

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE**

**Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique**



Université Kasdi Merbah Ouargla



FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES

Département de Génie Civil et Hydraulique

Filière: HYDRAULIQUE

Spécialité: RESSOURCES HYDRIQUES

Thème

Une étude prédictive des zones inondables de la ville de Béjaïa

Présentés par:

BOUDRAA Med LAMINE

BENZAOUI AYMEN

EL FERGOUGUI MERIEM	MCA	UKM Ouargla	Président
MECHRI EL AID	MCA	UKM Ouargla	Examineur
BOUAMRANE Ali	MCB	UKM Ouargla	Encadreur

Année Universitaire:2022/2023

Remerciements

Nous commençons par remercier dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et l'amour du savoir pour pouvoir réaliser ce modeste travail.

Nos plus vifs remerciements vont à BOUAMRANE Ali pour avoir accepté de nous encadrer et nous diriger tout le long de la réalisation de ce projet, et pour Tous les conseils instructifs et Judicieux et leur disponibilité.

Nous tenons à remercier également les membres de

Jury:

EL FERGOUGUI MERIEM et MECHRI EL AID.

Pour avoir accepté d'examiner ce travail.

A tous les enseignants du département Hydraulique et Génie civile qui ont contribué à notre formation.

DEDICACE :

*Je dédie ce modeste travail
à mes chers parents et
toute ma famille.*

*Mes très chers amis et
Mes camarades de la
promo de Ressources
hydrauliques De2022/2023*

BOUDRAA Med LAMINE

DEDICACE :

*Je dédie ce modeste travail à
mes chers parents. Ma mère
pour m'avoir mis au Monde
et pour m'avoir accompagné
tout le long de ma vie. Je lui
dois une fière Chandelle.*

*Mon père qui sans lui je ne
serais pas arrivé jusqu'ici.*

J'espère toujours

*Rester fidèle aux valeurs
morales qu'il m'a appris.*

Mes très chères sœurs et toute ma famille.

Mes très chers amis et

Mes camarades de la

promo

d'hydrauliqueDe2022/2023

BENZAOUI AYMEN

TABLE DES MATIÈRES

Liste des figures

Liste des Tableaux

Résumé

Introduction générale.....1

Chapitre I : Revue de La littérature

1. Introduction.....	5
2. Notion sur l'inondation	5
3. Les causes et origines des inondations.....	5
3-1. Causes d'origine naturelle.....	5
3-2. Causes d'origine humaine directe.....	5
3-3. Causes d'origine humaine indirecte	6
4. Facteurs physiques qui influencent les inondations.....	6
4-1. Précipitations.....	6
4-2. Topographie	6
4-3. occupations de sol	6
4-4. Végétation.....	6
4-5. Cours d'eau et systèmes de drainage.....	6
4-6. Niveau de la mer.....	6
5. Différents types d'inondations.....	7
5-1 Les inondations de plaine	7
5-2 Les inondations par ruissellement	7
5-3 Les inondations par remontée de nappe	7
5-4 Inondation par rupture d'un ouvrage	8
5-5 Les inondations par submersion marine	8
5-6 Les inondations dues à des crues torrentielles	9
6- Modifications de l'occupation de sols.....	10
7. Notion du risque des inondations	10
8- Conséquences engendrées par les inondations.....	12
8-1. Pertes humaines.....	12
8-2. Dommages matériels.....	12
8-3. Déplacements de population.....	12
8-4. Perturbations socio-économiques.....	12

8-5. Impact sur l'environnement.....	13
8-6. Effets psychologiques.....	13
9- Les mesure de gestion du risque d'inondation.....	13
9-1. Les mesures structurelles.....	13
9-2. Mesures non structurelles.....	15
10- Méthode d'évaluation des risques d'inondations	17
11- Cartographie des risques d'inondations.....	17
12- Les inondations à l'échelle nationale	18

Chapitre II : Système d'information géographique (SIG)

1. Introduction.....	21
2. Système d'information géographique (SIG).....	21
3- Données des SIG.....	21
3-1. Données vectorielles.....	21
3-2. Données raster.....	22
3. Composant d'un SIG.....	22
4. Fonctionnalités et avantages du SIG dans la gestion des inondations.....	24
4-1. Collecte et gestion des données.....	24
4-2. Analyse spatiale.....	24
4-3. Cartographie et visualisation.....	25
4-4. Prévision et alerte précoce.....	25
4-5. Gestion des interventions d'urgence.....	25
4-6. Planification et gestion des risques.....	25
5. Sources d'information géographique.....	25
6. Méthodes et techniques de cartographie des zones sensibles.....	27
6-1. Méthodes et techniques quantitatives.....	27
6-2. Méthodes et techniques qualitatives.....	27

Chapitre III : présentation la zone d'étude

1. Introduction	29
2. Localisation de la zone d'étude.....	29.
3. Définition de B.V.....	29
4. Situation géographique du bassin de la Soummam	30
5. Le climat de la région:	31
6. Couvert végétal.....	32

7 .L'état géologique	33
7-1. Le Quaternaire.....	33
7-2. Le Pliocène Continental.....	33
7-3. Le Miocène	33
7-4. L'Oligocène.....	33
7-5. L'Eocène.....	33
7-6. Le Crétacé.....	33
7.7. Le Jurassique.....	34
7.8. Le Trias	34
8. Les sols	34
9. Morphologie du bassin.....	35
10. Réseau Hydrographique.....	37

Chapitre IV :Cartographie de la susceptibilité à l'inondation

1-introduction	40
2. méthodologie	40
2-1. Collecte et extraction des données	40
2-2. Prétraitement des données	40
2-3. Construction du modèle AHP :.....	40
2-4. Intégration dans un SIG et cartographie de résultats	41
3. Collecte et extraction des données.....	41
4. Standardisation.....	42
5. Construction du modèle AHP.....	42
6. Pondération des facteurs et combinaison des couches.....	43
6-1. Flow accumulation.....	43
6-2. la pente.....	44
6-3.La Stream Power Index.....	45
6-4. Occupation de sols	46
6-5. élévation	47
6-6. Distance par rapport au cours.....	48
7. Discussion	51
8. conclusion	51
Conclusion général	53
Références bibliographique :..... ;;	54

LISTE DES FIGURES:

Figure	Page
FigureI-1 : Inondation de Plaine source	7
Figure I-2 : Inondation par remontées des nappes phréatiques	8
Figure3 : rupture d'un barrage	8
Figure I-4Les inondations littorale sous submersions marines (Source graphies / MEDD-DPPR)	9
Figure I-5 : Inondation par crue torrentielle	10
Figure I-6Courbed'isorisque.	11
Figure I-7 : Décomposition du risque d'inondation en aléa et vulnérabilité(source : Damien RACLOT)	12
Figure I-8.les trois modes de gestion du risque d'inondation (source : Damien RACLOT)	15
FigureI-9 : Inondation (Ghardaïa 2008)	19
FigureI-10 : inondation Bab El oued (Alger 2001)	19
Figure II-1: Donnée vecteur	22
Figure II-2: Donnée Raster	22
Figure II-3: Composant d'un SIG	24
Figure II-4: Sources d'information géographique	26
Figure III-1: position géographique du bassin versant. Sources (ANRH)	30
Figure III-2: répartition climatique du B.V Soummam	32
Figure III-3: Carte géologique du bassin versant de la Soummam (Charifi , 2006)	33
Figure III-4: Carte des sols du bassin de la Soummam	34
Figure III-5: les sous bassins de la Soummam. Source (extrait la carte hydro climatologique du bassin) ANRH	36
Figure III-6: Carte du réseau hydrographique du bassin de la Soummam (S.charifi 2003)	37
Figure III-7: Longueur des principaux oueds du bassin	38
Figure IV-1: accumulation de debit	44
Figure IV-2: carte de la pente	45
Figure IV-3: Stream power index SPI	46
Figure IV-4: carte occupation du sol	47

Figure IV-5: carte altitudes	48
Figure IV-6: Carte distance de la rivière.	49
Figure IV-7: carte de susceptibilité aux inondations	50

LISTE DES TABLEAUX:

Tableaux	page	Chapitre
Tableau 1 : historique des inondations en Algérie	19	01
Tableau 2 : répartition les 17 B.V en Algérie	31	03
Tableau 3 : Superficies des sous bassins versants de la Soummam	36	03
Tableau 4 : Sources des données utilisées dans l'étude	41	04
Tableau 5 : La matrice de comparaison de poids des facteurs	49	04
Tableau 6 : Les poids normalise	50	04

Introduction générale

Introduction générale

L'inondation est une submersion, rapide ou lente, d'une zone habituellement hors d'eau, Qui peut être provoquée de plusieurs façons, par des pluies importantes en durée et (ou) en intensité. (Cortes, 2006).

Le risque inondation est la conséquence de deux composantes : l'eau qui peut sortir de son lit habituel d'écoulement ou apparaître et l'homme qui s'installe dans la zone inondable pour y implanter toutes sortes de constructions, d'équipements et d'activités. (ANDRE, Musy -1998)

Dans un contexte scientifique, phénomène naturel est quelque chose qui se produit ou qui existe sans intervention humaine. Mais évidemment, l'intervention humaine existe bel et bien sous forme d'activités : déforestation, drainage rapide des terres rurales, urbanisation, et présence et exploitation de structures.(www.ontario.ca/fr)

Le problème avec les changements climatiques et le phénomène de l'effet de serre dans ces dernières décennies, c'est que l'ampleur des phénomènes naturels (neige, pluie, fonte des neiges, averses, vent) à l'origine des inondations dépassait tellement les moyennes enregistrées jusqu'ici que les interventions humaines ont eu très peu d'effets, positifs ou négatifs.

A l'échelle mondiale : depuis quelques années, les inondations deviennent progressivement plus communes et de plus grande envergure. Les régions affectées voient des inondations de récurrence de 100 ans ou plus se produire à plusieurs reprises dans une même décennie, voir la même année (Dauncey, 2009).

plus de 500 millions de personnes sont affectées par les inondations dont 400 millions en Asie et plus de 25 000 en périssent chaque année (Franck LAVIGNE-Sorbonne)

Les inondations représentent 34% des catastrophes naturelles, et génère environ 20.000 victimes par an avec des dégâts pesants à travers le monde (Ben Mahmoud, 2011).

En Algérie, les terres sont soumises à des inondations répétées dont les conséquences se traduisent par la dégradation des voies de communication, l'inondation des terres agricoles occupant les dépressions et les terrasses alluviales, et parfois même par l'inondation de certaines agglomérations entraînant quelquefois des pertes humaines et économiques.

Les inondations des agglomérations résultent de pluies torrentielles dont les effets sont souvent amplifiés par les facteurs naturels du relief et d'autres facteurs liés à une urbanisation anarchique (construction en zones inondables) et non maîtrisées (manque d'entretien des réseaux d'assainissement), bassin versant dénudé, passage de feux de forêts sur le versant...

La wilaya de Béjaïa et le nord algérien en général menacé par l'inondation à cause de

Introduction générale

l'étalement urbain, de la croissance démographique, des systèmes municipaux non réglementés et de l'utilisation aveugle des terres.

La réduction du risque inondation est complexe et implique une compréhension approfondie du fonctionnement hydrologique à l'échelle du bassin versant.

La gestion du risque inondation nécessite un accompagnement durable afin de préparer l'ensemble du territoire à anticiper ces événements. Elle est encadrée par un ensemble de documents stratégiques permettant de planifier les actions de prévention, de prévision et de protection nécessaires. Leur objectif commun vise à réduire les dommages potentiels sur la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique

Cependant, l'atténuation des impacts des inondations peut être obtenue grâce à des systèmes de prévision de la mise en œuvre des inondations.

Le but de cette étude est d'évaluer le risque d'inondation dans le bassin versant d'oued Soummam et ce, par la méthode hiérarchique multicritères (AHP) dans un système d'information géographique (SIG).

Notre étude suit la méthodologie suivante :

Collecte des données : consiste à collecter toutes les données nécessaires pour créer une carte des risques d'inondation.

Cela peut inclure des données sur les précipitations, l'altitude, les sols, les cours d'eau, les réseaux de drainage, les zones inondables, etc.

Analyse des données : Les données collectées doivent être analysées pour évaluer leur pertinence et leur fiabilité. Cela peut impliquer l'utilisation de techniques statistiques et géospatiales pour identifier les tendances et les modèles dans les données.

Évaluation des risques : L'étape suivante consiste à évaluer les risques d'inondation dans la zone d'étude en utilisant des données cartographiques et des modèles de simulation. L'analyse des risques peut être effectuée à l'aide de l'AHP, qui permet de hiérarchiser les risques en fonction de leur probabilité et de leur impact sur l'environnement et les populations locales.

Modélisation des risques : La modélisation des risques est une étape importante dans la création d'une mémoire cartographique pour les risques d'inondation. Cela implique la création de modèles de simulation pour représenter les différents scénarios de risque d'inondation, en utilisant les données collectées et analysées précédemment.

Chapitre I:

Revue de Lalittérature

1-Introduction

Les risques d'inondation sont des problèmes majeurs dans de nombreuses régions du monde, avec des conséquences dévastatrices sur les populations et les infrastructures. Les inondations sont souvent causées par des événements météorologiques extrêmes tels que de fortes pluies, des tempêtes tropicales ou des crues soudaines. Elles peuvent provoquer des pertes humaines, des déplacements massifs de populations, la destruction de biens matériels, ainsi que des répercussions économiques et environnementales considérables. Dans ce chapitre de revue de littérature, nous examinerons les différents aspects des risques liés aux inondations, en mettant l'accent sur les facteurs de vulnérabilité, les impacts sur les écosystèmes, les mesures de prévention et d'adaptation, ainsi que les défis liés à la gestion des inondations.

2-Notions des Inondations

L'inondation est une submersion temporaire d'une zone habituellement sèche, par des eaux douces (fortes pluies, débordements de rivières,.....etc.) ou salées (submersion marine, tsunami,...etc.). Elle peut être un phénomène régulier ou catastrophique et peut se produire lentement ou très rapidement selon les conditions topographiques et météorologiques de la zone affectée. L'inondation est issue de nombreux facteurs dont le plus répandu dans le monde est les crues. D'ordre général on peut définir les inondations comme un phénomène qui se produit lorsque des zones qui sont normalement hors de l'eau sont submergées par des quantités anormalement élevées d'eau. Il s'agit d'un phénomène naturel caractérisé par le débordement d'un cours d'eau, une accumulation excessive des eaux de pluie ou une élévation du niveau de la mer. Les inondations peuvent également être provoquées par des événements tels que des ruptures de barrages ou des marées de tempête.

03- Les causes et origines des inondations

Les inondations sont causées par plusieurs facteurs, dont on cite :

- **Causes d'origine naturelle:** elles correspondent aux phénomènes météorologiques et climatiques tels que : pluies exceptionnelles, orages violents, pluies torrentielles, fonte des neiges,...etc.
- **Causes d'origine humaine directe :**elles consistent dans la modification du système fluvial des cours d'eau ou de leurs caractéristiques morphologiques (largeur, longueur, pente, etc.) par la construction d'ouvrages hydrauliques, le drainage, l'irrigation, la dégradation des sols et l'agriculture intensive (accélère le ruissellement et limite l'infiltration).

- **Causes d'origine humaine indirecte** :elles sont liées à la pollution et le réchauffement climatique qui ont modifié les conditions climatiques du monde entier. L'émission de gaz à effet de serre provoque la fonte des glaciers des pôles (nord et sud), ceci entraîne la montée du niveau des océans et des cours d'eau ainsi que la procréation de cyclones d'intensité importante

4-Facteurs physiques qui influencent les inondations

4-1.Précipitations : Les précipitations sont l'un des facteurs les plus importants dans la survenue des inondations. Des pluies abondantes sur une courte période ou des précipitations prolongées peuvent entraîner une augmentation du ruissellement et de l'accumulation d'eau, ce qui peut provoquer des inondations.

4-2.Topographie : La topographie d'une région, notamment l'altitude, la pente du terrain et la configuration des bassins versants, influence le déplacement de l'eau lors des précipitations. Les zones à faible altitude ou situées en aval de pentes raides sont plus susceptibles de subir des inondations car l'eau a tendance à s'y accumuler.

4-3.Types de sols : Les caractéristiques du sol, telles que la perméabilité, la capacité d'absorption de l'eau et la saturation, jouent un rôle crucial dans la survenue des inondations. Les sols imperméables, tels que l'argile compacte ou le béton, ne permettent pas à l'eau de s'infiltrer facilement, ce qui augmente le ruissellement et les risques d'inondations.

4-3.Végétation : La présence de végétation peut jouer un rôle dans la régulation des inondations. Les zones avec une couverture végétale dense, comme les forêts ou les prairies, peuvent ralentir le ruissellement et favoriser l'infiltration de l'eau dans le sol, réduisant ainsi les risques d'inondations. En revanche, les zones dépourvues de végétation, telles que les zones urbaines, ont tendance à avoir un ruissellement plus élevé.

4-4.Cours d'eau et systèmes de drainage : La configuration des cours d'eau, leur capacité de transport de l'eau et la présence de systèmes de drainage influencent directement le niveau d'inondation. Les rivières étroites ou les canaux de drainage insuffisants peuvent provoquer des débordements et des inondations en cas de fortes précipitations.

4-5.Niveau de la mer : Dans les zones côtières, le niveau de la mer joue un rôle essentiel dans les inondations. Les tempêtes, les marées de tempête et l'élévation du niveau de la mer

peuvent entraîner une submersion côtière, où l'eau de mer pénètre à l'intérieur des terres et provoque des inondations.

5. Différents types d'inondations

Il existe différents types d'inondations qui peuvent se produire en fonction de leur origine et de leurs caractéristiques. Voici quelques-uns des principaux types d'inondations :

5-1 Les inondations de plaine

Elles sont générées par des crues lentes et progressives (l'eau monte de quelques centimètres par heure). Elles se produisent souvent après une longue période de pluies, lorsque les sols sont saturés d'eau, plutôt durant la période des hautes eaux (en hiver). Elles ne créent pas de danger pour les vies humaines, sauf en cas d'imprudence (noyade de petits enfants dans les dépressions, dérapage de véhicules etc.), mais peuvent s'étaler sur plusieurs semaines, et occasionner des dégâts très importants (interruption des communications, dommages aux biens et aux activités)

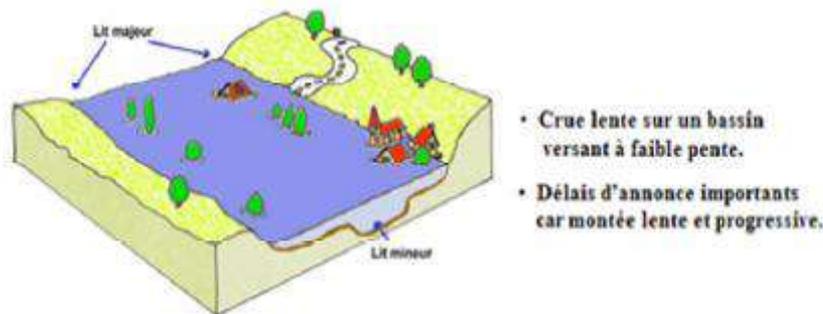


Figure I-1 : Inondation de Plaine source

5-2 Les inondations par ruissellement

Ce type d'inondation peut se produire en tout point de la zone inondable suite à des pluies particulièrement abondantes (pluies orageuses). Dans les zones urbanisées, les sols imperméabilisés ne permettent pas à l'eau de percoler. Les eaux de pluie ruissellent, s'accumulent dans les points bas,aturent les réseaux d'évacuation, en partie colmatés par la boue, entraînant une remontée d'eaux par les égouts. Elles ont pour conséquence la submersion de la voirie et des constructions.

5-3 Les inondations par remontée de nappe

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. Les désordres liés à ce type d'inondation se traduisent par des remontées sous bâtisses, l'ennoyage 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.



Figure I-2 : Inondation par remontées des nappes phréatiques

5.4 Inondation par rupture d'un ouvrage

L'inondation consécutive à une rupture de digue est un phénomène très brutal et d'autant plus dommageable que le site étudié est proche de la digue. Une rupture peut provoquer l'entrée d'un mur d'eau de plusieurs mètres de haut. Il est très difficile de prévoir la rupture d'un ouvrage de protection, ce qui rend la prévention de ce type d'accident particulièrement incertaine.



Figure I-3 : rupture d'un barrage

5-5 Les inondations par submersion marine

Une submersion marine est une inondation temporaire des régions côtières par des eaux salées provenant de la mer avoisinante. Elle est due à des événements météorologiques ou océanographiques de dimensions inhabituelles, tels que : marée haute de vives eaux exceptionnelles, phénomène de la surcote et l'élévation du niveau de la mer suite à une fonte importante des glaciers.

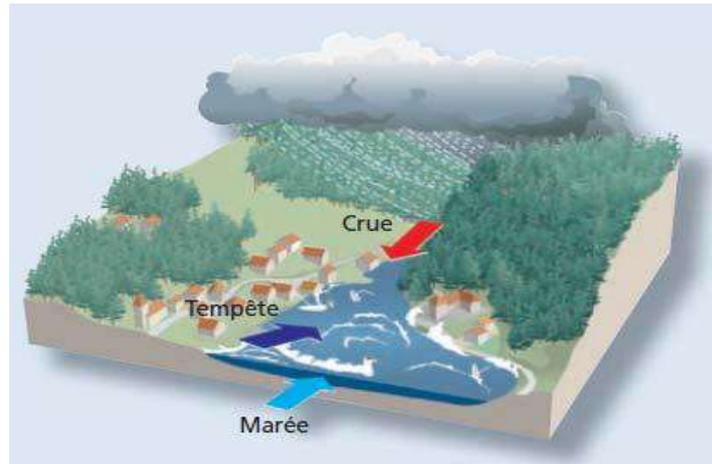


Figure I-4 Les inondations littorales ou submersions marines (Source graphies / MEDD-DPPR)

5-6 Les inondations dues à des crues torrentielles

Les crues torrentielles sont des phénomènes brusques et violents résultant d'épisodes pluvieux intenses et localisés, du type orages convectifs. De manière un peu conventionnelle, on parle de crues torrentielles lorsque la durée nécessaire pour qu'une goutte d'eau tombant sur le point « hydrologiquement » le plus éloigné atteigne l'exutoire est inférieure à 12 heures (ou 24 h pour certains auteurs). Les spécialistes retiennent cinq critères pour définir la crue torrentielle : la rapidité de la réponse du cours d'eau, sa pente, le nombre de Froude, le transport solide, les effets de ces crues. Ces crues touchent principalement les zones montagneuses et les cours d'eau, elles ont des vitesses d'écoulement importantes. 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.

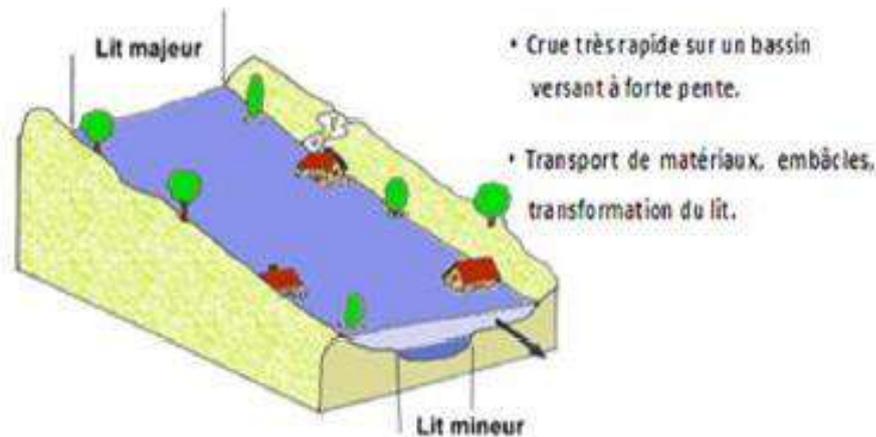


Figure I-5 : Inondation par crue torrentielle

6. Modifications de l'occupation de sols :

Les changements dans l'aménagement du territoire, tels que l'urbanisation intensive, la déforestation, le drainage des terres humides ou la modification des cours d'eau, peuvent altérer la capacité de rétention d'eau du sol et le débit naturel des cours d'eau, augmentant ainsi les risques d'inondations

7. Notion du risque des inondations

La notion de risque des inondations se réfère à l'évaluation des probabilités et des conséquences associées aux inondations. Il s'agit de comprendre et de quantifier les éléments qui contribuent aux inondations, tels que les facteurs physiques, les conditions météorologiques, les caractéristiques du terrain, ainsi que les vulnérabilités des populations et des infrastructures.

Le risque des inondations est déterminé par deux composantes principales : la probabilité d'occurrence d'une inondation et les conséquences potentielles de cette inondation.

1. Probabilité d'occurrence : La probabilité d'occurrence d'une inondation peut être évaluée en utilisant des données historiques, des modèles climatiques, des prévisions météorologiques et des analyses statistiques. Cette probabilité peut varier en fonction des conditions locales, de la saisonnalité, des phénomènes météorologiques extrêmes et des changements climatiques.
2. Conséquences : Les conséquences des inondations peuvent être évaluées en termes de pertes humaines, de dommages matériels, d'impact sur l'environnement et de perturbations socio-économiques. Les conséquences dépendent de plusieurs facteurs,

tels que la densité de population dans les zones touchées, les infrastructures présentes, l'accès aux services d'urgence et les mesures de préparation et d'adaptation en place

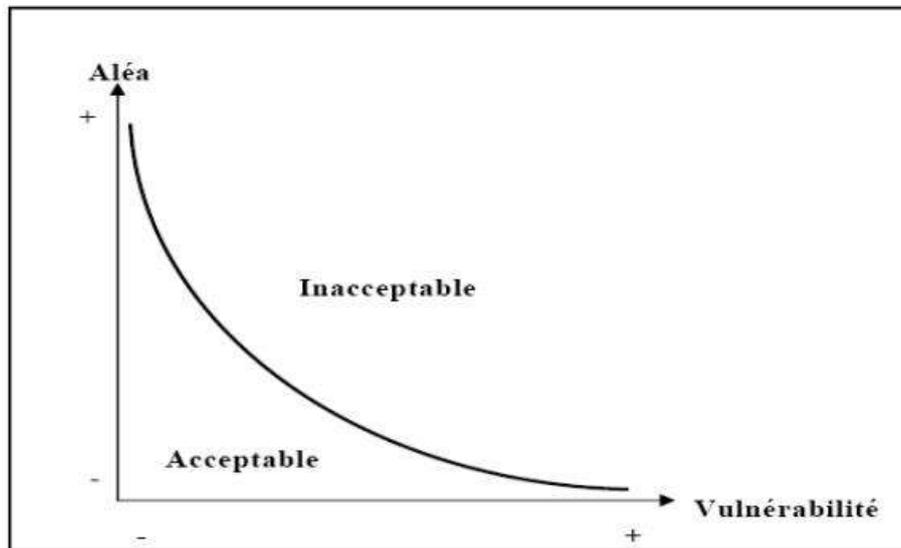


Figure I-6: Courbe d'isorisque.

Chez les spécialistes de l'étude des risques, il est désormais courant de définir le risque comme la résultante du croisement entre aléa et vulnérabilité [Desbordes, 1997]. Pour le risque d'inondation ; l'aléa représente le phénomène naturel aléatoire traduit par le débordement du cours d'eau et l'extension de l'eau dans le champ d'inondation. La vulnérabilité transcrit quant à elle la sensibilité de l'occupation du sol et de la société au phénomène d'inondation [Pottier, 1998]. Elle comprend intrinsèquement une notion d'acceptabilité, au sens socio-économique, des dommages potentiels encourus [Gendreau et al. 1998]. Il n'est pas envisageable, pour une société, de se protéger pour tous les niveaux de risque. Elle doit donc définir un niveau de risque acceptable où les événements naturels extrêmes et leurs conséquences devront être tolérés [Gilard, 1995] : le "risque zéro n'existe pas". Cette notion de risque dit "naturel" est quelque peu trompeuse puisqu'elle englobe une importante composante humaine.

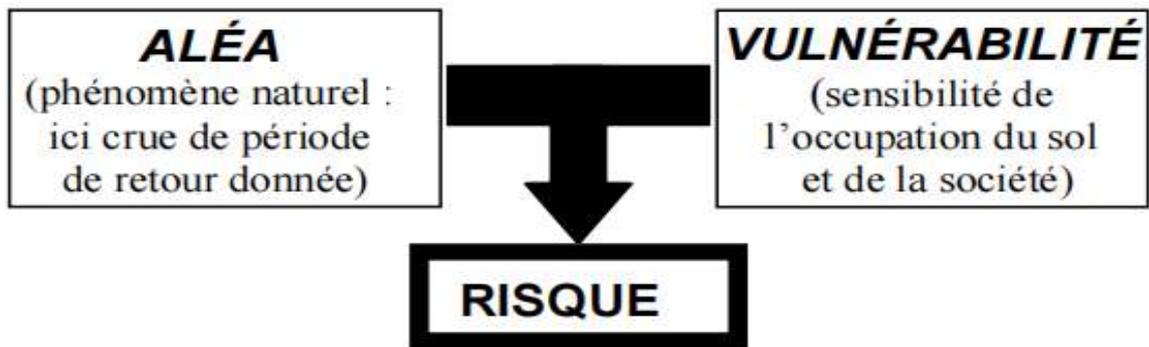


Figure I-7 : Décomposition du risque d'inondation en aléa et vulnérabilité (source : Damien RACLOT)

8. Conséquences engendrées par les inondations

Les inondations peuvent avoir de graves conséquences à la fois sur les personnes, les biens et l'environnement. Voici quelques-unes des conséquences courantes engendrées par les inondations :

8-1. **Pertes humaines** : Les inondations peuvent entraîner des pertes de vies humaines. Les personnes peuvent se noyer ou être emportées par les courants d'eau. De plus, les inondations peuvent augmenter les risques de maladies d'origine hydrique, telles que les infections gastro-intestinales, les maladies respiratoires et les maladies transmises par les moustiques.

8-2. **Domages matériels** : Les inondations peuvent causer des dommages importants aux biens matériels. Les habitations, les infrastructures (routes, ponts, réseaux d'approvisionnement en eau et d'assainissement, etc.) et les installations industrielles peuvent être endommagées ou détruites. Les pertes économiques peuvent être considérables, entraînant des coûts de reconstruction élevés.

8-3. **Déplacements de population** : Les inondations peuvent contraindre les populations à se déplacer de manière temporaire ou permanente. Les personnes peuvent être évacuées de leurs domiciles et contraintes de chercher refuge dans des abris temporaires ou chez des proches. Dans certains cas, les déplacements peuvent être durables si les zones touchées deviennent inhabitables à long terme.

8-4. **Perturbations socio-économiques** : Les inondations peuvent perturber les activités socio-économiques d'une région. Les entreprises peuvent être contraintes de suspendre leurs

opérations, ce qui entraîne des pertes de revenus et des impacts sur l'emploi. Les agriculteurs peuvent perdre leurs récoltes et leur bétail, ce qui a un impact sur la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance.

8-5. Impact sur l'environnement : Les inondations peuvent avoir des effets néfastes sur l'environnement. Elles peuvent provoquer la pollution des eaux par le déversement de substances toxiques, les déchets et les eaux usées. Les écosystèmes aquatiques et terrestres peuvent être endommagés, entraînant une perte de biodiversité et des conséquences à long terme sur les écosystèmes.

8-6. Effets psychologiques : Les inondations peuvent avoir des effets psychologiques sur les individus et les communautés touchés. Les personnes peuvent ressentir de l'anxiété, du stress et des traumatismes liés à la perte de leurs biens, à l'évacuation forcée et aux perturbations de leur vie quotidienne. Il est important de prendre en compte les aspects psychologiques lors de la gestion des conséquences des inondations.

9. Les mesures de gestion du risque d'inondation

Les mesures de gestion du risque d'inondation peuvent être classées en deux catégories principales : les mesures structurelles et les mesures non structurelles. Voici une explication de chacune de ces catégories :

- les mesures structurelles visant à modifier l'aléa par des mesures techniques (construction d'un barrage, la rectification de la section d'un cours d'eau, édification de digues ...) ;
- les mesures non structurelles qui agissent sur la vulnérabilité en cherchant à réduire les dommages potentiels soit de façon pérenne hors contexte de crise (contrôle de l'occupation du sol et de son usage), soit en réaction directe à l'événement (prévision, annonce de crue, organisation des secours...).

9-1. Les mesures structurelles

- Empêcher les phénomènes de se produire : Une façon de se protéger est d'attaquer le problème à sa source. Une stratégie de défense permanente active est d'empêcher le phénomène de se produire dans la zone de départ. En pratique, cela peut se faire :
 - ✓ En reboisant les versants dénudés pour se protéger contre les crues et les avalanches.

- ✓ En construisant des ouvrages de génie civil pour soutenir le sol ou le manteau neigeux
- Forcer le déclenchement des écoulements Le déclenchement préventif concerne uniquement les avalanches, qui se prêtent assez bien à ce type d'action. En défense active, le déclenchement préventif est une stratégie opposée à la stratégie vue précédemment de conformement du manteau neigeux. L'idée est de déclencher de petites avalanches à l'aide d'explosifs ou de mélanges détonants (gazex) pour provoquer artificiellement le départ de l'avalanche. On espère ainsi pouvoir éviter.
- Freiner localement les écoulements S'il est rarement possible d'arrêter un écoulement quand celui-ci est puissant et/ou volumineux, il est parfois possible de le freiner ou d'amoinrir son intensité. L'exemple typique est fourni par le laminage de crue, qui consiste à réduire le débit de pointe d'une crue en stockant une partie de l'eau dans des lacs d'accumulations, des bassins de rétention, des bassins d'écrêtement, ou en la versant dans des champs d'inondation, c'est-à-dire en permettant l'expansion de l'eau dans des zones jugées d'un intérêt économique moindre en cas d'inondation (typiquement des zones agricoles)
- Dévier localement les écoulements Une stratégie fréquemment mise en œuvre en défense passive est la protection rapprochée des enjeux. Il est en effet délicat d'arrêter ou de dévier complètement un écoulement, alors qu'une action locale est souvent plus facile techniquement et moins onéreuse à mettre en place (Figure).
- Modifier la trajectoire des écoulements Plutôt que de modifier la trajectoire au niveau d'un enjeu particulier à l'aide d'une protection rapprochée, une stratégie plus globale consiste à dévier l'écoulement à l'aide d'une digue de déviation, appelée également tourne. Pour infléchir la trajectoire d'écoulements, il faut que l'ouvrage soit de longueur suffisante et que l'angle d'incidence entre l'écoulement et la digue ne soit pas trop fort. C'est une stratégie assez couramment mise en œuvre pour se prémunir contre des avalanches et des laves torrentielles. La stratégie de déviation a fréquemment été employée pour les cours d'eau où l'on a déplacé parfois le lit de la rivière de façon très conséquente
- Dignes et barrages : Les digues et barrages sont des structures construites le long des cours d'eau pour retenir l'eau et empêcher les inondations. Ils peuvent réguler le débit des cours d'eau, stocker l'eau en amont et protéger les zones habitées en aval.

9-2. Mesures non structurelles :

Les mesures non structurelles se concentrent sur des approches autres que la construction d'infrastructures physiques. Elles comprennent :

- Politiques de planification et d'aménagement du territoire : L'adoption de politiques de planification et d'aménagement du territoire appropriées permet de contrôler l'urbanisation dans les zones à risque d'inondation et de favoriser des pratiques de construction résilientes.
- Sensibilisation et éducation : La sensibilisation et l'éducation de la population aux risques d'inondation, aux mesures de prévention et aux procédures d'évacuation sont essentielles pour réduire les pertes humaines et les dommages matériels.
- Systèmes d'alerte précoce : La mise en place de systèmes d'alerte précoce permet de prévenir les populations en cas de risque d'inondation imminente, leur donnant ainsi le temps de se mettre en sécurité.
- Plans d'urgence : L'élaboration de plans d'urgence détaillés permet de coordonner les interventions d'urgence, les opérations de secours et les procédures d'évacuation en cas d'inondation.
- Instruments financiers et assurances : La mise en place d'instruments financiers tels que les systèmes d'assurance contre les inondations peuvent contribuer à réduire les coûts financiers associés aux inondations et faciliter la récupération après une catastrophe.

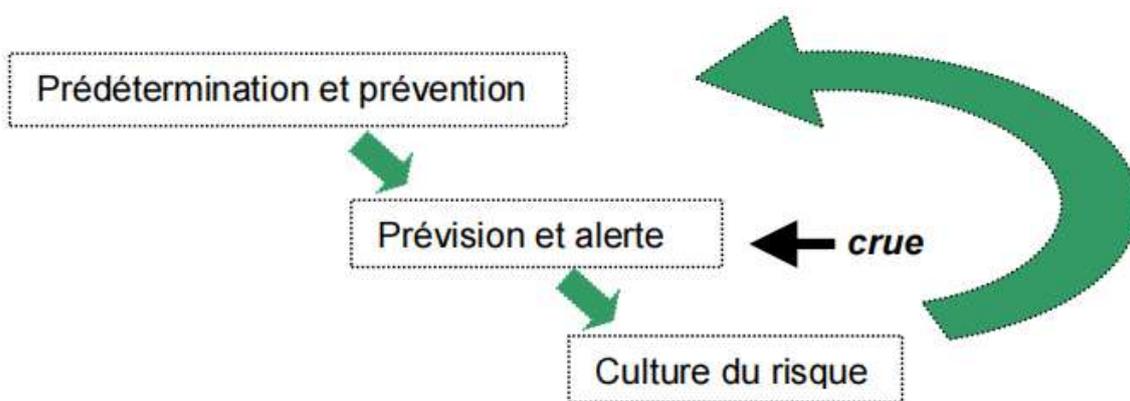


Figure I-8.les trois modes de gestion du risque d'inondation (source : Damien RACLOT)

Pour évaluer la catastrophe d'une inondation, plusieurs paramètres sont nécessaires. Ces paramètres permettent de quantifier l'ampleur et l'impact de l'inondation, ainsi que les

conséquences pour les populations et les infrastructures. Voici les principaux paramètres à prendre en compte :

1. Niveau d'eau : Il s'agit de mesurer la hauteur d'eau atteinte pendant l'inondation. Cela peut être exprimé en termes de mètres ou de centimètres au-dessus du niveau de référence, tel que le niveau du sol ou le niveau des rivières. Le niveau d'eau est essentiel pour évaluer l'ampleur de l'inondation et son potentiel destructeur.
2. Débit d'eau : Le débit d'eau correspond à la quantité d'eau qui s'écoule par unité de temps. Il peut être mesuré en mètres cubes par seconde (m^3/s) ou en litres par seconde (l/s). Le débit d'eau est un paramètre important pour évaluer la quantité d'eau qui pénètre dans les zones affectées et la vitesse à laquelle elle se déplace.
3. Durée de l'inondation : Il s'agit de la période pendant laquelle les zones sont submergées par les eaux. La durée de l'inondation peut varier de quelques heures à plusieurs jours, voire plusieurs semaines. Elle est importante pour évaluer les impacts à court et à long terme sur les infrastructures, les ressources et les activités humaines.
4. Étendue spatiale : L'étendue spatiale de l'inondation correspond à la superficie des zones touchées par les eaux. Elle peut être mesurée en kilomètres carrés (km^2) ou en pourcentage de la superficie totale de la zone. L'étendue spatiale permet de déterminer les populations et les infrastructures potentiellement exposées et d'estimer les pertes matérielles.
5. Vitesse d'écoulement : La vitesse d'écoulement de l'eau est la vitesse à laquelle elle se déplace dans les zones inondées. Elle peut varier en fonction de la topographie, de la pente du terrain et d'autres facteurs. La vitesse d'écoulement est importante pour évaluer les risques de submersion rapide, les déplacements de terrain et les impacts sur les structures.
6. Profondeur d'inondation : La profondeur d'inondation correspond à la hauteur d'eau par rapport au niveau du sol. Elle peut être mesurée en mètres ou en centimètres. La profondeur d'inondation est essentielle pour évaluer les dommages potentiels aux bâtiments, aux infrastructures et aux biens matériels.
7. Impacts sociaux et économiques : Outre les paramètres physiques, il est également important de prendre en compte les impacts sociaux et économiques de l'inondation. Cela inclut les pertes de vies humaines, les déplacements de population, les

perturbations des activités économiques, les dommages aux infrastructures critiques, les coûts de reconstruction, etc.

10- Méthode d'évaluation des risques d'inondations

L'évaluation des risques d'inondations est une étape cruciale dans la gestion de ces événements. Elle permet de déterminer les zones exposées aux inondations, d'évaluer les conséquences potentielles et de prendre des mesures appropriées pour réduire ces risques. Voici quelques méthodes couramment utilisées pour évaluer les risques d'inondations.

- **Analyse historique des inondations** : Cette méthode consiste à étudier les enregistrements historiques des inondations passées dans une région donnée. Elle permet de comprendre les caractéristiques des inondations antérieures, les zones touchées, les causes principales et les conséquences associées. Cette analyse peut fournir des informations précieuses pour évaluer les risques futurs.
- **Modélisation hydraulique** : La modélisation hydraulique utilise des logiciels spécialisés pour simuler le comportement des cours d'eau et les écoulements d'eau lors d'une crue. Elle prend en compte des facteurs tels que la topographie, la géométrie des cours d'eau, les précipitations et d'autres variables pour évaluer les zones susceptibles d'être inondées et les niveaux d'eau attendus. Cette méthode permet de cartographier les zones d'inondation potentielles et d'estimer les débits d'eau.
- **Cartographie des zones inondables** : Cette méthode consiste à identifier et à cartographier les zones susceptibles d'être inondées lors d'événements de crue. Elle repose sur des données topographiques, des modèles d'écoulement d'eau et des informations sur les précipitations. La cartographie des zones inondables fournit des informations visuelles sur les zones à risque et aide à définir les mesures de gestion appropriées.

11- Cartographie des risques d'inondations

La cartographie des risques d'inondations est une méthode utilisée pour représenter graphiquement les zones exposées aux risques d'inondations. Cela permet de visualiser les zones à haut risque, d'identifier les vulnérabilités et d'aider à la prise de décision en matière de planification et de gestion des inondations. Les méthodes qui sont couramment utilisées pour la cartographie des risques d'inondations sont les suivantes :

- **Cartographie des zones inondables** : Cette méthode consiste à délimiter les zones susceptibles d'être inondées en cas d'événement hydrologique intense. Elle se base sur

des modèles hydrauliques qui simulent les débits d'eau, les niveaux d'eau et les zones inondables. Les résultats de la modélisation sont ensuite cartographiés pour indiquer les zones à haut, moyen et faible risque d'inondations.

- Cartographie des vulnérabilités : Cette méthode consiste à identifier et à cartographier les facteurs de vulnérabilité qui augmentent les risques d'inondations. Cela peut inclure la densité de population, les infrastructures critiques, les terres agricoles, les zones écologiquement sensibles, etc. En cartographiant les vulnérabilités, il est possible de cibler les zones nécessitant des mesures de réduction des risques.
- Cartographie des scénarios d'inondation : Cette méthode consiste à cartographier différents scénarios d'inondation en tenant compte des différentes variables, telles que les niveaux d'eau, les débits d'eau et les changements climatiques. Elle permet de visualiser les variations possibles des inondations dans le temps et d'évaluer les impacts potentiels à long terme.

12- Les inondations à l'échelle nationale :

Les inondations sont un phénomène naturel qui peut se produire dans de nombreux pays, y compris l'Algérie. L'Algérie a connu plusieurs épisodes d'inondations au cours de son histoire en raison de précipitations abondantes, de débordements de cours d'eau et d'autres facteurs liés à la géographie du pays. Ces inondations peuvent causer des dégâts importants aux infrastructures, aux habitations et aux personnes.

Certaines régions de l'Algérie sont plus sujettes aux inondations que d'autres en raison de leur proximité avec des rivières, des barrages, des oueds (lits de cours d'eau saisonniers) ou des zones côtières. Les pluies torrentielles, souvent associées à des orages violents, peuvent provoquer des crues soudaines et des inondations rapides.

les 9 et 10 novembre 2001 à Bâb El Oued (bassin versant de l'oued Koriche-Alger) qui a fait plus de 772 morts, 320 blessés, 126 disparus et plus de 30 milliards de dinars de pertes matérielles (259 millions d'euros). D'après les constats de la Protection Civile, la cause principale était la formation d'un barrage de déchets autour de protections contre les passages illégaux. Ces derniers s'opéraient dans les grandes canalisations, en sous-bassement, visitables de l'oued.

- le 1er et 2 octobre 2008 dans la région de Ghardaïa, avec 43 morts, 86 blessés et 2,5 milliards de dinars (21,6 millions d'euros), dont 2 milliards de dinars pour les infrastructures publiques. Il est évident que la gestion De l'eau dans cette région était l'un des domaines où excellaient ses habitants. Cependant, la forte urbanisation de la région et l'absence de

Chapitre I : Revue de La littérature

conscience collective ont amené à une sous-estimation des charges que peuvent engendrer une forte pluviométrie.

La date	La zone	Les Dégât
12 /10/1971	Tiziouzzou(Azazga)	40 décès
28/03/1974	Tiziouzzou	52 décès
01/09/1980	Setif (El eulma)	44 décès / 50 blesses
20/10/1993	Ghilizane (Ouedr'hiou)	23 déces / 20 blesses
28/10/1995	El aghouat	40 décès
9 et 10 novembre 2001	Bâb El Oued (bassin versant de l'oued Koriche-Alger)	plus de 772 morts
08/10/2008	Béchar	13 décès

Tableau 1 : historique des inondations en Algérie



FigureI-9 : Inondation (Ghardaïa 2008)

FigureI-10 : inondation Bab El oued (Alger 2001)

CHAPITRE II :

Systeme d'information géographique (SIG)

Chapitre II : Système d'information géographique (SIG)

1. Introduction

Les inondations sont des catastrophes naturelles qui peuvent causer des dégâts importants aux populations et aux infrastructures. La gestion efficace de ces risques nécessite une compréhension approfondie des zones susceptibles d'être inondées et de leurs caractéristiques. Le chapitre présent vise à explorer le rôle crucial des Systèmes d'Information Géographique (SIG) dans la cartographie des zones sensibles aux inondations. En somme, ce chapitre mettra en évidence l'importance des SIG dans la gestion des risques d'inondations, en offrant des outils de visualisation, d'analyse et de prise de décision essentiels pour les professionnels et les décideurs.

2. Système d'information géographique (SIG)

Les Systèmes d'Information géographique (SIG) connaissent un développement très important depuis de son apparition au début des années soixante au Canada et aux Etats Unis. Depuis cette époque le SIG ont reçu une large définition très diversifiée, allant de l'approche technologique jusqu'à des définitions ayant une perspective plus organisationnelle et institutionnelle visant l'aide à la décision. Ce panel de définitions est à l'origine de certaines confusions. En effet, sous le vocable de SIG, nous ne savons pas si le terme entend désigner simplement le logiciel spécifique ou le système en tant que structure organisationnelle, ou encore l'ensemble des disciplines de la géomatique. Selon Ahmed (2022) Un Système d'Information Géographique (SIG) est un ensemble de technologies, de méthodes et d'outils permettant de collecter, de gérer, d'analyser et de représenter des données géographiques. Il s'agit d'un système informatique qui intègre des informations spatiales et attributaires pour créer des représentations visuelles et analytiques de l'environnement géographique. On peut citer aussi ChokriKoussa (2011) qui a défini le SIG comme un système informatique de matériels, de logiciels, et de processus conçus pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale et où celui-ci peut soutenir diverses activités comme la gestion, la recherche et la planification.

3. Données des SIG

Les données utilisées dans un Système d'Information Géographique (SIG) peuvent être de différents types, notamment :

3.1. Données vectorielles : Les données vectorielles sont basées sur des coordonnées géographiques et représentent des entités géographiques sous forme de points, de lignes ou de polygones. Elles sont utilisées pour représenter des objets tels que les routes, les bâtiments, les cours d'eau, les limites administratives, etc.

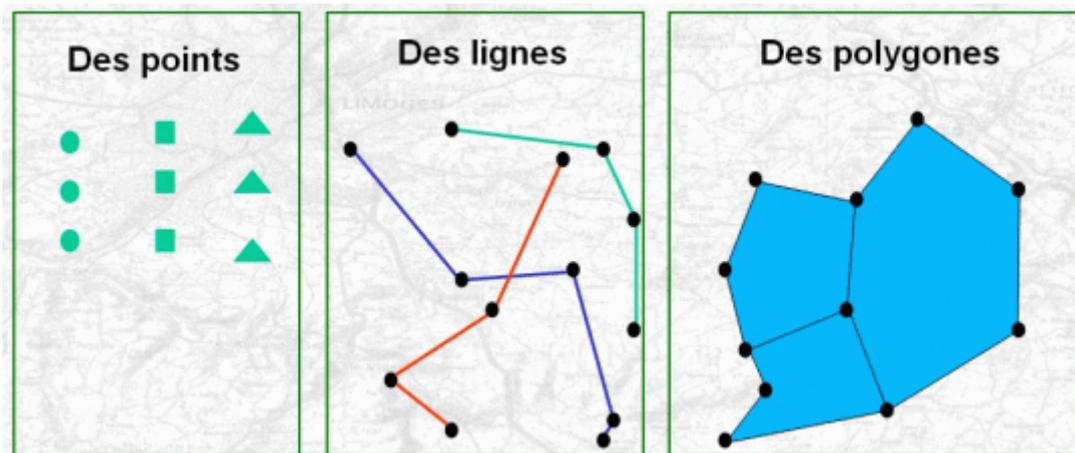


Figure II-1: Donnée vecteur

3.2. Données raster : Les données raster sont constituées de grilles de cellules régulières, où chaque cellule contient une valeur qui représente une caractéristique géographique. Elles sont utilisées pour représenter des données continues, telles que les images satellites, les modèles d'élévation, les précipitations, etc.

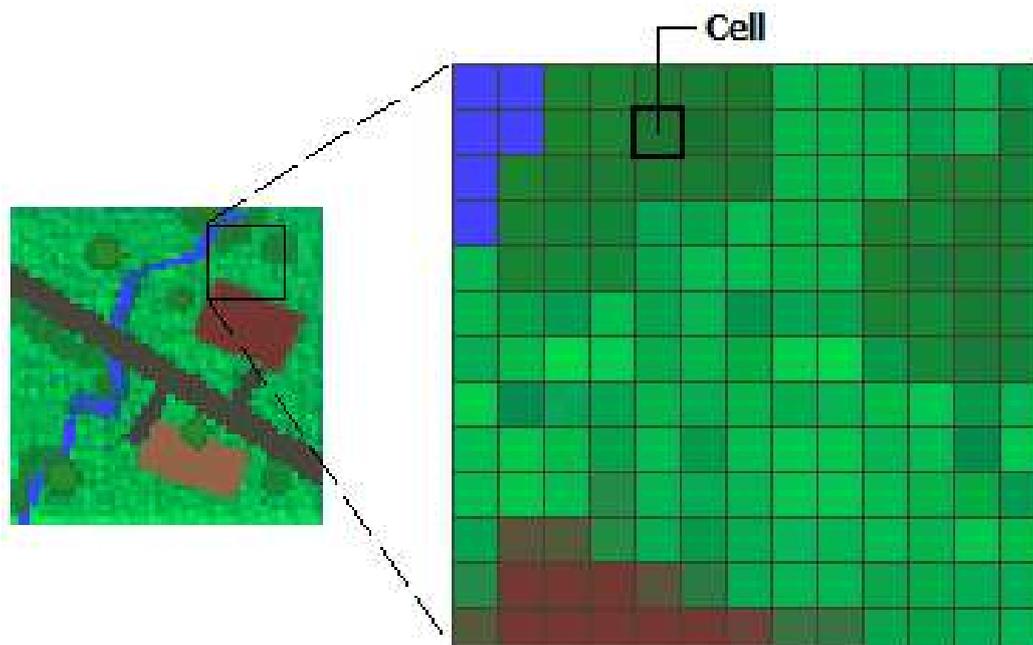


Figure II-2: Donnée Raster

3 . Composant d'un SIG

Un système d'information géographique (SIG) est composé de plusieurs éléments ou composantes qui travaillent ensemble pour collecter, gérer, analyser et représenter des

Chapitre II : Système d'information géographique (SIG)

données géographiques. Voici les principales composantes d'un SIG :

- **Données géographiques** : Les données géographiques sont la base d'un SIG. Elles comprennent des informations spatiales telles que les coordonnées géographiques, les limites administratives, les élévations, les cours d'eau, les routes, les bâtiments, etc. Les données peuvent être collectées à partir de différentes sources, telles que des relevés sur le terrain, des images satellites, des bases de données existantes, etc.
- **Logiciel SIG** : Le logiciel SIG est l'outil qui permet de gérer et d'analyser les données géographiques. Il offre des fonctionnalités pour saisir, stocker, organiser, visualiser, analyser et présenter les données spatiales. Certains exemples de logiciels SIG populaires sont ArcGIS, QGIS, MapInfo, etc.
- **Matériel informatique** : Le matériel informatique comprend les ordinateurs, les serveurs, les périphériques de stockage, les scanners, les imprimantes, etc., nécessaires pour exécuter les logiciels SIG et gérer les données géographiques. La performance du matériel peut avoir un impact sur la vitesse de traitement et la capacité de stockage des données.
- **Méthodes d'acquisition de données** : Les méthodes d'acquisition de données sont utilisées pour collecter des informations géographiques. Cela peut inclure des techniques de relevé sur le terrain, l'utilisation de technologies de télédétection comme les images satellites, les drones ou les capteurs embarqués, l'accès à des bases de données existantes, etc.
- **Analyse spatiale** : L'analyse spatiale est une composante clé du SIG. Elle comprend des outils et des techniques pour analyser les données géographiques, extraire des informations, effectuer des calculs spatiaux, réaliser des modélisations et des simulations, etc. L'analyse spatiale permet de comprendre les relations spatiales entre les entités géographiques et d'extraire des connaissances à partir des données.
- **Visualisation et cartographie** : La visualisation et la cartographie sont des composantes essentielles d'un SIG. Elles permettent de représenter les données géographiques de manière visuelle, à travers des cartes, des graphiques, des tableaux de données, etc. La cartographie permet de communiquer les résultats de l'analyse spatiale de manière compréhensible et informative.
- **Utilisateurs et gestion des données** : Les utilisateurs du SIG sont les personnes qui travaillent avec les données géographiques et les outils du SIG. Ils peuvent inclure des professionnels de la géomatique, des planificateurs urbains, des gestionnaires de

Chapitre II : Système d'information géographique (SIG)

l'environnement, des chercheurs, etc. La gestion des données implique des activités telles que la collecte, le stockage, la sauvegarde, la mise à jour, la documentation et le partage des données géographiques.



Figure II-3: Composant d'un SIG

4. Fonctionnalités et avantages du SIG dans la gestion des inondations

Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) offrent de nombreuses fonctionnalités et avantages dans la gestion des inondations. Voici quelques-uns des principaux :

4.1 Collecte et gestion des données : Les SIG permettent de collecter, stocker et gérer efficacement les données géographiques liées aux inondations, telles que les données topographiques, hydrologiques, météorologiques, les données sur l'occupation des sols, les réseaux de drainage, etc. Cela permet d'avoir une base de données complète et à jour pour l'analyse des risques et la prise de décision.

4.2 Analyse spatiale : Les SIG offrent des outils d'analyse spatiale puissants pour étudier les relations spatiales entre les différents éléments liés aux inondations. Ils permettent de réaliser des analyses de proximité, de superposition, de tampon, de réseaux hydrographiques, de modélisation hydrologique, etc. Ces analyses aident à comprendre la propagation des inondations, l'impact sur les zones sensibles, et à

Chapitre II : Système d'information géographique (SIG)

identifier les zones à haut risque.

4.3 Cartographie et visualisation : Les SIG permettent de créer des cartes thématiques représentant les zones inondables, les niveaux d'eau, les infrastructures sensibles, les abris d'urgence, etc. Ces cartes facilitent la visualisation et la communication des informations sur les inondations, ce qui est essentiel pour la sensibilisation du public, la planification des mesures d'urgence et la prise de décision.

4.4 Prévision et alerte précoce : Les SIG peuvent être utilisés pour développer des modèles de prévision des inondations en intégrant des données météorologiques, des données de niveaux d'eau, des modèles hydrauliques, etc. Ces modèles permettent de détecter les situations à risque et d'émettre des alertes précoces pour prendre des mesures de prévention et d'évacuation.

4.5 Gestion des interventions d'urgence : Les SIG facilitent la gestion des interventions d'urgence lors d'inondations en fournissant des outils de suivi en temps réel, de localisation des équipes de secours, de gestion des ressources, de coordination des opérations, etc. Ils permettent une meilleure gestion des situations d'urgence, une allocation efficace des ressources et une prise de décision rapide.

4.6 Planification et gestion des risques : Les SIG aident à planifier et à gérer les risques d'inondations à long terme en évaluant les scénarios de risques futurs, en identifiant les zones à risque, en proposant des mesures de prévention et de mitigation, en évaluant l'efficacité des mesures prises, etc. Cela permet une planification stratégique et une gestion proactive des inondations.

5. Sources d'information géographique

Les sources d'information géographique utilisées dans les systèmes d'information géographique (SIG) peuvent être variées et proviennent de différentes sources. Voici quelques exemples de sources courantes :

- **Données officielles et institutionnelles** : Les gouvernements, les agences gouvernementales et les organisations publiques fournissent souvent des données géographiques, telles que les cartes topographiques, les données cadastrales, les données climatiques, les données hydrologiques, etc. Ces sources sont généralement fiables et de haute qualité.
- **Données commerciales** : Certaines entreprises privées collectent, traitent et vendent des données géographiques, notamment des images satellites, des données LiDAR, des données d'imagerie aérienne, des données d'occupation

Chapitre II : Système d'information géographique (SIG)

des sols, etc. Ces sources peuvent offrir des données plus détaillées et actualisées, mais elles peuvent être coûteuses.

- Données communautaires et participatives : Les contributions des utilisateurs et des communautés peuvent également constituer une source d'information géographique. Des projets de cartographie collaborative, tels que OpenStreetMap, permettent aux utilisateurs de contribuer et de partager des données géographiques, ce qui peut enrichir les bases de données géographiques.
- Relevés sur le terrain : Les relevés sur le terrain effectués par des géomètres, des chercheurs ou des professionnels peuvent fournir des données géographiques précises et spécifiques à une zone. Cela peut inclure des relevés topographiques, des relevés hydrologiques, des relevés de végétation, etc.
- Données scientifiques : Les chercheurs et les institutions académiques produisent également des données géographiques dans le cadre de leurs études et de leurs recherches. Ces données peuvent inclure des modèles climatiques, des données de télédétection, des études hydrologiques, etc.



Figure II-4: Sources d'information géographique

6. Méthodes et techniques de cartographie des zones sensibles

6.1 Méthodes et techniques quantitatives :

- Analyse statistique : L'analyse statistique peut être utilisée pour analyser les données historiques des inondations et déterminer les probabilités de survenue d'événements futurs. Des méthodes telles que l'analyse de fréquence, l'analyse des tendances et l'analyse des extrêmes peuvent être appliquées pour quantifier les risques d'inondation.
- Modélisation hydraulique : La modélisation hydraulique, basée sur des équations mathématiques, permet de simuler le comportement des eaux en cas d'inondation. Cette approche quantitative permet de déterminer les hauteurs d'eau, les débits, les temps de concentration, etc., dans différentes zones. Les résultats de la modélisation peuvent être utilisés pour cartographier les zones à risque et évaluer les impacts potentiels.
- Analyse des scénarios : L'analyse des scénarios consiste à évaluer les différentes conditions possibles d'inondation en utilisant des modèles hydrologiques et hydrauliques. Cela permet de simuler les effets des variations climatiques, des changements d'occupation des sols, des interventions humaines, etc., pour évaluer les conséquences potentielles et prendre des décisions en conséquence.

6.2 Méthodes et techniques qualitatives :

- Analyse des connaissances locales : Les connaissances et l'expérience des populations locales peuvent être recueillies à travers des entretiens, des enquêtes ou des récits pour identifier les zones historiquement touchées par les inondations. Cela permet de recueillir des informations qualitatives sur les impacts des inondations et les zones à risque élevé.
- Méthode Delphi : La méthode Delphi est une technique de consultation d'experts dans laquelle un groupe d'experts évalue et discute des zones à risque d'inondation. Cela permet de recueillir des opinions et des connaissances spécialisées pour identifier les zones sensibles et évaluer leur niveau de risque.
- Analyse multicritère : L'analyse multicritère permet de prendre en compte plusieurs facteurs et critères pour évaluer les zones sensibles aux inondations. Cette méthode utilise des évaluations subjectives basées sur des connaissances expertes pour attribuer des scores ou des pondérations aux différents critères. Les critères peuvent inclure la proximité des cours d'eau, la pente du terrain, la végétation riparienne, la présence d'infrastructures, etc

Chapitre III :

Présentation la zone d'étude

1. Introduction :

Dans cette partie nous allons définir les données nécessaires concernant notre région du point de Vue géographique, géologique, climatique. Ces données nous serviront à proposer une solution pour la protection de la ville de Bejaia.

2. Localisation de la zone d'étude

La wilaya de Béjaïa est une région située en Algérie, sur la côte nord de la mer Méditerranée. Béjaïa est à la fois le nom de la ville principale de la région et celui de la wilaya (province) à laquelle elle appartient.

Béjaïa se trouve à environ 180 kilomètres à l'est d'Alger, la capitale de l'Algérie. Elle est entourée par d'autres villes et régions telles que Jijel à l'est, Bouira et TiziOuzou au sud, ainsi que la mer Méditerranée au nord.

Géographiquement, Béjaïa est nichée entre la mer et les montagnes. La région est réputée pour sa beauté naturelle, avec des paysages montagneux, des plages pittoresques et une végétation luxuriante. Elle possède également un port important, qui est un centre commercial et économique majeur.

Béjaïa appartient à bassin versant de Soummam Cela le fait partagé avec lui les mêmes caractéristiques.

3. Définition de B.V :

Définit le bassin versant de la manière suivante : le bassin versant est la surface réceptrice des eaux précipitées qui alimentent une nappe souterraine, un lac, une rivière ou un réseau complexe; on le définit par sa morphométrie, ses caractères climatiques, sa géologie, sa végétation, ses sols. (Loup J., 1974)

Le bassin versant est donc la surface élémentaire sur laquelle le cycle hydrologique peut être numériquement exprimé. C'est une surface fermée, qui suppose qu'il n'y a pas d'écoulement de surface ou hypodermique y pénétrant de l'extérieur et que tous les excédents de précipitation qui tombent sur cette surface s'écoulent à travers un cours d'eau principal. Le bassin versant est limité par la ligne de partage des eaux, et par l'exutoire qui est le point final de sortie du cours d'eau.

Chapitre III : PRÉSENTATION LA ZONE D'ÉTUDE

4. Situation géographique du bassin de la Soummam :

Le bassin versant de la Soummam est situé dans la patrie Nord-Est de l'Algérie entre les longitudes 3°38' et 5°38' et les de 35°45' et 36°45' de latitude. Il est subdivisé en 10 sous bassins versants et il couvre une superficie de 9125 km²

Le bassin de la Soummam s'étendant dans les directions Nord-Est, Sud-Ouest et vers le Sud-Est. Il se compose de trois régions principales : les plateaux de Sétif, les plateaux de Bouira et de la vallée de la Soummam. Il est limité au nord par les montagnes de la grande Kabylie (massif de Djurdjura), à l'est par les montagnes de la petite Kabylie, au sud par les montagnes de Bibans et de Mansourah, au sud-est par le contrefort des monts Hodna et à l'ouest, il est limité par les cours de l'Isser, et du Sébaou. Il présente donc une forme très irrégulière, et c'est dans cela que réside toute l'originalité de ses caractères physiques nettement contrastés : en quelques dizaines de km à vol d'oiseau, on passe d'un secteur relativement plat et dénudé à un secteur montagneux à très forte pente, et d'un domaine semi-aride à un domaine humide Méditerranéen.

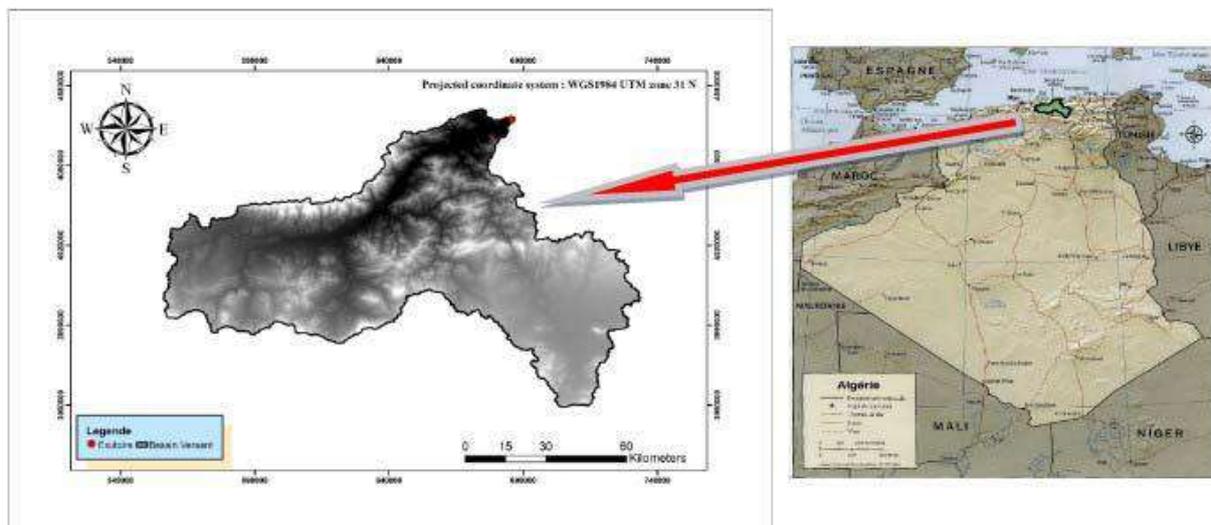


Figure III-1: position géographique du bassin versant de la Soummam. Sources (ANRH)

Chapitre III : PRÉSENTATION LA ZONE D'ÉTUDE

01 Cheliff	07 H.plainesconstantinoises	13 Sahara
02 Côtiersalgérois	08 H.plainesoranaises	14 Seybouse
03 Côtiersconstantinois	09 Isser	15 Soummam
04 Côtiersoranais	10 KebirRhumel	16 Tafna
05 Chotthodna	11 Macta	17 Zahrez
06 Chottmelghir	12 Medjerdah	

Tableau 2 : répartition les 17 B.V en Algérie

5. Le climat de la région:

Les caractéristiques climatiques de Béjaia ne sont pas uniformes. Il est sous la dépendance de trois types de climat : climat littoral tempéré sur le cours inférieur de l'Oued Soummam, climat de l'Atlas Tellien sur la moyenne Soummam et sur une partie du haut bassin de la Soummam (Oueds Sahel - cours inférieur de l'Oued Bou-Sellam) et climat des hautes plaines sur le haut bassin de l'Oued Bou-Sellam.

Les précipitations annuelles de la Soummam varient énormément entre environ 300 mm sur les plateaux de Sétif et 1000 mm près de la cote de Bejaia, elles atteignent approximativement 1500 mm sur les flancs Sud du massif du Djurdjura.

Les étés sont secs, avec seulement 30% des précipitations annuelles pendant la période allant d'Avril à Septembre

Une carte des étages bioclimatiques (Charifi, 2006) et représentée dans la figure suivante :

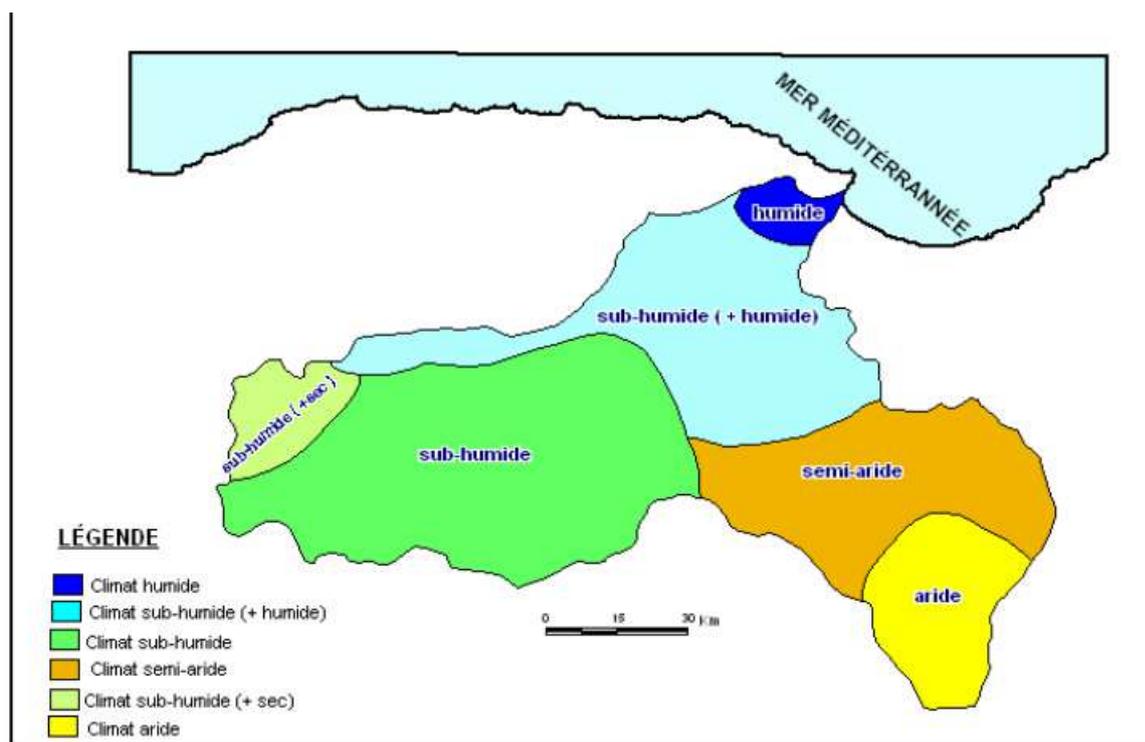


Figure III-2: répartition climatique du B.V Soummam

6. Couvert végétal

La végétation est un paramètre physique important des bassins. Suivant sa nature, sa diversité et sa densité, le couvert végétal influence directement le cycle de l'eau au sein des bassins versants. La végétation évolue en fonction des conditions climatologiques du milieu. Ainsi, la densité de la végétation diminue avec l'altitude du fait de l'évolution des conditions climatologiques. Si la densité de la végétation diminue, alors les pertes par évapotranspiration et par interception diminuent de l'aval vers l'amont. La végétation du Béjaïa est de type Méditerranéen et est très variée. Les zones montagneuses occupées par des chênaies et les moins élevées sont occupées par des oliveraies et des vignobles. À l'est de la ville, le couvert végétal est moins dense car elle est zone urbaine. Autour de la ville, la végétation est dense mais essentiellement temporaire ; elle est formée par les grands et formidables champs de cultures maraîchères diverses. Jadis, les forêts qui couvraient la région fournissaient le bois nécessaire à une industrie du bois florissante mais malheureusement ce capital tend à disparaître sous les feux qui ravagent chaque année des milliers d'hectares. À cela s'ajoute l'absence d'une politique claire de reboisement et de lutte contre les incendies.

7. L'état géologique

La figure suivante représente les différentes formations géologiques de la région de la Soummam :

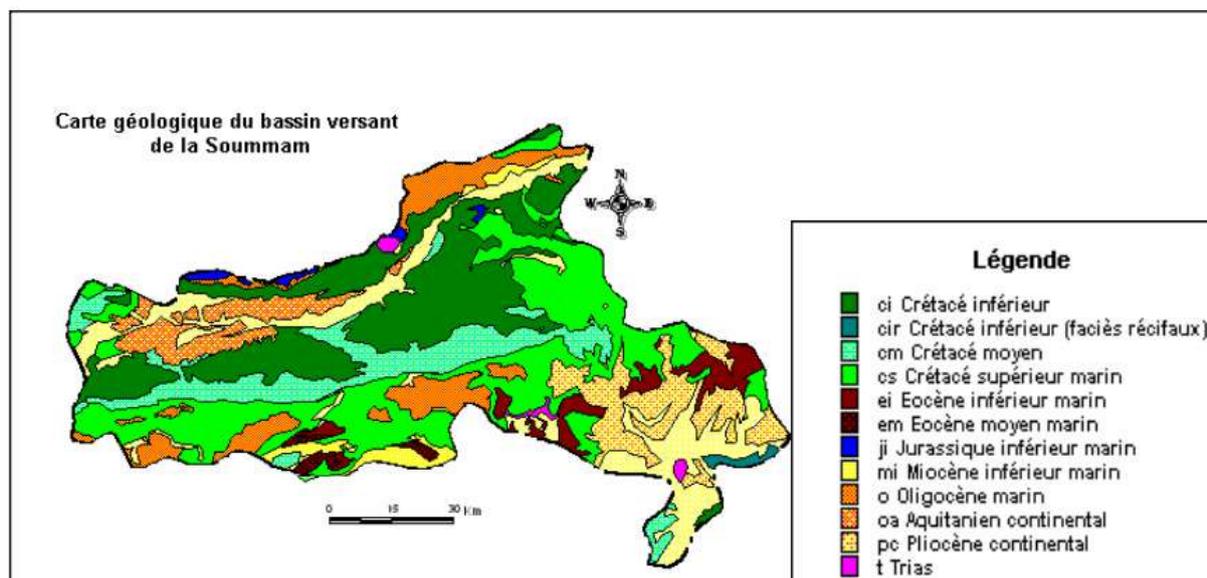


Figure III-3: Carte géologique du bassin versant de la Soummam (Charifi , 2006)

Explication Les éléments de la légende :

7.1 Le Quaternaire : représenté par des alluvions le long des oueds et au niveau des hautes plaines.

7.2 Le Pliocène Continental : le coteau du Sahel est couronné par des graviers siliceux et fluviaux. Ailleurs, il est conglomératique sinon caillouteux.

7.3 Le Miocène : il s'agit essentiellement du Miocène inférieur. Il est continu depuis l'ouest de Bejaia jusqu'aux environs de Sidi-Aich. Il affleure également du côté de Dj. Mansourah sous forme de grès.

7.4 L'Oligocène : il est généralement argilo-gréseux. Il affleure en abondance à partir de Tazmalt et de part et d'autre de la vallée de la Soummam, en allant vers l'ouest. On note également sa présence au niveau de la chaîne de Gouraya et de la région de Béni-Mansour.

7.5 L'Eocène : il est quasiment marneux, parfois calcaro-marneux. Il affleure surtout au niveau des hautes plaines.

7.6 Le Crétacé : se présente, en général, sous forme de flyschs. Il est étendu, continu depuis la chaîne des Bibans jusqu'aux montagnes de la petite Kabylie. Le faciès est marneux au Crétacé supérieur (Sénonien). Il est schisteux, sous forme de bancs de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur avec quelques intercalations de grès au crétacé moyen (Albien) et apparaît dans la région de Béni-Mansour et la chaîne des Bibans. Il est grésopélimitique, parfois carbonaté-gréseux au crétacé inférieur.

Chapitre III : PRÉSENTATION LA ZONE D'ÉTUDE

7.7 Le Jurassique : il affleure surtout au niveau de la chaîne calcaire et le long de sa continuité vers l'est. Il est principalement calcaro-dolomitique.

7.8 Le Trias : il est de faciès gypso-salin et apparaît le long de contacts anormaux (contact des nappes de charriage) dans le Tell méridional et est présenté par des conglomérats et des grés rougeâtres dans le Tell septentrional.

8. Les sols

La carte des sols du bassin de la Soummam a été extraite de la carte des sols de l'Algérie au 1/500.000e. La numérisation de cette carte est présentée dans la figure suivante :

Carte des sols du bassin versant de la Soummam

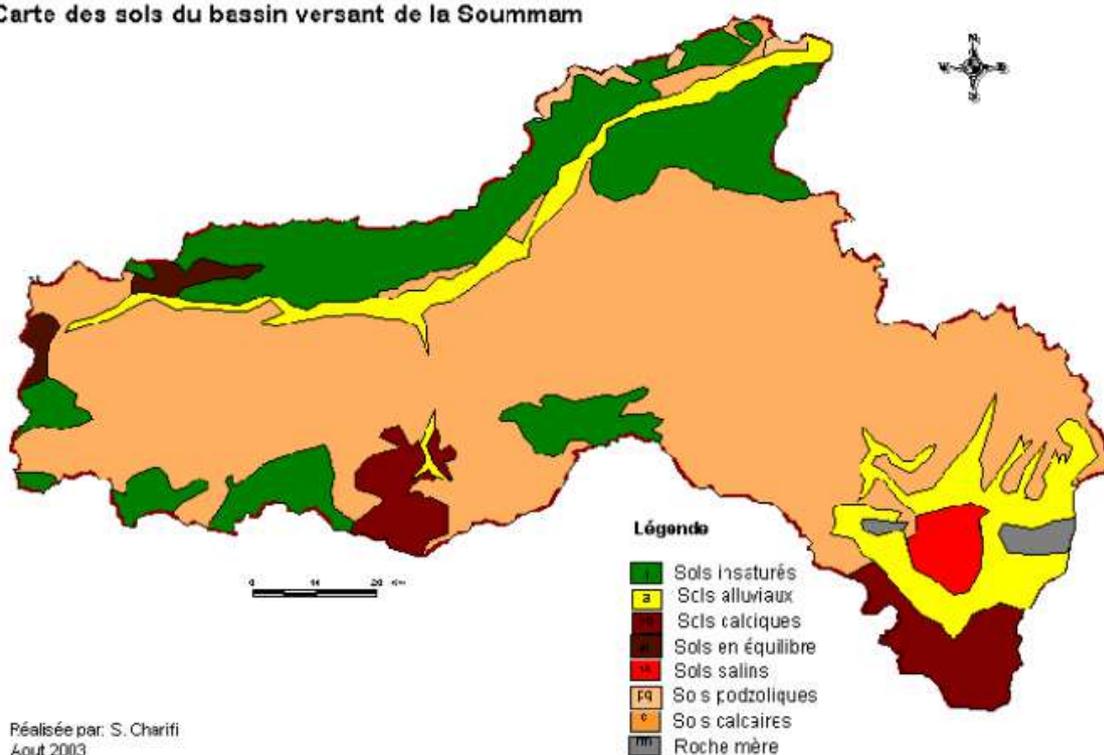


Figure III-4: Carte des sols du bassin de la Soummam

La majorité des sols dans le bassin de la Soummam sont des sols calcaires (riches en calcaire). Leur complexe absorbant est modifié par l'eau d'une façon telle que H peut atteindre 20% de la capacité totale. Ces sols ont généralement une texture légère et sont donc perméables. Lorsque les matières organiques atteignent 25%, on est en présence de la variété humifère de ces sols, qui peuvent présenter alors une texture relativement lourde allégée par la présence des matières organiques.

Chapitre III : PRÉSENTATION LA ZONE D'ÉTUDE

Au nord du bassin, on rencontre des sols insaturés qui ne contiennent pas de calcaire dont l'argile peut être plus abondante en surface qu'en profondeur ; leurs roches mères sont généralement imperméables ou donnent des produits de décomposition imperméables.

Le long des oueds, les sols existants sont des dépôts alluviaux appelés sols alluviaux à profil indifférencié ou présentent une simple accumulation de matières organiques en surface. En outre on rencontre, en petites quantités, des sols calciques et des sols en équilibre peu épais, plus ou moins riches en calcaire et très pauvres en sels solubles.

9. Morphologie du bassin

Le bassin versant de la Soummam se compose de dix sous bassins correspondant aux unités hydrologiques, certaines sont contrôlées par des stations hydrométriques. Il a une forme irrégulière, étiré dans la direction Est-Ouest et accède à la méditerranée par le golf de Bejaia.

Le bassin versant de la Soummam est limité par les chaînes du Djurdjura, à l'Est par les montagnes de la petite Kabylie et au Sud par les montagnes des Bibans et de Mansourah. Son orographie est très prononcée, aux environs de Bouira jusqu'à Akbou, la chaîne de Djurdjura n'est à aucun endroit inférieure à 1500 m. C'est dans cette partie que se situe le plus haut sommet D'Akbou en direction Nord-Est de la mer, la hauteur diminue graduellement.

Nous constatons ainsi, la présence d'un système de barrières naturelles représentée par les reliefs. Des chaînes de montagnes qui se dressent face aux vents pluviaux du littoral, il est en effet un bassin assez bien arrosé.

Chapitre III : PRÉSENTATION LA ZONE D'ÉTUDE

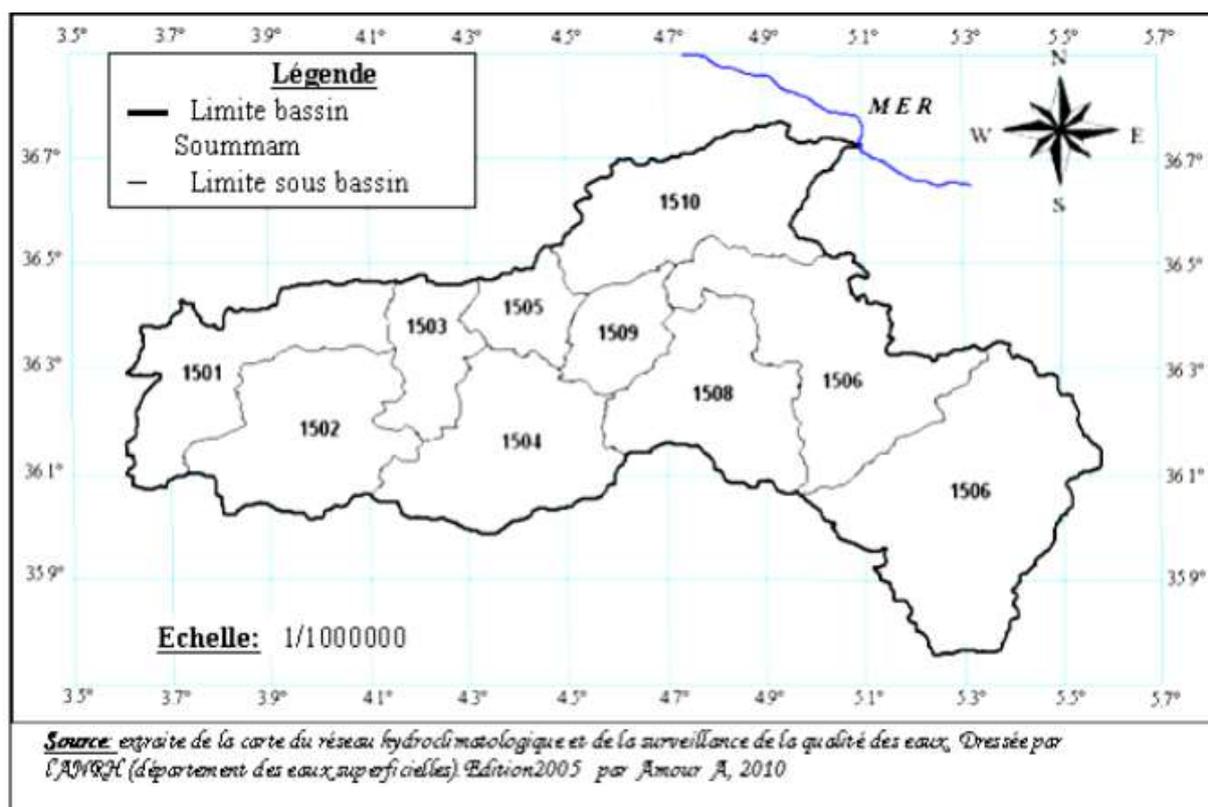


Figure III-5 : les sous bassins de la Soummam. Source (extrait la carte hydro climatologique du bassin) ANRH

Sous bassin versant	code	Superficié(km ²)
Oued Eddous	1501	903
Oued Zaiane	1502	1012
Oued Sahel amont	1503	430
Oued Azerou	1504	1084
Oued Sahel Aval	1505	326
Oued Bousselam Amont	1506	1785
Oued Bousselam Moyen	1507	1234
Oued El Ham	1508	930
Oued Bousselam Aval	1509	360
Oued Soummam	1510	1061

Tableau 3 : Superficie des sous bassins versants de la Soummam

10. Réseau Hydrographique

Le bassin versant de la Soummam possède un réseau hydrographique très développé. Trois rivières et leurs affluents constituent son squelette hydrographique fondamental : le Sahel, affluent venant du nord-ouest, le Boussellam venant du sud-est et la Soummam, qui se forme à Akbou à la confluence du Sahel et du Boussellam et coule en direction du nord-est vers la mer.

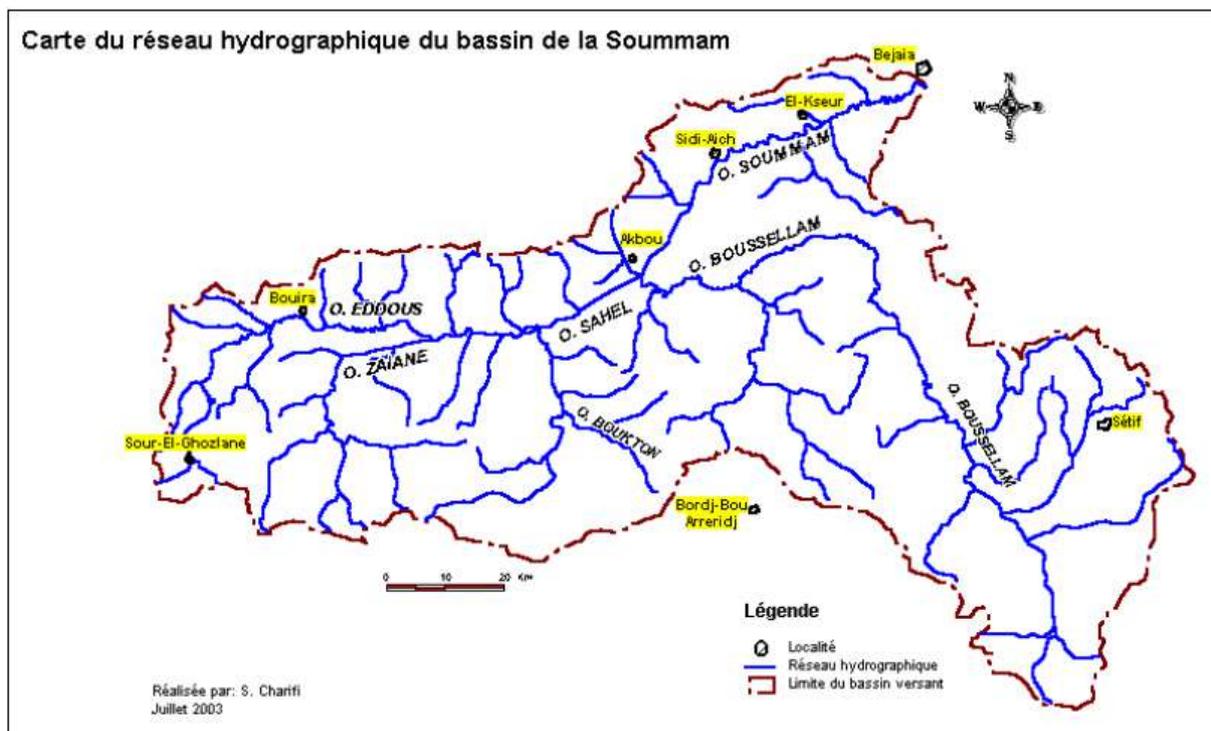


Figure III-6: Carte du réseau hydrographique du bassin de la Soummam (S.charifi 2003)

-Le réseau hydrographique du bassin de la Soummam compte 09 principaux oueds totalisant une longueur de 726 Km.

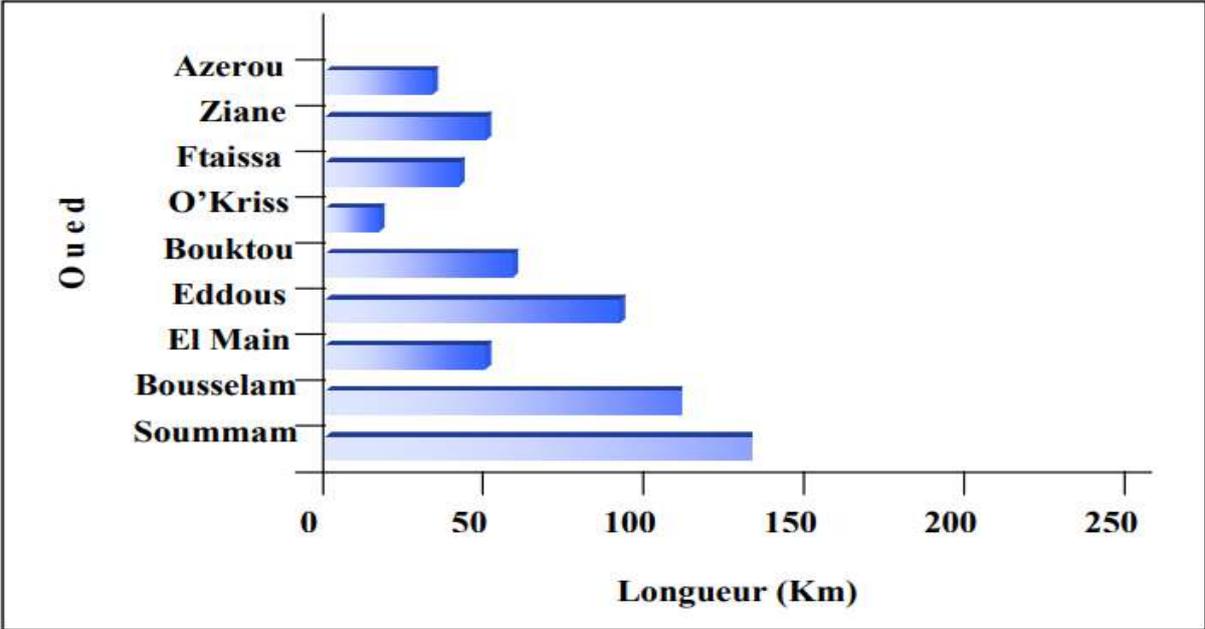


Figure III-7: Longueur des principaux oueds du bassin

CHAPITRE IV :

Cartographie de la susceptibilité à l'inondation

Chapitre IV : Cartographie de la susceptibilité à l'inondation

1. Introduction:

La gestion du risque d'inondation est un défi majeur dans de nombreuses régions du monde. Les inondations peuvent causer des dommages considérables aux infrastructures, aux habitations et aux vies humaines. La cartographie du risque d'inondation est une étape cruciale dans la gestion proactive des inondations. Elle permet d'identifier les zones qui sont les plus susceptibles d'être touchées par des événements d'inondation, facilitant ainsi la prise de décisions éclairées en matière de planification et de gestion des risques. Dans ce chapitre, nous aborderons la méthodologie de la cartographie du risque d'inondation, en mettant l'accent sur les différentes étapes impliquées dans ce processus pour apporter des solutions aux problèmes de gestion du risque d'inondation en Algérie avec une application au cas de la zone de la ville de Bejaia.

2. Méthodologie:

La méthodologie proposée pour évaluer et cartographier le risque d'inondation dans la ville de Béjaia repose sur l'intégration et l'utilisation des modèle de prise de décision multicritères a savoir AHP (Analytic Hierarchy Procès) et le environnement des Système d'Information Géographique . . Cette approche permet une évaluation précise et une cartographie des zones à risque d'inondation, fournissant ainsi une base solide pour la planification et la gestion des inondations dans la région étudiée.

2-1. Collecte et extraction des données

Cette étape consiste à collecter les données nécessaires pour l'analyse, telles que les données topographiques, les précipitations historiques, les caractéristiques du bassin versant, les infrastructures existantes, etc. Ces données serviront de base pour évaluer les risques d'inondation.

2-2. Prétraitement des données

Les données collectées doivent être prétraitées et préparées pour une analyse spatiale. Cela peut inclure des processus tels que la conversion des données dans un format compatible SIG, l'interpolation des données spatiales manquantes ou la mise à l'échelle des données pour assurer leur cohérence.

2-3. Construction du modèle AHP

Le modèle AHP est utilisé pour attribuer des poids à chacun d'eux en fonction de leur importance relative. Les critères peuvent inclure des aspects tels que l'élévation du terrain, la

Chapitre IV : Cartographie de la susceptibilité à l'inondation

proximité des cours d'eau, la pluviométrie, l'utilisation des terres, etc. Le modèle AHP permet de quantifier ces critères et de les intégrer dans l'analyse. Cela permet d'identifier les zones les plus susceptibles d'être touchées par des inondations.

2-4. Intégration dans un SIG et cartographie de résultats

Les résultats de l'analyse multicritères sont ensuite intégrés dans un environnement SIG pour générer des cartes de risque d'inondation. Les données spatiales sont utilisées pour visualiser les zones à risque, les zones inondables, les zones d'écoulement des eaux, etc. Ces cartes fourniront une représentation visuelle claire des zones les plus vulnérables aux inondations.

3. Collecte et extraction des données :

La détection des zones inondables et l'évaluation des facteurs qui contrôlent ce phénomène sont des tâches complexes en raison de la multitude de facteurs responsables de l'apparition des inondations. Par conséquent, il est indispensable de collecter, préparer et analyser les données qui sont liées à ces facteurs et à ce phénomène. Dans le cadre de notre étude, la collecte des données a été réalisée à partir de plusieurs sources, notamment des données spatiales, des enquêtes sur le terrain et des images satellitaires. Les images satellitaires telles que les modèles numériques de terrain (MNT) qui permettent de connaître l'élévation du terrain dans la zone d'étude, Les données hydrologiques, telles que les réseaux de drainage, les cours d'eau et les plans d'eau, sont également essentielles pour comprendre les schémas d'écoulement des eaux et l'impact des inondations et Les enquêtes sur le terrain constituent une autre source importante de données pour évaluer le risque d'inondation.

Les donees	Sources(URL)
DEM du terrain	https://www.usgs.gov/earthexplorer
Image satilitaire	https://www.usgs.gov/earthexplorer
Pluies	https://www.usgs.gov/earthexplorer
Soil occupation	https://openlandmap.org/

Tableau 4 : Sources des données utilisées dans l'étude

Chapitre IV : Cartographie de la susceptibilité à l'inondation

Prétraitement de données

Le prétraitement des données SIG est une étape cruciale dans l'analyse du risque d'inondation. Il vise à préparer les données géographiques en les vérifiant, et les mettant à l'échelle, afin de les rendre prêtes à être utilisées dans le traitement et l'analyse spatiale. Les principales étapes de prétraitement des données SIG comprennent.

4. Standardisation

La technique de standardisation est une étape importante dans le processus d'analyse multicritères, qui permettent de rendre les différentes dimensions d'évaluation comparables et de surmonter l'incommensurabilité des données. Dans le contexte de l'évaluation et de la cartographie du risque d'inondation, la standardisation des facteurs est réalisée en utilisant la logique floue (Fuzzy logic) pour mettre à l'échelle toutes les dimensions d'évaluation entre 0 et 1. Pour réaliser cette standardisation des facteurs, de nouvelles fonctionnalités ont été introduites dans les logiciels SIG tels qu'ArcGIS. Par exemple, l'opérateur de "Fuzzy membership" permet de modéliser les degrés d'appartenance flous des facteurs et de les standardiser dans la même échelle.

5. Construction du modèle AHP

Le modèle AHP (Analytic Hierarchy Process) est une méthode d'aide à la décision multicritères qui permet de hiérarchiser les critères et les alternatives pour prendre des décisions éclairées. Voici les étapes générales du modèle AHP :

1. Définition du problème : La première étape consiste à définir clairement le problème et à identifier les objectifs de la décision. Il est important de comprendre les critères qui doivent être pris en compte et les alternatives possibles.
2. Construction de la hiérarchie : La hiérarchie est une représentation structurée des critères et des alternatives. Elle est composée de différents niveaux, allant des critères les plus généraux aux critères plus spécifiques et aux alternatives. Il est nécessaire de décomposer le problème en sous-critères et sous-alternatives pour construire une hiérarchie compréhensible.
4. Comparaison par paires : Dans cette étape, les comparaisons par paires sont effectuées pour évaluer les préférences relatives entre les éléments de la hiérarchie. On compare chaque élément avec les autres en utilisant les échelles de comparaison établies précédemment. Ces comparaisons peuvent être subjectives et nécessitent

Chapitre IV : Cartographie de la susceptibilité à l'inondation

l'expertise des décideurs ou des experts du domaine. Pour chaque critère, comparez-le à tous les autres critères et attribuez un poids relatif en fonction de leur importance. Utilisez une échelle de 1 à 9, où 1 signifie une importance égale et 9 signifie une importance absolue.

5. Calcul des poids relatifs : Une fois les comparaisons par paires effectuées, les poids relatifs des critères et des alternatives sont calculés à l'aide de méthodes mathématiques. Le rapport de chaque comparaison par paire est utilisé pour calculer les valeurs propres et les vecteurs propres, qui permettent d'obtenir les poids relatifs finaux.

6. Vérification de la cohérence : La cohérence des comparaisons par paires est évaluée à l'aide d'un indice de cohérence. Cela permet de s'assurer que les jugements sont cohérents et que les comparaisons ne sont pas biaisées. Si l'indice de cohérence dépasse un seuil prédéfini, des ajustements peuvent être nécessaires pour rendre les comparaisons plus cohérentes.

6. Pondération des facteurs et combinaison des couches

Une fois les pondérations déterminées, la technique CLP (Combinaison Linéaire Pondérée) permet de combiner les couches du modèle, en fonction de leur poids. Dans ce cas-là, la compensation entre facteurs est totale, c'est-à-dire qu'un facteur ayant une aptitude faible pourra être compensé par un autre ayant une aptitude élevée. Le degré de compensation dépendra du poids des facteurs. Cette technique consiste simplement à multiplier chaque facteur standardisé avec son poids puis de les additionner. La somme est divisée par le nombre de facteurs.

6.1 Flow accumulation

L'accumulation de débit est un concept utilisé en hydrologie et en géographie pour quantifier la quantité d'eau qui s'écoule dans chaque cellule ou emplacement dans un modèle numérique d'élévation (DEM). C'est un paramètre important dans l'analyse des bassins versants, la prévision des crues et la modélisation du paysage.

Dans un DEM, chaque cellule représente un emplacement spécifique sur la surface de la Terre et a une valeur d'élévation associée. L'algorithme d'accumulation de flux calcule le flux accumulé dans chaque cellule en additionnant le flux de contribution de toutes les cellules qui

Chapitre IV : Cartographie de la susceptibilité à l'inondation

s'y déversent.

Le processus d'accumulation de flux commence par l'attribution d'une valeur de zéro à chaque cellule du DEM. Ensuite, l'algorithme parcourt chaque cellule et calcule le flux de contribution de ses cellules voisines. Le débit contributif est déterminé par la différence d'altitude entre la cellule actuelle et ses voisines. Les cellules avec des valeurs d'élévation inférieures sont considérées comme des exutoires ou des puits, où l'eau s'accumule et s'écoule.

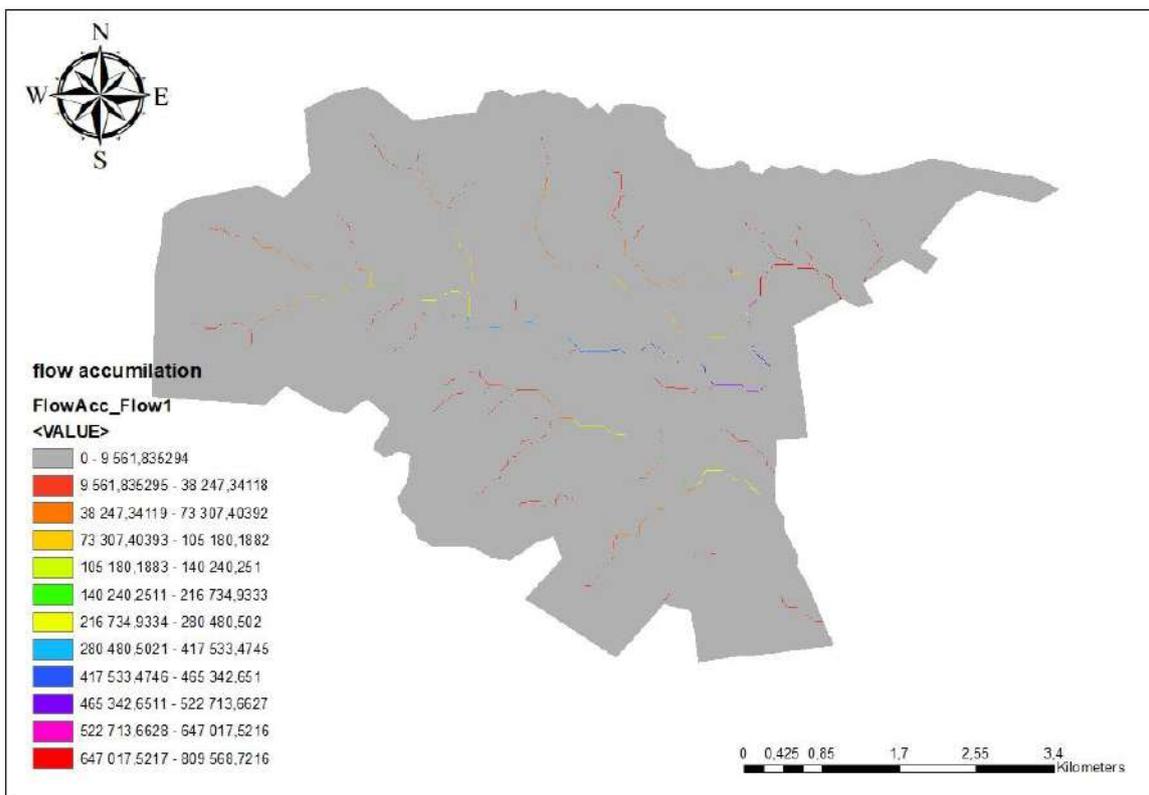


Figure IV-1: accumulation de débit

6.2 Pente

L'étude de la pente du terrain revêt une importance capitale dans la cartographie des risques d'inondation. En déterminant la direction et la vitesse d'écoulement des eaux de pluie, la pente influence directement le ruissellement et l'accumulation de l'eau. Une pente plus raide favorise un ruissellement plus rapide, augmentant ainsi le risque d'inondation en cas de fortes précipitations. De plus, une pente plus faible peut entraîner une stagnation de l'eau, augmentant la vulnérabilité aux inondations. La pente du terrain interagit également avec d'autres facteurs tels que la végétation et la capacité de drainage des sols, ce qui permet de mieux comprendre la dynamique hydrologique d'une région et de cibler les zones les plus à

Chapitre IV : Cartographie de la susceptibilité à l'inondation

risque. Par conséquent, l'analyse de la pente est essentielle pour identifier les zones à haut risque et orienter les mesures d'atténuation des inondations. Les résultats de l'analyse de la carte de la pente montre que la région sud, a des valeurs de pente relativement faibles, indiquant un terrain plus plat. Cela peut entraîner une stagnation de l'eau et une plus grande vulnérabilité aux inondations, en particulier si la région présente également une faible capacité de drainage. Dans la région est, nous avons constaté une variabilité des valeurs de pente, allant de faible à élevé. Cela suggère une diversité des caractéristiques topographiques, ce qui peut influencer la probabilité d'inondation dans différentes parties de la région. Dans les régions nord et ouest, nous avons observé des valeurs de pente relativement plus élevées, indiquant un terrain plus accidenté. Cela peut favoriser l'écoulement des eaux de pluie et réduire le risque d'inondation par rapport aux régions plus plates

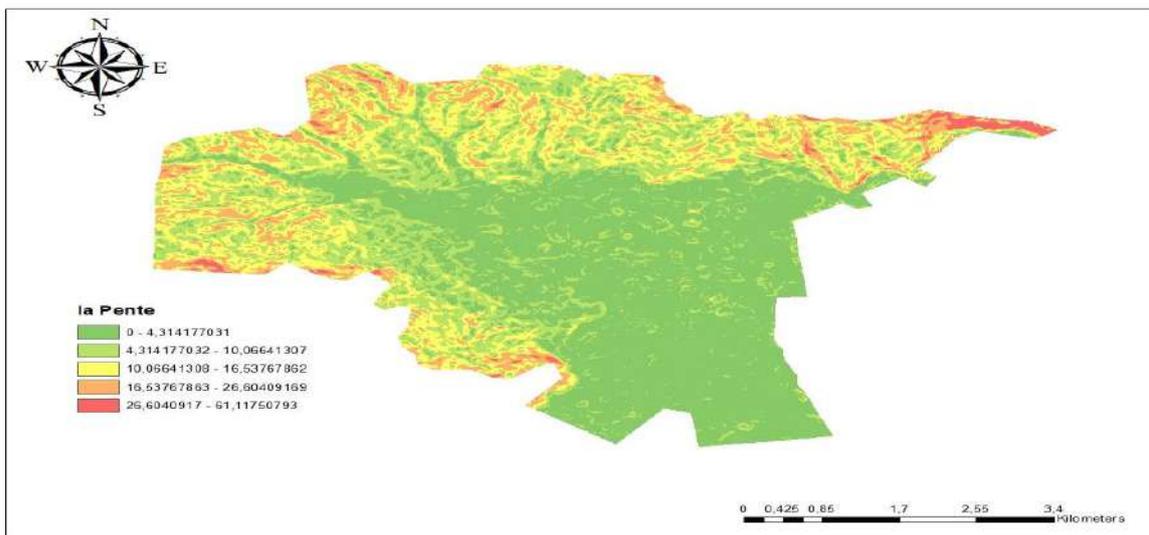


Figure IV-2: carte de la pente

6.3 La Stream Power Index

La Stream Power Index (SPI) joue un rôle crucial dans l'étude de la cartographie des risques d'inondation. En tant qu'indicateur de la puissance d'écoulement d'un cours d'eau, le SPI permet de quantifier la capacité d'un cours d'eau à transporter des sédiments et à provoquer des inondations. Plus le SPI est élevé, plus le potentiel d'érosion et de dommages associés aux inondations est important. En examinant la carte, on peut identifier les sections des cours d'eau qui présentent un SPI élevé, indiquant une probabilité plus élevée d'inondations potentielles. Ces zones peuvent correspondre à des zones de confluence, de rapides, de cascades ou de cours d'eau encaissés

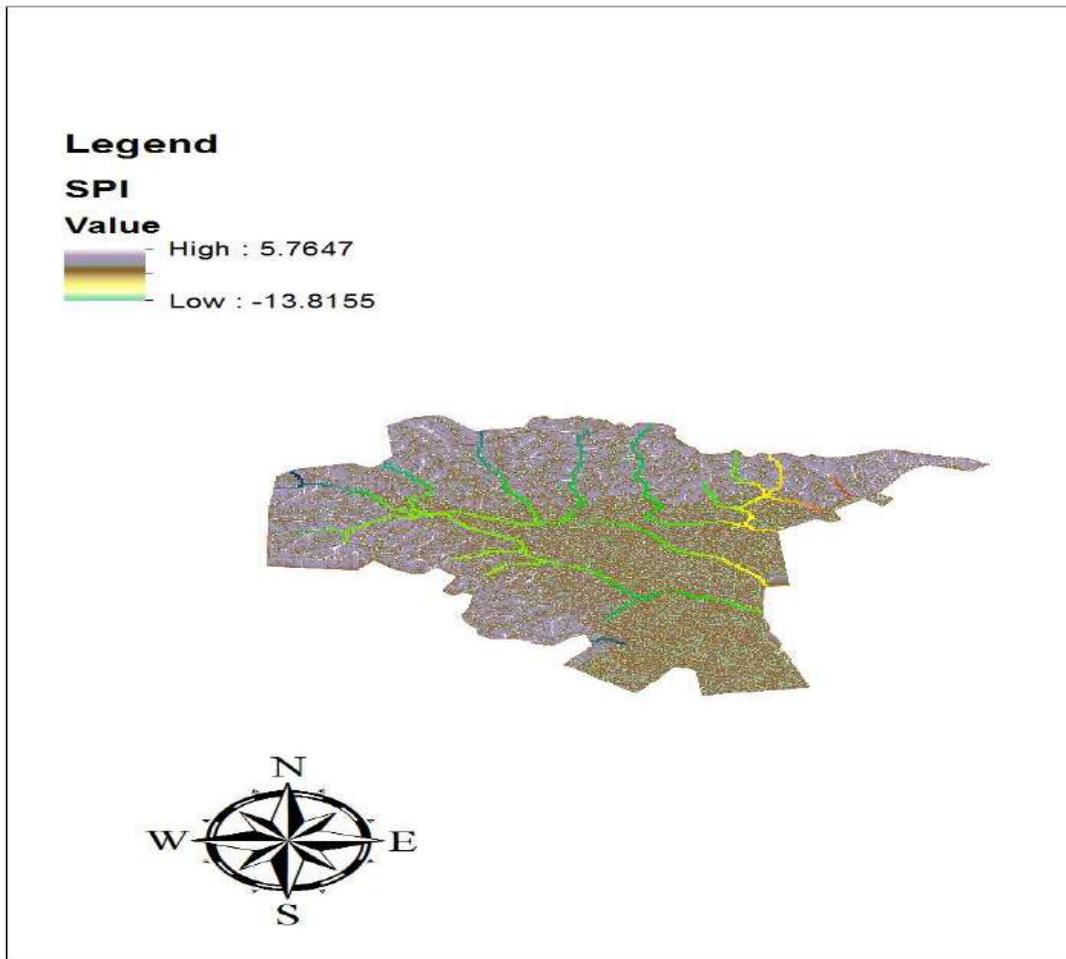


Figure IV-3: Stream power index SPI

6.4 Occupation de sols

L'étude de l'occupation des sols revêt une grande importance dans la cartographie des risques d'inondation. En examinant la répartition et la nature des différentes utilisations des terres, on peut évaluer la vulnérabilité d'une zone aux inondations. Les types d'occupation des sols tels que les zones résidentielles, les zones industrielles, les terres agricoles ou les zones naturelles ont des caractéristiques différentes en termes de capacité d'absorption et de perméabilité de l'eau. Par exemple, les zones urbanisées avec une couverture de sol imperméable peuvent entraîner un ruissellement rapide des eaux de pluie, augmentant ainsi le risque d'inondation. En revanche, les zones naturelles comme les zones humides ou les forêts peuvent jouer un rôle crucial dans la rétention et l'absorption de l'eau, réduisant ainsi le risque d'inondation. En examinant la carte, on peut observer la répartition spatiale des différentes catégories d'occupation des sols et comprendre comment elles influencent le risque d'inondation.

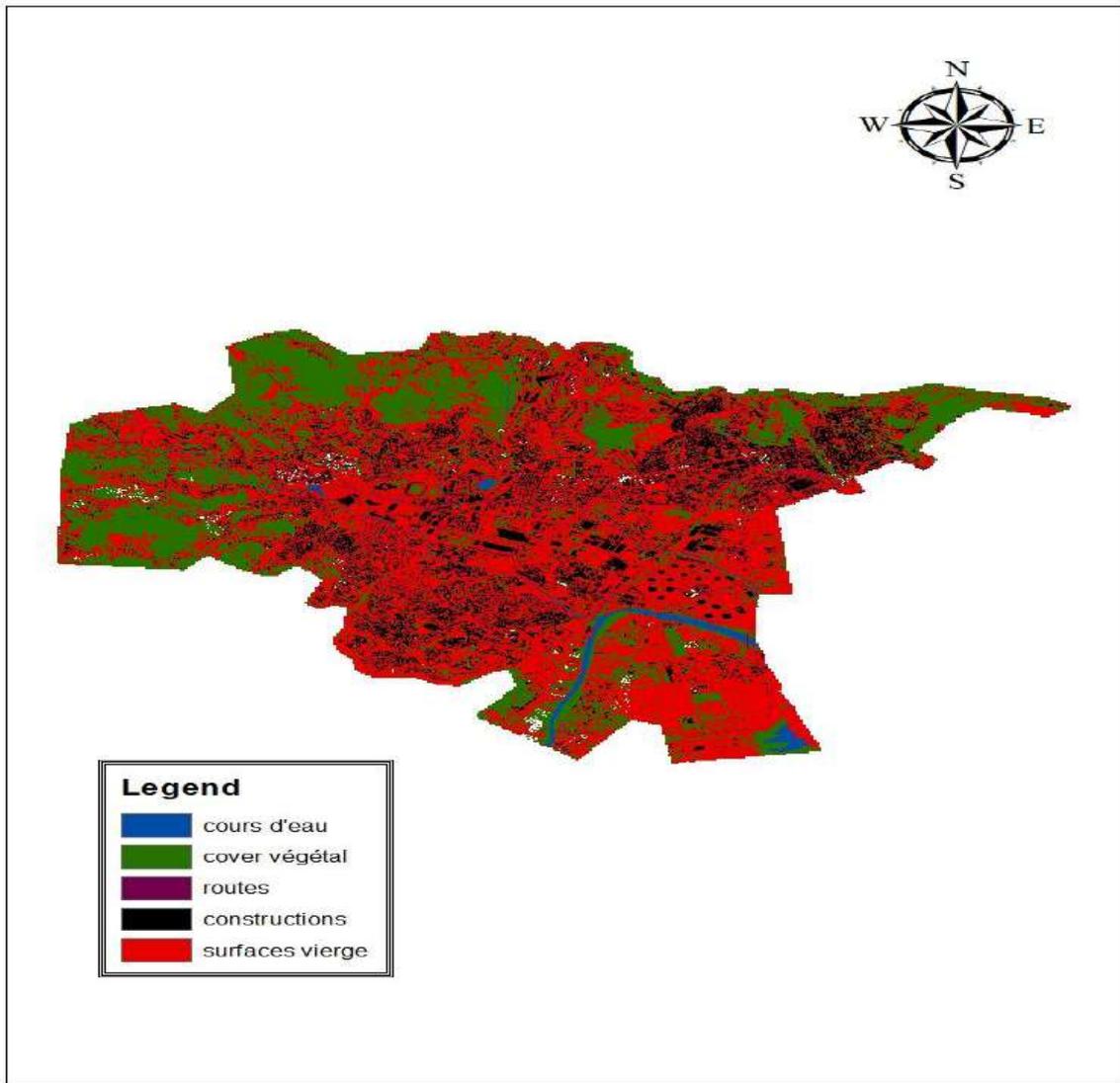


Figure IV-4: carte occupation du sol

6.5 Élévation

Les modèles numériques d'élévation (DEM) sont créés à l'aide de techniques de télédétection, telles que l'imagerie satellitaire ou aérienne, ou par des méthodes d'arpentage au sol. Ces modèles fournissent une représentation maillée de la surface de la Terre, où chaque cellule de grille, ou pixel, contient des informations d'élévation. L'espacement entre les cellules de la grille, connu sous le nom de résolution spatiale, détermine le niveau de détail dans le DEM. L'élévation joue un rôle crucial dans l'étude de la cartographie des risques d'inondation. En tant que mesure de la hauteur d'un point par rapport à un niveau de référence, l'élévation permet de comprendre la topographie d'une région et d'évaluer son potentiel d'inondation.

Chapitre IV : Cartographie de la susceptibilité à l'inondation

Pour notre cas d'étude les altitudes varient de 100 à 2000.

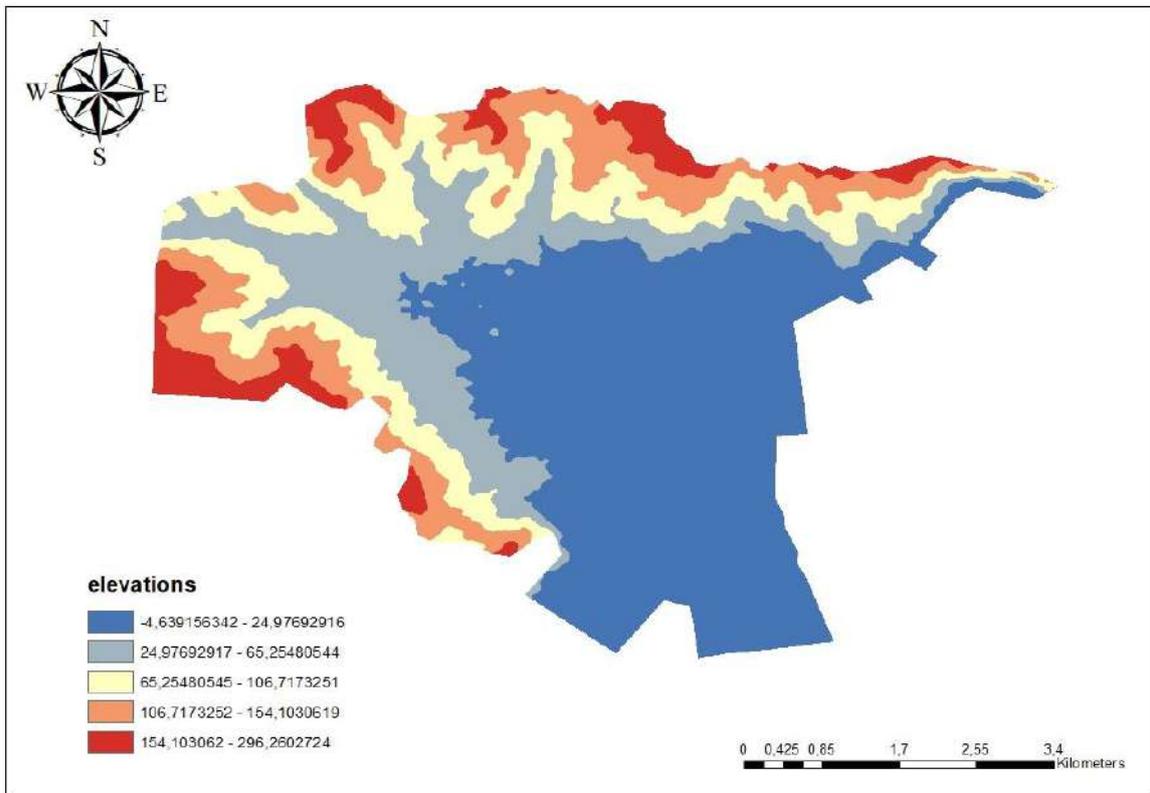


Figure IV-5: carte d'altitudes

6.6 Distance par rapport au cours

La distance par rapport au cours d'eau est un autre aspect important à prendre en compte dans l'étude de la cartographie des risques d'inondation. Les résultats de la carte de distance par rapport au cours d'eau fournissent une représentation visuelle des zones à différents niveaux de proximité du cours d'eau dans notre zone d'étude. Cette carte permet d'identifier les zones qui sont les plus exposées aux risques d'inondation en raison de leur proximité avec le cours d'eau.

La carte de distance par rapport aux routes permet de visualiser ces zones à risque potentiellement accrues en raison de la proximité des routes. Elle permet d'identifier les zones qui nécessitent une attention particulière en termes de gestion des inondations, de planification du développement et de mise en place de mesures de protection.

Chapitre IV : Cartographie de la susceptibilité à l'inondation

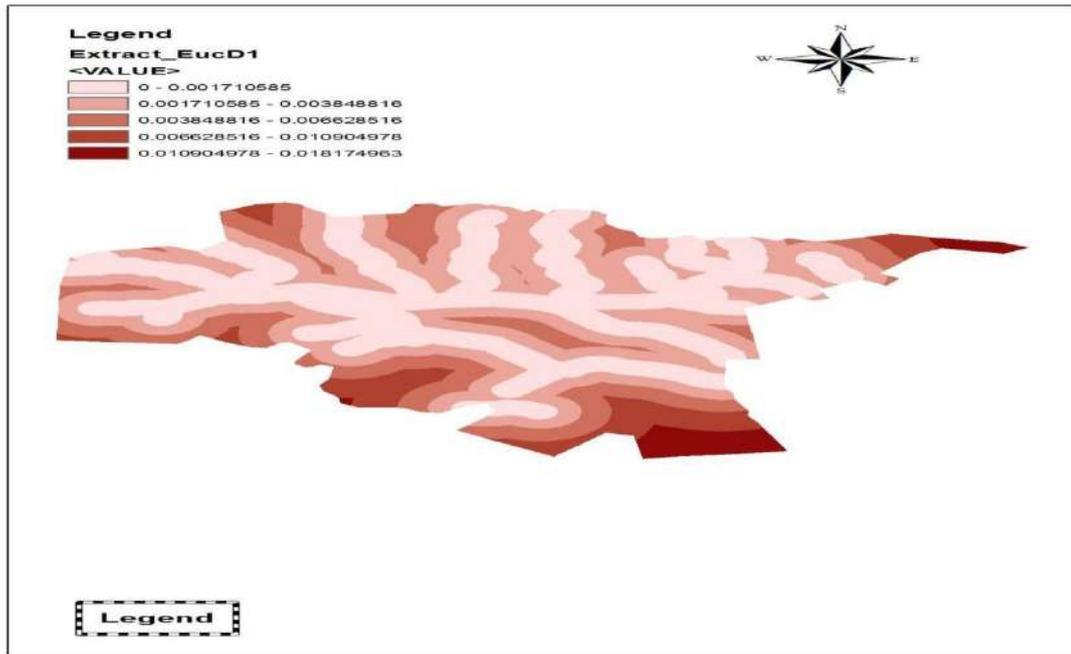


Figure IV-6: Carte distance de la rivière.

Colonne1	distance to river	Slope	Colonne4	steam power	texture of soil	rainfall	elevation	land use
distance to river	1	1	2	3	4	4	4	5
slope	1	1	3	3	4	5	6	7
texture of soil	1/2	1/3	1	5	5	7	7	7
land use	1/3	1/3	1/5	1	2	3	4	5
rainfall	1/4	1/4	1/5	1/2	1	2	3	4
elevation	1/4	1/5	1/7	1/3	1/2	1	2	3
twi	1/4	1/6	1/7	1/4	1/3	1/2	1	2
steam power index STI	1/5	1/7	1/7	1/4	1/4	1/3	1/2	1

Tableau 5: La matrice de comparaison de poids des facteurs

Cw (Normalised)								
1	0.341741253	0.474174428	0.370697264	0.251046025	0.221198157	0.20979021	0.196721311	0.184210526
2	0.170870627	0.237087214	0.370697264	0.334728033	0.276497696	0.251748252	0.229508197	0.210526316
3	0.113913751	0.079029071	0.123565755	0.251046025	0.221198157	0.20979021	0.196721311	0.184210526
4	0.113913751	0.059271804	0.041188585	0.083682008	0.165898618	0.167832168	0.163934426	0.157894737
5	0.085435313	0.047417443	0.030891439	0.027894003	0.055299539	0.083916084	0.098360656	0.105263158
6	0.068348251	0.039514536	0.024713151	0.020920502	0.02764977	0.041958042	0.06557377	0.078947368
7	0.056956876	0.033869602	0.020594292	0.016736402	0.01843318	0.020979021	0.032786885	0.052631579
8	0.048820179	0.029635902	0.017652251	0.013947001	0.013824885	0.013986014	0.016393443	0.026315789

Tableau 6: Les poids normalise

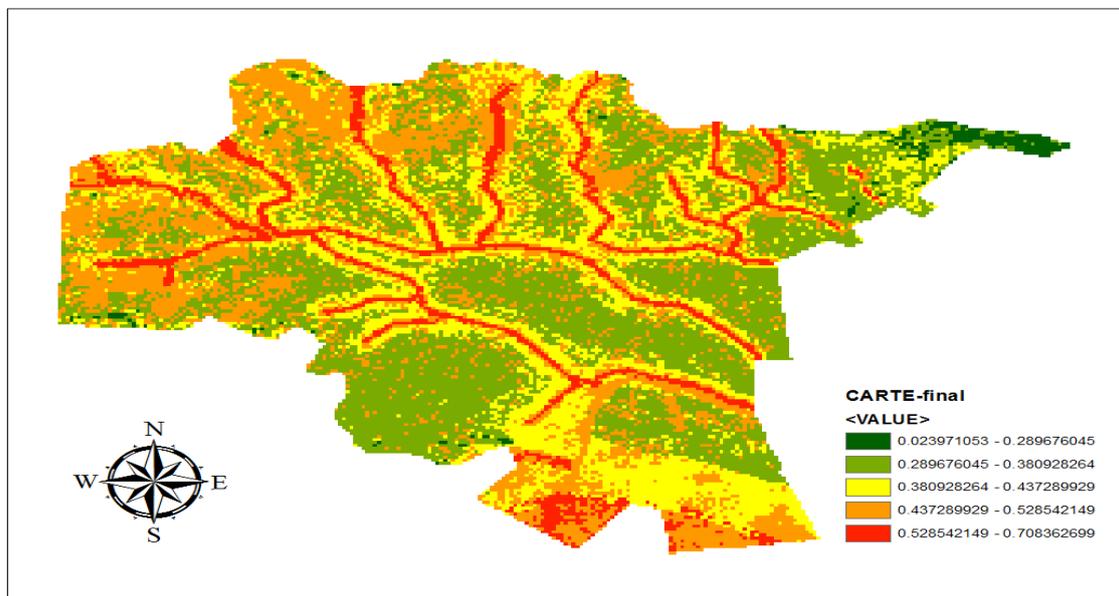


Figure IV-7: carte de susceptibilité aux inondation

Chapitre IV : Cartographie de la susceptibilité à l'inondation

7. Discussion :

La méthode AHP intégrée dans un SIG est utilisée pour identifier les zones à risque d'inondation. La carte finale obtenue de la susceptibilité divisée à cinq classes de niveau risque à partir de [très faible risque] arrivent à [très élevée].

Selon les résultats nous constatons que (08.23%) de la superficie totale a été située à proche de les cours d'eau est-elle représente la plus menacée par l'inondation, les autres valeurs sont déférent (44.53%) (36.77%) (02.11%) en conclusion de cette résultats, on peut distinguer que les zones à grand risque d'inondation sont les zones l'proximité par report les cours d'eau et le zones bas, par contre nous remarque que les zones élevée et semi-élevée sont moins à risque d'inondations.

à partir de cette résultats vient connue pour nous les points inondables et les non inondables dans la ville de Béjaïa.

8. Conclusion :

À la fin de ce chapitre on peut obtenir une carte de susceptibilité aux inondations à l'aide de le system d'information géologique SIG et processus de hiérarchie analytique AHP au niveau du bassin versant à la région de Bejaïa

9. Il s'agit d'une carte qui aidera à l'avenir à prévoir les endroits à risque d'inondation et à travailler à la construction d'une base et d'une structure pour résister à cette catastrophe et drainer l'eau loin des intérêts de la population

Conclusion Général

Conclusion général

Conclusion Général :

Le phénomène d'inondation est un danger fréquent aux conséquences environnemental, humaines et matérielles préjudiciables. Dans le cadre d'une stratégie de prévention contre l'inondation, on a eu recours à la simulation avec les système information géologique comme un outil largement connue pour délimiter l'emprise des zones sensibles touchée par les inondations dans la villev de Béjaia D'où, la modélisation constitue un axe primordial dans la connaissance de risque pour aboutir enfin à la limitation des dommages etPrendre les précautions nécessaires pour éviter les catastrophes et réduire les pertes.

Dans ce travail avec l'utilisation SIG représenter par le logiciel ArcMap et la méthode de AHP pour effectuer la cartographier les de zones sous la menace de l'inondation cas région de Béjaia , à partir de résultat de la carte final on peut classifié notre zone d'étude à (05) cinq classes de susceptibilité comme suite :

1- Très faible (12.34 %) 2- Faible (16.23%) 3- Modérée (18.66%) 4- Élevée (22.54 %) 5- Très élevée (30.23%)

Les résultats obtenu après le traitement des données affiche une large surface (localisée presque au centre de la zone d'étude beaucoup) menaçait d'être exposé à l'inondation.

La principale cause de cette menace est l'existence intensive de cours d'eaux et les oueds dans ce tronçon. En remarque aussi d'après la carte d'altitudes que cette surface est la plus bas dans la carte malgré cette surface avoir le plus moins moyenne de précipitations. Donc on peut dire que proximité par rapport les rivières et les cours d'eaux et le faible niveau d'altitude sont deux 02 facteurs fort pour la classification du zones inondables

Pour l'indice de fort flux (Stream power index SPI) Contribue de manière significative aux inondations il est toujours fort dans les terrains bas que augmenter la probabilité des inondations. Les autre facteurs études participé aussi à la probabilité d'arrivèrent l'inondation remarquablement doit prendre en considération pendant l'étude de chaque zone.

On peut également rappelle à mentionner qu'après cette étude et les résultats obtenus, la préparation et le suivi périodique des aménagements les ouvrages de l'eau reste également un facteur important et fort pour réduire les risques d'inondations et les pertes qui en découlent.

Références bibliographique

Références bibliographique :

- Benouis, A., (2004). « Étude des ressources en eau souterraines de la vallée de la basse Soummam », Mémoire d'Ingénieur ENP, Alger.
- Comparison of analytical hierarchy process and the fuzzy logic approach for flood susceptibility mapping in a semi-arid ungauged basing (BISKRA BASIN : ALGERIA)
Ali Boua,rane , Oussama Derdous , Noura Dahri , salah Eddine Tachi , Khereddine Boutebba & Mohamed T. Bouziane
- Charifi, S., (2006). « Application du modèle hydrologique GR2M sur les bassins versants de la Soummam et de l'Isser », Mémoire de Magister, ENP, Alger.
- Becheraier, L., (2002). « Acquisition des données géographique dans un SIG, applications sur le bassin de la basse Soummam par Géo Concept », Mémoire d'ingénieur, ENP, Alger.
- A.N.R.H., 1979, 1980 : Annuaire hydrologique de l'Algérie, Alger
- Direction technique chargée des statistiques régionales, de l'agriculture et de la cartographie, 2011. Recensement général de la population et de l'habitat 2008-Armature urbaine. Office national des statistiques, Septembre, Alger, 213 p.
- Protection civile algérienne, 2012. Historique des catastrophes 1962-2012, (<http://www.protectioncivile.dz>).
- (ANDRE, Musy -1998)
- Implantation d'un système d'information géographique 3D sur Internet pour la gestion des modèles urbainspar ChokriKoussa 2011.
- dauncey 2009 livre de : climate challenge.
- Inondable : une méthode de prévention raisonnable du risque d'inondation pour une gestion mieux intégrée des bassins versants. par : O.Gilard and N. Gendreau.
- **LAHLAH.S** : Les inondations en Algérie, Actes des Journées Techniques/Risques Naturels : Inondation, Prévision, Protection/BATNA, 2004
- BACHI. M: Problématique du risque d'inondation en milieu urbain; cas de l'agglomération de Sidi Bel Abbes, Projet de Fin d'Etudes, Magister, Université Aboubakr BELKAID, Tlemcen, Algérie, 2011.

Références bibliographique

- BENTEKHICI N. et ZEBBAR Z-d. 2008: Utilisation d'un SIG pour l'évaluation des Caractéristiques physiques d'un bassin versant et leurs influences sur l'écoulement des eaux (Bassin versant d'Oued El MALEH, Nord-Ouest d'ALGERIE). 1ère Conférence International Sur le Web et l'Information Technologie. Sidi Bel Abbas, ALGERIE.