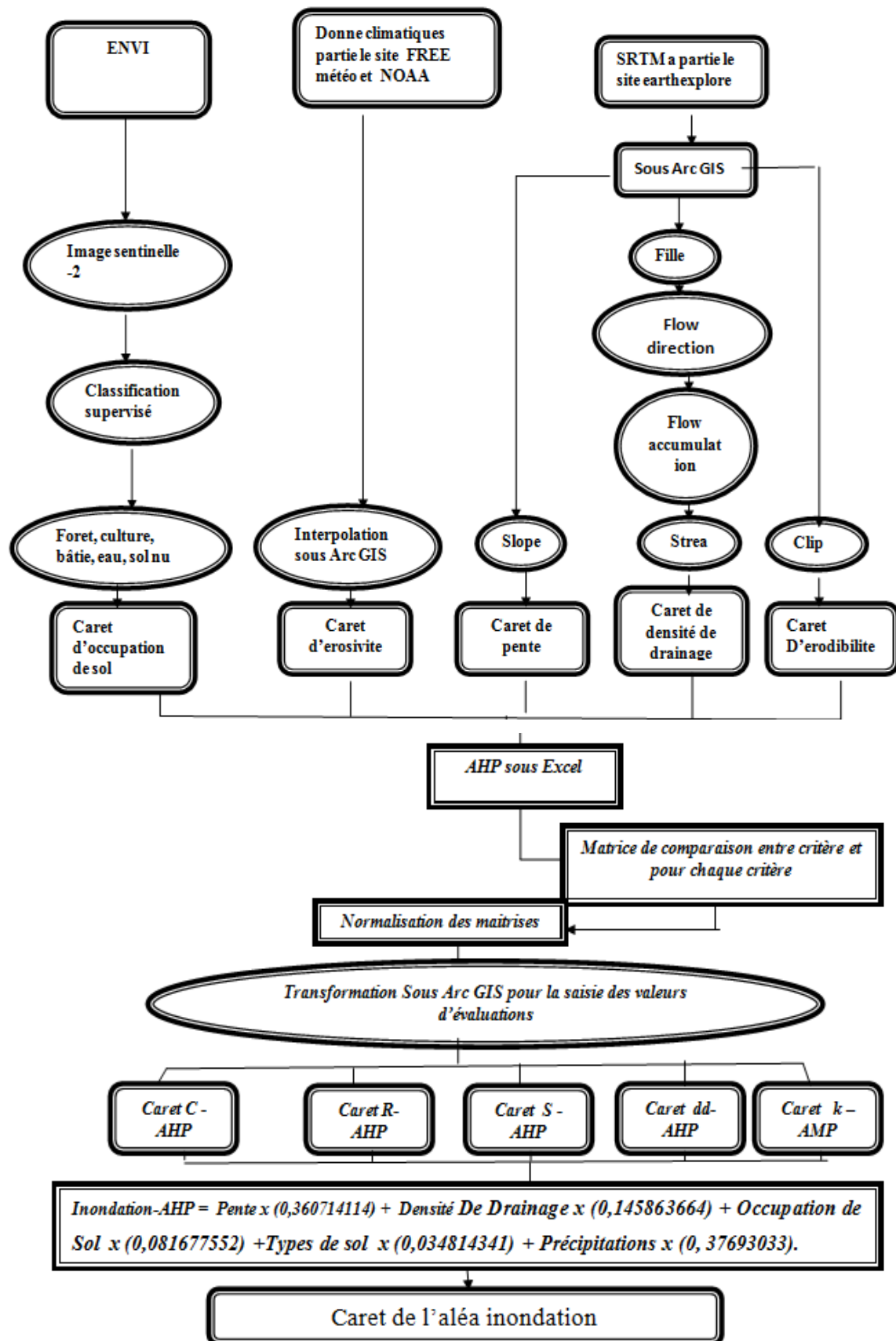


Figure17 : Organigramme général de l'approche AHP/SIG pour l'estimation du risque d'inondation

Conclusion

Commencé il y a maintenant plus de 30 ans, l'introduction de l'informatique dans le champ de la géographie profondément renouvelé la dynamique de cette discipline. Ce renouvellement n'est pas dû au seul développement des SIG: les nouveaux moyens de mesure ou d'observation de la terre y participent aussi largement. La dénomination « SIG » recouvre une grande variété de réalisations logicielles construites suivant des choix techniques différents, aux fonctionnalités et aux performances très diverses.

Le lien entre développement de nouvelles technologies et émergence de nouveaux paradigmes de recherche est indéniable. Et inversement, le questionnement méthodologique se nourrit en permanence de l'application thématique des méthodes et des outils qu'elle conçoit. Toutes ces technologies vont dans le même sens : celui d'une prise en compte toujours plus importante de la localisation dans la gestion ou l'analyse des phénomènes, à des précisions qui permettent de développer de nouveaux objectifs de recherche et d'améliorer considérablement les résultats obtenus dans les études qui en découlent (Dangermond, 1983).

Et pour profiter de ces avancées technologiques dans le suivi et l'étude de l'aléa inondation un organigramme de l'approche suivie est détaillé ci-dessous.

3.1. Introduction

La mise au point des techniques antiérosives afin de lutter contre les phénomènes naturels à grand risque exige la connaissance des facteurs qui causent ce risque. Cette connaissance constitue un préalable à la conception de tout projet d'aménagement et un facteur d'efficience (Filippo et De Bonis, 2006).

L'évaluation des risques d'aléa d'inondation dans le bassin versant d'Isser a nécessité la cartographie et l'analyse de nombreux facteurs intervenant dans le processus d'inondation à savoir : l'érosivité des pluies, l'érodibilité du sol, la pente des versants, l'occupation du sol et la densité de drainage. Chaque facteur présente un comportement différent d'une zone à l'autre du bassin versant. Ce qui a donné lieu à une multitude de données à cartographier, stocker, structurer et traiter de manière méthodique. Le SIG permet de croiser des cartes aux thèmes différents, de fusionner leurs bases de données et d'appliquer des équations mathématiques sur les valeurs numériques des facteurs de l'aléa qui y sont rangées.

Afin d'élaborer la carte de probabilité des risques d'inondation, nous avons suivi la méthode de l'Analyse Multicritère Hiérarchique (AHP – Analytic Hierarchy Process). Cette méthode, créée par Saaty (1991), est une méthode d'analyse multicritères qui peut être utilisée dans la quantification des caractéristiques qualitatives, par le biais de sa pondération. Elle a déjà été utilisée avec succès par exemple dans l'application à l'étude de glissement de terrain ou dans l'évaluation de la probabilité du risque érosif (Ramos et al., 2017).

L'utilisation de l'approche AHP/SIG présente beaucoup d'avantages, notamment ceux liés au grand nombre de résultats relatifs aux facteurs impliqués dans l'aléa d'inondation et la faculté de démêler la complexité de l'interdépendance de ces facteurs pour mieux cerner l'impact de chacun d'eux, en évaluant sa contribution au phénomène en question.

Notre objectif consiste à cartographier les régions à haut risque d'inondation par l'approche AHP/SIG et de déterminer le degré de l'impact participatif de chaque facteur influençant ce phénomène dans le bassin versant d'Isser.

3.2. Démarches cartographiques de l'aléa d'inondation au moyen de l'approche AHP/SIG

L'AHP, c'est une méthode semi-qualitative décisionnelle multicritères qui implique une matrice basée sur la comparaison par paires de facteurs dans le même niveau hiérarchique (Jiang et *al.*, 2014). Ces derniers sont comparés l'un à l'autre pour obtenir leur l'impact relatif vis-à-vis du phénomène étudié en l'exprimant en valeur numérique (Pradeep et *al.*, 2015). Elle est utilisée pour résoudre nombreux problèmes environnementaux requérant une prise de décision (Bagherzadeh et *al.*, 2013 ; Sar et *al.*, 2016 ; Zare et *al.*, 2017).

L'évaluation de l'aléa d'inondation par les facteurs R, P, C, Dd, K a été obtenue par la combinaison des cartes thématiques avec leurs bases de données relatives à ces facteurs au moyen d'un environnement SIG du logiciel ArcGIS.

3.2.1. Le facteur R (l'érosivité de pluie)

Le facteur R représente l'énergie des gouttes de pluie qui déclenche le processus de détachement des agrégats, leur ruissellement et leur transport (Roose et Lelong, 1976).

Tableau 9: Les valeurs de R mesurés

Station	X	Y	R (Mjmm ha-1 h-1 y-1)
Tizi ghenif	568878,27	4049667,2	901
Souk el khemis	556499,86	4027390,86	995
Tablat	527794,27	4029469 ,64	886
El omaria	502694,93	4012787,3	1052
Chabat el ameur	561682,14	4055159,27	882
Djebahia	568080,09	4037458,07	920
Medéa	477542,27	4012815,86	916
Boghni	585034,87	4044264,8	925
Dellys	581053,93	4086384,44	900
Lakhdaria	553065,55	4046227,13	928
Beni slimane	527858,25	4009503,85	851
Ain Bessam	560164,06	4016322,68	874
Naciria	574091,95	4067460,75	923
Sour El Ghozlene	562070,54	4000806,34	995
ouzera	486523,65	4011688,12	809
Nahata	532227,52	4042796,07	901
Thenia	550002,45	4065067,21	695
Zemmouri	553532,38	4071744,67	961

Il a été estimé par le modèle de Diodato (2004, 2005). Ce dernier a été appliqué à dix neuf stations se trouvant dans ou à proximité du bassin versant d'Isser pour une série d'observation sur une période 16 ans (2000 - 2017).

D'après les valeurs figurant dans le tableau 9, on remarque que la valeur maximale de R a été enregistrée au niveau de la station d'El Omaria (secteur ouest) avec une valeur de 1052 Mj.mm/ha.h.an, alors que la valeur minimale est observée au Sud-ouest de la zone dans les stations d'Ouazra avec une valeur de 809 Mj.mm/ha.h.an.

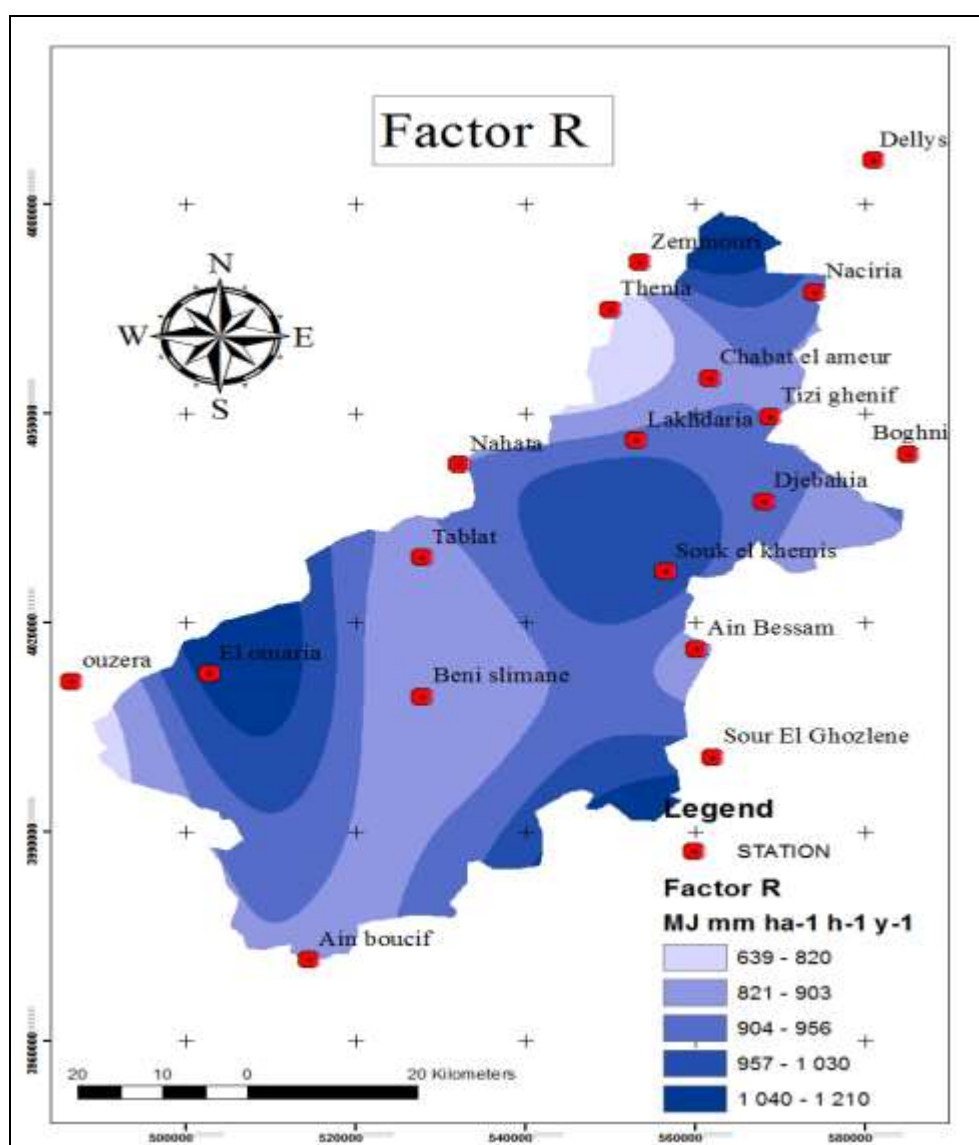


Figure 18 : La carte d'érosivité R

L'extrapolation de l'érosivité de pluies sur l'ensemble de la zone d'étude (fig. 18) a été réalisée au moyen de l'ArcGIS, en utilisant l'outil « interpolation ID ».

Les valeurs de R mesurées sont relativement similaires en comparaison à celles trouvées dans d'autres bassins versants de la méditerranée, comme le cas de Calore en Italy (Diodato et Bellocchi, 2010), de Jannet en Tunisie (Jebari et *al.*, 2012), de Mustafakemalpasa en Turquie (Ozsoy et *al.*, 2012), de Yialias en Cyprus (Dimitrios et *al.*, 2013) et du Nord algérois (Benchettouh et *al.*, 2017).

3.2.2. Le facteur K (érodibilité)

Tableau 10 : Tableur de défirrent type de sol

Type de sol	Surfaces	
	Km ²	%
Sable	1633	39
Sable limoneux	969,9	23,03
Limon – sable-argileux	838 ,1	18,24
Sable argileux	768,3	19,91
Total	4210	100

Pour le facteur K chaque type de sol a été associé à une valeur moyenne de cet indice. La carte de ce denier a été établie suite à sa détermination par la méthode de reclassement à l'aide du logiciel ArcGIS.

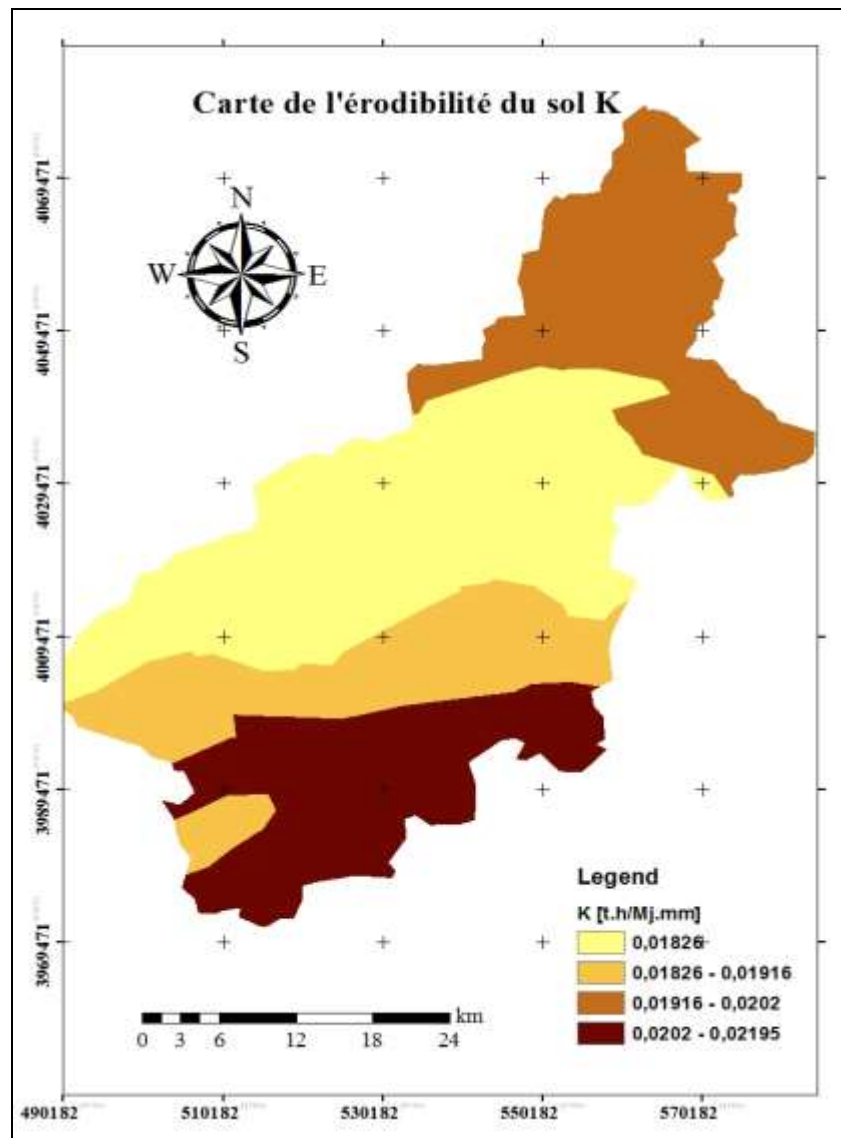


Figure 19: Carte de type du sol facteur K.

Pour simplifier la lecture des résultats ainsi que leur croisement avec d'autres cartes thématiques représentant la technique AHP, il était utile de regrouper les valeurs rapprochées de K dans 4 classes différentes réparties selon un gradient d'érodibilité croissant (tableau 10). Ensuite grâce au SIG, nous avons pu établir la répartition spatiale de ces classes (fig. 19).

En se référant au tableau 10 et selon la classification française proposée par Dumas (1964), les sols de notre zone d'étude sont très peu érodibles à faiblement érodibles ($K < 0,1$ t.h/Mj.mm). Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par Roose et *al.* (2012) ; Benchettouh et *al.* (2017) en particulier dans des régions à climat semi-aride de la méditerranée.

3.2.3 Le facteur S (la pente)

L'eau s'écoule des altitudes les plus élevées aux plus basses et par conséquent, la pente influe sur la quantité de ruissellement de surface et d'infiltration. Les zones plates en basse altitude peuvent être plus courtes que les zones en altitude avec une pente plus raide.

Dans notre cas d'étude, nous avons divisé les pentes en cinq classes, variant entre 0 et 61,6, avec une altitude élevée apparaît dans la partie centrale et la partie nord,

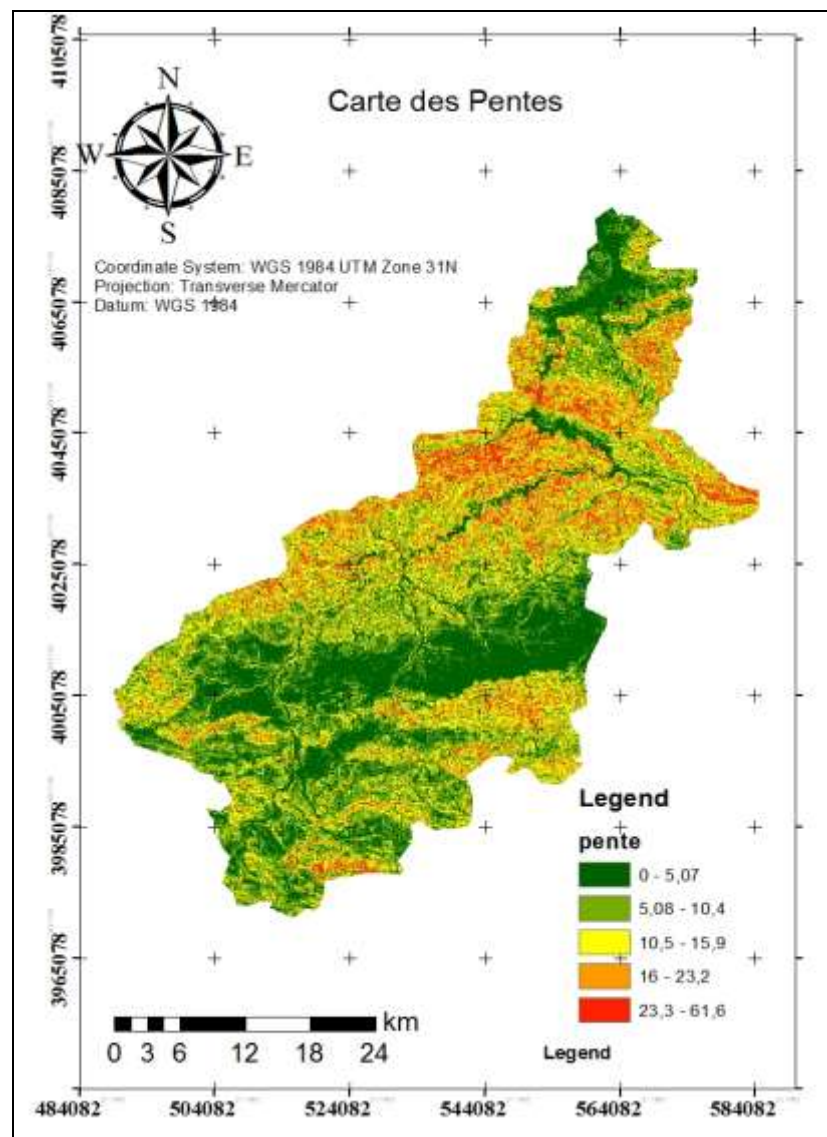


Figure20 : Carte de la pente S.

3.2.4 Facteur Dd (densité de drainage)

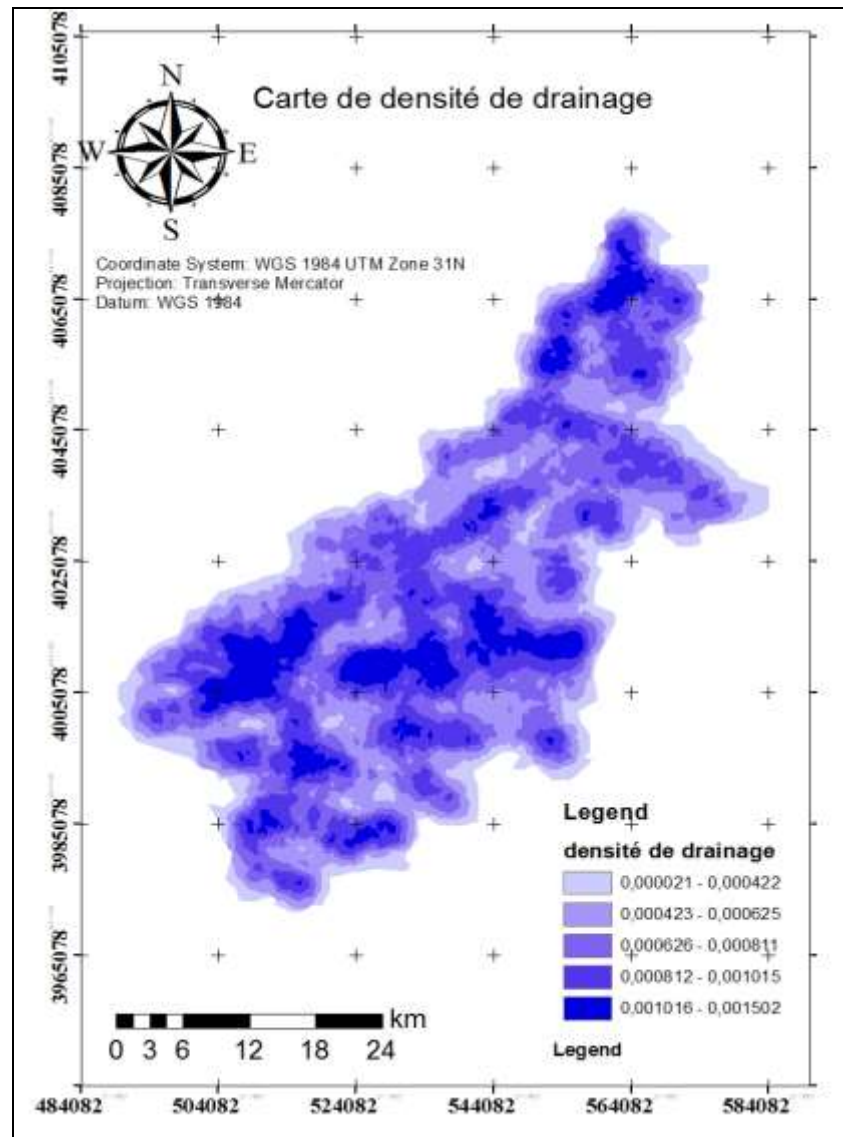


Figure 21: Carte de la densité de drainage.

Selon Finlayson et Montgomery (2007), Nekhay et *al.* (2009), Rahmati et *al.* (2017) la densité de drainage (Dd) était considérée comme vulnérable au détachement de particules de sol par les eaux de crue. Les valeurs de ce paramètre (Dd) ont été extraites automatiquement par le modèle « *hydro-tools* » de l'ArcGIS. La valeur de la densité de drainage (Dd) retenue pour la construction de la matrice AHP est basé sur le concept de l'importance de ce facteurs vis-à-vis le phénomène en question.

3.2.5 Facteur C (occupation du sol)

Les différentes classes de végétation et/ou occupation du sol ont été cartographiées à partir de la classification supervisée d'une image satellitaire multi-spectrale Sentinel-2 Multi spectral Instrument (MSI). Le traitement de l'imagerie sur Logiciel ENVI a subi d'abord des prétraitements à savoir les corrections géométriques. Ensuite, ces résultats nous a permis d'obtenir une carte du couvert végétal classée en cinq catégories (bâties, forêts, culture, sol nu, l'eau) (fig. 22).

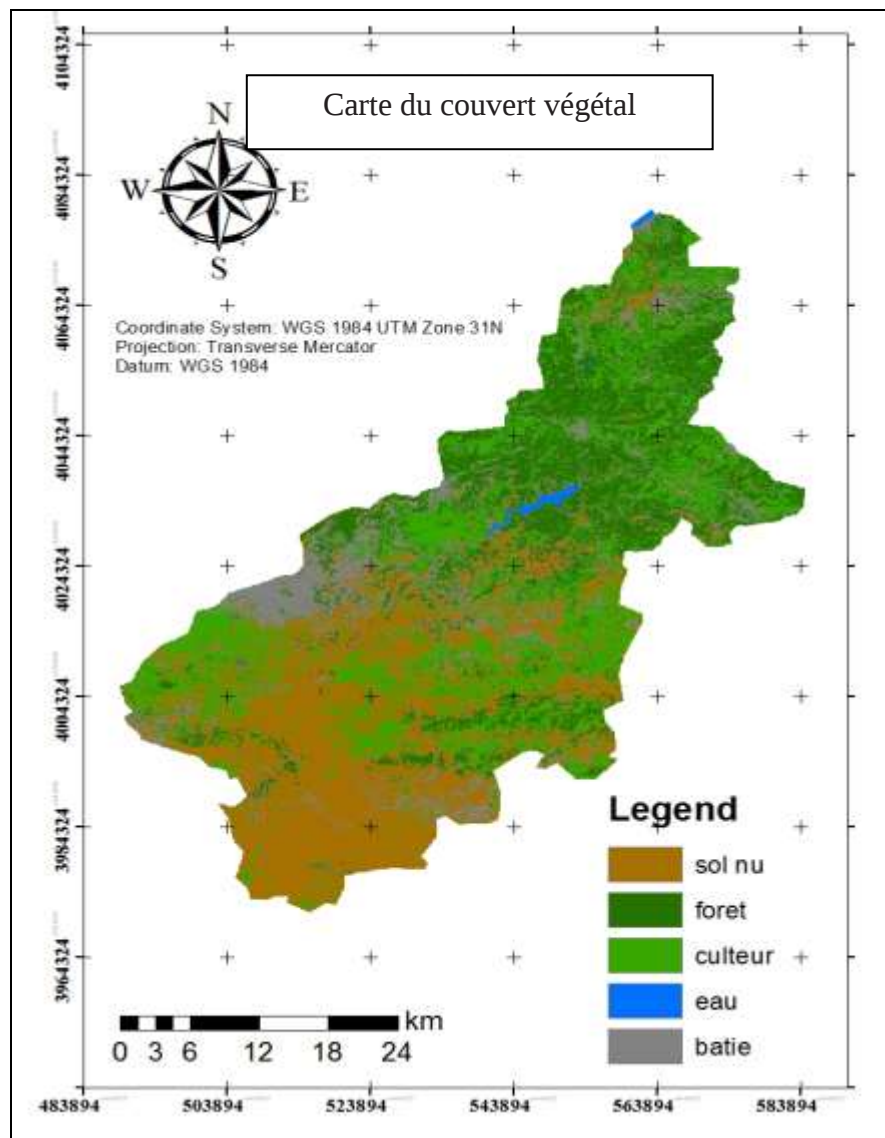


Figure22 : Carte du couvert végétal

3. 3 Évaluation des facteurs de l'inondation par la méthode AHP

3.3.1 Pondération du critère selon l'échelle de Saaty(1991)

Afin de quantifier l'effet de chaque paramètre au processus d'inondation il faut pondérer les critères entre eux, cette pondération est effectuée selon l'échelle de Saaty. L'évaluation des critères entre eux est présentée ci-dessous.

3.3.1.1. Evaluation de l'érosivité des pluies R selon Saaty(1991)

L'influence de la pluviométrie n'est pas la même, sur la zone d'étude. En effet, la variation des l'érosivité des pluies est étendue de 639 à 1210, donc une évaluation entre les différentes classes est nécessaire afin de uniformiser l'échelle de travail, l'évaluation est présentée ci-dessous.

Tableau 11 : Evaluation de l'érosivité des pluies selon l'échelle de Saaty(1991)

Classe de R	639-820	821-903	904-956	957-1030	1031-1210	Poids normalisés
639-820	1	0.33	5	0.14	9	0,26
821-903	3	1	0.33	0.25	0.14	0,07
904-956	4	3	1	0.5	0.16	0,13
957-1030	5	4	2	1	0.2	0,19
1031-1210	0.11	7	6	5	1	0,34
$\lambda_{\max} =$						5,4
CI =						0,09
RC =						0,08

Le ratio de cohérence est inférieur à 10% (tableau 11) ce qui signifie qu'il y a une cohérence entre les classes, les résultats de l'évaluation des classes selon AHP est présente sous la figure ci-dessous.

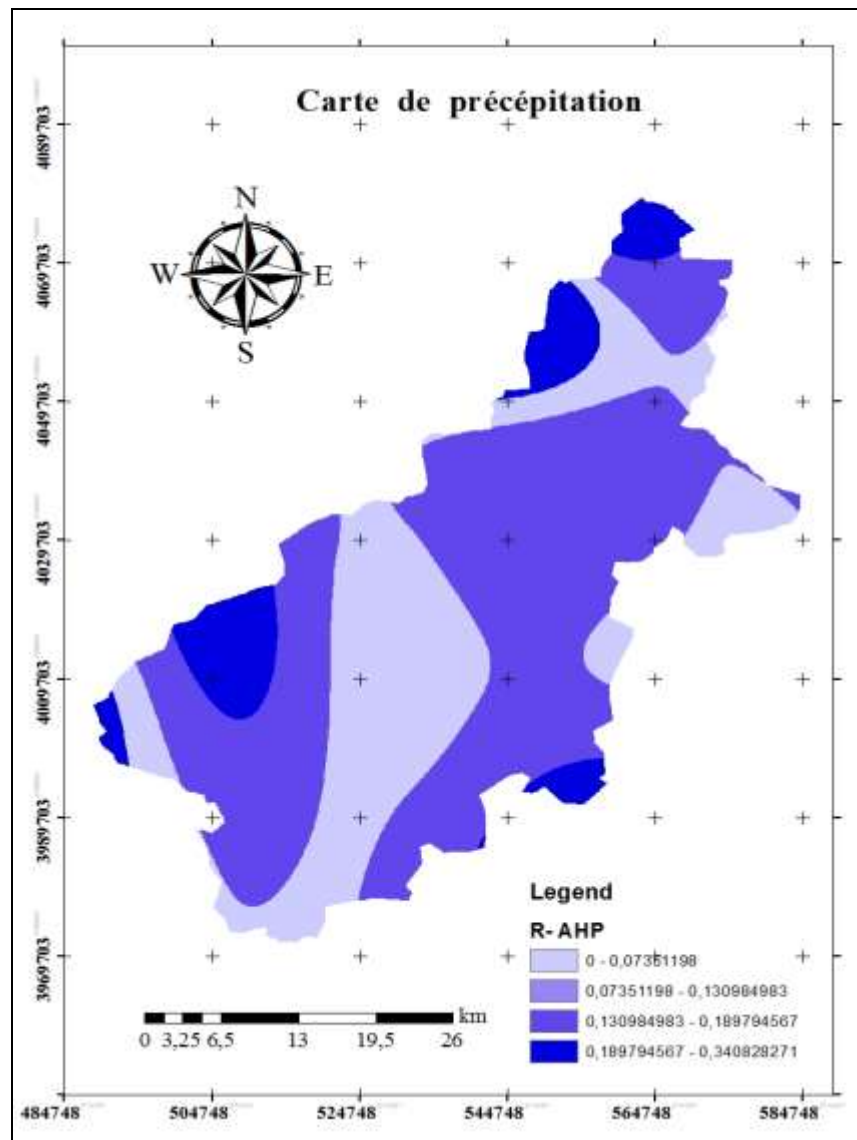


Figure23: Carte de l'érosivité des pluies obtenue par l'AHP

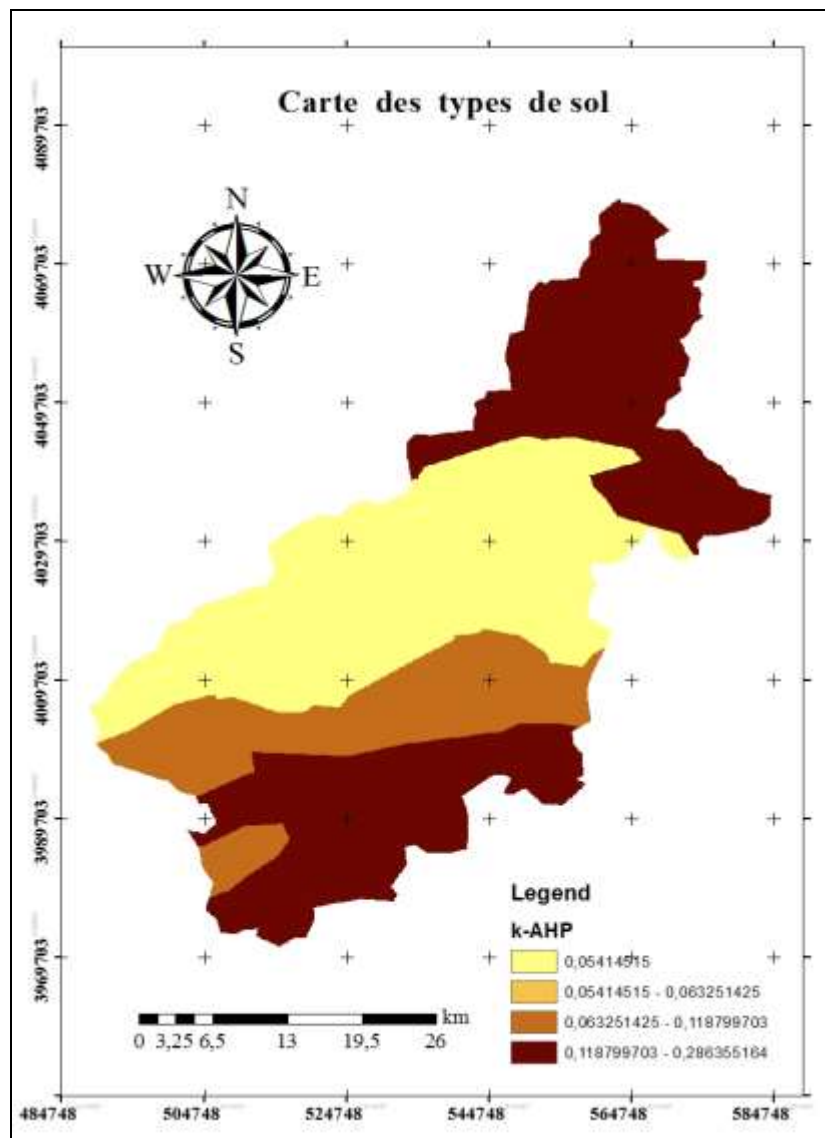
3.3.1.2 Évaluation d'érodibilité du facteur K selon Saaty(1991)

Du même principe, l'évaluation et la normalisation de l'érodibilité du sol selon l'AHP, les valeurs de cette dernière sont retenues dans le tableau 12.

Tableau 12 : Evaluation d'érodibilité selon l'échelle de Saaty (1991)

Classe de K	K < 0,018257	K < 0,019613	K < 0,020161	K < 0,021951	Poids normalisés
0,018257	1	1	1/3	1/4	0,07
0,019613	1	1	1/2	1/3	0,08
0,020161	3	2	1	1/2	0,14
0,021951	4	2	2	1	0,21
$\lambda_{\max} =$					5,41
CI =					0,10
RC =					0,09

Le ratio de la consistance RC est inférieur à 10 % ce qui signifie que la cohérence est bonne entre les paramètres de l'AHP étudiés. Les résultats sont présentés dans la figure 24.

**Figure 24:** carte d'érodibilité du sol par obtenue par l'AHP

3.3.1.3 Évaluation du facteur C selon de Saaty(1991)

Pour quantifier l'effet de chaque type de sols sur l'aléa inondation, il a été attribué pour chaque classe du sol une valeur (poids normalisé) qui traduit son contribution sur l'aléa. Les résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau 13.

Tableau 13 : évaluation d'occupation des sols selon AHP

Classe de C	Bâtie	sol nu	Foret	Culture	Eau	Poids normalisés
Bâtie	1	2	3	4	5	0,38
sol nu	1 / 2	1	1 / 4	1/2	1/3	0,03
Foret	1/3	4	1	5	3	0,36
Culture	1/4	2	1/5	1	1/2	0,08
Eau	1/5	3	1/3	2	1	0,15
						$\lambda_{\max} = 5,37$
						CI = 0,09
						RC = 0,0007

Le ratio de cohérence est vérifié, les résultats graphiques sont présentés dans la figure 25.

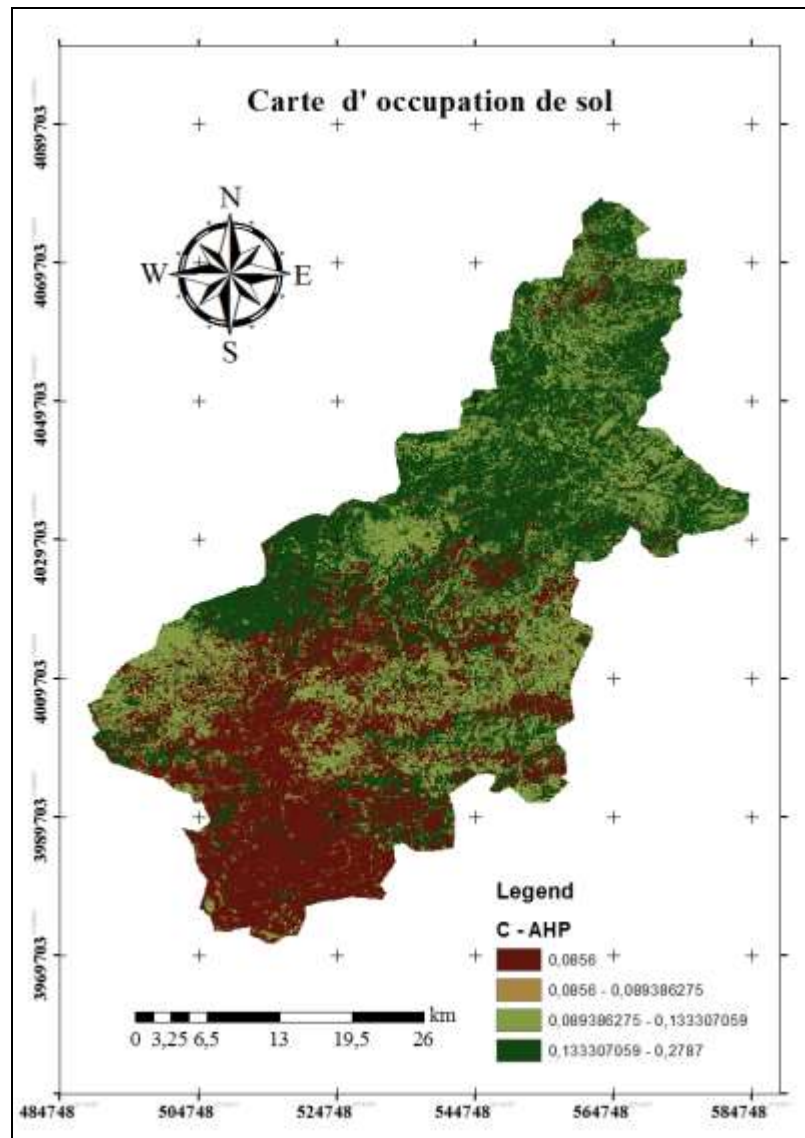


Figure25: Carte d'occupation du sol obtenue par AHP.

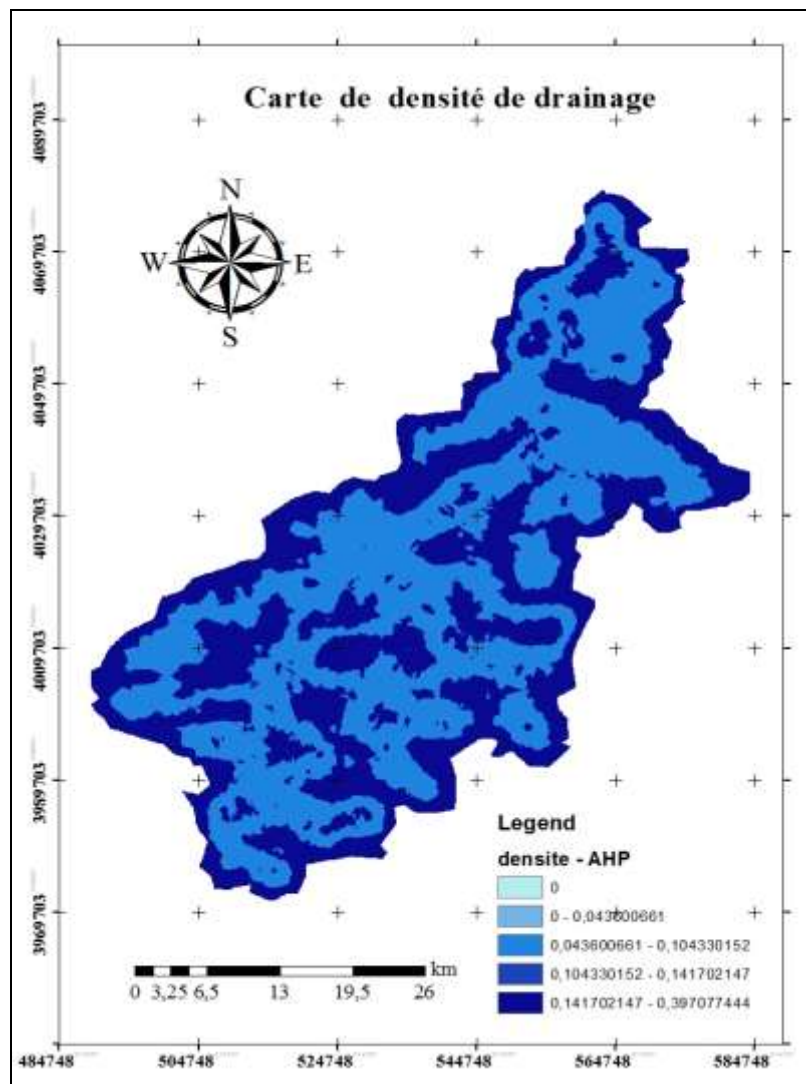
3.3.1.4 Évaluation du facteur Dd selon Saaty(1991)

De la même démarche on a élaboré la densité de drainage de notre zone d'étude.

Tableau 14 : Evaluation de la densité de drainage selon AHP(1991)

Classe de Dd	0,00002- 0,00042	0,00042- 0,00062	0,0006- 0,0008	0,0008-0,0010	0,0010- 0,0015	Poids normalisés
0,00002- 0,00042	1	2	5	7	2	0,40
0,00042- 0,00062	1/2	1	2	3	1/5	0,14
0,0006- 0,0008	1/5	1/2	1	4	1/3	0,10
0,0008- 0,0010	1/7	1/3	1/5	1	1/5	0,04
0,0010- 0,0015	1/2	5	3	5	1	0,31
$\lambda_{\max} =$						5,32
CI =						0,08
RC =						0,07

Le ratio de cohérence est de l'ordre de 0,07, ses résultats sont présentés dans la figure 26.

**Figure26:** Carte de la densité de drainage obtenue par l'AHP.

3.3.1.5 Évaluation du facteur S selon Saaty(1991)

Pour quantifier l'effet de la pente sur l'aléa inondation, il a été attribué pour chaque classe de pente une valeur (poids normalisé) qui traduit son contribution sur l'aléa. Les résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau 15.

Tableau 15 : Evaluation des pentes selon AHP

Classe des pentes	0-5,07	5,07-10,39	10,39-15,95	15,95-23,20	23,20-61,2	Poids normalisés
0-5,07	1	2	5	7	2	0,49
5,07-10,39	1/2	1	2	3	1/5	0,26
10,39-15,95	1/5	1/2	1	4	1/3	0,07
15,95-23,20	1/7	1/3	1/2	1	1/5	0,04
23,20-61,2	1/2	5	3	5	1	0,14
						$\lambda_{\max} =$ 5,30
						CI = 0,08
						RC = 0,07

Le ratio de cohérence est de l'ordre de 0,07, ses résultats sont présentés dans la figure 27.

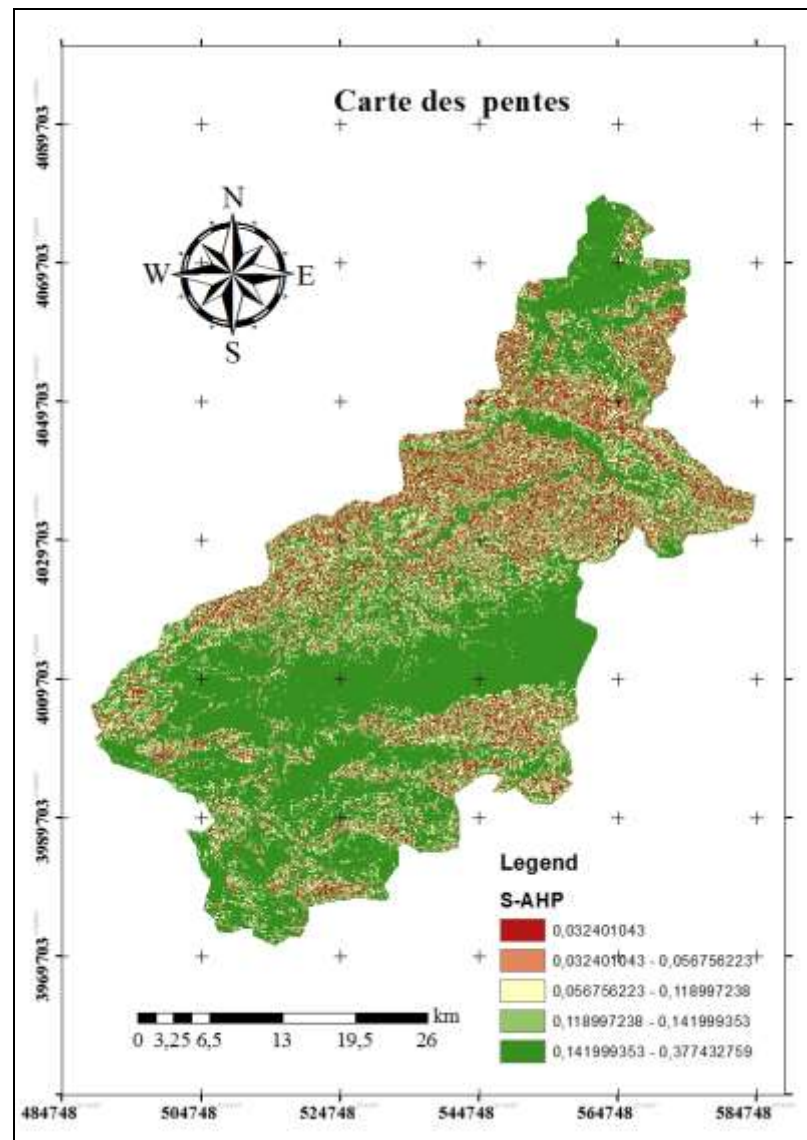


Figure 27 : Carte des pentes obtenue par AHP

3.3.2 L'évaluation de l'aléa d'inondation au moyen de la technique AHP/SIG

Tableau 16 : l'évaluation des critères selon l'échelle de Saaty(1991)

Facteurs de l'aléa érosif	R	K	S	C	Dd	Poids normalisés
R	1	9	1	5	3	0,38
K	0,11	1	0,11	0,33	0,2	0,03
S	1	9	1	4	3	0,36
C	0,2	3	0,2	1	0,5	0,08
Dd	0,33	5	0,33	2	1	0,15

$$\lambda = 5$$

$$IC = 0,0008$$

$$RC = 0,0007$$

Nous montrerons, à présent, les matrices de comparaison (tableaux 11, 12, 13 14 et 15) et les critères respectifs de pondération obtenus pour les caractéristiques (critères) considérées importantes à l'élaboration de la carte de probabilité de risque d'inondation de l'alea. Les critères utilisés, par ordre de priorité, ont été, respectivement: Erosivité des pluies, la pente de reliefs, la densité de drainage, l'occupation du sol et l'érodibilité du sol.

Dans le but d'assurer la qualité des données obtenues, différentes matrices ont été construites avec les différentes classes d'un même critère et ensuite entre les différents critères. Ces matrices ont été remplies selon l'esprit de l'impact de chaque facteur vis-à-vis le thème de risque de l'alea d'inondation.

Pour toutes les matrices, le ratio respectif de cohérence (RC) a été calculé et, comme le recommande Saaty (1991), toutes les valeurs de cohérence RC sont inférieures à 10%.

L'évaluation de l'aléa érosif a été obtenu à l'aide de l'ArcGIS par l'addition des cartes thématique de différents facteurs de la techniques AHP multipliée chacune par son poids normalisé selon l'équation ci- dessous:

$$\text{Inondation-AHP} = \text{Pente} \times (0,36) + \text{Densité De Drainage} \times (0,15) + \text{Occupation du Sol} \times (0,08) + \text{érodibilité du sol} \times (0,03) + \text{érosivité des pluies} \times (0, 38).$$

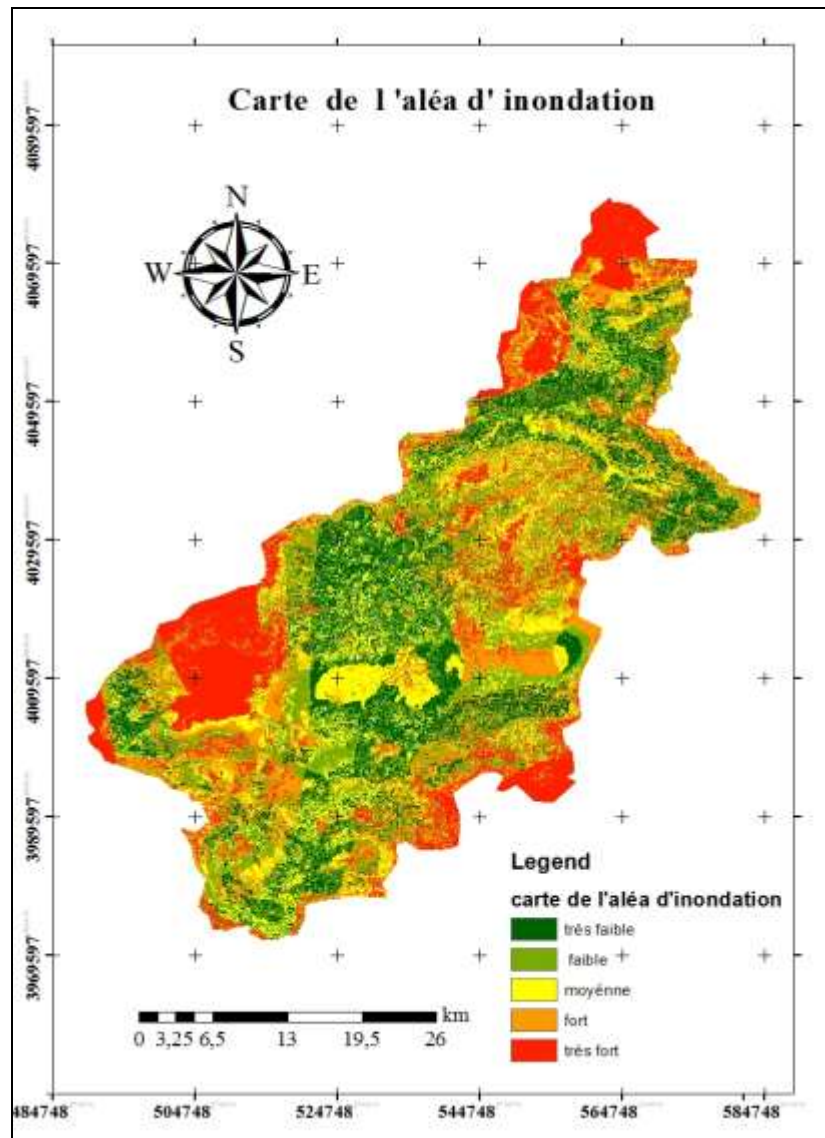


Figure 28: Carte de l'aléa d'inondation de bassin versant d'Isser

La répartition des classes d'inondation est représentée sur la figure 28 et les proportions de chaque classe figurent dans le tableau 17.

Tableau 17 : Les classes d'inondation selon la technique AHP

Les classes du risque d'inondation	Classe (t/ha/crue)	Surface	
		Km ²	%
Très faible	0,07 – 0,13	775,1	18,4
Faible	0,14 – 0,16	1334	31,7
Moyenne	0,17 – 0,20	1127,8	26,8
Forte	0,21 – 0,24	636,1	15,1
Très forte	> 0,25	337	8
Total	Total 770 000 t/crue	4210	100

L'inondation moyenne par crue pour l'ensemble du bassin versant est de 0,17 t/ha avec un écart type de 0,045. La quantité totale des terres archéées par l'inondation enregistrées au niveau du bassin est de l'ordre de 770 mille de tonnes par crue avec des valeurs maximums et minimums de l'ordre de 0,25 et 0,40 t/ha/crue respectivement.

En Algérie, aucune classification du risque d'aléa érosif n'a été signalée. Pour notre cas, nous avons donc adopté la grille suivante :

- Très faibles, lorsqu'elles ne dépassent pas 0,13 t/ha/crue.
- Faibles, lorsqu'elles sont comprises entre 0,14 et 0,16 t/ha/crue.
- Moyennes lorsqu'elles sont comprises entre 0,17 et 0,20 t/ha/crue.
- Fortes lorsqu'elles ont des valeurs comprise entre 0,21 et 0,24 t/ha/crue.
- Très forte lorsque les inondations dépassent 0,25 t/ha/crue.

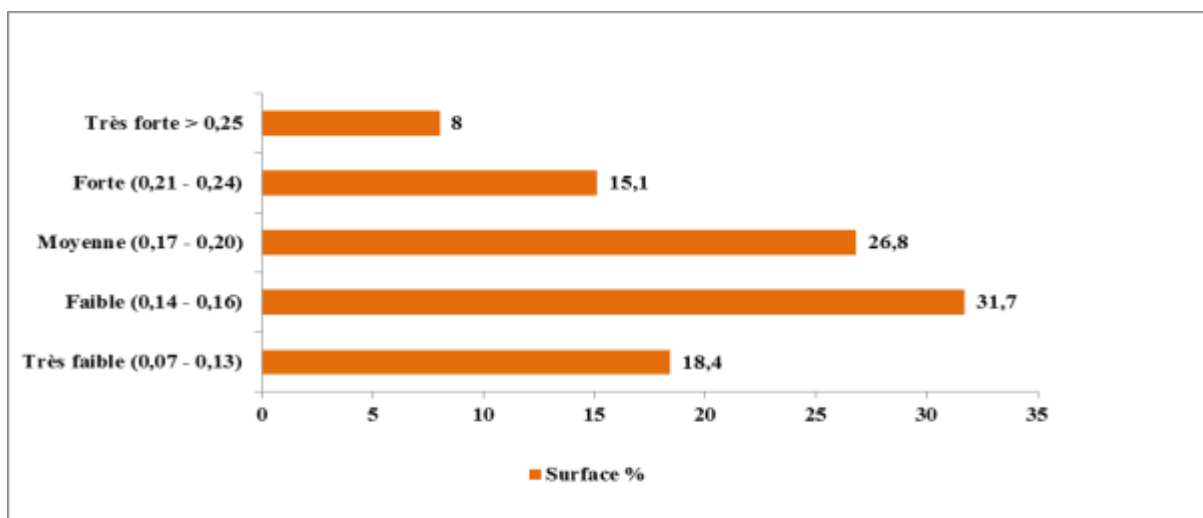


Figure29 : Distribution des classes d'inondation en t/ha/ crue en fonction des surfaces

La figure 29 fait apparaître les constatations suivantes:

- 50,1 % de la surface du bassin de la zone d'étude subissent une inondation tolérable (très faible à faible).
- 26,8 % de la surface totale est classe dans la catégorie moyenne.
- 23,1 % de la surface totale est classée dans la catégorie forte et très forte.

Par ailleurs, la répartition du risque d'inondation n'est pas proportionnelle aux surfaces du bassin. En effet, près de 57,7 % de la surface subit une perte des terres moins de la moyenne tandis que, 42,3 % de la surface est considérée comme une inondation supérieure à la moyenne.

Conclusion générale

L'objectif principal de la présente étude est de développer une méthodologie multicritère AHP au moyen des outils spatiaux afin de pouvoir étudier spatialement le risque d'inondation dans le bassin versant de l'oued Isser, région nord de l'Algérie. C'est important pour la prise de décision, car il crée une feuille de route pour la mesure d'atténuation des inondations requises. La méthode AHP prise en considération les cinq facteurs influençant l'inondation à savoir: l'érosivité(R) et la pente (S), l'occupation de sol(C), la densité de drainage(dd) et l'érodibilité (K).

Au terme de cette étude on peut conclure :

L'inondation moyenne par crue pour l'ensemble du bassin versant est de 0,17 t/ha avec un écart type de 0,045. La quantité totale des terres archéées par l'inondation enregistrées au niveau du bassin est de l'ordre de 770 mille de tonnes par crue avec des valeurs maximums et minimums de l'ordre de 0,25 et 0,40 t/ha/crue respectivement.

En Algérie, aucune classification du risque d'inondation n'a été signalée. Pour notre cas, nous avons donc adopté la grille suivante :

- Très faibles, lorsqu'elles ne dépassent pas 0,13 t/ha/crue.
- Faibles, lorsqu'elles sont comprises entre 0,14 et 0,16 t/ha/crue.
- Moyennes lorsqu'elles sont comprises entre 0,17 et 0,20 t /ha/crue.
- Fortes lorsqu'elles ont des valeurs comprise entre 0,21 et 0,24 t/ha/crue.
- Très forte lorsque les inondations dépassent 0,25 t/ha/crue.

La répartition du risque d'inondation dans le bassin versant de l'oued Isser n'est proportionnelle aux surfaces de celui-ci. En effet, 50,1 % de la surface du bassin de la zone d'étude subissent une inondation tolérable (très faible à faible).

- 26,8 % de la surface totale est classée dans la catégorie moyenne.
- 23,1 % de la surface totale est classée dans la catégorie forte et très forte.

Par ailleurs, la répartition du risque d'inondation n'est pas proportionnelle aux surfaces du bassin. En effet, près de 57,7 % de la surface subit une perte des terres moins de la moyenne tandis que, 42,3 % de la surface est considérée comme une inondation supérieure à la moyenne.

Conclusion générale

Comme perspective et vu les résultats encourageants obtenus par cette approche empirique dans la gestion du risque naturels, nous pouvons suggérer de rentamer cette étude en proposons à l'issue de cette contribution des techniques d'aménagement.

- Abdelhafidboussaid (2014) :** Étude des hydrogrammes des crues du bassin versant Isser(09) Algérie (W.Boumerdes), Thème de master, Université kasdiMerbah de Ouargla- Boumerdes .Alla Manga, IfanCh. A.Diopallamanga@gmail.com
- Amrani Aya (2016) :** La réduction de la vulnérabilité des monuments historiques aux inondations
- tu ngo Anh- (2014) :** Evaluation environnementale du risque d'inondation dans le delta du fleuve Ha Thanh (Centre Viêt-Nam), thèse de Docteur de l'université d'Orléans
- Antoine Jean-Marc 15 juin (2011) :** Mémoire de Master 2, Retour d'expérience et vulnérabilité
- Ayadi D. Azzabi L. Kobi A. Robledo C. Chabchoub H (2009):** « Hiérarchisation des risques des matières dangereuses : application de la méthode Macbeth » 8ème Congrès Qualité et Sécurité de Fonctionnement.
- Abdelbaki C., Benhamouda F., Chikh M., 2012, SIG:** Outils de gestion des réseaux D'alimentation en eau potable, Cas du réseau de la ville de Birtouta -Alger, Algérie,
- Bachi Mohamed (2011) :** problématique du risque inondation en milieu urbain ; cas de l'agglomération de Sidi Bel Abbès
- Bachi, M. (2011) :** Problématique du risque inondation en milieu urbain; cas de l'agglomération de Sidi Bel Abbès. Mémoire pour l'obtention du diplôme de magister en hydraulique option : écoulement et transport solide. Univ. Aboubaker Belkaid – Tlemcen, 128 p.
- Bagherzadeh A, Daneshvar M.R.M. (2013):** Mapping of landslide hazard zonation using GIS at Golestan watershed, northeast of Iran. Arab J Geosci., 6:3377–3388. <http://dx.doi.10.1007/s12517-012-0583-9>
- Ballais, J.L., Chave, S., Dupont, N., Masson, E. Et Penven, M.J (2011) :** La méthode hydrogéomorphologique de détermination des zones inondables [en ligne]. Physio-Géo, Volume 5 | 2011, mis en ligne le 21 mars 2011.
- Batti A. ETDépraetere C (2007):** Overview of methods for modelling erosion in island settings, 26 pages.

- Ben chettouhahmed (2012) :** Etude des risques d'érosion hydrique du sol au moyen du Système d'Information Géographique (SIG):cas de la zone marneuse du basant versant de l'Oued Mina- Algérie,Mémoire de Magistère,université Abdelhamid ibn badis – Mostaganem.
- Benchettouh, A., Kouri, L., Jebari, S. (2017) :**Spatial estimation of soil erosion risk using RUSLE/GIS techniques and practices conservation suggested for reducing soil erosion in Wadi Mina watershed (northwest, Algeria). Arab J Geosci,10:79. DOI 10.1007/s12517-017-2875-6.
- Ben Mena S (2000):** «Introduction aux méthodes multicritères d'aide à la décision » Biotechnol. Agron. Soc. Environ.
- Blaikie, Wisner B.P (2004):** At Risk: Second edition - Natural hazards, people's vulnerability and disasters, London, Routledge, 471 pages
- Blin Pierrick (2001):** « Développement d'une nouvelle méthode de cartographie du risque unitaire d'inondation (crue) pour des résidences », Thèse de Grande de Maître- Université du Québec
- Boubchir Abdellah (2007) :** « Risques d'inondation et occupation des sols dans le Thore (région de Labruguière et de Mazamet) », Mémoire de Master en Géographie et Aménagement, Institut Daniel Faucher-Université de Toulouse.
- Bougouss M., Gagnon S (2008) :** Formation en Géomatique. Formation donnée au Sénégal par le Cégep Limoilou du 18 au 29 février
- ChachouaAbdeldjalil (2009) :** « Gestion de crue dans un bassin versant ; Etude Hydrologique, Hydraulique et Aménagement », Mémoire de Magister-Université de Tlemcen
- Chocat, B (1997) :** Encyclopédie de l'Hydrologie Urbaine et de l'Assainissement. EURYDICE 92, 1124 p.
- Cortes Amandine (2006) :** « L'appropriation active du risque inondation intérêts et limites de la réglementation. Etude de cas entre Seyssel et BregnierCordon (Haut Rhône) », Rapport de stage Ingénieur Maître-Institut de la Montagne.
- Dahman L, (1994) :** Modélisation des pertes en sol par l'érosion hydrique base sur l'utilisation d'un SIG et des images satellitaires SPOT (XS). Application au bassin versant de Tlata (Rif occidental). Mémoire de troisième cycle, ENFI, Salé, 135 p,

- Dangermond J (1983)** : Classification des éléments logiciels utilisés habituellement dans les systèmes d'information géographique, fascicule n° 96 du comité français de cartographie, p. 7-20
- Dauphine (2005)** : Risques et catastrophes : observer, spatialiser, comprendre, gérer, édition A. Colin, Paris.
- David dubois (2009)** : environnement logiciel d'exploitation des images satellitaires
- Diodato, N., Bellocchi, G. (2010)**: MedREM, a rainfall erosivity model for the Mediterranean
- Ddrm 23 /Octobre (2012)** : Les risques naturels page 2
- Region. J. Hydrol. 387, 119–127. Ddrm 23 /Octobre (2012)** : Les risques naturels page 2
- Degoutte, g (2006)** : Diagnostic, aménagement et gestion des rivières. Hydraulique et morphologie fluviales : Formes naturelles des rivières; Ripisylve ; Evolution des berges, p. 55-76
- Dimitrios, D. A., Diofantos, G.H., Athos, A. (2013)**: Integrated use of remote sensing, GIS and precipitation data for the assessment of soil erosion rate in the catchment area of “Yialias” in Cyprus. J. Atmos. Res. 131, 108–124.
- Medd (2004)** : Document d'information édité par le ministère de l'Écologie et du Développement durable: direction de la Prévention des pollutions et des risques, sous-direction de la Prévention des risques majeurs
- Dorraayadiazzabi (2010)** : optimisation multicritère de la fiabilité : application du modèle de goal programmions avec les fonctions de satisfactions dans l'industrie de traitement de gaz, thèse de doctorat en cotutelle, université de sfax
- Dreal Paca (2009)** : comprendre les méthodes d'élaboration des plans de prévention des risques d'inondation en provence-alpes-côte d'azur
- El Garouani, A., H. Chen, L. Lewis, A. Triback et M. Abahrour (2008)** : « Cartographie de l'utilisation du sol et de l'érosion nette à partir d'images satellitaires et du SIG IDRISI au Nord-Est du Maroc », *Téledétection*
- El hmaidiabdellah, naoualmonyr, morad el abassi1 (2014)** : Outils SIG et caractérisation physiographique et climatique du bassin versant du barrage Sidi Chahed (NE de Meknès, Maroc)
- Filippo, O.P., De Bonis, S.G. (2006)**: Soil erosion prediction at the basin scale using the revised universal soil loss equation (RUSLE) in a catchment of Sicily (southern Italy). Environ Geol. 50, 1129–1140.

- Furusho, C., Y. (2010) :** Etude du fonctionnement hydrologique d'un bassin versant périurbain: la Chézine. Hydrologie.dumas-00473150.
- Gala Serra Pablo (2007) :** les risques naturels
- Georges (2008) :** Evaluation de l'Erosion dans le bassin versant de rivière Grise (Haiti), universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, Belgique - Master en gestion des Risques Naturels
- Geraldine Izambart (2011) :** Retour d'expérience et vulnérabilité, L'apport de la pratique de retour d'expérience pour comprendre la vulnérabilité face aux inondations, Mémoire de Master
- Gomer, D (1994) :** Ecoulement et érosion dans des petits bassins versants à sols marneux sous climat semi-aride méditerranéen. Thèse de Doctorat. Université de Wasserbau (en Allemand) Karlsruhe. Allemagne. 207 p.
- Gwendolinaucher, chenuet romain (2012 2013) :** vulnérabilité comparée de territoires face à différents aléas d'inondation page 25
- Hammoum H., Bouzida R (2010) :** Pratique des SIG (système d'information géographique) ; Application sous MAPINFO. 198 pages.
- Hostache, renaud (2006) :** « Analyse d'images satellitaires d'inondations pour la caractérisation tridimensionnelle de l'aléa et l'aide à la modélisation hydraulique », Thèse de Doctorats, École Nationale du Génie Rural, des Eaux et Forêts-Montpellier.
- Hua z. et gong b. et xu x (2008):** « A DS-AHP approach for multi-attribute decision making problem with incomplete information», Expert Systems with Applications 34-2221-2227
- Mendieta Iratxecalvo- et jérôme longuépée 11 March (2014) :** Risque inondation et développement durable
- J.O.R.A. (Journal Officiel de la République Algérienne démocratique et populaire),** 29 décembre 2004. Alger, 13-21.
- Jiang C, Yilong Z, Zongyu C & Zhenlong N. (2014).** Improving assessment of groundwater sustainability with analytic hierarchy process and information entropy method: a case study of the Hohhot Plain, China. *Environ Earth Sci*. DOI 10.1007/s12665-014-3583-0
- Jebari, S., Berndtsson, R., Olsson, J., Bahri, A. (2012) :** Soil erosion estimation based on

Rainfall disaggregation. J. Hydrol. 436–437, 102–110.

Laceede (2010) : Laboratoire Climat Eau Ecosystème et Développement Changements climatiques et inondations dans le Grand Cotonou : situation de base et analyse prospective. Rapport final Draft, Projet de Protection de la Communauté Urbaine de Grand Cotonou face aux Changements Climatiques (PCUG3C), CREDEL ONG, programme ACCA du CRDI, juin. 104 p

Laganier, R. Et Scrawell, H.J (2004) : Risque d'inondation et aménagement durable des territoires. Presses Universitaires du Septentrion, 226 p.

Labrador, G et Manuel A (2012) : satellites pour la télédétection appliquée à la gestion territoriale

Lahlah. Salah (2004) : les inondations en algerie, Actes des Journées Techniques/ Risques Naturels : Inondation, Prévision, Protection /Batna 15/16/décembre.

Ledoux Bruno (2006) : « La gestion du risque inondation », Edition TEC et DO

M. Abdellah Boubchir (2008) : risques d'inondation et occupation des sols dans le thore (Mémoire présenté pour l'obtention de Master I de Géographie et Aménagement

M.A. Hafnaoui1, A.Hachemi1, M. Ben Said1, A.Noui1, F.Fekraoui1, M. Madi1, A.Mghezzi(2013) :vulnerabilite aux inondations dans les regions sahariennes - cas de doucen

M.Boughalem, MMazour Et M ZaaganeCourrieis :
boughalem_2000@Yahoo.fr, mohamed_mazour@yahoo.fr, laboratoire de conservation de l'eau, du sol et des forets, univ Tlemcen

Marcey F., Berville D (2003) : Synthèse bibliographique: bilan des connaissances sur l'érosion et les phénomènes de ruissellement, Sinfotech, 28 pages.

Mars (2012) : schéma de prévention des risques naturels de la réunion diagnostic et programme d'actions

Merabet Abbés (2006): «Etude de la protection de la ville de Sidi Bel Abbés contre les inondations»,Mémoire de Magister, Université de Djilali Liabes-Sidi Bel Abbés

Montgomery, D.R. 2007a. Dirt: The Erosion of Civilizations. Berkeley, CA: University of California Press.

Miloud chikr el mezouar (2012) : Fusion images en télédétection satellitaire, THESE en cotutelle entre INSA de Rennes, niversitéDjillaliLiabes de Sidi Bel-Abbes

- Nabil Rifai, A Bdellatif Khattabi Aila Rhazi (2013)** :modélisation des crues des rivières pour la gestion intégrée du risque d'inondation : cas du bassin versant de tahaddart (nord-ou). Est du maroc), Université Hassan II-Casablanca, Maroc
- Nekhay O, Arriaza M, Boerboom L (2009)**: Evaluation of soil erosion risk using analytic network process and GIS: a case study from Spanish mountain olive plantations. J. Environ. Manage. 90, 3091–3104.
- Nicolas Gendreau, Marion Longhini et Pierre-Marie Combe (1998)** :Gestion du risque d'inondationet méthode Inondabilité : une perspective socio-économique
- Nour M, Ozer A &Ozer P (2016)**: Etude préliminaire sur le risque d'inondation en milieu urbain (Algérie). Geo-Eco-Trop., 40, 3, n.s. 201-208.
- Nouri Myriem. André Ozer , Pierre Ozer (2016)** : Etude préliminaire sur le risque d'inondation en milieu urbain (Algérie)
- Pigeon P (2005)** : Géographie critique des risques. Economica, Anthropos, Paris,
Pour faciliter la gestion des catastrophes majeures, mémoire présenté à L'école de technologie supérieure, université du québec
- Pradeep, G. S., Ninu Krishnan, M. V., Vijith, H. (2015)**:Identification of critical soil erosion prone areas and annual average soil loss in an upland agricultural watershed of Western Ghats, using analytical hierarchy process (AHP) and RUSLE techniques.Arab J Geosci. DOI 10.1007/s12517-014-1460-5
- Prevost (1999)** : Les bases de l'agriculture. Ed. Technique et documentation, Paris, 243p.
- Raclot Damien (2003)** : « Méthodologie d'exploitation quantitative des photographies aériennes d'inondation de plaine », Thèse de Doctorats en Sciences de l'Eau dans l'Environnement Continental-Université Montpellier II-France.
- Rahmani Chérif 2004** : «Les risques majeurs et l'aménagement du territoire», Colloque International, 15 et 16 2004-Alger.
- Ramos anabela, lúciocunha, pedro p. cunha (20014)** : Application de la Méthode de l'Analyse Multicritère Hiérarchique à l'étude des glissements de terrain dans la région littorale du centre du Portugal : Figueira da Foz – Nazaré.
- Renard k.g, fosterg.r, weesiesg.a, mccoold.k, yoderd.c (Eds.) (1997)**: Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planing with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Agr. Handbook, Washington (DC): USDA/US Government Printing Office, 407 p

- Roblin Mai (2005)** : fiche de synthèse scientifique: crues et inondations
- Roose, E.J. et Lelong, F. (1976).** Les facteurs de l'érosion hydrique en Afrique tropicale. Etudes sur petites parcelles expérimentales de sol. Revue de Géographie physique et De Géologie dynamique (2), Vol. xviii, fasc. 4, 365-374, Paris.
- Roose, E., Sabir, M., Arabi, M., Morsl, B., Mazour, M. (2012)** : Soixante années de recherches en coopération sur l'érosion hydrique et la lutte antiérosive au Maghreb. Physio-Géo. Volume 6. P. 43-69.
- Saaty t l (1991):** « Time dependent decision-making; dynamic priorities in the AHP/ANP: Generalizing from points to functions and from real to complex variables», Mathematical and Computer Modelling 46 -860–891
- Sar N, Khan a, Chatterjee S, Das A, Mipun BS (2016):** Coupling of analytical hierarchy process and frequency ratio based spatial prediction of soil erosion susceptibility in Keleghai river basin, India. International Soil and Water Conservation Research. <http://dx.doi.org/10.1016/j.iswcr.2016.09.004>
- Semirathbrlce (2009)** : la gestion des risques
- Sources** : données du Ministère de l'Ecologie et du Développement durable (2016)
- Spppi (2004)** : « Prise en compte du risque inondation dans les études de dangers des installations classées», Cahier technique N°8, DRIRE Haute-Normandie - 21, avenue de la Porte des champs - 76037 ROUEN CEDEX Tél. 02 35 52 32 00 - Fax 02 35 52 32 32.
- SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) (2011)**
<http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/input>
- Stengel p, gelin s (1998)** : Sol, interface fragile. Chap 9 l'érosion hydrique des sols cultivés en milieu tempéré. Institut National de la Recherche agronomique, ed. Quae, 222 pages.
- Stéphanie defossez(2009)** :évaluation des mesures de gestion du risque inondation. Application au cas des basses plaines de l'aude, these doctorat de l'université montpellier iii, Paul-valéry
- Thibault, S. (2011)** : Barycentre d'un réseau fractal, lag-time et temps de concentration. hal.archives-ouvertes.fr/hal-00655526.
- Veyret-mekdjian, y (2001)** : Géographie des risques naturels, page 64
- Menad Wahiba (2012)** : Risques de crue et de ruissellement superficiel en métropole méditerranéenne : cas de la partie ouest du Grand Alger, thèse de doctorat en géographie, université paris diderot - paris 7

- Wischmeier, w.h., ET D.D. smith, (1978):** « predicting rainfall erosion losses - à guide to conservation planning ». *Agriculture handbook*, n° .537, department of agriculture science and education administration, Washington, District of Columbiausa.u.s..
- Ykhlef, belouara, boubidi s (2014):** Plan for Prevention of Natural Hazards in Urban Areas. Case of the City of Constantine (Algeria), University Constantine 1 LMDC, Department of civil Engineering, Constantine, Algeria
- Zare, M., Panagopoulos, T., Loures, L. (2017):** Simulating the impacts of future land use change on soil erosion in the Kasilian watershed, Iran. *Land Use Policy* 67, 558–572.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.06.028>
- Zerouali Mohammed (2005) :** « Création d'une base de données du réseau d'assainissement de Chetouane et réalisation de cartes numérisées à l'aide d'un SIG», Ingénieur d'Etat en Hydraulique, Université de Tlemcen.
<http://dds.cr.usgs.gov/Srtm/>
<https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/> January 2015

Résumé

La problématique des risques naturels en général et des inondations en particulier est un sujet d'actualité qui marque une action mémorable dans le monde et spécifiquement en Algérie, notamment au regard des dernières grandes crues catastrophiques. En effet, la gestion de ce risque devient de plus en plus une nécessité qui doit inclure tous les acteurs et tous les moyens disponibles possibles. Dans ce travail, on a exposé la cartographie de l'aléa d'inondation par l'approche de la modélisation AHP à travers l'exemple, du bassin versant d'Isser. Cette AHP est scindée en appuyant sur la contribution du système d'information géographique (ArcGIS et ENVI). Les résultats obtenus au moyen de l'approche AHP/SIG montrent que le bassin versant de l'oued Isser produit une quantité moyenne de pertes en sol de l'ordre de 0,17 t/ha/crue avec un écart type de 0,045. La quantité totale des terres arrachées par l'inondation est de l'ordre de 770 000 de tonnes par crue avec des valeurs maximales et minimales de l'ordre de 0,40 et 0,25 t/ha/crue respectivement.

Mots clés : Aléa, Inondation, Isser, Arc Gis, Approche AHP/SIG.

المخلص

إن قضية الأخطار الطبيعية بشكل عام والفيضانات بشكل خاص هي قضية الساعة التي تمثل عملاً لا ينسى في العالم وتحديداً في الجزائر ، خاصة في ضوء أحدث الفيضانات الكارثية في الواقع أصبحت إدارة هذا الخطر أكثر فأكثر ضرورة يجب أن تشمل جميع الجهات الفاعلة وجميع الوسائل المتاحة الممكنة. في هذا العمل ، تم الكشف عن خرائط مخاطر الفيضانات من خلال نهج النمذجة في AHP من خلال نموذج مستجمع مياه Isser. يتم تقسيم هذا AHP عن طريق الضغط على مساهمة نظام المعلومات الجغرافية (ArcGIS و ENVI) تظهر النتائج التي تم الحصول عليها باستخدام نهج AHP / GIS أن مستجمعات المياه Oued Isser تنتج كمية متوسطة من فقدان التربة بترتيب 0.17 طن / هكتار / فيضان مع انحراف معياري قدره 0.045. وتبلغ الكمية الإجمالية للأرض التي مزقتها الفيضانات حوالي 770,000 طن لكل فيضان مع قيم قصوى ودنيا تبلغ حوالي 0.40 و 0.25 طن / هكتار / فيضان على التوالي.

الكلمات المفتاحية: مخاطر ، فيضان ، يسر (واد) ، Arc Gis ، نهج AHP / GIS

Abstract

The issue of natural hazards in general and Floods in particular is a topical issue that marks a memorable action in the world and specifically in Algeria, especially with regard to the latest major catastrophic floods. Indeed, the management of this risk is becoming more and more a necessity which must include all the actors and all the available means possible. In this work, flood hazard mapping was exposed by the AHP modeling approach through the example of the Isser Watershed, which split and by supporting the contribution of the geographic information system. (ArcGIS and ENVI). The results obtained using the AHP / GIS approach show that the Oued Isser watershed produces an average amount of soil losses of the order of 0.17 t / ha / flood with a standard deviation of 0.045. The total amount of land archived by the flood is of the order of 770 thousand tons per flood with maximum and minimum values of the order of 0.25 and 0.40 t / ha / flood respectively.

Key-words: hazard, flood, Isser, Arc Gis, AHP / GIS approach.

Chapitre I

Généralités sur L'Aléa d'inondation

Chapitre II

Donnée et Méthode

Chapitre III

Résultats et Discussion

Introduction Général

Conclusion Général

Bibliographie

