

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة عمار ثليج
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 : Ecologie végétale et environnement

THEME

**Etude du risque d'inondation au moyen des données
Landsat 4-5, cas de l'oued Isser (Boumerdes, Algérie)**

Présenté par :
BOUDHELLA Hadjer
THAALABI Houda

Devant le jury :

Présidente : SOUFFI Ibtissem

Rapporteur : BENCHETTOUH AHMED

Examineur : YUCEFI Naceur Mustapha

Soutenu publiquement le :30/06/2018.

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 inondation par l'approche de la modélisation à travers l'exemple de l'Oued Isser, ville de Boumerdes en appuyant sur la contribution du système d'information géographique (ArcGIS, SIG, ENVI 4.7) et la télédétection (Landsat 4-5). Cette cartographie semble comme l'un des moyens très efficace dans le cadre d'une gestion efficace, pouvant servir comme document de base aux pouvoirs publics pour définir les règles générales concourant à une meilleure gestion de l'espace environnemental tout en constituant un moyen d'information de la population sur les risques d'inondations, et un outil d'organisation aux décideurs qui souvent ne sont pas techniciens, et dont à eux incombe le choix final de la stratégie de lutte contre le risque inondation.

Mots clés : Cartographie de l'aléa inondation, modélisation, Oued Isser, SIG, télédétection (Landsat 4-5).

Summary

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, the mapping of the flood hazard has been exposed by the hydraulic modeling approach through the example of Oued Isser in the city of Boumerdes and by supporting the contribution of the geographical information system (Arc Gis, SIG, ENVI and Map Info). This mapping seems to be one of the most effective means of efficient management; it can serve as a basic document for the public authorities to define the general rules contributing to a better management of urban space while constituting a means of informing the population about the risks of floods and an organizing tool for decision-makers. who are not necessarily technicians, and of whom belongs the final choice of the strategy of the fight against the flood risk.

Keywords: Cartography ,Flood , Risk, Oued Isser, Modeling, SIG , remote sensing (Landsat 4-5).

إن مشكلة الأخطار الطبيعية بشكل عام والفيضانات على وجه الخصوص هي قضية الساعة التي سجلت أثرا بليغا في ذاكرة شعوب وعلى وجه التحديد في الجزائر، لا سيما من خلال الفيضانات الكارثية المسجلة في الآونة الأخيرة. من أجل ذلك أصبح تسيير هذه الأخطار ضرورة حتمية تتضمن المعطيات الايكولوجية المساهمة في ذلك وجميع لمعالجة هذه الظاهرة.

فمن خلال هذا العمل تم عرض فكرة رسم خرائط لخطر الفيضان متخذا بذلك تطبيق نموذج هيدرولوجي توقعي لمخاطر الفيضانات من خلال مثال واد يسر مدينة بومرد مستعنيين وكذا بعض الأنظمة الذكية (Map Info ENVI SIG Arc Gis). لخريطة تعتبر كإحدى الطرق الفعالة من أجل تسيير محكم . إذ يمكن أن تكون بمثابة وثيقة أساسية مساعدة للجهات المعنية الكوارث الطبيعية كذلك تشكل وسيء سريعة في إعلام السكان عن مخاطر الفيضانات وأداة تنظيمية لصناع القرار. الذين ليسوا بالضرورة تقنيين، وضع خطة عملية لمقاومة الفيضانات .

landsat4-5

الكلمات المفتاحية : رسم الخرائط ، الفيضانات ، العامل الفيزيائي، واد يسر.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

Ma très chère mère qui m'a toujours apporté Son amour et son affection
qui m'a toujours encouragé, conseillé et Soutenu dans mon travail

Mes très chers frères (Bachir, Brahime et Abdelmalke)

Et Ma très chère sœur (Djamila)

Et les Petits enfants

Mohamad molai ,Inas Ilyas

Et toute ma famille

Mes très chers amis (Hadjer, Djouda, et surtout Malika)

Mes camarades de Biologie et surtout la promo d'Ecologie

2017/2018



Dédicaces

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde dans son vaste paradis, à toi mon père

« Mohammed ».

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman que j'adore « Mira ».

Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, à tous mes frères et mes sœurs et mon petit ange Adam, je dédie ce travail dont le grand plaisir leurs revient en premier lieu pour leurs conseils, aides, et encouragements.

Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes cotés, et qui m'ont accompagnaient durant mon chemin d'études, a toute ma famille, mes aimables amis, collègues d'étude, je vous dis merci.

A notre terre sainte Palestine.

Hadjer Boudhellà





Remerciements

Tout un travail réussi dans la vie nécessite d'abord la bénédiction d'ALLAH, et ensuite l'aide et le support de plusieurs personnes.

On remercie DIEU le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Monsieur A.BENCHETTOUH .on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent au Co-encadreur M. A.DJABALLAH pour son aide pratique et son soutien moral et ses encouragements, leur générosité, leur esprit de recherche et leurs commentaires efficaces.

Nous sommes conscientes de l'honneur que nous a fait Mme I.SOUFFI en étant présidente du jury et Monsieur M.YOUCFFI d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nos remerciements s'adressent également à tout nos Enseignants pour Leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.

Enfin, nos profonds remerciements vont également à toutes les Personnes qui nous ont aidés et soutenue de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Table des matières

Résumé	I
Dédicace.....	II
Remerciements	III
Liste des figures.....	V
Liste des tableaux.....	VI
Liste des abréviations	VII
Introduction générale.....	1

CHAPITRE I :Généralités sur les risques d'inondation

I.Introduction.	3
I.1.1.Risque, Aléaet vulnérabilité.	4
I.1.2.Définition du risque d'inondation.....	6
I.2.Evaluation du risque inondation.....	6
I.3.Types d'inondation	7
I.3.1.Inondation de plaine.....	7
I.3.2.Inondation par remontées des nappes phréatiques.....	8
I.3.3.Inondation par crues torrentielles.....	9
I.3.4.Inondation par ruissellement en secteur urbain	10
I.3.5.Inondation par rupture d'ouvrage ou d'embacle	11
I.3.6.Inondation marines.....	11
I.4.Notions Hydrologiques	12
I.5.Inondation dans le monde.	16
I.5.1.Les causes d'inondation dans le monde.....	17
I.5.2.Causes et types d'inondation en Algérie.....	17
I.6.Recensement des inondations catastrophiques en Algérie (1970 - 2001).....	19
I.7.Gestion des inondations	27
I.8.Conclusion	30

CHAPITRE II:Données et Méthodes

II. Introduction.....	31
II.1.La modélisation.....	31
II.2.Matériels et méthodes.....	32

Table des matières

II.2.1.La télédétection.....	32
II.2.2.Utilisation de télédétection.....	33
II.2.3.SIG "système d'information géographique".....	33
II.2.4.Utilisation de SIG.....	34
II.3.Les Outils utilisés.....	35
II.3.1.ENVI.....	35
II.3.2.Images satellitaires.....	36
II.3.3.ArcGIS.....	37
II.3.4.Comment les SIG sont utilisés dans les différents communautés.....	38
II.3.5.Initiation aux SIG sous ArcGIS.....	39
II.4.L'AHP "l'Analyse multicritère".....	40
II.4.1.Définition générale de la méthode AHP.....	41
II.4.2.Objectifs d'AHP.....	44
II.5.Conclusion.....	47

CHAPITRE III: Résultats et Discussions

III.1.Présentation de la zone d'étude.....	48
III.1.1.Situation géographique.....	48
III.1.2.Caractères physiographiques du milieu.....	48
III.1.2.1.Géologie du bassin versant.....	48
III.1.2.2.Climat.....	51
III.1.2.3.Le couvert végétal.....	54
III.2.Méthodologie.....	55
III.2.1.Evaluation des facteurs.....	56
a)Le facteur d'érosivité de la pluie R.....	56
b)Le facteur d'érodibilité du sol K.....	57
c)Le facteur de pente S.....	57
d)Le facteur de densité de drainage Dd.....	58
e)Le facteur d'occupation du sol C.....	58

Table des matières

f)Carte du risque d'inondation.....	59
III.2.2.Cartographie des facteurs.....	59
a)La carte d'érosivité de la pluie R.....	59
b)La carte d'érodibilité du sol K.....	60
c)La carte de pente S.....	62
d)La carte de densité de drainage Dd.....	63
e)La carte d'occupation du sol C.....	65
III.2.3.Evaluation selon l'AHP.....	66
a)Facteur d'érosivité de la pluie R-AHP.....	66
b)Facteur d'érodibilité du sol K-AHP.....	68
c)Facteur de pente S-AHP.....	69
d)Facteur de densité de drainage Dd-AHP.....	70
e)L'occupation du sol C-AHP.....	71
f)Carte du risque d'inondation.....	72
III.3.Résultats et discussions.....	73
III.3.1.Évaluation du risque d'inondation au moyen du SIG et de la télédétection de l'oued Isser.....	73
III.3.2.Influence de chaque facteur de l'approche AHP sur le risque d'inondation.....	74
a)L'effet de R.....	75
b) L'effet de K.....	75
c) L'effet de P.....	76
d) L'effet de C.....	77
f) L'effet de la densité de drainage Dd.....	77
Conclusion générale.....	79
Références bibliographiques.....	80
Annexes	

Table des matières

Liste des abréviations

AHP : Analytic Hierarchy Process ;

A.N.R.H : Agence Nationale des Ressources Hydrologiques de l'Algérie ;

BV : Bassin versant ;

CCR : Compagnie Centrale de Réassurance ;

C : L'indice de l'occupation du sol

Dd : L'indice de densité de drainage ;

DGPC : Direction Générale De La Protection Civile d'Alger ;

ENVI : Environment for visualising image ;

ERTS : Earth Resources Technology Satellite ;

ETM+ : Enhanced Thematic Mapper Plus ;

Fig : Figure ;

IDW : Interpolation Déterministe Locale ;

K : L'indice de l'érodibilité des sols ;

S : L'indice des pentes ;

MNT : Modèle Numérique de Terrain ;

MSS : Multi Spectral Scanner ;

NDVI : Indice de Végétation par Différence Normalisée ;

P : Précipitation ;

R : L'indice de l'érosivité de la pluie ;

RBV : Return Beam Vidicon ;

SIG : Système d'Information Géographique ;

SPC : Services de Prévision des Crues ;

SRTM : Shuttle Radar Topography Mission ;

T : Température ;

USLE : Universal Soil Loss Equation ;

UTCI : Universal Thermal Climate Index ;

Liste des figures

Fig 01 : Inondation de Plaine	8
Fig 02 : Inondation par remontées des nappes phréatique.....	9
Fig 03 : Inondation par crues torrentielles	10
Fig 04 : Inondation par ruissellement en secteur urbain	11
Fig 05 : bassin versant.	13
Fig 06 : Champs d'intervention dans la gestion des inondations	29
Fig 07 : Organigramme du rôle des SIG	34
Fig 08 : Fonctionnalités d'un SIG	35
Fig 09 : Exemple d'AHP.....	44
Fig 10 : Organigramme méthodologique de la technique AHP appliqué.....	46
Fig 11 : Plan de situation du BV de Isser.....	51
Fig 12 : Diagramme ombrothermique de la station d'Isser (1990-2001).....	54
Fig 13 : Carte du facteur d'érosivité de pluie R.....	60
Fig 14 : Carte du facteur d'érodibilité du sol K.....	61
Fig 15 : Carte des pentes S.....	63
Fig 16 : Carte de densité de drainage.....	64
Fig 17 : Carte d'occupation du sol C.....	65
Fig 18 : Carte du facteur d'érosivité de pluie R (AHP).....	66
Fig 19 : Carte du facteur d'érodibilité du sol K (AHP).....	68
Fig 20 : Carte de pente S (AHP).....	69
Fig 21 : Carte de densité de drainage d'AHP.....	70
Fig 22 : Carte d'occupation du sol C (AHP).....	71
Fig 23 : Carte du risque d'inondation par la technique AHP.....	73

Fig 24 : Evolution des pertes en sol en fonction de R.....	75
Fig 25 : Évolution du risque d'inondation en fonction de K.....	76
Fig 26 : Évolution des pertes en sol en fonction des classes de la pente.....	76
Fig 27 : Évolution des pertes en sol en fonction de C.....	77
Fig 28 : Évolution des pertes en sol en fonction de Dd.....	78

Liste des tableaux

Tableau 01 : Les paramètres de classement d'aléa inondation.....	5
Tableau 02 : Les caractéristiques des crues observées de 27 au 29 Mars 1973	20
Tableau 03 : Les caractéristiques des crues observées de 28 au 31 Mars 1974	20
Tableau 04 : Les caractéristiques des crues de 03 Février 1984	22
Tableau 05 : Les caractéristiques des fortes crues observées 29 Déc au 01 Jan 1985.....	22
Tableau 06 : Les caractéristiques des crues observées sur plusieurs oueds du centre du pays de 27 Janvier 1992	24
Tableau 07 : débits de crues de l oued Rhiou de 20 Octobre 1993.....	24
Tableau 08 : Satellites optiques Landsat.....	37
Tableau 09 : les données utilisées	40
Tableau 10 : Matrice de comparaison et calcul de son vecteur propre (Saaty,1991).....	42
Tableau 11 : Échelle proposée par Saaty(1991).....	43
Tableau 12 Valeurs de CA en fonction de l'ordre de la matrice (SAATY,1991).....	44
Tableau 13 : Caractéristiques physiographiques du bassin versant d'isser.....	50
Tableau 14 : Caractéristiques des stations pluviométriques.....	53
Tableau 15 : Les valeurs d'érosivité R mesurés.....	56
Tableau 16 : Répartition des classes du facteur R	59
Tableau 17 : Classes du facteur K Superficie (km ²) et % Superficie.....	61
Tableau 18 : Répartition des classes du facteur S.....	62
Tableau 19 : Répartition des classes du facteur DD.....	64
Tableau 20 : Valeurs du facteur C attribué pour chaque classe d'occupation du sol.....	66
Tableau 21 : Normalisation d'évaluation des critères de R.....	67
Tableau 22 : L'évaluation des classes des types de sol K selon l'échelle de Saaty.....	69
Tableau 23 : L'évaluation des classes des pentes selon l'échelle de Saaty.....	70

Tableau 24 : L'évaluation des classes de la densité de drainage selon AHP.....	71
Tableau 25 : L'évaluation des classes d'occupation des sols selon AHP.....	72
Tableau 26 : l'évaluation des critères selon l'AHP.....	72
Tableau 27 : Les classes du risque d'inondation par la technique AHP.....	74
Tableau 28 : Répartition du risque d'inondation en fonction des classes de R.....	75
Tableau 29 : Répartition du risque d'inondation en fonction des classes de K.....	75
Tableau 30 : Distribution des pertes en sol en fonction de la de la pente P.....	76
Tableau 31 : Distribution des pertes en sol en fonction de C.....	77
Tableau 32 : Distribution des pertes en sol en fonction de Dd.....	77

Introduction

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 (Lahlah, 2004).

Plusieurs régions de notre pays sont régulièrement menacées par ces problèmes des inondations dont les impacts sont souvent intensifiés par d'autres facteurs qui aggravent les effets de crues tels que : l'urbanisation anarchique des zones inondables et la défaillance des réseaux d'eaux pluviales. Par conséquent, des inondations dramatiques ne sont pas toujours liées à des situations météorologiques exceptionnelles, car dans beaucoup de cas, elles surviennent lors d'événements pluvieux ordinaires et saisonniers (Lahlah, 2004).

La réduction des dommages causés par des catastrophes nécessite en premier lieu une connaissance des régions sujettes à ce risque ainsi qu'une identification des facteurs favorisant et amplifiantes ces phénomènes. L'élaboration d'une carte des zones inondables serait un outil précieux pour les décideurs et les planificateurs dans la définition d'une stratégie de lutte et de prévention contre les inondations (Lahlah, 2004).

L'inventaire des inondations catastrophiques à travers le pays établi pour les 30 dernières années, montre qu'il n'existe pas des régions prémunies contre ce risque et que ces événements sont imprévisibles dans le temps et dans l'espace.

Les risques d'inondations sont dus, à l'interaction complexe de plusieurs composantes environnementales, c'est donc la conjugaison de multiples facteurs; topographiques, géologiques, hydrologiques et météorologiques.

La complexité de l'aléa inondation fait appel à l'intervention de plusieurs données de type très diversifié aux différentes sources. Cette multi-source implique la contribution de plusieurs techniques telle que: la Télédétection, les SIG et l'AHP...etc. afin de modéliser cet aléa et de prendre toutes mesures de sécurité pour la protection de l'environnement.

L'objectif de ce travail est d'exposer les outils et les techniques qui pourront être utilisés pour cartographier le risque d'inondation. Il illustre l'utilisation des cartes thématiques issues du SIG afin de cartographie des zones vulnérables à cet aléa. Ces cartes expriment des similitudes, des différences, des tendances, des orientations, et jouent un rôle à tous les niveaux, comme document de travail, de recherche, d'information et d'aide à la décision.

Introduction Générale

Pour ce faire, notre approche s'articule au tour de trois chapitres :

Le premier chapitre représente vue d'ensemble sur le risque d'inondation.

Le deuxième chapitre expose le matériel et la méthodologie utilisée.

Le troisième chapitre comporte les résultats trouvés et leur discussion.

I. Introduction

Les questions environnementales préoccupent aujourd'hui la communauté internationale. De graves menaces pèsent sur les ressources naturelles soumises d'une part à l'effet des changements climatiques et d'autre part aux impacts des actions de l'homme (Sanda Gonda, 2010).

Si les tendances aux changements climatiques, combinées à l'augmentation de la population vivant sur les terres inondables, à la déforestation, à la disparition des terrains marécageux et à l'augmentation du niveau moyen des mers, se confirment dans les décennies à venir, les inondations catastrophiques devraient être plus fréquentes (IPCC, 2012).

Les inondations sont, de toutes les catastrophes naturelles qui frappent le monde chaque année, les plus fréquentes, les plus dommageables et les plus mortelles (Pulvirenti et al., 2011). Elles sont la source de près de la moitié des décès occasionnés par les catastrophes naturelles au cours des 50 dernières années, et sont responsables de près du tiers des pertes économiques au niveau mondial (James, 2008). Un nombre croissant d'individus devraient donc être exposés à ce phénomène, ce qui rend la question de la gestion du risque d'inondation de plus en plus importante pour les gouvernements et pour les municipalités.

Les zones inondables sont soumises à différents types d'inondation, dont les caractéristiques influencent le déroulement des crises et l'ampleur des impacts humains et économiques. Le risque n'est pas le même sur les différents territoires exposés puisque ni l'aléa ni la vulnérabilité sont les mêmes; les crues surviennent de manière plutôt lente sur les bassins plats alors qu'elles se produisent de manière extrêmement rapide et brutale sur les bassins pentus. Aussi les inondations ne provoquent pas de catastrophes susceptibles de marquer les esprits si les zones inondables n'étaient pas ou peu occupées par l'homme (Bachi Mohamed, 2011).

Le but principal de ce chapitre est de développer la connaissance de l'Aléa inondation ; le phénomène naturel générateur de ce risque, ses causes, ses modalités de survenance et de déroulement ainsi que les enjeux et leur vulnérabilité. Il clarifie le désordre de cette notion en montrant que le risque d'inondation est un concept complexe

bien souvent associé à l'unique dimension physique liée à l'aléa, alors que l'aléa n'est pas nécessairement le moteur du risque, la vulnérabilité aussi (Ledoux, 2006).

I.1.1. Risque, Aléa et vulnérabilité

Le risque, l'aléa, la vulnérabilité sont les notions centrales de cette étude. Leurs définitions étant variables selon les domaines d'expertise (sécurité civile, ingénierie, assurances, etc.), les auteurs ou les études (Schneiderbauer et Ehrlich, 2004).

Le risque est le résultat de l'interaction entre un aléa et la vulnérabilité des éléments exposés à son égard. Il correspond ainsi à la combinaison de la probabilité d'occurrence d'un aléa et des conséquences pouvant en résulter sur les éléments vulnérables d'un milieu donné (Morin, 2008). Les pertes peuvent être estimées en termes de vies humaines, de destruction d'infrastructures ou en termes financiers (UNDRO, 1979).

Un risque est défini et mesuré comme le produit d'un aléa : « un événement potentiellement dangereux » (tel que des précipitations supérieures à la normale, engendrant l'inondation de terres). Par une vulnérabilité "la sensibilité du milieu".

Le risque = Aléa X Vulnérabilité

Ou bien il correspond à la rencontre, sur un même espace, d'un aléa et d'une vulnérabilité.

a) Le risque majeur

Est la conséquence d'un aléa d'origine naturelle ou humaine, dont les effets peuvent mettre en jeu un grand nombre de personnes, occasionnent des dégâts importants et dépassent les capacités de réaction des instances directement concernées.

D'une façon générale, un risque peut être défini comme la « probabilité d'un danger menaçant ou portant atteinte à la vie et, plus globalement, au cadre d'existence d'un individu ou d'un collectif » (Lévy et Lussault, 2003).

b) Aléa

Un aléa est défini comme l'occurrence potentielle, en un temps et un lieu géographique déterminé (Karagiannis, 2010).

L'aléa constitue un phénomène, une manifestation physique ou une activité susceptible d'occasionner des pertes en vies humaines ou des blessures, des dommages aux biens, des

perturbations sociales et économiques ou une dégradation de l'environnement (Morin , 2008).

Deux paramètres sont utilisés pour évaluer un aléa : le phénomène dangereux (nature, intensité, localisation...) et sa probabilité (ou fréquence) d'occurrence.

- **Aléa inondation**

Dans le cas de l'aléa inondation, ces caractéristiques varient selon les études. La vitesse des flots, la hauteur de l'eau, la durée de l'inondation, la température de l'eau, l'étendue de l'inondation ou encore la concentration en sédiments peuvent être considérés (Zhai et al.,2006).

- **Les paramètres de classement d'agressivité d'Aléa inondation :**

Événement imprévisible défini par rapport aux dommages aux personnes, aux biens

Tableau 01 : Les paramètres de classement d'aléa inondation

Vitesse d'écoulement	< 1 m	> 1m
< 0.5 m/s	aléa faible	aléa fort
> 0.5 m/s	aléa fort	aléa très fort

c) La vulnérabilité

La vulnérabilité représente une condition résultant de facteurs physiques, sociaux, économiques ou environnementaux, qui prédisposent les éléments exposés à la manifestation d'un aléa à subir des préjudices ou des dommages (Morin, 2008).

Exprime et mesure le niveau de conséquences prévisibles de l'aléa sur les enjeux. Différentes actions peuvent la réduire en atténuant l'intensité de certains aléas ou en limitant les dommages sur les enjeux. **Vulnérabilité = enjeux (1)**.

L'ensemble de dommages représentent la vulnérabilité, c'est-à-dire la sensibilité du village à l'aléa inondation .Reste à calculer la probabilité de l'aléa, (pluie décennale, centennale)

Ainsi, un aléa qui se produit dans un lieu vide de toute présence humaine se multiplie avec une vulnérabilité égale à 0, Le risque est donc nul. En revanche, un aléa, même peu probable, dans une zone fortement peuplée représente un risque élevé, car la vulnérabilité y est maximale (1).

I.1.2. Définition du risque d'inondation

Le risque inondation regroupe divers phénomènes aux causalités variées et répondant à une temporalité plus ou moins rapide : montée lente des eaux avec des inondations par débordement du cours d'eau suite à une crue ou par remontée de nappe ; montée rapide des eaux avec des inondations par submersion marine liée à de violentes tempêtes ou par ruissellement lié à de très forts orages (El Abida et al., 2010).

Ainsi, une inondation ne constitue pas un risque dans une zone inhabitée, aucun élément vulnérable n'y étant en théorie présent en termes de sécurité civile. Si au contraire elle touche une zone densément peuplée, où des infrastructures importantes sont implantées, le risque sera présent et pourra être fort (Cutter et al., 2003).

La capacité qu'a un aléa à causer des dommages résulte donc de ses caractéristiques propres, mais aussi des caractéristiques du milieu touché. Une analyse complète et fiable du risque lié aux inondations ne peut donc s'affranchir d'un de ces deux éléments, à savoir l'aléa et la vulnérabilité, et doit intégrer de manière précise l'ensemble de leurs caractéristiques (Marion T, 2012).

Dans le cas de l'aléa inondation, ces caractéristiques varient selon les études. La vitesse des flots, la hauteur de l'eau, la durée de l'inondation, la température de l'eau, l'étendue de l'inondation ou encore la concentration en sédiments peuvent être considérés (Zhai et al. 2006). Les trois caractéristiques qui sont les plus susceptibles d'influencer la vulnérabilité : l'étendue spatiale de l'inondation, la hauteur d'eau dans les zones submergées et la durée de l'inondation. La vulnérabilité sera quant à elle caractérisée à l'aide de trois dimensions principales : la vulnérabilité intrinsèque, la vulnérabilité du bâti et la vulnérabilité des infrastructures essentielles.

I.2. Evaluation du risque inondation

Puisque le risque inondation est caractérisé par deux composantes l'aléa inondation et la vulnérabilité des enjeux exposés, alors l'évaluation de celui-là se base à la fois sur l'évaluation de ces deux derniers. Ainsi, évaluer le risque inondation veut dire apprécier, estimer, quantifier, calculer et mesurer la valeur de l'aléa, délimiter, localiser, identifier, peser, chiffrer et analyser l'importance de la vulnérabilité. L'évaluation de la première composante l'aléa inondation bénéficie aujourd'hui de méthodes bien rôdées qui permettent

de découper un territoire inondable en zones d'aléa d'intensité plus ou moins forte (Defrance,2009).

Aussi l'étude des enjeux, leur recensement précis et fiable, leur cartographie et leur hiérarchisation en fonction de leur plus ou moins grande vulnérabilité, ont bénéficié au cours des dernières années d'avancées méthodologiques certains, grâce notamment aux systèmes d'information géographique (Defrance, 2009).

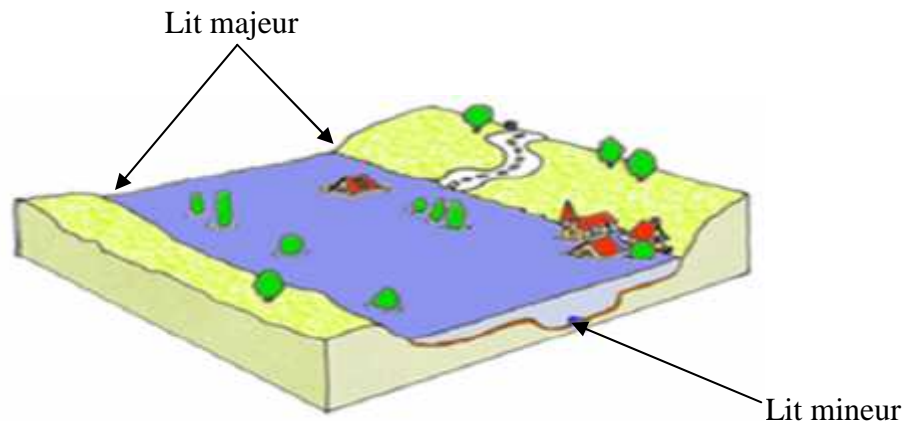
I.3. Types d'inondation

En fonction de l'événement créateur de la catastrophe, On peut distinguer plusieurs types d'inondation : inondations de plaine, par remonte de nappe, par crues torrentielles, par ruissellement en secteur urbain ou rural, inondation par rupture d'une digue et inondations marines.

Dans les quatre premiers cas, le phénomène générateur est la pluie et l'inondation engagera à partir des fleuves et des rivières ; la classification consiste donc à distinguer les inondations provoquées par des crues à cinématique lente (inondations de plaine, remontée de nappe) de celles générées par des crues à cinématique rapide (crues torrentielles, ruissellement). Tandis que dans les deux derniers cas ; le premier c'est les circonstances locales qui jouent pour faire d'une inondation sur un secteur donné un événement particulier et le deuxième c'est l'action de la marée est le facteur principal déterminant la survenance des désordres (Ledoux,2006).

I.3.1.Inondation de plaine

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.



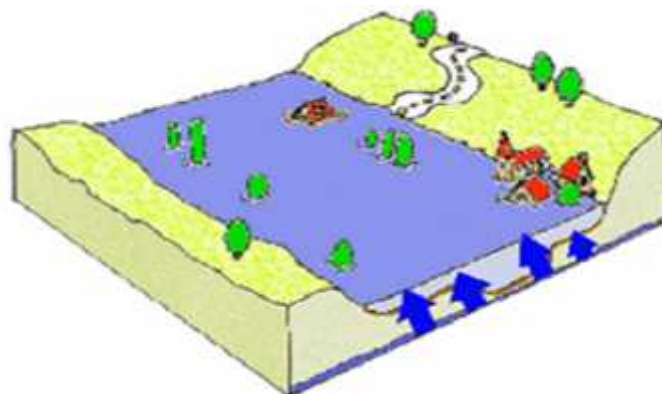
- Crue lente sur un bassin versant à faible pente.
- Délais d'annonce importants car montée lente et progressive.

Fig 01 : Inondation de Plaine (Merabet ,2006)

Les dommages que provoque ce type d'inondation sont imputables aux hauteurs et durées de submersion (Merabet ,2006).

I.3.2. Inondation par remontées des nappes phréatiques

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



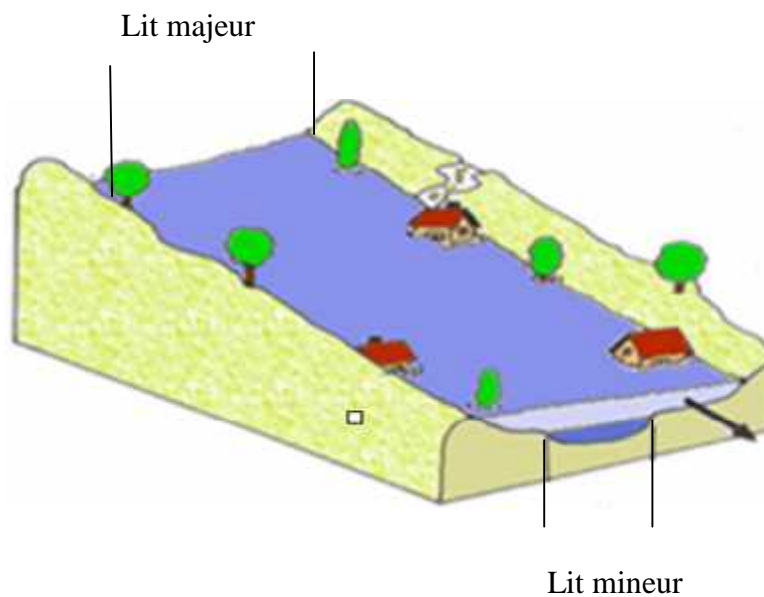
- Causede par une saturation des nappes phréatiques.
- Crue et décrue très lentes.

Fig 02 : Inondation par remontées des nappes phréatiques (Merabet ,2006)

Les désordres liés à ce type d'inondation se traduisent par des remontées sous bâtisses, l'envoyage des ouvrages souterrains, la déstabilisation des pentes, des tassements de remblai, des glissements de terrain, des perturbations sur les réseaux publics, des pressions sous les constructions... etc (Boubchir, 2007).

I.3.3. Inondation par crues torrentielles

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



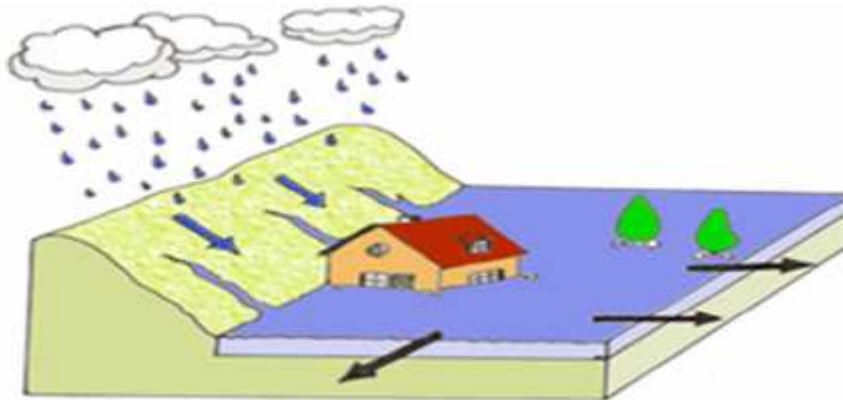
- Crue très rapide sur un bassin versant à forte pente.
- Transports de matériaux, embâcles, transformation du lit.

Fig 03 : Inondation par crues torrentielles (Merabet, 2006)

I.3.4. Inondation 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).



- Causé par des épisodes orageux violents.
- Sur de petits bassins versants.

Fig 04 : Inondation par ruissellement en secteur urbain (Merabet ,2006)

I.3.5. Inondation par rupture d'ouvrage ou d'embâcle

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. Un embâcle consiste en l'obturation d'un cours d'eau par la constitution d'une digue naturelle entraînant une retenue d'eau importante. La digue peut être constituée par des éléments solides arrachés à l'amont et charriés par le cours d'eau ou par un glissement de terrain. La rupture d'embâcle peut se produire plusieurs jours après une période de pluies exceptionnelles ou l'apparition d'un mouvement de terrain (Bachi Mohamed, 2011).

I.3.6. Inondation marines

Les submersions marines sont des inondations temporaires de la zone côtière par la mer dans des conditions météorologiques (fortes dépressions et vents Demer) 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 (sur cote 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).

I.4. Notions Hydrologiques

a) Bassin versant

Un bassin versant, ou bassin hydrographique, correspond à une surface d'alimentation d'un cours d'eau ou d'un lac. Le bassin versant se définit comme l'aire de collecte limitée par le contour à l'intérieur duquel se rassemblent les eaux précipitées qui s'écoulent en surface et en Souterrain vers une sortie. Aussi dans un bassin versant, il y a continuité - longitudinale, de l'amont vers l'aval (dans l'ordre ruisseaux, rivières, fleuves) latérale, des crêtes vers le fond de la vallée - verticale, des eaux superficielles vers des eaux souterraines et vice versa. Les limites sont la ligne de partage des eaux superficielles. L'étude des bassins versants, ou bassin de drainage, s'appelle l'hydrographie ou hydrologie (2).

Une portion de territoire délimitée par des lignes de crête (ou lignes de partage des eaux) et irriguée par un même réseau hydrographique (une rivière, avec tous ses affluents et tous les cours d'eau qui alimentent ce territoire) .A l'intérieur d'un même bassin, toutes les eaux reçues suivent, du fait du relief, une pente naturelle et se concentrent vers un même point de sortie appelé exutoire.

Dans un bassin versant, l'eau se fraye des chemins sur et dans les sols. Elle prend en charge des particules : sédiments, matière organique, produit chimiques, ... Sur un bassin versant :

- L'occupation du sol, les activités humaines et les aménagements conditionnent les chemins de l'eau et donc sa qualité à l'exutoire du bassin ;
- Les actions en amont se répercutent en aval ;

- La multiplication de petites perturbations entraîne de grandes dégradations sur l'ensemble du bassin .Aussi, sur un bassin versant, le ruissellement, l'érosion des sols, le lessivage des intrants agricoles, les inondations, ... peuvent être fortement accentués ou diminués par : Des aménagements inadaptés :

- ✓ Une mauvaise gestion des milieux ;
- ✓ Des pratiques à risques, ...

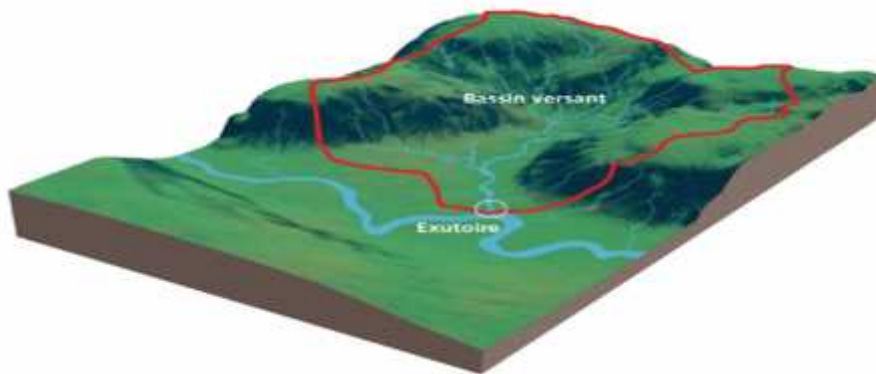


Fig 05 : bassin versant (3)

b) La crue

La crue correspond à l'augmentation de la quantité d'eau qui s'écoule dans la rivière (débit) et peut concerner l'ensemble du lit majeur de la rivière. Ou c'est est une forte augmentation, un accroissement du débit / de la hauteur d'eau en écoulement d'un fleuve, d'une rivière, d'un cours d'eau (Claude et frank 2012).

L'importance de l'inondation dépend de trois paramètres : la hauteur d'eau, la vitesse du courant et la durée de la crue. Ces paramètres sont conditionnés par les précipitations, l'état du bassin versant et les caractéristiques du cours d'eau (profondeur, largeur de la vallée, etc.). Ces caractéristiques naturelles peuvent être aggravées par la présence d'activités humaines.

La crue est un phénomène naturel et saisonnier qui correspond à une élévation du niveau des eaux. Elle ne provoque pas de perturbations majeures lorsque son ampleur est modérée. Mais une crue est susceptible de présenter des risques lorsque le débit et le volume d'eau sont tels qu'il y a débordement par rapport au lieu d'écoulement habituel (le lit mineur).

On parle alors d'inondation. L'eau se répand dans les zones d'expansion des crues, qui correspondent au lit majeur du cours d'eau, souvent largement urbanisées. Il est donc très important de bien différencier les notions de crue et d'inondation (4).

c) Typologie des crues :

Une crue se définit par différents critères sa genèse, sa durée, sa fréquence, son débit de pointe (ou débit maximum) et son volume. Le premier critère de distinction des crues est son temps de montée lié à la taille du bassin versant concerné (Jean ,2008).

Une crue soudaine ou crue-éclair a un temps de montée très court, inférieur à quelques heures et se produit sur un petit bassin versant (jusqu'à une centaine de km²), souvent assez pentu. Elle peut être torrentielle, urbaine ou périurbaine. Le torrent, le ruisseau, ou la rivière sort subitement de son lit à la suite de pluies torrentielles, généralement de durée assez limitée, souvent sous des orages. Ce phénomène est fréquent dans les régions montagneuses où le ruissellement des pentes vers les vallées est très rapide (François ,2008).

Une crue rapide a un temps de montée compris entre 2 et 12 heures et se produit sur un bassin versant assez grand (plusieurs centaines à quelques milliers de km²) ou lors d'intensité pluviométrique moins forte. Parfois la pluie est tombée assez loin de la zone inondée car la crue résulte de la concentration de l'eau tombant sur l'ensemble du bassin hydrique vers les points les plus bas.

Une crue lente a un temps de montée supérieur à 12 heures et se produit sur un grand bassin versant (supérieur à une dizaine de milliers de km²) en plaine sur les fleuves et les grandes rivières. Les pluies continues sur de larges zones, comme la mousson, vont ruisseler vers les cours d'eau. Dans ces cas, même si la pente est faible, la quantité importante de pluie peut les faire déborder. Le type de crue dépend aussi :

- du sol (nature, état de saturation en eau, couverture (végétale, imperméable)) ;
- des précipitations : selon leur intensité - durée - extension spatiale ;
- des caractéristiques géographiques du bassin versant (pentes (des versants, du cours d'eau), forme (du bassin versant, du cours d'eau)) (Pierre, 2012).

On distingue aussi les crues selon :

- leur origine : crue cévenole, crue océanique, crue méditerranéenne (Pierre, 2012).

- leur prise en compte dans un projet de barrage / d'aménagement hydraulique (Gerard, 2012)
- (ex: évacuateur de crue) : crue de projet, crue de sécurité, crue de protection, crue de référence ;
- leur époque : crue d'automne, crue estivale (Anton et all 2011).

d) Un Oued :

Est un terme générique désignant un fleuve d'Afrique du Nord et des régions semi-désertiques à régime hydrologique très irrégulier. Surtout présent dans les régions endoréiques, il s'anime lors des rares et fortes précipitations. Le plus souvent à sec, il peut connaître des crues spectaculaires, charriant d'énormes quantités de boue, qui provoquent parfois des changements de lit. C'est pourquoi on dit d'un oued qu'il roule plus qu'il ne s'écoule (1).

e) Un Cours d'eau :

En hydrologie, un cours d'eau est un collecteur d'eau alimenté par les sources, les nappes phréatiques et les eaux de ruissellement qui trouvent leur origine dans les précipitations. De la source à l'embouchure, les conditions de vie se transforment dans les cours d'eau en permanence et, parallèlement à ces modifications du milieu, des flores et des faunes variées s'y succèdent. Les cours d'eau transportent des eaux continentales sur leur lit et entre des rives (4).

f) L'exutoire : Est le point le plus en aval du réseau hydrographique, par lequel passent toutes les eaux de ruissellement drainées par le bassin versant (3).

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).

La 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; lors qu'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).

Le débit de pointe : se définit comme le débit maximal instantané, faisant référence à une période de retour donnée (3).

L'enjeu : est l'ensemble des personnes et des biens susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel (3).

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 sa pente, de son occupation de surface et de l'intensité de l'épisode pluvieux (3).

I.5.Inondation dans le monde

L'inondation est un des principaux dans le monde, et est la catastrophe naturelle causant le plus de dégâts. Pour la période 1996 et 2005, environ 80 % des catastrophes naturelles mondiales étaient d'origine météorologique ou hydrologique. Les inondations auraient affecté en moyenne 66 millions de personnes par an entre 1973 et 1997 et elles devraient s'aggraver dans beaucoup de ports et communes littorales (Hanson, 2011).

Les inondations touchent tous les pays du globe mais avec des effets très diversifiés. Ces catastrophes naturelles ont un impact important sur notre société. En 2011, elles représentaient 1 désastre naturel sur 2 et ont causé 57,1 % du total de victimes de catastrophes naturelles dans le monde (Below et al., 2012).

Il est donc primordial d'analyser leurs impacts sur la vie et la santé, sur l'économie, mais aussi sur l'environnement et l'écologie (Meire, 2014).

Les politiques pour enrayer ce phénomène sont nombreuses et ne cessent de se multiplier car la fréquence des inondations est en hausse (Luxbacher, 2011).

Parmi les grandes inondations qui ont frappé les esprits figurent :l'Inondation de Grenoble en 1219 à l'origine du symbole du Serpent et du dragon ; la crue de la Seine de 1910, qui bien que n'ayant fait que peu de victimes a fait d'importants dégâts ; la crue du

Mississippi de 1927 a fait 200 victimes, bien moins que l'inondation causée par la mer du Nord en 1953 (plus de 1800 victimes) ; la grande inondation de Valence en Espagne en 1957 a fait 80 victimes, soit à peine plus que l'inondation du Midwest américain de 1993 (50 victimes), ce qui est bien moins important que les inondations de 2010 au Pakistan (1760 victimes) ou de 2011 en Thaïlande (652 victimes) ; les grandes crues en Bourgogne et dans l'Aube en mai 2013, et dans les Pyrénées en juin 2013 (5).

I.5.1. Les causes d'inondation dans le monde

Elles peuvent avoir de nombreuses causes cumulables :

- causes naturelles : liées aux aléas climatiques et phénomènes météorologiques (e.g. pluie torrentielle sous orage) attendus ou à un événement naturel (glissement de terrain) qui empêche l'écoulement habituel de l'eau ;
- causes anthropiques directes : le drainage, l'irrigation, l'imperméabilisation et la dégradation des sols, certaines pratiques agricoles intensives peuvent accélérer le ruissellement de l'eau et en limiter l'infiltration ;
- causes humaines directes : établissements d'écluses, de barrages permettant certes la navigation et le transport fluvial, mais diminuant la pente naturelle du cours d'eau, absence de gestion et de coordination des barrages à l'approche des crues, et pour la même raison avec les mêmes effets, retenue importante du dernier bief avant évacuation vers la mer.
- causes humaines indirectes : liées aux modifications climatiques globales (émissions de gaz à effet de serre qui entraînent la fonte des glaciers et qui provoquent une montée du niveau des océans, des cours d'eau, ou qui pourrait entraîner des cyclones plus intenses) (Schatz, 2008).

I.5.2. Causes et types d'inondation en Algérie

L'Algérie est l'un des pays les plus confrontés aux phénomènes de crues et des inondations qui se manifestent de façon catastrophiques telles que les inondations de Mars 1973 sur l'Est Algérien, de Janvier 1992 sur le centre Algérien, de Janvier 1999 sur l'Ouest du Sahara Algérienne, d'Octobre 2000 à Sidi Bel Abbes et de novembre 2001 sur la cote Algéroise (inondation de Bab El Oued). Ces événements sont imprévisibles dans le

temps et dans l'espace et ils constituent une contrainte majeure pour le développement économique et social (Oufella, 2003).

Les précipitations se caractérisent en Algérie par une très forte irrégularité tant interannuelle que saisonnière entraînent ainsi des étiages extrêmement sévères des cours d'eau et des fortes crues et des inondations engendrant des dégâts humains et matériels considérables. La genèse des crues et leurs impacts sur l'environnement se varient d'une région à une autre en fonction des conditions géographiques, climatiques et d'occupation des sols qui les caractérisent (Merabet, 2006).

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

a) Causes liées à des situations météorologiques remarquables se traduisant par une forte pluviosité tels que les inondations de décembre 1957 des bassins du Mazafran et du Sebaou, de l'automne 1969 en Algérie et en Tunisie, de Mars 1974 des bassins versants de l'Algérois et de Sebaou, de Décembre 1984 sur tout l'Est Algérien, de 1997 du bassin de la Mekerra à Sidi Bel Abbés et les inondations de 18 avril 2007 de Moulay Slissenetc (Bachi Mohamed, 2011).

b) Causes provoquées par des facteurs liés à l'effet de l'homme : la défaillance des réseaux d'assainissement et de collecte des eaux pluviales, le gonflement des oueds par les débris et les détritiques sont autant de facteurs qui provoquent des dégâts lors des averses saisonnières ; les cas de la ville de Tiaret inondée presque à chaque hiver et la plaine du Mzab ou des inondations se produisent tous les 02 à 03 ans illustrent parfaitement l'influence de ces facteurs dans l'apparition du phénomène d'inondation (Bachi Mohamed, 2011).

c) Causes produites dans des régions présentant un environnement topographique défavorable comme le cas des villes traversées par des oueds (Bordj Bouarréridj, Oued R'hiou, Sidi Bel Abbés) ou situées au pied d'une montagne (Ain Defla, Batna, Medea). Ces agglomérations à forte population et sous l'effet d'une urbanisation anarchique et non réglementée présentent des dégâts humains et des destructions de constructions sont enregistrées à chaque inondation aussi légère qu'elle soit

Ces inondations selon les caractéristiques des crues, leurs durées et leurs étendues sont de deux types :

d) Inondations engendrées par des crues torrentielles : elles affectent les petits bassins versants de quelques dizaines de Km² et elles sont le plus souvent liées à des chutes de pluies isolées et localement intenses issues de phénomènes de convection sous forme de tempêtes orageuses se produisant généralement en automne et été . Les crues de ce type sont particulièrement dangereuses en raison de la soudaineté et de la rapidité avec lesquelles elles se produisent, les ruissellements extrêmement rapides et violents peuvent intervenir moins d'une heure après la pluie et les débits des oueds passent de quelques m³/s à plusieurs milliers de m³/s en 02 ou 03 heures seulement. L'inondation de la ville de Oued R'hiou (le 20 octobre 1993) où 20 minutes de pluies ont fait 23 morts, 20 blessés et plusieurs disparus, est l'exemple parfait de ce type de crues (Merabet ,2006).

e) Inondations des grands bassins versants : elles résultent le plus souvent des précipitations importantes généralisées sur des grandes étendues et caractérisées par leur quantité et leur durée qui peut atteindre 10 à 15 jours. Les crues sont massives, lentes et à évolution facilement prévisibles sauf lorsqu'elles sont brutalement aggravées par des affluents avals plus courts et plus rapides. En Algérie, ce type d'inondation survient généralement en saison hivernale entre les mois de Décembre et Mai (Merabet ,2006).

I.6. Recensement des inondations catastrophiques en Algérie (1970 - 2001)

La réduction des dommages causés par ces calamités nécessite d'abord une parfaite identification des régions présentant le risque d'inondation et des facteurs favorisant et amplifiant l'ampleur des dégâts et des pertes engendrées. Un premier travail de recensement de ces inondations s'avère indispensable, afin de mieux identifier les régions présentant des risques réelles d'inondation et de fournir certains paramètres hydrologiques caractérisant ces événements.

On présente dans ce qui suit par ordre chronologique, un bref aperçu des inondations survenues en Algérie au cours de ces trente dernières années (Lahlah ,2004).

12 Octobre 1971 : Fortes pluies orageuses localisés a Azzazga (pluie journalière de 182.6 mm) , Dégâts: 40 morts et des centaines d' habitations détruites.

27 au 29 Mars 1973 : Pluies exceptionnelles (pluie journalière de 166.2 mm à Annaba) généralisées à l'Est Algérien provoquant des inondations catastrophiques dans plusieurs wilayas de l'Est du pays. Le tableau suivant résume les caractéristiques des crues observées lors de ces inondations:

Tableau 02 : Les caractéristiques des crues observées de 27 au 29 Mars 1973 (Lahlah ,2004)

Station	Oued	Hauteur maximale (m)	Débit maximum (m^2/s)
Medjez Amar II	Bouhamdane	6.00	986
Bouchegouf	Mellah	6.60	559.5
Ain Berda	Ressoul	3.54	137
M.Rochefort	Cherf Amont	4.29	345
Mirbeck	Seybousse	15.00	2400
Ain El Assel	Kebir Est	10.30	376.44
Souk Ahras	Medjerdah	6.50	345
Ouenza	Mellegue	3.36	466.5
El Aouinet	Mellegue	3.5	385.2
Morsolt	Ksob	3.65	97.5

28 au 31 Mars 1974 : Pluies exceptionnelles dans les wilayas d'Alger et Tizi Ouzou (688 mm au en 04 jours et 381 mm en 01 journée au Col de Sakamody)

- Dégâts: Bilan de la wilaya de Tizi Ouzou, 52 morts et 4570 maisons détruites, 130 villages isolés et plus de 18 000 sinistrés, 13 ponts détruits et des dizaines de kilomètres de routes emportés ; et dégâts matériels des divers services techniques évalués à 27 Millions de DA.

Le tableau suivant résume les caractéristiques des crues observées lors de cet événement dans les bassins des Côtiers Algérois, de la Sebaou, d'Isser et de la Soummam (Lahlah ,2004).

Tableau 03: Les caractéristiques des crues observées de 28 au 31 Mars 1974 (Lahlah ,2004)

Station	Oued	Qmax (m^3 /s)	Volume ruisselé (hm^3)
Belloua	Sebaou	2940	311
Baghlia	Sebaou	3420	476
RN 25	Bougdoura	580	49
Lakhdaria	Isser	2520	259
Sidi Aich	Soummam	1820	281
R des piégeons	El Harrach	819	97
Baraki	El Harrach	1620	175
Keddara	Boudouaou	267	21
Fer à Cheval	Mazafran	754	196
Attatba	Mazafran	750	97

01 Septembre 1980 : Pluies orageuses violentes et localisées sur un rayon de 15 Km à la ville d'Eleulma provoquant des crues catastrophiques de l'oued Djehadi ;

- Dégâts: 44 morts, 50 blessés et 365 familles sinistrées

17 Novembre 1980 : Pluies torrentielles de 04 jours (99.8 mm) à Ghardaia (Pj: 46.5 mm) et fortes crues de l'oued Mzab.

11 Novembre 1982 : Pluies orageuses violentes localisées à Annaba aux Monts de L'Edough sur quelques kilomètres seulement (pluie enregistrée du 10/11 au 11/11/1982 est de 167 mm à L'Edough et 160 mm à Seraïdi) et intenses (35 mm en l'espace de 40 minutes) à Seraïdi engendrant des fortes crues des oueds: Bouhdid, Forcha, Zied et Aneb (Lahlah ,2004).

22 Aout 1983 : Pluies orageuses très violentes à Birrine (W.Djelfa) inondant la commune de Birrine à 60 %.

- Dégâts: 10 morts, 10 blessés, 200 habitations détruites et 1200 têtes de bétail emportées par les eaux.

03 Février 1984 : Pluies abondantes généralisées sur l'ensemble de l'Est Algérien avec un foyer de maximum sur les monts de Constantine (120 mm en 03 jours) et les monts de la Medjerdah (80 mm en 03 jours) ont provoqué des inondations catastrophiques dans toutes les wilayas de l'Est Algérien... (Lahlah ,2004).

- Dégâts: Jijel : 20 morts, 500 têtes de bétail emportées et dégâts évalués à 50 millions DA.

Constantine : 1140 familles sinistrées 200 ha de cultures détruites

Skikda : 8000 habitations envahies par les eaux.

Guelma : 03 disparus, 1 57 familles sinistrées, 02 ponts détruits et canalisations d'AEP détruites à 100 %.

Khenchla : 777 familles sinistrées et pertes importantes en cheptel.

Oum El Bouaghi : 144 maisons détruites et 429 familles sinistrées.

Dans le tableau suivant sont résumées les caractéristiques des crues.

Tableau 04 : Les caractéristiques des crues de 03 Février 1984 (Lahlah ,2004)

Station	Oued	Hauteur maximale (m)	Débit maximum (m^3/s)
Medjez Amar I	Cherf Aval	6.00	2000
Medjez Amar II	Bouhamdane	6.80	1500
Bouchegouf	Mellah	4.58	715
Moulin Rochefort	Cherf Amont	--	632
Ain Berda	Ressoul	3.80	173
Mirbeck	Seybousse	15.15	3100

29 Décembre au 01 Janvier 1985 : Pluies exceptionnelles (plus de 250 mm en 04 jours seulement et 195 mm en une journée) généralisées sur toutes l Est Algérien provoquant des inondations très catastrophiques dans les wilayas de: Jijel, Constantine, Skikda, Guelma, Annaba et El Tarf.

Le tableau ci dessous récapitule les caractéristiques des fortes crues observées sur l'ensemble des oueds des bassins versants de la Seybousse, des côtiers constantinois et du Kebir Rhummel.

Tableau 05 : Les caractéristiques des fortes crues observées 29 Décembre au 01 Janvier 1985 (Lahlah ,2004)

Station	Oued	Hauteur maximale (m)	Débit maximum (m^3/s)	Volume ruisselé (hm^3)
Medjez Amar I	Cherf Aval	6.20	---	---
Medjez Amar II	Bouhamdane	6.10	1450	124.7
Bouchegouf	Mellah	3.89	510	---
Ain Berda	Ressoul	3.05	80	6.84
Mirbeck	Seybousse	14.90	2900	455
Ain El Assel	Kebir Est	10.10	508	71.5
Ain Charchar	Kebir Ouest	11.3	316	113

05 juillet 1987 : Pluies orageuses très violentes à Batna (pluie journalière de 57 mm).

- Dégâts: 02 morts et des dizaines de familles sinistrées, dégâts évalués à 175 millions de centimes.

17 Juin 1989 : Pluies diluviennes à Tiaret (Orage violent d une durée de 15 minutes).

- Dégâts: Affaissement de terrains et dégâts matériels considérables.

01 Septembre 1989 : Fortes chutes de pluies à la wilaya de Biskra accompagnées de grêles et d'un vent d'une rare violence provoquant le débordement des oueds El Arab, El Mellah et El Kheddra.

- Dégâts: 02 morts et 35 blessés, 400 palmiers, des serres et de cultures de maraîchages détruites.

21 Septembre 1989 : Fortes Pluies orageuses à la Wilaya de Msila (Commune de Sidi Aissa particulièrement touchée).

- Dégâts : une personne disparue et plus de 200 familles sinistrées à Sidi Aissa.

Deux ouvrages d'art chevauchant les RN 08 et RN 40 emportés par les crues.

Trois ponts sur les RN 40 et RN 60 endommagés, deux gués sur la RN 60 emportés par les eaux et plusieurs Km de routes détériorées. Perte d'une retenue collinaire et de douze digues de déviations.

11 Octobre 1989 : Fortes pluies orageuses à la wilaya d'Eltarf.

- Dégâts: 60 familles sinistrées à Drean

15 Octobre 1989 : Orage très intense et localisé à la ville d'Aindefla.

- Dégâts: 01 mort et une centaine de familles sinistrées.

03 Juin 1991 : Orage local et très violent à Ghardaia (8 mm en 03 h)

- Dégâts : 09 morts et pertes importantes en cheptel et de palmeraies.

Destruction partielle de la digue d'El Atteuf Ponts, chaussés et réseaux d'assainissement avoisinant oued Mzab dégradés.

26/27 Janvier 1992 : Fortes pluies généralisées du 24 au 28 janvier 1992 sur plusieurs régions du centre du pays engendrant des inondations catastrophiques aux wilayas: Alger, Blida, Tipaza, Chleff, Aindefla, Médéa.

- Dégâts : Des morts et un nombre important de blessés, 637 familles sinistrées (361 à Alger, 106 à Tipaza, 87 à Médéa, 36 à Aindefla et 23 à Chleff).

Importants dégâts aux infrastructures routières et aux exploitations agricoles:

- Le pont reliant Bougara à Bouinan emporté.
- Le pont reliant L'Arbaa à Bougara endommagé.

Les caractéristiques des crues observées sur plusieurs oueds du centre du pays sont:

Tableau 06 : Les caractéristiques des crues observées sur plusieurs oueds du centre du pays de 27 Janvier 1992(Lahlah ,2004)

Station	Oued	H max (m)	Q max (m^3/s)
Arbaa gorges	Djeina	2.10	96
Rocher des piégeons	El Hammam	4.40	550
Baraki	El Harrachi	6.33	1500
Gorges Chiffa	Chiffa	3.30	122
Attatba	Bouroumi	5.70	297
Fer à cheval	Mazafran	8.00	378
Arib Chellif	Chellif	9.32	472
Lakhdaria	Isser	10.00	860

20 Octobre 1993 : Pluies orageuses intenses à la ville d'Oued Rhiou causant crues violentes d'Oued Grigra, petit cours d'eau situé en amont de la ville d'Oued Rhiou.

- Dégâts: 22 morts, 20 blessées et plusieurs disparus.

Des dizaines de familles sinistrées et d'importants dégâts matériels (Merabet ,2006).

Les débits de crues de l oued Rhiou mesurés aux deux stations hydrométriques sont:

Tableau 07 : Les débits de crues de l oued Rhiou de 20 Octobre 1993 (Merabet ,2006)

Station	Oued	Q max (m^3/s)
Ammi Moussa	R'hiou	296
Djidiouia RN 04	R'hiou	164

23 Septembre 1994 : Inondations catastrophiques dans plusieurs régions du pays; les régions les plus touchées sont: Bordj Bou Arreridj, Msila, Djelfa, Médéa, Bouira, Ainefla et Tiaret.

- Dégâts : Bilan national, 27 morts, 84 blessés et 941 familles sinistrées.

29 Septembre au 02 Octobre 1994 : Inondations catastrophiques dans plusieurs régions du pays (Ghardaïa, Laghouat, Biskra, Mascara, Tissemsilt, Sidi Bel Abbés).

- Dégâts : Ghardaïa: Dégâts matériels évalués à 270 millions DA.

Laghouat: Dégâts matériels évalués à 05 millions DA dans le secteur de l'hydraulique.

Biskra: 08 morts, 22 familles sinistrées et routes endommagées.

Mascara: 02 morts et importants dégâts matériels.

Tissemsilt: 09 morts

Sidi Bel Abbés: 02 morts.

06 Octobre 1994 : Fortes pluies orageuses dans la wilaya d'Oum El Bouaghi provoquant d'immenses dégâts à la région de Bir El Hanchir

- Dégâts : 350 familles sinistrées, 43 habitations, 15 puits et terres agricoles endommagés.

06 Février 1996 : Forte pluie dans la daïra El Khemis à Aindefla (81 mm en 17h35 mn) provoquant ses débordement catastrophiques des cours d'eau menant du massif Zaccar vers l'oued Cheliff.

- Dégâts : 158 familles sinistrées et importants dégâts matériels

04Avril 1996 : Inondations catastrophiques dans les wilayas d'Annaba et El Tarf.

Dégâts: Annaba: 05 morts et 10 blesses.

El Tarf : 04 ouvrages endommagés et pertes agricoles aux plaines de Bouteldja et El Iam.

24 Septembre 1998 : Pluies diluviennes et inondations catastrophiques aux wilayas de Bouira (Bechloul, El Hachimia et Sour El Ghozlane) et Medea (Beni Slimane).

- Dégâts: Plusieurs disparus et des centaines de familles sinistrées.

Plusieurs hectares de terres agricoles endommagées, des véhicules et du bétail emportés par les crues. Perte d'une retenue collinaire à la région de Ahl El Ksar.

06 Octobre 1998 : Pluies diluviennes et inondations catastrophiques à la wilaya de DJELFA

- Dégâts:200 hectares de récoltes inondées et pertes importantes en cheptel. Un petit barrage détruit à Thadmint et 20 puits d'irrigation éboulés.

14 Janvier 1999 : Fortes chutes de pluies (74mm à Adrar) à l'ouest du Sahara provoquant de graves inondations à Adrar.

- Dégâts : 12 morts et plusieurs disparus. 174 habitations en tous détruites dans les localités de: Reggane, Tsabit, Timmimoun et Adrar.

28 Septembre 2000 : Pluies diluviennes dans la région de Boussaâda provoquant des fortes crues de l'Oued Bou Saada (Lahlah ,2004).

- Dégâts:01 mort, 01 disparu, 13 habitations détruites, 38 familles évacuées et 193 têtes de bétail emportées par les eaux.

14 Octobre 2000 : Fortes pluies (56 mm en l'espace de 04 h) dans la wilaya d'Ain Temochent et crues catastrophiques de l'oued Elmaleh.

- Dégâts:04 morts et plusieurs disparus. Plusieurs habitations s'écroulent et immenses dégâts matériels.

23 Octobre 2000 : Pluies torrentielles à la wilaya de NAAMA engendrant des inondations catastrophiques aux régions de Aïnsefra et Mechria .

- Dégâts: 05 morts et une douzaine portés disparus, Pertes importantes en cheptel. La voie ferrée reliant Aïn Sefra - Beni Ounif endommagée. ; Un pont situé au centre ville de Megharrar endommagé.

24 Octobre 2000 : Inondations catastrophiques à Sidi Bel Abbès (oued Mekerra), TISSEMSILT (Theniet El Hed -oued Mesloub), CHLEF et AIN DEFLA

- Dégâts: Deux personnes emportées par l'oued Mekerra, 01 mort et importants dégâts matériels à Theniet El Had.

10 Novembre 2001 : Inondations de Bab El Oued , des pluies exceptionnelles et intenses, sur une étendue de 40 km² , de l'ordre de 214 mm pendant 24 h , Le danger existe depuis... 1874 (Merabet 2006, DGPCA).

- Dégâts : près de 800 morts et un nombre, non encore établi à ce jour, et des dizaines de disparus, Et ont causé plus de 1 0000 familles sinistrées (Zerrouk, 2004).

Causant des dégâts évalués par la Compagnie centrale réassurance (CCR) à 544 millions de dinars.

I.7. 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).

D'après Arnaud-Fassetta et Laganier (2006), la bonne gouvernance du risque est le potentiel fondamental de la prévention puisqu'il lui revient de contribuer aux études d'experts capables. Ainsi, examiner résolument l'évolution de ces catastrophes continues est une grande avancée vers l'atténuation du risque.

Les démarches entreprises par les pays du monde dans le cadre de leur lutte contre les inondations sont nombreuses mais reposent sur les mêmes principes.

a) **La réglementation**: elle devrait prendre en compte les actions anthropiques aboutissant à une modification substantielle du relief, à l'édification de toute construction en zones inondable.

b) **La prévention** : a les principes suivants

- Améliorer la connaissance du phénomène: un travail bibliographique est mené

- Afin d'étudier les crues anciennes et modéliser l'impact du phénomène qui pourrait se produire dans le temps.
- Maîtrise de l'urbanisation: la connaissance du risque est intégrée dans les documents d'urbanisme afin que des zones ne soient pas ouvertes à l'urbanisation lors d'un aléa potentiel capable d'impacter ces zones.
- Agir sur la limitation de l'aléa et de la vulnérabilité : pour l'aléa, il s'agit de Travaux de ralentissement hydraulique. Et pour la vulnérabilité, encourager les autorités locales et les particuliers à prendre des mesures adoptées pour les habitations existantes.
- Favoriser l'information des populations: grâce aux moyens disponibles (Bachi Mohamed, 2011).

c) La prévision: qui s'articule sur les principes suivants:

- Le suivi du phénomène: analyser aux différentes zones susceptibles de subir une inondation l'ampleur et la typologie de cette inondation ainsi que la délimitation précise des secteurs inondables.
- La surveillance du phénomène: mise en place d'un service d'annonce et d'alerte des crues.
- La préparation de la crise : organisation et mise en œuvre des plans de secours.

d) L'intervention et réhabilitation :

D'une façon générale, la stratégie opérationnelle de secourisme, d'urgence et de réhabilitation comprend :

- La création d'une cellule de gestion de crise spécifique en cas de désastre pilotée par les hautes autorités compétentes et qui comprend tous les services concernés.
- La définition du rôle et des responsabilités de chaque intervenant Pendant la crise.
- La création de procédures d'urgence et de secours immédiats (corps médical, sauveteurs spécialiste comme les sapeurs-pompiers pour évacuer les blessés graves et les populations menacées et aider à la survie (fournitures de couvertures, eau, ...).
- La constitution d'un fond d'urgence catastrophe pour répondre aux besoins de la population ;

- En fin lors de la réhabilitation, il faut évaluer les couts induits par la catastrophe, et mettre en place un système d'assurance pour couvrir les indemnités des sinistrés (Zahour, 2010).

e) **Gestion de crise** : La gestion de crise rassemble toutes les actions qui sont entreprises en période de crue afin de se courir et protéger les populations et les biens (Hostache, 2006).

Aussi parmi les solutions pour prévenir et gérer les conséquences des inondations :

- Respecter le découpage territorial en matière d'occupation des sols ;
- Lutter fortement contre la corruption et les détournements de deniers publics déguerpir et réinstaller les populations installées dans les couloirs naturels d'eaux
- Renforcer les institutions et les acteurs chargés d'étudier l'hydro-climatologie et renforcer la communication avec les populations
- Renforcer l'éducation des populations.
- Doter les municipalités de moyens financiers et humains suffisants pour prévenir les inondations (6).

Pour synthétiser, la Figure suivante présente les différents aspects de la gestion Des inondations.

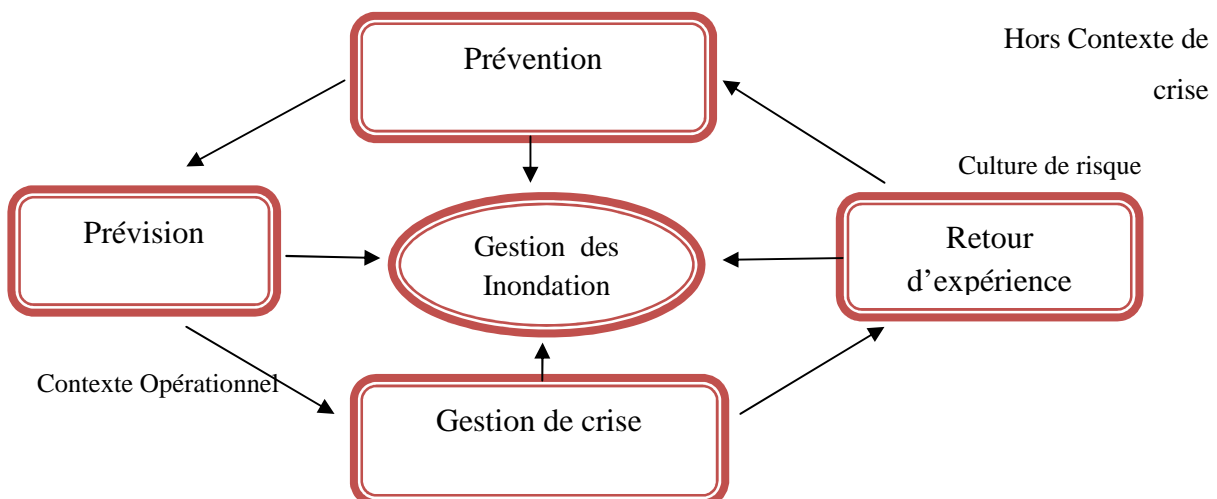


Fig 06 : Champs d'intervention dans la gestion des inondations (Hostache, 2006)

I.8. Conclusion

Les inondations constituent un risque majeur du monde contemporain. Elles figurent au premier rang des catastrophes naturelles dans le monde en occasionnant environ 20 000 victimes par an (Simona et Cedric, 2007).

À l'instar du reste du monde, la région méditerranéenne a connu de multiples inondations qui deviennent une menace de plus en plus redoutable. Les précipitations y dépassent souvent 200 millimètres en 24 heures (Ducrocq, 2006), et parfois en moins de six heures. Cette évolution est également liée à des facteurs anthropiques, notamment l'intensification des activités industrielles et l'urbanisation (Achab, 2011).

Dans la gestion du risque inondation, il est possible de distinguer la prévention, la prévision et la gestion de crise. La prévention, hors contexte de crise, est basée sur l'analyse de crues potentielles ou passées afin d'aider la compréhension des phénomènes physiques. Elle vise à caractériser l'aléa et la vulnérabilité le plus finement possible pour protéger l'existant, informer les populations et limiter l'implantation des biens et des personnes dans les zones fortement exposées, sans contrainte de temps majeure sur la durée des études mise en œuvre. Tandis que la prévision et la gestion de crise correspondent à des actions en état d'urgence, elles nécessitent des outils opérationnels pour des décisions rapides. La prévision vise à anticiper la survenue d'une inondation et ses conséquences. La gestion de crise rassemble l'ensemble des moyens mis en œuvre pour protéger, informer, et secourir les populations (Bachi Mohamed, 2011).

II. Introduction

La complexité de l'aléa inondation fait appel à l'intervention de plusieurs données de type très diversifié aux différentes sources. Cette multi-source implique la contribution de plusieurs techniques telle que: la Télédétection, les SIG et l'AHP...etc. Afin de modéliser cette aléa et de prendre toutes mesures de sécurité pour la protection de l'environnement.

L'objectif de ce chapitre est d'exposer les outils et les techniques qui pourront être utilisés pour cartographier le risque d'inondation. Il illustre l'utilisation des cartes thématiques issues du SIG afin de cartographie des zones vulnérables à cet aléa. Ces cartes expriment des similitudes, des différences, des tendances, des orientations, et jouent un rôle à tous les niveaux, comme document de travail, de recherche, d'information et d'aide à la décision.

II.1.La modélisation

La modélisation hydrologique s'attache à représenter schématiquement les différents phénomènes physiques liés à l'eau et à son comportement afin de mieux les étudier et d'analyser l'influence qu'ils exercent. L'unité géographique sur laquelle se base l'analyse du cycle hydrologique et de ses effets est le bassin versant. Le bassin versant est une surface élémentaire en théorie hydrologiquement close, c'est-à-dire qu'aucun écoulement n'y pénètre de l'extérieur et que tous les excédents de précipitations s'évaporent ou s'écoulent par une seule section à l'exutoire (Ecuyer, 2003).

Le diagnostic physico-géographique, première étape de la connaissance des bassins versants, permet de caractériser les principaux facteurs naturels : facteurs orographiques, morphologiques, lithologiques, climatiques et biogéographiques. Leur interaction est déterminante dans le comportement hydrologique des bassins (Baba Hamed et Bouanani, 2016).

Le développement des techniques modernes d'acquisition et de mise à disposition d'informations digitales par le biais du modèle numérique de terrain (MNT) et des données satellitaires multi-dates a rendu possible la caractérisation physiographique et climatique d'un bassin versant. Ces informations servent de plus en plus à la description des caractéristiques du milieu et à la cartographie numérique.

Afin de mettre le comportement hydrologique de l'aléa inondation dans le bassin versant d'Isser vis-à-vis de ses caractéristiques physiographiques, une étude préliminaire de connaissance du terrain sera indispensable pour modéliser ces caractéristiques.

Le présent travail consiste à réaliser tout d'abord des cartes thématiques à l'aide des données satellites (MNT et images satellites) intégrées dans un environnement SIG, pour étudier les caractéristiques physiographiques (carte de localisation de la zone d'étude, carte des pentes et des expositions, carte hydrographique, carte lithologique, ... etc.) et bioclimatiques (carte d'occupation des sols ... etc.) de l'ensemble du bassin versant de Isser.

II.2. Matériels et méthodes

II.2.1. La télédétection

C'est l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans aucun contact matériel avec ceux-ci » (Journal Officiel du 11 décembre 1980 in Boulerie, 2008).

Différents outils de télédétection peuvent être utilisés pour caractériser l'aléa inondation. La photographie aérienne, qui permet d'obtenir des images de haute résolution de la zone inondée, est considérée comme une source de données de qualité pour la délimitation et l'analyse des zones inondées (Schumann et al., 2009). Cependant, son utilisation pour la génération de cartes de l'aléa inondation est souvent limitée par le coût élevé des acquisitions aéroportées et par le temps nécessaire à l'acquisition des données, souvent trop long lorsque l'inondation est étendue (Mallinis et al., 2011).

Elle permet, selon Soudani (2005), à l'aide d'un capteur, "d'observer" et d'enregistrer le rayonnement électromagnétique, émis ou réfléchi, par une cible quelconque sans contact direct avec celle-ci. Le traitement et l'analyse des informations véhiculées par le rayonnement enregistré permettent d'accéder à certaines propriétés de cette cible : géométriques (position, forme et dimensions), optiques (réflexion, transmission, absorption, etc.) et physico-chimiques (température, teneur en eau, chlorophylle foliaire, phytomasse, matière organique du sol,...), etc.

Les appareils photographiques constituent les capteurs les plus anciens et les plus répandus en télédétection aérienne pour cartographier le risque inondation. Ce pendant, ils ont subi une avancé très marqué au cours du temps. En effet aux campagnes traditionnelles de couverture systématique par photographies aériennes viennent s'ajouter de plus en plus d'offres commerciales permettant de choisir le type de capteurs (photographie aérienne analogique et maintenant numérique, scanner, laser...) et le type de plates-formes (avions, hélicoptères ...) (Raclot, 2003).

II.2.2.Utilisation de télédétection

- Utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci" (J.O. du 11 décembre 1980).
- Vision globale 'surveillance de l'état des forêts, Régions éloignées et inaccessibles'
- Données multi-temporelles 'Analyses de détection des changements et de leurs nature'
- Surveillance moins coûteuse que par survol aérien (Image Landsat < \$1000, couvre 34000 km²) (J.O. du 11 décembre 1980).

II.2.3.SIG « système d'information géographique »

Le Système d'Information Géographique (SIG) peut être défini comme un outil qui permet de localiser, d'analyser et de représenter des données ayant une référence spatiale (El Hmaidi et al., 2014).

Le principe de ce travail est basé sur une succession des étapes permettant l'élaboration des cartes thématiques de la zone d'étude. Regroupe l'ensemble des outils et méthodes permettant d'acquérir, de représenter, d'analyser et d'intégrer les informations à référence spatiale issues de sources diverses : images satellitaires, photographies aériennes ou issues de drones, données cadastrales, données topographiques, relevés effectués sur le terrain ou issus d'observations sur des sites expérimentaux...). Cette information géographique est exploitée à l'aide de l'outil informatique système d'informations géographiques (SIG) qui permet de constituer des bases de données spatialisées (Collet, 2005).

Il représente un ensemble de documents cartographiques en format numérique auxquels est associée une base de données que l'on peut exploiter à l'aide de requêtes et

analyser à l'aide d'opérations pour produire des cartes thématiques. Il a donné naissance à une discipline récente; la géomatique qui combine la géographie et l'informatique (Zerouali, 2005).

II.2.4.Utilisation de SIG

Le Systèmes d'Information Géographique peut jouer un rôle majeur dans le cadre de l'aide à la cartographie du risque inondation; il autorise la création des cartes (carte d'aléa et de vulnérabilité et regroupe les deux dans une même interface pour faire extraire la carte du risque inondation), l'intégration de tout type d'information, la mieux visualisation des différents scénarios, la mieux présentation des idées et la mieux appréhension de l'étendue des solutions possibles (Zerouali,2005).

L'une des applications principales du programme SIG est la représentation cartographique d'une unité topographique et le stockage des informations des objets géographiques avec leurs attributs numériques.

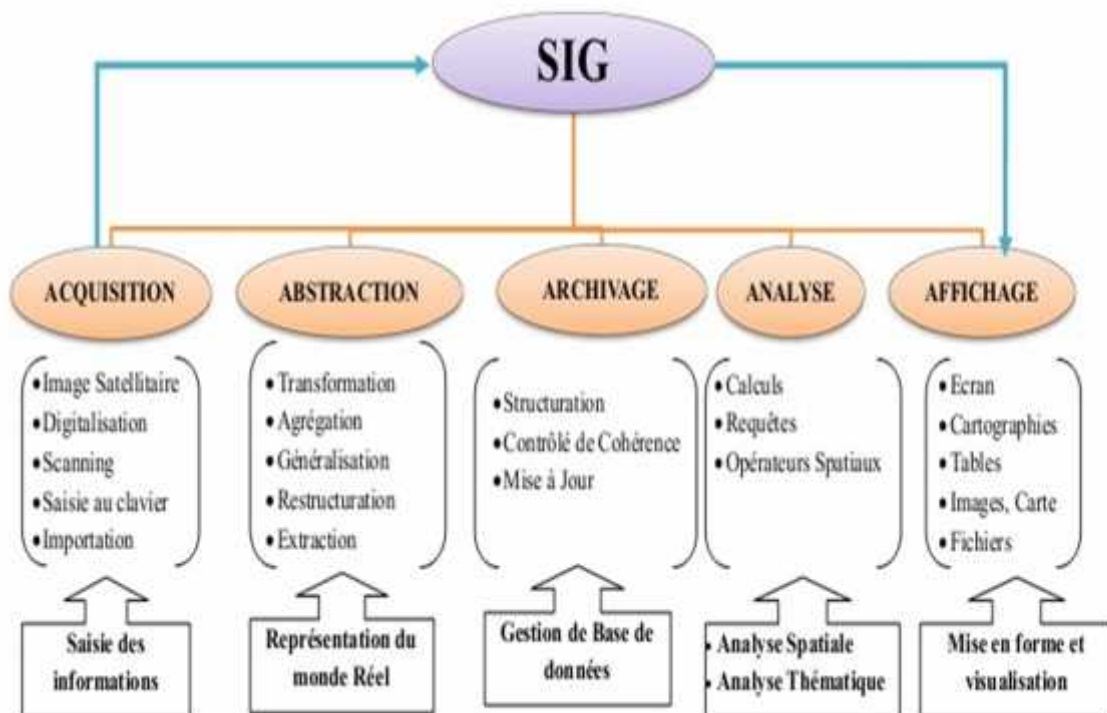


Fig 07 : Organigramme du rôle des SIG (7)

Aussi, Un SIG permet de générer dans des délais raisonnables, des produits cartographiques : cartes, tableaux, graphes pouvant permettre de répondre à certaines

questions essentielles et pratiques de gestion et de planification. Il comprend des outils de saisie, de stockage, d'analyse et d'affichage de données spatiales. Les principales fonctions d'un SIG sont résumées comme suit:

- Collecte ,la production et la gestion de données géographiques: il s'agit de créer une base de données pour en permettre la consultation en divers types d'utilisation, de disposer ces données dans un système de référencement et de les convertir d'un système à un autre, de superposer deux cartes de sources différentes, de fusionner tous les objets ayant une caractéristique commune ;
- Edition de cartes et de graphiques: veut dire produire des cartes thématiques ou autre documents graphiques;
- Optimisation de flux: il s'agit de chercher du chemin optimal dans un réseau à partir d'un ensemble de contraintes imposées.
- Choix du lieu d'implantation d'installation: trouver le meilleur site pour implanter une digue de protection contre les inondations par exemple (ZEROUALI 2005).

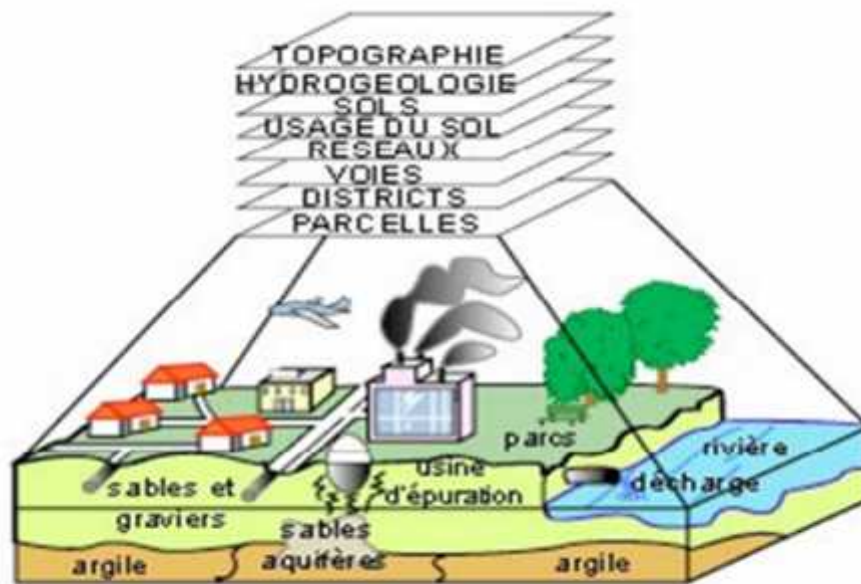


Fig 08: Fonctionnalités d'un SIG (ZEROUALI 2005)

II.3. Les Outils utilisés

II.3.1. ENVI

ENVI fournit des outils pour la visualisation, le géo-référencement, les prétraitements, la classification et l'analyse des images satellitaires (Thomas et al, 2005). Il

réponds à la plus part des exigences de base nécessaires pour le traitement d'une image : Visualisation et traitement des données de télédétection; Traitement et analyse spectrale de l'imagerie multi-spectrale et hyper-spectrale; Géo-référencement des images; Ortho-rectification; Classification et interprétation interactive ; Analyse de la végétation à l'aide des indices de végétation (NDVI); Correction géométrique et radiométrique; amélioration interactive (spectrale et spatiale) d'une image; Calibrage et correction atmosphérique ;Support des formats raster et vecteur; Fournis un soutien aux données de télédétection par satellites Landsat, WorldView-1, QuickBird, Ikonos, Cartosat, ALOS, EROS, Orbview, SPOT, IRS, TERRA (ASTER), etc.

II.3.2. Images satellitaires

La mise sur orbite de la série des satellites Landsat résulte d'un projet de la NASA, visant à réaliser un satellite spécifiquement destiné à l'observation de la terre, afin d'évaluer les ressources potentielles (ERTS : Earth Resources Technology Satellite). Sept satellites Landsat ont été lancés depuis juillet 1972. Depuis, la caméra est évoluée de RBV (Return Beam Vidicon) et MSS (Multi Spectral Scanner) de 1972 à l'ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) de 1999. La résolution spatiale est passée de 80 m à 30 m (ou 15 m en mode panchromatique) et les domaines spectraux explorés concernent le visible, le proche infrarouge et le moyen ainsi que l'infrarouge thermique. Le radiomètre ETM+ permet ainsi d'offrir des images couvrant un champ d'observation de 185 km * 185 km, avec une résolution spatiale de 30 m en mode multispectral (Benkrid, 2008).

Le socle de notre travail est un ensemble d'images satellitaires multispectrales et multidates, de type Landsat, formant une série de trois scènes, acquises en 1987 (Landsat MSS), en 1999 (Landsat ETM+) et une dernière en 2011 (Landsat ETM+), à 30 mètres de résolution pour les images ETM+ et 80 m.

Les images satellitaires Landsat ont été retenues pour leur caractère synoptique sur une vaste zone, leur répétitivité, leur disponibilité sur une longue période (plus de 30 ans) et la possibilité qu'elles offrent par rapport à l'échelle des documents à élaborer.

Tableau 08 : Satellites optiques Landsat

Le capteur	Landsat	Landsat 4 et 5	Landsat 7
Pays	Usa	Usa	Usa
Date de lancement	1972	1984	Avril 1999
Altitude	705 km	705 km	705 km
Capteurs	Mss (multispectral scanner)	Tm (thematic mapper)	Etm + (enhance thematic Mapper)
Type	Radiomètre à balayage	Radiomètre à balayage	Radiomètre à balayage
Bandes Spectrales		1 (B) [0,45-0,52 m]	1 (B) [0,45-0,52 m]
		2 (V) [0,52-0,60 m]	2 (V) [0,53-0,61 m]
	1 (V) [0,5-0,6 m]	3 (R) [0,63-0,69 m]	3 (R) [0,63-0,69 m]
	2 (R) [0,6-0,7 m]	4 (IR) [0,76-0,90 m]	4 (IR) [0,78-0,90 m]
	3 (IR) [0,7-0,8 m]	5 (IRM) [1,55-1,75 m]	5 (IRM) [1,55-1,75 m]
	4 (IR) [0,8-1,1 m]	6 (IRT) [10,4-12,5 m]	6 (IRT) [10,4-12,5 m]
		7 (IRM) [2,08-2,35 m]	7 (IRM) [2,09-2,35 m] (Pan) [0,52-0,90 m]
Résolution Spatiale (dimension des pixels)	60 x 80 m	30 m Bande 6 : 120 m	30 m Bande 6 : 60 m Pan : 15 m
Dimension D'une scène	185 x 185 km	185 x 172 km	185 x 172 km
Stéréoscopie	Non	Non	Non
Fréquence De passage	18 jours	16 jours	16 jours
Vocation	Végétation et Occupation du sol	Végétation et Occupation du sol	Végétation et Occupation du sol
Particularité	En archive depuis 1972	Grande variété Spectrale	Grande variété Spectrale

II.3.3.ArcGIS

Tout le monde peut mettre les connaissances géographiques au service du gouvernement, des entreprises, de la science, de l'éducation et des médias, à l'aide d'ArcGIS, Nous verrons donc ici une présentation générale de la gamme ArcGIS .

ArcGIS est un système complet qui permet de collecter, organiser, gérer, analyser, communiquer et diffuser des informations géographiques. En tant que principale plate forme de développement et d'utilisation des systèmes d'informations géographiques au monde, ArcGIS est utilisé par des personnes du monde entier pour mettre les connaissances géographiques au service du gouvernement, des entreprises, de la science, de l'éducation et des médias. ArcGIS permet la publication des informations géographiques afin qu'elles puissent être accessibles et utilisables par quiconque. Le système est disponible partout au moyen de navigateurs Web, d'appareils mobiles tels que des Smartphones et d'ordinateurs de bureau (Soudani,2006).

Le logiciel ArcGIS est une infrastructure pour créer des cartes, il permet aux informations géographiques officielles créées par la communauté SIG d'être facilement et librement exploitées par tous ceux qui veulent les utiliser (et avec lesquels ils choisissent de les partager). Ce système comprend un logiciel, une infrastructure en ligne basée sur le Cloud, des outils professionnels, des ressources configurables telles que des modèles d'application, des fonds de cartes prêts à l'emploi et du contenu officiel partagé par la communauté des utilisateurs (Soudani, 2006).

II.3.4. Comment les SIG sont utilisés dans les différentes communautés

Les professionnels dans de nombreux secteurs utilisent ArcGIS dans un large éventail d'applications, incluant la planification et l'analyse, la gestion d'actifs, la sensibilisation opérationnelle, les opérations sur le terrain telles que l'inspection mobile et le déploiement d'urgence, les études de marché, la gestion des ressources, la logistique, l'éducation et la sensibilisation. En général, ces professionnels utilisent ArcGIS, car il les aide à : Résoudre des problèmes.

- Prendre de meilleures décisions
- Planifier avec succès
- Faire un meilleur usage des ressources
- Anticiper et gérer le changement
- Gérer et exécuter des opérations plus efficacement
- Promouvoir la collaboration entre les équipes, les disciplines et les institutions
- Accroître la compréhension et la connaissance
- Communiquer plus efficacement
- Éduquer et motiver les autres

Aussi , ArcGIS vous permet de : Créer, partager et utiliser des cartes intelligentes ; Rassembler les informations géographiques ; Créer et gérer des bases de données géographiques ; Résoudre des problèmes avec l'analyse spatiale ; Créer des applications basées sur la carte ; Communiquer et partager des informations grâce à la puissance de la géographie et de la visualisation (8).

II.3.5. Initiation aux SIG sous ArcGIS

ArcGIS est l'un des Systèmes d'Informations Géographiques les plus utilisés. Ce logiciel offre de nombreuses potentialités pour la manipulation, la gestion, l'analyse et l'édition des données spatiales. Différentes couches d'informations spatiales peuvent être manipulées offrant la possibilité d'analyser une ou plusieurs couches sous le contrôle des autres. Le seul lien entre ces différentes couches est le lien spatial, c'est-à-dire, l'appartenance au même espace géographique et ayant le même système de coordonnées (Soudani, 2006).

Les différentes couches d'informations sont descriptives d'un espace géographique terrestre déterminé. Elles peuvent correspondre à des documents cartographiques représentant des objets thématiques géographiquement identifiés (carte de type IGN, photographies aériennes, images satellitaires, etc.) ou issus des analyses et des procédures de spatialisation (carte de la teneur en eau du sol, carte topographique, carte de la hauteur des arbres dans un peuplement forestier, etc.). Le logiciel ArcGIS 10.3 comprend quatre applications principales : ArcCatalog, ArcMap, ArcToolbox, ArcReader (Soudani, 2006).

a) ArcCatalog : est un explorateur de données tabulaires et cartographiques offrant des outils de gestion et d'organisation analogues à ceux offerts par les systèmes d'exploitation comme WINDOWS ou DOS (copier, renommer, effacer, créer des icônes, etc.). Il est vivement conseillé d'utiliser ArcCatalog pour effacer les fichiers car ces fichiers sont accompagnés d'autres fichiers que l'explorateur de Windows, s'il est utilisé, ne permet pas de les effacer automatiquement. ArcCatalog permet aussi de visualiser les données tabulaires et des couches géographiques ainsi qu'une exploration des différents thèmes qui les constituent.

b) ArcMap : ArcMap est l'application fondamentale du logiciel ArcGIS. Elle contient une boîte à outils, organisés sous forme de modules indépendants (extensions), permettant de gérer, manipuler, analyser et éditer les différentes couches d'informations de la base de données. ArcMap est l'équivalent de l'ancienne version d'ArcView.

c) ArcToolbox : est une boîte à outils permettant d'effectuer des conversions et de transferts de format et aussi de projection.

d) **ArcReader** : est une application gratuite permettant d'échanger des cartes publiées entre différents utilisateurs (Soudani , 2006).

- **Les données utilisées**

Tableau 09 : les données utilisées

Donnée	Source	Date
Données Climatiques (précipitation et température)	https://power.larc.nasa.gov/cgi-bin/cgiwrap/solar/agro.cgi . Temps – Historique météo mensuel tn.freemeteo.com .	01/01/1990 Jusqu'à 31/12/2001
L'image satellitaire	https://earthexplorer.usgs.gov	24/03/2001
Données topographiques SRTM Version 3 (Shuttle Radar Topography Mission)	http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp .	2000

II.4.L'AHP « l'Analyse multicritère »

Les phénomènes gravitaires rapides (crue torrentielles, avalanches, chutes de blocs) constituent un réel danger pour les enjeux humains et matériels en raison de l'intensité et de la soudaineté des phénomènes .Les connaissances liées a l'occurrence, a la physique et aux effets des phénomènes sur les enjeux restent partielles et imparfaites. Les informations disponibles sont fortement hétérogènes et entachées d'imperfections (imprécision, incertitude ...) elles résultent de mesures, d'analyses historiques, de témoignages ou de résultats de modèles provenant de sources inégalement fiables et potentiellement conflictuelles (Tacnet, 2009).

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 la transformation potentielle de l'utilisation du sol (Figueiredo, 2001) ou dans l'évaluation de la probabilité de l'érosion hydrique (Correia, 2007).

La méthode AHP présente l'avantage d'être relativement simple à utiliser, souple et adaptable afin de mieux appréhender le monde réel auquel les décisions se

caractérisent par une nature multi-critères et aussi multi-acteurs. En outre, il s'agit de la seule méthode parmi les autres méthodes d'aide à la décision multicritères qui permet la décomposition du problème en plusieurs niveaux, ainsi que la vérification de la cohérence de l'ensemble des jugements de comparaison, ce qui assure que l'analyse ne soit pas arbitraire ou erronée. La rigueur du décideur est de mise puisque, dans le cas où la mesure de cohérence n'atteindrait pas le seuil fixé, les comparaisons doivent être reprises et ce, jusqu'à ce qu'il soit atteint. (Cet avantage constitue un point très important dans le choix de la méthode surtout dans le cadre d'un achat public où plusieurs acteurs interviennent, le plus grand souci, est de lutter contre la corruption et le conflit d'intérêts).

Aussi, la méthode AHP est la seule méthode utilisée dans la littérature en vue la sélection finale des fournisseurs pour tout type d'achat Ce qui constitue un point fort non négligeable (Aguezzoul, 2005).

II.4.1. Définition générale de La méthode AHP

La méthode AHP, est un modèle décisionnel multicritère ; elle se base sur la comparaison par paires de facteurs dans le même niveau hiérarchique (JIANG et al, 2014).

Science technique vouée à l'éclaircissement de la compréhension d'un problème de décision et à sa résolution, Elle devient multicritère lorsque le problème comporte plusieurs objectifs, souvent contradictoires. Analyse qui vise à expliciter une famille cohérente de critères pour permettre de concevoir, justifier et transformer les préférences au sein d'un processus de décision.

Les méthodes d'analyse multicritère ou, plus exactement, les méthodes d'aide multicritère à la décision sont des techniques assez récentes et en plein développement. Par leur manière d'intégrer tout type de critères, ces procédures semblent mieux permettre de se diriger vers un judicieux compromis plutôt qu'un optimum souvent désuet » (Sami et al, 2000).

La méthode est basée sur la comparaison des différentes caractéristiques, deux par deux. À partir de la construction d'une matrice carrée (Tableau 10), 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 11). 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.

Ce résultat 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 10 : Matrice de comparaison et calcul de son vecteur propre (Saaty ,1991)

Critères	C_1	C_2	C_3	...	C_n	W_i
C_1	$1/ C_1$	W_{21}/ C_2	W_{31}/ C_1	...	W_{n1}/ C_1	$C_{1/n}$
C_2	W_{12}/ C_1	$1/ C_2$	W_{32}/ C_1	...	W_{n2}/ C_1	$C_{2/n}$
C_3	W_{13}/ C_1	W_{12}/ C_1		...	W_{n3}/ C_1	$C_{3/n}$
...
C_n	W_{1n}/ C_1	W_{12}/ C_1	W_{3n}/ C_1	...	$1/ C_n$	$C_{n/n}$
	C_1	C_2	C_3	...	C_n	

Nous avons suivi la méthode de l'Analyse Multicritère Hiérarchique .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 $w_{ij}=\alpha$, n alors $w_{ji}=1/\alpha$, $\alpha > 0$;
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 suivante :

$$W_i = (\prod_{j=1}^n w_{ij})^{1/n}$$

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.

$$T = \frac{1}{\sum_{i=1}^n w_i} [w_1 \ w_2 \ \dots \ w_n]$$

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 :

$$\lambda_{\max} = T \cdot w$$

Où w est calculé par l'addition des colonnes de la matrice de comparaisons. On calcule, alors, l'indice de cohérence (IC):

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

Le ratio de cohérence (RC) se calcule par l'équation : $RC = IC / CA$

RC est le ratio entre IC et un indice de cohérence aléatoire (CA). L'indice CA, présenté dans le Tableau III, 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 11 : Échelle proposée par Saaty (1991)

Degrés d'importance de chaque caractéristique	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

Le jugement est transféré dans une matrice de comparaison par paires comme le montre la formule générale (A).

$$A = [r_{ij}] = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & \dots & r_{1j} \\ 1/r_{12} & 1 & \dots & r_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1/r_{1j} & 1/r_{2j} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Tableau 12 : Valeurs de CA en fonction de l'ordre de la matrice (SAATY ,1991)

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

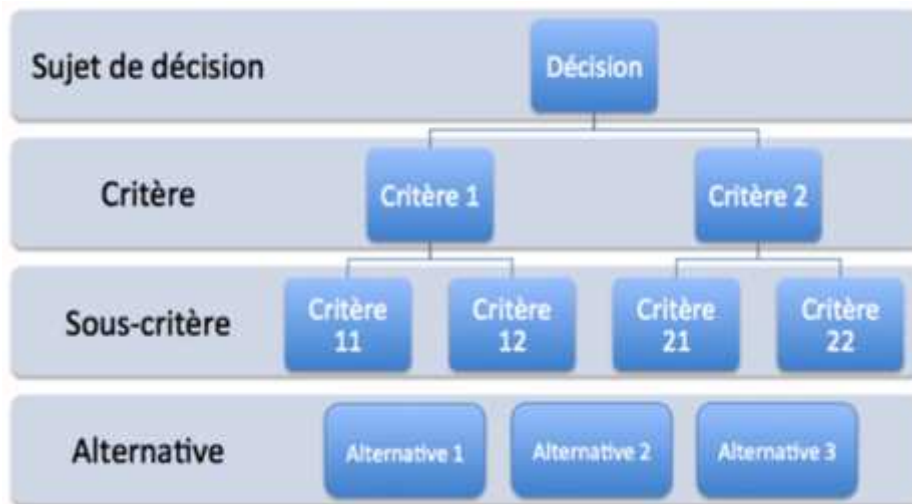


Fig 09 : Exemple d'AHP

II.4.2.Objectifs d'AHP

- Aider à prendre une décision ou à évaluer plusieurs options dans des situations où aucune possibilité n'est parfaite
- Permettre de concilier les aspects économiques, de design, technologiques, environnementaux, sociaux.
- Combinaison mathématique simple au sein d'un même thème, par exemple :
Consommation de climatisation plus Consommation de chauffage.
- Sélection d'un indicateur représentatif d'un thème donné, exemple : l'îlot de chaleur par urbain max pour caractériser le microclimat urbain ou l'UTCI pour caractériser le confort Agrégation inter-thématique ;

Agrégation complète, Classement Par exemple 'Somme des notes pondérées ou Produit des notes pondérées'; Agrégation partielle, Relations de sur classement Par exemple : Méthode Electre Agrégation locale, Une seule solution ; Agrégation inter-thématique, Conclusion.

Par opposition aux méthodes d'agrégation totale, la méthode Electre respecte cette notion d'incomparabilité.

Elle permet d'établir des relations de sur classement en comparant les scénarios deux à deux. Elle permet de définir des seuils de véto, d'indifférence et des préférences (Caillet, 2003).

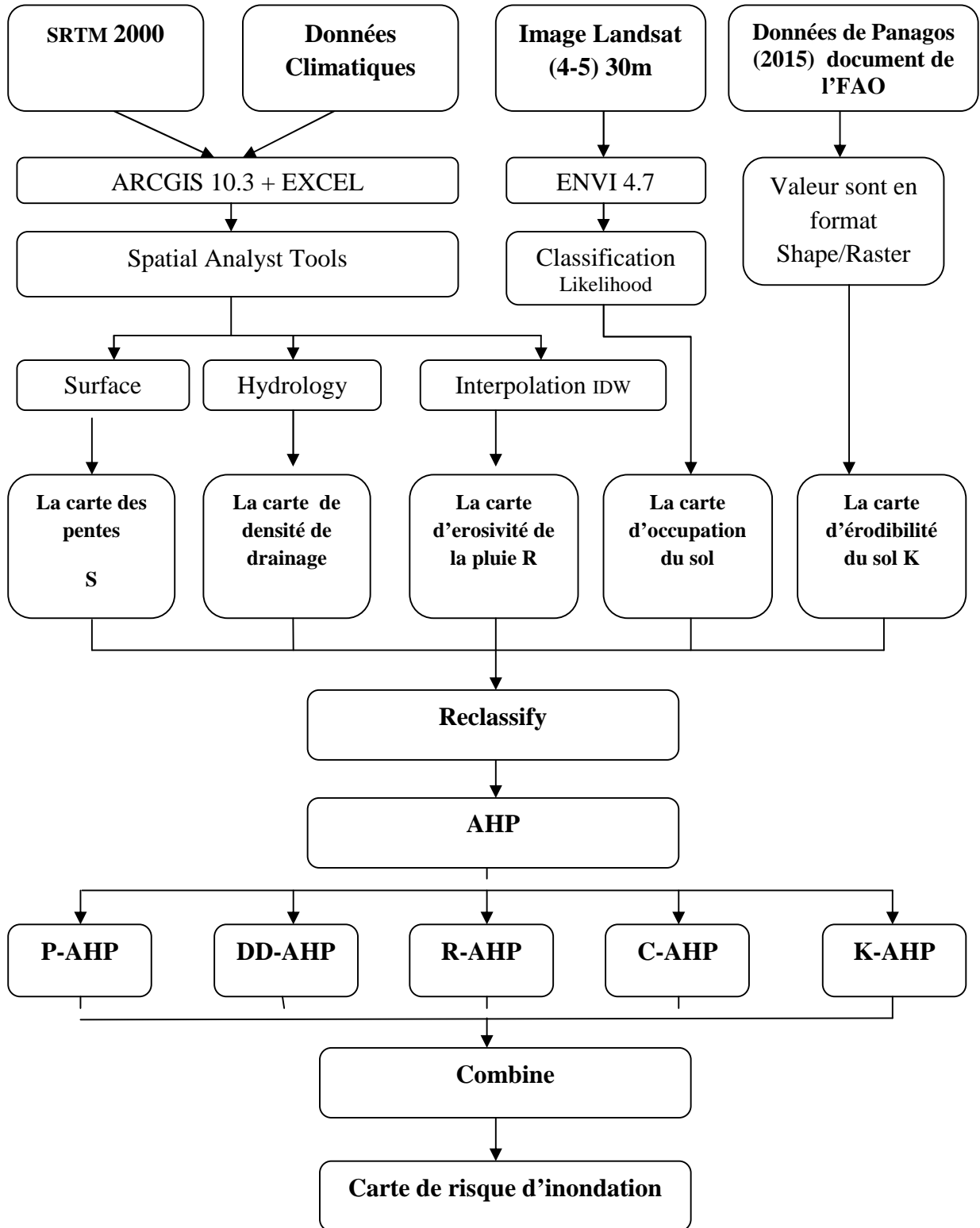


Fig 10 : Organigramme méthodologique de la technique AHP appliquée

II.5.Conclusion

Ce travail a pu atteindre son but qui consiste à évaluer à l'échelle d'un bassin versant, le risque d'inondation, de délimiter les zones à risque et de démêler l'interdépendance des facteurs déterminants de ce phénomène naturel.

L'application de la méthode AHP donne des résultats relativement très fiables qui peuvent apporter une aide précieuse, à coûts très bas, aux décideurs et aménageurs du territoire dans le but de simuler des scénarios d'évolution et par suite cibler les zones prioritaires qui nécessitent des actions de conservation et de lutte contre l'inondation.

Les résultats obtenus, sous format cartographique, permettent de cibler les zones qui nécessitent une action prioritaire pour une analyse à plus grande échelle, en vue de trouver les solutions appropriées pour lutter contre le risque d'inondation et protéger le milieu en question.

III.1. Présentation de la zone d'étude

III.1.1. Situation géographique

Le bassin de l'oued Isserse situe au Centre-nord de l'Algérie. Il fait partie du grand bassin versant de côtes 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 Dirra. Il se situe entre 35° 52' 27,1" et 36° 51' 31,3" de latitudes Nord et de 2° 52' 36,5" et 3° 57' 21,8" de longitude Est. L'altitude du bassin versant varie de 0 m à 1791 m (fig.11). Elle décroît du Sud vers le Nord avec une élévation moyenne de 843 m.

III.1.2. Caractères physiographiques du milieu

III.1.2.1 Géologie du bassin versant

- **Morphologie du bassin**

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'aquitainien 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, 2013).

- **La topographie**

Le haut Isser est caractérisé par des lignes de crête se situent entre 1200 m et 1791 m à une altitude moyennes de 843 m dont, 50% de la surface est comprise entre les altitudes de 700 m à 1100 m. Le Nord-ouest est moins élevée, son altitude passe de 1240 m au Kef-R'mel à 1971 au Boumali. L'arrête présente deux arrêtes principales orientées, Sud-ouest et Nord-est. L'arrête Sud-ouest est plus élevée passant 1 460m à Kef Lakhdar Chergui à la côte 1791 m au Djebel Dira, point culminant du bassin. Tandis que, le moyen Isser se caractérise par des reliefs sont plus au moins accentués. Ils se situent entre l'altitude 900 m

à la station Lakhdaria et 1265m au Djebel Fouda. Concernant le bas Isser, ses altitudes sont comprises entre 0 m et 1031 m sur la bordure du massif occidental du Djurdjura présentant une topographie accentuée (Boussaid, 2013).

Tableau 13: Caractéristiques physiographiques du bassin versant d'Isser

Variable physiographique	Valeur
Superficie du bassin versant (Km ²)	4210 km ²
Périmètre du bassin versant (Km)	404,4 km
Le plus long talweg (Km)	112 km
Indice de compacité de Gravelius (K _G)	1,75
Longueur du rectangle équivalent (L)	178,6 km
Largeur du rectangle équivalent (l)	23,58 km
Altitude maximale (m)	1791 m
Altitude minimale (m)	0 m
Élévation moyenne (m)	843m
Densité de drainage (D _d) (Km/Km ²)	0,73

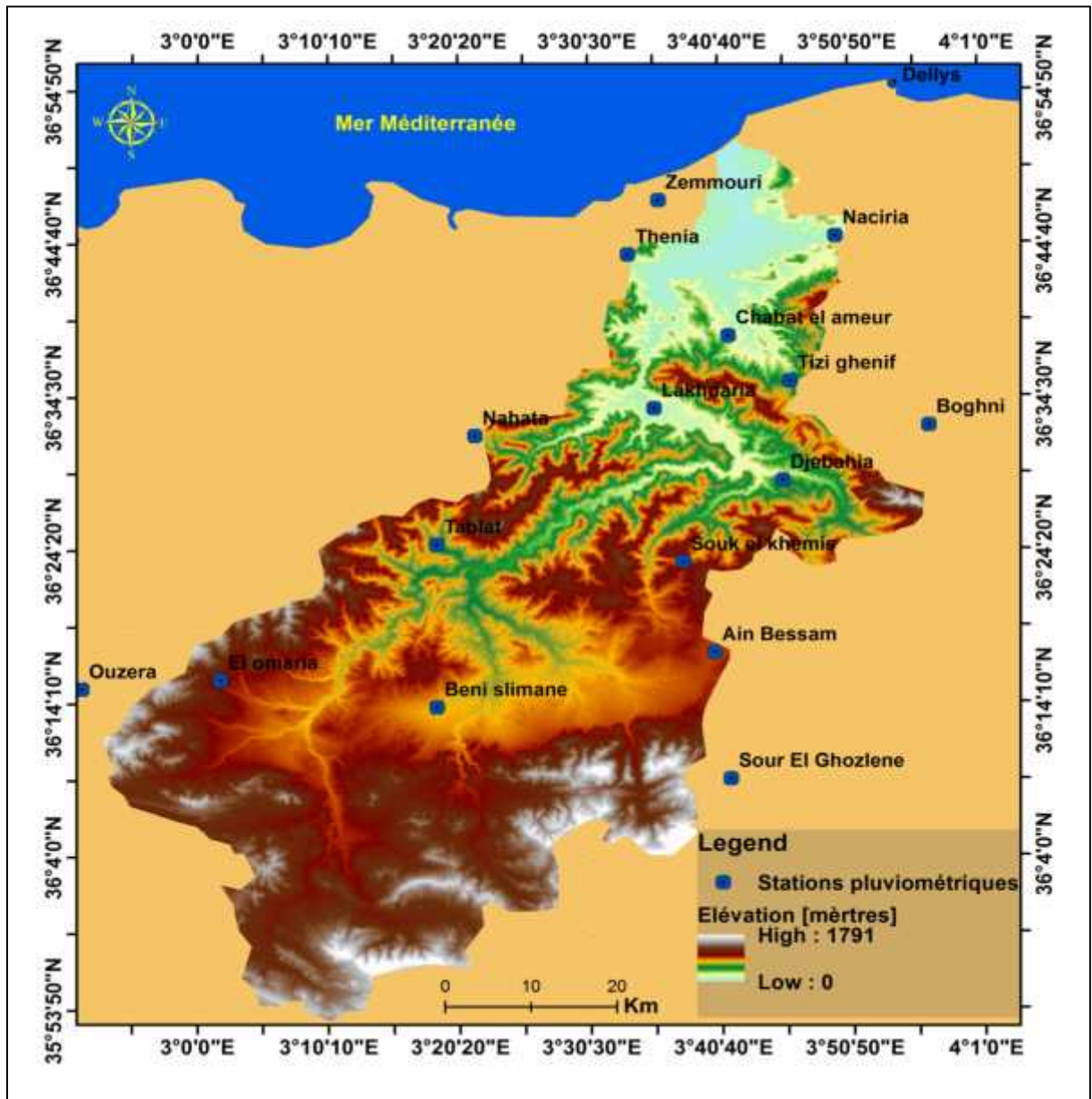


Fig 11 : Plan de situation du BV de Isser

III.1.2.2.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 (A.N.R.H ,2001).

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.

a)Température : Le bassin est soumis à un climat méditerranéen intermédiaire. Entre le climat Tellien de montagne pluvieux et à l'amplitude thermique faible, avec des chutes de neige et le climat Tellien de plaine plus sec relativement chaud et présentant de forts écarts de température. 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 Benislmane altitude (600m) est de l'ordre de 14 °C ; entre la température la plus basse et la plus élevée de l'année, la différence est de 15.6 °C. Avec une température moyenne de 26.7 °C, le mois d'Aout est le plus chaud de l'année. Avec une température moyenne de 11.1 °C, le mois de Janvier est le plus froid de l'année.

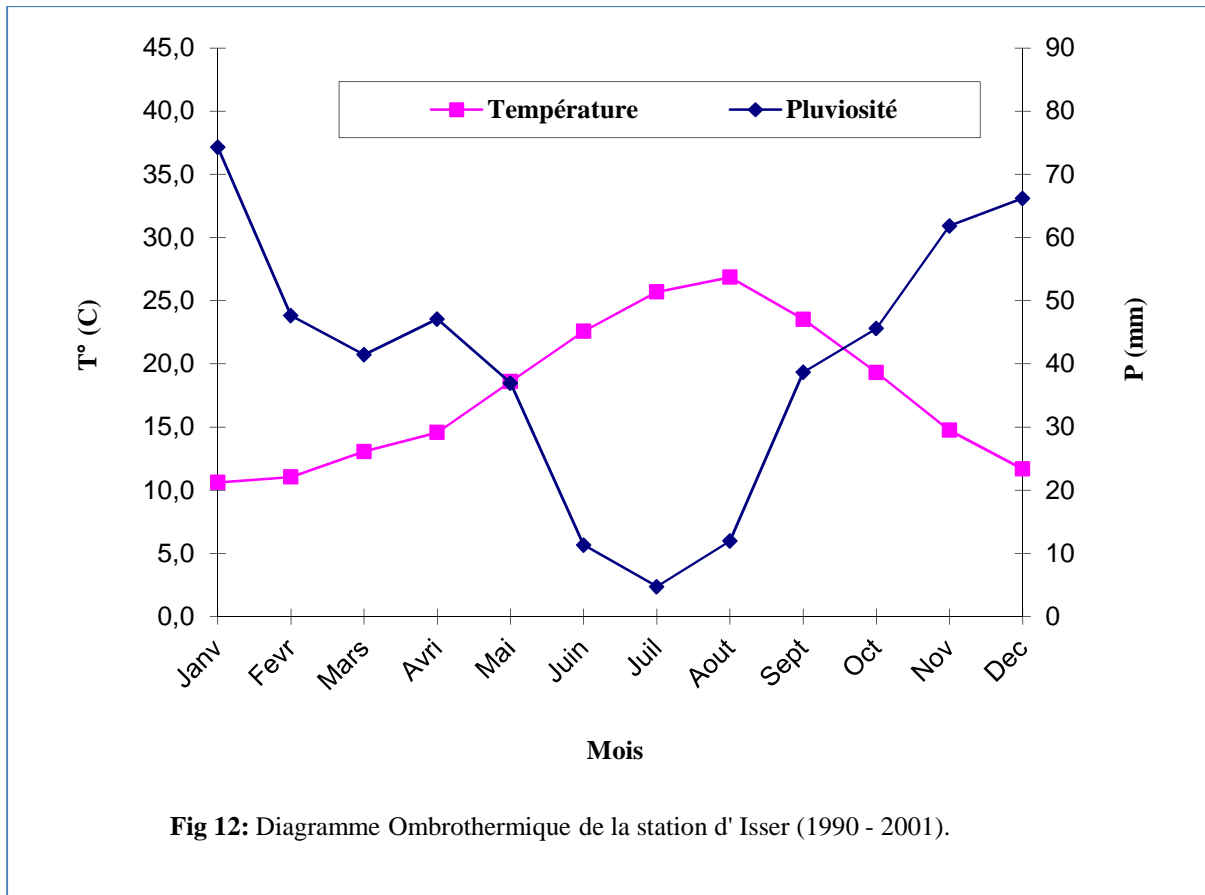
b) La précipitation : La variation des précipitations entre le mois le plus sec et le mois le plus humide est de 141 mm. la répartition des moyennes de précipitations se fait selon un gradient pluviométrique sur le bassin versant. A l'sud, la moyenne annuelle des précipitations 702 mm/an. Elle diminue progressivement vers l'centre de bassin versant Elle devient très faible à l'est enregistrant une valeur de 137 mm/an.

- **Les stations pluviométriques**

Les données pluviométriques ont été téléchargées dans le web site par le site (<http://Temps – Historique météo mensuel | tn.freemeteo.com>) et le deuxième site ([NASA POWER | Prediction Of WorldwideEnergyResources](#)) pour 23 stations. Ces stations pluviométriques sont réparties spatialement comme suit: des stations localisées à l'intérieur de la zone et les autres sont situées hors de la zone d'étude. Leurs caractéristiques sont données dans le tableau14.

Tableau 14 : Caractéristiques des stations pluviométriques

N°	Stations	Projection:		Altitude (m)	Localisation	P (mm)	Nbr. d'obs. interanl.
		X	Y				
1	AïnBoucif	514440	3971760	1176	hors zone	487	12ans
2	Ouezara	486524	4011688	1005	hors zone	473	12ans
3	Zemmouri	553532	4071745	80	hors zone	488	12ans
4	Isser	559832	4064021	68	dans la zone	477	12ans
5	Beni Amrane	552722	4058428	400	dans la zone	500	12ans
6	Nahata	532227	4042796	454	hors zone	492	12ans
7	El Omaria	502695	4012787	754	dans la zone	509	12ans
8	Boughni	585035	4044265	344	hors zone	514	12ans
9	Medea	477542	4012816	1005	hors zone	508	12ans
10	Djerabet	568080	4037458	245	dans la zone	509	12ans
11	TiziGhniff	568878	4049667	476	dans la zone	513	12ans
12	Dellys	581054	4086384	455	hors zone	513	12ans
13	Chaabet el Ameur	561682	4055159	273	dans la zone	514	12ans
14	Lakhdaria	553065	4046227	203	hors zone	507	12ans
15	Djennad	553065	4046227	379	hors zone	504	12ans
16	Naciria	574092	4067461	300	dans la zone	518	12ans
17	Tablat	527794	40294 70	516	dans la zone	482	12ans
18	Ben Chicao	486515	4006142	973	hors zone	509	12ans
19	Beni Slimane	527858	4009504	624	dans la zone	521	12ans
20	Sour el Ghozlane	562070	4000806	899	hors zone	513	12ans
21	Seghouane	490987	3983953	681	hors zone	512	12ans
22	Souk el Khemis	556500	4027391	841	dans la zone	518	12ans
23	AïnBessem	560164	4016323	692	dans la zone	508	12ans



c) Gelée : La gelée est enregistrée du mois de novembre au mois de mai, le nombre moyen de jour par mois enregistré aux stations de Tablatet Birghbalou est donné dans le tableau n ci-dessus (A.N.R.H, 2001).

d) Vent: Les vents chargés d'humidité sont de direction Nord-Sud à Nord-Ouest, Sud-Est alors que les vents desséchant sont de direction Sud-Nord. Le sirocco souffle sur tout le bassin, le nombre moyen de jour de sirocco par an enregistré sur la station de Benislmane et Birghbalou.

III.1.2.3. Le couvert végétal

a) 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 (Boussaid,2013).

b)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 subsistes les forêts au sud du bassin, mais souvent dégradées (Boussaid, 2013).

c)La bas Isser : On rencontre le même problème de végétation arbustive dans le bas Isser. Les cultures annuelles dominant la majeure partie basse du bassin à savoir l'arboriculture fruitière, fourragère et aussi céréaliculture 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, 2013).

III.2.Méthodologie

Dans le cadre de ce travail, la cartographie de risque d'inondation sera effectuée par l'application de la méthode AHP, établie par Satty (1991).

Toutefois, elle est sélectionnée parmi les modèles les plus applicables grâce à sa structure très simple et l'entrée économe des données en relation avec les données disponibles et l'échelle de l'investigation. L'équation à été intégrée sous un système d'information géographique afin de permettre une modélisation et une cartographie exhaustive du phénomène d'inondation.

Au cours des différentes étapes de traitement et d'élaboration des cartes thématiques, on a utilisé le logiciel ArcGis 10.3.

Comme précédemment indiqué en chapitre II, la méthodologie du travail consiste en l'intégration et la représentation des informations cartographiques et descriptives des différents facteurs et paramètres de l'inondation dans une plate forme des systèmes d'information géographiques.

Le choix de cette méthode parmi d'autres revient à son adaptation aux variations de terrains, contrairement aux autres méthodes qui sont généralement plus sensibles aux variations.

III.2.1. Evaluation des facteurs

a) Le facteur d'érosivité de la pluie R

L'érosivité de la pluie est définie comme la capacité potentielle de pluie à causer de l'inondation (Sanoussi, 2011). Il est le seul de tous ces facteurs qui peut se calculer à partir des données climatiques, il est calculé de la manière suivante : $R = a * P^b * D$ ($2 + b * \text{longueur}$)
 $a = 0,117$, $b = 0,015$, $p =$ précipitation moyennes annuelles, $D = p$ journalière maximale.

Les stations climatologiques réparties dans la région et étalées sur une période de 12 ans ont été utilisées dans le cadre de cette étude. Le facteur R a été calculé séparément pour chaque station à part, pour avoir la carte du facteur d'érosivité du bassin versant Isser. Ce dernier a été appliqué à vingt trois stations se trouvant dans ou à proximité du bassin versant d'Isser pour une série d'observation sur une période 12 ans (1990 - 2001).

Tableau 15 : Les valeurs d'érosivité R mesurés

N °	Stations	L'érosivité « R »
1	AïnBoucif	896,417
2	Ouezara	690,462
3	Zemmouri	662,100
4	Isser	648,312
5	Beni Amrane	644,688
6	Nahata	684,593
7	El Omaria	925,153
8	Boughni	945,078
9	Medea	933,566
10	Djebahia	937,441
11	TiziGhniff	943,457
12	Dellys	944,293
13	Chaabet el Aneur	943,178
14	Lakhdaria	920,275
15	Ain Bassem	644,688
16	Naciria	953,049
17	Tablat	920,273
18	Ben Chicao	940,702
19	Beni Slimane	958,784
20	Sour el Ghozlane	949,259
21	Seghouane	1117,469
22	Souk el Khemis	965,036
23	Djennad	906,319

b) Le facteur d'érodibilité du sol K

L'érodibilité des sols est un indicateur de la facilité avec laquelle les particules de sol se détachent. Il est fonction de la structure du sol, de sa texture de sa granulométrie, de sa quantité de matière organique et de sa perméabilité (Fauck R ,1965).

Ce facteur est fonction de la texture des sols, de la perméabilité et de la structure du profil .Il varie de 0.70 pour les sols les plus fragiles à 0.01 sur les sols les plus stables. Les valeurs du facteur K, situées entre 0.22 et 0.46 montrent une nette fragilité des sols et leur susceptibilité à l'érosion (ElGarouani et al., 2007).

c) Le facteur de pente S

La carte des pentes donne la topographie générale de la région d'étude. Le critère de pente est utilisé pour mettre en évidence la capacité d'un ruissellement à détacher et transporter des particules de sol : plus la pente est importante, plus le ruissellement érodera le sol(Fournier, 1967).

Ce facteur représente l'effet combiné de la longueur et l'inclinaison de la pente. Il dépend à la fois de la longueur de pente et de l'inclinaison de la pente (Elbouqdaoui et al., 2005).

Fauck(1956) et Fournier(1967) ont affirmé qu'il suffit une action pluviale pour déclencher le phénomène, puisque cette dernière apparaît sur des pentes très faible, de l'ordre de 2%. Cependant, toutes les études qui ont suivi montrent qu'il existe une forte relation entre le degré de pente et sa longueur et l'intensité de ruissellement et par suite, sa capacité de détacher et transporter des particules. Plus la pente est forte et plus elle est longue, plus le risque d'inondation est plus intense.

Le paramètre de topographie, évalué à partir de deux critères : l'inclinaison de la pente et sa longueur, est calculé à partir d'un modèle numérique de terrain (MNT) de résolution 30 mètres.

Les logiciels informatisés tels que ArcGis ont amplement facilité les calculs de certains paramètres. Tels que le cas du facteur topographique qui a été calculé à partir du MNT, de la carte des classes de pentes et la carte des flux (Dahman, 1994).

d) Le facteur de densité de drainage Dd

La 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.

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

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

e) Le facteur d'occupation du sol C

Le facteur C prend en compte l'occupation du sol (couvert végétal, aménagements et pratiques agricoles). Cet indice permet de tenir compte du fait que les pluies agissent proportionnellement plus sur un sol nu que sur un sol couvert de végétation. Aussi, il représente les effets des pratiques de la végétation, gestion et contrôle d'inondation.

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 Landsat . Le traitement de l'imagerie sur Logiciel Envi a subi d'abord des prétraitements à savoir les corrections géométriques et radiométriques, la combinaison et le masquage

Une valeur de C a été par la suite attribuée à chaque classe de végétation, selon la littérature avant de rasteriser la carte de végétation (ShiZ.H, 2002).

Dans l'équation universelle de pertes en sol, l'action de la végétation traduite par le facteur C constitue le paramètre le plus déterminant et le plus dynamique pour les bassins versants (Kalman ,1967).

L'image satellitaire à été téléchargé par un Landsat 7 dans le web site(<https://earthexplorer.usgs.gov>) qui a été capturée le (24/03/2001) nous a permis de faire la classification de la couverture du sol afin de déterminer le facteur C .

f) Carte du risque d'inondation

La superposition des cinq cartes sous SIG permet l'obtention de la carte de risque d'inondation, informant sur le potentiel d'inondation. En t/ha/an par unité spatiale (pixel du MNT).

III.2.2. Cartographie des facteurs

a) La carte du facteur d'érosivité R

La carte du facteur d'érosivité de la pluie R (Fig. 13), avec des valeurs variant entre 700 à 950, montre une augmentation de l'Est vers Sud-ouest, indiquant ainsi l'effet de la continentalité sur les précipitations. Il est classé selon des La lecture de la carte (Fig. 12) valeurs minimales (700-770) couvrent 4,20 % de la superficie totale du bassin, Les 47,43% de la superficie du bassin correspondent aux valeurs supérieures 920 à 950.

Tableau 16 : Répartition des classes du facteur R

Classes du facteur R	Superficie (km ²)	Superficie(%)
700-770	176,92	4,20
780-830	196,00	4,66
840-880	335,50	7,97
890-910	1504,14	35,73
920-950	1996,32	47,43

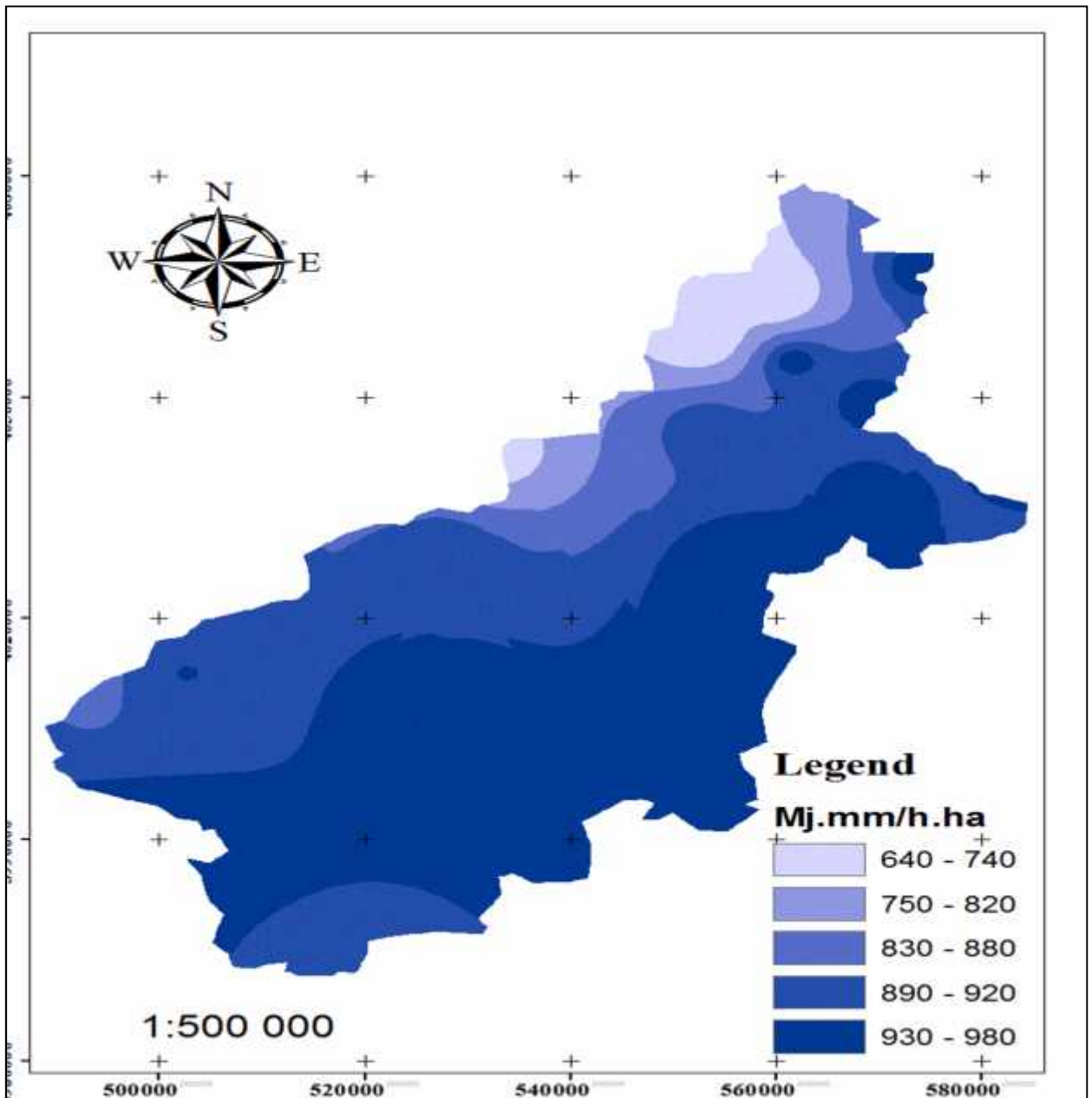


Fig13 : Carte du facteur d'érosivité de pluie R

b) La carte du facteur d'érodibilité K

La figure présente la répartition spatiale des différentes classes du facteur K dans le bassin versant. Les valeurs de l'indice d'érodibilité sont comprises entre 0 et 0,0227 et sont réparties sur la zone d'étude selon les différentes unités homogènes. Le bassin versant présente généralement une érodibilité entre (0-0,013885) couvrant presque la moitié 50,12% de la superficie totale du bassin, suivie d'une érodibilité faible entre (0,0183-0,0218) avec 0,006 % et celle forte (0,0218 - 0,0227) avec 0,06% de la surface (Tableau 17).

Tableau 17: Classes du facteur K Superficie (km²) et % Superficie

Classes du facteur K	Superficie (km ²)	% Superficie
0-0,013885	2082,20	50,12
0,013885-0,0172869	490,80	11,81
0,0172869-0,018344	747,70	18,00
0,018344 -0,0183639	830,19	19,98
0,0183639-0,021846	0,249	0,006
0,021846-0,02276	2,531	0,060

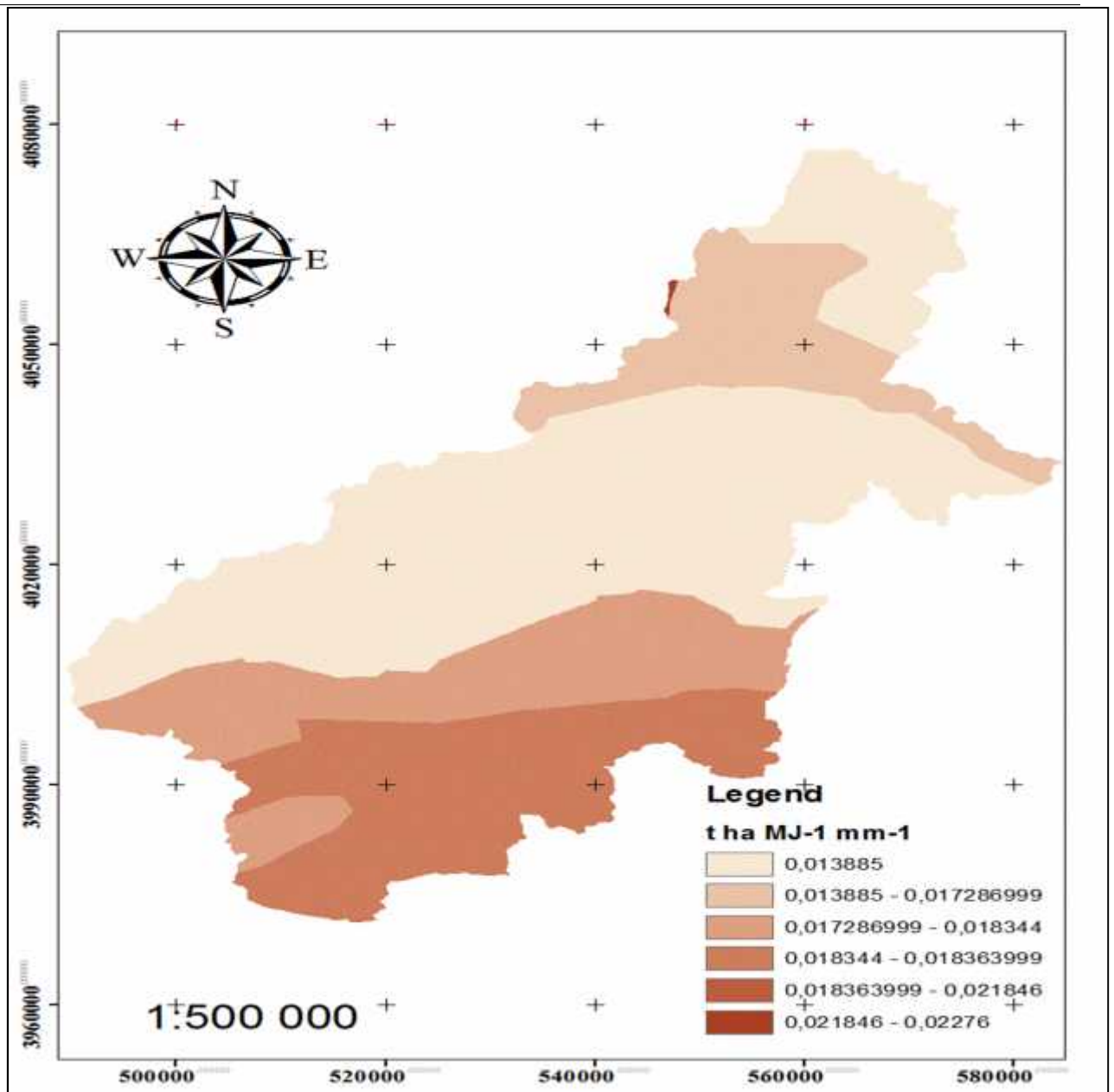


Fig 14 : Carte du facteur d'érodibilité du sol K

c) La carte de pente S

Le facteur topographique S est classé selon des valeurs variant entre 0 à 64,3. La lecture de la carte (Fig.15) reflète généralement la topographie du terrain. Les valeurs minimales (0-4,05) couvrent la plus grande partie 29,13% de la superficie totale du bassin et se présentent généralement au centre aux alentours du réseau hydrographique principal. Les valeurs comprises entre 17,6 et 64,3 couvrent 5,03% de la superficie, dispersées dans toute la zone, coïncidant généralement avec des zones à hautes altitudes et pentes élevées.

Tableau 18 : Répartition des classes du facteur S

Classes du facteur S	Superficie (km ²)	% Superficie
0-4,05	1210,11	29,13
4,06-7,85	1171,40	28,19
7,86-11,9	968,44	23,31
12-17,5	594,86	14,32
17,6-64,3	209,25	5,037

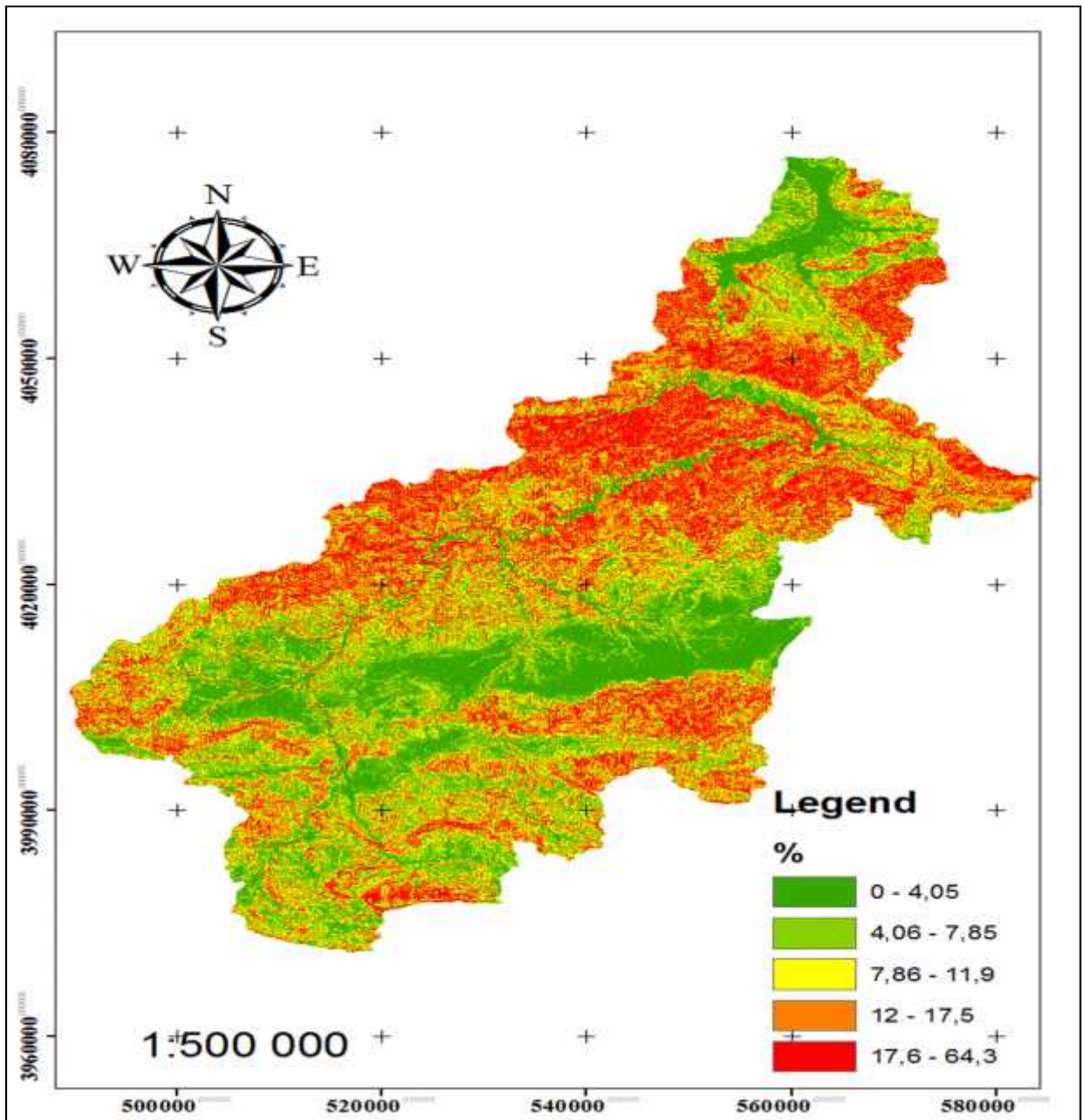


Fig 15 : Carte des pentes S

d) La carte de densité de drainage

La densité de drainage Dd est classé selon des valeurs variant entre 0 à 0,0016, La lecture de la carte (Fig.16) montre Les valeurs minimales entre 0 et 0,000337 couvrent 13,51% de la superficie totale du bassin et Les valeurs comprises entre 0,00067 et 0,00101 sont couvrent la plus grande partie 27,15% de la superficie, avec des valeurs maximales entre 0,00136 et 0,00169 couvrent la plus petite partie 9,88 de la superficie totale du bassin versant.

Tableau 19 : Répartition des classes du facteur Dd

Classes du facteur DD	Superficie (km ²)	% Superficie
0-0,000337	559,1187	13,51
0,00038-0,000675	1058,2776	25,57
0,000676-0,00101	1123,9209	27,15
0,00102-0,00135	987,9174	23,87
0,00136-0,00169	409,0302	9,88

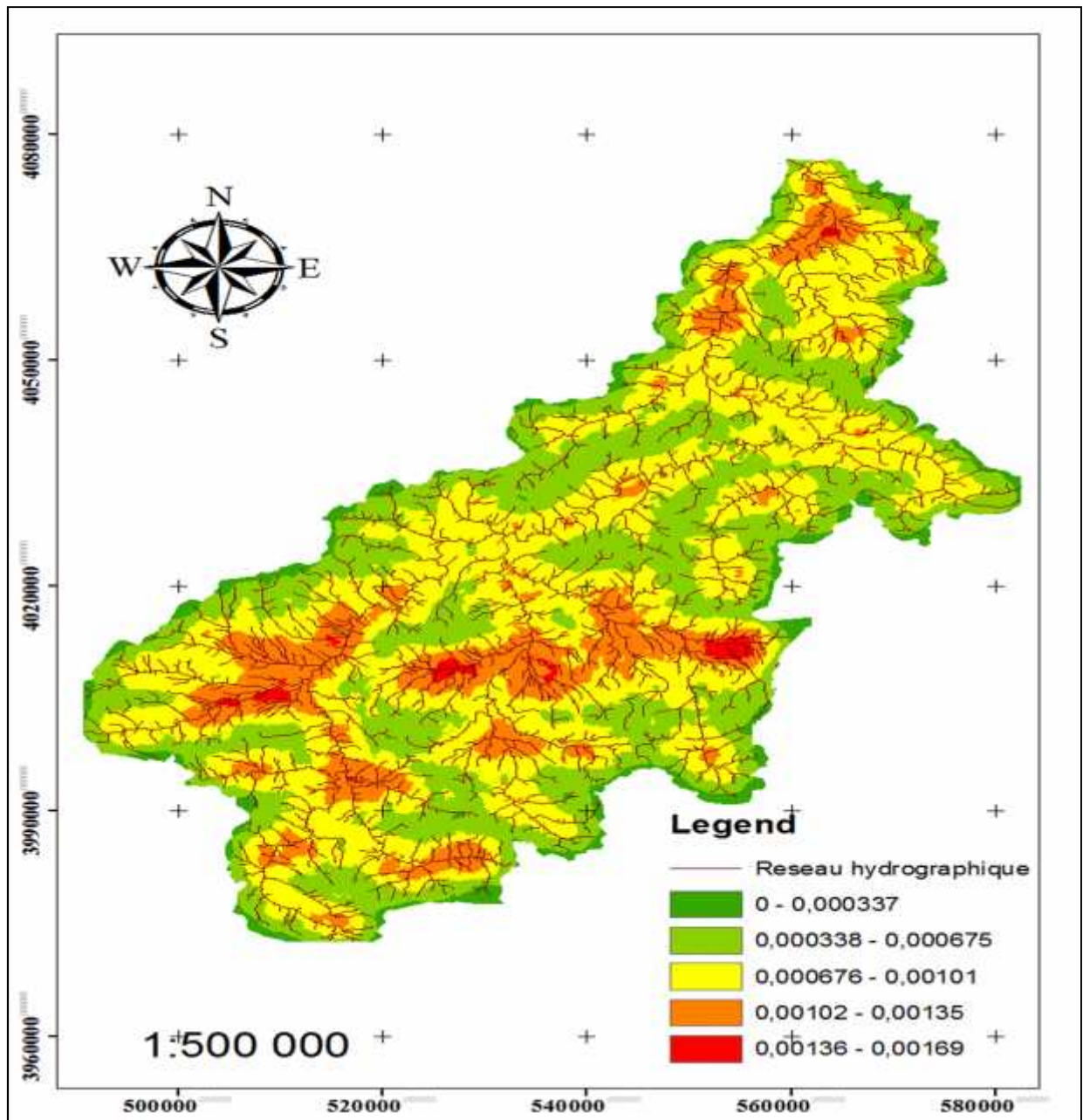


Fig 16 : Carte de densité de drainage

e) La carte d'occupation du sol C

La carte du facteur C, présentée par (fig.17). Le tableau 15 montre les valeurs de C correspondantes aux différents types d'occupation du sol dans le bassin d'isser. Le sol nu couvrent la plus grande partie 33.90% de la superficie totale du bassin versant, puis les forets couvrent 28,45 % de la superficie, la végétation couvre 24,15% de la superficie, ensuite les bâties couvrent 13,10 % de la superficie, enfin l'eau nu couvrent la plus petite partie 0,37% de la superficie.

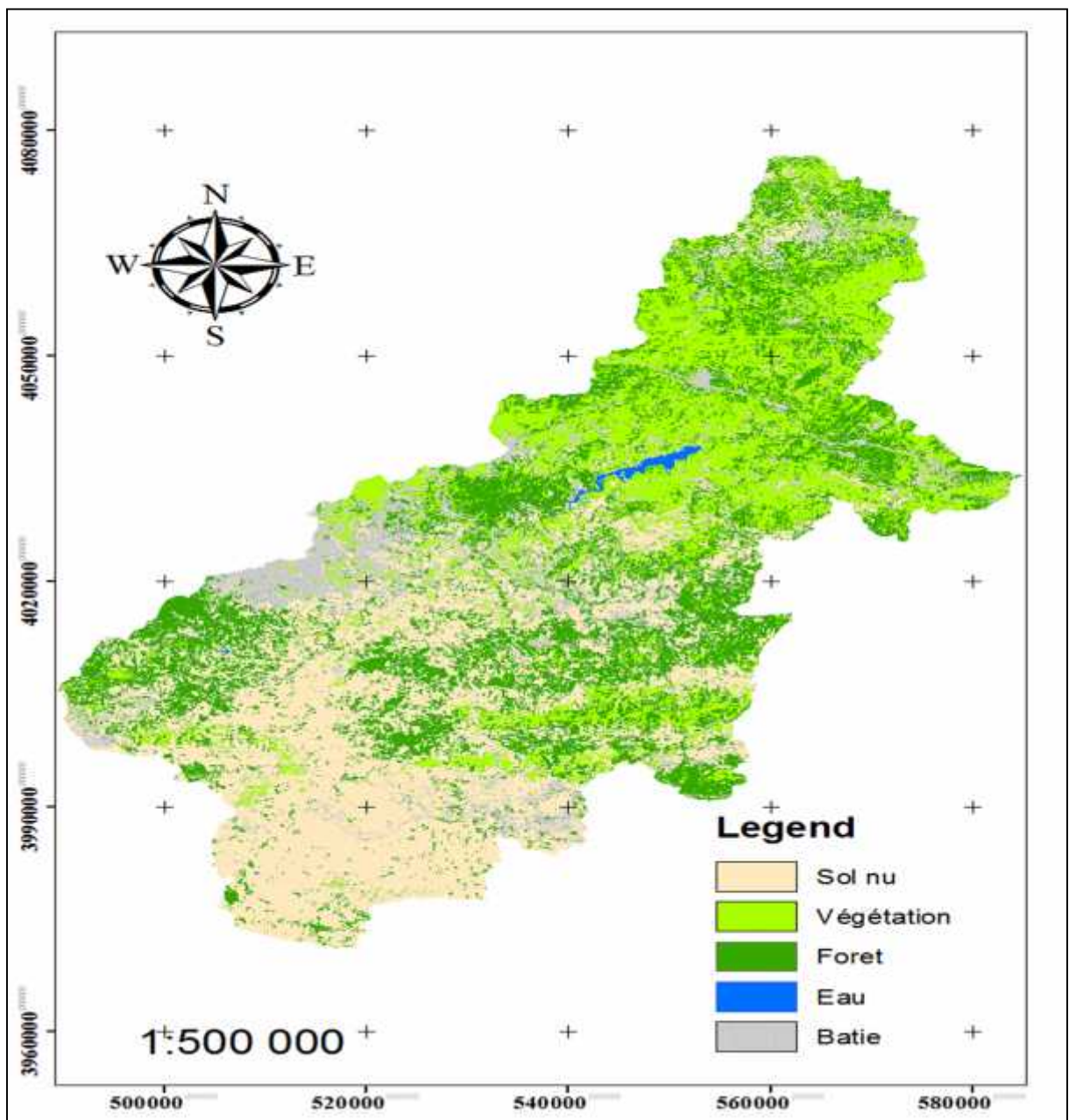


Fig17: Carte d'occupation du sol C

Tableau 20 : Valeurs du facteur C attribué pour chaque classe d'occupation du sol

Classe d'occupation du sol	Superficie (km ²)	Superficie(%)
Sol nu	1408,3839	33,90
Végétation	1003,4937	24,15
Foret	1181,8431	28,45
Eau	15,6294	0,376
Bâtie	544,3209	13,10

III.2.3. Evaluation selon l'AHP

a)Facteur d'érosivité de pluie R-AHP

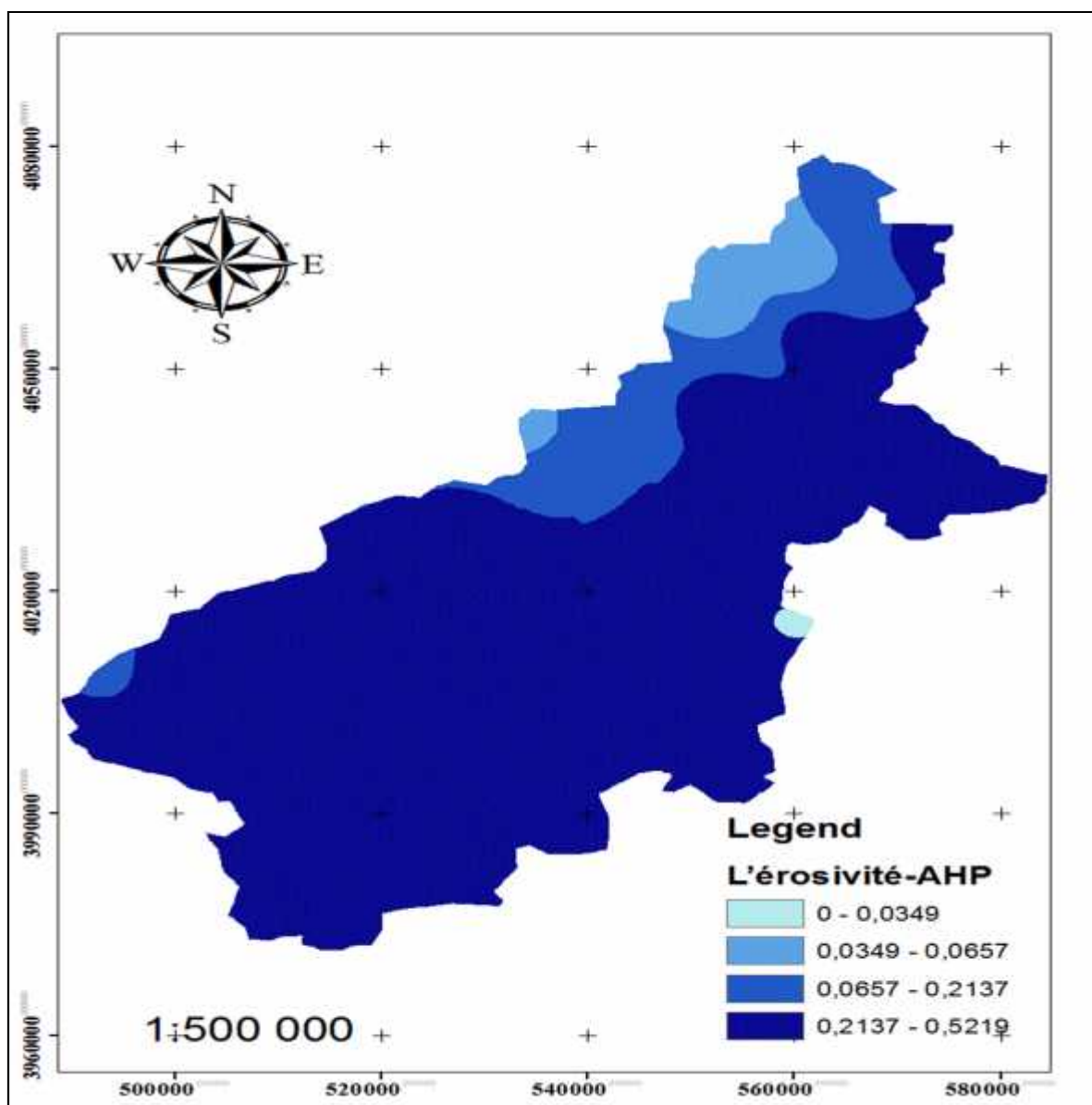


Fig 18 : Carte AHP du facteur d'érosivité de pluie R

Le ratio de cohérence entre critère est inférieur à 10% ce qui signifie que l'évaluation entre critères est cohérente. Afin d'assurer la cohérence entre les critères la normalisation est indispensable.

Tableau 21: Normalisation d'évaluation des critères de R

Classe	640-740	750-820	830-880	890-920	930-980	AHP
640-740	1,00000	3,00000	5,00000	9,00000	9,00000	0.524
750-820	0,33333	1,00000	2,00000	7,00000	3,00000	0.215
830-880	0,33333	0,50000	1,00000	5,00000	5,00000	0.161
890-920	0,11111	0,14286	0,20000	1,00000	0,33333	0.035
930-980	0,11111	0,12500	0,20000	3,00000	1,00000	0.066
						5,44141
					CI	0,11035
					RC	0,09853

Le ratio de cohérence est inférieur à 10% ce qui signifie qu'il y a une cohérence entre les classes, les résultats de l'évaluation des classes selon AHP est présentée sous la (fig.18).

b) Facteur d'érodibilité du sol K-AHP

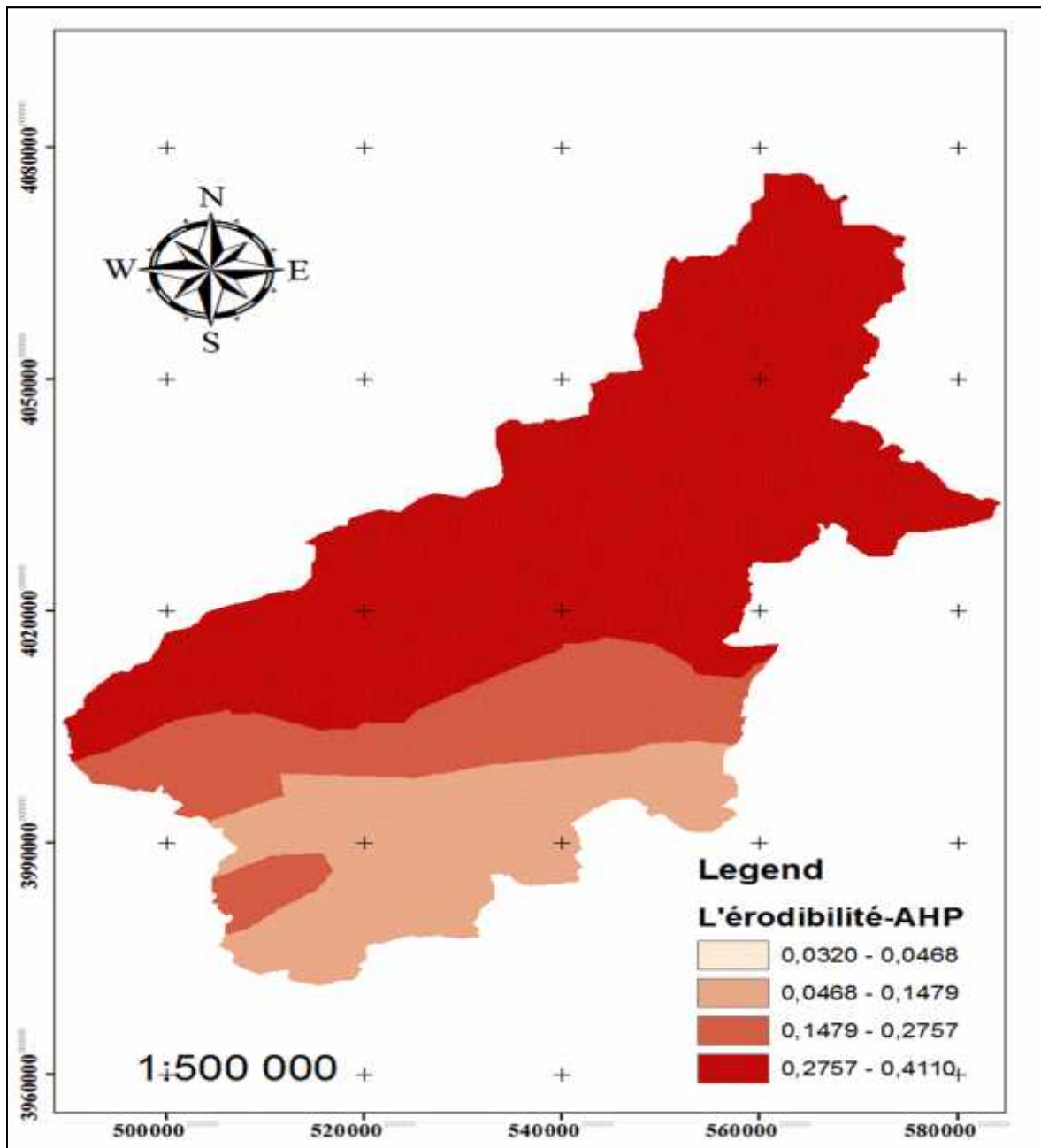


Fig 19 : Carte AHP du facteur d'érodibilité du sol K

L'évaluation et la normalisation des ces évaluation selon AHP est présentée dans les tableaux suivant :

Tableau 22: L'évaluation des classes des types de sol K selon l'échelle de Saaty

Classe	0-0.013	0.013-0.017	0.017-0.018	0.018-0.019	0.019-0.021	0.021-0.022	AHP
0-0.013	1,00000	3,00000	3,00000	9,00000	5,00000	7,00000	0,411
0.013-0.017	0,33333	1,00000	3,00000	9,00000	3,00000	9,00000	0,276
0.017-0.018	0,33333	0,33333	1,00000	3,00000	3,00000	5,00000	0,148
0.018-0.019	0,11111	0,11111	0,20000	1,00000	0,33333	3,00000	0,048
0.0184-0.021	0,20000	0,33333	0,33333	5,00000	1,00000	3,00000	0,085
0.021-0.022	0,14286	0,11111	0,20000	0,33333	0,33333	1,00000	0,032
							5,53596
						CI	0,09281
						RC	0,082864

c) Facteur de pente S-AHP

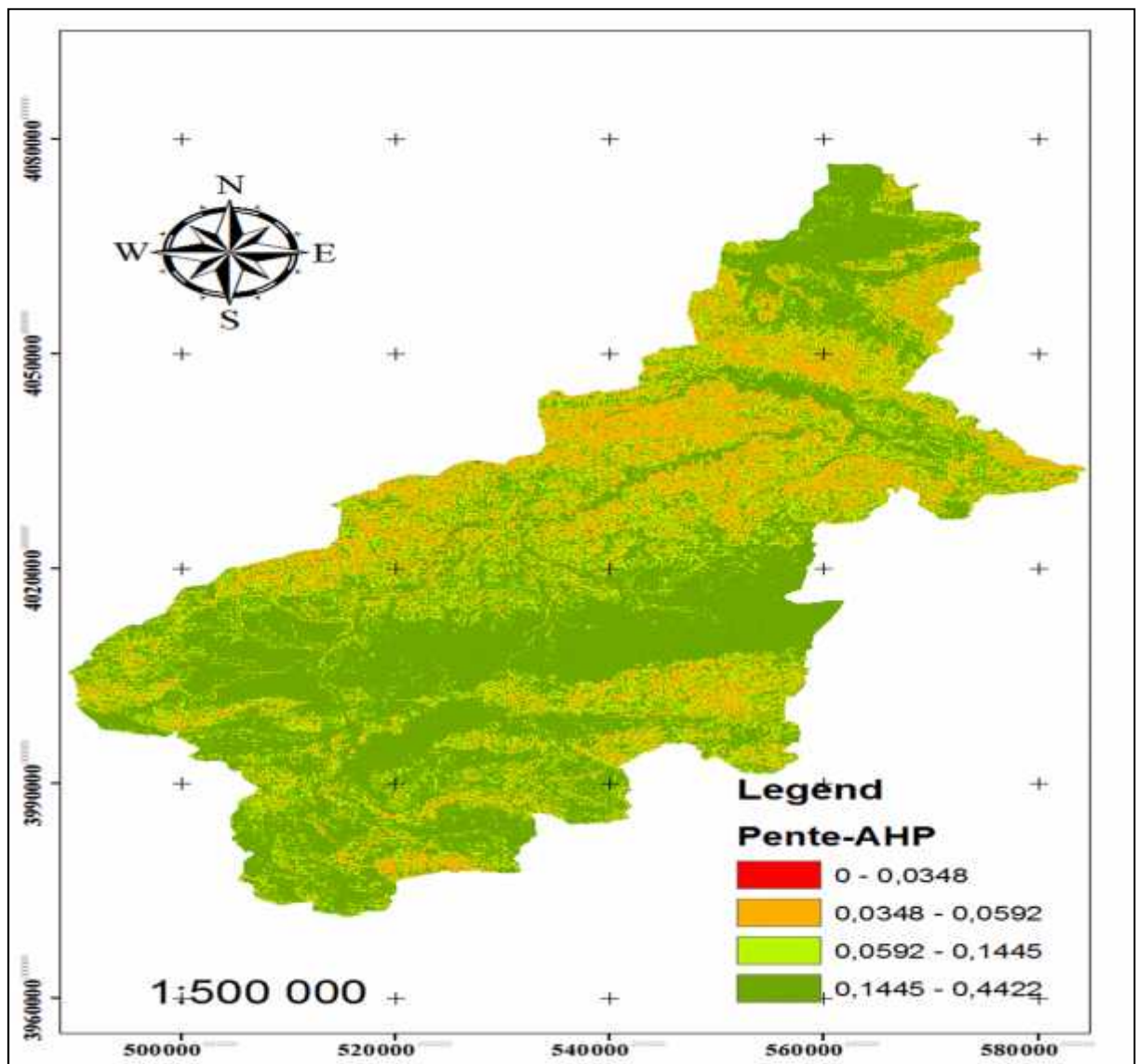


Fig 20 : Carte AHP de pente S

Tableau 23: L'évaluation des classes des pentes selon l'échelle de Saaty

Classes	0-4.05	4.06-7.85	7.86-11.9	12-17.5	17.6-64.3	AHP
0-4.05	1,00000	2,00000	3,00000	9,00000	9,00000	0,444
4.06-7.85	0,50000	1,00000	3,00000	8,00000	7,00000	0,315
7.86-11.9	0,33333	0,33333	1,00000	3,00000	5,00000	0,146
12-17.5	0,11111	0,12500	0,25000	1,00000	3,00000	0,060
17.6-64.3	0,11111	0,14286	0,20000	0,33333	1,00000	0,035
						5,20695
					CI	0,05174
					RC	0,04619

d) Facteur de Densité de drainage DD-AHP

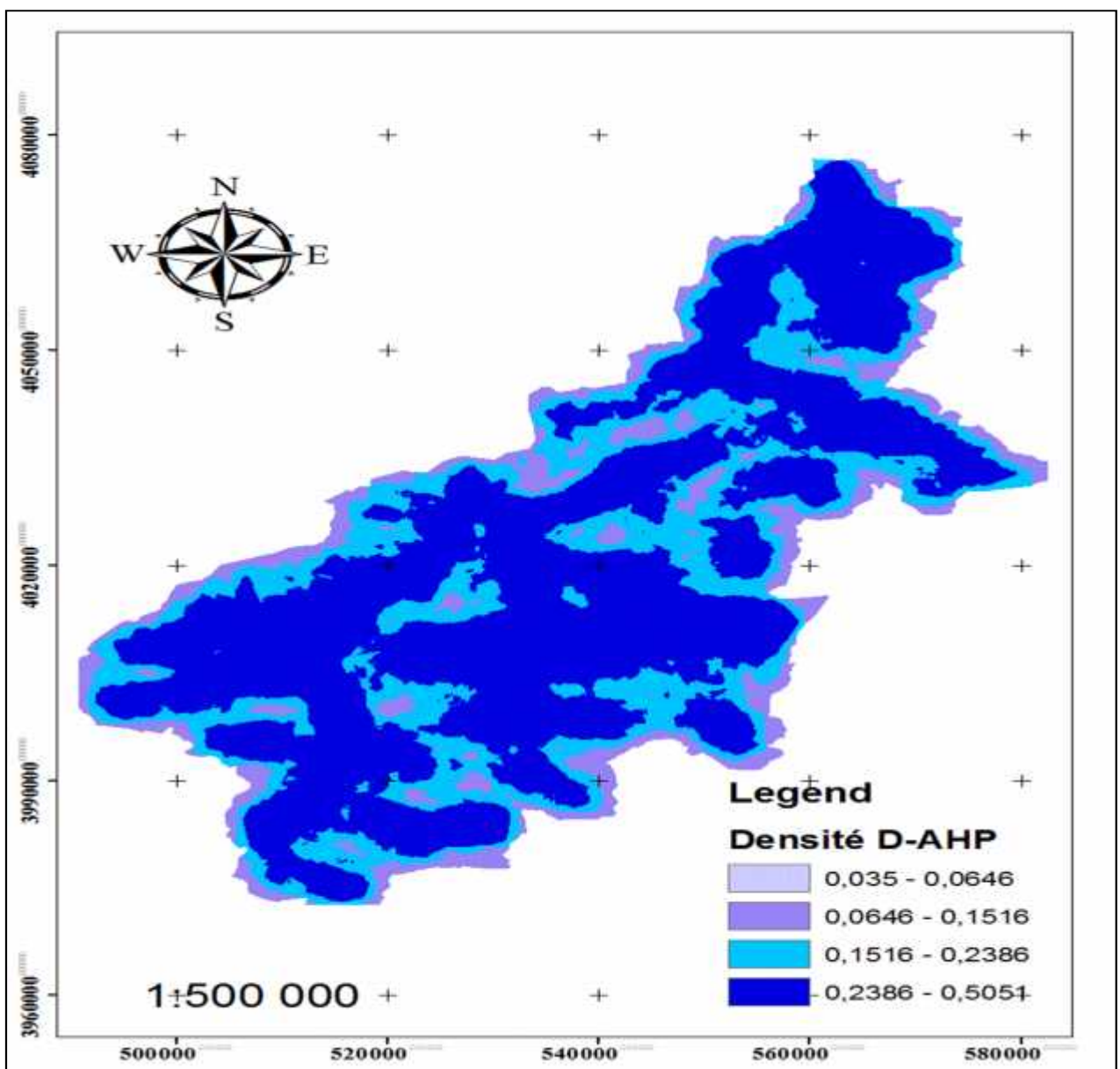


Fig 21 : Carte AHP de densité de drainage

Tableau 24: L'évaluation des classes de la densité de drainage selon AHP

Classe	0-0.0003	0.0003-0.0006	0.0006-0.001	0.001-0.0013	0.0013-0.0016	AHP
0-0.000337	1,00000	3,00000	5,00000	7,00000	9,00000	0,507
0.0003-0.0006	0,33333	1,00000	2,00000	5,00000	7,00000	0,24
0.0006-0.001	0,20000	0,50000	1,00000	4,00000	5,00000	0,153
0.001-0.0013	0,14286	0,20000	0,20000	1,000000	3,00000	0,066
0.0013-0.0016	0,11111	0,14286	0,20000	0,333333	1,00000	0,035
						5,22169
					CI	0,05542
					RC	0,04948

e) L'occupation du sol C-AHP

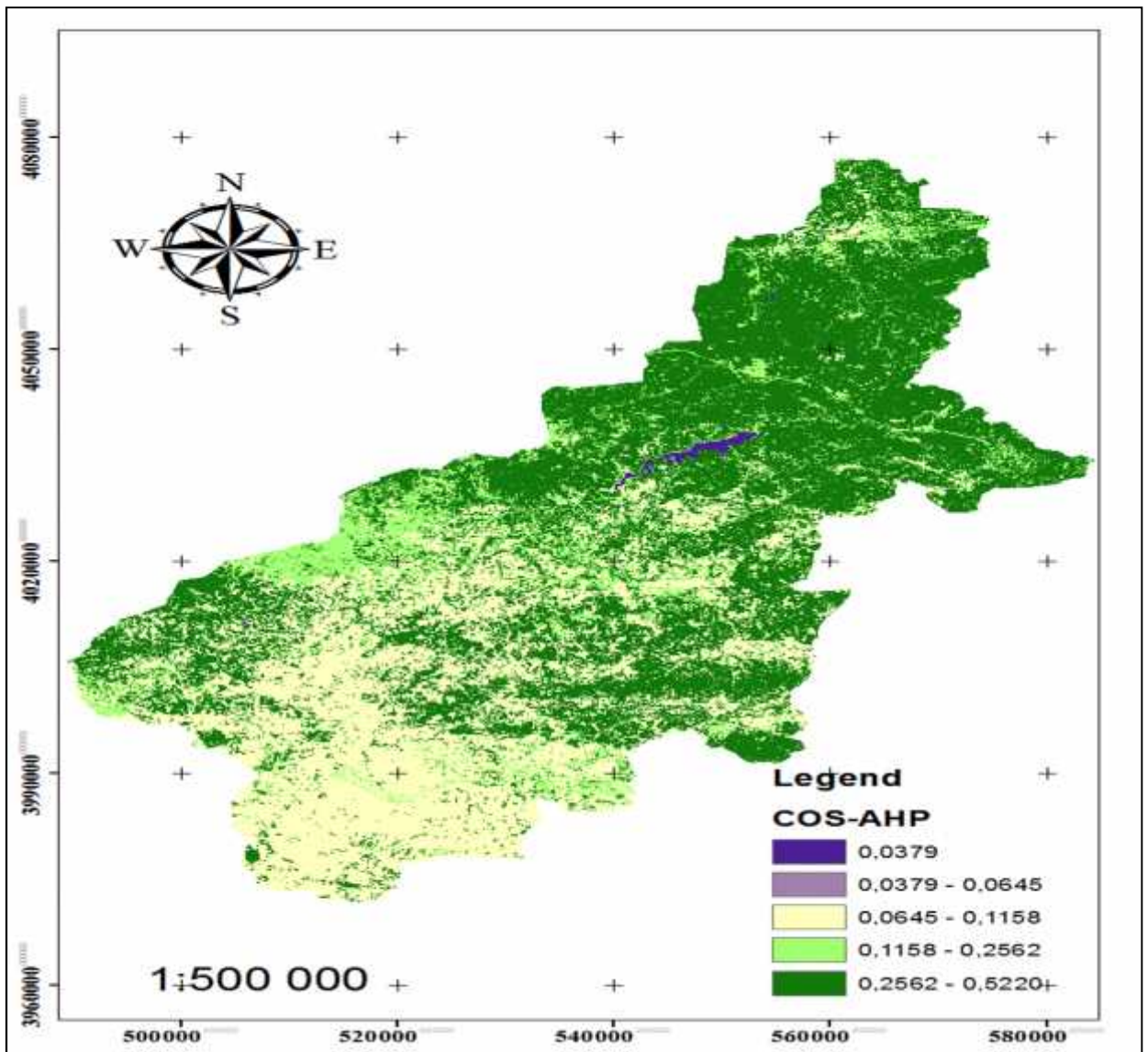


Fig 22 : Carte AHP d'occupation du sol C

Pour quantifier l'effet de chaque type de sols sur l'aléa inondation en doit attribuer pour chaque type de sols une valeur qui traduit son contribution sur l'aléa, Saaty nous a donné un moyen de résoudre ce problème par le biais de la méthode AHP, cette évaluation est présentée sous le tableau suivant :

Tableau 25: L'évaluation des classes d'occupation des sols selon AHP

Les classes	Bâtie	Sol nu	Végétation	Foret	Eau	AHP
Bâtie	1,00000	3,00000	0,33333	0,20000	3,00000	0,117
Sol nu	0,33333	1,00000	0,20000	0,11111	3,00000	0,065
Végétation	3,00000	9,00000	1,00000	0,33333	7,00000	0,258
Foret	5,00000	9,00000	3,00000	1,00000	9,00000	0,522
Eau	0,11111	0,33333	0,14286	0,11111	1,00000	0,038
						5,26521
					CI	0,06630
					RC	0,05920

f) Carte de risque d'inondation

La carte à risque est issue de la superposition (croisement), multiplicative des cinq couches thématiques représentant les facteurs de l'inondation sous format Raster, a permis l'obtention de la carte d'aléa d'inondation, Toutes les couches d'information nécessaires générées au cours de cette étude à savoir :

Le facteur K ;La densité du drainage ;Le facteur R ; la pente ; D'occupation du sol.

Pour l'évaluation de la répartition de l'aléa inondation on a utilisé la formule issue de l'évaluation selon AHP.

$$\text{Alea Inondation} = \text{Pente} \times (0,04) + \text{Densité De Drainage} \times (0,25) + \text{L'occupation de Sol} \times (0,10) + \text{L'érodibilité} \times (0,15) + \text{L'érosivité} \times (0,46).$$

Tableau 26 : l'évaluation des critères selon l'AHP

Les critères	R	K	C	LS	DD	AHP
R	1,00000	3,00000	5,00000	9,00000	3,00000	0,46
K	0,33333	1,00000	3,00000	3,00000	0,33333	0,15
C	0,20000	0,33333	1,00000	5,00000	0,33333	0,10
LS	0,11111	0,33333	0,20000	1,00000	0,20000	0,04
DD	0,33333	3,00000	3,00000	5,00000	1,00000	0,25
						9,30626
					CI	1,07657
					RC	0,96122

III.3.Résultats et Discussions

III.3.1.Évaluation du risque d’inondation au moyen du SIG et de la télédétection de l’oued Isser

L’évaluation du risque d’inondation a été obtenue à l’aide de l’ArcGIS par la combinaison des cartes thématiques avec leurs bases de données de différents facteurs influençant ce risque suivant la technique AHP (fig.23).

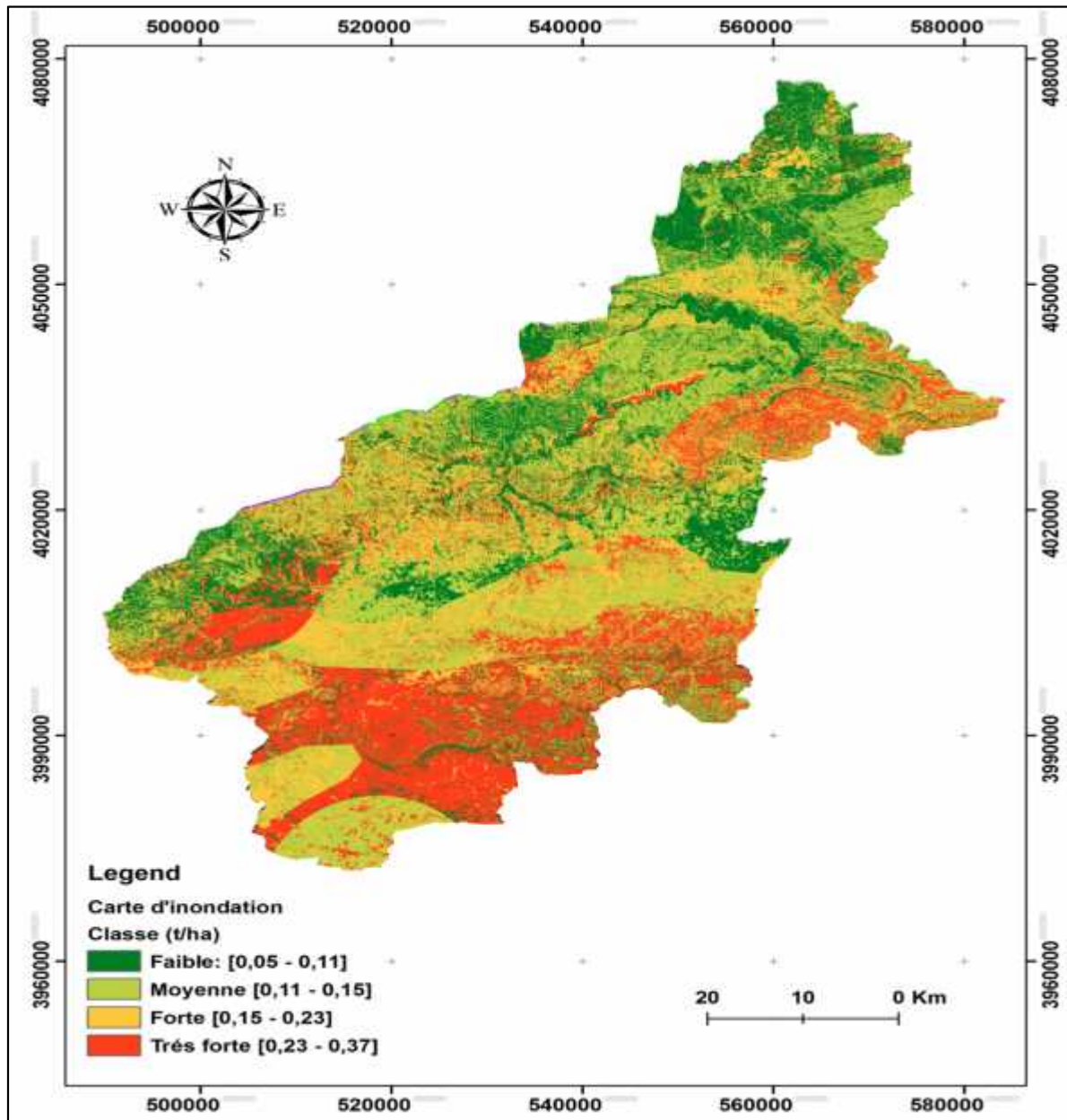


Fig 23 : Carte du risque d’inondation par la technique AHP

Tableau 27 :Les classes du risque d'inondation par la technique AHP

	Classe	Surface en %	Le risque d'inondation en %
Faible	0,05-0,11	5,0	12,6
Moyen	0,11-0,15	7,5	16,9
Forte	0,15-0,23	33,5	18,2
Très forte	0,23-0,37	54,1	52,3
	Total	100	100

Le résultat obtenu découle d'une subdivision du bassin versant en 200 parcelles, dont chacune est caractérisée par des valeurs homogènes de différents facteurs qui influencent l'inondation.

Le risque moyen pour l'ensemble du bassin versant est de 0,17 t/ha/an avec un écart type de 0,081. La quantité arrachée du sol totale annuelle du bassin est de l'ordre de 771 000 tonnes.

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

- ☞ Faibles, lorsqu'elles sont comprises entre 0,05 et 0,11 t/ha/crue.
- ☞ Moyennes lorsqu'elles sont comprises entre 0,11 et 0,15 t/ha/crue.
- ☞ Fortes lorsqu'elles ont des valeurs comprises entre 0,15 et 0,23 t/ha/crue.
- ☞ Très forte lorsque les inondations dépassent 0,23 t/ha/crue.

III.3.2. Influence de chaque facteur de l'approche AHP sur le risque d'inondation

Compte tenu du but poursuivi, qui consiste à identifier les régions à haut risque d'inondation. Cependant, cette étude ne sera abordable qu'après l'évaluation de l'influence de chaque facteur de la technique AHP sur le risque d'inondation.

Pour chaque facteur il a été élaboré un tableau de valeurs réparties en classe, où les pertes moyennes en terre sont indiquées pour chacune. Des histogrammes schématiques ainsi mettent en évidence les variations des pertes moyennes en fonction des classes pour chaque facteur. Et où le coefficient de détermination R^2 a été discuté dans chaque cas.

a) L'effet de R

Tableau 28 : Répartition du risque d'inondation en fonction des classes de R

R (Mj mm/ha.h.an)	0,02	0,03	0,10	0,24
Pertes moyenne (t/ha/an)	0,11	0,12	0,18	0,31

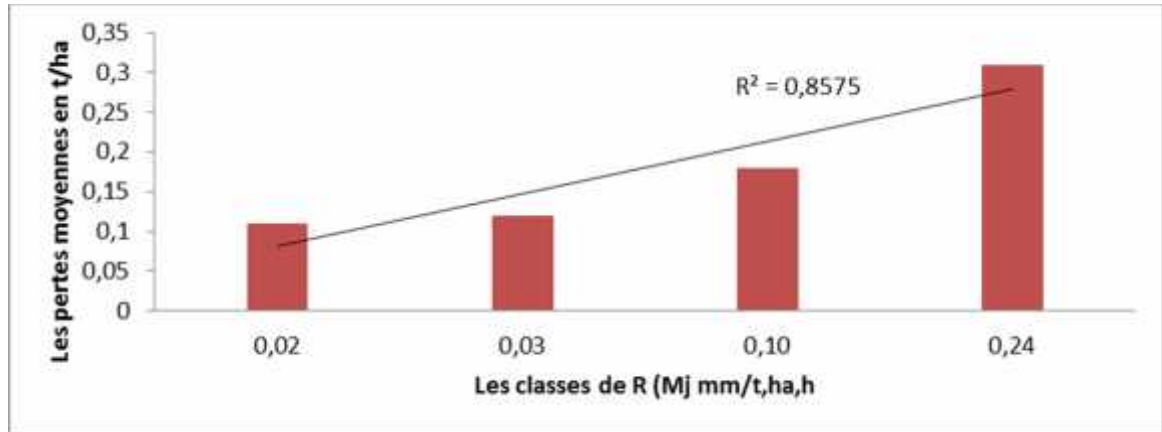


Fig 24 : Evolution des pertes en sol en fonction de R

D'après la figure 24, on constate que l'analyse révèle que la corrélation entre les pertes moyennes en sol et les valeurs de l'agressivité climatique R est forte ($R^2 = 0,86$).

Comme l'érosivité des pluies est l'un des facteurs plus importants du risque d'inondation, l'évolution des pertes moyennes en sol en relation avec le facteur R dans le bassin versant de l'oued Isser présentent une forte corrélation.

b) L'effet de K

Tableau 29 : Répartition du risque d'inondation en fonction des classes de K

K (t.h/Mj.mm)	0,007	0,022	0,041	0,061
Les pertes moyennes (t/ha/an)	0,25	0,28	0,2	0,2

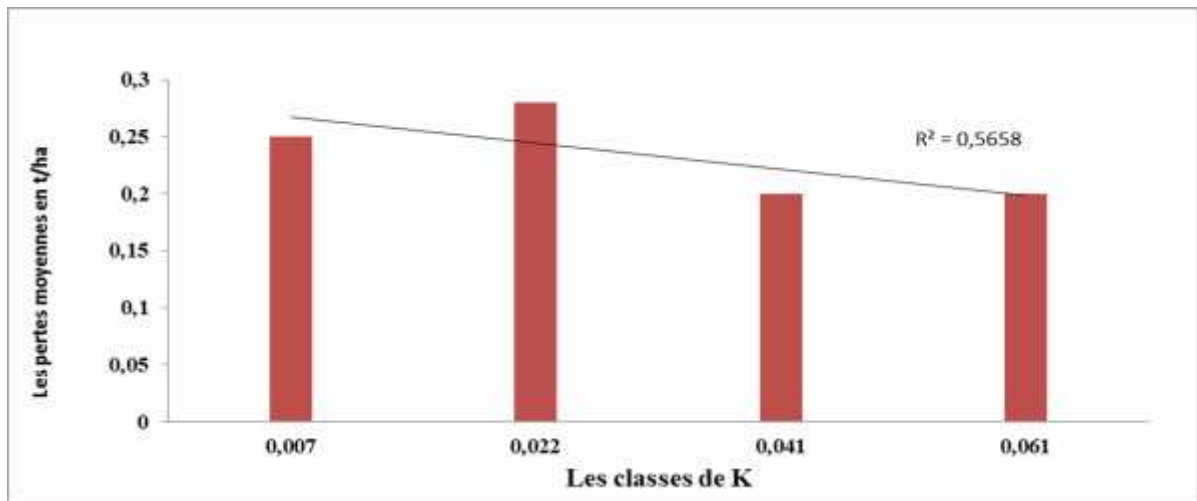


Fig 25 : Évolution du risque d’inondation en fonction de K

D’après la figure 25, nous constatons que, le facteur d’érodibilité du sol présente une faible corrélation avec les pertes moyennes en sol ($R^2 = 0,57$). On peut donc déduire que le facteur K ce n’est pas un paramètre décisif dans le risque d’inondation.

c) L’effet de P

Tableau 30: Distribution des pertes en sol en fonction de la de la pente P

La pente (P)	0,001	0,002	0,006	0,018
Pertes moyenne (t/ha/an)	0,23	0,23	0,24	0,26

Le tableau 34 montre que la variation des pertes en sol moyennes va dans le même sens que celle du facteur pente.

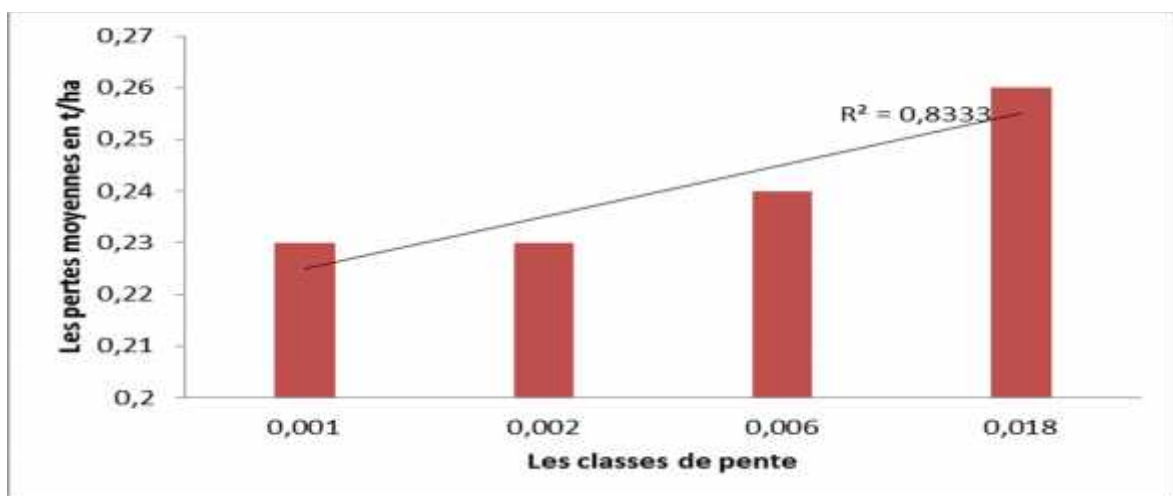


Fig 26 :Évolution des pertes en sol en fonction des classes de la pente

Graphiquement (fig. 26), l'effet de la pente sur le risque d'inondation présente une forte corrélation avec les pertes en sol ($R^2 = 0,83$).

d) L'effet de C

Tableau 31 : Distribution des pertes en sol en fonction de C

Le facteur C	0,007	0,012	0,026	0,052
Pertes moyenne (t/ha)	0,22	0,2	0,25	0,28

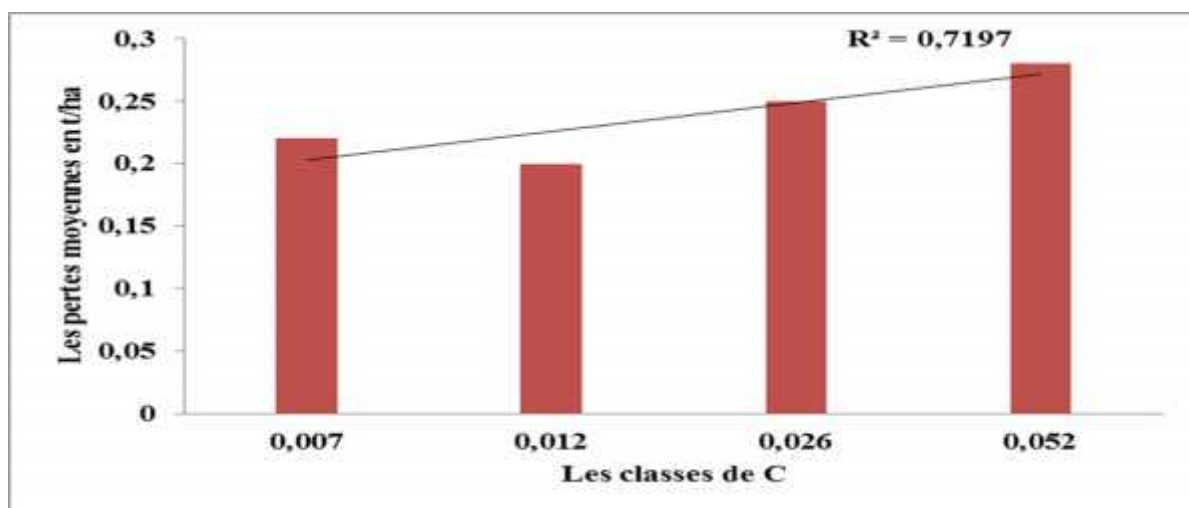


Fig 27 : Évolution des pertes en sol en fonction de C

D'une manière générale, le degré de protection des sols par le couvert végétal se traduit au niveau des pertes en sol moyennes qui enregistrent une variation proportionnelle à la variation des classes de valeurs C. Ainsi, le couvert végétal présente une corrélation assez importante avec les pertes en sol moyennes ($R^2 = 0,72$) sur toute la surface de la zone d'étude.

f) L'effet de la densité de drainage Dd

Tableau 32 : Distribution des pertes en sol en fonction de Dd

Dd	0,001	0,002	0,006	0,018
Pertes moyenne (t/ha/an)	0,2	0,23	0,25	0,3

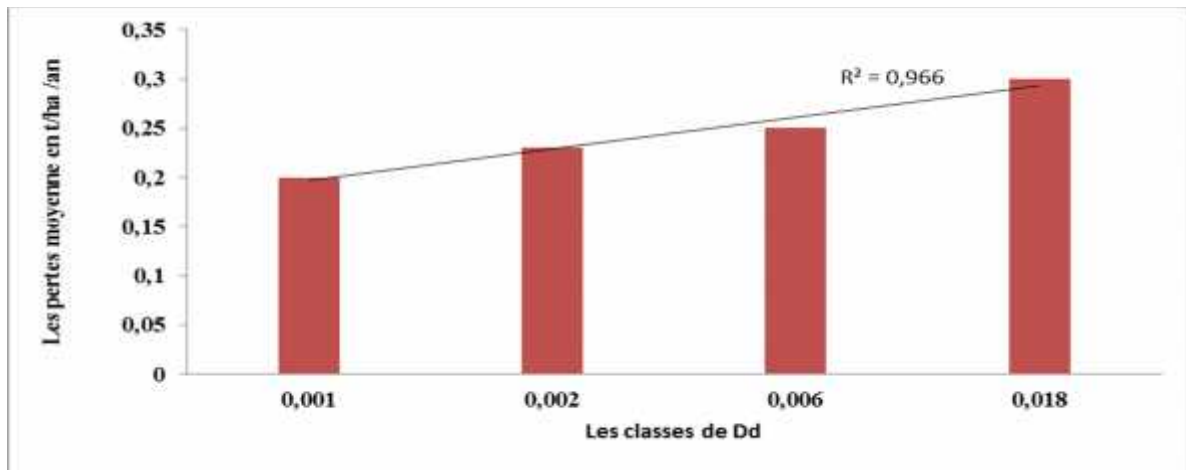


Fig28 : Évolution des pertes en sol en fonction de Dd

D'après la figure 28, on constate que l'analyse révèle que la corrélation entre les pertes moyennes en sol et la densité de drainage R est très forte ($R^2 = 0,97$).

Comme la densité de drainage est l'un des facteurs les plus importants du risque d'inondation, l'évolution des pertes moyennes en sol en relation avec le facteur Dd dans le bassin versant de l'oued Isser présentent une forte corrélation que les autres facteurs décisifs.

Conclusion générale

L'approche AHP/GIS adoptée dans ce travail est actuellement, à notre connaissance, le seul modèle empirique pour cartographier de manière quantitative et qualitative le risque d'inondation dans une unité hydrologique bien déterminée à savoir le bassin versant. En effet, l'intégration des cartes thématiques avec leurs bases de données des facteurs AHP dans un environnement SIG nous a permis d'aboutir aux conclusions suivantes:

- ☞ Les pertes en sol annuelles dans la zone d'étude par l'aléa d'inondation vont jusqu'à 771 000 tonnes avec une perte moyenne de 0,17 t/ha et un écart type de 0,081.
- ☞ Les facteurs décisifs de l'aléa érosif les plus influents sur l'arrachement des particules du sol par ordre d'importance sont, la vulnérabilité des terres (K) ($R^2 = 0,57$), le couvert végétal ($R^2 = 0,72$), la pente des reliefs ($R^2 = 0,83$), l'érosivité des pluies (R) ($R^2 = 0,86$ %) et la densité de drainage (Dd) ($R^2 = 0,97$ %) avec une corrélation significative au seuil de 0,05.

Cependant, l'application de la technique AHP à elle seule dans le risque d'inondation l'expose à certaines limites. Ceci car, il ne s'applique qu'à certains facteurs naturels et les quantités de pertes estimées n'incluent pas celui dû à d'autres facteurs qui semblent avoir un impact non négligeable sur ce phénomène (tel que l'infrastructure mal maîtrisée).

A la lumière de nos résultats, l'utilisation de l'approche AHP/GIS présente de nombreux avantages, notamment ceux relatifs au grand nombre de constats. En effet, elle permet de gérer rationnellement une quantité considérable de données quantitatives et qualitatives relatives aux différents facteurs environnementaux, de démêler leur interdépendance par les croisements successifs des cartes thématiques et d'établir une carte synthétique du degré d'érosion ainsi que la vulnérabilité des différentes zones.

Bien que la validité du risque d'inondation soit discutable, cette méthode apporte une aide aux acteurs pour:

- (i) Planifier des interventions contre les zones sources du risque.
- (ii) Simuler des scénarios d'évolution de la région d'étude en fonction de l'évolution de l'utilisation des terres et des techniques anti-risques.

Références bibliographiques

- AGUEZZOUL A.,(2005)**, Prise en compte des politiques de transport dans le choix des fournisseurs, thèse de doctorat en Génie civil, l'Institut National Polytechnique de Grenoble, France.
- AMHARAK M. (2006)**. Évolution récente (occupation du sol et trait de côte) et impacts anthropiques au niveau de l'Estuaire de Tahaddart (Maroc Nord Occidental). Mémoire de DESA, Univ. Abdelmalek Essaadi, Faculté des Sciences Tétouan, Maroc, 46 p.
- ARNAUD-FASSETTA G., LAGANIER R., (2009)**, Les géographies de l'eau : processus, dynamique et gestion de l'hydrosystème. Paris, L'Harmattan, p. 56.
- A.N.R.H , 2001** . Rapport Interne de L'A.N.R.H, Alger.
- BACHI M .(2011)**, Problématique du risque inondation en milieu urbain; cas de l'agglomération de sidi Belabbes. Université Aboubaker Belkaïd-Tlemcen,p34.
- BAHLOULI (2001)** : «Les risques majeurs et l'aménagement du territoire», Colloque international, 15 et 16 2004-Alger.
- BARTHÉLÉMY J. (2006)**: «Plan de prévention des risques d'inondation; notice de présentation»,Direction départementale de l'équipement de Seine-Et-Marne, Service Etude et Prospective, Pole Environnement, Préfecture de Seine-Et-Marne.
- BELOW R., GUHA-SAPIR D., VOS F., WITH PONSERRE S. (2012)**. Annual disaster statistical review 2011: The numbers and trends. CRED. Brussels.
- BOUBCHIR A. (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.
- BOUSSAID A.(2013)**. Étude des hydrogrammes des crues du bassin versant Isser (09) Algérie (W.Boumerdes), université de ouergla, p3-15.
- CAILLET, R.(2003)**. Analyse multicritère: Étude et comparaison des méthodes existantes en vue d'une application en analyse de cycle de vie, CIRANO, Montréal, août 2003.
- CLAUDE M. et Frank P., (2012)**. Réussir le commentaire de cartes et de documents géographiques aux concours, Dunod, coll. « J'intègre », 2012, 309 p. (ISBN 2100572008), p. 284
- COLLET C.(2005)** Analyses spatiales, géomatique et systèmes d'information géographique. Rev Int. Géomatique, 15, n°4, pp.393-414.
- CORREIA, R. B. (2007)**. Modelação cartográfica em ambiente SIG de suscetibilidade à erosão hídrica dos solos, caso da bacia da Ribeira dos Picos, Santiago (Cabo Verde). Tese de Mestrado. Universidade de Coimbra. 162 p.
- Cutter, S.L., Boruff, B.J., Shirley, W.L., (2003)**. Social vulnerability to environmental hazards. Social Science Quarterly, 84(2): 242- 261.
- DEFRANCE B. (2009)**: « Plan de prévention des risques naturels d'inondation (PPRNi) Brévenne–Turdine», Compte-Rendu de la 1ère réunion publique le 1er octobre 2009 à Tarare, Chef du Service Environnement Risques et Développement durable (SERDD).
- DUCROCQ V. (2006)**. Crues rapides dans le midi de la France. Pour la Sci., 51, 82-85.

- ECUYER R. (2003).** Application de top-modèle a différents bassins versants. Laboratoire de Mécanismes de Transferts en Géologie (UMR 5563 CNRS-OMP-UPS-IRD).p2.
- ED-DAOUDI S. & BOULOUMOU Y.(2012),** Hydro morphologie du bassin versant d' Issir et crues de l'oued en amont de Marrakech, Université Cadi Ayyad Faculté des Sciences et techniques-Marrakech.
- El Abida .H, Allain S., Bacq N., Chaïb J., Fisson C., Goncalves-Ladiray K., Fritier N., Larchevêque E., Macur O., Tanguy J., (2010).** Le risque inondation : conditions de déclenchement et perspectives. Fascicule Seine-Aval n°2.3, 48p.
- El Hmadi .A, El Abassi .M, Essahlaoui1.A et El Ouali .A (2014),** Université Moulay Ismail, Faculté des Sciences, Département de Géologie, Equipe Sciences de l'Eau et Ingénierie de l'Environnement, B.P. 11202, Zitoune, Meknès, Morocco.
- FIGUEIREDO, R. F. (2001).** Modelação cartográfica em ambiente SIG para a poio à decisão: aplicação ao estudo da afectação potencial de usos do solo no sector Norte do Maciço Marginal de Coimbra. Dissertação de Mestrado. Univ. Coimbra. 204p.
- FRANCK .V et Marc S. (2013.),** Modéliser et simuler. Épistémologies et pratiques de la modélisation et de la simulation, Paris, Matériologiques.
- FRANÇOIS A, (2008).** L'eau et ses enjeux, Les presses de l'Université Laval, 230 p. (isbn 280415694x), p. 200
- GERARD .D, (2012).**Les déversoirs sur digues fluviales, QUAE, coll. « Savoir faire », 2012, 184 p. (ISBN 2759218856), p. 64 à 67
- GIP Seine-Aval, (2010).** Inondations par débordement de la Seine. Fiche thématique du système d'observation de l'état de santé de l'estuaire de la Seine et de son évolution. 6p.
- HANSON, S. et al. (2011).** A global ranking of port cities with high exposure to climate extremes. Climatic Change 104, 89–111
- HELGA-JANE SCARWELL et Richard LAGANIER,(2004).** Risque d'inondation et aménagement durable du territoire, Presses universitaires du Septentrion, novembre 2004, 242 p. (ISBN 2-85939-870-8), p. 51
- 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.
- IPCC, 2012.** Managing The Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K.
- PLATTNER, S.K. ALLEN, M. TIGNOR, and P.M. Midgley (Eds.).**Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Shaftesbury Road, Cambridge, ENGLAND, 582 pp.
- IRIS Julien (2009):** «Contribution de la méthodologie et de la technologie géodécisionnelle pour l'aide à l'évaluation des risques naturels dans le secteur de l'assurance en France »,Thèse deDoctorat de l'Ecole des Mines de Paris.
- JAMES, B., (2008).** La prévention des catastrophes: le rôle de l'UNESCO. Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la culture, Paris. 49 pages.
- JEAN-PAUL .A,(2008).** Charles Le Cœur et Lucien Dorize, Éléments de géographie physique, Bréal, coll. « Grand Amphi géographique », 2008, 464 p. (ISBN 2749502055), p. 177-178.

- 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
- BABAHAMED.K & Abderrazak BOUANANI (2016),** Caractérisation d'un bassin versant par l'analyse statistique des paramètres morphométriques : Cas du bassin versant de la Tafna. (Nord-ouest algérien). Université de Tlemcen,p277.
- KARAGIANNIS G.-M., (2010).** Méthodologie pour l'analyse de la robustesse des plans de secours industriels. Thèse de doctorat. Ecole nationale supérieure des Mines de Saint Etienne, Saint Etienne.320p.
- LAHLAH .S , (2004).**Risques Naturels ; » Les Inondations En Algerie », 15/16/décembre 2004
- LEDOUX .B, (2006).**« La gestion du risque inondation», Edition TEC et DOC, 11 rueLavoisier-Paris.
- LUXBACHER, K., UDDIN, A.M.K, (2011),** Bangladesh's comprehensive approach to disaster management, World resources report, Washington DC.
- MALLINIS, G., GITAS, I.Z., GIANNAKOPOULOS, V., MARIS, F., TSAKIRI- STRATI, M., (2011).** An object-based approach for flood area delineation in a transboundary area using ENVISAT ASAR and LANDSAT TM data. *International Journal of Digital Earth:* 1-13.
- MARION T. (2012).** Cartographie du risque d'inondation en milieu urbain adaptée à la gestion de crise analyse préliminaire. Institut national de la recherche scientifique Centre Eau Terre Environnement 490, rue de la Couronne Québec (Québec) G1K 9A9,P4.
- MEIRE.G, (2014).** Conséquence d'une inondation sur les zones humides de la vallée de la Somme - Effets sur le patrimoine floristique de la réserve naturelle de l'étang Saint-Ladre in *Zones Humides Infos* n° 82-83, 2014, Zones humides, submersions et inondations
- MERABET A. (2006) :** «Etude de la protection de la ville de Sidi Bel Abbés contre les inondations»,Mémoire de Magister, Université deDjilaliLiabes-Sidi Bel Abbés.
- MITCHELL J. K. (2003).** "European River Floods in a Changing World". *Risk Analysis*, Vol. 23, No. 3, p. 567-574.
- Morin, M., 2008.** Concepts de base en sécurité civile, 60 pages pp.
- NACHITE D., R. BEKKALI, A. MACIAS et G. ANFUSO (2008).** El estuario de Tahaddart: las bases para una gestión integrada de un espacio en plena transformación. Service de Publication de l'Université de Cadix, Espagne, 33 p.
- OUFELLA O, TOABIA B (2005):** «Contribution à la cartographie des zones vulnérables aux inondations:Application de la méthode inondabilité; Cas de la ville de Sidi Bel Abbas»,*Revue Semestrielle Scientifique et Technique,Journal de l'Eau et de l'environnement-ENSHBlida.*
- PEDUZ ZI, P., DAO, H., HEROLD, C., MOUTON, F., (2009).** Assessing global exposure and vulnerability towards natural hazards: The Disaster Risk Index. *Natural Hazards and Earth System Science*, 9(4): 1149 - 1159.

- PIERRE-ALAIN R., MIQUEL J et GAUME E. (2012)**, Hydrologie quantitative : Processus, modèle et aide à la décision, Springer Verlag France, 2012, 590 p. (ISBN 2817801067), p. 103
- PULVIRENTI, L., CHINI, M., PIERDICCA, N., GUERRIERO, L., FERRAZZOLI, P., (2011)**. Flood monitoring using multi- temporal COSMO - SkyMed data: Image segmentation and signature interpretation. *Remote Sensing of Environment*, 115: 990 - 1002.
- RACLOT D (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.
- ROGER B. (dir.), (1993)**. Les mots de la géographie, Paris, Reclus-La Documentation française, 1993, (ISBN 2-11-003036-4), article « oued », page 361.
- SAATY, T. L. (1991)**. Méthode de Analyse Hiérarchique. São Paulo, McGraw-Hill, Makron. 367p.
- SAMI, B. MENA, (2000)**. "Introduction aux méthodes multicritères d'aide a la décision", *biotechnol. Agronsoc. environ*, Vol 4, N°2, p 83-93.
- SANDA GONDA H., (2010)**. Cartographie de la dynamique de l'occupation des sols et de l'érosion dans la ville de Niamey et sa périphérie, Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Département de Géographie (MESS/RS), Mémoire de Maîtrise, 62p.
- SCHATZ, J. (2008)**. "Floods hamper health-care delivery in southern Africa". *The lancet*, vol. 371 [en ligne, consulté le 5 avril 13]
- Schneiderbauer, S., Ehrlich, D., (2004)**. Risk, hazard and people's vulnerability to natural hazards. A Review of definitions, concepts and data. In: European Commission, J.R.C. (Ed.).
- SCHUMANN, G., DI BALDASSARRE, G., BATES, P.D., (2009)**. The Utility of Spaceborne Radar to Render Flood Inundation Maps Based on Multialgorithm Ensembles. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, 47(8): 2801- 2807.
- SHERBININ, A., SCHILLER, A. & PULSIPHER, A (2007)** The vulnerability of global cities to climate hazards. *Environ. Urban.* 19, 39–64 .
- SIMONA N. et L.CEDRIC, (2007)**. Gestion durable des zones inondables dans le Delta du Danube (Roumanie). Dans : 1^{res} Journées Scientifiques Inter-Réseaux de l'AUF, Gestion Intégrée des Eaux et des Sols. Ressources, Aménagements et Risques en Milieux Ruraux et Urbains, 6-9 novembre 2007, Hanoi, Vietnam, 10 p.
- SOGETHA-SOGREAH, (1962)**. Aménagements hydro-agricoles en collines: reconnaissance générale de l'Algérie septembre.
- SOUDANI, K. (2006)**. Initiation aux Systèmes d'Informations Géographiques sous ARCGIS 9 ESRI- Environmental Systems Research Institute), Laboratoire Ecologie Systématique et Evolution, Université d'Orsay 2005/2006 .
- SOUDANI, K., (2005)**. Cours rédigé de télédétection. Introduction générale à la télédétection. ECOII Version 1.2 – Série -Version PDF. ., Univ. Paris Sud XI. 26 p.
- 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.

- TACNET J-M., M. Batton-Hbert and J.Dezert,(2009).** ‘information fusion for natural hazards in mountains’ in Advances and applications of DSMT for information fusion-Collected works – Volume 3 –Dezrt J., Smarandache F.(Eds.) –American Research Press, Rehoboth ,USA.,pp .565—659,2009)
- THOMAS D., MARASTON C., BENDER R ET MENDES DE OLIVEIRA C., (2005).** The Epochs of Early Type Galaxy Formation as a Function of Environment. The Astrophysical Journal 2005, p. 621 - 673 (T05).
- UNDRO, (1979).** "Natural Disasters and Vulnerability Analysis": Report of Expert Group Meeting.
- UVED, (2008).** ENVCAL - Suivi de l'environnement par télédétection, Cours en ligne. Université Paris I, Panthéon-Sorbonne.
- ZAHOUR G,(2010).**Stratégie de gestion des risque d’inondations au MAROC faculté des sciences Ben M’sik, Casablanca, disponible sur le site internet réseau arabe des experts en Environnement, [http : // Environnement-arabe.net/image /inondations-MAROC-pdf](http://Environnement-arabe.net/image/inondations-MAROC-pdf).
- ZEROUALI M. (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.
- ZERROUK D,(2004).** EL Watan Edition ,10 août 2004.
- ZHAIG, FUKUZONO .T, IKEDA. S, (2006).** An empirical model of fatalities and injuries due to floods in Japan. Journal of the American Water Ressources Association. , 42(4): 863- 875.

Les Sites Web :

- (1) (<https://earthexplorer.usgs.gov>).
- (2) : (lepoint.fr. Article détaillé : Crue du 18 juin 2013 en pays Toy).
- (3) : ([NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources](http://NASAPOWER.gov)).
- (4) : (resources.arcgis.com).
- (5) : (www.aquaportail.com/definition-4493-bassin-versant).
- (6) : (aquaportail.com/definition-3804-cours-d-eau.html).
- (7) : (esrifrance.fr/sig2006/EID.html).
- (8) : (famillepatriote.org/inondation-definition-causes-consequences-et-approches-de-solutions/).
- (9) : (fr.wikipedia.org/wiki/Valeur_de_la_vie).
- (10) : (www.prim.net).
- (11) :([http:/Temps – Historique météo mensuel | tn.freemeteo.com](http://Temps-Historique-météo-mensuel-tn.freemeteo.com)).

Tables d'illustrations

1. Alger inondée – Algérie



11 ans après les inondations de Bab El-Oued.
Photo parue, Algérie 360.
10 Novembre 2012

Photo parue : Algérie News.
23 décembre 2012



Alger inondée
Photo parue, Afrikinfos
24 Novembre 2012

Alger inondée
Photo parue, Jijell.info
21 mai 2013

Alger inondée
Photo parue, blogspol
mai 2013

2. Oran (Nord-ouest algérien) :



Oran inondé
Photos parue, 3.dz
27 Avril 2013



Oran inondé
Photo parue , Algérie 360
Avril 2013



3. Skikda (Nord-est algérien) :



Skikda inondation :Out2011

Skikda inondation :Février2011

Photo Parue,in vitamine.dz a Out,2011
blog.comm,Février2011

Photos Parues,insridina.Over –



4. Annaba (Nord-est algérien) :



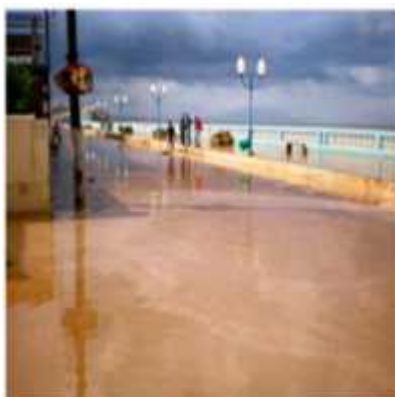
Annaba inondée,
photo Parué ,Dzair News
30/03/2006



Annaba inondée,
photo Parué ,Elwatan.com
15/12/2012



Annaba inondée
photo Parué,Elwatan.com
06/10/2010



Annaba inondée
photo parue, Alger News
Janvier2009



Annaba inondée
photo Parue, Le Midi Libre
15/01/2009



Annaba inondée
photo parue, Annaba city.com

5. Laghouat (Sud algérien) : oued M'zi



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 inondation par l'approche de la modélisation à travers l'exemple de l'Oued Isser a ville de Boumerdess en appuyant sur la contribution du système d'information géographique (ArcGIS, SIG, ENVI 4.7) et la télédétection (landsat 4-5). Cette cartographie semble comme l'un des moyens très efficace dans le cadre d'une gestion efficace, pouvant servir comme document de base aux pouvoirs publics pour définir les règles générales concourant à une meilleure gestion de l'espace environnemental tout en constituant un moyen d'information de la population sur les risques d'inondations, et un outil d'organisation aux décideurs qui souventne sont pas techniciens, et dont à eux incombe le choix final de la stratégie de lutte contre le risque inondation.

Mots clés : Cartographie de l'aléa inondation, modélisation, Oued Isser, SIG, télédétection (Landsat 4-5).

Summary

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, the mapping of the flood hazard has been exposed by the hydraulic modeling approach through the example of OuedIsser in the city of Boumerdess and by supporting the contribution of the geographical information system (Arc Gis, SIG, ENVI and Map Info). This mapping seems to be one of the most effective means of efficient management; it can serve as a basic document for the public authorities to define the general rules contributing to a better management of urban space while constituting a means of informing the population about the risks of floods and an organizing tool for decision-makers. who are not necessarily technicians, and of whom belongs the final choice of the strategy of the fight against the flood risk.

Keywords:Cartography ,Flood , Risk, OuedIsser, Modeling, SIG ,remontesenserLandsat 4-5.

إن مشكلة الأخطار الطبيعية بشكل عام والفيضانات على وجه الخصوص هي قضية الساعة التي سجلت أثرا بليغا في ذاكرة شعوب وعلى وجه التحديد في الجزائر، لا سيما من خلال الفيضانات الكارثية المسجلة في الآونة الأخيرة. من اجل ذلك أصبح تسيير هذه الأخطار ضرورة حتمية تتضمن المعطيات الايكولوجية المساهمة في ذلك وجميع الوسائل المتد لمعالجة هذه الظاهرة. فمن خلال هذا العمل تم عرض فكرة رسم خرائط لخطر الفيضان متخذا بذلك تطبيق نموذج هيدرولوجي توقعي لمخاطر الفيضانات خلال مثال واد يسر مدينة بومرد مستعينين بـ وكذا بعض الأنظمة الذكية (Arc Gis SIG ENVI Map Info). لخريطة تعتبر كإحدى الطرق الفعالة من اجل تسيير محكم. إذ يمكن أن تكون بمثابة وثيقة أساسية مساعدة للجهات المعنية الكوارث الطبيعية وكذلك تشكل وسيلة سريعة في إعلام السكان عن مخاطر الفيضانات وأداة تنظيمية لصناع القرار. الذين ليسوا بالضرورة تقنيين، وذلك من اجل وضع خطة عملية لمقاومة الفيضانات.

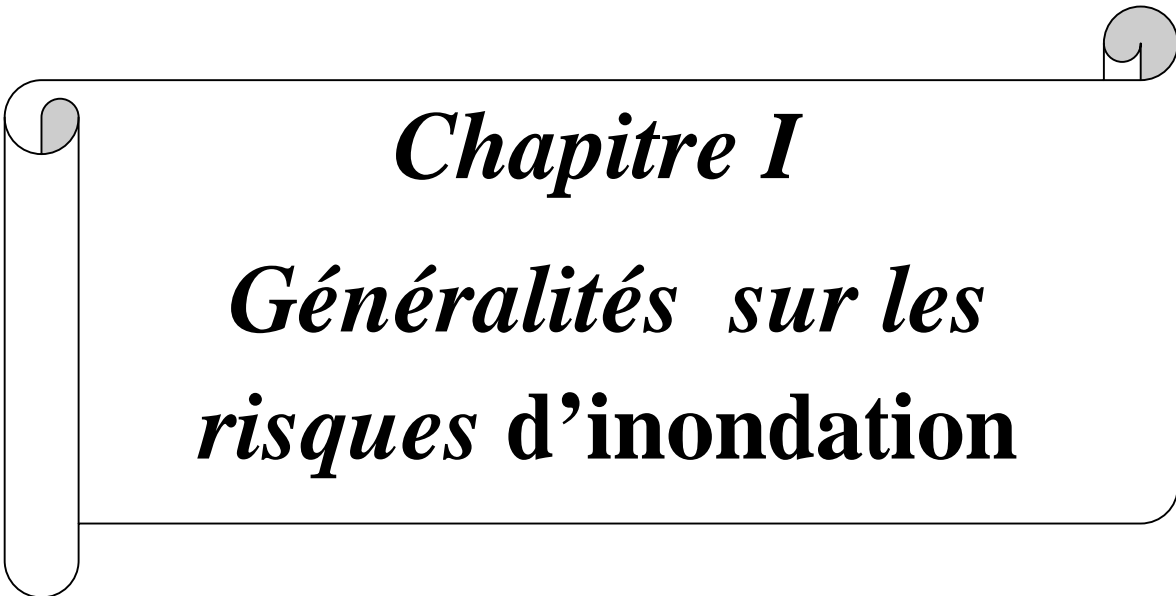
الكلمات المفتاحية: رسم الخرائط، الفيضانات، العامل الفيزيائي، واد يسر، landsat4-5

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and rounded corners on the right, framing the chapter title.

Chapitre III
Résultats et Discussions

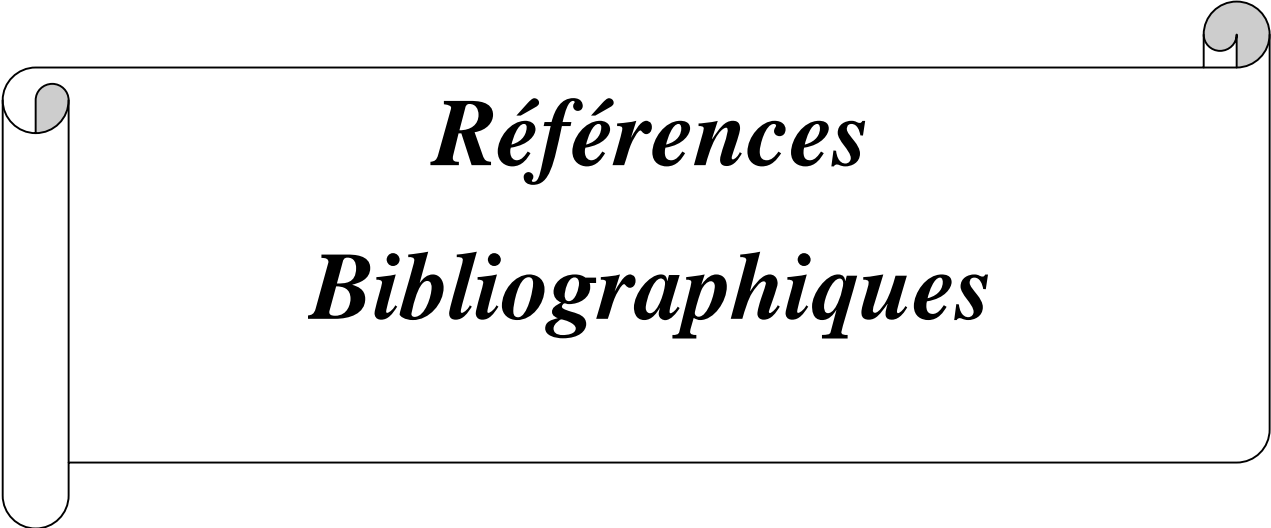


Chapitre II
Données et Méthodes



Chapitre I

Généralités sur les
risques d'inondation



Références
Bibliographiques



Introduction



Conclusion



Annexes