

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF – M'SILA
INSTITUT DE GESTION DES TECHNIQUES URBAINES



THESE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat LMD

Filière : génie urbain

Spécialité : ville et risques urbains

Par : Hallil Abdelkader

Thème

**L'évaluation de la vulnérabilité urbaine face aux risques
d'inondations
– Cas de la ville d'El Bayadh -**

Soutenue publiquement le 09/05/2023, Devant le jury :

M ^r / NOUIBAT Brahim	Professeur	Univ. M'sila	Président
M ^r / REDJEM Ali	Professeur	Univ. M'sila	Rapporteur
M ^r / BRAHMIA Khaled	Professeur	Univ. Annaba	Examineur
M ^r / HARKET Naim	Maitre de conférences A	Univ. Sétif	Examineur
M ^r / DEHIMI Salim	Maitre de conférences A	Univ. M'sila	Examineur
M ^{me} / BERBACHE Hadjira	Maitre de conférences A	Univ. M'sila	Examineur

Année Universitaire : 2022/2023

*À la mémoire de mon père,
À ma mère,
À ma chère femme,
À mes princesses,
Israa et Ikram
À mes frères et Sœurs
et leurs familles*

Remerciements

Je remercie dieu le tout puissant de m'avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce travail.

*Au début, je tiens à remercier tout particulièrement mon encadrant Monsieur **Redjem Ali**, professeur à l'université de M'sila, pour m'avoir suivi et conseillé tout au long de la réalisation de cette thèse.*

*J'exprime également mes vifs remerciements aux **membres du jury**, pour l'intérêt qu'ils ont porté à ma recherche en acceptant d'examiner mon travail et l'enrichir par leurs remarques.*

*Aussi mes remerciements s'adressent au responsable du laboratoire « **Ville, Environnement, Société et Développement Durable** » et son équipe pour le soutien et la réservation de tout un terrain adéquat dans le domaine de la recherche.*

*Je souhaite adresser, mes remerciements à tout l'ensemble du personnel de **l'institut de gestion des techniques urbaines**, université de M'sila, qui m'ont aidé, de près ou de loin.*

Sans oublier d'exprimer vivement mes remerciements avec une profonde gratitude à toutes les personnes qui m'ont apporté leur aide et qui ont contribué à son élaboration, car un tel projet ne peut jamais être le fruit d'une seule personne.

الملخص

شهدت مدينة البيض الكثير من الفيضانات التي كانت سببا في خسائر مادية و بشرية معتبرة، و هذا نظرا لموقعها الجغرافي الذي يتوسطه واد الدفة، الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تقييم الهشاشة الحضرية للمدينة بإتباع طريقة التحليل الهرمي المتعدد المعايير مع دمج النتائج المتحصل عليها في تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية لتكون النتيجة الأخيرة على شكل خريطة عامة توضح درجة ضعف أحياء المدينة من الأقل ضعفا إلى أكبر ضعفا حتى تكون كأداة مساعدة على اتخاذ القرارات و الإجراءات اللازمة لحماية المدينة من خطر الفيضان لدى السلطات المحلية، من أبرز النتائج المتحصل عليها هي أن الأحياء التي تتمركز في وسط المدينة الأكثر عرضة للفيضانات كونها تقع بالقرب من الواد كحي القرابة مثلا.

الكلمات المفتاحية: الفيضانات، الهشاشة الحضرية، التحليل الهرمي المتعدد المعايير، نظم المعلومات الجغرافية، البيض

RESUME

la ville d'El Bayadh a connu de nombreuses inondations qui ont causé des dommages socioéconomiques importantes, en raison de sa situation géographique traversée par Oued Deffa , le principal objectif de cette thèse est d'évaluer la vulnérabilité urbaine de la ville, en suivant méthode d'analyse hiérarchique multicritères , tout en intégrant les résultats obtenus dans les applications SIG ,le résultat obtenu sous forme d'une carte globale montrant le degré de vulnérabilité des quartiers de la ville des plus faibles aux extrêmes vulnérabilités afin qu'ils puissent servir d'un instrument d'aide à la décision aux autorités pour protéger la ville contre les risques d'inondation , l'une des constatations les plus pointées est que les quartiers situés dans le centre-ville sont les plus exposés aux inondations, notamment le quartier de Graba.

Mots clé : *Inondation, vulnérabilité, méthode d'analyse hiérarchique multicritères, SIG, El Bayadh.*

ABSTRACT

the city of El Bayadh has experienced many floods that have caused significant socio-economic damage, due to its geographical location crossed by Oued Deffa, the main objective of this thesis is to assess the urban vulnerability of the city, following a multi-criteria hierarchical analysis method, while integrating the results obtained in GIS applications, the result obtained in the form of a global map showing the degree of vulnerability of the weakest neighbourhoods of the city to extreme vulnerabilities so that they can serve as a decision-making tool for the authorities to protect the city from risks flood ", one of the most notable findings is that neighbourhoods in the city center are most prone to flooding, especially the Graba neighbourhood.

Keywords: *floods, vulnerability, multi-criteria hierarchical analysis method, GIS, El Bayadh.*

SOMMAIRE	
TITRE	PAGE
DEDICACES	I
REMERCIEMENTS	II
المخلص	III
RESUME	IV
ABSTRACT	IV
SOMMAIRE	V
LISTE DES ABREVIATIONS	XI
LISTE DES TABLEAUX	XII
LISTE DES FIGURES	XI
LISTE DES PHOTOS	XIII
Chapitre Introductif	1
I. Introduction générale	2
• Problématique	3
• Hypothèses	4
• Objectifs de la recherche	5
• Motivation du choix du Thème	6
• Choix de la zone d'étude	6
• Etat de l'art	6
• Structure de la thèse	9
II. Conceptualisation	10
1. Risque	10
2. Le risque en géographie	10
3. Les catégories de risques	10
4. Le risque naturel	11
5. Aléa, Enjeux et Vulnérabilité	12
5.1. Quelle définition pour « Aléa » ?	12
5.2. Enjeux	13
5.3. Vulnérabilité	13
6. Vulnérabilité urbaine	14
7. Le risque d'inondations	14
Chapitre I : Le risque d'inondations : méthodes d'évaluation	15
Introduction	16
1 L'évaluation du risque inondation	16
1.1 Méthodes d'évaluation de l'aléa « inondation »	17
1.1.1 Approche historique et retour d'expérience	17
1.1.2 Approche hydrologie	17
1.1.3 Approche hydraulique	17
1.2 Méthodes d'évaluation de la vulnérabilité	18

1.2.1	La vulnérabilité comme un système	19
1.2.2	La vulnérabilité comme une propension à subir des dommages	19
1.2.2.1	Démarche qualitative	20
1.2.2.2	Démarche semi-quantitative	20
1.2.2.3	Démarche quantitative	20
1.2.3	La vulnérabilité des enjeux	22
1.2.3.1	La vulnérabilité sociale	22
1.2.3.2	La vulnérabilité biophysique	23
1.2.4	Approche synthétique de la vulnérabilité	24
1.2.5	Approche de l'analyse multicritères de la vulnérabilité	25
1.2.5.1	Le processus de la méthode hiérarchique multicritères	25
	a) La décomposition du problème	26
	b) La comparaison	26
	c) La priorisation et étude de la cohérence des jugements	27
	c.1). Priorisation	27
	c.2). Cohérence des jugements	27
1.2.6	Synthèse des méthodes d'évaluation de la vulnérabilité	28
2.	La gestion du risque d'inondations	30
2.1	Les actions structurelles	30
2.2	Les actions non structurelles	30
3.	La prévention du risque	31
4.	La gestion des inondations dans le monde	32
	Conclusion	33
	Chapitre II : Les inondations en Algérie : Gestion et cadre juridique	34
	Introduction	35
1.	Les événements d'inondations en Algérie	35
2.	Type des inondations en Algérie	40
3.	Les causes des inondations en Algérie	40
4.	Politique de gestion des risques en Algérie	42
5.	Aperçu Législatif	42
6.	La prévention des catastrophes selon la loi n°04-20 du 25 décembre 2004.	45
7.	La gestion des catastrophes selon la loi n°04-20 du 25 décembre 2004	46
8.	Institutions et Acteurs de gestion des risques	47
9.	Les efforts de l'Etat pour réduire les conséquences des inondations	49
	Conclusion	52
	Chapitre III : Les interventions de la protection des villes contre les inondations	53
	Introduction	54
1.	Procédés de protection des agglomérations contre les inondations	54
1.1	Protection indirecte	55
1.1.1	Les canaux périphériques	55
1.1.2	Barrages écrêteurs	55
1.1.3	L'aménagement des bassins versants	58

1.1.4	Banquettes	59
1.1.5	Correction torrentielle	59
1.1.6	Végétation	61
1.2	Protection directe	61
1.2.1	Recalibrage du cours d'eau	61
1.2.2	Murs de soutènement	62
1.2.3	Renforcement des ouvrages	63
1.2.4	Curage des Oueds	63
1.2.5	Protection des berges	64
2.	Les efforts des autorités locales	65
	Conclusion	86
	Chapitre IV : Présentation de la zone d'étude	69
	Introduction	70
1.	Situation de la wilaya	70
1.2	Situation géographique	70
1.2	Situation administrative	70
2.	Situation de la zone d'étude	71
2.1	Situation géographique	71
2.2	Situation administrative	71
3.	Aperçu historique et croissance urbaine de la ville	72
4.	Milieu physique de la ville	74
4.1	Reliefs	74
4.2	Pente	75
4.3	Nature géologique	76
4.4	Réseau hydrographique	77
4.5	Végétation	77
5.	Aspects climatiques et bioclimatiques	78
5.1	Pluviométrie	78
5.2	Températures	79
5.3	Les vents	81
5.4	Bioclimat	81
6.	Aspect sociologique	82
6.1	Evolution de la population	82
7.	Analyse urbaine de la ville	84
7.1	Analyse de la structure urbaine	84
7.2	Le mode occupation actuelle du sol	84
7.3	Découpage du tissu urbain en secteurs homogènes	86
7.4	Habitat	87
7.5	Équipements	88
	Conclusion	89
	Chapitre V : Caractérisation du bassin versant	90

Introduction	91
1. Le bassin versant : définition	91
1.1 Les caractéristiques du bassin versant	92
2. Découpage hydrographique de la région d'El Bayadh	93
3. Le contexte de la ville dans le Bassin	94
4. Caractéristiques morphométriques	96
4.1 La superficie	97
4.2 Le périmètre	97
4.3 La forme	97
4.4 Altitudes	99
4.5 Courbe hypsométrique	99
4.6 La pente	102
4.6.1 Indice de pente globale	103
4.6.2 Indice de pente moyenne	103
5. Caractéristiques du réseau hydrographique	104
5.1 Hiérarchisation du réseau	104
5.2 Densité de drainage	105
5.3 La pente moyenne du cours d'eau principal	105
5.4 Temps de concentration	105
5.5 Vitesse moyenne de ruissellement	106
Conclusion	106
Chapitre VI : L'évaluation de la vulnérabilité urbaine aux inondations	107
Introduction	108
1. Les événements d'inondations ayant frappé la ville	109
2. Cas des inondations du 1 ^{er} octobre 2011	111
2.1 Impacts des inondations du 1 ^{er} octobre 2011 sur les habitations	113
2.2 Impacts des inondations du 1 ^{er} octobre 2011 sur les équipements	114
2.3 Impacts des inondations du 1 ^{er} octobre 2011 sur les infrastructures routières	114
3. L'évaluation de la vulnérabilité urbaine de la ville d'El Bayadh face au risque d'inondations	115
3.1 Méthode d'analyse hiérarchique multicritères	116
3.1.1 Les critères d'évaluation de la vulnérabilité	117
3.1.1.1 Densité de la population par quartier	118
3.1.1.1.2 La typologie de logement	120
3.1.1.1.3 La typologie des équipements	121
3.1.1.1.4 Réseau routier	122
4. Résultat et discussion	123
4.1 La pondération des critères principaux	123
4.2 La pondération des sous critères	125
5. Systèmes d'Informations Géographiques	128
5.1 Définition du Système d'Information Géographique	128
5.2 Histoire du SIG	129

5.3 Les composants d'un SIG	130
5.4 Domaines d'application des SIG	130
6. Intégration du SIG	131
6.1 Résultats et Discussion	131
Conclusion	134
Conclusion générale	135
Références bibliographiques	140
Annexes	150

LISTE DES ABREVIATIONS

AHM	Analyse Hiérarchique Multicritères
AHP	<i>Analyse Hiérarchique Process</i>
ANRH	Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
APC	Assemblée Populaire Communale
ASAL	Agence Spatiale Algérienne
BS	Bureau de Statistiques
DPSB	Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaires
DRE	Direction des Ressources en Eau
DUAC	Direction de l'Urbanisme de l'Architecture et de la Construction
EM-DAT	<i>Emergency Events Database</i>
MEDD	Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (France)
MNT	Modèle Numérique de Terrain
MRE	Ministère des Ressources en Eau
ONM	Office National de Météorologie
PAPI	Programme d'Action de Prévention des Inondations
PCS	Plans Communaux de Sauvegardes
PDAU	Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme
PER	Plans d'Exposition aux Risques
PGP	Plan Général de Prévention
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
PPR	Plans de Prévention des Risques
SIG	Système d'Information Géographique
SNAA	Système National d'Alerte
SNAV	Système National de Veille

LISTE DES TABLEAUX

Numéro	Titre	Page
1	Classification des risques selon Gleyze	11
2	Les niveaux de la vulnérabilité n fonction de l'aléa	23
3	L'échelle de l'importance	27
4	Indices de cohérence aléatoire	28
5	Les événements d'inondations en Algérie	35
6	Les projets de protection réalisés (2000- 2014)	65
7	L'évolution urbaine de la ville d'El Bayadh	72
8	Répartition des tranches d'altitudes dans la commune	74
9	Répartition des pentes	75
10	Moyenne mensuelle des Précipitations (mm)	78
11	Moyenne mensuelle des Températures (c°)	79
12	Vitesse moyenne annuelle du vent (Km/h)	81
13	Evolution de la population (1987/2020)	82
14	Mode d'occupation des sols	84
15	Les caractéristiques des secteurs	86
16	Le parc de logements	87
17	Le type de logements	87
18	Le type des équipements	88
19	Répartition d'altitudes du bassin versant	100
20	Caractéristiques du bassin versant	106
21	Historique des événements d'inondations	110
22	Le nombre des habitats détruits de chaque quartier.	113
23	Le nombre des équipements détruits de chaque quartier.	114
24	Densité de la population par quartier de la ville d'El Bayadh	118
25	Surface du parc de logement	120
26	Surface des équipements	121
27	Les poids de sous critères	125
28	Les périodes d'évolution des SIG	129
29	Résultats des zones vulnérables	133

LISTE DES FIGURES

Numéro	Titre	Page
1	Définition du risque.	12
2	Les différentes approches de l'évaluation de la vulnérabilité	21
3	Equation scientifique du risque	23
4	La structure générale de la AHP	26
5	Synthèse des méthodes d'évaluation	29
6	La classification des zones à risque d'inondations	39
7	Les villes au plus haut pourcentage d'évènements recensés	39
8	Les dispositifs de gestion des risques	46
9	Principe du barrage à pertuis ouvert	56
10	Structure d'un barrage écrêteur	57
11	Technique de banquettes	59
12	Les fonctionnalités des ouvrages de correction torrentielle	60
13	Schéma de Recalibrage du cours d'eau	61
14	La situation de la zone d'étude	71
15	Les tranches d'altitudes	74
16	La carte de pente	75
17	La nature géologique d'El Bayadh	76
18	Le réseau hydrographique	77
19	Les précipitations Moyenne	79
20	La température Moyenne	80
21	Diagramme Ombrothermique	80
22	Fréquence de vents	81
23	Evolution de la population (période 1987/2020)	82
24	Le taux de la croissance (période 1987/2020)	83
25	Mode d'occupation de sol	85
26	La carte d'occupation de sol	85
27	Les secteurs du tissu urbain	86
28	La classification des équipements	88

29	Schéma du bassin versant	91
30	Organigramme des caractéristiques morphométriques	92
31	Découpage hydrographique de la région	93
32	Le bassin versant Chott Chergui	94
33	Les sous bassins versant Chott Chergui	95
34	Le contexte géographique de la ville dans le bassin versant	95
35	Le model numérique de terrain (MNT).	96
36	Le bassin versant de la zone d'étude	96
37	Courbes de niveau	99
38	Répartition de la surface cumulée	100
39	La Courbe hypsométrique du bassin versant	101
40	La carte de pente du bassin versant	102
41	Hierarchisation du réseau hydrographique	104
42	Délimitation de la zone inondée	112
43	Les zones inondées	112
44	Le processus de l'évaluation de la vulnérabilité	117
45	La carte de la densité de la population	119
46	La carte de la typologie de logement	120
47	La carte de la typologie des équipements	121
48	La carte du Réseau routier	122
49	La comparaison entre les critères	123
50	La priorisation de critères	124
51	Les poids de critères	124
52	La comparaison entre les sous critères de même niveau	126
53	La priorisation des sous critères	126
54	Synthèse de résultat	127
55	Indice de la vulnérabilité globale	127
56	Les composants d'un SIG	130
57	La carte de la vulnérabilité globale de la ville d'El Bayadh	132

LISTE DES PHOTOS

Numéro	Titre	Page
1	Les inondations de Ghardaïa (Octobre 2008)	40
2	Les inondations d'Ain Defla (Octobre 2020)	41
3	Les inondations de Bab El Oued (Novembre 2001)	41
4	Les inondations de Béchar (Octobre 2008)	41
5	Aménagement d'Oued El Harrach	49
6	Recalibrage d'Oued M'zab	50
7	Intervention sur Oued M'zab	50
8	Création d'ouvrages de rétention sur l'Oued MELLAH	51
9	Création d'ouvrages de rétention sur l'Oued MOUZZENE	51
10	Aménagement des Oueds	52
11	Canal de prise sur l'oued pour la dérivation d'un débit de 2,5 m3/s vers le barrage SARNO.	55
12	Barrage d'écêtement (oued MEKERRA).	57
13	La fixation de rive par enrochement	58
14	Recalibrage d'Oued Boumerzoug	62
15	Mur de soutènement	62
16	Ouvrages d'arts (ponts)	63
17	Obstacle solide	63
18	Les projets de protection de la ville	66
19	La rénovation du réseau d'assainissement de la ville	67
20	Curage d'Oued Deffa	67
21	Les premières installations dans la période coloniale	73
22	Habitats détruits	113
23	Axes routiers et ponts détruit	114
24	Impacts sur le réseau d'assainissement	115

Chapitre Introductif

I. Introduction générale

« *Le risque zéro n'existe pas* » (Gendreau, 1998), au fil du temps, le monde est confronté par des diverses catastrophes telles que les catastrophes naturelles, les inondations sont l'un des risques naturels les plus courants et les plus dévastateurs. (Dash & Sar, 2020) , en raison de leurs imprévisibilités.

En 2021, selon les données publiées par l'EM-DAT (*Emergency Events Database*), le monde a enregistré 432 événements catastrophiques, dépassant nettement la moyenne annuelle qui est de l'ordre de 357 événements durant la période (2001-2020) et qui ont causé 10 492 morts et environ 252,1 milliards de dollars comme pertes économiques ou les inondations ont dominé ces événements avec 223 occurrences, en hausse par rapport à la moyenne annuelle de 163 cas enregistrés durant la même période.

L'Afrique n'est pas à l'abri des catastrophes naturelles, du moment qu'on a enregistré pendant la période étalée de l'année 2000 à 2021, 1 137 événements ou le risque d'inondations est classé au premier rang avec 793 événements, causant environ 18 656 morts. (EM-DAT 2021).

L'Algérie est aussi victime des catastrophes naturelles, elle a connu pendant la période (2000-2021) 36 événements dont 33 de nature hydrologique, ces derniers causant environ 1 422 morts. Les inondations les plus dramatiques en Algérie : Bab El Oued en 2001 (plus de 772 morts et disparus), Sidi Bel Abbes en 2007 (7 morts), Ghardaïa en 2008 (47 morts), Bechar en 2008 (8 morts), El Bayadh en 2011 (12 morts), Tébessa en 2018 (1 mort) et Chlef en 2021 (10 morts) (Bilan officiel de la protection civile,2022).

Les risques ne sont produits que par la présence de l'homme et ses activités, alors, la spatialisation de ces éléments et le mode d'occupation de sol, sont des questions de fond dans la problématique du risque dans le secteur de l'urbanisme et l'aménagement du territoire.

Les inondations engendrées par la conjonction aléatoire de facteurs météorologiques violents et les actions humaines (Felsoni et al., 2020), ont des impacts dramatiques sur la vie humaine, sur la situation économique et sur l'environnement (éléments exposés) (Mishra & Sinha, 2020) .

Selon l'approche conceptuelle de la vulnérabilité proposée par Jean-Claude Throuet et Robert d'Ercole (1996), la vulnérabilité englobe les dommages potentiels des enjeux exposés. Donc l'analyse globale de la vulnérabilité est un processus complexe nécessitant des superpositions de nombreuses informations relatives aux enjeux humains, matériels et environnementaux, pour cela dans cette étude, une attention spéciale est accordée à la méthode d'évaluation de la vulnérabilité.(Thouret & Ercole, 1996).

L'augmentation des méfaits des inondations (pertes humaines et économiques), a amené de plus en plus à s'interroger sur la gestion de ce risque afin de réduire les dommages, actuellement, on peut constater à l'instar de nombreux pays, l'importance de la gestion optimale des risques d'inondation dans leurs préoccupations.

À titre d'exemple, la France a mis en place un plan national et d'autres plans locaux de prévention, tels les plans d'exposition aux risques (PER), les plans de prévention des risques (PPR) et les plans communaux de sauvegardes (PCS). En Algérie, la politique de prévention face aux risques majeurs a commencé en 1980, désormais la législation est enrichie par plusieurs dispositions et lois, dont la dernière loi est apparue en 2004.

Devant cette situation, la présente recherche vise à étudier l'évaluation de la vulnérabilité urbaine aux risques d'inondations qui s'applique à la ville d'El Bayadh, (Ouest de l'Algérie), étant donné que cette zone soufferte au fil du temps de nombreuses inondations comme cela s'est passée dans le centre-ville en 2011 qui a causé la mort de 12 personnes et 400 familles sinistrées (Protection civile, 2022).

Dans cette recherche, nous avons suivi la méthode d'analyse hiérarchique multicritères (AHM ou AHP), l'une des méthodologies les plus célèbres dans les évaluations de la vulnérabilité (Tercan & Dereli, 2020), le principe de cette approche vise à simplifier le problème complexe dans une structure hiérarchique des importances ce qui va permettre le calcul de la pondération de chaque critère et sous-critère afin de ressortir l'indice synthétique de la vulnérabilité globale. L'insertion des résultats de l'analyse multicritère dans un système d'informations géographiques (SIG) permettra la spatialisation des enjeux afin d'élaborer la carte globale de la vulnérabilité, ainsi la combinaison de ces deux approches (AHP) et (SIG) fournissent un puissant système d'aide à la décision spatiale. (Kazemi et al., 2016)

- **Problématique**

« Les cours d'eau représentent, pour les riverains, à la fois une richesse et une menace » (Weisrock, 2000), l'eau constitue un facteur de puissance dans toutes les cultures et civilisations, l'homme a toujours préféré s'installer dans des zones de reliefs plats et proches des points d'eau, permettant de pratiquer ses activités habituelles.

Le problème de risque d'inondations n'est pas récent, son existence est liée d'une manière directe avec la présence de l'homme sur terre, mais le souci de la contribution à la réduction des conséquences de cet événement est un sujet d'actualité et un thème de plusieurs débats et études, par rapport à l'augmentation des pertes et l'explosion urbaine. (Selon le PNUD, en 2030, au moins 61% de la population mondiale sera citadine et plus de deux milliards d'individus vivront dans des bidonvilles).

En outre, les risques ne se produisent qu'en présence des facteurs d'aléas et des éléments vulnérables (Humains et Biens), c'est donc l'évaluation et la spatialisation des enjeux qui sont mises en question, en ce sens, la gestion globale du risque d'inondations permet alors d'interroger les méthodes et les processus des deux grands facteurs du risque notamment l'aléa et la vulnérabilité des enjeux.

À l'instar d'autres villes Algériennes, la ville d'El Bayadh a connu plusieurs événements d'inondations dommageables, causant des pertes humaines et des dommages économiques, de ce fait, si la gestion des risques s'est longtemps appuyée sur la maîtrise de l'aléa **cette recherche interroge la vulnérabilité urbaine de la ville d'El Bayadh et sa méthode d'analyse et d'évaluations et leurs impacts dans le but de réduire les méfaits de ce risque.**

- ***Hypothèses***

Nous visons, à travers notre recherche, que ce soit dans sa partie théorique ou analytique et cas d'études, deux grands axes :

a/ la compréhension de ce phénomène, ses causes et ses mécanismes : Une compréhension qui peut permettre aussi bien aux techniciens (architectes, urbanistes, géographes et ingénieurs...) qu'aux autres acteurs urbains (gestionnaires de la ville, habitants...) de connaître le degré d'influence des différents éléments, en particulier, urbains, qui agissent en permanence sur l'essor de l'évolution de la structure et de la texture urbaine de ces villes, par conséquent déceler les véritables facteurs qui sont inhérents au problème d'inondation.

b/ le passage de l'analyse et de l'interprétation à la proposition d'un ensemble de recommandations qui peuvent être, d'un côté, la base d'un "guide" soutenant la conception urbaine et la création urbanistique et architecturale dans la zone étudiée qui a, bien sûr, ses particularités climatiques, géographiques et socio-économiques, et de l'autre, les bases et le fondement d'un outil aidant les collectivités locales à une meilleure gestion de la ville contre les risques d'inondations.

Pour y arriver nous avons élaboré trois hypothèses :

- La ville d'El Bayadh et ses composantes urbaines sont vulnérables face aux risques d'inondations.
- La connaissance, la maîtrise et la spatialisation des enjeux vulnérables contribuent à la réduction des risques d'inondations.
- Le développement des méthodes d'analyse et d'évaluation de la vulnérabilité urbaine conduit à une gestion globale optimale des risques d'inondations.

- **Objectifs de la recherche**

Le territoire national soumis aux inondations qui se manifestent de façon catastrophique, constituant ainsi une contrainte majeure pour le développement économique et social du pays. D'après Le recensement effectué par les services de la protection civile le phénomène concerne une commune sur trois (485 communes) qui est susceptible d'être inondée en partie ou en totalité. Ces inondations sont les catastrophes naturelles les plus fréquentes et les plus destructrices, provoquant d'importants dégâts humains et matériels.

La prévention contre ces risques représente un intérêt particulier pour le développement durable du pays. Face à l'accroissement du risque, seul une action volontaire paraît appropriée, fondée sur le constat que la prise en compte des inondations dans l'aménagement et le développement du territoire ne peuvent se limiter à une approche trop locale, sectorielle et à court terme, mais elle suppose une politique globale de prévention des risques naturels. Une série de mesures a donc été définie en juillet 2003, qui a notamment conduit à l'institution de la loi 04-20 du 25 décembre 2004 relative à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.

L'apport principal de cette étude est de dégager des pistes de réflexion qui nous permettent de nous appuyer sur un socle scientifique solide pour la fabrication d'une ville résiliente aux risques d'inondations. Les questions développées dans cette recherche, ont pour objectifs d'une part d'informer sur le niveau de résilience de la ville par rapport à des scénarios d'inondation, d'autre part d'aider les pouvoirs publics à prendre les décisions adéquates aux temps nécessaires afin d'augmenter le niveau de résilience des milieux urbains et de montrer que d'autres voies méritent d'être explorées afin de sortir de l'impasse actuelle exprimée par la hausse du coût des dommages.

L'évaluation de la vulnérabilité urbaine face au risque d'inondations est un processus très complexe, sachant que l'analyse globale exige un grand nombre d'informations concernant les enjeux humains, matériels et environnementaux (Barczak & Grivault, 2007).

En questionnant sur la réduction de risque d'inondations sous l'angle de l'évaluation de la vulnérabilité urbaine, l'objectif principal de cette recherche est l'évaluation globale de la vulnérabilité urbaine de la ville d'El Bayadh face aux risques d'inondations, tout en canalisant les objectifs secondaires qui sont :

- Identifier les enjeux vulnérables aux risques d'inondations ;
- Evaluer la vulnérabilité des enjeux ;
- Spatialiser et cartographier les zones vulnérables ;
- Fournir un puissant système d'aide pour les autorités locale, afin de prendre des bonnes décisions

- ***Motivation du choix du Thème***

Dans les dernières années, à cause de plusieurs facteurs, la ville Algérienne a connu une forte explosion urbaine et économique, parfois ces pratiques sont rapides, anarchiques et engendrées l'existence des risques de toute nature, en particulier le risque d'inondations à cause de l'installation humaine à proximité des réseaux hydrographiques, ces motifs, nous ont poussé à choisir la thématique relative à l'évaluation de la vulnérabilité de nos villes face aux risques d'inondations.

- ***Choix de la zone d'étude :***

La ville d'El Bayadh, possède une situation géographique stratégique, reliée aux centres urbains régionaux (Saida, Laghouat, Tiaret, Béchar, Naâma), par un trafic routier important à savoir : RN6, RN6A et RN 47.

La ville d'El Bayadh a été confrontée le 01 octobre 2011, par un événement hydrométéorologique désastreux, le bilan officiel de dommages engendrés par cet événement a été très lourd sur tous les domaines, cette ville est considérée comme un exemple concret pour ce type de recherche.

- ***Etat de l'art :***

Plusieurs causes aggravent aujourd'hui la gestion du risque inondation en ville. Depuis 2007, la moitié de la population mondiale vit en milieu urbain (UN-Habitat, 2007). Ce palier atteint, il est attendu que la population totale vivant en ville double dans les 30 prochaines années (Jacques VERON, 2007).

Cette urbanisation rapide s'accompagne généralement d'une expansion urbaine importante. Cette croissance urbaine est à elle seule génératrice de risque puisque d'un côté, cela aboutit à construire la ville dans des zones où les aléas sont plus forts (généralement non constructibles), d'un autre côté, les réseaux techniques urbains ne sont plus adaptés à cette situation et sous dimensionnés pour la collecte et l'évacuation des eaux (Redjem et al, 2020). Le fonctionnement de la ville dépend en grande partie du fonctionnement des réseaux. La moindre défaillance peut avoir des conséquences graves sur le fonctionnement urbain (Robert et al., 2009).

Mais, quel que soit le scénario retenu, des conséquences sur la fréquence et la sévérité des précipitations sont attendues. De même, des périodes de sécheresse plus intenses alterneront avec ces précipitations plus fortes (Lamarre, 2008). Cette sécheresse aura une action directe sur l'imperméabilisation des sols. Ainsi, des précipitations plus intenses sur des sols plus imperméables, augmenteront le risque inondation. De plus, d'autres sources d'inondations provenant des incertitudes liées à la fiabilité des données, à leur acquisition, puis à leur exploitation, compliquent la gestion du risque inondation (Barroca, 2006). C'est

sur la base de ces données incertaines, incomplètes et imprécises que sont produits les modèles de prévision des crues, de même que le dimensionnement des ouvrages de protection.

Dans ce contexte où le monde devient de plus en plus incertain, il devient donc nécessaire de développer de nouvelles stratégies de gestion du risque d'inondation pour anticiper des scénarios d'inondation que les modèles probabilistes jugent comme extrêmes ou rares (Zevenbergen et al., 2011).

Les zones inondables sont soumises à différents types d'inondation, dont les caractéristiques influencent le déroulement des crises et l'ampleur des impacts humains et économiques. Le risque n'est pas le même sur les différents territoires exposés puisque ni l'aléa ni la vulnérabilité ne sont les mêmes ; les crues surviennent de manière plutôt lente sur les bassins plats alors qu'elles se produisent de manière extrêmement rapide et brutale sur les bassins pentus. Aussi, les inondations ne provoquaient pas de catastrophes susceptibles de marquer les esprits si les zones inondables n'étaient pas ou peu occupées par l'homme. (LEDOUX, 2006)

Comme indiqué précédemment, la problématique des risques d'inondations n'est pas une nouveauté, un grand nombre de travaux de recherche, réalisés au cours des dernières années, s'articulaient autour de la vulnérabilité et leur méthodes d'évaluation, visant à contribuer à la gestion et la réduction de ce type de risque, dans cette étape de notre thèse, nous proposons une lecture littérature et scientifique des importantes études et recherches à l'effet de connaître et de savoir ce qui est déjà étudié dans cette problématique .

En 2018, Flora Guillier, dans sa thèse de doctorat, a présenté la vulnérabilité du point de vue de la capacité d'action de la société, afin de contribuer à la gestion des risques, en termes de connaissances et de soutien décisionnel, pour faire l'évaluation de la vulnérabilité dans ce sens, elle propose une démarche empirique de l'efficacité des mesures appliquées au programme d'action de prévention des inondations (PAPI) de France, les résultats obtenus affirment que l'efficacité des actions à réduire la vulnérabilité permet de prendre des décisions pour les gestionnaires et influencent sur la politique de gestion.(Guillier Flora, 2018).

En 2016, Dridi Hadda et al..., dans leurs article, analysent la vulnérabilité urbaine aux inondations au niveau de la ville de Batna, pour effectuer cette évaluation, ils ont suivi la méthode d'analyse multicritères à l'aide d'un système d'information géographique, le résultat obtenu sous forme d'un indice globale de la vulnérabilité. (Dridi HADDA, Guellouh SAMI, 2016)

En 2015, Belarbi Lakhdar et al., publient un article scientifique qui traite l'analyse de la vulnérabilité aux inondations dans la ville de Ghardaïa, ils ont utilisé une approche systématique basée sur l'analyse statistique des cinq paramètres de l'évaluation des risques d'inondations (la morphologie urbaine, la population, la fréquence du risque, la pente et le système de drainage), afin d'identifier les zones à risques d'inondations.(Lakhdar et al., 2015)

En 2013, la thèse de doctorat de Wahiba Menad a pour étude les risques de crues superficielles dans la partie Ouest du Grand Alger, elle utilise les outils de traitements classiques et des simulations numériques pour comprendre les comportements de l'hydrosystème, ensuite elle a hiérarchisé les facteurs aggravants de crues superficielles, afin de fournir un ensemble des éléments pour quantifier et cartographier les risques d'inondations. (Wahiba Menad, 2013).

En 2008, Laroussi Beloulou, dans sa thèse de doctorat, traite le sujet de la vulnérabilité aux inondations de la ville d'Annaba dans un angle hydrologique, il a examiné les inondations en termes de facteurs naturels liés aux spécificités climatiques et en un impact anthropique lié à l'urbanisation et l'aménagement de l'espace, afin de fournir des solutions structurelles et non structurelles. (BELOULOU, 2008).

En 2007, Aleksandra Barczak et al., dans leur article confirment que l'évaluation de la vulnérabilité urbaine face au risque d'inondations exige l'intégration de plusieurs informations relatives aux différents enjeux, pour traiter cette complexité, ils ont proposé l'utilisation du système d'information géographique pour développer les méthodes d'évaluation de la vulnérabilité, les résultats obtenus par l'application de cet outil se présentent sous forme d'un indice global de la vulnérabilité spatialisé. (Barczak & Grivault, 2007).

En 2005, la géographe française Magali Reghezza, elle traite la polysémie du concept de vulnérabilité et scinde les approches de la vulnérabilité en deux branches : la vulnérabilité dite « **physique** », étudiée la vulnérabilité comme conséquence et interroge les éléments physiques de la vulnérabilité, et la vulnérabilité dite « sociale » qui consiste sur l'habilité à la résilience. (Reghezza, 2005).

Toutes les études précédentes ont un seul but commun, c'est la réduction des risques d'inondations dans le milieu urbain, sauf que la différence entre ces études réside dans les méthodes d'évaluation de la vulnérabilité.

L'état de l'art nous a aidé en premier lieu à enrichir nos connaissances en matière de méthodes d'évaluation de la vulnérabilité existantes et à choisir les critères d'évaluations en second lieu.

- **Structure de la thèse**

Afin d'atteindre les objectifs tracés, notre thèse est structurée en un chapitre introductif, Six autres chapitres et une conclusion générale :

Chapitre introductif : est consacré au cadre théorique et conceptuel ayant une relation avec l'objet de la thèse, à l'effet de traiter la problématique, choix de sujet et Procédé de la recherche, en faisant un état de l'art des recherches précédentes. Il a pour objectif de cerner les divers concepts ayant trait à la thématique du risque d'inondation et d'identifier leurs fondements théoriques et méthodologiques, ainsi elle servira de soubassement théorique

Chapitre I : sera consacré à une lecture approfondie sur l'évolution des approches et méthodes d'évaluation de la vulnérabilité afin de développer et d'axer notre réflexion sur les démarches d'évaluation.

Chapitre II : s'appuiera sur une présentation d'un aperçu historique sur les événements d'inondations en Algérie et une lecture sur la politique de gestion et son cadre législatif.

Chapitre III : traitera les processus de la protection des villes contre les inondations dans un premier lieu, et faire un diagnostic à ce qui a été fait par les autorités locales pour la protection de la ville d'El Bayadh contre le risque d'inondations en second lieu.

Chapitre IV : démontrera le cadre de présentation générale de la zone d'étude, afin de déterminer les différentes caractéristiques influençant sur la vulnérabilité globale de la ville d'El Bayadh aux inondations.

Chapitre V : est relatif à l'étude du bassin versant de la zone d'étude pour faire ressortir leurs spécificités.

Chapitre VI : Ce chapitre concernera l'évaluation de la vulnérabilité urbaine de notre cas d'étude, et sa carte globale. Il est consacré à la méthodologie adoptée pour la spatialisation du risque d'inondations menaçant la ville d'El Bayadh par le recours aux outils de la technologie numérique notamment les techniques AHP et SIG

Conclusion générale : Résumera l'ensemble des éléments mise en avant dans les six chapitres.

II. Conceptualisation

Le développement de la compréhension des phénomènes naturels créateurs de risques d'inondations est l'un des axes majeurs de la stratégie générale de réduction du risque, et afin d'évaluer la vulnérabilité urbaine aux risques d'inondations, nous devons comprendre les notions clés relatives au sujet d'étude :

1. Risque

Selon Isabelle Dervaux, le concept « risque », d'origine Italienne « *Risco* », ce mot a été ajouté à la fin du quatorzième siècle aux dictionnaires de la langue française, il est utilisé dans deux sens : dans le vocabulaire maritime pour signifier « le danger lié à une entreprise » et dans le domaine militaire pour désigner « la chance ou la malchance d'un soldat ». (Dervaux, 1983)

On trouve le mot « risque » comme un danger éventuel plus ou moins prévisible dans le dictionnaire « *Petit Robert* », et comme un inconvénient plus ou moins probable, auquel on est exposé, dans le dictionnaire « *Petit Larousse* ».

2. Le risque en science géographique

Le risque c'est une menace potentielle, plus ou moins probable dans un milieu indéfini et dans une période non précisée. (Bailly et al., 2016).

Le risque est une éventualité d'occurrence d'un dégât à cause de la combinaison spatiale et l'assistance humaines. (Pigeon, 2019)

En 2009 ; Texier propose une compréhension du risque dans un angle conceptuel de l'évaluation de la vulnérabilité globale, en interrogeant tous les enjeux exposés dans un territoire et les comportements des populations menacées. (Texier et al., 2009) .

3. Les catégories de risques

Vu la diversité disciplinaire et la manière de comprendre le risque, l'action de la catégorisation de risque devient très complexe.

Généralement, les différentes catégories des risques existants actuellement, ont été établies sur la base de la source d'origine du risque.

En 2002, Jean-François Gleyze, propose une classification des risques, regroupant quatre catégories : (Gleyze, 2002)

- Risques naturels ;
- Risques technologiques ;
- Risques urbains ;
- Risque sanitaires et environnementaux.

Tableau n°01 : Classification des risques selon Gleyze (2002).

Catégorie de risque		Risque
Risques naturels		Séisme
		Inondations
		Cyclones, tempêtes
		Mouvement de terrain
		Avalanches
		Volcans
		Feux de forêts
Risques technologiques		Industriels
		Nucléaires
		Transports de matières dangereuses
		Ruptures de barrage
Risques urbains	Risques bâtiment	Menace de ruines
		Risque diffus (chantier, matériaux...)
	Risque de réseaux	Communication
		Transports
		Énergie (Gaz, Electricité, Eau...)
	Risque de société	Danger pour la tranquillité publique, la sécurité des sociétés
		Risque pour la protection des biens
		Risque diffus (manifestations, grèves...)
Conflits, attentas		
Risque sanitaires et environnementaux		Toxicité, pollutions
		Insalubrité, épidémies, maladies
		Risque alimentaires

4. Le risque naturel

De son appellation, il est lié à la nature, et il est défini comme un menace d'un phénomène naturel, aléatoire plus ou moins probable.(Martin, 2007) .

Il peut être d'origine ;

- **Climatique** : inondation, cyclone, Sécheresse...etc. ;
- **Géologique** : Séisme, Eruption volcanique, Mouvement du Terrain...etc. ;
- **Environnemental** : Désertification...etc.

5. Aléa, Enjeux et Vulnérabilité

Aujourd'hui, la définition du risque la plus utilisable est : le résultat d'un croisement de l'aléa et d'une vulnérabilité.

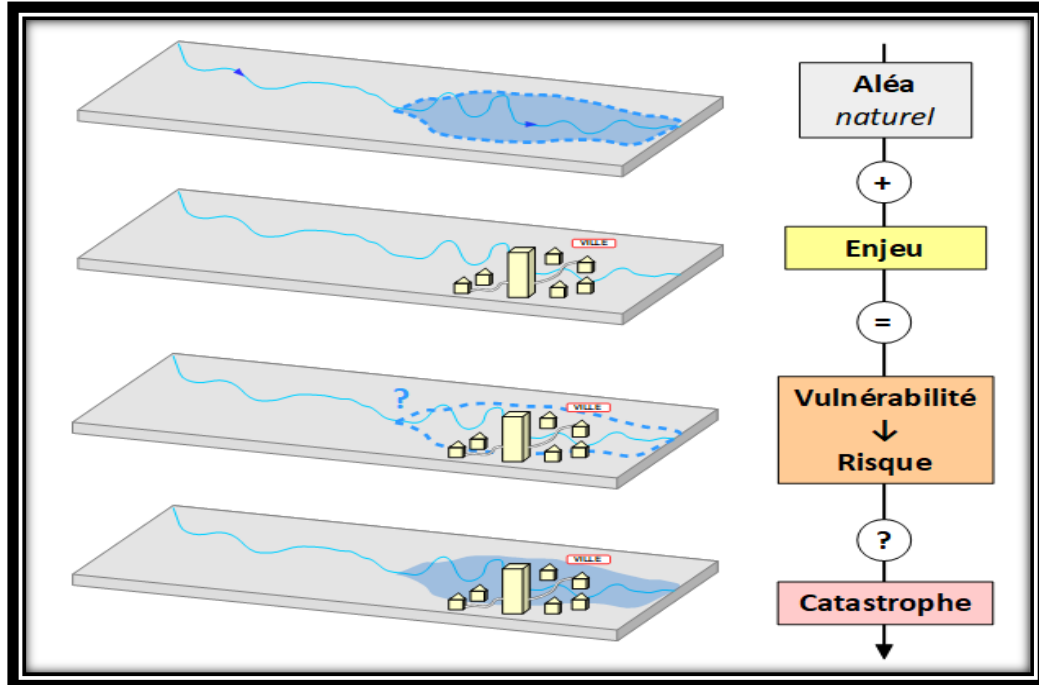


Figure n° 01 : Définition du risque. (Source : MEDD, 2004)

5.1. Quelle définition pour « Aléa » ?

On trouve plusieurs définitions du terme « Aléa » : l'aléa est une menace à spécificités physiques et une probabilité d'occurrence (N. Gendreau, 1998) , selon Dauphiné, l'aléa est un événement agressif d'un moment donné et d'une éventualité d'occurrence sur un territoire (Dauphiné, 2001) , pour Gleyze l'aléa est relatif à la fréquence d'un événement ou sa probabilité d'occurrence (Gleyze, 2002) .

Le PNUD, caractérise les aléas naturels comme ; « ... des phénomènes qui se produisent dans la biosphère susceptible de faire de différents dégâts, et qui peuvent être évités, si les activités humaines comme l'urbanisation arbitraire et la dégradation de l'environnement sont évités. ».

Généralement, l'aléa est défini selon deux paramètres fondamentaux, une probabilité d'occurrence (facteur temporel), et un milieu d'influence (facteur spatial). (Texier et al., 2009) .

5.2.Enjeux

Le mot « Enjeux » signifie tout ce qu'ils sont présents dans une zone à risques et qui sont installés par l'homme, Alors le terme désigne les personnes, les biens de toutes nature, les cultures, les animaux et les actions économiques. (Ledoux, 2006a) .

En outre, on trouve la notion « Enjeux » dans les études de risques comme des facteurs exposés, définis par une utilité fonctionnelle, par une valeur financière et par une validité économique, donc, dans cette vision, le terme « Enjeux » recouvre une estimation donnée.

5.3.Vulnérabilité

La recherche bibliographique sur la définition du terme « vulnérabilité » montre que ce mot était défini par plusieurs auteurs et institutions avec des manières déferentes.

En 1979, l'UNDRO (*office of the United Nations disaster relief*) a défini la vulnérabilité avec un niveau d'endommagement de 0 à 100, issu d'un événement éventuel causé des victimes et des dommages matériels.

Selon Thouret et D'Ercole, le niveau de perte et de dommages causé par un aléa représente la vulnérabilité, la compréhension de la vulnérabilité a pour but de déterminer les comportements des aléas sur le territoire. (Thouret & Ercole, 1996).

Gendreau a défini la vulnérabilité comme une fragilité des installations humaines, quel que soient leur spatial et le risque potentiel. (N. Gendreau, 1998) .

Selon les déferentes définitions, on montre que le terme de la vulnérabilité est liée étroitement avec le mode d'occupation du sol, Donc on peut déterminer la vulnérabilité comme une appréciation ou une évaluation de comportement humaine et économique d'un site susceptible d'être menacé par un aléa.(Ledoux, 2006a).

Tandis que la vulnérabilité est liée aux enjeux, on trouve la classification des types de la vulnérabilité comme suite :

- **La vulnérabilité physique** : liée au taux des dommages potentiels des éléments exposés.
- **La vulnérabilité fonctionnelle** : tendance d'un élément exposé à souffrir d'une perte de fonctionnalité.
- **La vulnérabilité sociale** : consiste sur le facteur de la population et la possibilité de subir des pertes.
- **La vulnérabilité biophysique** : c'est la vulnérabilité territoriale, comporte les enjeux physiques et les espèces humaine et animale.

6. Vulnérabilité urbaine

La vulnérabilité en milieu urbain, résulte d'une convergence d'au moins quatre paramètres, deux extérieurs au espace urbain : la rapidité de la croissance urbaine et la disparité des critères de développement socioéconomiques, et deux paramètres intrinsèques : les effets destructeurs des phénomènes naturels et la morphologie urbaine.(Ledoux, 2006a)

Selon Robert D'ERCOLE (1996), la vulnérabilité d'un espace urbain avec toutes sa composante se déterminer de manière qualitative et quantitative des éléments structurels : sociodémographiques, économiques, socioculturels, fonctionnels, institutionnels ...etc.

L'étude de ces éléments permet de faire un constat pluridisciplinaire, et offrir une base de données historique fiable sur le milieu urbain étudié.(Thouret & Ercole, 1996) .

7. Le risque d'inondations

Suite à la recherche bibliographique, on montre que la littérature est très riche en définitions de ce risque, généralement est défini comme un événement dommageable, produit par le croisement d'un aléa d'origine climatique (hydrométéorologique), et de la vulnérabilité sociétale.

Plusieurs auteurs adoptent le risque d'inondations comme un phénomène actif, restreindre dans le temps et dans l'espace (Gleyze, 2002; Lambert & Prunet, 2000; Scarwell & Laganier, 2004) .

Selon Bruno Ledoux, on peut distinguer cinq formes d'inondations :

- Les inondations par ruissellement ;
- Les inondations de plaine ;
- Les inondations par remontées de nappes phréatiques ;
- Les inondations par crues torrentielles ;
- Les inondations marines.

Chapitre I
***Le risque d'inondations :
méthodes d'évaluation***

Introduction

Les risques d'inondations sont parmi les risques naturels les plus dommageables à l'échelle mondiale, sont dus à l'interaction complexe de nombreuses composantes, sont considérés comme un produit de la simultanéité de facteurs topographiques, géologiques météorologiques avec l'existence anthropique.

La vulnérabilité urbaine face aux risques d'inondations consiste sur l'ensemble des enjeux (humains, matériels, environnementaux.), installés aux zones menacées, donc les démarches d'évaluation de la vulnérabilité exigent de déterminer clairement les composantes de risque.

Les méthodes d'évaluation de la vulnérabilité sont étroitement liées à l'étude des types des enjeux exposés aux risques, ces méthodes ont conduit à identifier et quantifier les éléments vulnérables afin de réduire les conséquences des risques.

Depuis plusieurs années, on trouve des différentes disciplines visant la vulnérabilité et ces méthodes d'évaluation, ce qui rend difficile d'avoir une méthode unique, car les indicateurs de mesure sont établis en fonction de chaque discipline.

À ce titre le but essentiel de ce chapitre et de faire une lecture sur l'évolution des approches et méthodes d'évaluation de la vulnérabilité afin de développer et d'axer notre réflexion sur les démarches d'évaluation.

1. L'évaluation du risque inondation

La hausse augmentation de l'intensité des événements naturels tels que le risque d'inondations provoque des déséquilibres dans le territoire au niveau social, économique et environnemental, la lutte contre les événements d'inondations en milieu urbain est un fait extrêmement complexe à cause de la multiplicité des intervenants d'une part, et la complexité des différents enjeux exposés d'autre part, en effet, les risques d'inondations ont longtemps été analysés en termes d'aléas. Les décideurs et les scientifiques sont accentué sur les aléas, d'abord, les géographes du risque sont généralement formés aux aléas (géo-climatologie, géomorphologie, hydrologie). (Leone & Vinet, 2006) .

L'évaluation de risques d'inondations nécessite une bonne estimation des composantes de ce risque, en adoptant le risque naturel comme un résultat de conjonction d'un aléa et d'enjeux, donc le processus d'évaluation de ce risque se base sur l'évaluation de l'aléa et de la vulnérabilité, c'est-à-dire, l'évaluation de risque d'inondations est une appréciation et estimation de la valeur de l'aléa, et une identification et analyse de la vulnérabilité pour limiter et réduire les enjeux exposés.

L'évaluation de l'aléa « inondation » c'est chercher à caractériser leur intensité, s'exprime généralement par la hauteur de submersion, la vitesse de l'écoulement et la durée de la submersion.

L'évaluation de la vulnérabilité c'est chercher à recenser, à identifier et à localiser les enjeux exposés aux phénomènes d'inondations et les hiérarchiser en fonction de leur plus ou moins vulnérable.

1.1 Méthodes d'évaluation de l'aléa « inondation »

Généralement, l'analyse de l'aléa « inondation » se base sur l'appréciation de la crue génératrice de l'inondation, en effet, l'analyse de cette composante de risque appelle à trois approches principales : historiques, hydrologie et hydraulique.

1.1.1 Approche historique et retour d'expérience

L'approche historique permet de retracer le déroulement d'un événement, elle consiste à recueillir des informations sur les crises constatées, cette approche est aussi utilisée dans le domaine d'évaluation des risques et leurs composantes (Aléa, Vulnérabilité).

L'investigation sur l'historique d'un événement a pour comprendre le passé, en particulier l'histoire au sens vague des aléas et l'intensité des phénomènes, l'étude historique est apparue dans nombreuses recherches comme « approche de retour d'expérience ».

Le retour d'expérience est une procédure transversale, afin de donner des angles de réflexion, plusieurs définitions de retour d'expérience soulignent l'importance de l'investigation chronologique des risques :

- « *Le retour d'expérience pour les risques est l'analyse détaillée d'un événement passé, dans le but d'améliorer la connaissance et de renforcer si nécessaire, la chaîne de sécurité.* » (Wybo, 2009) .

- « *Le retour d'expérience est une démarche consistant à apprendre de ce qui se passe et de ce que s'est passé pour mieux maîtriser l'avenir.* » (Mortureux, 2002)

1.1.2 Approche hydrologie

Cette approche a pour but d'étudier les ruissellements, les flux des cours d'eau et les inondations, donc elle consiste sur les paramètres des cours d'eau ; l'objectif principal de ce type d'étude est de déterminer les périodes de retours et de définir les débits de crue et la durée de submersion. (Lelièvre et al., 2008)

1.1.3 Approche hydraulique

L'hydraulique est la science du traitement des crues en tenant compte la morphologie de la surface en termes de formes, pentes et perméabilités, pour estimer la hauteur de l'eau de l'écoulement, ensuite pour calculer la vitesse du courant. (Arnaud-Fassetta et al., 2002).

1.2 Méthodes d'évaluation de la vulnérabilité

La vulnérabilité est une composante fondamentale dans l'équation de risque global, l'une de nombreuses définitions de cet élément est celle de Robert D'Ercole (1994), la vulnérabilité se distingue en deux grandes divisions, la première du point de vue **Social** comme une propension à l'endommagement, la deuxième du point de vue **Technique** en tant qu'une quantification de l'endommagement, donc leur analyse a une même importance avec l'analyse de l'aléa.

Au regard de l'ensemble des travaux de recherche sur la gestion des risques naturels, on constate que la vulnérabilité est un élément fondamental et très essentiel dans la gestion globale des risques, tandis que la notion de la vulnérabilité est très polysémique et incontournable évolutive par le temps et même par l'espace, cette notion de vulnérabilité caractérisée par des enjeux matériels et immatériels (Laganier & Scarwell, 2003) , la diversité des disciplines qui étudient la vulnérabilité (pour chaque discipline sa définition), engendrant des divergences pour la gestion des risques, la pluralité de ces définitions montre des différents aspects de la vulnérabilité.

Le but et l'objectif général de ces disciplines sont communs, contribuant à la réduction du risque global, donc il est nécessaire de faire une lecture approfondie sur les démarches d'évaluation de la vulnérabilité déjà existantes pour choisir une méthode (démarche) convenable et adéquate pour notre recherche (objet de la thèse).

Les chercheurs français Jean-Claude Thouret et Robert D'Ercole partent de l'étymologie du terme de vulnérabilité : la vulnérabilité est le fait d'être sensible aux blessures, aux attaques ou d'éprouver des difficultés pour recouvrir une santé mise en péril.

Cette définition revient alors la prise en compte de deux effets de la vulnérabilité aux risques naturels. : (Ledoux, 2006a)

- Les dommages éventuels ou la capacité d'endommagement des phénomènes naturels menaçants ;
- La difficulté de la société mal préparée face à la réaction adéquate vis-à-vis la crise.

Ces deux effets nous mènent à deux approches du système de vulnérabilité :

- **L'approche 1 :** est de mesurer les dommages potentiels aux éléments exposés.
- **L'approche 2 :** cette approche est complémentaire de la première et vise à identifier les conditions ou les facteurs qui affectent la capacité à répondre aux situations de crise.

1.2.1 La vulnérabilité comme un système

Selon Thouret et D'Ercole, la vulnérabilité est un système qui implique des dommages physiques et moraux aux humains et des dommages potentiels aux éléments exposés. (Thouret & Ercole, 1996)

Ce système est soumis à de nombreux facteurs structurels, géographiques et situationnels :(Ledoux, 2006a)

- Sociodémographique et économiques ;
- Socioculturels ;
- Techniques ou physiques relatifs au bâti et aux matériaux exposés ;
- Fonctionnels ;
- Institutionnels.

Ces différents facteurs de vulnérabilité ont leurs propres échelles temporelles et spatiales, selon la nature de l'élément vulnérable, le plan organisationnel, la situation géographique et la phase d'analyse (avant, pendant ou après la crise). Donc, il est clair que la vulnérabilité est définie comme un système dynamique basé sur de nombreux facteurs directs et indirects, souvent en interactions complexes. (Leone & Vinet, 2006) .

1.2.2 La vulnérabilité comme une propension à subir des dommages

Lors du colloque international « Croissance urbaine et risques naturels dans les pays en développement », tenu les 2 et 3 décembre 1994 à l'université Blaise-Pascal, Clermont-Ferrand, plusieurs interventions ont examiné le sujet de la vulnérabilité des sociétés et des milieux urbains.

Robert D'Ercole (géographe français) a élaboré une lecture transversale de ces communications et présenter une synthèse générale sur les concepts et les différentes approches de la vulnérabilité et publie sous forme d'un article en 1996 (Thouret & Ercole, 1996), Cet article a été adopté dans de nombreux ouvrages et travaux scientifiques qui s'intéressent la vulnérabilité aux risques naturels comme une référence nécessaire pour comprendre les méthodes d'évaluation de la vulnérabilité des facteurs exposés aux risques naturels.(Gleyze, 2002; Hafnaoui et al., 2020; Lamaury et al., 2021; Ledoux, 2006a; Leone & Vinet, 2006) .

Après avoir consulté cet article, nous avons constaté que l'auteur a distingué trois démarches ou approches d'analyse du système de la vulnérabilité : (Thouret & Ercole, 1996)

1.2.2.1 Démarche qualitative

Cette approche présente la vulnérabilité exposée comme la propension d'une société donnée à accepter des dommages dans l'éventualité en cas d'un phénomène naturel ou anthropique. Cette tendance varie en fonction du poids de certains facteurs qu'il est indispensable d'identifier et d'analyser, ils provoquent une certaine forme de réaction de la société pouvant aller de l'absorption passive au refus radical des dommages.

1.2.2.2 Démarche semi-quantitative

Cette deuxième approche, consiste sur la décomposition de la société en groupe sociaux et spatiale sur une hiérarchisation, en fonction les degrés d'exposition des personnes, biens et activités.

1.2.2.3 Démarche quantitative

La dernière approche c'est de quantifier la vulnérabilité par un pourcentage d'endommagement ou un degré de pertes potentiels résultant d'une catastrophe engendrée des dégâts au niveau de domaine matériels, social et environnemental, en effet la démarche de degré de pertes potentielles a été développée par les Nations-unies en 1993 sous la forme d'un indicateur compris 0 et 1 .(Gleyze, 2002) .

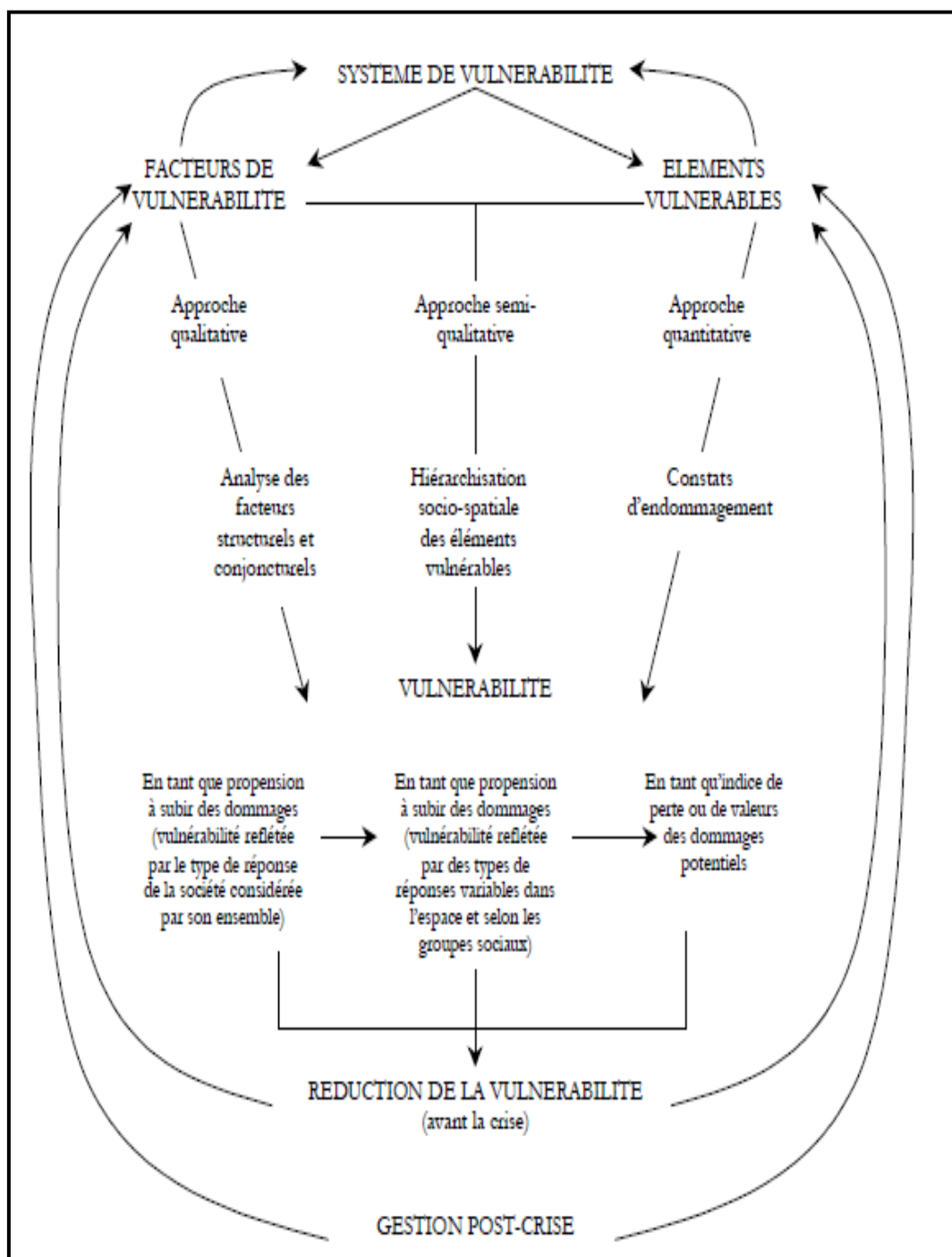


Figure n° 02 : les différentes approches de l'évaluation de la vulnérabilité développé par Robert D'Ercole 1995

1.2.3 La vulnérabilité des enjeux

En partant de la définition du « Gleyze » ; la vulnérabilité consiste sur la gravité des conséquences de l'incident sur l'ensemble des enjeux exposés (social, Matériels et Activité, Environnemental).

D'autre part, selon Robert d'Ercole, la notion de la vulnérabilité se retrouve dans les études de risques sous forme :

La vulnérabilité peut correspondre à une mesure de l'endommagement éventuelle des biens, personnes et activités et ses répercussions sur le contexte économique.

La vulnérabilité peut être perçue à travers la capacité de tolérance des sociétés à des crises potentielles.

Selon les deux idées précédentes, et au regard des différents travaux scientifiques sur la gestion des risques et l'analyse de la vulnérabilité, on peut regrouper les approches de l'évaluation de la vulnérabilité en deux axes principales : (Ercole et al., 2015; Reghezza, 2005)

- **La vulnérabilité sociale** : consiste sur le volet social.
- **La vulnérabilité biophysique**, étudie la vulnérabilité comme conséquence sur les enjeux physiques de la vulnérabilité afin de déterminer les dommages. (Leone & Vinet, 2006) .

Ces deux axes peuvent être rétrospectifs ou prospectives quantitatives ou qualitatives, et prendre en compte les différents facteurs de la vulnérabilité globale (Humaine, Matériels, environnementales...Etc.).

1.2.3.1. La vulnérabilité sociale :

Plusieurs définitions de la vulnérabilité sociale ont été retrouvées (Leone & Vinet, 2006; McEntire, 2012), le géographe **Blaikie** et ses collègues présentent une définition synthétique de la vulnérabilité sociale en fonction de capacité d'un individu ou d'un groupe d'anticiper les résultats d'un risque naturel, d'y faire face, d'y résister et de s'en remettre ». (Blaikie et al., 2005)

Les méthodes d'évaluation de la vulnérabilité sociale considèrent plus le problème de la réaction des personnes de la société face à une crise potentielle (Guillier & Flora, 2018).

En basant sur les seuils socioculturels, on peut regrouper les façons de réactions sociétales en trois grandes formes suivantes : (Thouret & Ercole, 1996)

- L'acceptation de l'endommagement
- L'impact lié à la réaction faible.
- L'acceptation de la réduction de l'endommagement.

1.2.3.2 La vulnérabilité biophysique :

La vulnérabilité en qualité de conséquence sur les éléments physiques afin de déterminer l'endommagement, la vulnérabilité que l'on va quantifier de biophysique est étendue comme « Action de l'aléa, de l'exposition et de la sensibilité aux impacts de l'aléa » (Reghezza, 2005) , elle est donc identifier par la nature de l'aléa.

Auquel le système « Enjeux » est exposé, c'est-à-dire, elle est pensée en termes de dommages ce qui implique sur la vulnérabilité globale.

Dans cette approche le risque considère comme « **espérance des dommages** » (Gleyze, 2002) , ici le risque se présente comme un croisement de l'aléa et de la vulnérabilité suivant la formule au-dessus:

$$\text{risque} = \underbrace{\text{aléa}}_{\text{probabilité d'occurrence du phénomène}} \times \underbrace{\text{vulnérabilité}}_{\text{dommages potentiels consécutifs à la réalisation du phénomène}} = \text{espérance des dommages déplorés suite à l'événement redouté}$$

Figure n° 03 : Equation scientifique du risque (Source : Gleyze, 2002)

L'évaluation de la vulnérabilité dans ce sens se faite en fonction de l'aléa, de fait la notion « **espérance de dommages** » est simplifiée par l'utilisation d'un tableau quantifiant le degré de l'aléa et de la vulnérabilité. (Manche, 2000), tableau n°02

Tableau n° 02 : Les niveaux de la vulnérabilité n fonction de l'aléa (Manche, 2000)

	Vulnérabilité forte	Vulnérabilité Moyenne	Vulnérabilité faible
Aléa fort	Fort	Fort	Moyen
Aléa Moyen	Fort	Moyen	Moyen
Aléa faible	Moyen	Moyen	Faible

Donc, lorsque nous tentons d'évaluer la vulnérabilité, nous nous heurtons à la pluralité de définitions et des approches, de nombreux auteurs insistent aujourd'hui sur la nécessité d'une approche synthétique de l'évaluation de la vulnérabilité. (Roberts et al., 2009; Young et al., 2006)

1.2.4 Approche synthétique de la vulnérabilité :

Selon André Dauphiné (2003), la vulnérabilité synthétique reflète la fragilité d'un système et sa composante et de façon indirecte, sa capacité à maîtriser la crise générée par un aléa, c'est-à-dire plus un système est qualifié à se rétablir la catastrophe moins il est vulnérable. (Dauphiné, 2003)

L'approche synthétique envisagera la vulnérabilité par le type d'enjeux (Leone & Vinet, 2006)

- Structurale ;
 - Corporelle ;
 - Humaine ou sociale ; ;
 - Institutionnelle ;
 - Environnementale ;
 - Fonctionnelle.
-
- ✓ **Structurale** : généralement, l'objectif de l'évaluation du facteur structurelle est de définir la fragilité technique des immeubles et des infrastructures face aux risques potentiel.
 - ✓ **Corporelle** : ce facteur vise à évaluer les pertes humaines en fonction du degré des dommages.
 - ✓ **Humaine ou sociale** : ce facteur soulève la problématique de la capacité d'adaptation, et les comportements face aux événements dommageables.
 - ✓ **Institutionnelle** : ce facteur a pour but d'analyser la capacité de réaction des entités face à une crise.
 - ✓ **Environnementale** : Evaluer les impacts et les effets d'une catastrophe sur les éléments composantes du milieu naturel (Ressources en eau, végétation ...Etc.).
 - ✓ **Fonctionnelle** : Estimation de l'efficacité de la politique de prévention et de l'organisation de secours en cas de risque.

1.2.5 Approche de l'analyse multicritères de la vulnérabilité :

Si la vulnérabilité un système complexe composé par des différents facteurs, leur évaluation exige l'insertion de nombreuses informations liées aux enjeux exposés à une crise potentielle (Des enjeux humains, matériels, environnementaux ...Etc.), à ce titre plusieurs auteurs proposent les méthodes hiérarchiques multicritères (AHP) pour analyser et évaluer la vulnérabilité.

La méthode d'analyse multicritère hiérarchique (AHP), a développé en 1971 par Thomas Saaty (Wind & Saaty, 1980) , "C'est une théorie de la mesure relative des critères intangibles" (Saaty, 1988) . Cette méthode est un cadre pour une prise de décision efficace et rapide par la simplification et la dissociation du problème complexe en parties. (Amrozi et al., 2020).

En effet, la méthode hiérarchique multicritères est une procédure systématique pour représenter les éléments d'un problème quelconque (Saaty, 1982) . Cette méthode permet de calculer les poids et d'évaluer les critères.

Les méthodes hiérarchiques multicritères (AHP) s'utilisent généralement dans les domaines de gestion des entreprises ou des projets, lorsque les décideurs se trouvent confrontés par des problèmes complexes relatifs au choix ou d'évaluation.

Les approches multicritères ont été déjà utilisées avec succès dans le domaine de l'évaluation de la vulnérabilité globale des territoires face aux catastrophes, en matière de risque d'inondations, la méthode (AHP) a été utilisée pour comparer la vulnérabilité de différents sites selon des critères socio-économiques, hydrauliques et organisationnels de secours (Amrozi et al., 2020; Dash & Sar, 2020; Hu et al., 2017; Kazakis et al., 2015; Levy, 2005; Sinha et al., 2008; Vaidya & Kumar, 2006; Zou et al., 2013)

1.2.5.1 Le processus de la méthode hiérarchique multicritères

Les techniques multicritères hiérarchiques visent à caractériser la vulnérabilité des zones urbaines exposées aux risques liés aux modes d'utilisation des sols, en comprenant la vulnérabilité quantitativement à partir d'une variété de données qualitatives. Chaque critère de vulnérabilité est normalisé puis pondéré selon son importance supposée. Enfin, un seul indice d'évaluation définit la valeur globale de l'usage du sol en matière d'enjeux socioéconomiques. (Barroca et al., 2005) .

Thomas Saaty organise la méthode (AHP) en trois étapes principales : la décomposition du problème, la comparaison et la synthèse des priorités et l'étude de la cohérence des jugements.

a) La décomposition du problème

La méthode AHP scinde le problème global à des critères plus petits évaluable en conservant leurs impacts sur l'ensemble, le principe de l'AHP appliquée ; le problème est fragmenté en trois niveaux : objectif, critères et Alternatives possibles. (Bojovic & Milenkovic, 2008)

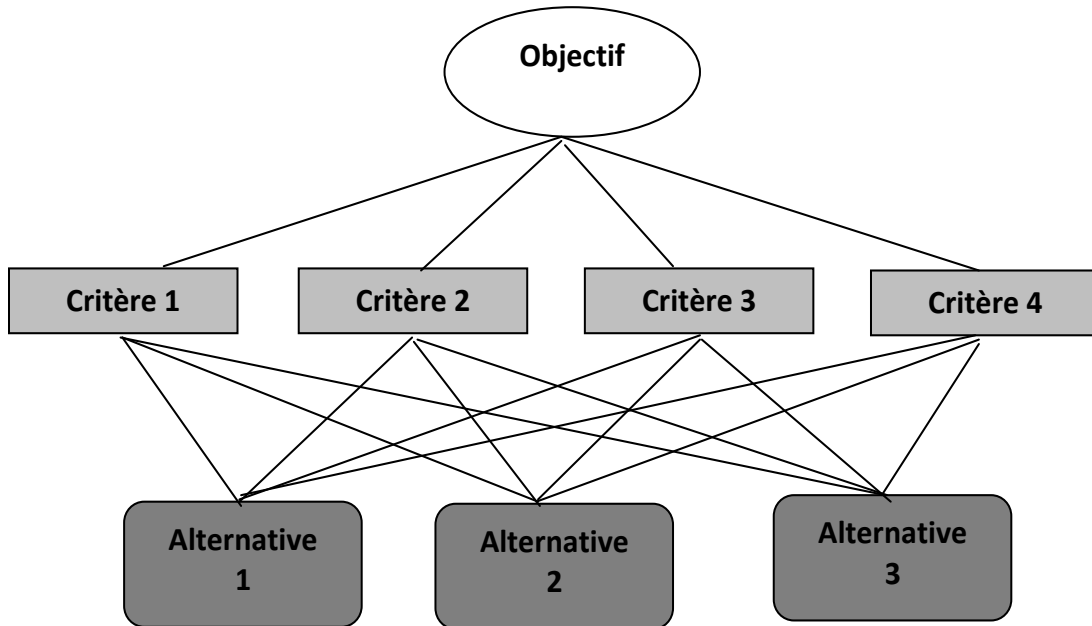


Figure n° 04 : La structure générale de la AHP (Source :Ouma & Tateishi, 2014)

b) La comparaison :

La construction d'une matrice carrée pour la comparaison relative de critères de même nature et de même niveau de la hiérarchie (Renard & Chapon, 2010)

Critère	C ₁	C ₂		C _n
C ₁	1			
C ₂		1		
.....			1	
C _n				1
	ΣC_1	ΣC_2		ΣC_n

L'utilisation de l'échelle numérique adéquate proposée par Saaty 1980 (tableau n° 03) pour l'évaluation de l'intensité de l'importance uniquement pour la partie supérieure de la matrice (La partie inférieure contenant les résultats réciproques). (Renard & Chapon, 2010)

Tableau n°03 : L'échelle de l'importance

Degrés d'importance de chaque caractéristique	Définition	Explication
1	Importance égale	Deux caractéristiques contribuent de la même façon à l'objectif.
3	Faible importance d'une caractéristique par rapport à une autre	L'expérience et l'appréciation personnelles favorisent légèrement une caractéristique par rapport à une autre.
5	Importance forte ou déterminante	L'expérience et l'appréciation favorisent fortement une caractéristique par rapport à une autre.
7	Importance très forte ou attestée	Une caractéristique est fortement favorisée et sa dominance est attestée dans la pratique
9	Importance absolue	Les preuves favorisant une caractéristique par rapport à une autre est aussi convaincantes que possible.
2,4,6,8	Valeurs associées à des jugements intermédiaires	Lorsqu'un compromis est nécessaire.

c) La priorisation et étude de la cohérence des jugements :

c.1) Priorisation

Parmi les meilleures méthodes pour mesurer le poids des critères, c'est la moyenne géométrique. Cette dernière est calculée en multipliant les éléments de chaque ligne et en prenant leur nième racine où (n) est le nombre de critères. Ensuite, normalisez la colonne de la somme des entrées ; le poids de chaque critère est obtenu en divisant chaque entrée par la somme de toutes les entrées (Saaty, 1982)

Il est nécessaire de signaler que la somme des poids de tous les critères est égale à 1.

c.2) Cohérence des jugements

Pour tester la cohérence et juger si les données obtenues ont un rapport logique entre elles, Thomas Saaty propose de suivre les démarches suivantes :

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

Où $\lambda_{\max}$ c'est la plus grande valeur propre de la matrice :

$$\lambda_{\max} = (Pr_1 * \sum_{c1} + Pr_2 * \sum_{c2} + \dots + Pr_n * \sum_{cn})$$

$$RC = \frac{IC}{IR}$$

Le taux de cohérence final (RC) c'est le contrôle des évaluations, si sont suffisamment cohérentes ; le IR c'est l'indice de cohérence aléatoire en fonction de nombre des critères utilisé dans la matrice (tableau n° 04)

Tableau n°04 : Indices de cohérence aléatoire (Saaty 1982)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

D'après Thomas Saaty, si le RC est supérieur à 0.1, il y a une incohérence dans les évaluations, donc la matrice devra être réévaluée (Hafnaoui et al., 2020; Thaibaoui et al., 2022) .

1.2.6 Synthèse des méthodes d'évaluation de la vulnérabilité

À la lumière de ce qui précède, on peut résumer les différentes approches d'évaluation de la vulnérabilité en deux grandes approches complémentaires :

- **Approche rétrospective** : consiste sur le cadre de retours d'expérience.
- **Approche prospective** : consiste sur les méthodes d'évaluation.

Pour les deux approches, on peut évaluer la vulnérabilité, de façon quantitative ou qualitative soit à travers :

- La sensibilité aux dommages ;
- La détermination de l'endommagement ;
- L'habilité de réaction à l'endommagement.

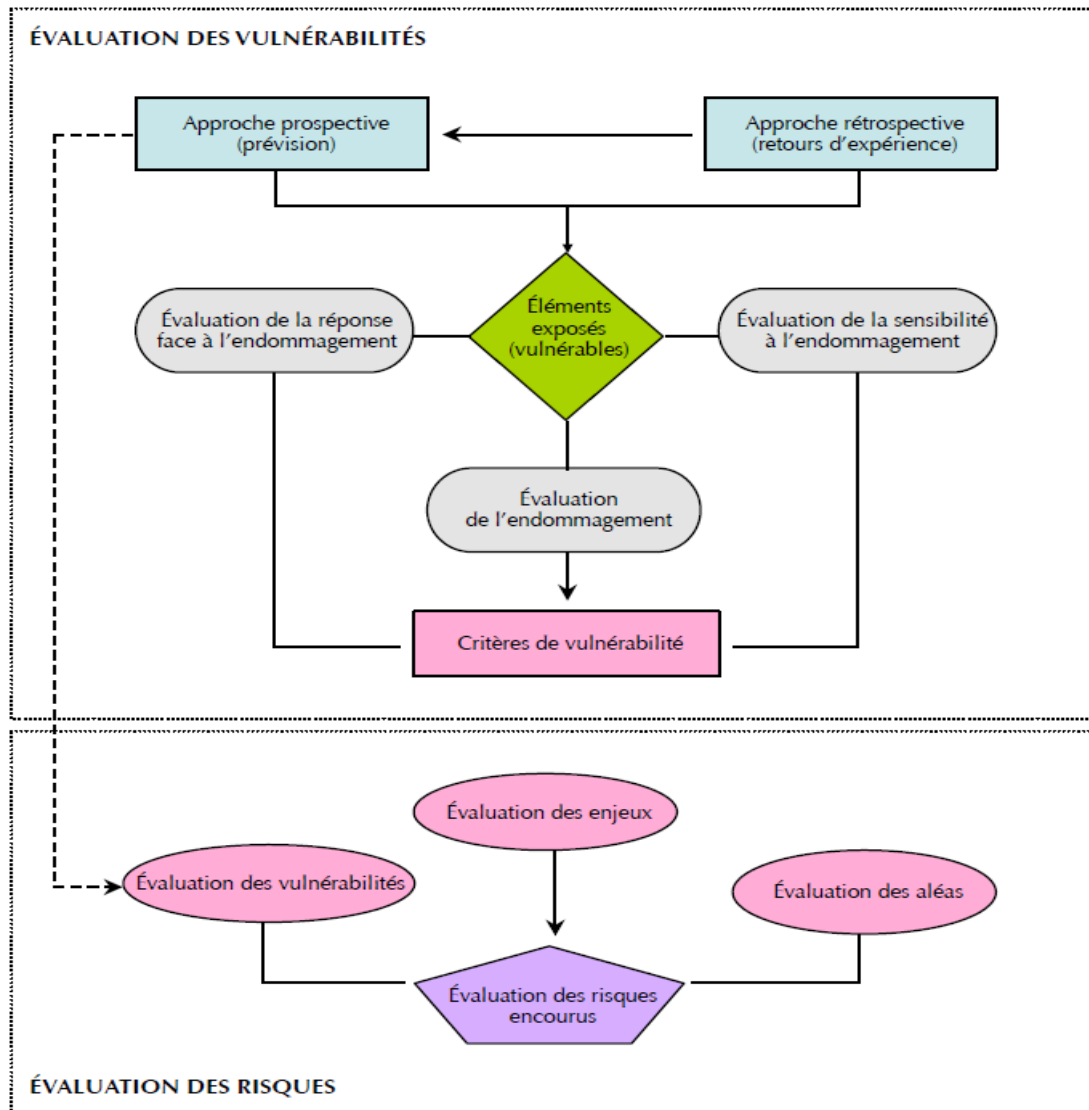


Figure n° 05 : Synthèse des méthodes d'évaluation (Source : Leone & Vinet, 2006).

2 La gestion du risque d'inondations

La gestion du risque d'inondations consiste sur l'ensemble des techniques, procédures et méthodes qui peuvent être mises en place et opérationnels pour réduire les impacts et les effets de cet événement.

La difficulté de la gestion du risque d'inondations traduit par l'intervention de plusieurs acteurs, donc les solutions sont multiples et multiformes, mais pour un but commun (la réduction du risque).

De façon générale, les procédures de gestion de risque d'inondations peuvent être regroupées en deux grandes actions :

- ***Des actions structurelles agissent sur le caractère aléatoire du phénomène.***
- ***Des actions non structurelles pour réduire la vulnérabilité et les dommages.***

2.1 Les actions structurelles

Ce sont des interventions et des actions physiques sur les caractéristiques hydrologiques de l'aléa afin de réduire les conséquences des inondations, étant donné la difficulté de contrôler les événements météorologiques tels que les inondations et leurs gravités sur le territoire, la réduction de l'endommagement se fait par des modifications sur l'écoulement des rivières de manière la fréquence des crues revues à la baisse, on peut résumer les interventions à incidence structurelles en deux formes :

2.1.1 Augmentation des capacités d'écoulement :

C'est des interventions assurées par les aménagements des cours d'eau, ces aménagements peuvent être sous forme de rectification et recalibrage de lit, constructions des ouvrages d'art, et mise en place des systèmes d'évacuation de l'eau ruisselante.

2.1.2 Augmentation des capacités de stockage

Ce sont des projets à pour but d'augmenter la capacité de stockage des eaux ruisselantes afin de diminuer la vitesse et le débit de l'écoulement, tels que la construction des bassins de rétention des eaux d'orage et de ruissellement.

2.2 Les actions non structurelles

Ce sont des mesures misent sur le changement de certains comportements sur le milieu pour le but de réduire la vulnérabilité des enjeux exposés, ces mesures peuvent être sous forme de réglementations, préventions et d'alerte (Gleyze, 2002) .

Selon Grélot, les mesures non structurelles peuvent être groupées en quatre catégories (Grélot, 2004) .

1. Modification des modes d'occupation du sol ;
2. Intervention sur les éléments physiques ;
3. L'engagement d'une gestion dynamique pour les enjeux mobiles ;
4. Système de mutualisation ou d'assurance.

3 La prévention du risque

Le processus de la prévention du risque naturel de manière générale, c'est l'ensemble des actions et mesures tendant à éviter l'existence du risque, quand le risque naturel est un résultat d'une conjonction de l'aléa et la vulnérabilité, la prévention donc consiste à diminuer la probabilité d'occurrence de l'événement et à réduire la fragilité des enjeux exposés.

Généralement, la prévention du risque se base sur sept pilotes :

- 1) **La connaissance des aléas** : l'efficacité de prévention des risques naturels se base fondamentalement sur la disponibilité de données fiables sur l'événement en temps opportun ; l'ensemble des éléments d'informations afférentes à ces risques sont recueillis par les services de l'état qui disposent de moyens scientifiques appropriés, les données disponibles doivent être mis à la disposition de l'ensemble des intervenants responsables du dispositif mis en place à cet effet.
- 2) **La surveillance des phénomènes** : l'objectif principal de la surveillance des phénomènes vise à disposer de données suffisantes avant sa production, en vue de prendre à l'avance l'ensemble des dispositions nécessaires dont la plus importante c'est l'alerte donnée aux citoyens potentiellement touchés par les risques en question.
- 3) **L'information préventive** : la mise à la disposition de la population des données sur les risques encourus par phénomène prévu est primordiale, sensibilisation de la population concernée sur l'événement reste aussi essentielle en vue de leur permettre de prendre l'ensemble des dispositions nécessaires en vue de limiter au maximum les risques encourus par un comportement approprié apte à faciliter l'intervention des autres parties.
- 4) **La maîtrise de l'urbanisation** : considérée comme un outil très efficace qui consiste à utiliser la réglementation d'utilisation des sols en fonction des risques son principe et d'interdire la construction sur des zones à haut risque d'aléas et à la limiter au maximum par un outil phare de cette maîtrise et le plan de prévention des risques à l'échelle communale.
- 5) **La réduction du risque** : par des fonds spéciaux destinés principalement à financer le programme d'action tracé par l'Etat.

- 6) **La préparation** : le maire considéré comme le premier responsable des biens et des personnes qui a le devoir d'élaboration du plan communal de sauvegarde, se basant sur les mesures de protection immédiate des personnes aussi des consignes de sécurité et le mode de diffusion pour alerter la population de la commune, il a pour mission aussi d'accompagner et de soutenir ce dernier.
- 7) **Le retour d'expérience (REX ou RETEX)** : les événements ou les catastrophes qui se sont passés au paravent sont des éléments essentiels pour la collecte des informations afin d'analyser leurs causes et faire le correctif des mesures prises, ça permet de faire un constat et mieux gérer les crises au futur, c'est une démarche qui permet la réduction des coûts des catastrophes.

4 La gestion des inondations dans le monde

Aux Etats-Unis, la gestion de risque d'inondations se base sur l'idée de coûts-avantages, le *Federal Emergency Management Agency (FEMA)* c'est le modérateur principal de la gestion de ce risque dans les Etats-Unis.(Ledoux, 2006b)

Dès 1950, un premier guide opérationnel de l'évaluation coûts-avantages a été édité avec les travaux de géographe GILBERT WHITE.(White & Haas, 1975)

Selon le guide de GILBERT, trois formes de pertes doivent être considérées : les dommages physiques, les pertes d'activité et les coûts de gestion de la crise.

Les démarches américaines dans la gestion du risque d'inondations s'intéressent les estimations des dommages monétaires qui influençaient sur l'économie globale du pays.

En Angleterre, la gestion des risques d'inondations se divise en une politique de protection (*Flood Defence*), et politique de maîtrise de l'urbanisation (*Flood Plain Management*), les procédures d'évaluation des dommages s'inscrivent dans la politique de protection.(Beucher, 2008)

Les pouvoirs publics de l'Angleterre ont confié au *Flood Hazard Research center (FHRC)* de l'université de Middlesex, les travaux de recherche dans le domaine de la gestion du risque qui ont débouché sur la publication d'un guide méthodologique pour l'analyse et la gestion du risque d'inondations.(Barraqué & Gressent, 2004)

En Suisse, les autorités ont mis au point une approche pour homogénéiser l'analyse de risque sur l'ensemble du territoire, afin d'élaborer des documents de zonage pour les travaux de protection envisagés, (November et al., 2007) cette approche passe par trois niveaux :

Niveau 1 : analyse des composantes de risques (Aléa, Vulnérabilité) quantitativement et qualitativement.

Niveau 2 : introduction des éléments de valorisation économique.

Niveau 3 : catégorisation des niveaux de prévision requis.

En France, les risques d'inondations sont devenus un objet de politique public depuis les années 1970, la stratégie de gestion en France se divise en deux politiques : une politique de sécurité, consiste sur les actions et les interventions physiques sur les aléas d'inondations, et une politique d'urbanisme, consiste sur la mise en disposition des outils nécessaires afin de réduire la vulnérabilité des enjeux.(Garry, 1993)

Conclusion

La vulnérabilité est un concept très complexe et multidisciplinaire, aussi sa caractérisation passe par une analyse très complexe.

À partir de ce chapitre, nous avons montré que les méthodes d'évaluation de la vulnérabilité sont diverses et la démarche évaluative est très complexe, il s'agit d'intégrer un grand volume d'informations relatives aux enjeux et nécessite un nombre important de ressources et des techniques spécifiques.

Chapitre II
Les inondations en Algérie :
Gestion et cadre juridique

Introduction

Devant l'ampleur croissante du risque d'inondations, que ce soit en Algérie ou ailleurs dans le monde, on constate que la réduction de ce risque par la gestion fait partie dans la stratégie globale de développement durable des pays.

La gestion des risques comporte plusieurs phases d'analyses, d'actions et des dispositions, elle est très complexe au regard la diversité des intervenants.

Dans ce chapitre, nous avons présenté un aperçu historique sur les événements d'inondations en Algérie et une lecture sur la politique de gestion et son cadre législatif, pour objet de faire une vision globale sur la capacité du système de gestion et de prévention contre le risque d'inondations en Algérie.

1. Les événements d'inondations en Algérie

Au cours de son histoire, l'Algérie a connu de nombreuses catastrophes de grande et moyenne ampleur, particulièrement celles liées aux inondations (REDJEM et al., 2020), la contribution à la réduction des dommages causés par ces événements et la mise en place des dispositions adéquates nécessitent en premier lieu la connaissance des événements précédents par l'élaboration des inventaires chronologique. (Salah, 2004)

Le tableau suivant représente le recensement des événements d'inondations en Algérie dans les dernières années, ce tableau est élaboré selon les données disponibles.

Tableau n° 05 : Les événements d'inondations en Algérie

Date	Commune	Nature de dégâts		
		Humains	Habitats	Matériels
12/10/1971	AZZAZGA	40 morts		
27 au 29/03/1973	ANNABA			
28 au 31/03/1974	ALGER			
	TIZI OUZOU	52 morts	4570 habitats détruits	27 millions DA
01/09/1980	EL EULMA	44 morts 50 blesses	365 habitats détruits	
17/11/1980	GHARDIA			
11/11/1982	ANNABA			
22/08/1983	BIRRINE	10 morts 10 blesses	200 habitats détruits	
03/02/1984	JIJEL	20 morts		
	CONSTANTINE		1140 familles sinistrées	

	SKIKDA		8000 habitats détruits	
	GUELMA	03 disparus	157 familles sinistrées	
	KHENCHLA		777 familles sinistrées	
	OUM EL BOUAGHI		144 maisons détruites	
01/01/1985	JIJEL			
	CONSTANTINE			
	SKIKDA			
	GUELMA			
	ANNAA			
	EL TARF			
05/07/1987	Batna	02 morts	Dizaines de familles sinistrées	
17/06/1989	Tiaret			
01/09/1989	BISKRA	02 morts 35 blessés		
21/09/1989	M'SILA			
11/10/1989	EL TARF			
15/10/1989	Ain Defla			
03/06/1991	Ghardaïa	09 morts		
26 au 27/01/1992	ALGER		361 familles sinistrées	
	BLIDA			
	TIPAZA		106 familles sinistrées	
	CHLEF		23 familles sinistrées	
	AIN DEFLA		36 familles sinistrées	
	MEDEA		87 familles sinistrées	
20/10/1993	Oued R'hiou	22 morts, 20 blessées	Dizaines de familles sinistrées	
23/09/1994	BORDJ BOU ARRERIDJ	Bilan national : 27 morts, 84 blessés et 941 familles sinistrées		
	M'SILA			
	DJELFA			
	MEDEA			

	BOUIRA			
	TIARET			
	AIN DEFLA			
29 /09/1994 au 02/10 /1994	GHARDAIA			Dégâts matériels évalués à 270 millions DA
	LAGHOUAT			Dégâts matériels évalués à 05 millions DA
	BISKRA	08 morts	22 familles sinistrées	
	MASCARA	02 morts		
	TISSEMSSILT	09 morts		
	SIDI BEL ABBÉS	02 morts		
06/10/1994	OUM EL BOUAGHI		350 familles sinistrées	
06/02/1996	El Khemis		158 familles sinistrées	
04/04/1996	Annaba	05 morts et 10 blesses		
	El Taraf			
24 /09/1998	Bouira			
06 Octobre 1998	DJELFA			
14 Janvier 1999	Adrar	12 morts	174 maisons détruites	
28 Septembre 2000	BOU SAADA	01 mort, 01 disparu	13 habitations détruites	
14 Octobre 2000	AIN TEMOCHENT	09 morts		
23 Octobre 2000	NAAMA	05 morts		
24 Octobre 2000	SIDI BEL ABBES			
	TISSEMSILT	01 mort		
	CHLEF			

	AIN DEFLA			
09/11/2001	BAB EL OUED	772 morts, 320 blessés		30 milliards de dinars
19/10/2002	TAMANRASSET			
14/04/2004	ADRAR			
01/10/2008	GHARDAÏA	93 morts, 86 blessés		2,5 milliards de dinars
01/10/2011	El Bayadh	18 morts	400 familles sinistrées	
15/09/2015	TAMANRASSET	12 morts		

Source : Bilan officiel de la protection civile

Le tableau montre que presque la totalité des régions Algériennes touchées par les inondations, en effet, lors de la conférence nationale sur les risques majeurs, qui été déroulée le 23/24 Octobre 2018, le ministre de ressources en eau déclare que le phénomène de l'inondation ne connaît pas d'exception sur le plan spatiale, dont les inondations touchées toutes les régions de territoire Algérien (Centre, Ouest, Hauts Plateaux, Est et Sud) , ainsi le ministre déclare que 689 sites exposés aux risques d'inondations en Algérie, la figure (06) représente la classification des zones à risque d'inondations d'après la déclaration du ministre.

D'autre part, Myriem Nouri et ses collègues (2016), ont été élaborés une étude historique des inondations en milieu urbain sur le territoire Algérien dans la période 1852/2015, cette étude a donné un recensement sur les wilayas les plus touchées par les inondations :(Nouri & Ozer, 2016)

1. Constantine avec 15,6% des cas sur l'ensemble des données recensées,
2. Tizi Ouzou avec 8,9%, des cas sur l'ensemble des données recensées
3. Ain Defla avec 5,6%, puis, des cas sur l'ensemble des données recensées
4. Alger, Ghardaïa et Bouira avec 4,4%, des cas sur l'ensemble des données recensées

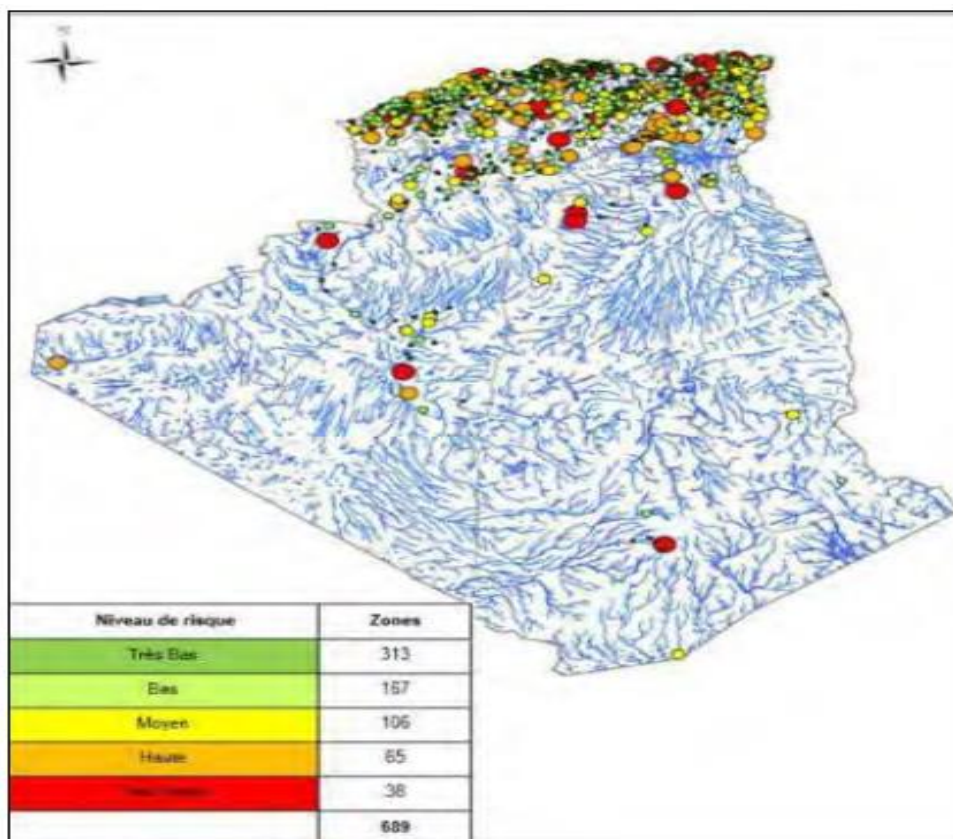


Figure n°06 : la classification des zones à risque d'inondations (Source : MRE,2018)

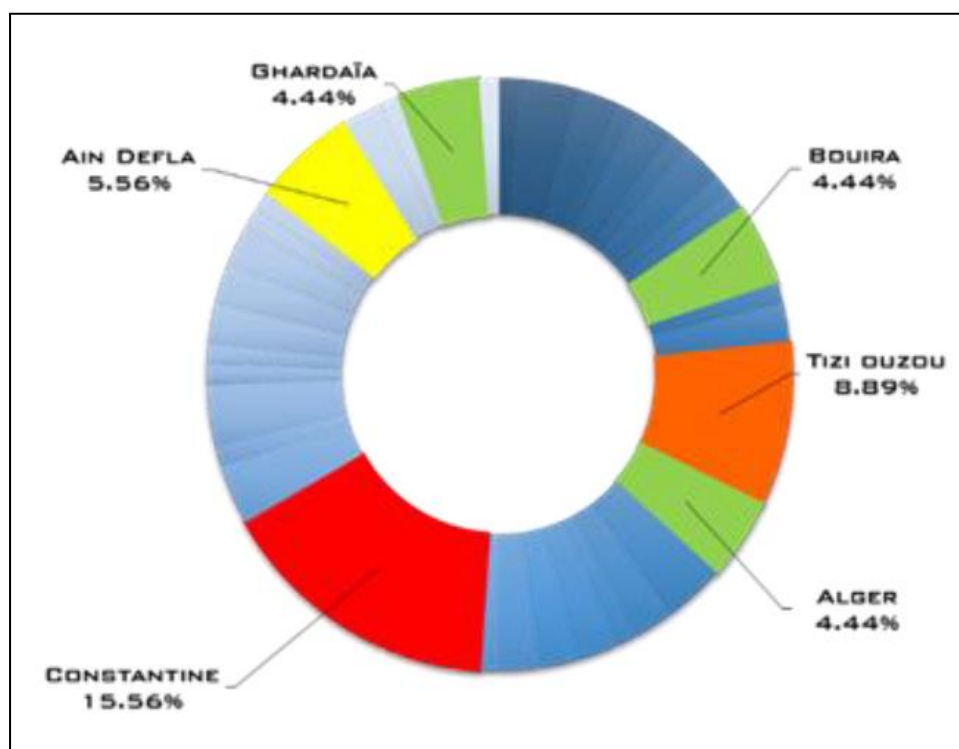


Figure n°07 : Les villes au plus haut pourcentage d'évènements recensés (Source : Nouri & Ozer, 2016)

2. Type des inondations en Algérie

En Algérie, et selon les caractéristiques des crues, on peut dire que la majorité des événements sont des inondations de types torrentiels.

Les inondations torrentielles, sont des manifestations intense et brutales générées par des événements pluvieux intensif et localisé affectant les petits bassins versants (Vinet, 2003).

Ce type d'inondations est très risqué à cause de leur imprévisibilité, comme celui-ci frappait la ville de GHARDAI en 2008.

3. Les causes des inondations en Algérie

Les causes des inondations survenues en Algérie selon le type de l'aléa peuvent limiter en trois causes :

3.1. Situations météorologiques remarquables : la forte pluviosité c'est la cause principale de la plupart des inondations en Algérie, telles que les inondations du 23/09/1994 qui ont touchées les wilayas de M'sila, Médéa, Bordj Bou Arréridj, Djelfa, Tiaret, Ain Defla et Bouira.

3.2. Actions de l'homme : généralement, consiste sur les comportements de l'homme sur l'occupation de sol qui favorisent l'exposition aux averses saisonnières, tels que les constructions illicites, le gonflement des Oueds par les décombres et les ordures.

3.3. La topographie défavorable : le milieu topographique défavorable, la situation géographique des villes et les zones urbaines par rapport aux aléas sont des causes de plusieurs inondations en Algérie, notamment les agglomérations traversées par des vallées comme (El Bayadh, Sidi Bel Abbes, Bordj Bou Arréridj), et le cas des villes situées aux pieds d'une montagne (Ain Defla, Batna, Médéa).

Les photos suivantes montrent les dommages causés par quelques inondations catastrophiques en Algérie.



Photos n°01 : les inondations de Ghardaïa (Octobre 2008)
(Source : Direction générale de la protection civile)



Photos n°02 : les inondations d'Ain Defla (Octobre 2020)
(Source : Direction générale de la protection civile)



Photos n°03 : les inondations de Bab El Oued (Novembre 2001)
(Source : Direction générale de la protection civile)



Photos n°04 : les inondations de Béchar (Octobre 2008)
(Source : Direction générale de la protection civile)

4. La politique de gestion des risques en Algérie :

La prévention contre les risques naturels et technologiques représente un intérêt particulier dans la stratégie globale pour le développement durable du pays.

La politique Algérienne dans le domaine de réduction des risques majeurs a débuté avec le séisme d'EL Asnam (Chlef aujourd'hui) du 10 Octobre 1980, et a été enrichie après les inondations de Bab El oued (Alger) du 09 septembre 2001 et le séisme de Boumerdes en 21 Mai 2003. (Belazougi, 2018)

En effet, la politique de prévention des risques en Algérie se base principalement sur les institutions nationales et locales, on se trouve dans le contexte général de ces politiques deux principaux volets :

- Volet de la prévention des risques.
- Volet de l'organisation des interventions et des secours (ORSEC).

Dernièrement, et dans le cadre de la coopération internationale, l'Algérie a fait des efforts pour développer et évoluer sa stratégie de gestion des risques, dont elle est passée d'une vision basée sur la réponse aux risques à une vision plus vaste qui comprend la gestion, l'anticipation et la réduction des risques, en effet, lors du conseil interministériel tenu le 21/09/2019, l'Algérie a adopté une stratégie générale de lutte et de prévention du risque d'inondations et un plan national d'adaptation aux changements climatiques à l'horizon 2030. (Belazougi, 2018)

La politique de gestion des risques en Algérie à pour :

- Le renforcement des capacités des institutions.
- La détermination des aléas et la vulnérabilité.
- L'encouragement d'une politique participatif et intégrée.
- La promotion du savoir,
- L'information et l'éducation du public.

5. Aperçu Législatif

En Algérie, la vision de prévention des risques majeurs est apparue après le séisme du 10 octobre 1980 d'EL Asnam (Chlef actuellement). Où les législateurs algériens ont élaboré plusieurs lois relatives à la prévention des risques majeurs et la mise en œuvre des procédures visant à limiter la vulnérabilité des hommes et des biens aux risques potentiels.

5.1. Décret n° 85-231 du 25 août 1985 relatif à l'organisation des interventions et secours en cas de catastrophe.

Ce décret détermine les conditions d'organisation des interventions et des premiers secours en cas de sinistre et les différentes autorités qui interviennent dans le cadre des règlements et lois, car dans son deuxième article précise que les interventions des organismes compétentes doivent s'inscrire dans le cadre de plan préparés à l'avance afin d'organiser les interventions, le décret indique que chaque wilaya et chaque communes doit élaborer son propre plan d'organisation des premiers secours et d'interventions (Art03), lors que le danger est partagé entre deux ou plusieurs wilayas, il doit élaborer un plan unique d'intervention (Art04).

Le plan d'organisation des interventions et des secours en fonction de la nature de la zone, du type de risque et de sa gravité, recense tous les moyens nécessaires pouvant être utilisés dans le cas d'intervention (Art05), le décret ainsi, précis les organes et contributeurs à l'élaboration de ces plans et leurs fonctionnements (art 09 à 13).

5.2. Décret n° 85-232 du 25 août 1985 relatif à la prévention des risques de catastrophe

Ce décret impose à toute autorité ou organismes, on utilisant toutes mesures organisationnelles et techniques qui limitait les risques et réduire les effets, ainsi ce décret détermine les responsabilités du Ministre de l'intérieur dans le domaine de prévention (Art02), et les responsabilités du Walis dans l'exécution les dispositifs relatifs aux préventions (Art03), et également le décret précise les responsabilités des institutions et les organes dans la phase d'élaboration les plans de préventions(Art05).

Commentaire

Les deux décrets sont complémentaires et les premiers imposants dispositifs réglementaires en matière de gestion des catastrophes en Algérie, ils mettent en exergue surtout le côté de prise de décisions sans pour autant donner des détails concernant la manière et le temps d'intervention des différents acteurs charger de la gestion des catastrophes.

5.3. Décret n° 90-402 du 15 décembre 1990 portant organisation et fonctionnement du fonds des calamités naturelles et de risques technologiques majeurs.

Ce fonds a été institué dans le but d'atténuer les conséquences des catastrophes naturelles et technologiques sur le citoyen, les ressources du fonds telles que stipulées à l'article 02 sont :

- La contribution de la réserve légale de solidarité.
- La contribution des assurés ;
- La contribution des entreprises d'assurance
- Les produits des amendes infligées pour non-respect les obligations d'assurance ;

- Toute autre ressource, contributions ou subventions.

Les dépenses du fonds sont fixées par l'article 03 comme suite :

- Les indemnités à verser aux victimes de calamités naturelles ;
- Les dépenses pour étude de prévention de risques technologiques majeurs ;
- Les frais de gestion du fonds ;
- Les dépenses engagées par les services publics pour le secours d'urgence aux victimes de calamités naturelles.

5.4. Ordonnance n° 03-12 du 26 août 2003 relative à l'obligation d'assurance des catastrophes naturelles et à l'indemnisation des victimes.

Ce décret oblige à souscrire un contrat d'assurance de dommages garantissant les biens et les installations industrielles contre les effets des catastrophes naturelles par :

- Tout propriétaire, personne physique ou morale, autre que l'Etat, d'un bien immobilier construit ;
- Toute personne physique ou morale exerçant une activité industrielle et/ou commerciale.

5.5. Loi n°04-20 du 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.

Cette loi est considérée comme l'une des lois les plus importantes dans le domaine de gestion et prévention des risques majeurs, où elle définit le risque majeur, qui est toute menace potentielle pour l'être humain et son environnement, pouvant survenir en raison de risques imprévisibles ou par des activités inconvenables de l'homme.

Tandis que l'article 04 de la loi définit le système de gestion des catastrophes pendant un événement naturel ou technologique entraînant des pertes humaines, économiques et environnementales, toutes les mesures de droit mises en œuvre pour assurer les meilleures conditions de secours, d'aide, de sécurité, d'assistance et d'intervention.

L'article sept de la loi, traite les objectifs et les principes de la prévention des risques majeurs et de la gestion des catastrophes comme suit :

- L'amélioration de la connaissance des risques, le renforcement de leur surveillance et de leur prévision ainsi que le développement de l'information préventive sur ces risques ;
- La prise en compte des risques dans l'utilisation des sols et dans la construction ainsi que la réduction de la vulnérabilité des personnes et des biens aux aléas ;
- La mise en place de dispositifs ayant pour objectif la prise en charge cohérente, intégrée et adaptée de toute catastrophe d'origine naturelle ou technologique.

L'article 09 résume la prévention des risques majeurs et la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable sous un système global initié et conduit par l'Etat, sa mise en œuvre est assurée par les institutions publiques et les collectivités territoriales dans le cadre de leurs compétences respectives, en concertation avec les opérateurs économiques, sociaux et scientifiques, et en associant les citoyens dans les conditions définies par la loi et les textes d'application.

L'article dix de la loi déterminait les risques majeurs pris en charge par des dispositifs de prévention de risques majeurs comme suite :

- Les séismes et les risques géologiques,
- Les inondations,
- Les risques climatiques,
- Les feux de forêts,
- Les risques industriels et énergétiques,
- Les risques radiologiques et nucléaires,
- Les risques portant sur la santé humaine,
- Les risques portant sur la santé animale et végétale,
- Les pollutions atmosphériques, telluriques, marines ou hydriques,
- Les catastrophes dues à des regroupements humains importants.

6. La prévention des catastrophes selon la loi n°04-20 du 25 décembre 2004.

La prévention en vue du dispositif 04/20 est l'élaboration du plan général de prévention (PGP), pour chaque risque majeur (Art16), chaque (PGP) détermine, un système national de veille (SNAV) et un système national d'alerte (SNAA) (Art17).

En matière de risque d'inondations, l'article 24 indique que le plan général de prévention des inondations doit comporter :

- Une carte nationale d'inondabilité précisant l'ensemble des zones inondables ;
- La hauteur de référence pour chaque zone déclarée inondable,
- Les seuils, conditions, modalités et procédures de déclenchement des pré-alertes et des alertes.

Commentaire

En Algérie, cette loi constitue la référence juridique principale pour la prévention des risques majeurs dont il définit le risque majeur tout danger éventuel pour l'homme et son espace pouvant survenir du fait d'aléas naturels exceptionnels et/ou du fait d'activités humaines.

7. La gestion des catastrophes selon la loi n°04-20 du 25 décembre 2004

La loi traite la gestion des catastrophes comme un système national de la gestion des risques majeurs, par la mise en place d'une série de mesures afin d'arriver à une gestion optimale et à réduire les effets potentiels de ces risques.

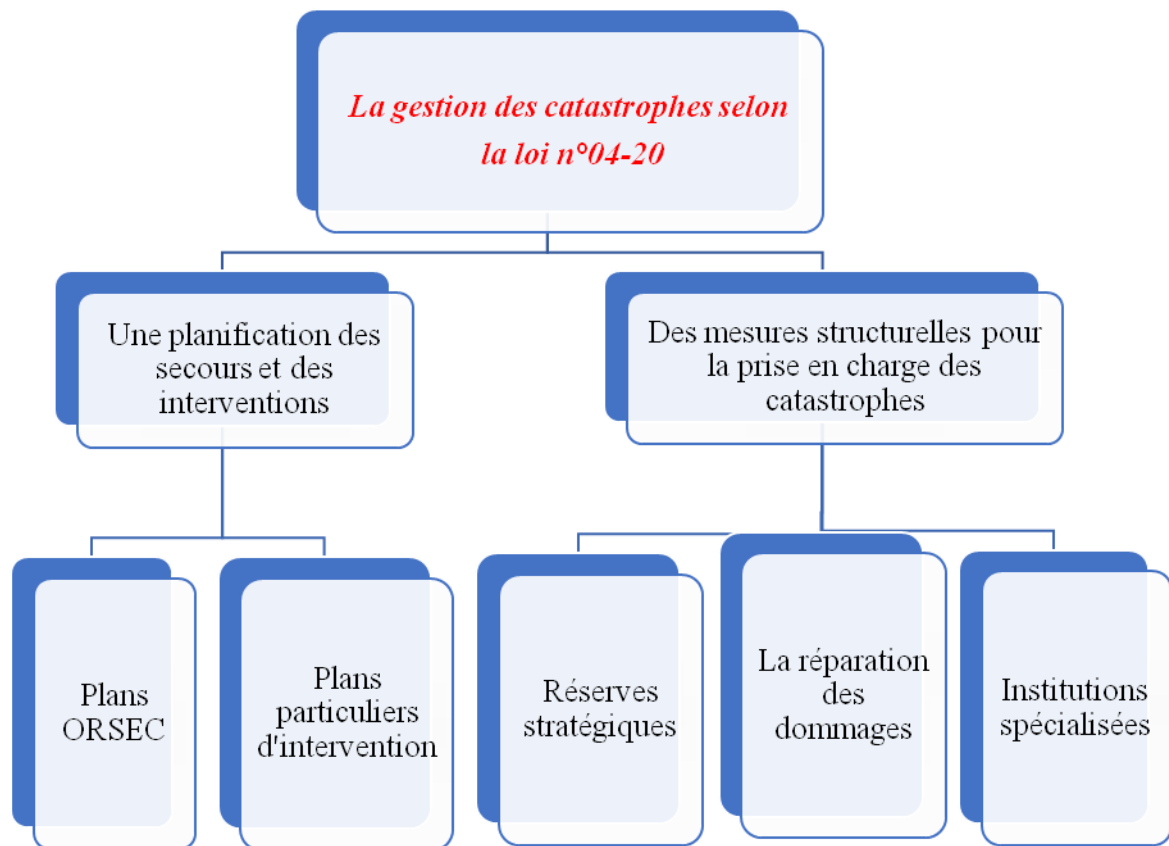


Figure n° 08 : Les dispositifs de gestion des risques (Source : Auteur, 2022)

8. Institutions et Acteurs de gestion des risques

Nature	Acteur	Missions et rôles	Références juridique
Pouvoirs publics	Ministre de l'intérieur et des collectivités locales et l'aménagement du territoire	- D'édicter toutes les mesures dans le domaine d'assistance, aide et de secours pour faire face aux sinistres, calamité et catastrophe. - L'élaboration des plans d'organisation des secours aux populations et aux biens.	Article 10 du décret exécutif 94/247 du 10/08/1994 fixant les attributions du ministre de l'intérieur.
	WALI	- L'élaboration, mise à jour et l'exécution des plans d'organisation des secours dans la wilaya.	Article 119 de la loi 12/07 du 12/02/2012 relative à la wilaya.
	P/APC	- Veiller à l'ordre, à la tranquillité et à la salubrité publique - Veiller à la bonne exécution des mesures de prévision, de prévention et d'intervention en matière de secours	Article 88 de la loi 11/10 du 22/06/2011 relative à la commune.
Institutions	Délégation Nationale aux risques majeurs	- L'évaluation et de la coordination des actions relevant du système national de prévention des risques majeurs. - La gestion des catastrophes	Article 68 de la loi n°04-20 du 25 /12/ 2004 relatives à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.

	Protection civile	- Les actions d'aides et de secours. - Les actions de sauvetage. - Assistance humanitaire.	Décret exécutif 91/503 du 21/12/1991 portant l'organisation de l'administration générale de la protection civile.
	L'Armée nationale populaire	- Les unités de l'Armée nationale populaire peuvent être engagées en cas de calamité publique, de catastrophes naturelles ou de sinistre de gravité exceptionnelle.	Article 03 de la loi 91/23 du 06/12/1991 relative à la participation de l'Armée nationale populaire à des missions de sauvegarde
Les organismes publics de recherche en matière d'inondations	L'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH)	- C'est un établissement public à caractère industriel et commercial, placée sous la tutelle du ministre chargé des ressources en eau. Parmi ses missions : l'étude des phénomènes hydrogéologiques sur les bassins expérimentaux et de mettre en place et de gérer un réseau de prévision des crues.	Décret exécutif n° 19-148 Du 29 /04/ 2019 portant réaménagements du statut de l'agence nationale des ressources hydrauliques
	L'Office National de Météorologie (ONM)	- Établissement public à caractère industriel et commercial, placée sous la tutelle du ministre des transports. Pour les missions de : • L'acquisition, traitement, l'exploitation et la diffusion des données météorologique. • La surveillance des changements climatiques. • L'élaboration des études climatologique et météorologique. • Lancement les alertes.	Décret exécutif n° 98-258 Du 25 /08/ 1998 de l'Office National de Météorologie (ONM)

(Source : Auteur, 2022)

9. Les efforts de l'Etat pour réduire les conséquences des inondations

Lors de la conférence nationale sur la gestion des risques en octobre 2018, le ministre des ressources en eau, a déclaré que les efforts de l'État sont engendrés par des investissements et des interventions physiques directes et indirectes sur les agglomérations menacées pour la lutte contre les inondations. (Ministère des ressources en eau, 2018)

Dans la période de 1999 à 2018, 575 opérations inscrites sont réalisées pour un montant global de 227 Milliards DA, ces projets ont touché une centaine de villes et agglomérations à travers le territoire national et un nombre considérable d'Oueds aménagés.(Ministère des ressources en eau, 2018)

Les photos suivantes expriment quelques projets réalisés dans le cadre de la lutte contre les inondations en Algérie.



Photos n°05 : Aménagement d'Oued El Harrach (Source : MRE, 2018)



Photos n°06 : Recalibrage d'Oued M'zab (Source : MRE, 2018)



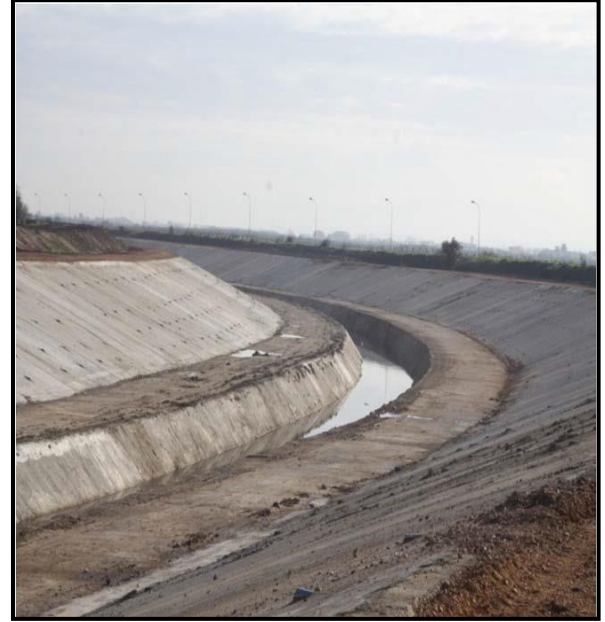
Photos n°07 : Intervention sur Oued M'zab (Source : MRE, 2018)



Photos n°08 : création d'ouvrages de rétention sur l'Oued MELLAH (Source : MRE, 2018)



Photos n°09 : création d'ouvrages de rétention sur l'Oued MOUZZENE
(Source : MRE, 2018)



Photos n°10 : Aménagement des Oueds (Source : MRE, 2018)

Conclusion

Le processus de gestion du risque d'inondations est très complexe, il s'agit des actions pluridisciplinaires et d'intervention de plusieurs acteurs.

La politique Algérienne de prévention contre les inondations liées étroitement aux institutions relatives aux préventions des risques et l'organisation des interventions et des secours.

Malgré les évolutions du cadre juridique et les programmes réalisés en matière de prévention contre les inondations, il persiste des faiblesses et des lacunes particulièrement sur le plan de coordination entre les déferents acteurs de la gestion ; les études et cartographie, dans le domaine de la culture sociale et la sensibilisation.

Chapitre III
Les interventions de
protection des villes contre
les inondations

Introduction

L'urbanisation anarchique, le mode d'occupation de sols et l'entretien des cours d'eau, sont des paramètres qui favorisent l'existence d'un risque d'inondations, la réduction des méfaits de ce risque lié étroitement aux actions de la protection des villes et agglomérations contre les inondations, depuis toujours l'homme a aménagé les cours d'eau, généralement par des endiguements, des recalibrages ou la réalisation des barrages, pour réduire les risques d'inondations.

À ce titre le but principal de ce chapitre est de développer la connaissance sur les processus de la protection des villes contre les inondations d'une part, et faire un diagnostic à ce qui est a été fait par les autorités locales pour protéger la ville d'El Bayadh contre le risque d'inondations d'autre part.

1. Procédés de protection des agglomérations contre les inondations

La protection des villes contre les inondations consiste sur la préservation de la population et de la sauvegarde du milieu, dans le but d'assurer leur développement et leur continuité et d'en constituer ainsi un facteur de développement durable. (Poulard, 2008)

La protection contre les inondations fait appel à des ouvrages ayant pour effet de réduire, pour les zones qu'ils protègent, l'aléa hydraulique en termes de fréquence, de durée, de niveau d'eau atteint, de vitesse de l'eau ou encore de temps d'arrivée de l'inondation. (Bekhira et al., 2019). Ces protections peuvent être comme une :

- **Protection indirecte** : les démarches indirectes pour la protection des villes contre les inondations sont des interventions plus loin des agglomérations menacées, liées à la construction des ouvrages sur les Oueds.
- **Protection directe** : les démarches directes pour la protection des villes contre les inondations sont des interventions directes sur les agglomérations menacées.

1.1. La Protection indirecte : généralement cela traduit par :**1.1.1. Les canaux périphériques :**

Ce sont des chenaux de déviation des eaux de ruissèlements vers des fleuves, en dehors des zones à protéger.



Photo n°11 : Canal de prise sur l'oued pour la dérivation d'un débit de 2,5 m³/s vers le barrage SARNO. (Source : MRE, 2018)

1.1.2. Barrages écrêteurs

Les barrages écrêteurs font souvent partie intégrante des stratégies dynamiques de protection contre les crues à l'échelle du bassin. Les barrages de contrôle des crues sont installés sur les principaux fleuves pour stocker temporairement une certaine quantité sur le fleuve pour diminuer le flux de pointe des crues, et pour assurer la fonction d'écrêtement, le barrage écrêteur de crues est doté d'un pertuis de fond ouvert qui maintient la retenue vide.

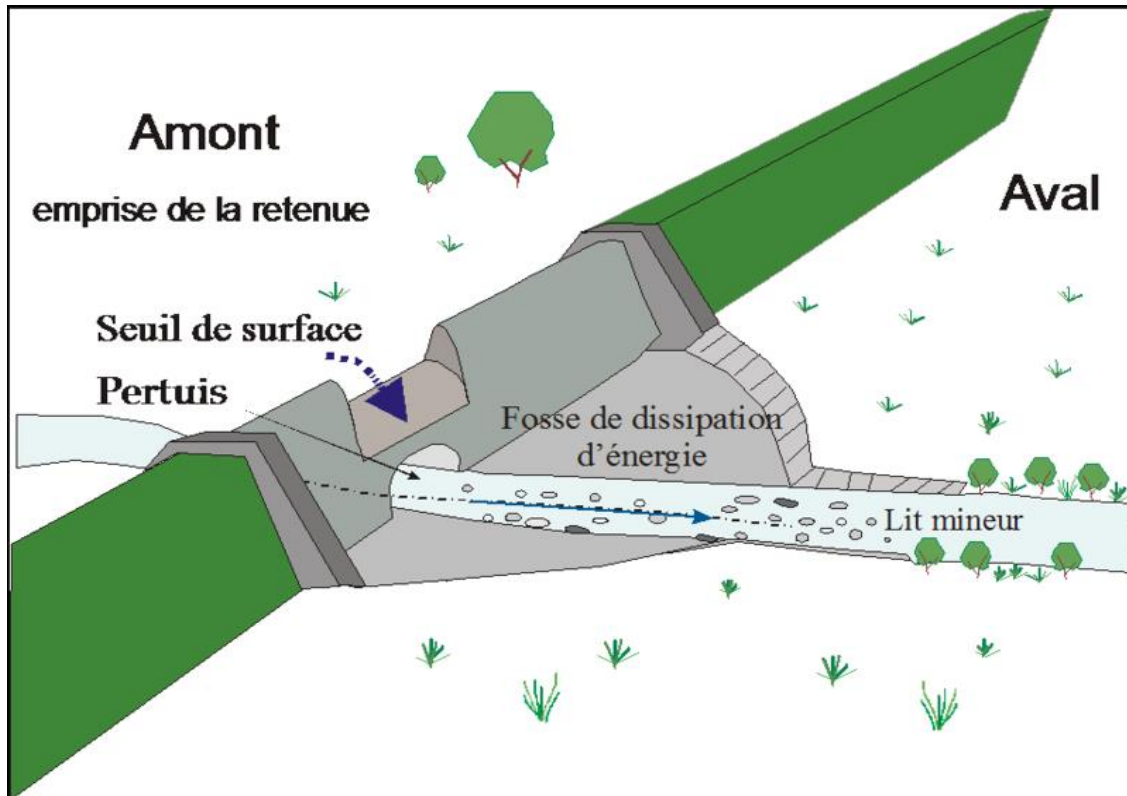


Figure n°09 : Principe du barrage à pertuis ouvert

Source : <https://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr>

Pour le même objectif, réduire le débit d'écoulement, les constructions des barrages écrêteurs montrent plusieurs types : (Deroo et al., 2016) .

- Par la taille du barrage ;
- Par la localisation du barrage (sur un cours d'eau permanent ou dans un thalweg sec) ;
- Par les matériaux utilisés pour le corps de barrage (barrage en béton, barrage plus massif en remblai).

En plus, pour une bonne efficacité hydrologique et pour une construction aisée et réduire les effets négatifs sur les écosystèmes, il faut : (Deroo et al., 2016)

- Respecter la largeur naturelle du cours d'eau ;
- Donner au pertuis une forme géométrique et une largeur déterminée ;
- Avoir une pente compatible.

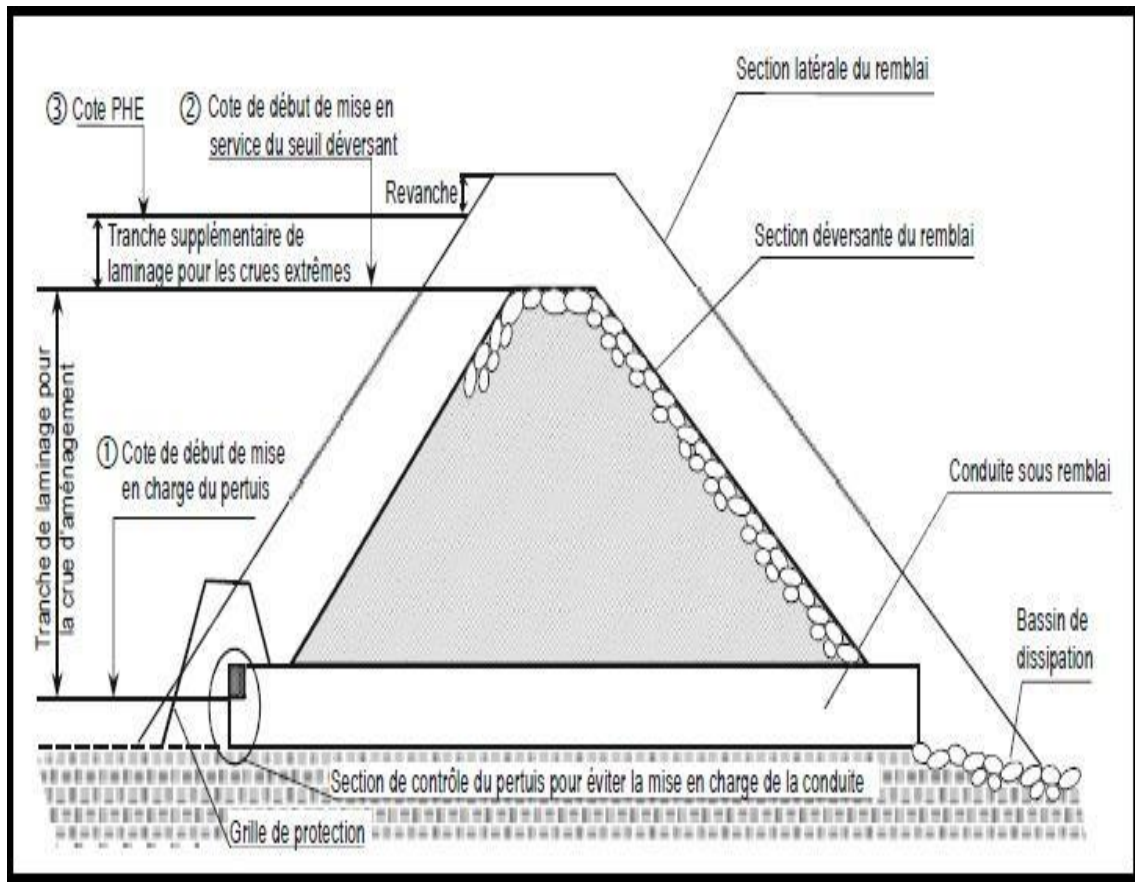


Figure n°10 : Structure d'un barrage écrêteur
 Source : <https://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr>



Photo n° 12 : Barrage d'écrêtement (oued MEKERRA) (Source : MRE, 2018)

1.1.3. L'aménagement des bassins versants

Vu l'évacuation naturelle de l'eau de l'amont vers l'aval, il est avantageux de commencer par l'intervention en amont.(MATE, 2015)

Les ménagements des bassins versants, sont des interventions par fois lourdes sur les bassins, généralement consiste sur :

- Réalisation des seuils et des fosses afin de créer une alternance de faciès de ruissellement et d'assurer un niveau d'eau supérieur en période d'été et hivernale. Les seuils permettront aussi de dévier le cours d'eau pour limiter les pressions sur les berges.
- La stabilisation la fixation de rive par enrochement des berges.



Photo n°13 : La fixation de rive par enrochement

Source : <https://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr>

1.1.4. Banquettes

Les banquettes sont utilisées pour briser l'intensité des eaux de ruissellement, elle permet l'évacuation lentement les eaux excédentaires vers des exécutaires artificiels (retenues collinaires) ou naturels.

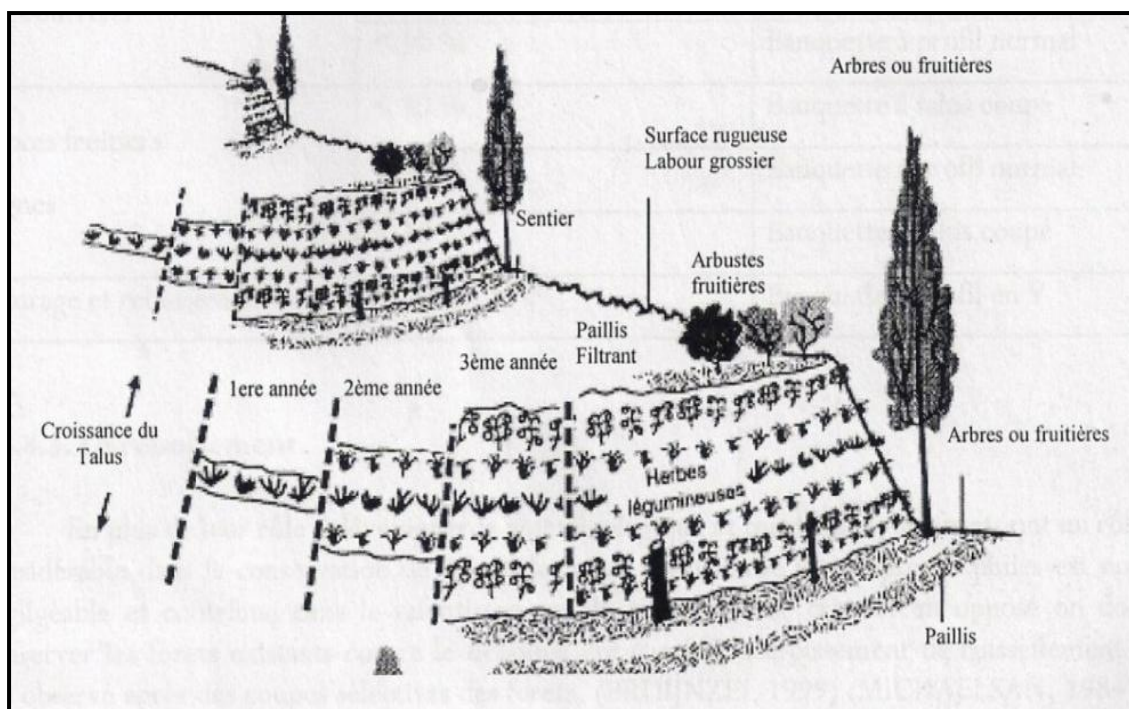


Figure n°11 : Technique de banquettes

Source : <https://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr>

1.1.5. Correction torrentielle

C'est des interventions pour régulariser le débit liquide et limiter sa puissance et sa capacité de transport solide, donc sont des travaux ayant pour objet de lutte contre les crues et couper la pente torrent.

La correction torrentielle se fait par la réalisation des ouvrages de correction pour réduire le transport des charges, c'est ouvrages peuvent être active ou passive.

La correction active pour réduire le transport des charges.

La correction passive consiste seulement au contrôle de déroulement et les conséquences de la crue.

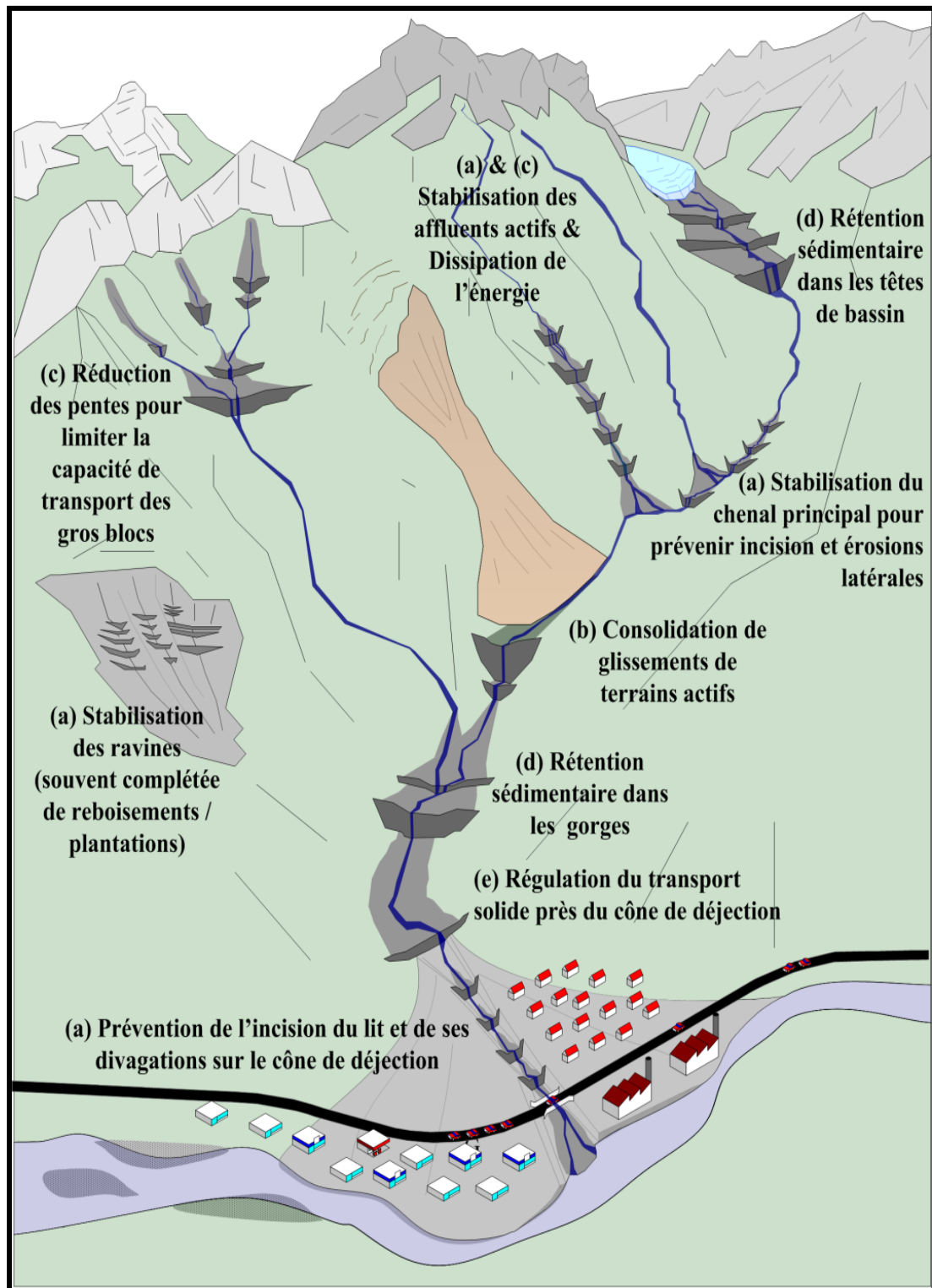


Figure n°12 : les fonctionnalités des ouvrages de correction torrentielle

Source : (Piton & Recking, 2016)

1.1.6. Végétation

Ce sont des actions de végétation et de plantation des arbres afin de minimiser le ruissellement des eaux, la technique végétale à un certain nombre d'avantages :

- Favorisé l'infiltration et permet l'écêtement des pointes des crues.
- Technique efficace de stabilisation dans le milieu.

1.2. Protection directe :

1.2.1. Recalibrage du cours d'eau

Ce sont des interventions lourdes sur les cours d'eau, afin d'augmenter la capacité hydraulique du tronçon et d'accélérer les flux.

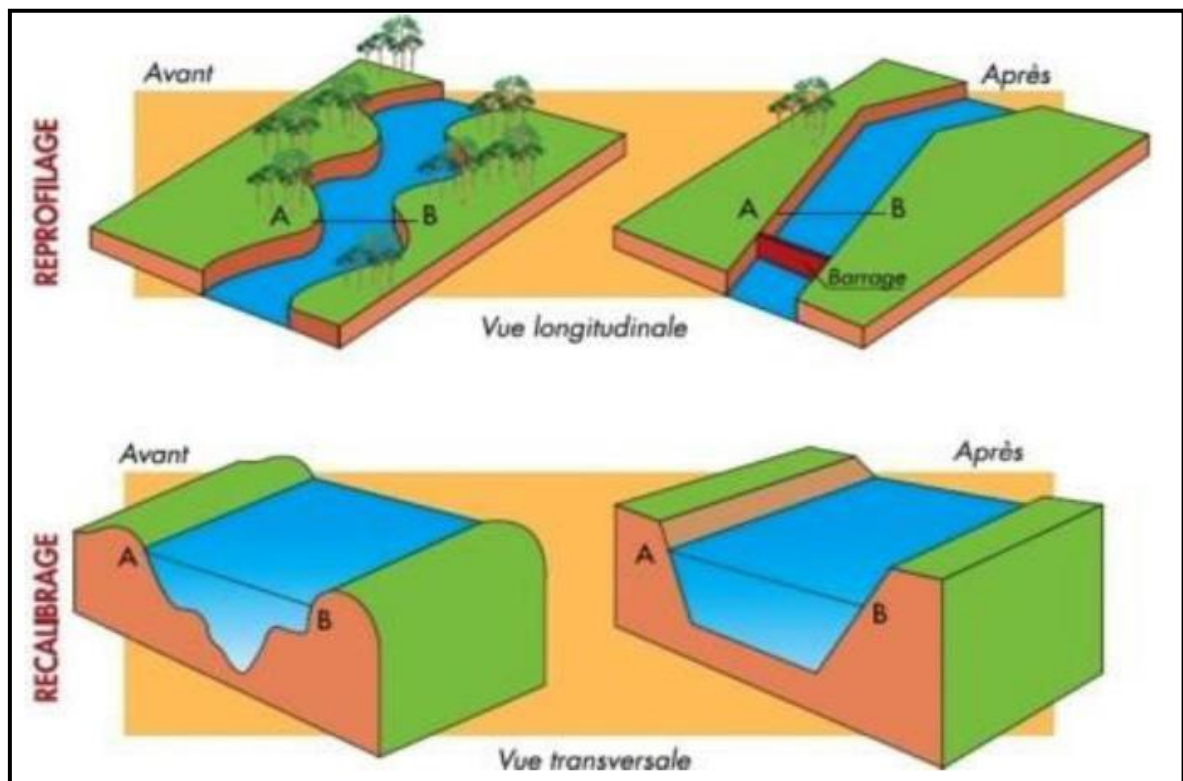


Figure n°13 : schéma de Recalibrage du cours d'eau

Source : <https://bassin-isle.fr>



Photo n° 14: Recalibrage d'Oued Boumerzoug (Source: MRE,2018)

1.2.2. Murs de soutènement

Les murs de soutènement constituent un ouvrage de protection efficace contre l'érosion et les inondations, sont bâtis dans le but de s'opposer au débordement des crues aux rives de l'Oued dans le milieu urbain.



Photo n° 15 : Mur de soutènement
Source : <https://www.archiexpo.fr/>

1.2.3. Renforcement des ouvrages

Le renforcement des ouvrages par la modification et réhabilitation des caractéristiques des ouvrages existants (Ponts, buses, passerelle...).



Photo n° 16: Ouvrages d'arts (ponts) (Source : DRE,2022)

1.2.4. Curage des Oueds

Le curage consiste à l'élimination de tous les obstacles afin d'améliorer les conditions d'écoulement.



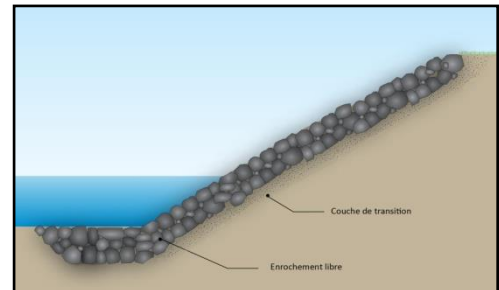
Photo n° 17 : Obstacle solide (Source : DRE,2022)

1.2.5. Protection des berges

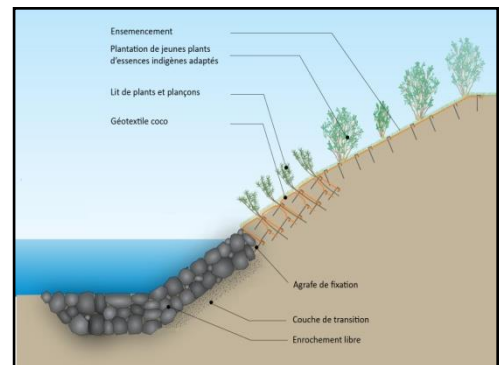
Sont des ouvrages misent la solidité des terres et la protection des ouvrages d'art installés environ les Oueds (Ali, 2006).

On trouve trois types de projets de protection de berge :

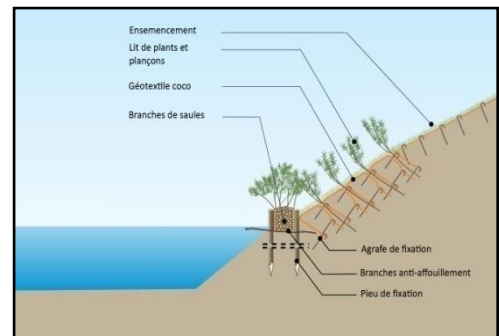
1. Les ouvrages de génie civil composé de maçonneries en pierre ou en béton, de gabions ou d'enrochements ;



2. Les ouvrages de génie végétal constitués de végétaux vivants et qui bénéficient des aptitudes biologiques, physiologiques et physiques de ces plantes, pour protéger les berges contre l'érosion ;



3. Les ouvrages qui regroupent les techniques de génie civil et de génie végétal.



Source : (Jaymond et al., 2021)

2. Les efforts des autorités locales

Presque chaque année, la ville d'El Bayadh enregistre des pertes importantes dues aux inondations, provoquant également un obstacle pour le développement de la ville.

Le tableau suivant montre que les autorités locales de la ville d'El Bayadh depuis l'année 2000, ont réalisé une série de projets qui atténueront et minimiseront les effets des inondations.

Tableau n° 06 : Les projets de protection réalisés (2000- 2014)

Année	Intitulé de projet	Montant 10³ DA
2000	Protection des berges de l'oued Deffa -El Bayadh	125 400
2005	Réfection d'un mur de soutènement en béton et diguettes d'évacuation des eaux pluviales	150 000
2005	Réalisation de collecteur de rejet final avec protection des berges de l'oued Deffa (1 ^{ère} tranche)	300 000
2006	Réalisation de collecteur de rejet final avec protection des berges de l'oued Deffa (2 ^{ème} tranche)	350 000
2006	Protection des quartiers Annassers et Ouled Yahia contre les crues	100 000
2009	Réalisation de collecteur de rejet final avec protection des berges de l'oued Deffa (3 ^{ème} tranche)	14 000
2008	Achèvement de la protection des berges de l'oued Deffa et réalisation du collecteur de rejet final de la ville d'EL BAYADH	735 000
2011	Travaux d'aménagement de l'oued Deffa (cité du 20 Aout) sur 800 ML	300 000
2012	Curage et nettoyage des caniveaux et collecteurs d'assainissement de la ville d'El Bayadh	90 000
2012	Réalisation des murs de soutènement de l'oued Deffa	213 000
2014	Protection des villes contre les crues dans 07 communes	800 000

Source : DRE El Bayadh



Photos n° 18 : Les projets de protection de la ville (Source : DRE,2022)



Photo n° 19 : La rénovation du réseau d'assainissement de la ville (Source : DRE,2022)



Photo n° 20 : Curage d'Oued Deffa (Source : DRE,2022)

Conclusion

La protection des agglomérations contre les inondations consiste généralement à l'aménagement des cours d'eau et les bassins versants, les types d'aménagement sont nombreux selon les tailles, la localisation et les matériaux de construction.

L'efficacité de ces aménagements pour la lutte contre les inondations est subordonnée à plusieurs paramètres comme le choix de type d'aménagement, la faisabilité de l'étude, le choix de matériaux de construction et la bonne réalisation.

La ville d'El Bayadh a été bénéficiée par 11 projets de protection contre les inondations avec un montant globale de 3,180 Milliards DA, pendant la période de 2000 à 2014.

Chapitre IV
***Présentation de la zone
d'étude***

Introduction

À l'instar d'autres recherches scientifiques, l'évaluation de la vulnérabilité urbaine face au risque d'inondations est nécessitée une connaissance détaillée sur la zone d'étude.

L'objectif prioritaire de ce chapitre est de faire une synthèse bibliographique consiste à déterminer les différentes caractéristiques influençant sur la vulnérabilité globale de la ville d'El Bayadh aux inondations tout en met le point sur les aspects : socioéconomique (habitats, population, équipements...), physiques (géomorphologie, topographie, géologie, ...), climatiques et bioclimatiques (précipitation, température, couvert végétal ...) et les ressources hydriques.

1. Situation de la wilaya :

1.1. Situation géographique :

La wilaya d'El Bayadh fait partie des Hautes Plaines steppiques, située entre 30° 42' et 34° 28' de l'altitude Nord et entre les méridiens de longitude 0° 24' à l'Ouest fuseau 30 et 2° 16' à l'Est fuseau 31. Elle couvre une surface de 71.697 km².

1.2. Situation administrative :

La wilaya d'El Bayadh est délimitée :

- Au nord, par les wilayas de Saïda et de Tiaret ;
- À l'est, par les wilayas de Laghouat et de Ghardaïa ;
- Au sud-est, par la wilaya d'Adrar ;
- Au sud-ouest, par la wilaya de Béchar ;
- À l'ouest, par la wilaya de Naâma ;
- Au nord-ouest, par la wilaya de Sidi Bel Abbés.

2. Situation de la zone d'étude

2.1. Situation géographique :

La ville se trouve sur le synclinal d'El Bayadh est délimitée dans le nord par les hautes plaines (du chott chergui au versant Nord de l'Atlas), au centre l'Atlas saharien avec le Djebel Ksel, au Sud la zone présaharienne jusqu'aux abords de l'Erg occidental.

2.2. Situation administrative :

La ville d'El Bayadh (Agglomération chef-lieu de la wilaya) est limitée :

- Au Nord par la commune de Rogassa et la commune de Mehara.
- A l'Est par la commune de Stitten.
- Au Sud par la commune de Krakda et Ghassoul.
- A l'Ouest par la commune d'Ain El Orak.

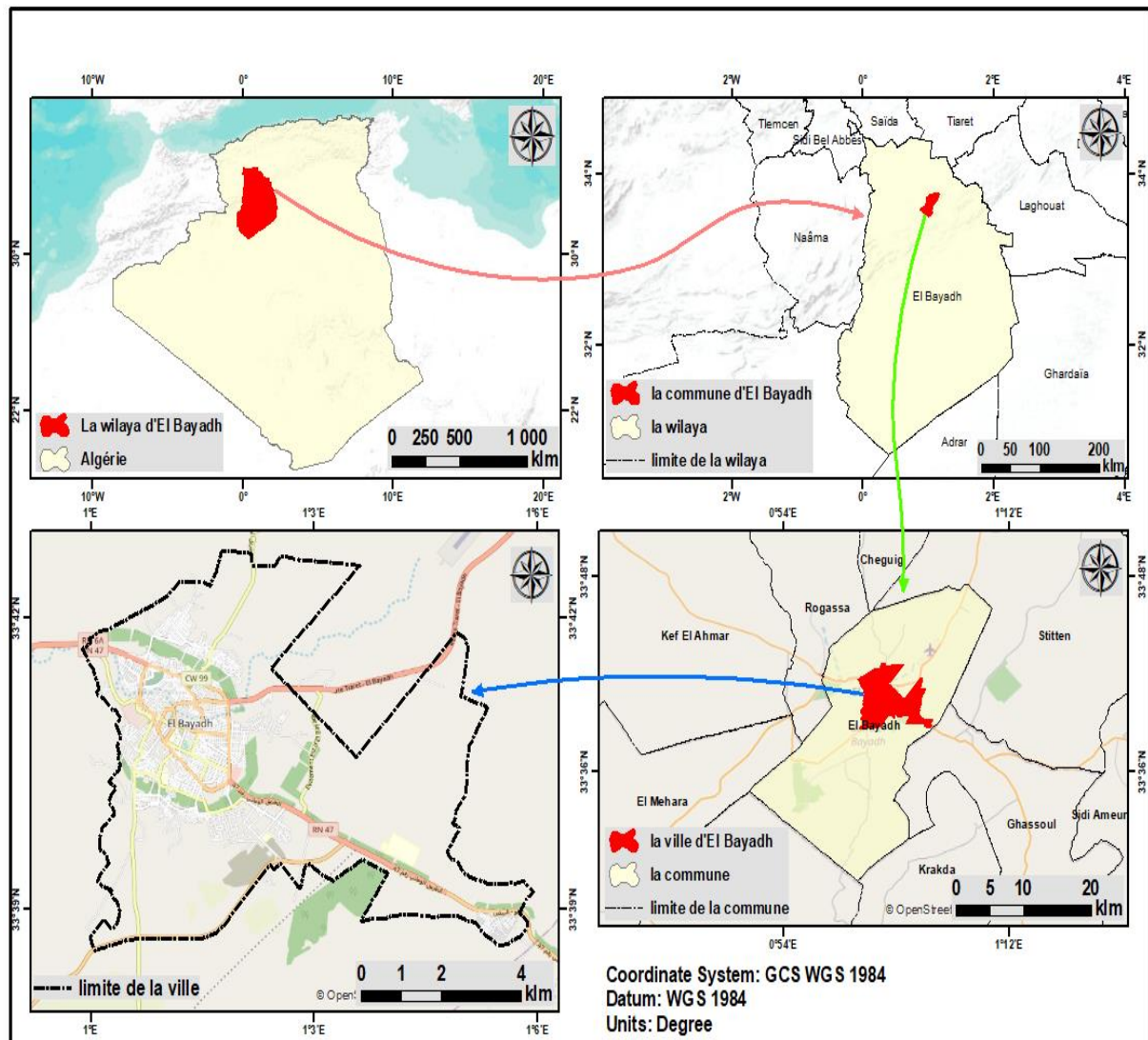


Figure n° 14 : la situation de la zone d'étude (Source : Auteur, 2022)

3. Aperçu historique et croissance urbaine de la ville

Anciennement dénommée Géryville, El Bayadh est une ville d'origine coloniale. La première installation a été faite par une caserne entre Oued El Biodh et Oued Merires entre 1853 et 1870. La ville fut agrandie au fur et à mesure à partir de 1881.

Tableau n°07 : L'évolution urbaine de la ville d'El Bayadh

La période	Evolution
1953	Création de la caserne entre Oued Biodh et Oued Merires près d'un repère à savoir la source Mahboula
1880-1902	La ville s'étale suivant les anciens parcours menant à Ghassoul et à Brézina avec l'apparition du village colonial à proximité de la caserne, il s'agit de l'actuel centre-ville.
1902-1924	Le tissu urbain s'étale le long de la route d'El Ghassoul et a franchi la barrière physique d'Oued Biodh et ce après un exode des nomades.
1924-1945	Une forte sécheresse a frappé la région et a causé un flux massif dans cette étape il avait la construction de l'hôpital et de la mosquée.
1945-1962	Le tissu urbain s'étend au Nord d'Oued Biodh avec création du lotissement Seddikia.
1962-1972	Concrétisation du barrage vert et réalisation de la ceinture verte donnant la forme d'une cuvette au tissu.
1980	Création de ZHUN discontinuité et rupture avec l'existant. Réalisation du quartier Salah Eddine Ayoubi
1992-1994	Densification avec le quartier précaire Hadj Bouhaous. Éclatement de la ville vers Ouled Yahia au Nord, Dans cette période il avait la réalisation du premier PDAU.
1994-2007	➤ Réalisation du lotissement Haoudh à l'Est et des cités dortoirs au Sud et à Ouled Yahia au Nord. ➤ L'élaboration de la révision du PDAU en 2004.
2007-2017	➤ Lancement de la deuxième révision du PDAU. Lancement des POS dont la plupart n'ont pas été concrétisés quoique programmés. ➤ Réalisation de l'université. ➤ Inscription du pôle urbain de plus de 200 ha à proximité de l'université.
2007-2020	Recherche de nouveaux sites d'urbanisation. Contrainte du foncier privé, renforcement de l'éclatement de la ville et recherche des espaces hors périmètre de la ville.

Source : PDAU (adapté par l'auteur, 2022)



Mdcollection

www.delcampe.net



Ugoc

www.delcampe.net



Carambole33

www.delcampe.net

Photo n°21 : Les premières installations dans la période coloniale (Source : APC,2022)

4. Milieu physique de la ville

4.1. Reliefs

La commune d'El Bayadh comprend trois unités physiques (les hautes plaines, l'atlas saharien et la zone prés saharienne), elle fait partie du grand massif de l'Atlas saharien, la ville est caractérisée par :

- Un milieu physique très accidenté, avec des unités topographiques bien marquées dans le paysage.
- Une altitude moyenne de 1581 m (altitude maximum de 1942 m et un minimum de 1220 m).

Tableau n°08 : Répartition des tranches d'altitudes dans la commune

Tranche d'altitude	Superficie (%)	Superficie (Km ²)
1200 m - 1350 m	13,83	64,09
1350 m - 1500 m	76,49	354,56
1500 m - 1650 m	6,65	30,82
1650 m - 1800 m	2,72	12,59
Plus de 1800 m	0,31	1,45

Source : PDAU (adapté par l'auteur, 2022)

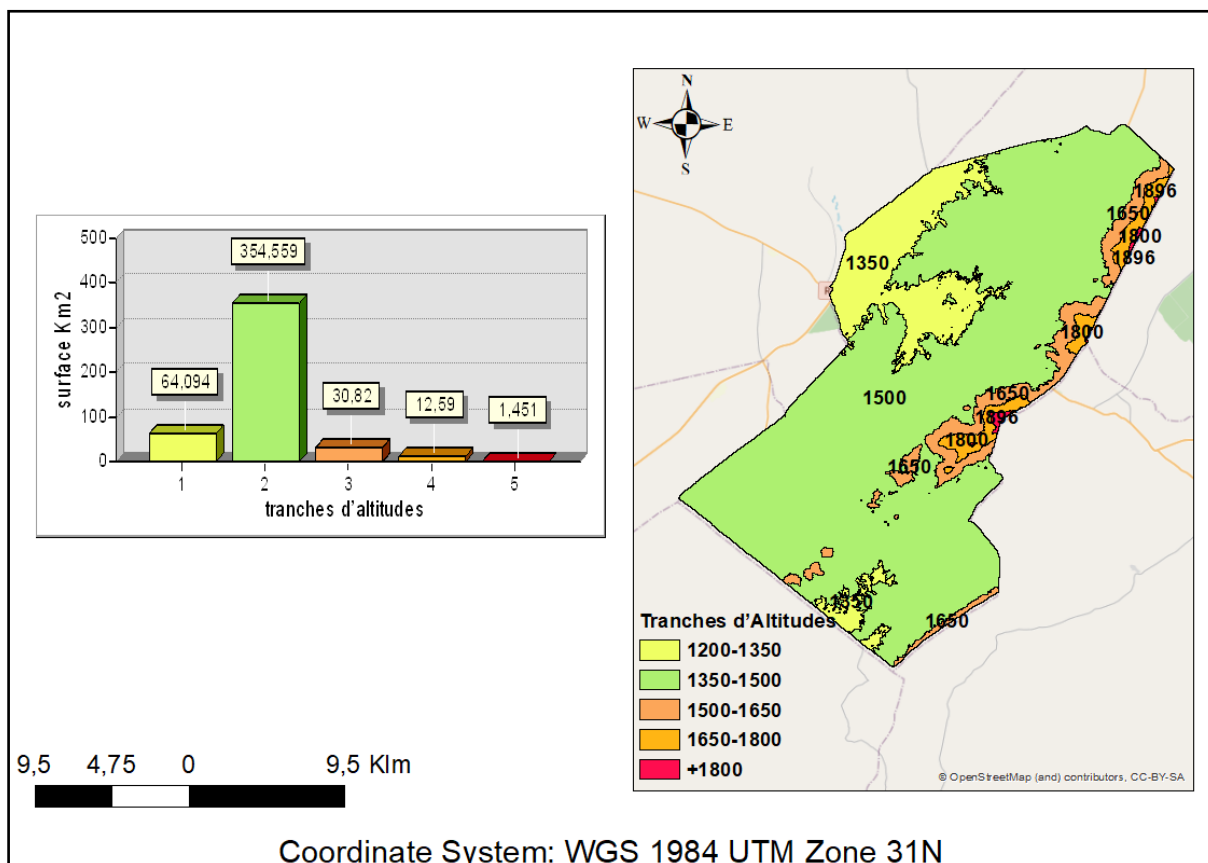


Figure n° 15 : Les tranches d'altitudes (Source : Auteur, 2022)

4.2. Pente

La ville d'El Bayadh est marquée par une classe des pentes + de 5% représente la grande partie dans la commune d'El Bayadh environ 70 % de la surface totale.

Tableau n°09 : Répartition des pentes

Classe des pentes	Superficie (%)	Superficie (Km ²)
Moins de 5°	73,99	342,94
De 5° - 12°	18	83,43
De 12°- 18°	5,52	25,58
De 18°- 25°	1,71	7,93
+ De 25°	0,78	3,62

Source : PDAU (adapté par l'auteur, 2022)

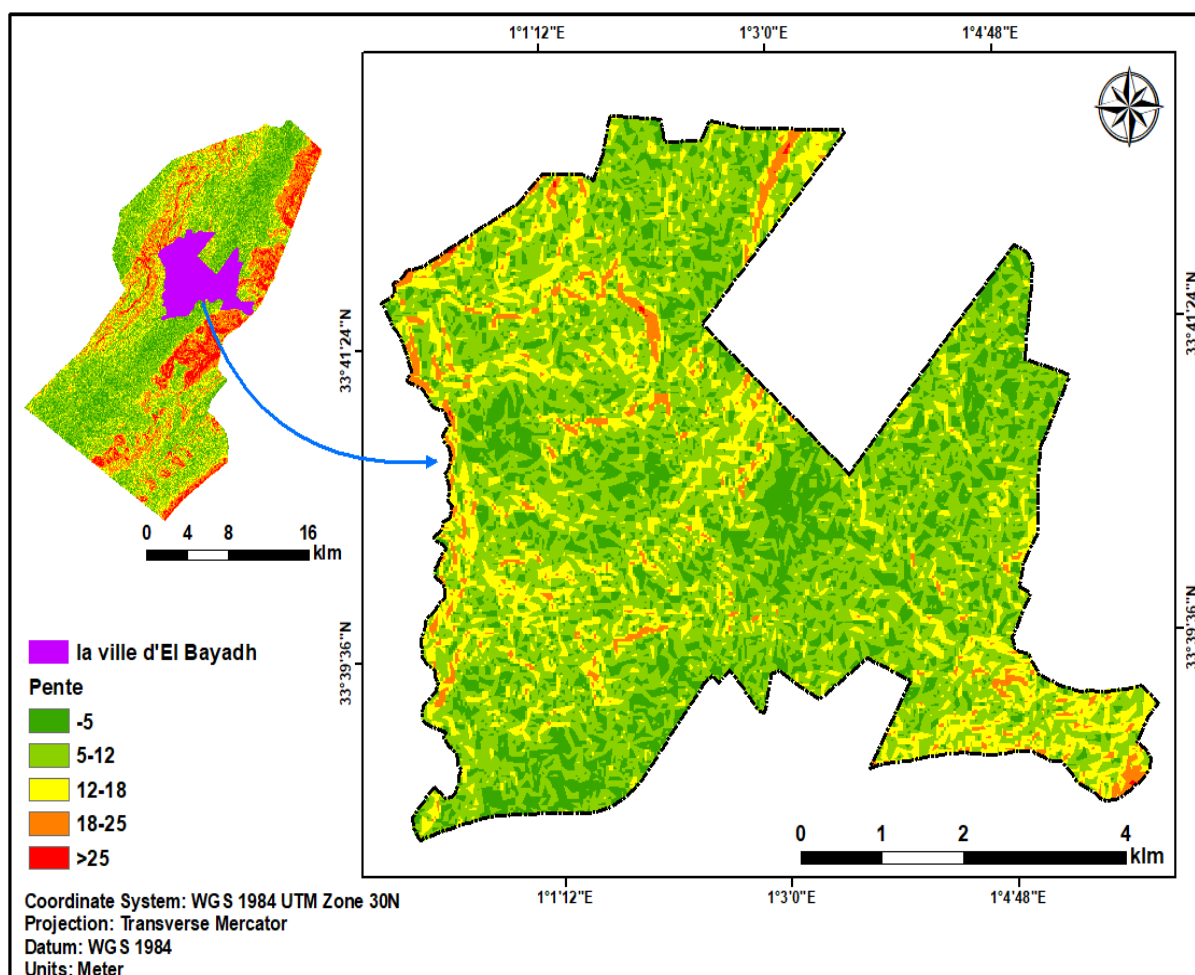


Figure n° 16 : La carte de pente (Source : Auteur, 2022)

4.3. Nature géologique

Selon la carte géologique de l'Algérie au 1/200.000 élaborée en 1950, on peut noter que la nature géologique de la ville d'El Bayadh est englobée d'argile, de grès, des poudingues et des dépôts lacustres, avec des séries de bases qui sont souvent constituées de gypse.

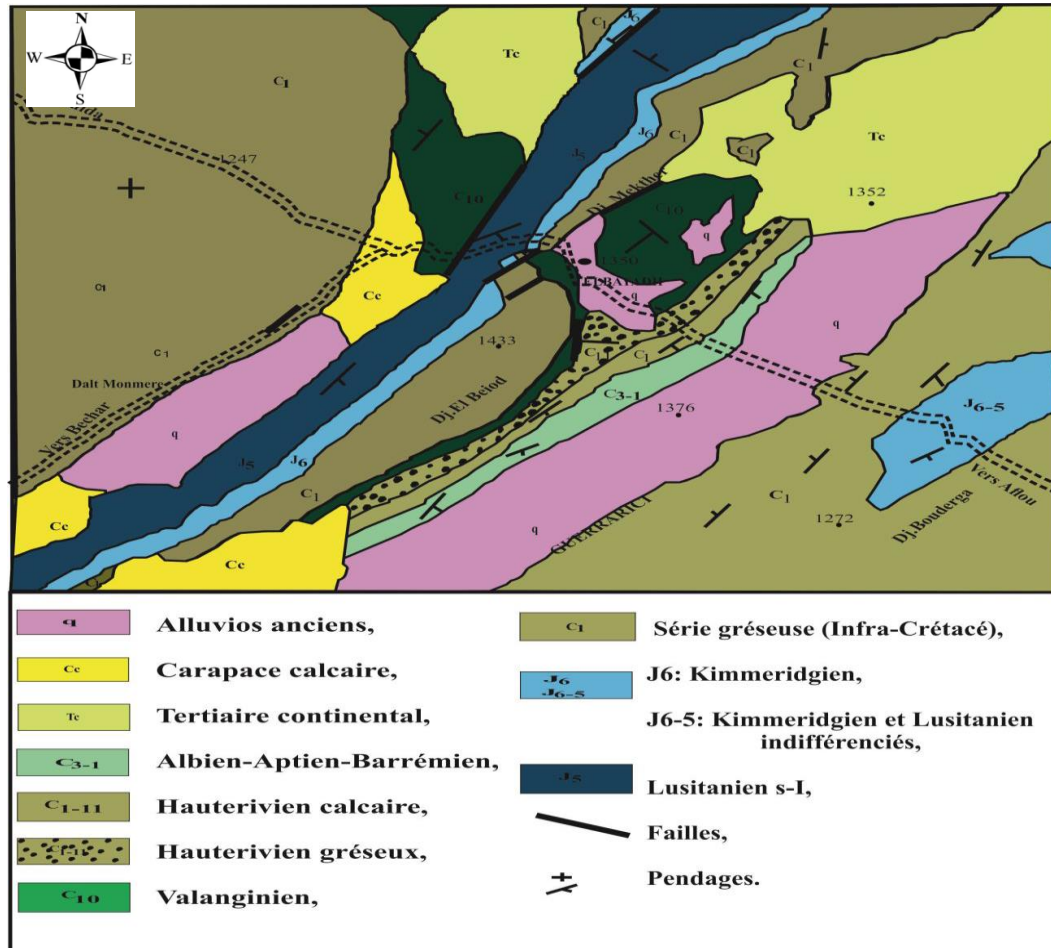


Figure n° 17 : La nature géologique d'El Bayadh (Source : DUAC ,2022)

4.4. Réseau hydrographique

Le territoire de la commune traversé par plusieurs cours d'eau, mais qu'aucun ne coule d'une manière permanente, il s'agit de torrents intermittents apparaissent avec les crues.

Les principaux Oueds sont :

- **Oued Deffa** : traverse l'agglomération chef-lieu dans sa partie (Graba).
- **L'Oued Zouireg** : ainsi que d'autres torrents sans nom forment une seule rivière au Ghedir Melaga, ces rivières prennent leur source au Djebel Mekter et Zouirga.

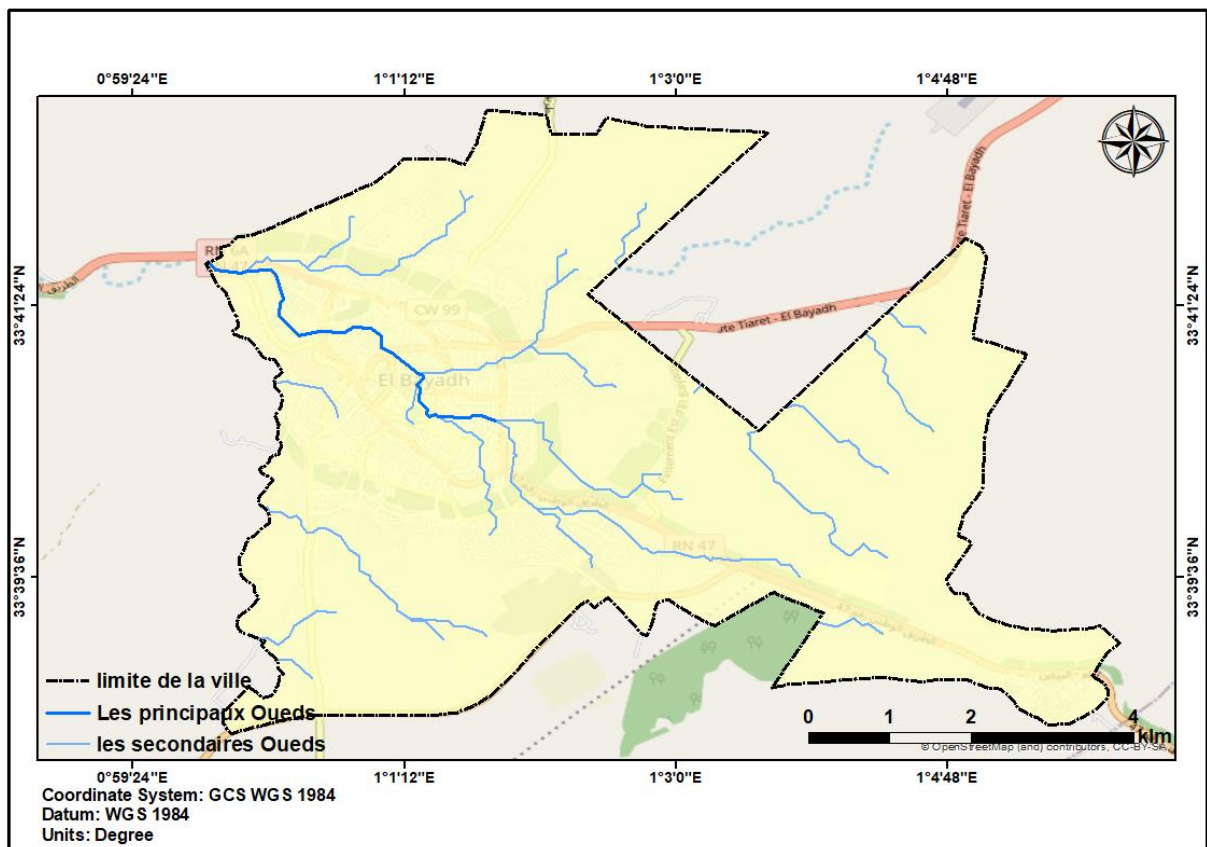


Figure n° 18 : le réseau hydrographique (Source : Auteur, 2022)

4.5. Végétation :

La végétation prédominante dans notre cas d'étude est celle de la steppe, les forêts n'est présente que sur les sommets des montagnes de l'Atlas Saharien.

5. Aspects climatiques et bioclimatiques :

Du point de vue climatique, la région se caractérisait par un climat continental rigoureux et aride distinct en deux périodes principales :

- Un hiver rigoureux.
- Un été chaud et très sec.

Suite aux difficultés enregistrées lors de la collecte des données climatiques, la finalisation de cette recherche nous a incités à utiliser les données climatiques disponibles sur le site web <https://fr.tutiempo.net/climat/ws-605500.html>.

5.1. Pluviométrie

D'une manière générale, la pluviométrie se caractérise par une répartition très irrégulière durant la même année ou interannuelle, la quantité de pluie reçue annuellement est variée entre 188 à 546 mm en moyenne (Tableau n°10)

Tableau n° 10 : Moyenne mensuelle des Précipitations (mm)
Période (2010/2020)

Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC	Moyenne
2010	29,8	44,8	27,3	33,3	44,6	10,5	3,7	41,9	30,9	48,7	15,0	22,3	29,4
2011	17,4	18,2	18,6	96,0	49,3	44,4	5,0	14,6	48,3	146,2	55,8	32,9	45,5
2012	9,6	23,5	53,3	57,6	7,1	6,3	2,2	9,3	28,2	60,1	125,7	8,7	32,6
2013	39,7	25,8	36,0	80,1	17,1	14,4	25,1	11,2	20,4	27,9	34,2	45,3	31,4
2014	31,0	45,4	32,9	7,5	29,1	25,2	4,7	14,9	37,2	15,5	70,8	40,0	29,5
2015	26,7	40,6	11,2	1,2	6,2	18,3	0,0	27,6	56,1	62,3	8,4	0,0	21,5
2016	5,3	25,8	23,6	43,8	22,6	5,1	0,3	10,2	46,1	2,8	53,7	37,8	23,1
2017	64,8	7,3	0,9	19,8	13,0	9,6	4,3	3,7	4,5	18,9	19,3	28,8	16,3
2018	25,1	22,9	56,7	68,4	33,2	1,5	0,3	54,9	22,2	69,8	43,8	10,2	34,1
2019	43,7	5,6	27,3	41,7	3,1	0,3	12,1	30,1	25,5	10,2	25,5	21,7	20,6
2020	21,7	4,6	18,3	40,8	16,7	4,2	2,5	0,3	10,8	2,2	19,2	27,9	14,1
MOY	28,6	24,0	27,8	44,6	22,0	12,7	5,5	19,9	30,0	42,2	42,9	25,1	27,1

Source : <https://fr.tutiempo.net/climat/ws-605500.html>.

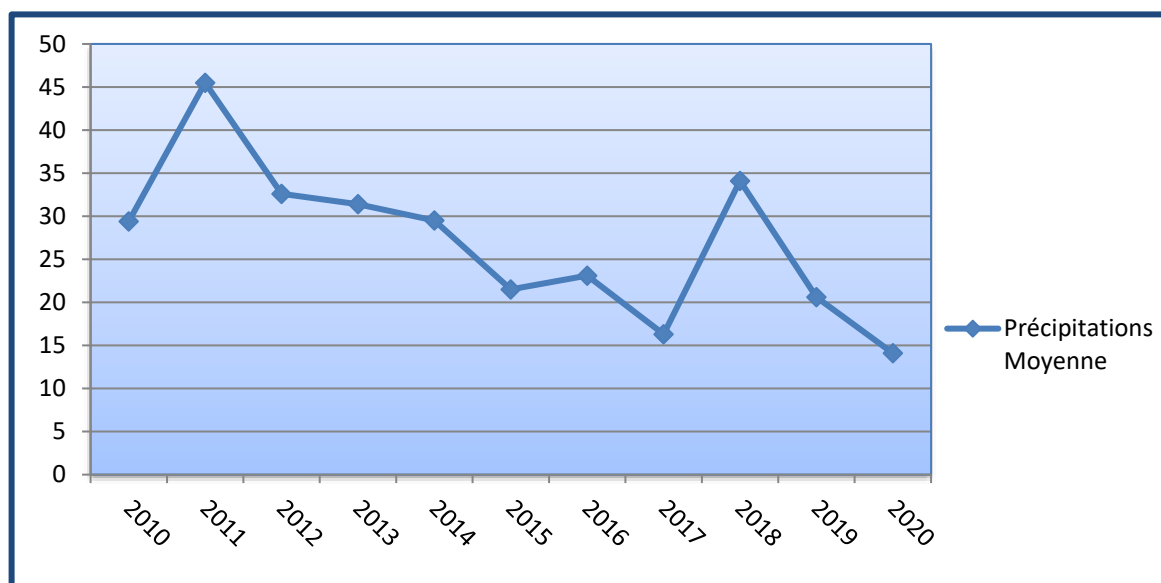


Figure n°19 : les précipitations Moyenne (Source : Auteur,2022)

5.2. Températures :

Les températures maximales varient entre 20,2 et 22,4° C et les températures minimales varient entre 8° et 10°C.

Tableau n°11 : Moyenne mensuelle des Températures (c°)
Période (2010/2020)

Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC	Moyenne
2010	7,3	11,3	12,0	14,8	16,1	22,8	28,7	27,0	22,3	16,8	10,3	8,6	16,5
2011	6,1	7,4	9,0	15,9	19,4	22,2	26,5	28,5	23,5	14,8	11,0	6,2	15,9
2012	4,7	3,9	9,3	11,6	17,8	24,5	27,8	27,7	21,7	17,2	12,8	8,0	15,6
2013	7,1	6,3	8,8	13,1	16,3	20,6	26,8	25,5	22,5	19,2	10,2	5,5	15,2
2014	7,5	8,5	8,3	15,5	19,8	20,4	27,1	27,8	23,4	18,3	11,3	6,5	16,2
2015	6,6	4,8	9,7	16,6	20,5	24,4	28,7	27,6	22,5	17,7	10,6	8,7	16,5
2016	6,5	9,2	11,7	13,8	18,5	23,6	27,8	26,7	23,1	17,6	10,7	7,1	16,3
2017	5,0	7,4	11,0	15,1	21,7	24,4	24,8	29,0	23,5	16,6	11,9	6,6	16,4
2018	7,0	7,8	9,7	14,0	16,8	23,1	28,6	25,8	23,9	13,4	9,7	8,6	15,7
2019	4,8	6,7	11,2	13,4	18,4	24,5	28,8	27,5	21,8	18,2	10,9	8,7	16,2
2020	7,1	11,9	11,5	15,2	21,6	24,3	28,3	28,1	22,3	17,6	12,2	6,9	17,2
Moyenne	6,3	7,8	10,2	14,4	18,8	23,2	27,6	27,4	22,8	17,0	11,1	7,4	16,2

Source : <https://fr.tutiempo.net/climat/ws-605500.html>.

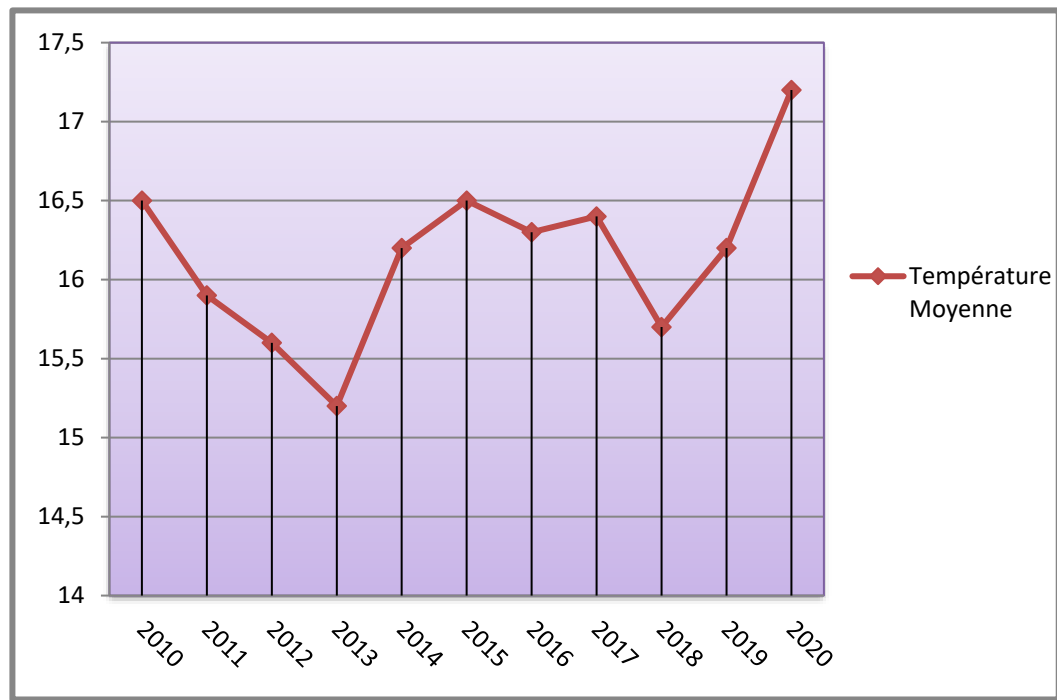


Figure n°20 : la température Moyenne (Source : Auteur,2022)

Synthèse climatique (Période 2010/2020)

Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen :

Selon Bagnouls et Gaussen (1977) sera considéré comme période sèche, un mois où le total des précipitations (P) exprimées en millimètre est égal ou inférieur au double de la température moyenne (T) du mois, exprimée en degré Celsius ($P \leq 2T$).

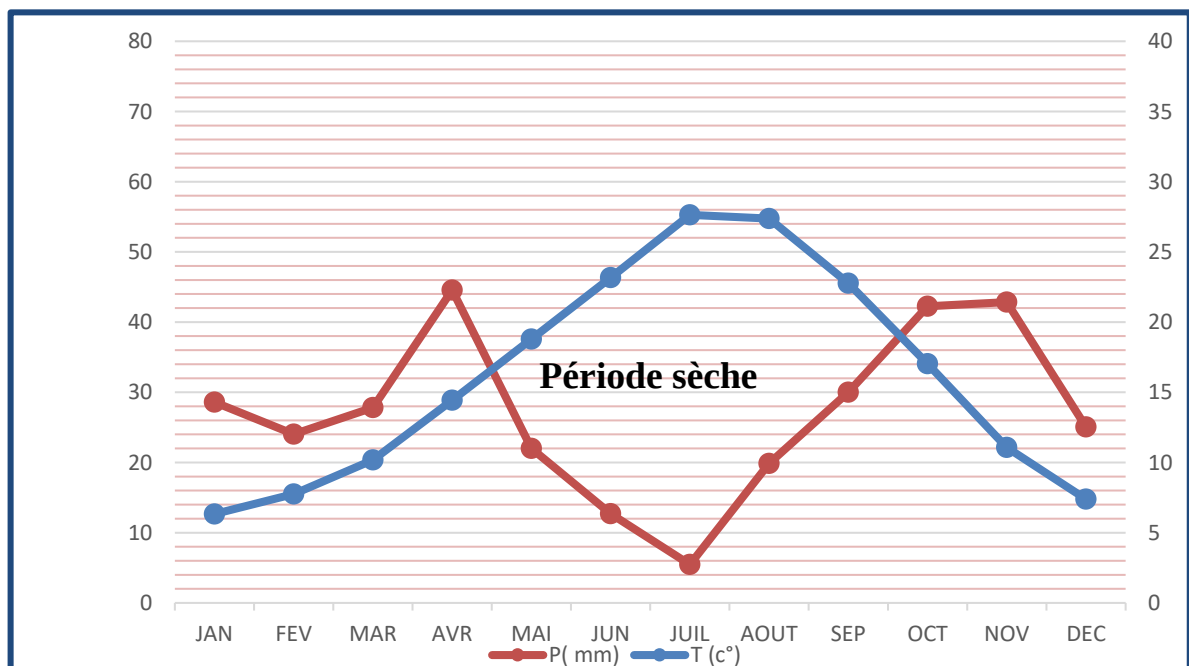


Figure n°21 : Diagramme Ombrothermique (Source : Auteur,2022)

D'après le diagramme Ombrothermique de la zone d'étude dans la période (2010/2020), la période sèche compte 05 mois (Mai, juin, juillet, août, septembre). Et la période humide dure 07 mois de (Janvier à Avril) et (d'Octobre à Décembre).

5.3. Les vents

Les vents sont généralement de force modérée dans la région d'El Bayadh, et selon les données disponibles, nous remarquons que la direction dominante est du Nord-ouest.

Tableau n°12 : Vitesse moyenne annuelle du vent (Km/h)
Période (2010/2020)

année	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Vitesse moyenne annuelle du vent	11,5	9,6	9,1	9,7	11,5	3,4	12,1	16	17,9	16,9	16,4

Source : <https://fr.tutiempo.net/climat/ws-605500.html>.

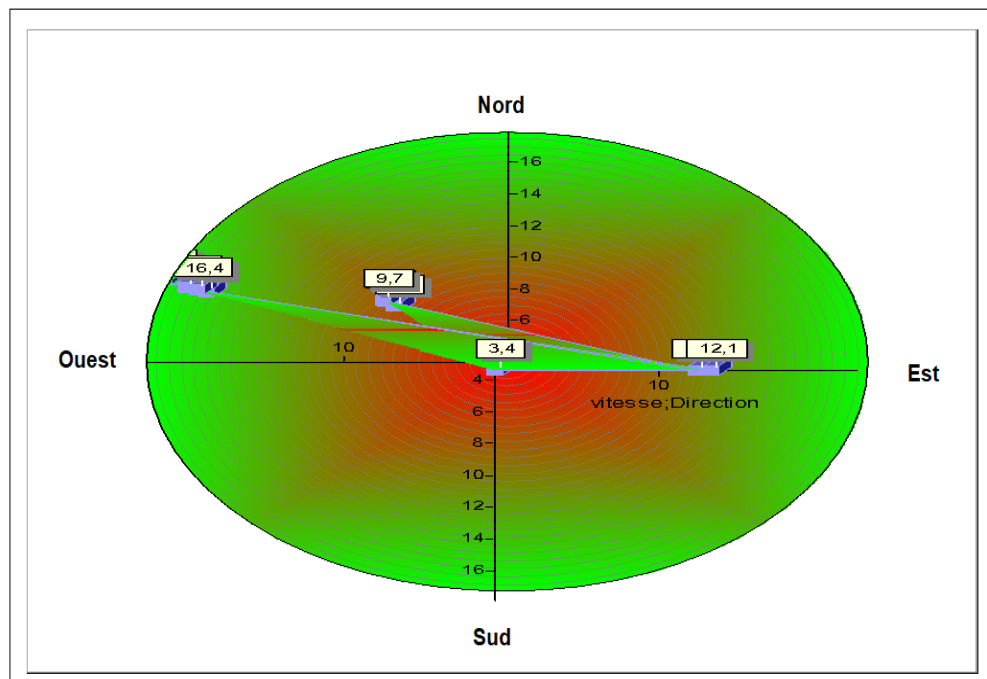


Figure n°22 : Fréquence de vents (Source : Auteur,2022)

5.4. Bioclimat :

L'étage bioclimatique de la région d'El Bayadh est aride à Hiver froid, à l'exception de la partie d'altitudes plus que Djebel Ksel, Bouderga et el Oustani qui sont des régions plus froides et plus arrosées classées à l'étage bioclimatique semi-aride à hiver froid à très froid.

6. Aspect sociologique :

L'étude de l'aspect socioéconomique est très nécessaire dans une telle recherche, car elle est l'un des principaux piliers pour construire les perspectives de l'extension des villes et l'une des études les plus importantes dans les processus de planification et d'aménagement.

6.1. Evolution de la population :

L'analyse de l'évolution de la population au niveau de la zone d'étude est une des clés essentielles dans la compréhension de la dynamique urbaine, selon les données statistiques fournies par la direction de la programmation et suivi budgétaire de la wilaya ; la population de la ville d'El Bayadh est toujours en évolution (tableau n°13) ; il est nécessaire de signaler que les données utilisées dans ce volet relatif à la période (1987/2020) étant donné que la wilaya d'El Bayadh a été créée à l'issue du découpage administratif de 1984.

Tableau n°13 : Evolution de la population (1987/2020)

Année	1987	1998	2008	2020
Commune	43 871	64 631	91 632	197 313
Ville	41 119	60 127	85 577	109 664

Source : DPSB El Bayadh

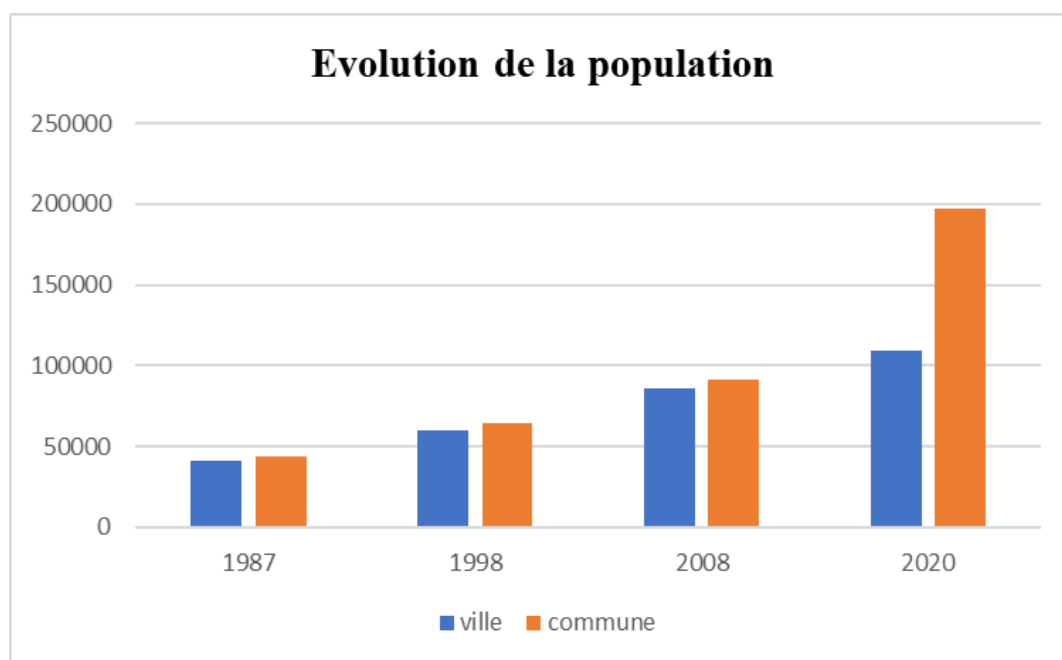


Figure n°23 : Evolution de la population (période 1987/2020)
(Source : Auteur,2022)

La population de la ville d'El Bayadh est passée de 41 119 habitants en 1987 à 60 127 habitants en 1998 et à 85 577 habitants en 2008 et à 109 664 habitants en 2020, apparaît un accroissement de la tendance du rythme de la croissance démographique environ une augmentation de 46% d'habitant entre 1987 et 1998, entre 1998 et 2008 42% d'habitant et entre 1998 et 2020 28%.

En 2020, avec ses 109 664 habitants, la ville d'El Bayadh abrite les 56 % de la population résidente de la commune.

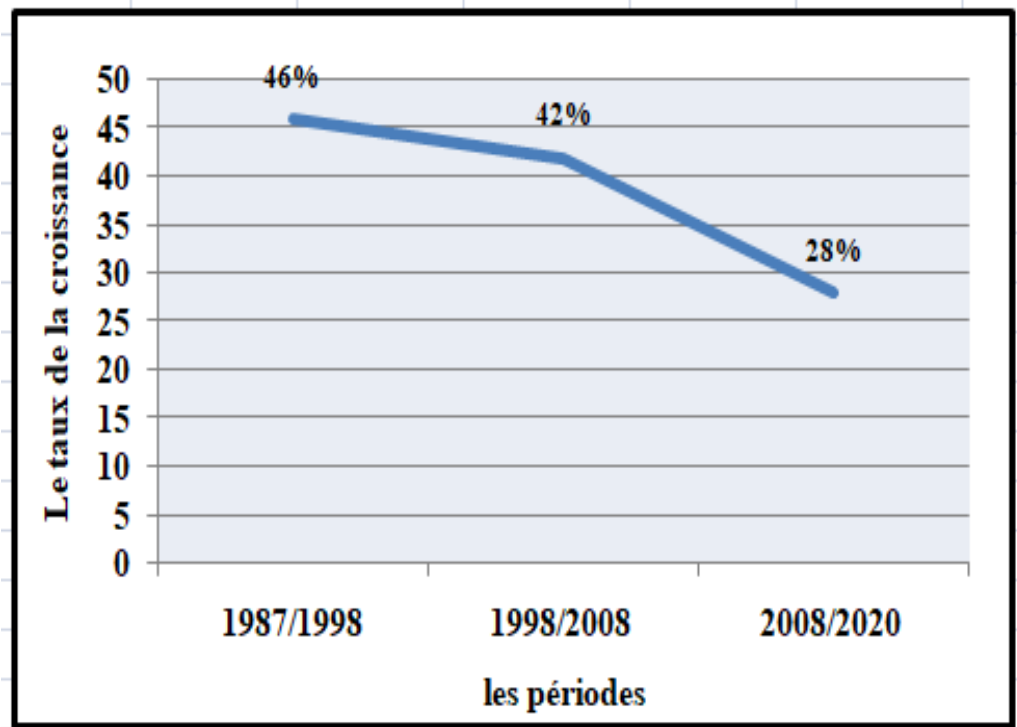


Figure n°24 : le taux de la croissance (période 1987/2020) (Source : Auteur,2022)

Selon la courbe du taux de la croissance, nous constatons que la croissance de la population de la ville a diminué entre 2008 et 2020 et cela sont dus à la politique de l'État dans la promotion des zones rurales et la fin de la décennie noire.

7. Analyse urbaine de la ville

7.1. Analyse de la structure urbaine :

La structure urbaine actuelle de la ville d'El Bayadh est une structure radio-concentrique qui se repose sur un ensemble voies primaires, convergent vers le centre-ville. Les plus importantes sont :

- ✚ L'axe traversant la ville du Nord-ouest au Sud-est en passant par le centre-ville. Il s'agit de la route d'Aflou.
- ✚ L'axe traversant la ville du Nord-est au Sud en passant également par le centre-ville, il s'agit de la route El Haoudh, petit Mécheria.
- ✚ L'axe route de Saida-centre-ville.
- ✚ Les axes périphériques et centraux comme celui de Sidi Hadj Bouhaous traversant la ville dans le sens Est-ouest.

7.2. Le mode occupation actuelle du sol :

La structure de l'occupation actuelle du sol se présente dans le tableau suivant :

Tableau n °14 : Mode d'occupation du sol

Mode d'occupation de sol	Surface en ha	Pourcentage %
Habitat	426	51,20
Equipement	77	9,25
Activités	20	2,40
Espace vert aménagé	3	0,36
Emprise spécifique (caserne, cimetière)	28	3,36
Ceintures vertes intégré	20	2,40
Voiries	190	24,26
Autres zones naturelles terrains libres	68,14	6,77

Source : PDAU

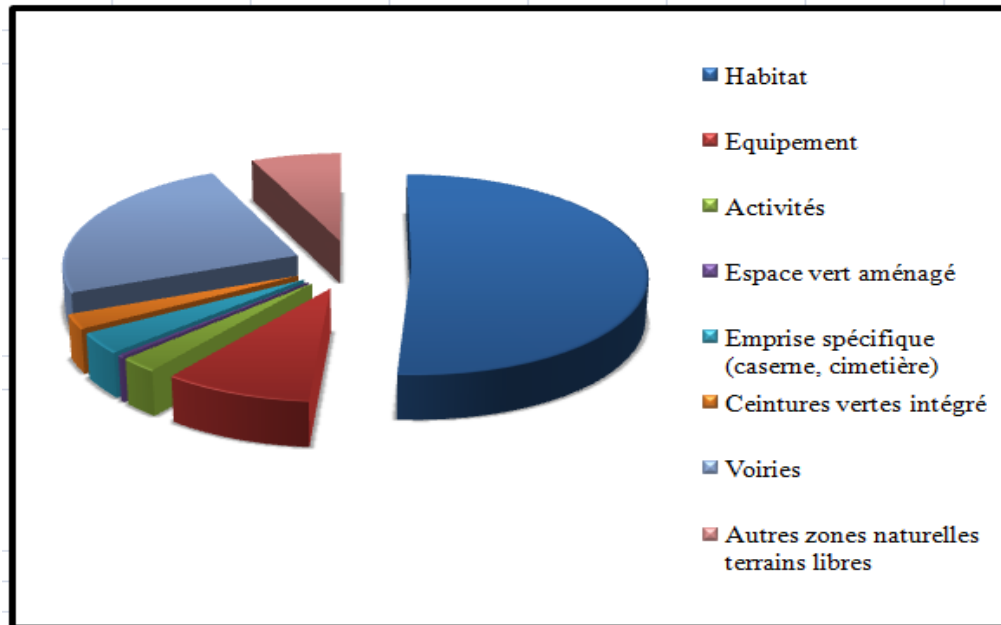


Figure n°25 : Mode d'occupation de sol (Source : Auteur, 2022)

Selon les données du tableau n°13, on constate que l'habitat prédomine dans l'occupation du sol de la ville d'El Bayadh avec **51,20 %**. Les équipements ne représentent que moins de **10%** et la voirie occupe **24%** de la surface totale.

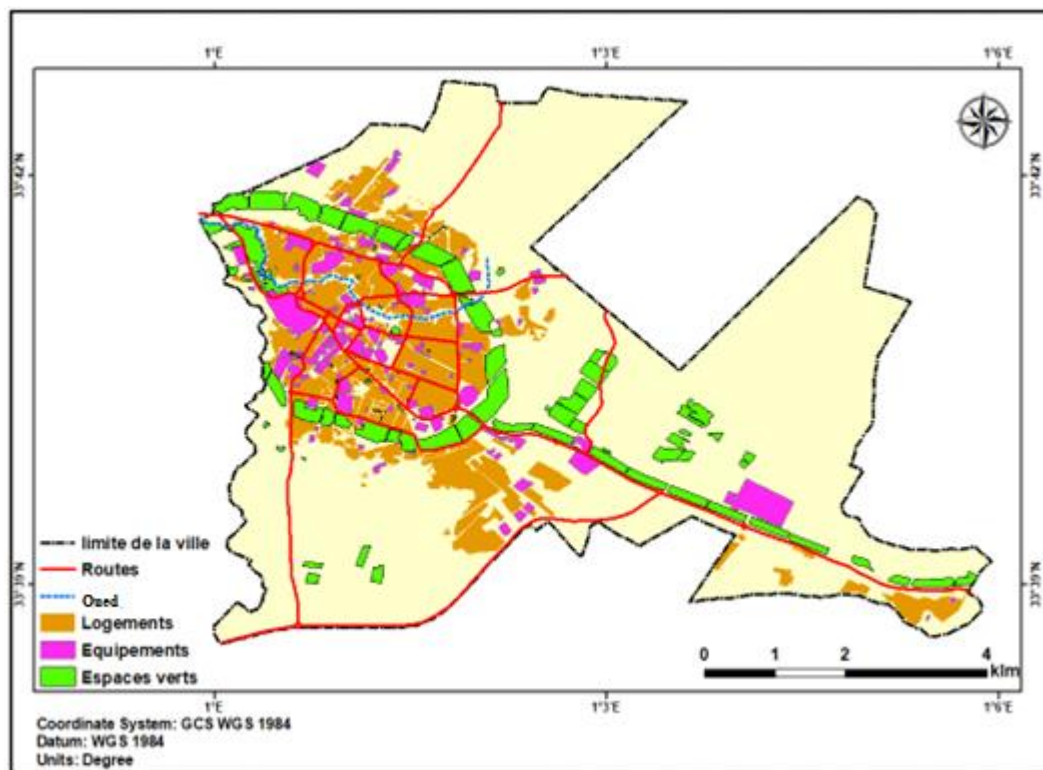


Figure n°26 : La carte d'occupation de sol (Source : Auteur, 2022)

7.3. Découpage du tissu urbain en secteurs homogènes :

Afin de faciliter l'étude du milieu urbain de la ville d'El Bayadh, nous avons découpé le tissu urbain en huit secteurs (8) homogènes, en se basant sur les paramètres physiques, morphologiques et fonctionnels.

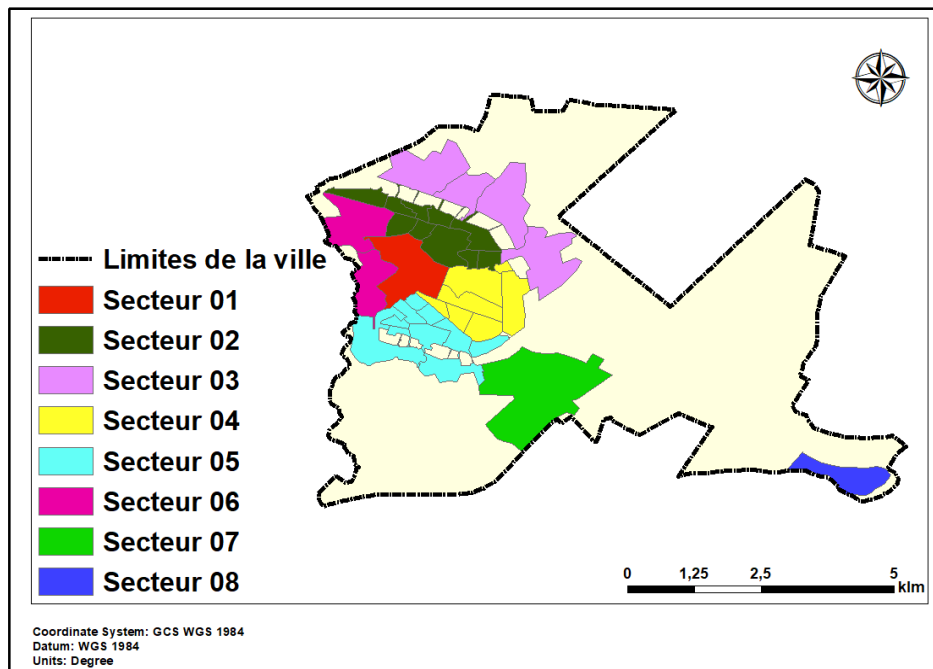


Figure n°27 : les secteurs du tissu urbain (Source : Auteur, 2022)

Le tableau suivant montre les caractéristiques de ces secteurs selon les données de la direction de la programmation et suivi budgétaire de la wilaya d'El Bayadh et le bureau communal de statistique 2020.

Tableau n°15 : les caractéristiques des secteurs

Secteur	Population	Surface /ha	Densité h/ha
Secteur 01	9238	95,93	96,30
Secteur 02	28906	158,58	182,28
Secteur 03	16986	276,26	61,49
Secteur 04	25032	161,75	154,75
Secteur 05	18178	187,10	97,16
Secteur 06	11026	129,67	85,03
Secteur 07	298	218,12	1,37
Secteur 08	En voie de réalisation	53,07	En voie de réalisation

Source : APC adapté par l'auteur, 2022

7.4. Habitat :

Le parc de logement total de la ville d'El Bayadh (agglomération chef-lieu) est estimé à 28 911 unités, selon les résultats de la première phase du recensement 2020.

Le type de logement dominant est l'habitat individuel avec un taux de 75% du parc total de logements.

Tableau n°16 : le parc de logements

	Nombre de logement		
	Habitée	Inhabitée	Total
ACL EL BAYADH	20235	8676	28911

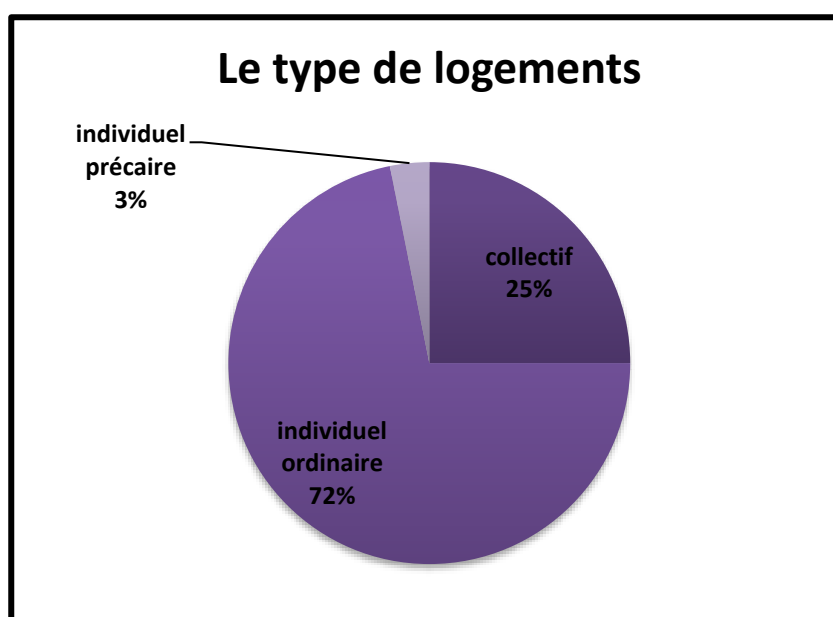
Source : BS (APC) 2020

Le tableau suivant montre la répartition du parc de logements selon le type de construction.

Tableau n°17 : le type de logements

Type de logement		Nombre	Taux %	Localisation
Collectif		7 228	25	ZHUN, 150 logts, El Nasr, OULED YAHIA 01
Individuel	Ordinaire	20 772	71,85	La plupart des quartiers
	Précaire	911	3,15	El Graba
Total		28 911	100	

Source : BS (APC) 2020



Source : Auteur, 2022

7.5. Équipements :

La ville d'El Bayadh dispose plusieurs équipements qui occupent une superficie environ 128 hectares.

Le tableau suivant montre la répartition des équipements selon la vocation.

Tableau n°18 : le type des équipements

Type de l'Equipement	Taux %
Education	22,98
Sécurité	18,33
Santé	4,59
Religieuse	12,73
Commercial	2,75
Administrative/service	28,90
Sport/Culture	9,72

Source : Auteur, 2022

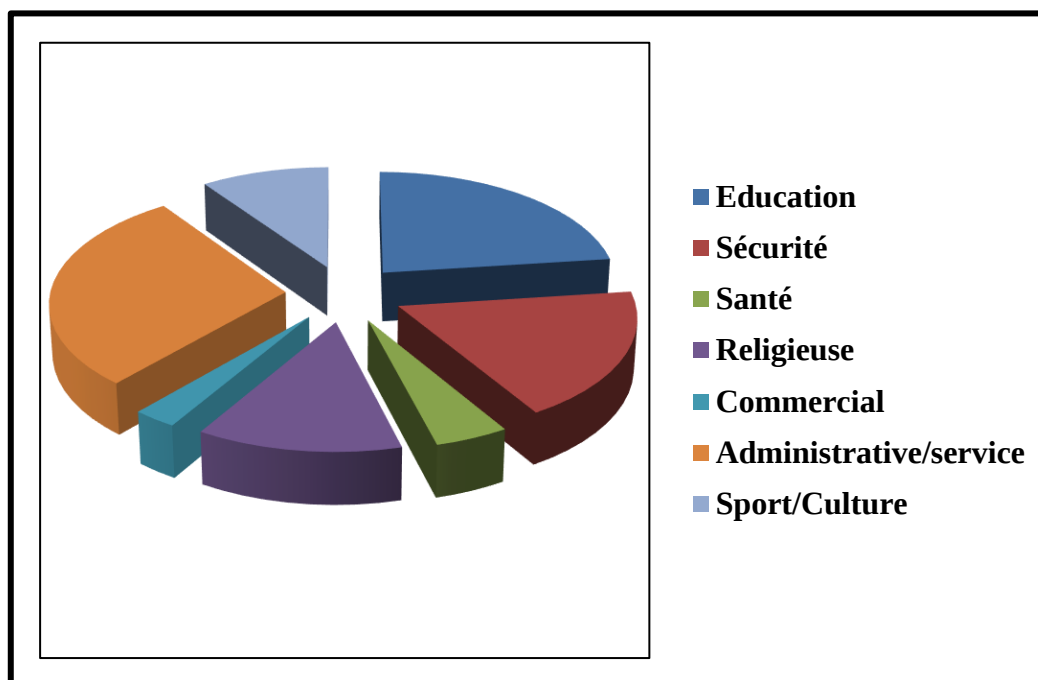


Figure n°28 : La classification des équipements (Source : Auteur, 2022)

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons défini les données nécessaires concernant notre zone d'étude que ce soit sur le géomorphologique, topographique, géologique, climatique (Précipitations, températures, vents.....Etc.) et les ressources hydrologiques.

Ces données nous serviront à éclaircir l'image du site vis-à-vis sa sensibilité aux aléas naturels et tout particulièrement les inondations.

La ville est classée dans l'étage bioclimatique aride à hiver froid.

La ville d'el Bayadh a connu une évolution démographique irrégulière dans les dernières années, dont la densité de la population est très élevée dans le centre-ville, donc à proximité de la vallée principale (Oued Deffa), et cela augmenter la probabilité d'exposition aux risques d'inondations.

Chapitre V
Caractérisation du bassin
versant

Introduction

Tandis que le risque d'inondations est le résultat de l'interaction d'un aléa et de la vulnérabilité, alors la compréhension de ce risque nécessite de déterminer les deux composantes.

L'étude d'un bassin versant a pour but de construire un diagnostic sur l'état de l'espace naturel afin de définir les différentes caractéristiques d'une part, et de déterminer le mode d'occupation de sols d'autre part.

Ce chapitre traite les caractéristiques morphométriques du bassin versant de la ville d'El Bayadh.

1. Le bassin versant : *définition*

Le bassin versant est la section principale pour l'identification du bilan hydrologique, il est présenté par la superficie traversée par un cours d'eau et ses affluents. (Et, 2018)

On appelle bassin versant l'ensemble de la région sur lequel chaque goutte de pluie s'écoulera vers un exutoire. Le bassin versant correspond ainsi à l'aire d'alimentation d'un cours d'eau. (Thibault, 1997)

Un bassin versant est délimité par des lignes de partage des eaux (les frontières naturelles), qui sont matérialisées par le relief (ligne de crêtes). (Galéa & Prudhomme, 1997)

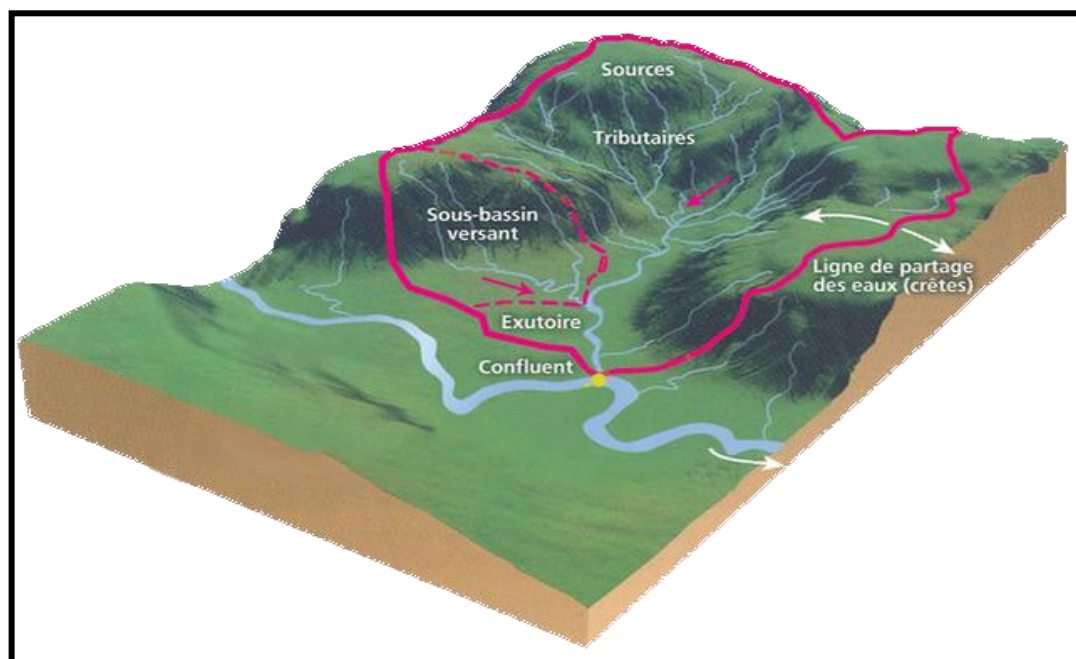


Figure n°29 : Schéma du bassin versant (Source : <https://syndicat-cisse.fr>)

1.1. Les caractéristiques du bassin versant

L'étude des caractéristiques morphométriques du bassin est très importante pour déterminer et analyser le comportement hydrologique. (Gangbazo, 2011)

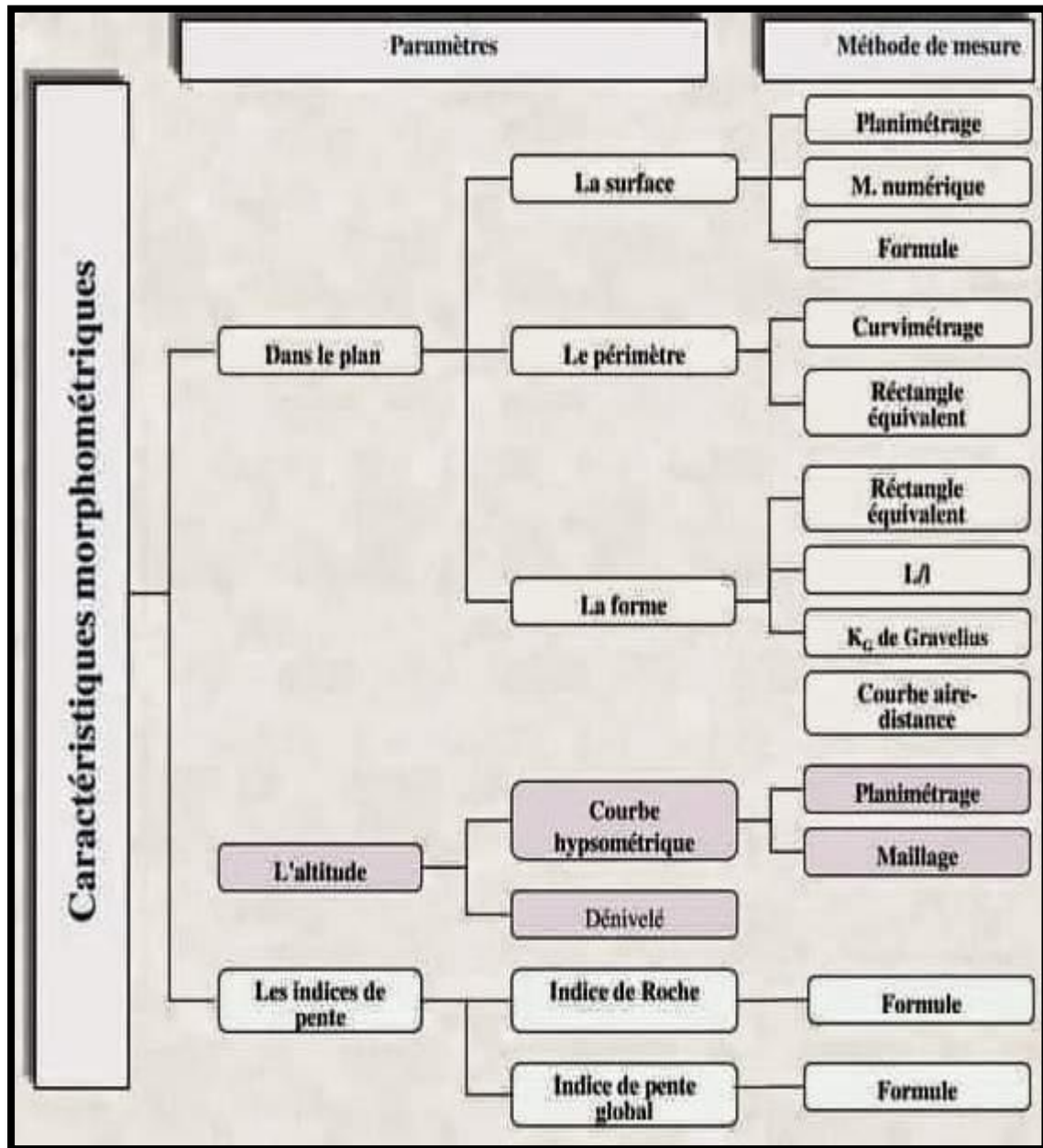


Figure n°30 : Processus de l'étude de caractéristiques morphométriques mesurées pour un bassin versant

Source : (Gangbazo, 2011)

2. Découpage hydrographique de la région d'El Bayadh :

La région d'El Bayadh comporte deux grands bassins versant hydrographiques importants, au Nord le bassin hydrographie Oranie (Chott Chergui) et le bassin hydrographie Sud (zone Sahara) au sud.

Ces deux grands bassins sont drainés par quatre grands Oueds :

- 1- Oued DEFFA
- 2- Oued FALIT
- 3- Oued Sagar
- 4- Oued El Gharbi

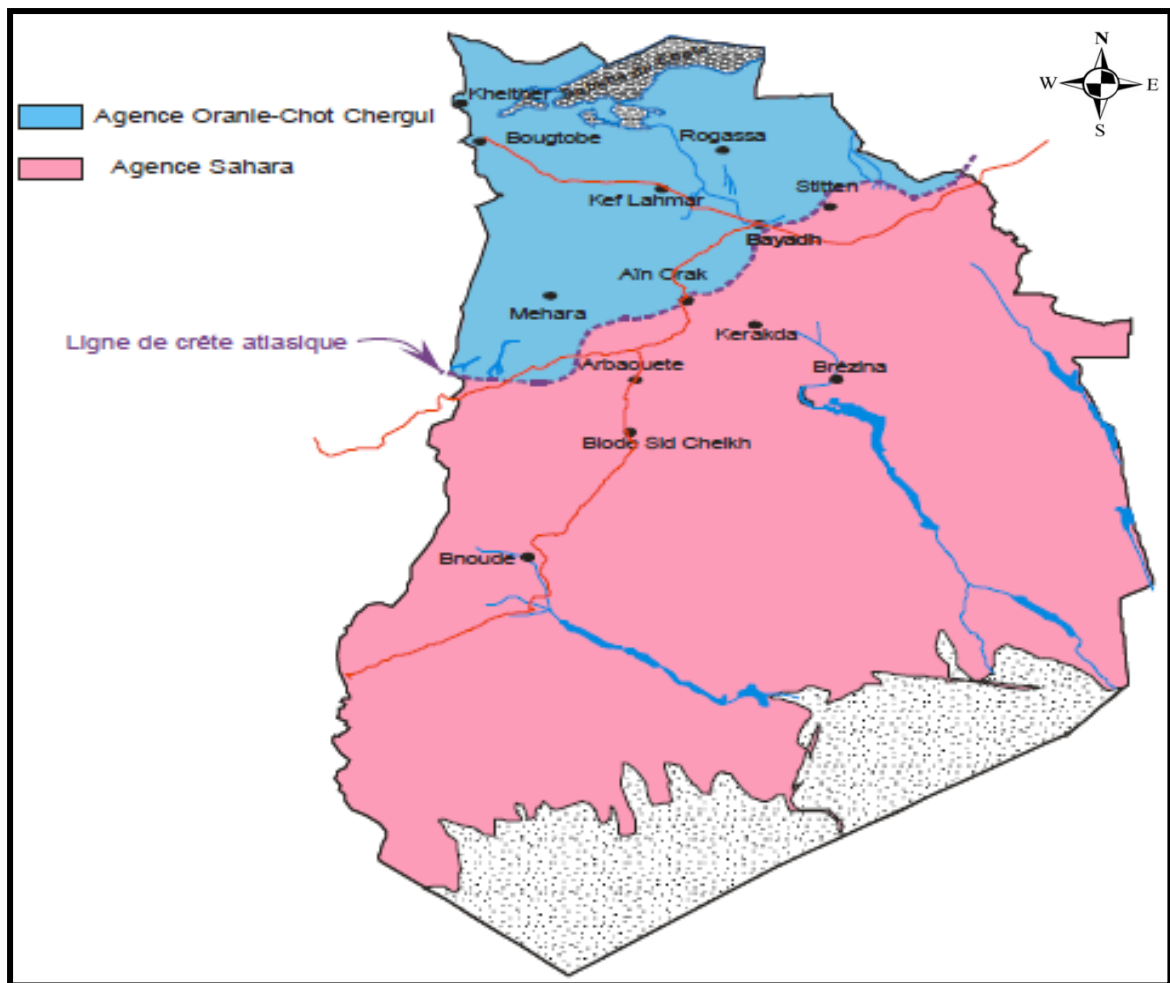


Figure n° 31 : Découpage hydrographique de la région
Source : DRE El Bayadh

3. Le contexte de la ville dans le Bassin

La commune d'El Bayadh est située dans le grand bassin hydrographie Oranie (Chott Chergui).

Le bassin versant du Chott Chergui formée par plusieurs bassins topographiques avec une superficie planimétrie totale de 36 290 km² et un périmètre de 111 km, il est composé de 15 sous bassins versants (Document ANRH).

Administrativement, le bassin versant de chott chergui comporte six (06) wilayas ; El Bayadh, Tiaret, Naâma, Saida, Sidi Bel abbés et Laghouat.

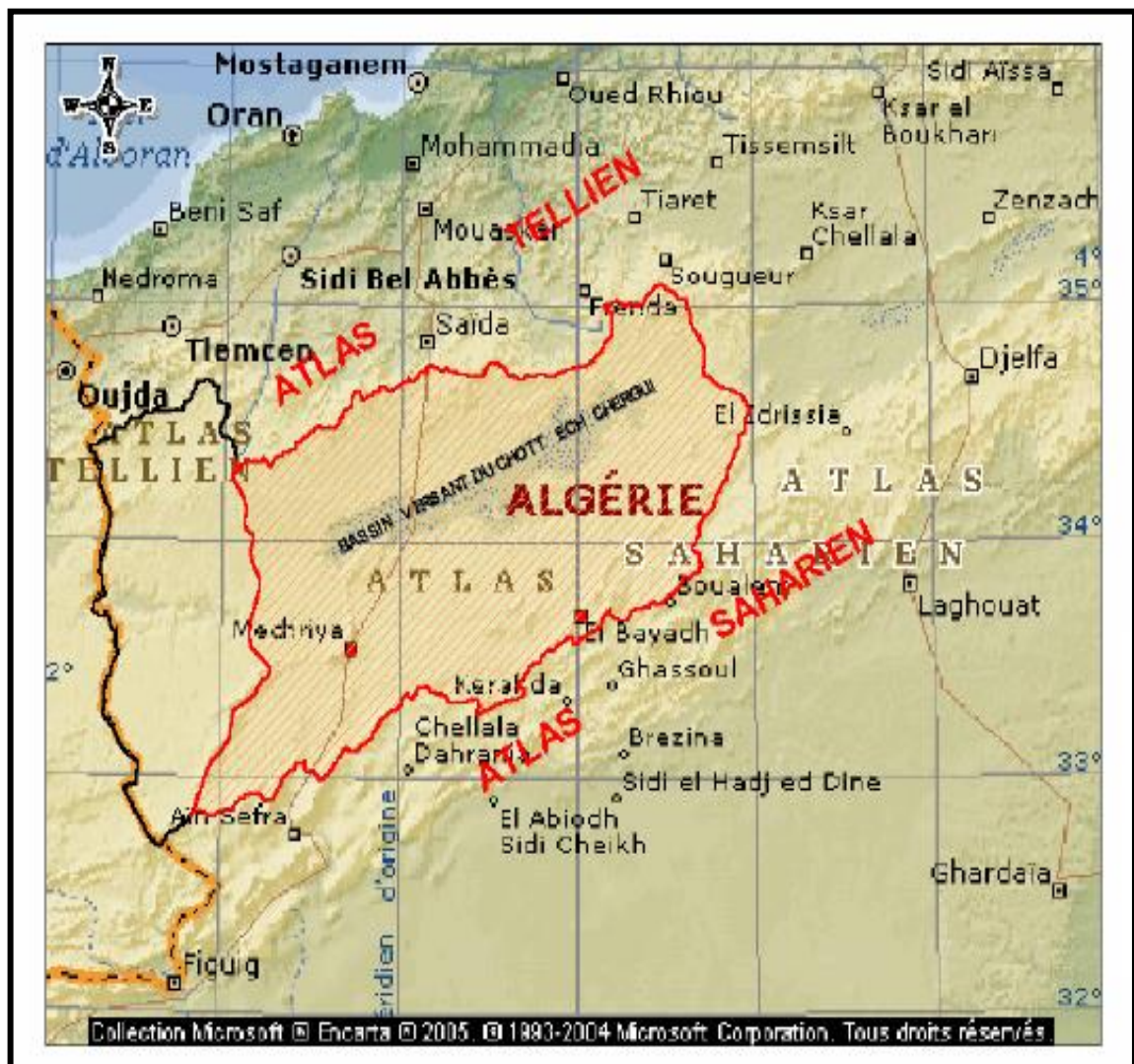


Figure n° 32 : Le bassin versant Chott Chergui

Source : (MAIZI Djamel, 2007)

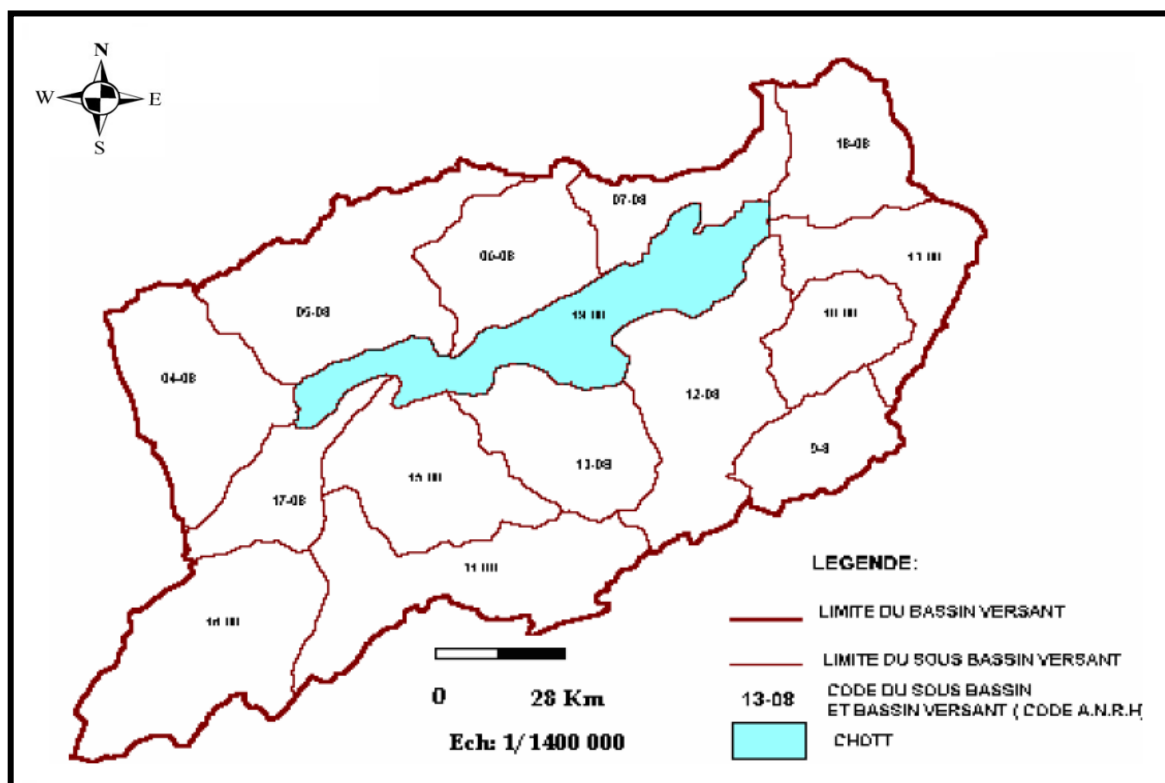


Figure n° 33 : les sous bassins versant Chott Chergui

Source :(MAIZI Djamel, 2007)

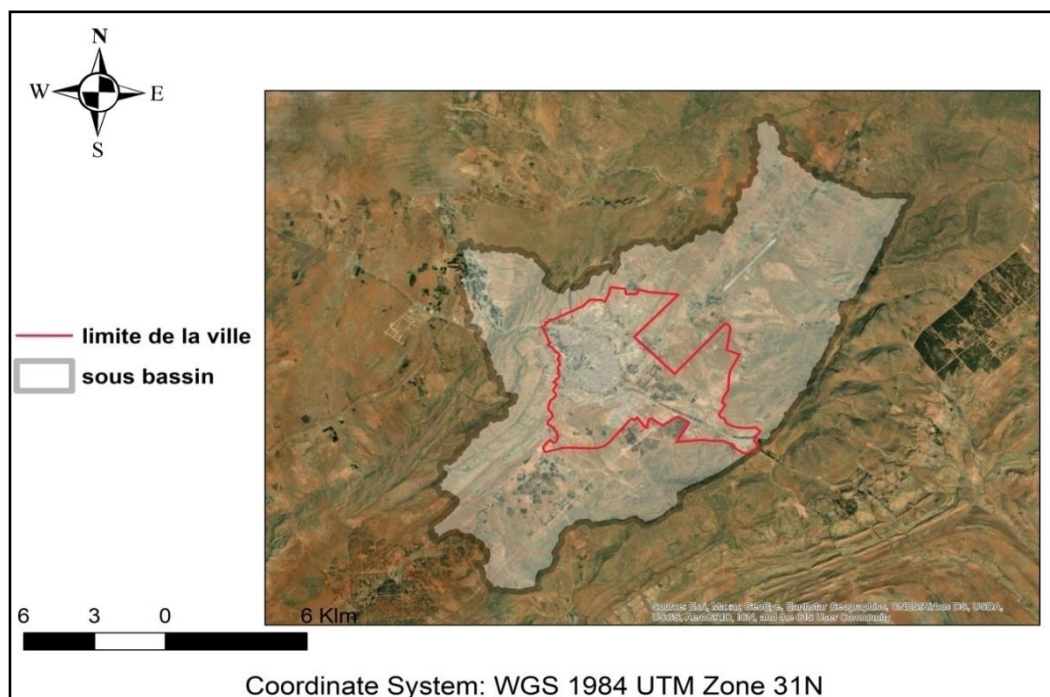


Figure n° 34 : Le contexte géographique de la ville dans le bassin versant

Source : Auteur, 2022

4. Caractéristiques morphométriques

Les caractéristiques morphométriques du bassin versant de la ville d'El Bayadh ont été calculées grâce à un Modèle Numérique de Terrain (MNT), obtenu par le site de « *United states geological survey (USGS)* ».

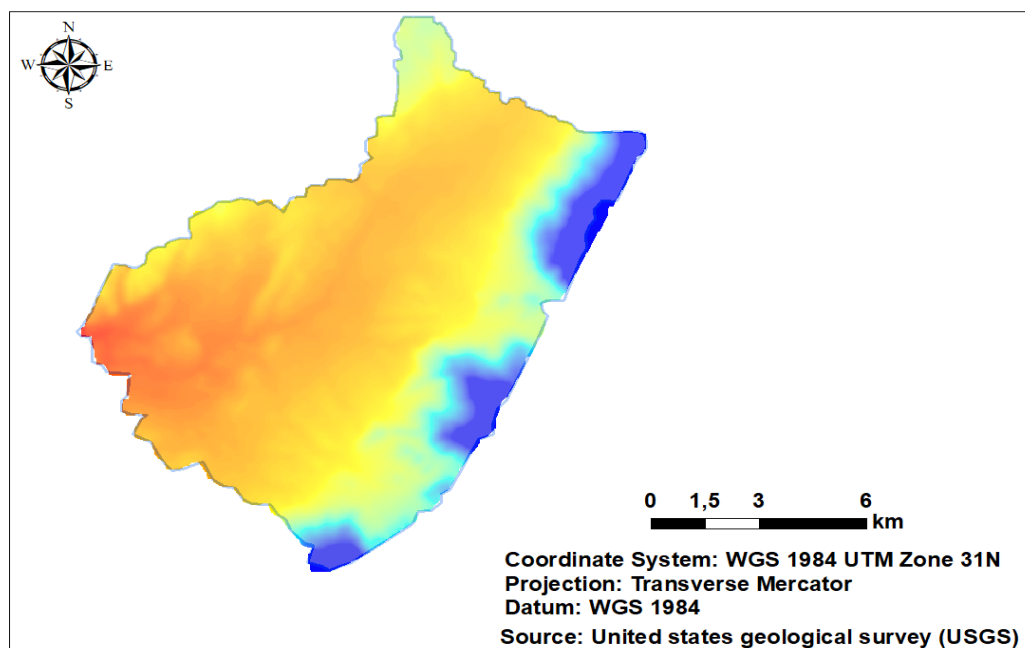


Figure n° 35 : Le model numérique de terrain (MNT).

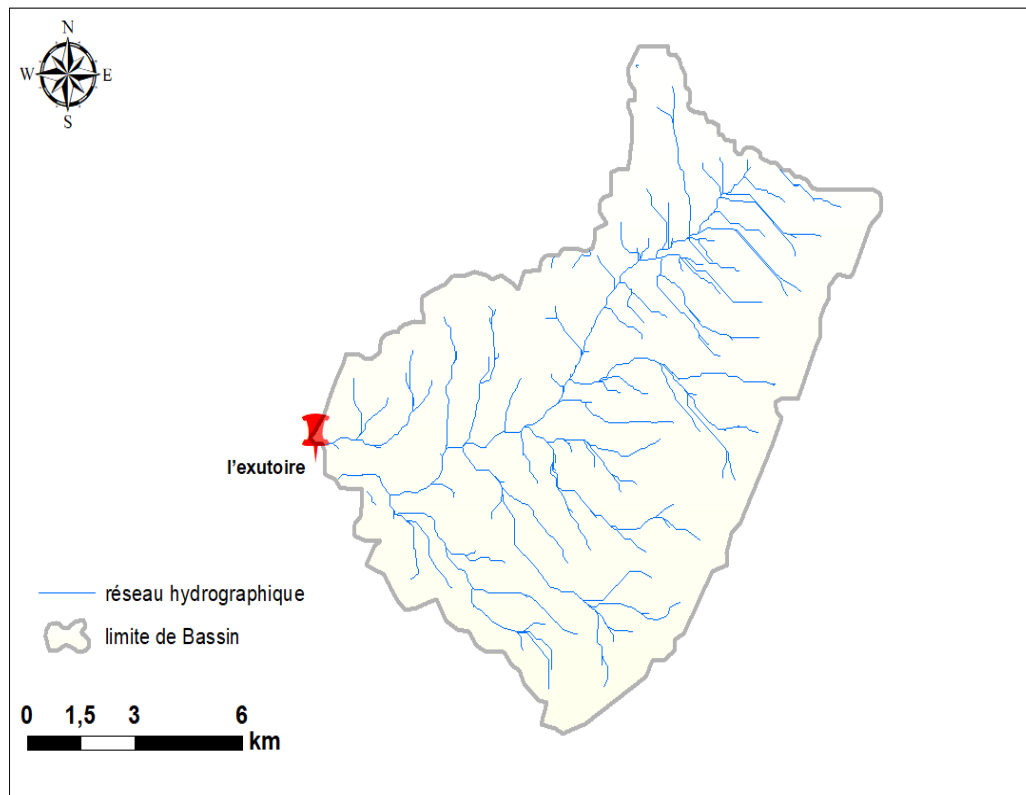


Figure n° 36 : Le bassin versant de la zone d'étude (Source : Auteur, 2022)

4.1. La superficie

La superficie constitue l'assiette de réception des précipitations alimentant les cours d'eau, la détermination du débit du cours d'eau à l'exutoire lié à la surface, donc la délimitation de la superficie permet de suivre l'intensité des événements hydrologiques. (Le Moine, 2008)

La superficie du bassin versant dans notre cas d'étude est estimée à :

$$S = 130.97 \text{ km}^2$$

4.2. Le périmètre

Le périmètre du bassin versant dans notre cas d'étude est estimé à :

$$P = 62 \text{ km}$$

4.3. La forme

La forme du bassin versant a une importante incidence sur l'écoulement, ce paramètre se définit par l'indice de Gravelius (K_g) qui a proposé en 1914 (Défini comme le rapport de périmètre du bassin à celui d'un cercle de même surface, appelé aussi (le coefficient de compacité), dont : (BENDJOUDI & HUBERT, 2002)

$$K_g = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{S}}$$

P = Le périmètre du bassin

S = La superficie du bassin

Remarque : $1.5 < K_g < 1.8$ Soit un bassin versant allongé.

$1.0 < K_g < 1.15$ Soit un bassin versant ramassé.

L'indice de Gravelius (K_g) de notre bassin d'étude est de **1.51**, donc c'est un bassin versant de forme **allongé**.

4.3.1. Le Rectangle équivalent

Le bassin versant rectangulaire déterminé par une transformation géométrique du bassin réel dans laquelle on conserve les mêmes caractéristiques morphométriques.

Le rectangle équivalent est le rectangle de longueur (L) et de largeur (l), qui a la même superficie et le même périmètre du bassin réel. (Faye, 2018) dont :

$$L = \frac{Kg \sqrt{S}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kg} \right)^2} \right]$$

$$l = \frac{Kg \sqrt{S}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kg} \right)^2} \right]$$

Le rectangle équivalent du notre bassin réel est caractérisé par :

- ❖ Une longueur (L) de **25.73 km**
- ❖ Une largeur (l) de **5.09 km**

4.4. Altitudes :

L'intensité des phénomènes hydrologiques est liée étroitement aux altitudes, donc l'altitude représente un facteur très puissant sur l'écoulement. (Philemon et al., n.d.)

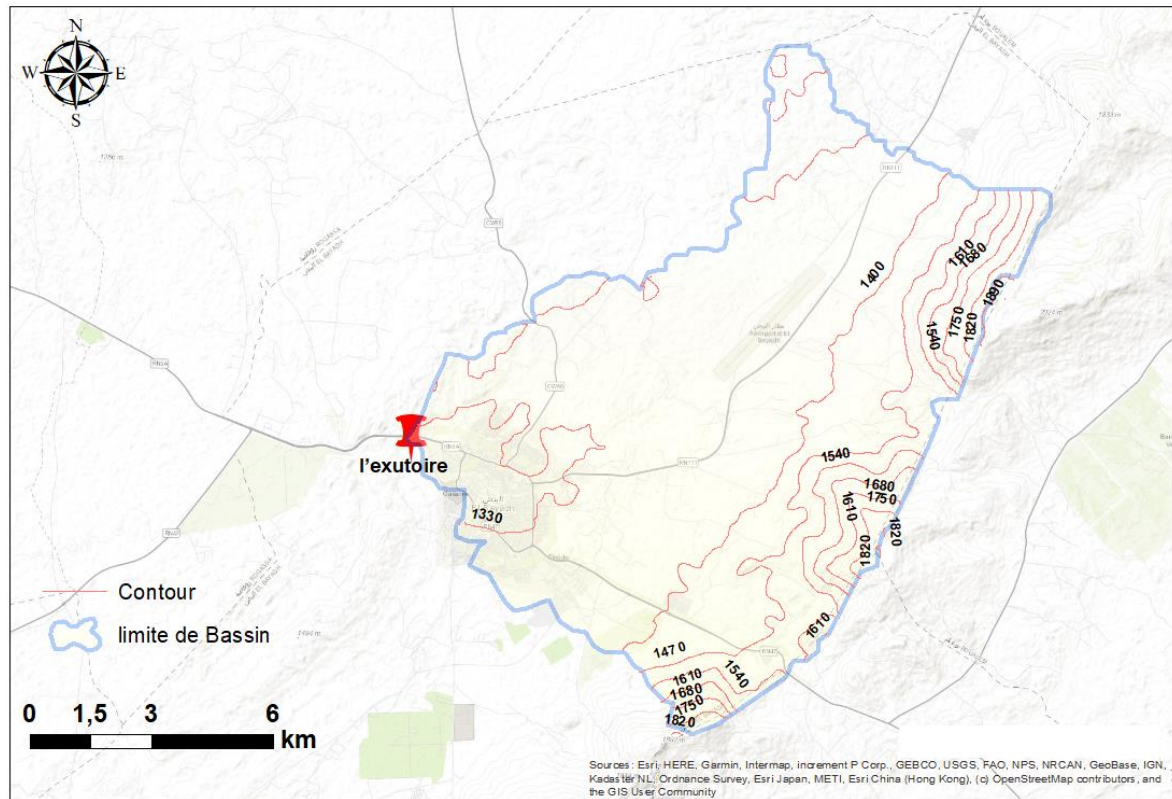


Figure n°37 : Courbes de niveau (Source : Auteur, 2022)

La carte des courbes de niveau montre que le relief montagneux couvre toute la partie Est du bassin, l'exutoire se trouve à une altitude proche de **1300 m**.

4.5. Courbe hypsométrique

La courbe hypsométrique donne une vue générale sur la pente du bassin, cette courbe traduit la répartition des altitudes à l'intérieur du bassin versant. (Martonne, 1941) (Tableau n°19)

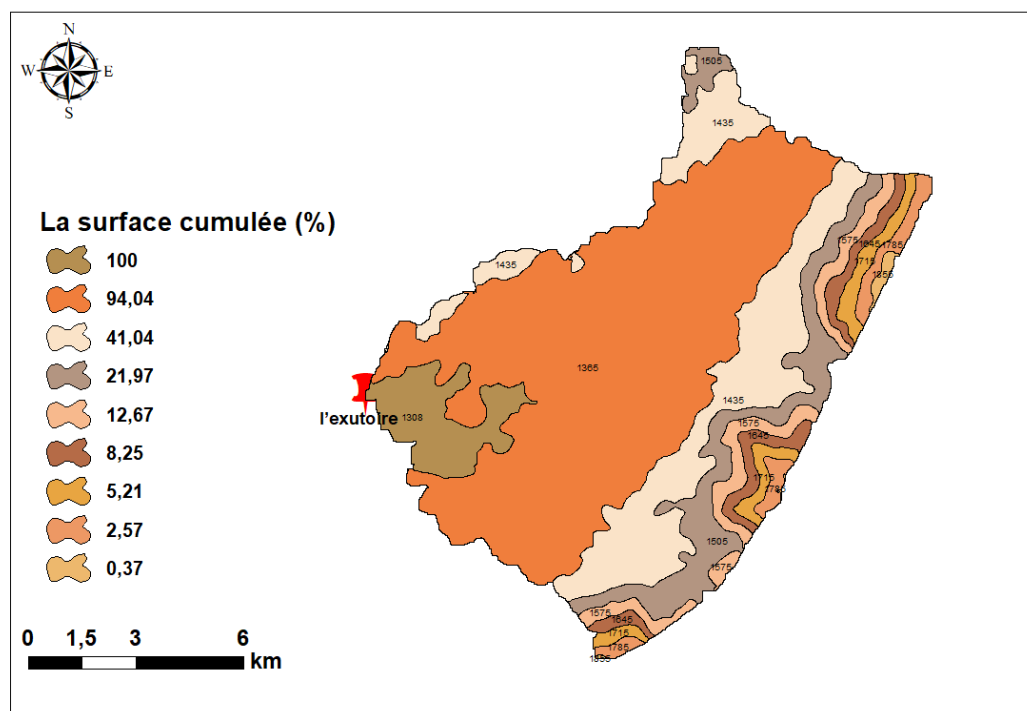


Figure n°38 : Répartition de la surface cumulée (Source : Auteur, 2022)

Tableau n° 19 : Répartition d'altitudes du bassin versant

Tranche d'altitude (m)	Altitude Moyenne H_i (m)	Superficie S_i (Km ²)	Surfaces partielles (%)	Surface cumulée (%)	$H_i * S_i$
1286 - 1330	1308	7,81	5,96	100,00	10 215.48
1330 - 1400	1365	69,41	53,00	94,04	94 744.65
1400 - 1470	1435	24,98	19,07	41,04	35 846.3
1470 - 1540	1505	12,18	9,30	21,97	18 330.9
1540 - 1610	1575	5,79	4,42	12,67	9 119.25
1610 - 1680	1645	3,97	3,03	8,25	6 530.65
1680 - 1750	1715	3,46	2,64	5,21	5 933.9
1750 - 1820	1785	2,89	2,21	2,57	5 158.65
1820 - 1890	1855	0,48	0,37	0,37	890.4
Total		130,97			186 770.18

Source : Auteur, 2022

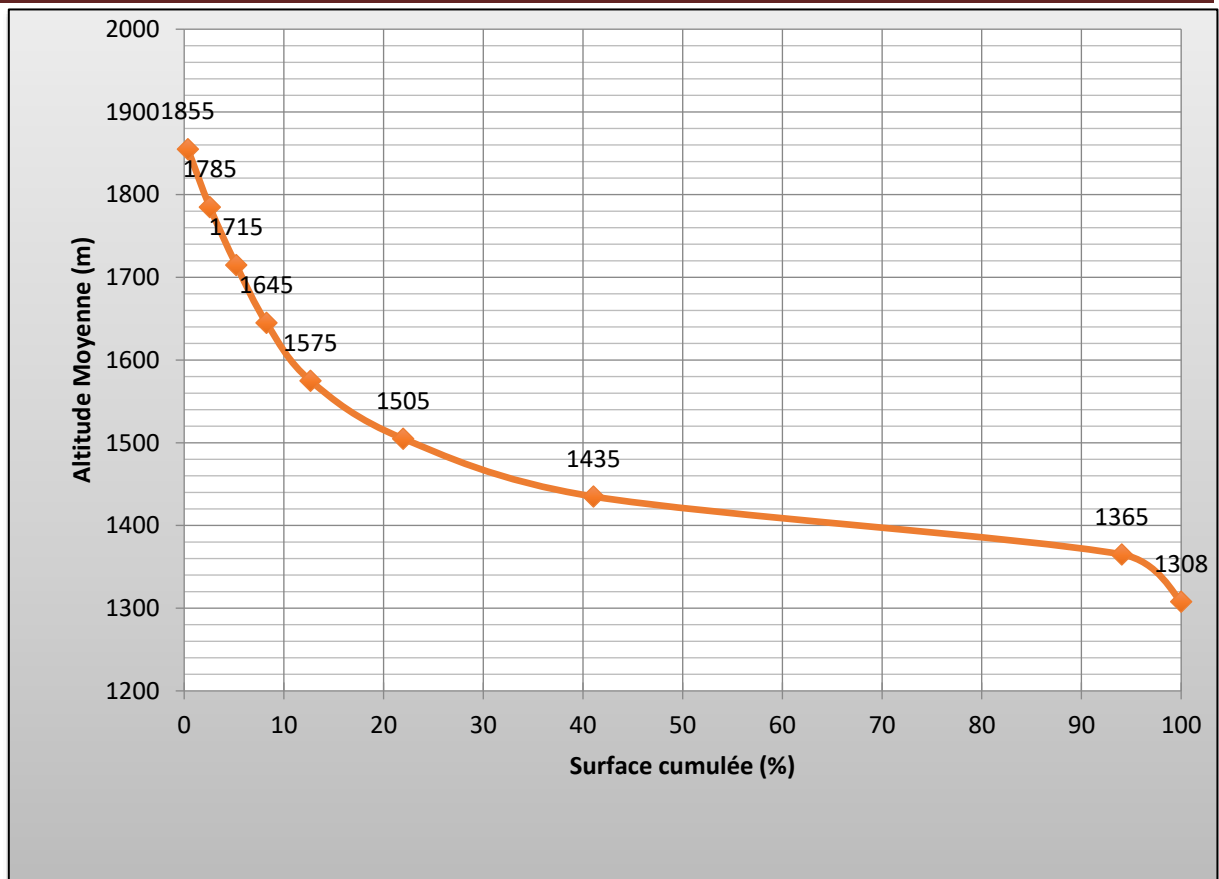


Figure n° 39 : la Courbe hypsométrique du bassin versant
(Source : Auteur, 2022)

Selon la courbe hypsométrique, les altitudes sont déterminées comme suite :

- L'altitude médiane, (H50%) = **1420 m.**
- L'altitude à 95 % de la surface, (H95%) = **1360 m.**
- L'altitude à 5 % de la surface, (H5%) = **1720 m.**
- L'altitude moyenne est ainsi définie par la formule suivante :

$$\text{Alt Moy} = \frac{\sum H_i * S_i}{S}$$

Donc L'altitude moyenne = **1426 m**

4.6. La pente

La pente est un facteur très important qui signifiait la forme topographique du bassin versant, ce paramètre influe sur l'infiltration et la rétention en eau par le sol. (Bardou, 2002)

L'élaboration de la carte de pente, c'était à la base d'un modèle numérique de terrain (MNT) en utilisant le logiciel Arcgis, la figure n°40 présente les classes de pente et les superficies correspondantes.

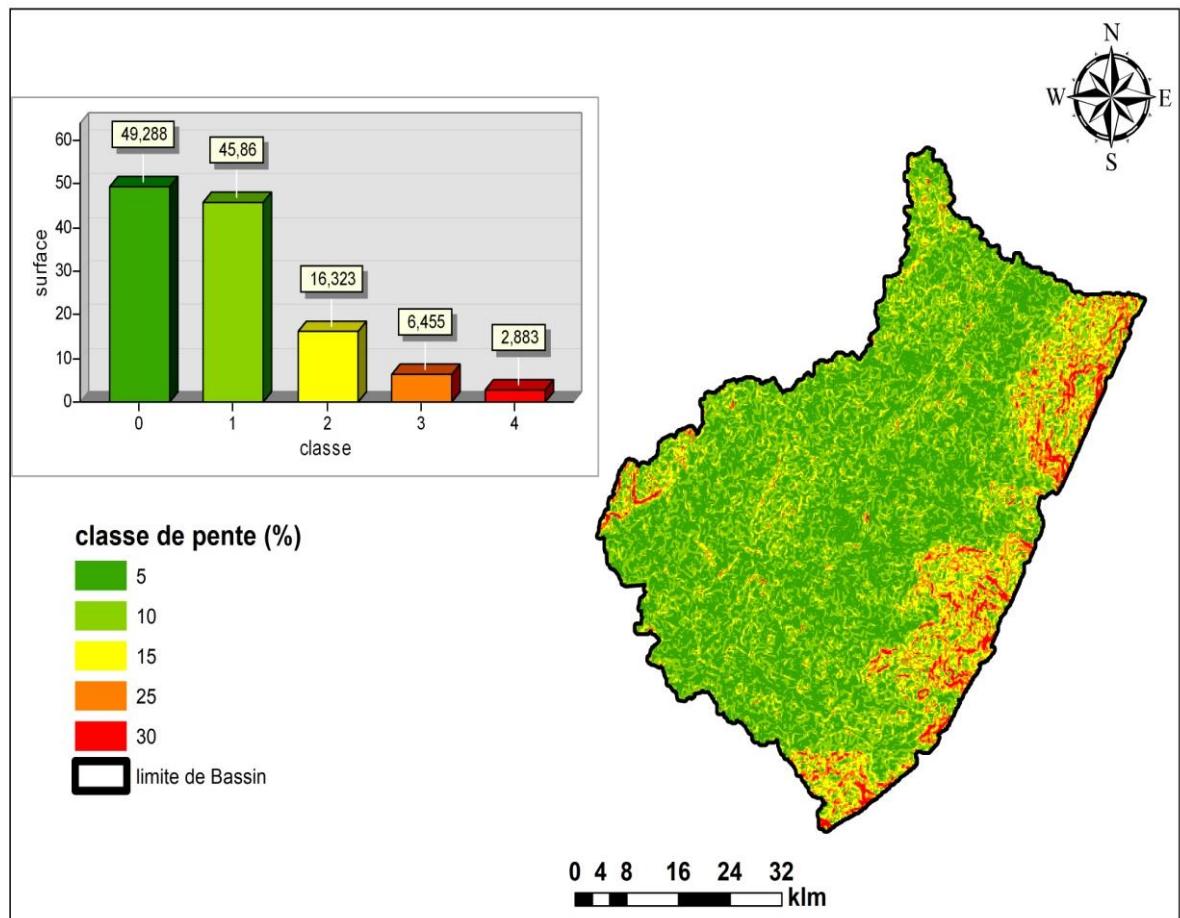


Figure n°40 : La carte de pente du bassin versant (Source : Auteur, 2022)

4.6.1. Indice de pente globale

Il est défini en fonction de dénivelée de l'altitude comprise entre 5% et 95% de la surface du bassin et la longueur du rectangle équivalent (Hamed & Bouanani, 2016)

Il est déterminé par la formule suivante :

$$I_g = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L} \quad (\text{m/km})$$

Dont :

- **I_g** : Indice de pente globale
- L'altitude à 5 % de la surface, (**H_{5%}**) = **1720 m**.
- L'altitude à 95 % de la surface, (**H_{95%}**) = **1360 m**.
- La longueur de rectangle équivalent = **25.73 km**

Indice de pente globale de notre bassin est **I_g = 13.99 (m/km)**

4.6.2. Indice de pente moyenne

Il est défini comme le rapport entre la dénivelée totale du bassin versant et la longueur du rectangle équivalent (Chokmani & Gallichand, 1997).

Il est déterminé par la formule suivante :

$$I_{gm} = \frac{\text{Alt max} - \text{Alt min}}{L}$$

Donc l'indice de pente moyenne de notre bassin est **I_{gm} = 8.51 %**

5. Caractéristiques du réseau hydrographique

Les cours d'eau existant dans un territoire permanent ou temporaire et drainent les ruissèlements vers l'exutoire d'un bassin versant constituent un réseau hydrographique. (Depraetere & Moniod, 1991).

5.1. Hiérarchisation du réseau

Cette étape consiste à hiérarchiser le réseau hydrographique en donne un numéro (ordre de cours d'eau) en fonction de leur importance (Pradeau, 1999), on trouve plusieurs méthodes de classifications, dans notre cas d'étude, nous adaptions la méthode de Strehler.

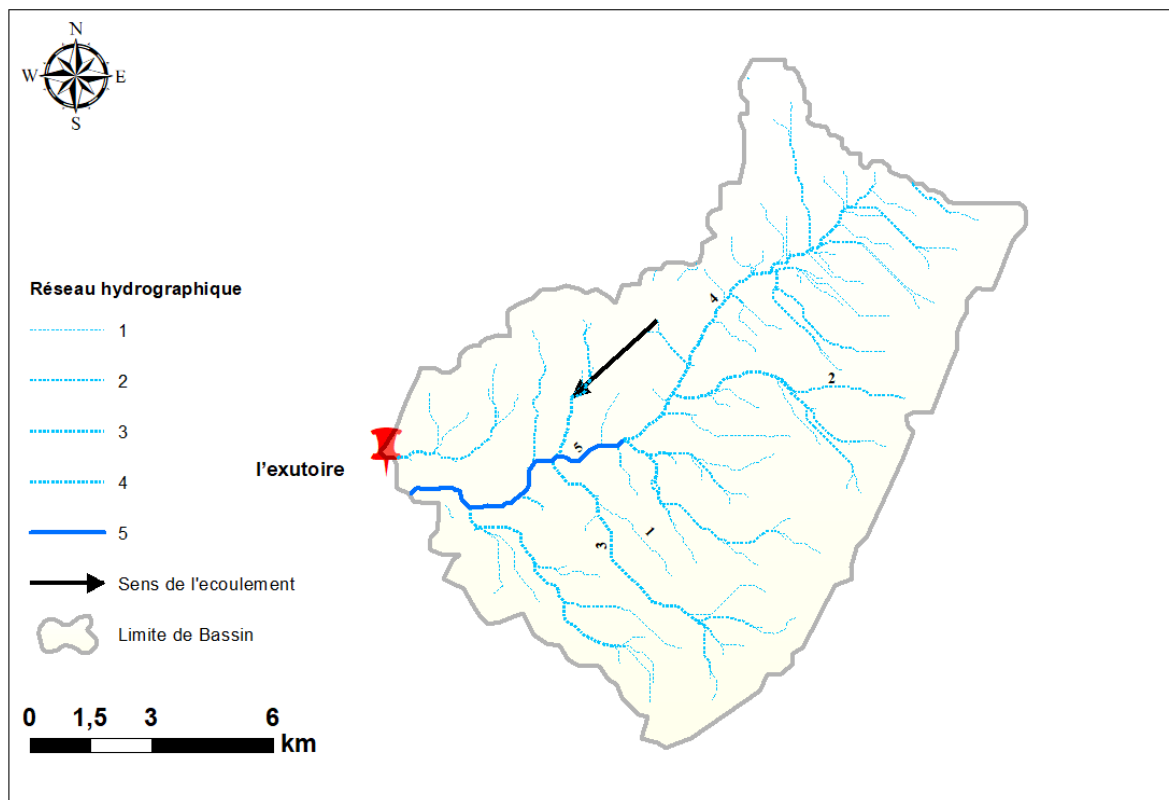


Figure n°41 : Hiérarchisation du réseau hydrographique

Source : Auteur, 2022

Selon la carte de hiérarchisation du réseau hydrographique de notre bassin versant, on constate que le réseau hydrographique principal est d'ordre 5.

5.2. Densité de drainage

Elle est déterminée par la distribution de la longueur totale des cours d'eau existants sur la surface globale du bassin (Humbert, 1990).

$$\text{Densité de drainage} = \frac{\text{longueur totale des cours d'eau}}{\text{surface globale du bassin}}$$

La densité de drainage au niveau de notre bassin versant est = 1.35 Km^{-1}

5.3. La pente moyenne du cours d'eau principal

La pente moyenne du cours d'eau principal permet de déterminer la vitesse d'écoulement vers l'exutoire. Elle est donnée par la formule suivante :

$$I = \frac{D}{L}$$

Dont :

I : pente moyenne du cours d'eau principal %

D : Dénivelée entre $Alt_{\max}$ et $Alt_{\min}$ (m).

L : Longueur du cours d'eau principal (Km).

La pente moyenne du cours d'eau principal de notre bassin est de 3.8%

5.4. Temps de concentration

C'est le temps que met une particule d'eau provenant de la partie du bassin la plus éloignée pour parvenir à l'exutoire, on trouve plusieurs formules de calcul, dans notre cas nous adoptons la formule de Giandotti, car c'est la formule qui tient compte de la majorité des paramètres géomatiques du bassin versant.(Grimaldi et al., 2012)

Donc :

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5 L}{0.8\sqrt{Alt_{moy} - Alt_{min}}}$$

$$T_c = 6.19 \text{ h}$$

5.5. Vitesse moyenne de ruissellement

il est calculé par la formule suivante : (Podgorski, 2000)

$$V_r = \frac{L}{T_c}$$

$$V_r = 1.05 \text{ Km/h}$$

Conclusion :

Après avoir analysé les caractéristiques morphométriques du bassin versant de notre zone d'étude, il ressort que la zone offre des caractéristiques spécifiques, il faut les prendre en considération dans les aménagements de la ville d'El Bayadh.

Le tableau suivant résume les principales caractéristiques du bassin versant :

Tableau n° 20 : Caractéristiques du bassin versant

Caractéristiques		Unité	Valeur
Morphométrie	Surface	km ²	130,97
	Périmètre	Km	62
	L'indice de Gravelius	/	1,51
	Longueur du rectangle équivalent	Km	25,73
	Largeur du rectangle équivalent	Km	5,09
Relief	Altitude maximale	m	1855
	Altitude moyenne	m	1426
	Altitude minimale	m	1300
	Altitude médiane	m	1420
	Indice de pente globale	%	0,013
	Pente moyenne du bassin	%	8,51
Réseau hydrographique	Densité de drainage	Km ⁻¹	1.35
	La pente moyenne du cours d'eau principal	%	3.8
	Temps de concentration	h	6.19
	Vitesse moyenne de ruissellement	Km/h	1.05

(Source : Auteur,2022)

Chapitre VI
L'évaluation de la
vulnérabilité urbaine aux
inondations

Introduction

L'évaluation de la vulnérabilité urbaine face au risque d'inondations est un processus très complexe, sachant que l'analyse globale exige de nombreuses informations concernant les enjeux humains, matériels et environnementaux (Barczak & Grivault, 2007), l'investigation sur l'historique des événements d'inondations et la lecture des statistiques des précédentes expériences peuvent construire un répertoire des enjeux vulnérables.

Dans ce chapitre et afin d'évaluer la vulnérabilité globale de la ville d'El Bayadh et d'élaborer la carte de la vulnérabilité et pour atteindre cet objectif, nous avons suivi la méthode de l'analyse multicritères hiérarchiques (AHP), qui a été développée par Thomas Saaty en 1971 (Wind & Saaty, 1980) , « c'est une théorie de mesure relative des critères intangibles » (Saaty, 2014); cette méthode est un cadre permettant de prendre des décisions efficaces et rapides par la simplification et la dissociation le problème complexe en parties (Amrozi et al., 2020) , généralement l'approche basée sur trois éléments principales (Wind & Saaty, 1980) , la décomposition du problème complexe en une hiérarchie, mesurer les priorités entre les éléments de chaque sections et valider la cohérence entre les priorités et les données du jugements (Wind & Saaty, 1980) .

Habituellement cette méthode s'utilise dans les domaines de gestion des entreprises ou de projets où on est à des problèmes liés aux choix. En matière de l'évaluation de la vulnérabilité d'un territoire aux inondations est également déjà utilisée par plusieurs chercheurs (Hu et al., 2017; Kittipongvises et al., 2020; Levy, 2005; Sinha et al., 2008; Zou et al., 2013) .

L'analyse multicritères combinés au système d'information géographique permettra de spatialiser et de cartographier les éléments vulnérables. Ainsi la combinaison de ces deux approches (AHP) et (SIG) est fourni un puissant système d'aide à la décision spatiale (Kazemi et al., 2016).

1. Les événements d'inondations ayant frappé la ville

Étant donné que les inondations constituent des désastres naturels plus destructrices en raison de sa soudaineté, et l'évaluation de la vulnérabilité urbaine face au risque d'inondations est un processus très complexe. Donc l'analyse globale du risque exige plusieurs informations concernant les enjeux humains, matériels et environnementaux (Barczak & Grivault, 2007) ,l'investigation sur l'historique des évènements d'inondations et la lecture des statistiques des précédentes expériences permettant de comprendre le passé afin d'améliorer le future.

Les informations historiques ont une importance fondamentale, l'évaluation de risques repose d'abord sur la mémoire collective de catastrophes passées afin de construire un répertoire sur les caractéristiques de l'aléa d'une part et sur les enjeux vulnérables d'autre part.

La ville d'El Bayadh a connu plusieurs catastrophes fréquentes, en particulier les crues, dont cette zone soufferte au fil du temps de nombreux événements d'inondations à cause de sa situation géographique qui est considérée comme un milieu topographique défavorable tandis que la ville est traversée par l'Oued Deffa.

Un historique d'inondations a été établi en fonction les données disponibles et les informations fournies par les services de la protection civile de la wilaya, le tableau suivant résume les événements d'inondations ayant frappé la ville par ordre chronologique et leurs dommages engendrés.

Tableau n° 21 : Historique des événements d'inondations

Date de l'événement	Intensité des pluies	Dégâts		
		Humains	Habitats détruits	Matériels
03 et 04 /01/1990	16.80mm	/	06	/
13,14 et 15/01/1991	45mm	/	214	/
18/10/1993	22mm	12 blessés	09	/
22 et 23/09/1994	23mm	/	04	/
27/02/1995	15mm	/	12	/
09/04/1997	18mm	01mort	/	/
23/10/2000	45mm	/	/	/
29/03/2004	15mm	02morts	/	02 véhicules
16-17/04/2004	18mm	/	/	01véhicule
22/04/2004	16,8mm	/	25	02camions
29/04/2004	17mm	01blessé	39	01véhicule
23/05/2004	16,8 mm	/	20	/
23/10/2008	16,8mm	/	/	03véhicules
24/04/2011	/	/	/	/
01/10/2011	55mm	12 morts et 23 blessés	400	20 véhicules

(Source : Direction de la Protection Civile)

Les informations recueillies concernent les inondations dans la ville sont :

- La plupart des inondations à cause de fortes précipitations et le débordement d'eau ;
- Les inondations au niveau de la ville sont imprévisibles dans le temps, car on observe que la ville est confrontée par ces événements dans des saisons différentes ;
- Les inondations engendrées une importance dégâts dans les biens et des pertes en vies humaines ;
- L'inondation la plus récente en date du 1^{er} octobre 2011 qui est engendrée des dégâts importants dont 12 personnes sont mortes et 400 familles sinistrées ;
- La nécessité de protéger la ville.

2. Cas des inondations du 1^{er} octobre 2011

Le 1^{er} Octobre 2011, des fortes précipitations se sont abattues sur la ville d'El-Bayadh causant des inondations, selon le bilan officiel de la protection civile, 12 personnes sont décédées dont 01 agent de la protection civile et plusieurs autre disparues, les crues dans la ville ont inondé des secteurs urbains et causé des dommages aux habitations, ponts et infrastructures.

La pluviométrie enregistrée lors de cet évènement dépasse 55 mm, avec un débit estimé par l'ANRH d'Oran est de $Q=450 \text{ M}^3/\text{S}$. (DRE).

L'ASAL a été élaboré une étude de délimitation de la zone inondée et analysé des impacts de ces inondations sur les Bâtiments et les infrastructures, les résultats obtenues par ce travail sont :

1. Les zones inondées dans les deux rives de l'Oued Deffa,
2. Un pont a été endommagé et deux passerelles ont été emportées,
3. L'existence des charges solides.

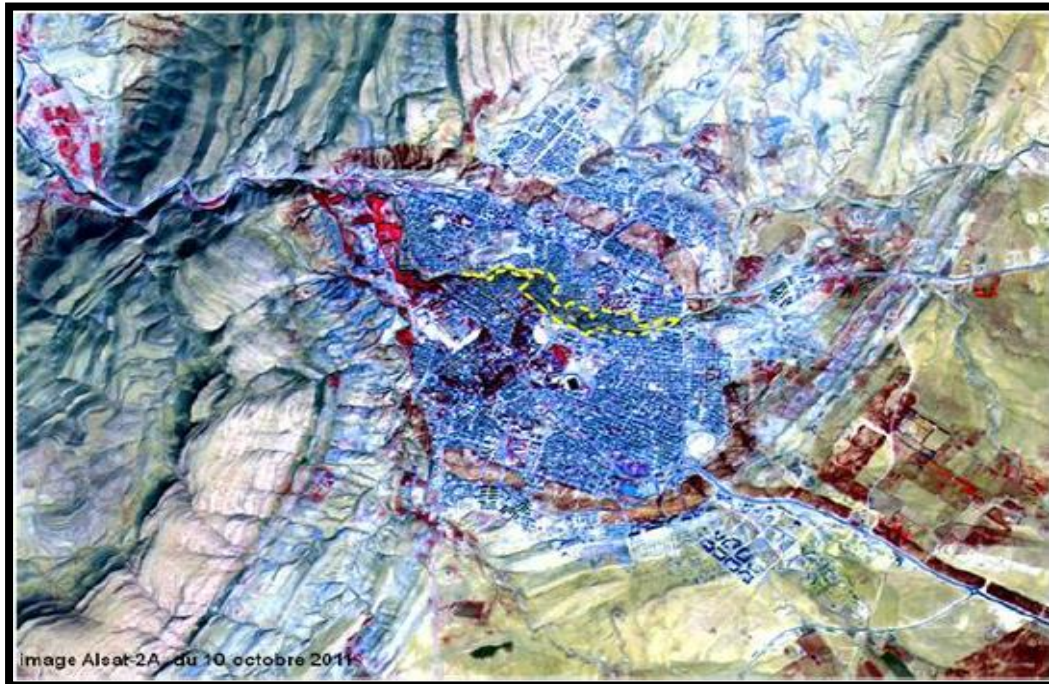


Figure n° 42 : Délimitation de la zone inondée (Source : ASAL,2011)

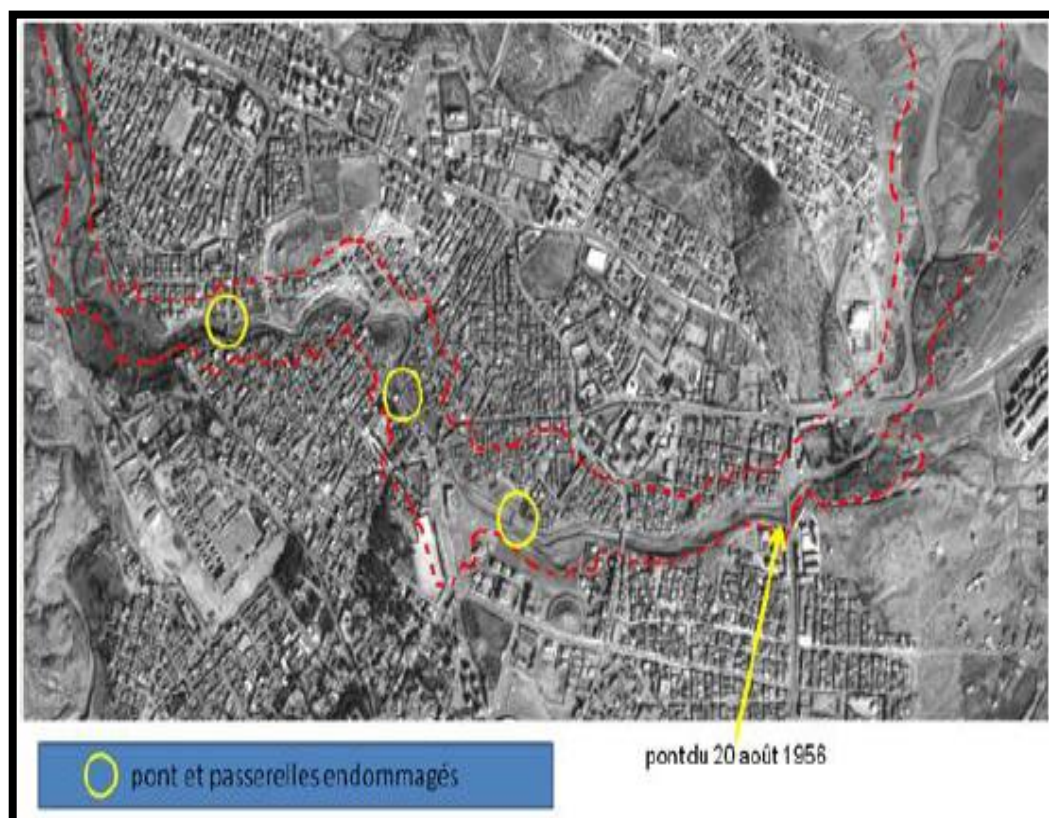


Figure n° 43 : Les zones inondées (Source : ASAL,2011)

2.1. Impacts des inondations du 1^{er} octobre 2011 sur les habitations :

Pendant la visite de la ville, on a constaté l'existence de nombreuses habitations très proches par rapport à l'Oued Deffa.

Les inondations du 1^{er} octobre 2011 ont été touchées de manière directe ces habitations, d'après le bilan officiel de la protection civile 400 habitats détruits lors de cet événement, le tableau suivant montre le nombre des habitats détruits de chaque quartier.

Tableau n° 22 : Le nombre des habitats détruits de chaque quartier.

N°	Quartier	Habitats détruits
01	Elgrabba	127
02	Centre-Ville	72
03	El Mender El djamile	75
04	Es-Seddikia	74
05	El-Louz	52

Source : protection civile



Photos n°22 : habitats détruits (Source : protection civile)

2.2. Impacts des inondations du 1er octobre 2011 sur les équipements :

Le bilan officiel de la protection civile montre que plusieurs équipements de toute vocation ont été touchés par ces événements tels que les équipements éducationnels, les équipements de santé...etc.

Tableau n° 23 : le nombre des équipements détruits de chaque quartier.

N°	Nombre d'équipements	Quartier
01	02	Elgrabba
02	02	Centre-Ville
03	02	El Mender El djamile
04	03	El-Louz

Source : protection civile

2.3. Impacts des inondations du 1er octobre 2011 sur les infrastructures routières :

Des routes sont coupées en raison de débordement d'Oued Deffa et plusieurs ponts endommagés.



Photos n°23 : axes routiers et ponts détruit (Source : protection civile)



Photos n°24 : Impacts sur le réseau d'assainissement (Source : protection civile)

3. L'évaluation de la vulnérabilité urbaine de la ville d'El Bayadh face au risque d'inondations :

À partir de l'étude historique présentée ci-dessus, on remarque que la ville a toujours été confrontée par de nombreuses inondations qui ont causé des dommages et des pertes importantes.

En exploitation les cartes de délimitation de la zone inondée réalisée par l'ASAL, on constate que la distribution spatiale des zones inondées comprend les quartiers situés au bord de la vallée comme (Elgraba, Centre-Ville, El Mender El djamile, El-Louz).

La croissance urbaine rapide de la ville, l'urbanisation non contrôlée, la densité intense de la population, le milieu topographique défavorable, l'existence d'Oued Deffa au cœur de la ville, tous ces facteurs ont rendu la ville un espace fragile et vulnérable aux risques d'inondations.

Cette partie a pour objectifs de l'évaluation la vulnérabilité urbaine de la ville d'El Bayadh face aux risques d'inondations d'une part et l'élaboration de la carte globale de la vulnérabilité d'autre part, pour le but de ressortir les zones à risques d'inondations, et afin d'arriver à ces objectifs, nous avons choisi et suivi la méthode d'analyse hiérarchique multicritères (AHP) dans la phase de l'évaluation de la vulnérabilité, et l'intégration du système d'information géographique (SIG) pour traduire les résultats obtenus par (AHP) et la production de la carte de vulnérabilité globale.

Le choix de l'AHP est motivé par sa flexibilité lors de la décomposition le problème complexe à des petits problèmes suivant une hiérarchie des facteurs d'ampleur. De plus, le grand nombre d'applications et expériences justifient son utilisation dans notre cas.

3.1.Méthode d'analyse hiérarchique multicritères

L'évaluation de la vulnérabilité urbaine aux risques d'inondations est un processus complexe, sachant que l'analyse globale nécessite beaucoup d'informations sur les questions humaines, matérielles et environnementales (Barczak & Grivault, 2007), l'enquête sur l'histoire des inondations et la lecture de statistiques d'expériences antérieures peuvent constituer un répertoire de questions vulnérables. Pour évaluer la vulnérabilité globale de la ville d'El Bayadh et pour élaborer la carte de vulnérabilité, nous avons suivi la méthode d'analyse multicritère hiérarchique (AHP), que Thomas Saaty a développée en 1971(Wind & Saaty, 1980). "C'est une théorie de la mesure relative des critères intangibles" (Saaty, 1988). Cette méthode est un cadre pour une prise de décision efficace et rapide par la simplification et la dissociation du problème complexe en parties (Amrozi et al., 2020). Habituellement, l'approche repose sur trois éléments principaux (Wind & Saaty, 1980) la décomposition du problème complexe en une hiérarchie, la mesure des priorités entre les éléments de chaque section et la validation de la cohérence entre les priorités et les données des jugements (Wind & Saaty, 1980).

La méthode d'analyse hiérarchique multicritères, est une procédure systématique pour représenter les éléments de tout problème (Saaty, 1982) , cette méthode peut fournir une démarche pour calculer les poids et évaluer les critères (Allal et al., 2022; Dehimi & Hadjeb, 2019) .

En matière de risque d'inondations, cette méthode a permis d'évaluer la vulnérabilité globale de différentes zones en tenant compte de tous les facteurs et paramètres d'enjeux, des méthodes AHP ont été aussi utilisées pour évaluer l'influence de cibles humaines, environnementales et matérielles sur la vulnérabilité aux risques de ruissellement urbaine et de transport routier de matières dangereuses (Barczak & Grivault, 2007).

L'analyse multicritères combinée au système d'information géographique permettra de spatialiser et de cartographier les éléments vulnérables (Benaissa & Khalfallah, 2021) (figure n°44).

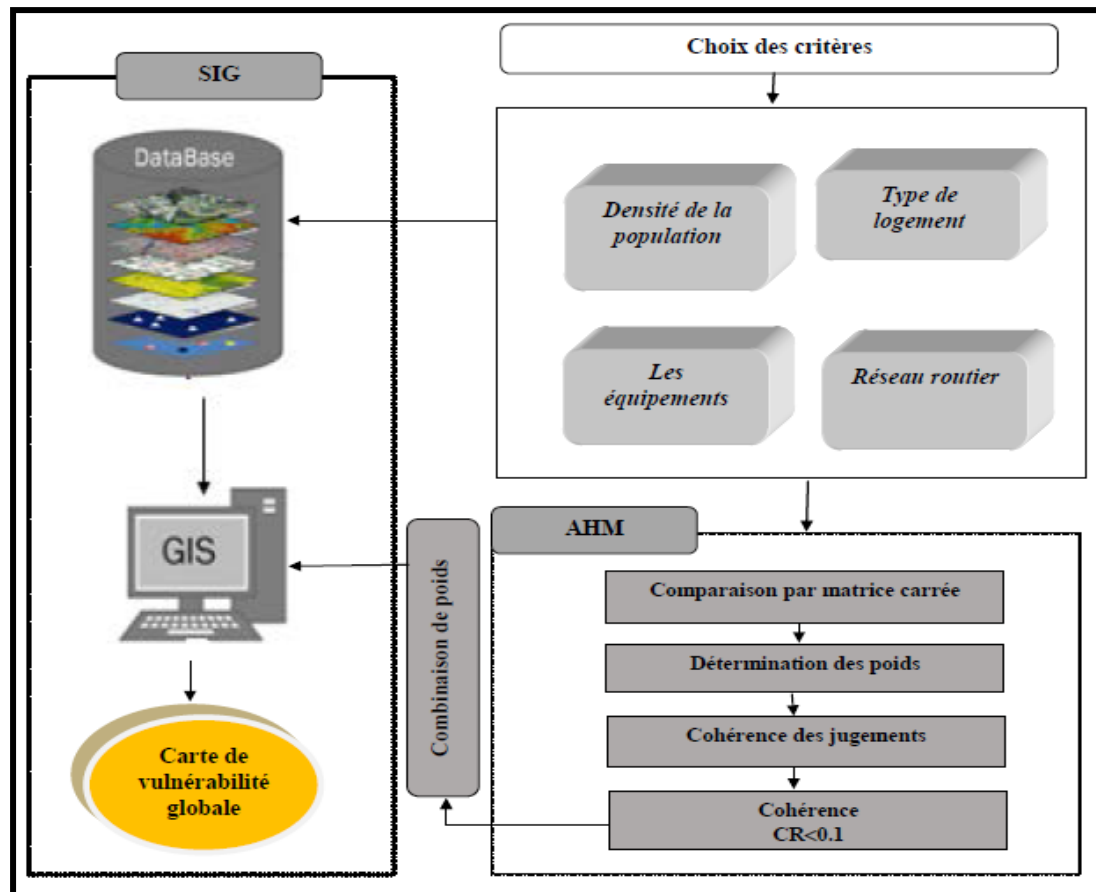


Figure n°44 : le processus de l'évaluation de la vulnérabilité

Source : Auteur, 2022

3.1.1. Les critères d'évaluation de la vulnérabilité

Les critères de risque d'inondations dans notre cas de recherche, ont été déterminés en consultant les documents disponibles sur les conséquences des inondations qui ont déjà frappé la zone d'étude et ont tenu des discussions avec des experts dans le domaine de la gestion des risques naturels. (Harkat et al., 2020) .

L'investigation sur les bilans officiels des dommages enregistrés lors des événements passés, montre que les inondations dans cette ville influent sur la vie humaine, les bâtiments, les infrastructures...Etc.

Les critères utilisés dans le processus (AHP), en particulier dans la phase de la construction de la matrice de comparaison sont :

- La densité de population ;
- La typologie des logements ;
- La typologie des équipements ;
- Le réseau routier.

3.1.1.1. Densité de la population par quartier

La densité de la population est l'un des facteurs qui déterminent la vulnérabilité sociale, selon les données de la direction de la programmation et suivi budgétaire de la wilaya d'El Bayadh et le bureau communal de statistique, la population urbaine de la zone d'étude atteint 109 664 habitants en 2020.

On a constaté le déséquilibre dans la répartition de la population, car on constate que la densité atteint 292 par hectare dans certains quartiers.

Tableau n° 24 : Densité de la population par quartier de la ville d'El Bayadh

N°	Quartier	Population	Surface /ha	Densité h/ha
1	CENTRE VILLE	9238	95,93	96,299
2	El Amari	298	11,084	26,886
3	Elgraba	12218	41,858	291,892
4	EL KOUMARDJE	1490	8,706	171,146
5	NASR BEN MAHBRA	2682	20,092	133,486
6	ESSALAM	2682	14,93	179,638
7	El Mender El djamile	2384	11,411	208,921
8	Es Sanaouber	2682	23,122	115,993
9	Es-Seddikia	2086	9,475	220,158
10	150 LOGS	1192	10,244	116,361
11	BOUKHOADHA	1192	7,661	155,593
12	OULED YAHIA 01	8344	81,229	102,722
13	OULED YAHIA 02	2384	37,323	63,875
14	AbdelHak Ben Hamouda	5066	75,356	67,228
15	LOTISSEMENT EL HAOUTH	1192	82,354	14,474
16	EL HADJ BAHAOUS	8940	45,947	194,572
17	El-Anasser	7748	39,399	196,655
18	CNEP	3576	29,516	121,155
19	VERS AFLOU	1490	21,991	67,755
20	El Hayat -A-	1490	12,617	118,095
21	EL NADJAH	1490	8,16	182,598
22	20 AOUT	298	4,123	72,277
23	El Hayat -B-	2086	18,221	114,483
24	Es-Saâda	894	7,033	127,115
25	DNC	2980	10,699	278,531
26	EL NASR	596	9,606	62,045
27	170 LOGS	1788	5,986	298,697
28	SUD HOPITAL	3874	20,752	186,681
29	LOTISSEMENT BELKHEIR	4768	63,407	75,197
30	METEO	596	5,521	107,951
31	50 LOGTS	298	13,68	21,784

32	244 Lots	298	32,192	9,257
33	El-Louz	6556	74,537	87,956
34	RAS EL AIN	4470	55,135	81,074
36	ZHUN	298	218,117	1,366
37	POLE URBAIN	En voie de réalisation	53,07	En voies de réalisation

Source : bureau communal de statistique 2020

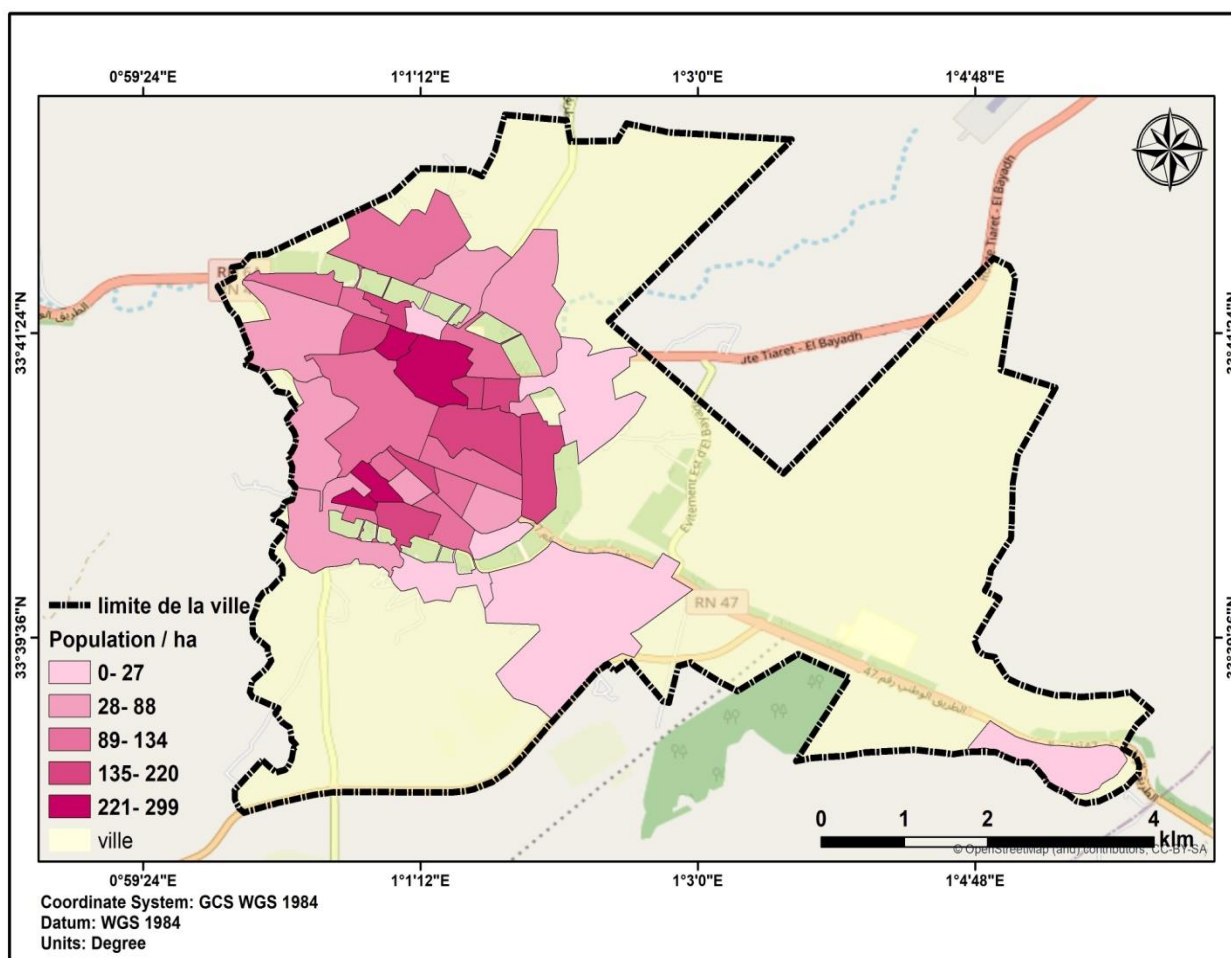


Figure n°45 : la carte de la densité de la population (Source : Auteur, 2022)

3.1.1.2. La typologie de logement

Le paramètre de type de logement (individuel ou collectif) joue un rôle très important sur la vulnérabilité globale de la ville, suite au plan directeur de l'urbanisme et de l'aménagement montre que le type de l'habitat individuel est dominant dans la ville avec un pourcentage de 75 % du parc total de logement.

Tableau n°25 : Surface du parc de logement

Type de logement	Surface /ha
Individuel	430.555
Collectif	103.507

Source : PDAU

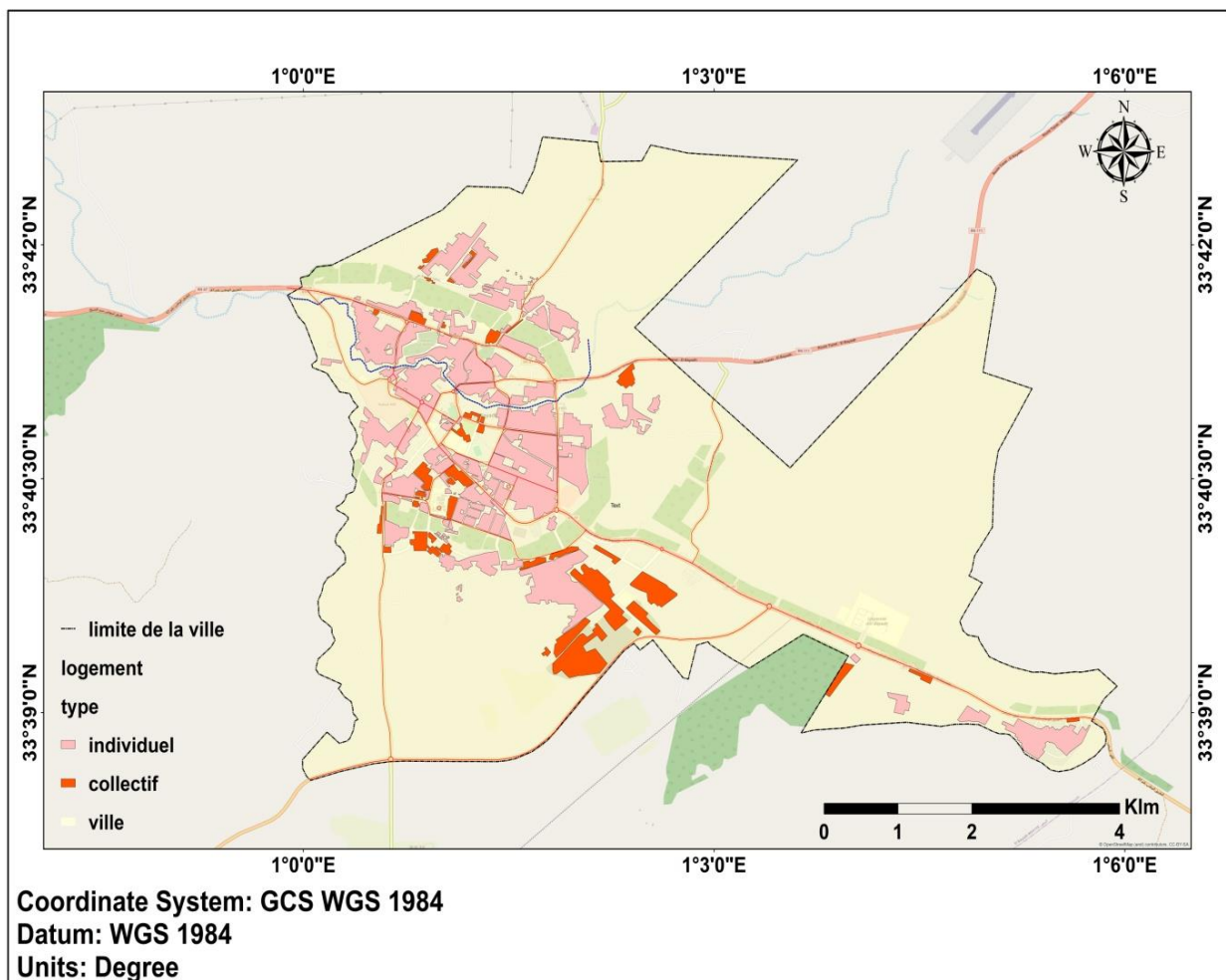


Figure n°46 : la carte de la typologie de logement (Source : Auteur, 2022)

3.1.1.3. La typologie des équipements :

Les équipements de toute vocation sont des composantes importantes de la ville ; et leur vulnérabilité aux inondations influentes sur la vulnérabilité globale, la ville d'El Bayadh dispose plusieurs équipements qui occupent une superficie environ 128 hectares (Figure 47).

Tableau n°26 : Surface des équipements

Type de l'Équipement	Surface /ha
Education	29.433
Sécurité	23.484
Santé	5.884
Religieuse	16.301
Commercial	3.520
Administrative/service	37.013
Sport/Culture	12.451

Source : PDAU

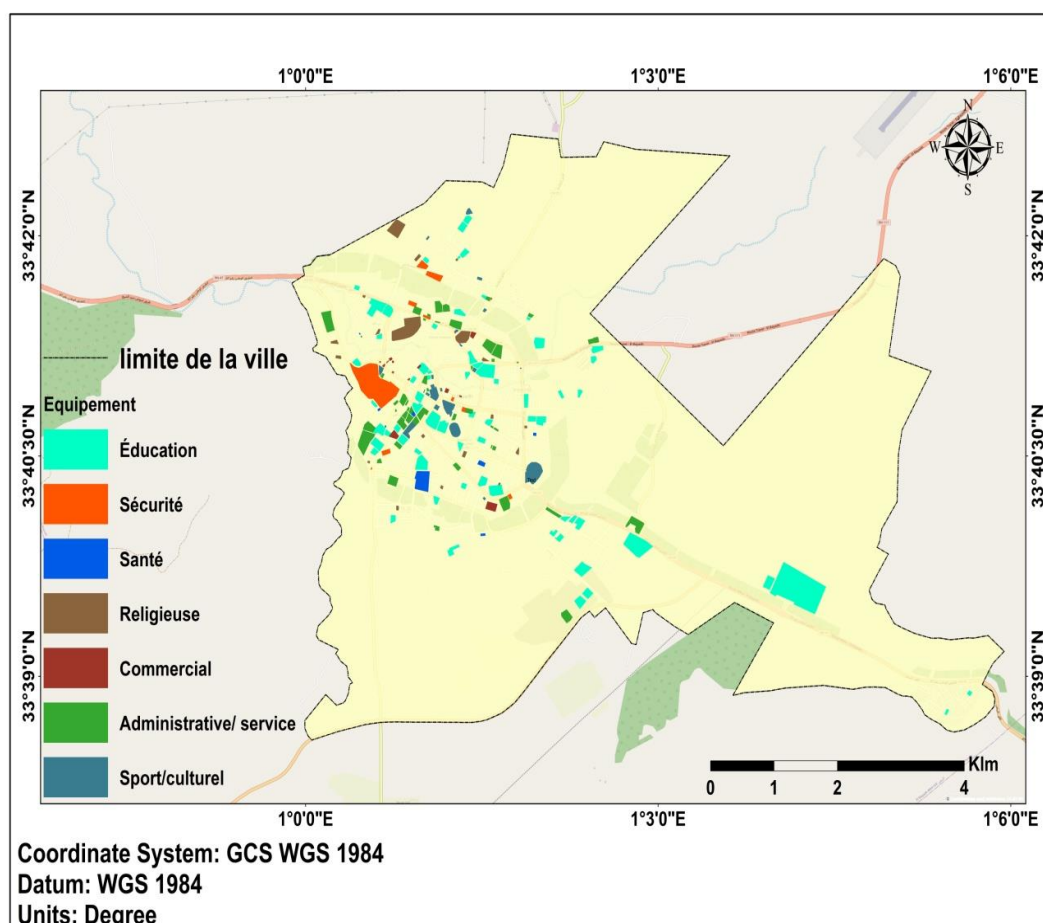


Figure n°47 : la carte de la typologie des équipements (Source : Auteur, 2022)

3.1.1.4. Réseau routier

Compte tenu l'importance de ce facteur en matière d'accessibilité et de transports, l'évaluation de leur vulnérabilité aux inondations est indispensable pour l'évaluation globale, le réseau routier de la ville d'El Bayadh se divise en trois sections (principale, secondaire et tertiaire) (Figure 48).

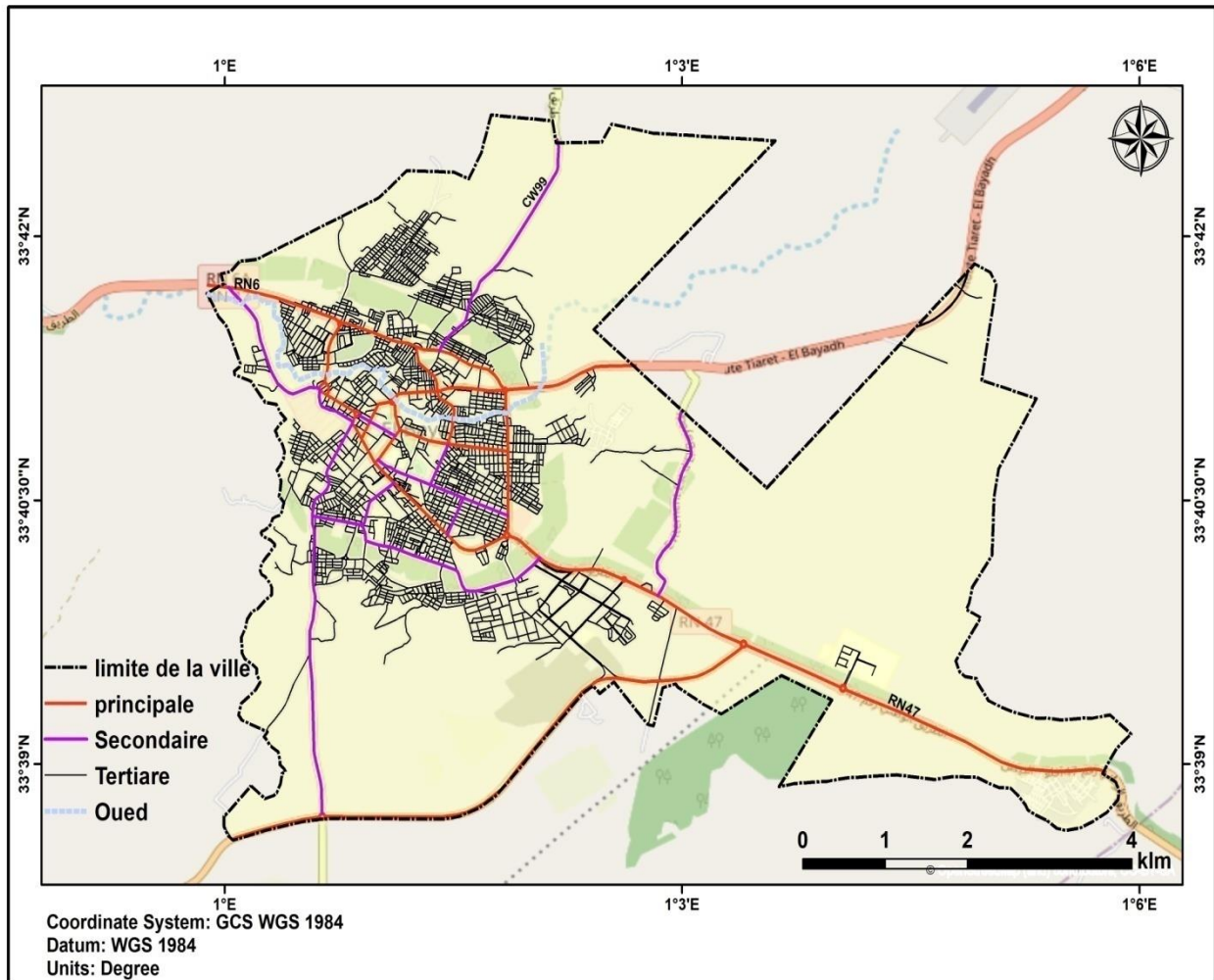


Figure n°48 : la carte du Réseau routier (Source : Auteur, 2022)

4. Résultat et discussion

4.1. La pondération des critères principaux

Les critères d'évaluation qui ont déterminé ci-dessus sont les critères les plus amples sur la vulnérabilité globale de la ville d'El Bayadh face au risque d'inondations, et pour faciliter la tâche d'évaluation, chaque critère est fragmenté en sous critères évaluables en conservant leurs impacts sur l'ensemble.

La phase de comparaison entre les critères consiste à la construction d'une matrice carrée relative de critères de même nature et de même niveau de la hiérarchie, comme énoncé dans le chapitre I, la priorisation de critères se base sur l'échelle numérique adéquate proposée par Saaty.

Les niveaux de dommage de chaque critère enregistré dans les précédents événements d'inondations sont appliqués dans la matrice selon le degré d'importance développé par Thomas afin de comparer et pour être traduits en poids.

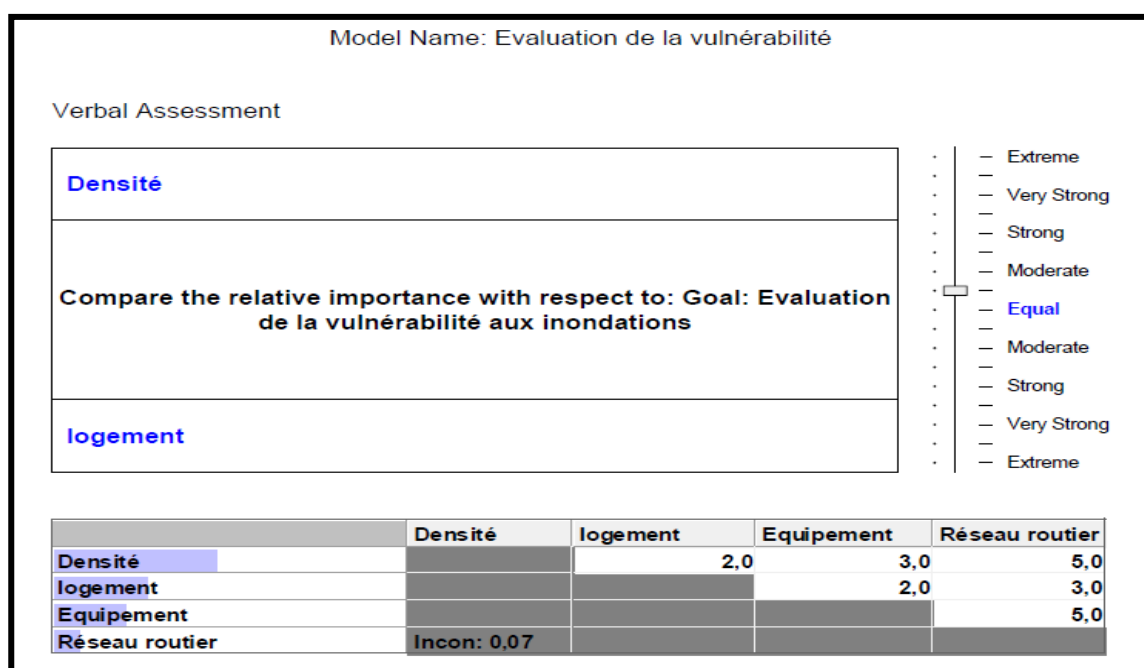


Figure n°49 : La comparaison entre les critères
Source : Auteur par le Programme Expert choice11. 2022

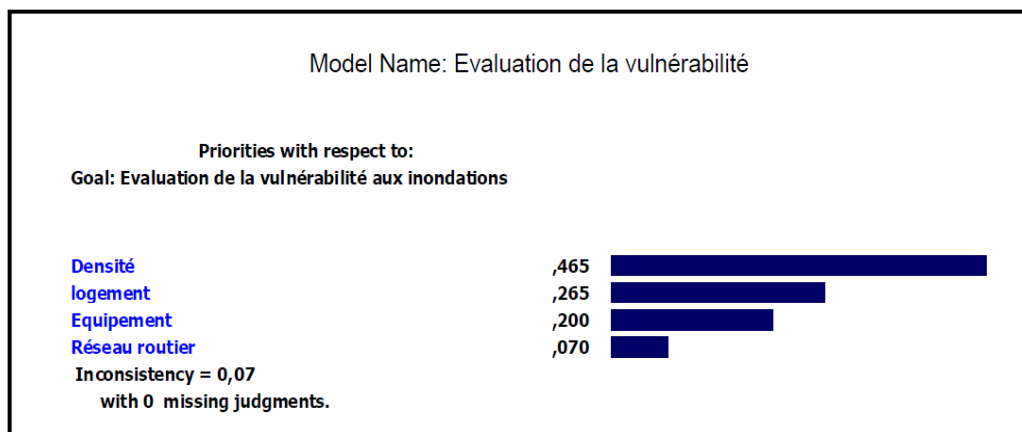


Figure n° 50 : La priorisation de critères

Source : Auteur par le Programme Expert choice11. 2022

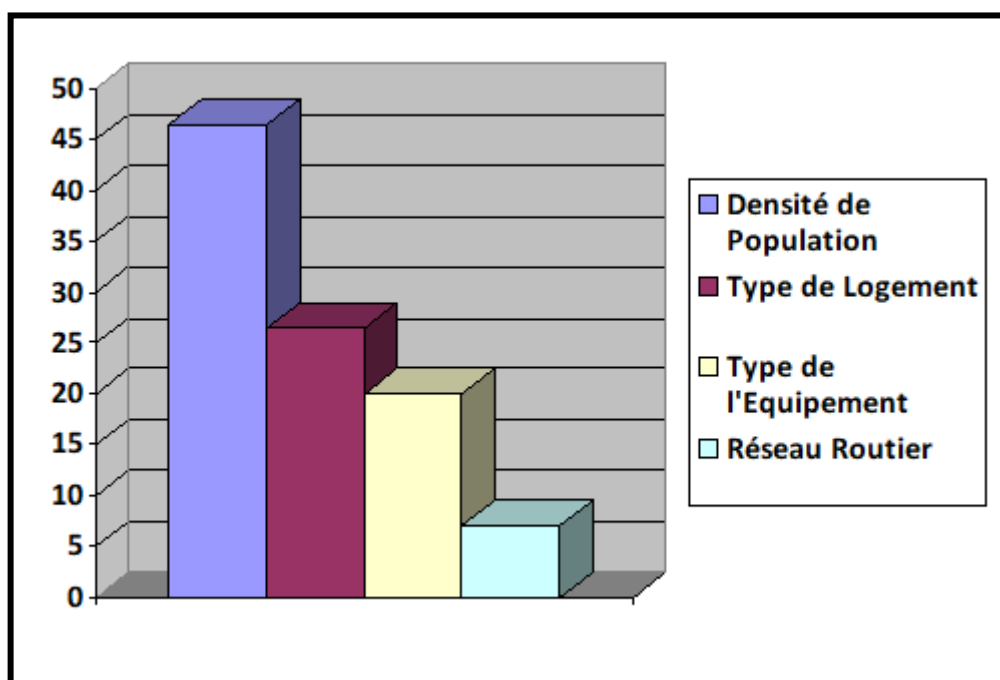


Figure n°51 : Les poids de critères

(Source : Auteur ,2022)

Les résultats de la comparaison entre les critères principaux de l'évaluation de la vulnérabilité de la ville d'El Bayadh aux inondations en utilisant la méthode d'analyse multicritères, et après l'extraction des poids de chaque critère, il a été constaté que le critère de densité de population se classait au premier rang un taux de 46,7 %, cela prouve que plus la densité de population est élevée, plus la sensibilité est grande, le second est le critère du type de logement avec un taux de 26,5 %, le critère du type de l'équipement se classait au troisième rang avec un taux de 20 % et le réseau routier avec un taux 7 % dans le quatrième rang.

4.2. La pondération des sous critères

La comparaison et la pondération des sous critères consistent à l'attribution d'un poids à chaque sous critères de même niveau.

Tableau n°27 : Les poids de sous critères

Critères	Sous critères	Poids	Classement
Densité de population	0-27	0,0523	5
	28-88	0,089	4
	89-134	0,152	3
	135-220	0,262	2
	221-299	0,443	1
Typologie des logements	Individuel	0,75	1
	Collectif	0,25	2
Typologie des équipements	Sécurité	0,205	2
	Education	0,176	3
	Santé	0,261	1
	Administrative/service	0,168	4
	Commercial	0,037	7
	Religieuse	0,071	6
	Sport/Culture	0,081	5
Réseau routier	Principale	0,637	1
	Secondaire	0,258	2
	Tertiaire	0,105	3

Source : Auteur ;2022

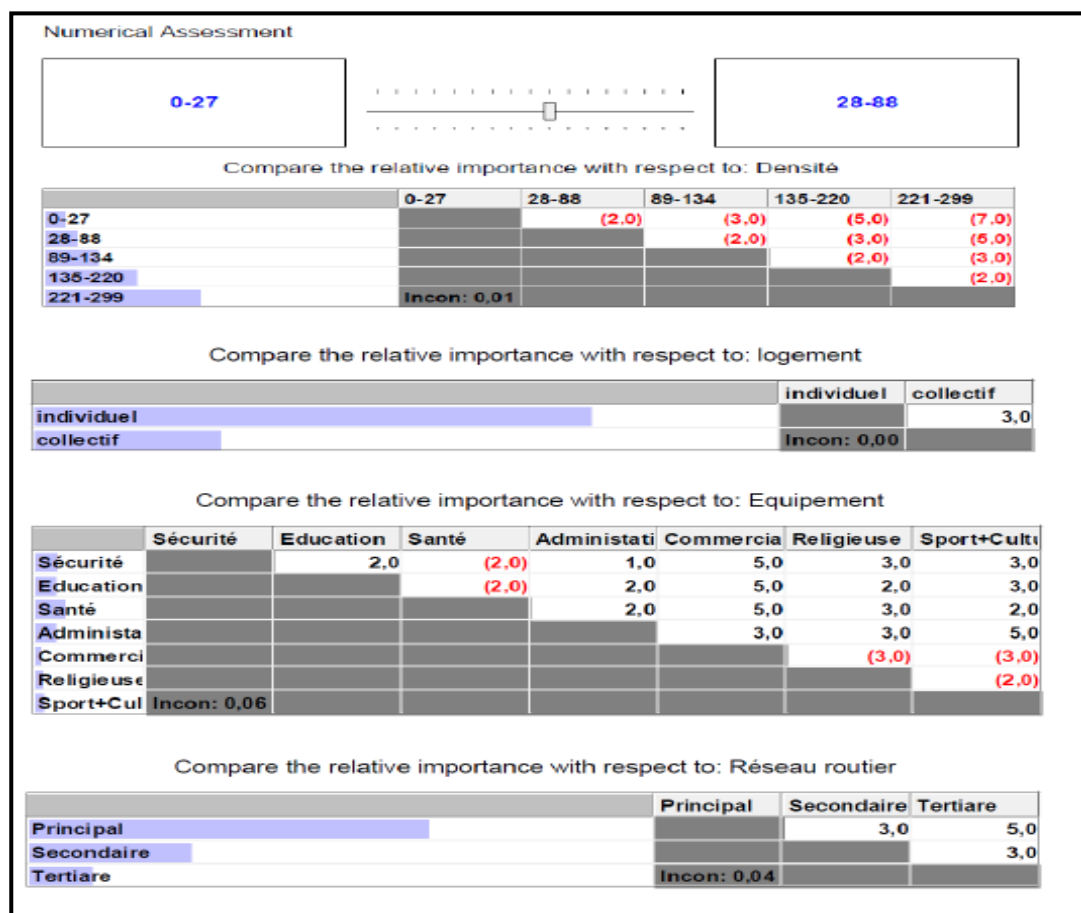


Figure n°52 : La comparaison entre les sous critères de même niveau

Source : Auteur par le Programme Expert choice11. 2022

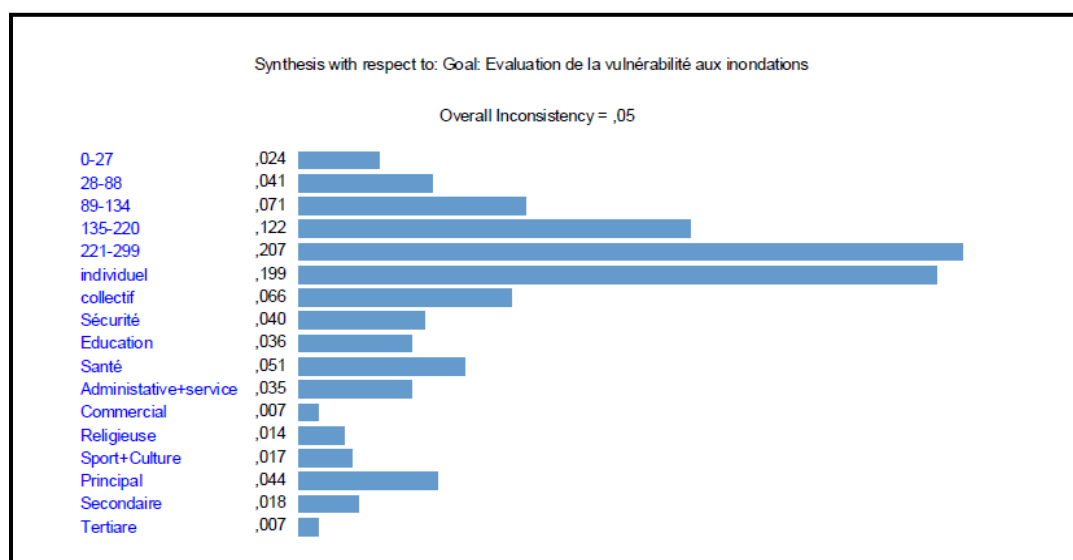


Figure n°53 : La priorisation des sous critères

Source : Auteur par le Programme Expert choice11. 2022

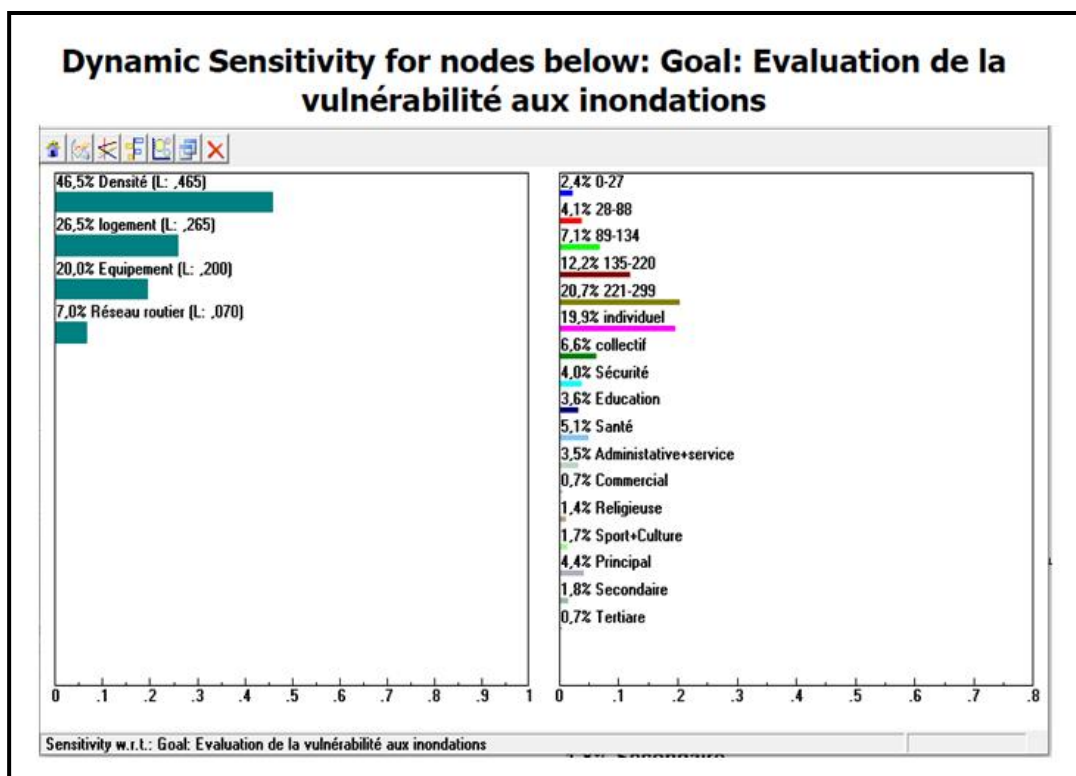


Figure n°54 : Synthèse de résultat
Source : Auteur par le Programme Expert choice11. 2022

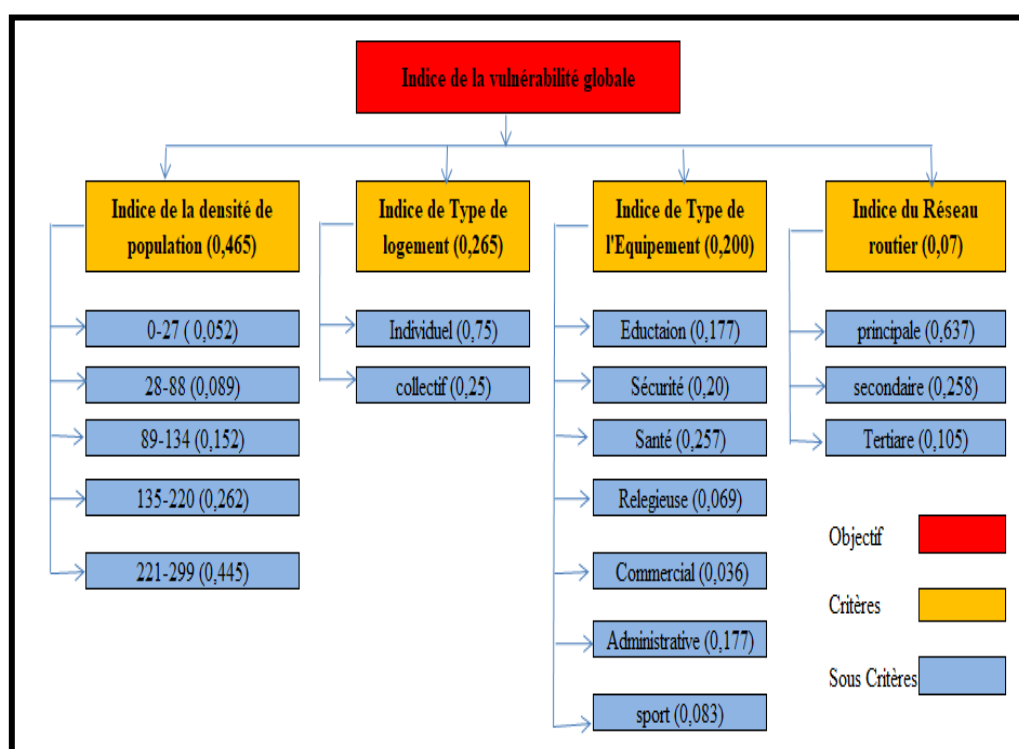


Figure n°55 : Indice de la vulnérabilité globale
Source : Auteur. 2022

5. Système d'Informations Géographiques

Les facteurs amples dans la vulnérabilité globale de la ville aux inondations ont tous un lien étroit avec la géographie spatiale, les données nécessaires pour cartographier la vulnérabilité sont nombreuses et très larges, donc la nécessité de l'intégration des techniques scientifiques est très indispensable pour faciliter la tâche de réalisation des documents cartographique.

Après l'obtention des résultats concernant le poids de chaque critère par l'AHP, et dans le but de spatialiser les zones vulnérables, il est nécessaire d'intégrer le système d'informations géographiques (SIG), sachant que le SIG fournit des meilleurs résultats et interprétations dans la gestion des inondations (Wang & Xie, 2018); le SIG est la méthode d'insertion des données numériques, de gérer les couches des informations et la cartographie (Dehimi & Hadjeb, 2019); l'intégration des méthodes d'analyse hiérarchique multicritères dans les (SIG) constitue un puissant système d'aide à la décision spatiale. (Kazemi et al., 2016)

Le système d'informations géographiques en matière d'aide à la cartographie de la vulnérabilité, en intégrant tous les types d'informations, il permet l'analyse, l'interprétation et la production de cartes.

5.1. Définition du Système d'Informations Géographiques

Compte tenu de la diversité du domaine d'utilisation, Les SIG sont plus difficiles à définir, car il existe plusieurs façons différentes de définition, pour fournir une vue générale sur les SIG, nous pouvons nous référer aux définitions suivantes :

Selon Carter (1989), le Système d'Information Géographique est une entité institutionnelle, traduite par une structure organisationnelle qui combine la technologie avec une base de données. (Maguire, 1991)

Selon Smith et ses collègues (1987), le SIG est un système de base de données dans lequel la plupart des données sont indexées spatialement, et sur lequel un ensemble de procédures opère afin de répondre aux requêtes sur les entités spatiales dans la base de données ». (Smith et al., 1987)

En 2004, ESRI a défini le SIG comme un ensemble des matériels et programmes informatiques avec l'intégration des données spatiales afin d'analyser et visualiser les données, et trouver des solutions aux problèmes. Un SIG sert habituellement à représenter des cartes sous forme de couches de données qui peuvent être étudiées et utilisées à des fins d'analyse (Mitchell, 2005).

5.2. Histoire du SIG

La première application du SIG, est l'étude élaborée par le médecin John Snow en 1854. Il a essayé de localiser les patients d'une épidémie de choléra qui a été frappé Londres sur un schéma où il a réussi de délimiter la source de l'eau polluée. (Maguire, 1991) .

Maguire (1991) distingue trois périodes de l'évolution des SIG comme le montre le tableau suivant.

Tableau n° 28 : Les périodes d'évolution des SIG

Période	Evolution de SIG
Fin des années 1950 milieu des années 1970	Début de l'informatique, premières cartographies automatiques.
Milieu des années 1970 début des années 1980	SIG dans les institutions de l'État (armée, cadastre, services topographiques, ...)
Depuis les années 1980	Évolution du marché des logiciels, développements des programmes sur PC, mise en réseau (bases de données). Des applications sur Internet et une banalisation de l'usage de l'information géographique (cartographie sur Internet, calcul d'itinéraires routiers, utilisation d'outils embarqués liés au GPS...)

Source : (Maguire, 1991) adapté par l'auteur, 2022.

5.3. Les composants d'un SIG

Le système d'informations géographiques est constitué de cinq composants fondamentaux :

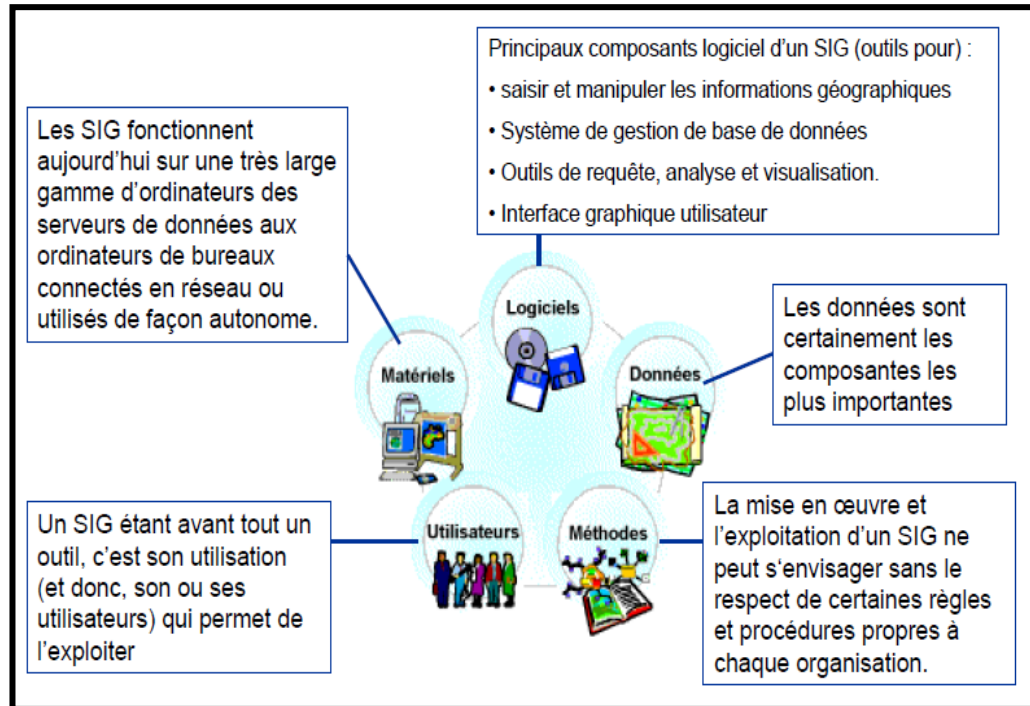


Figure n°56 : Les composants d'un SIG (Source : Abdellaoui, 2018).

5.4. Domaines d'application des SIG

Aujourd'hui, les SIG sont considérés comme un outil de gestion et d'aides à la décision, les domaines d'utilisation cet outil sont nombreux, nous citons :

- Géologie (prospection minière) ;
- Planification urbaine (cadastre, voirie, réseaux assainissement) ;
- Tourisme (gestion des infrastructures, itinéraires touristiques) ;
- Transport (planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires) ;
- Protection civile (gestion et prévention des catastrophes).

6. Intégration du SIG

C'est la phase d'agrégations des critères, sur la base des résultats de l'analyse multicritères, les poids relatifs aux critères sont intégrés dans un outil du système d'informations géographiques afin de faire leur agrégation.

Cette étape consiste à multiplier chaque couche raster par son poids à l'aide de l'outil de (*Raster calculator*) selon la formule ci-dessous afin de faire la spatialisation des critères et faire ressortir les zones vulnérables suivant les résultats de l'AHP en fonction de leurs de degré de risque et enfin la production de la carte de vulnérabilité globale.

$$\text{La vulnérabilité globale} = 0.465 * (A) + 0.265 * (B) + 0.2 * (C) + 0.07 * (D)$$

Dont :

(A) = couche de raster relatif au critère de la densité de population.

(B) = couche de raster relatif au critère de la typologie de logement.

(C) = couche de raster relatif au critère de la typologie de l'équipement.

(D) = couche de raster relatif au critère du réseau routier.

6.1. Résultats et Discussion

Comme nous l'avons souligné précédemment, le risque est le résultat de conjonction de la vulnérabilité et aléas, donc la spatialisation du risque d'inondations consiste à identifier et à localiser la vulnérabilité globale à partir de la localisation des grands enjeux vulnérables, et la source des aléas.

L'intégration des informations collectées dans un outil du SIG permet l'élaboration toutes les cartes relatives à la vulnérabilité globale, en particulier les cartes des enjeux vulnérables aux risques d'inondations.

La carte de la vulnérabilité urbaine face aux risques d'inondations dans la ville d'El Bayadh est élaborée par la superposition de plusieurs cartes relatives aux éléments vulnérables à savoir : la carte de la densité de population, la carte de la typologie de logements, la carte de la typologie des équipements et la carte du réseau routier.

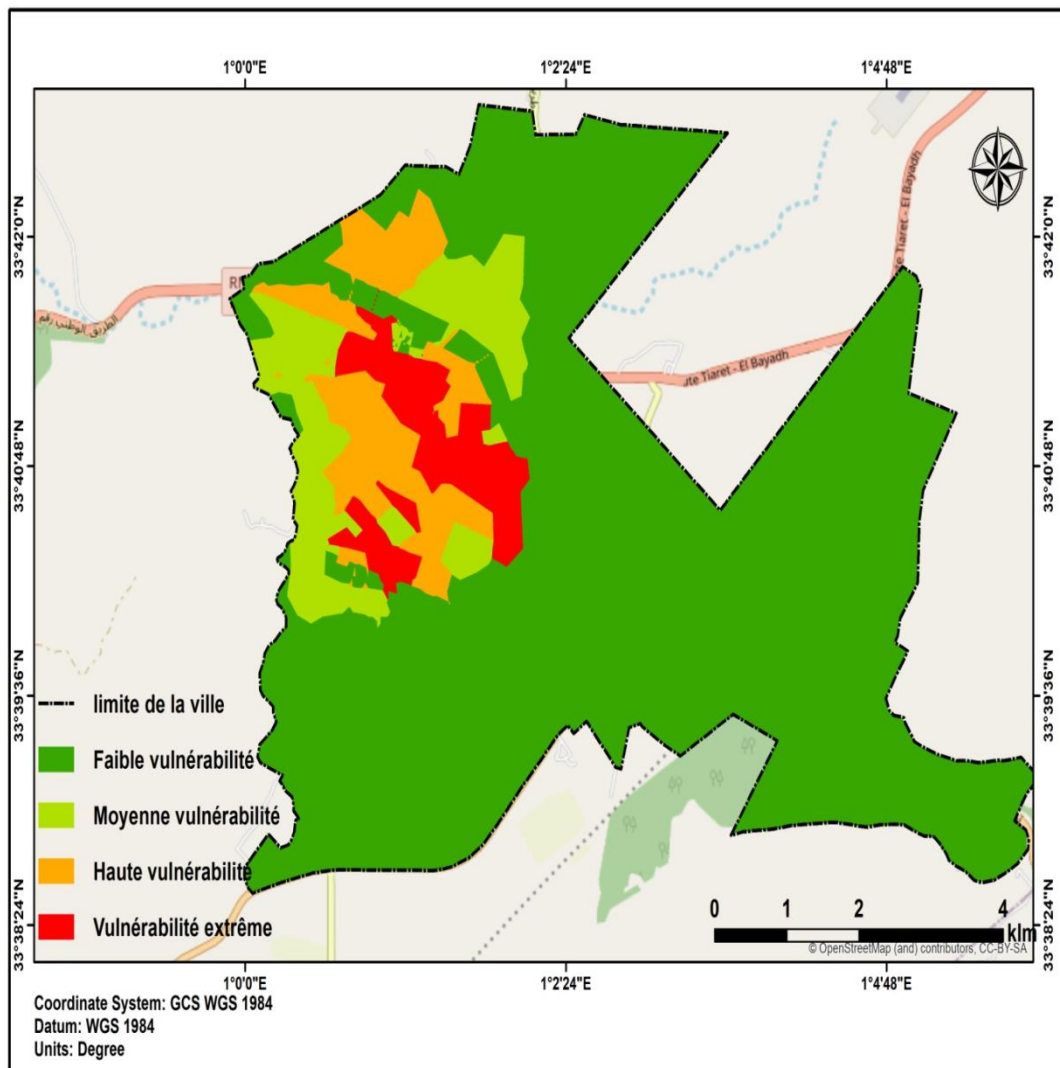


Figure n°57 : la carte de la vulnérabilité globale de la ville d'El Bayadh
Source : Auteur, 2022

Les résultats de comparaisons entre les critères clés dans la vulnérabilité globale montrent que la densité de population est un facteur très important, car on remarque que les quartiers situés dans les deux rives d'Oued Deffa sont des zones densément peuplées.

La carte de la vulnérabilité urbaine globale montre que les zones à haute et extrême vulnérabilité sont des zones :

- Situées à côté de l'Oued Deffa.
- De densité de population intense.
- Incluent des logements individuels et collectifs et des équipements importants.
- Contiennent du réseau routier important et des infrastructures routières telles que les ponts et les passerelles.

Par ailleurs les zones à faible vulnérabilité sont des zones presque vides.

Le tableau n°29 représente une Analyse géostatistique de la carte globale de la vulnérabilité, nous constatons que la surface des zones à faible vulnérabilité estimée à 77.87% soit une superficie de 3133 ha, les zones à moyenne vulnérabilité estimée à 8.56% soit une superficie de 344.27 ha, les zones à haute vulnérabilité estimés à 7.97% soit une superficie de 320.60 ha, et le reste représentent la zone à vulnérabilité extrême soit un pourcentage de 5.6% avec une superficie de 225.46 ha.

Tableau n°29 : Résultats des zones vulnérables en fonction du degré de la vulnérabilité

Degré de la vulnérabilité	Superficie (ha)	Pourcentage %
Faible vulnérabilité	3313.42	77.87
Moyenne vulnérabilité	344.27	8.56
Haute vulnérabilité	320.60	7.97
Vulnérabilité extrême	225.46	5.6

Source : Auteur, 2022

Conclusion

La ville d'El Bayadh, par sa situation géographique (traversée par Oued Deffa) et leur milieu physique accidenté, a été confrontée par plusieurs épisodes d'inondations à caractère intense et parfois catastrophique.

Dans ce chapitre, on a essayé de faire une évaluation globale de la vulnérabilité urbaine face aux risques d'inondations de la ville d'El Bayadh, par la méthode d'analyse hiérarchique multicritères, ce qui est basé sur la division du problème complexe à des parties ; pour cela nous avons élaboré un répertoire des enjeux exposés pendant les précédents événements d'inondations (le cas de 01/10/2011 comme référence) , afin de ressortir les critères et sous-critères de même niveau qui ont un impact sur la vulnérabilité globale, donc ce qui ont fait partie du problème complexe.

Conclusion générale

Conclusion générale

Les inondations à El Bayadh ont été pendant longtemps un phénomène rare. Cependant la croissance démographique et l'occupation de l'espace sans le respect des textes et lois en vigueur l'on rendu vulnérable à ce risque. Les inondations de 2011 ont rappelé en même temps les dirigeants et la population à une prise de conscience de l'ampleur et la gravité du phénomène.

Notre étude nous a permis de contribuer à une gestion efficace des inondations liées particulièrement aux crues de ces oueds en remettant aux décideurs des documents d'aide à la décision qui sont limités, dans un premier temps, à l'identification des zones vulnérables et inondables. Et qui demande, dans un deuxième temps avec les nouvelles technologies, d'exploiter des outils et méthodes plus fiables, en particulier, l'apport des SIG à la simulation de crues des oueds à travers la réalisation de plusieurs scénarios, l'identification des zones inondables et la détermination des différentes hauteurs d'eau dans la zone inondée.

Ainsi, le croisement des cartes de crues avec la carte d'occupation du sol permet de recueillir plusieurs informations utiles à la gestion du risque de l'inondation à savoir la délimitation exacte des zones touchées par la crue, le nombre des constructions avec même le nombre potentiel des personnes en danger, et par conséquent, pouvoir mieux choisir les moyens adéquats d'intervention et avoir une idée sur les types de dégâts ainsi que l'ampleur du risque.

Cette recherche s'est basée sur l'une des composantes principales dans la production du risque d'inondations, à savoir la vulnérabilité urbaine (humaine et matérielle), qui est actuellement considérée comme un facteur prédominant pour la pris en charge du risque d'inondations. La ville d'El Bayadh a été choisie comme un cas d'étude pour évaluer leur vulnérabilité à ce risque, un choix motivé par l'importance de sa situation géographique d'une part, et par son histoire tragédie avec plusieurs épisodes d'inondations d'autre part.

À ce titre, l'objectif principal de notre thèse est d'évaluer la vulnérabilité urbaine de notre cas d'étude face au risque d'inondations, afin de produire une carte globale montre la classification des zones en fonction de leurs degrés de fragilité.

Afin d'atteindre l'objectif souhaité, nous avons commencé notre recherche, en premier lieu par une lecture approfondie sur les méthodes d'évaluation des risques d'inondations, une attention particulière est accordée aux méthodes d'évaluation de la vulnérabilité (sujet de thèse) afin de choisir une méthode appropriée et efficace que nous pouvons suivre dans notre étude. En second lieu nous avons présenté un aperçu sur les événements d'inondations frappant l'Algérie et une lecture sur la politique Algérienne de gestion et de prévention du risque d'inondations et son cadre juridique.

Après avoir consulté les méthodes d'évaluation de la vulnérabilité existantes, on a commencé l'analyse et l'évaluation de la fragilité urbaine de notre ville (cas d'étude), la méthode d'analyse hiérarchique multicritères a été opté pour notre démarche d'évaluation, un choix motivé par l'efficacité de cette méthode pour traiter des problèmes complexes du territoire de la ville sous forme de représentations graphiques.

les critères obtenus par la consultation des documentations relatives à l'historique des inondations au sein de la zone d'étude et qui ont utilisés dans le processus de l'AHP sont : la densité de la population, la typologie du logement existant, la classification des équipements installés et en fin le réseau routier ; en seconde étape on a comparé l'importance de ces critères et sous critères par rapport à l'échelle de graduation de Thomas Saaty, par la construction d'une matrice binaire, ensuite on a contrôlé la cohérence des évaluations ce qui était de l'ordre de 0.07 dans cette étude (inférieur à 0.1, donc est acceptable).

Après la hiérarchisation et la définition des poids de chaque critère et même les sous-critères on a intégré les résultats de l'AHP dans un outil d'un système d'informations géographiques afin de spatialiser les enjeux exposés et cartographier les zones vulnérables.

Le résultat obtenu sous forme d'une carte de vulnérabilité globale comporte les zones inondables et les classées en fonction de leurs fragilités : (5.6%) de la zone d'étude représente une vulnérabilité extrême, (7.97%) à haute vulnérabilité, (8.5%) à moyenne vulnérabilité et (77.87%) à faible vulnérabilité. Les résultats de la carte peuvent être utilisés comme un outil pour aider les autorités locales lors de la prise des décisions.

Selon les résultats et les interprétations obtenus par cette démarche d'évaluation on retient les conclusions suivantes :

1/ Cette recherche montre que la ville d'El Bayadh est vulnérable aux risques d'inondations (confirme la première hypothèse).

2/ Elaboration d'un modèle d'évaluation de la vulnérabilité globale au risque d'inondations nécessite l'intégration de nombreuses informations détaillées relatives aux enjeux humains, matériels et environnementaux. L'intégration des outils du système d'informations géographiques permettant la spatialisation des enjeux vulnérables, ainsi la cartographie de la vulnérabilité globale, ce modèle considéré comme un outil d'aide à la décision et à la contribution dans la réduction des risques d'inondations (confirme la deuxième hypothèse).

3/ Cette étude confirme que la méthode d'analyse hiérarchique multicritères est un processus souple et optimal pour l'évaluation et le classement des déferents facteurs, en fonction de leurs importances (troisième hypothèse).

Recommandations

Selon les résultats obtenus par :

- L'évaluation de la vulnérabilité de la ville ;
- Le diagnostic sur les projets de protections déjà réalisés ;
- Les visites sur terrain effectuées dans le cadre d'élaboration de cette recherche.

Nous avons proposé un ensemble de recommandations qui peuvent être émises pour réduire le risque d'inondations dans notre ville à multiples niveaux :

Au niveau spatial :

Volet Etudes :

- L'actualisation des études déjà existantes, telles que le PDAU, POS et les schémas directeurs de l'assainissement, avec l'intégration de nouvelles disciplines scientifiques comme la télédétection et les SIG.
- Cartographier les zones à risques et les zones de sauvegarde.
- Elaboration d'un plan de prévention local.

Volet Réalisations :

- Réaménagement de la protection actuelle de l'oued avec de nouvelles dimensions géométriques.
- La réalisation d'une surélévation de la hauteur des murs actuels, quoique la hauteur actuelle atteint les 6 mètres,
- Réalisation d'un canal de déviation hors tissu urbain,
- Prolongement de la protection existante en amont de la ville ;
- L'aménagement du bassin versant Chott Chergui par les endiguements ;
- La réalisation des retenues collinaires ;
- Entretien périodique des cours d'eau ;
- La fixation des berges ;
- La favorisation du milieu naturel par les techniques de végétation ;
- Renforcements des ouvrages d'arts existants ;
- Elimination des constructions implantées dans les zones à risque ;
- La maîtrise de l'urbanisation.

Au niveau économique :

Vu les pertes économiques importantes causées par les inondations, un respect rigoureux s'impose à :

- L'application stricte de l'Ordonnance n° 03-12 du 26 août 2003 relative à l'obligation d'assurance des catastrophes naturelles et à l'indemnisation des victimes.
- La création de nouveaux mécanismes pour faciliter le processus d'assurance des biens et les installations industrielles.
- L'implication des compagnies d'assurance dans la gestion des risques naturels.

Au niveau social :

- Renforcer la capacité des réactions sociétales par des sensibilisations.
- Favoriser la culture de la participation et les volontariats chez les riverains pour contribuer à la prévention.
- Valoriser le rôle des médias de tous type.

Perspectives de la recherche :

La vulnérabilité urbaine face aux risques d'inondations est un sujet d'étude toujours en évolution, la multiplicité des disciplines qui s'intéressent sur ce sujet rend la problématique de l'évaluation de la vulnérabilité urbaine constamment posée.

L'impact de cette recherche est très important, notamment, sur les aspects suivants :

- **Aspect scientifique** : fournir aux chercheurs les assises des futures études.
- **Aspect technique** : les résultats obtenus par cette recherche représentent un outil d'aide à la décision pour les autorités locales de la ville d'El Bayadh.
- **Aspect spatial, économique et social** : l'application des recommandations de cette recherche va permettre la réduction de la vulnérabilité urbaine de la ville d'El Bayadh aux risques d'inondations et la protection de la ville contre ce risque.

Références

Références

- Abdellaoui, A. (2018). *SIG : les concepts*.
- Ali, G. (2006). Problematique de la desertification en Algerie: état et mesures de lutte pour la protection des ressources naturelles. *Desertification in the Mediterranean Region. A Security Issue*, 167–185.
- Allal, A., Boudjemaa, K., & Dehimi, S. (2022). The effect of spatial differences on the quality of urban life a comparative analytical study of three cities in the high plateaux region of Algeria. *Geo Journal of Tourism and Geosites*, 40(1), 181–190.
- Amrozi, Y., Usman, I., & Ali Ramdhani, M. (2020). History of Decision-Making: Development and its Applications. *Journal of Physics: Conference Series*, 1573(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1573/1/012010>
- Arnaud-Fassetta, G., Beltrando, G., Fort, M., Plet, A., André, G., Clément, D., Dagan, M., Mering, C., Quisserne, D., & Rycx, Y. (2002). La catastrophe hydrologique de novembre 1999 dans le bassin versant de l'Argent Double (Aude, France) : de l'aléa pluviométrique à la gestion des risques pluviaux et fluviaux / The catastrophic flood of November 1999 in the Argent Double catchment (Aude, . *Géomorphologie : Relief, Processus, Environnement*, 8(1), 17–33. <https://doi.org/10.3406/morfo.2002.1125>
- Bailly, A., Béguin, H., & Scariati, R. (2016). *Introduction à la géographie humaine-9e éd.* Armand Colin.
- Barczak, A., & Grivault, C. (2007). Système d'information géographique pour l'évaluation de la vulnérabilité au risque de ruissellement urbain. *NOVATECH*, 139–146.
- Bardou, E. (2002). *Méthodologie de diagnostic des laves torrentielles sur un bassin versant alpin*. Ecole polytechnique fédérale.
- Barraqué, B., & Gressent, P. (2004). La politique de prévention du risque d'inondation en France et en Angleterre: de l'action publique normative à la gestion intégrée.
- Barroca B., (2006). Risque et vulnérabilités territoriales : Les inondations en milieu urbain. Thèse de doctorat de l'Université de Marne la Vallée, Champs-sur-Marne, 296 p.
- Barroca, B., Pottier, N., & LEFORT, E. (2005). Analyse et évaluation de la vulnérabilité aux inondations du bassin de l'Orge aval. *Actes Des Septièmes Rencontres de TheoQuant, Atelier*, 3.
- Bekhira, A., Habi, M., & Morsli, B. (2019). La gestion des risques d'inondations et aménagement des cours d'eaux dans les zones urbaines: cas de la ville de Bechar. *Larhyss Journal*, 37, 75–92.

- Belazougi, M. (2018). *La politique nationale de gestion des risques de catastrophe* (C. nationale sur la getsion des Risques (ed.)).
- BELOULO, L. (2008). Vulnérabilité aux inondations en milieu urbain. Cas de la ville de Annaba (Nord-Est Algérien). Soutenue. *Université Badji Mokhtar-Annaba*.
- Benaissa, F. T., & Khalfallah, B. (2021). Industrial Activity Land Suitability Assessment Using Delphi and AHP to Control Land Consumption”: The Case Study of Bordj Bouarreridj, Algeria. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 11(5), 7738–7744.
- BENDJOUDI, H., & HUBERT, P. (2002). Le coefficient de compacité de Gravelius: analyse critique d’un indice de forme des bassins versants. *Hydrological Sciences Journal*, 47(6), 921–930.
- Beucher, S. (2008). La gestion des inondations en Angleterre: la mise en place d’un système efficace de gouvernance du risque? *L’Information Géographique*, 72(4).
- Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., & Wisner, B. (2005). *At Risk: Natural Hazards, People’s Vulnerability and Disasters*.
- Bojovic, N., & Milenkovic, M. (2008). The best rail fleet mix problem. *Operational Research*, 8(1), 77–87. <https://doi.org/10.1007/s12351-008-0012-8>
- Chokmani, K., & Gallichand, J. (1997). Utilisation d’indices pour évaluer le potentiel de pollution diffuse sur deux bassins versants agricoles. *Canadian Agricultural Engineering*, 39(2), 113–122.
- Dash, P., & Sar, J. (2020). Identification and validation of potential flood hazard area using GIS-based multi-criteria analysis and satellite data-derived water index. *Journal of Flood Risk Management*, 13(3), 1–14. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12620>
- Dauphiné, A. (2001). *Risques et catastrophes: observer, spatialiser, comprendre, gérer*. Armand Colin.
- Dauphiné, A. (2003). Les réseaux urbains: un exemple d’application de la théorie des systèmes auto organisés critiques/Urban networks: a case study of the critical self-organized system theory. *Annales de Géographie*, 112(631), 227–242.
- Dehimi, S., & Hadjeb, M. (2019). Evaluating the quality of life in urban area by using the delphi method. A case study of M’Sila city/algeria. *Romanian Journal of Geography*, 63(2), 193–202.
- Depraetere, C., & Moniod, F. (1991). *Contribution des modèles numériques de terrain à la simulation des écoulements dans un réseau hydrographique: exemple du bassin de Bras-David (Guadeloupe)*.

- Deroo, L., Royet, P., & Poulard, C. (2016). Sûreté et efficacité des barrages écrêteurs de crue. *Colloque CFBR «Sûreté Des Barrages et Enjeux»*, 203–221.
- Dervaux, I. (1983). Risque et sécurité. *Culture et Technique*, 11, 8–9.
- Dridi HADDA, Guellouh SAMI, K. M. (2016). ANALYSIS OF THE VULNERABILITY OF THE CITY OF BATNA (ALGERIA) TO FLOODING. *Analele Universității Din Oradea, Seria Geografie*, 6(2).
- Ercole, R. D., Thouret, J., Aste, J., Dollfus, O., Ercole, R. D., Thouret, J., Aste, J., Dollfus, O., & Crois-, A. G. (2015). *esentation introductive To cite this version : Présentation introductive*.
- Et, A. (2018). *Physio-Géo Analyse quantitative du réseau hydrographique du bassin versant du Slănic (Roumanie)*. 1(260 m), 1–16.
- Faye, C. (2018). *Caractérisation d'un bassin versant par l'analyse statistique des paramètres morphométriques: cas du bassin versant de la Gambie.(bassin continental Guineo-Sénégalais)*.
- Feloni, E., Mousadis, I., & Baltas, E. (2020). Flood vulnerability assessment using a GIS-based multi-criteria approach—The case of Attica region. *Journal of Flood Risk Management*, 13(S1), 1–15. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12563>
- Galéa, G., & Prudhomme, C. (1997). Notions de base et concepts utiles pour la compréhension de la modélisation synthétique des régimes de crue des bassins versants au sens des modèles QdF. *Revue Des Sciences de l'Eau*, 10(1), 83–101.
- Gangbazo, G. (2011). *Guide pour l'élaboration d'un plan directeur de l'eau: un manuel pour assister les organismes de bassin versant du Québec dans la planification de la gestion intégrée des ressources en eau*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs.
- Garry, G. (1993). *Le risque d'inondation en France: recherche d'une approche globale du risque d'inondation et de sa traduction cartographique dans une perspective de prévention*. Paris 1.
- Gleyze, J. F. (2002). *Le risque* (I. G. N.-L. Cogit (ed.)).
- Grelot, F. (2004). *Gestion collective des inondations. Peut-on tenir compte de l'avis de la population dans la phase d'évaluation économique a priori?* Ecole nationale supérieure d'arts et métiers-ENSAM.
- Grimaldi, S., Petroselli, A., Tauro, F., & Porfiri, M. (2012). Temps de concentration: un paradoxe dans l'hydrologie moderne. *Hydrological Sciences Journal*, 57(2), 217–228.
- Guillier, F., & Flora, G. (2018). *Evaluation de la vulnérabilité aux inondations : Méthode*

expérimentale appliquée aux Programmes d'Action de Prévention des Inondations
To cite this version : HAL Id : tel-01759290.

- Hafnaoui, M. A., Madi, M., Hachemi, A., & Farhi, Y. (2020). El Bayadh city against flash floods: case study. *Urban Water Journal*, 17(5), 390–395. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2020.1714671>
- Hamed, K. B., & Bouanani, A. (2016). Caractérisation d'un bassin versant par l'analyse statistique des paramètres morphométriques: Cas du bassin versant de la Tafna.(Nord-ouest algérien). *Geo-Eco-Trop*, 40(4), 277–286.
- Harkat, N., Chaouche, S., & Bencherif, M. (2020). Flood Hazard Spatialization Applied to The City of Batna: A Methodological Approach. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 10(3), 5748–5758.
- Hu, S., Cheng, X., Zhou, D., & Zhang, H. (2017). GIS-based flood risk assessment in suburban areas: a case study of the Fangshan District, Beijing. *Natural Hazards*, 87(3), 1525–1543. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-2828-0>
- Humbert, J. (1990). Intérêt de la densité de drainage pour régionaliser les données hydrologiques en zone montagneuse. *Hydrology in Mountainous Regions I, Hydrological Measurements, The Water Cycle, IAHS Publ*, 193, 373–380.
- Jacques Veron , (2007), La moitié de la population mondiale vit en ville, in Population & Sociétés , Numéro 435, Juin 2007, bulletin mensuel d'information de l'institut national d'études démographiques.
- Jaymond, D., Evette, A., Bray, F., Leblois, S., Jung, D., Vivier, A., & Dorget, C. (2021). BD GeniVeg: une base de données française sur les ouvrages de protection de berges en génie végétal. *Sciences Eaux & Territoires*.
- Kazakis, N., Kougias, I., & Patsialis, T. (2015). Assessment of flood hazard areas at a regional scale using an index-based approach and Analytical Hierarchy Process: Application in Rhodope-Evros region, Greece. *Science of the Total Environment*, 538, 555–563. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.08.055>
- Kazemi, H., Sadeghi, S., & Akinci, H. (2016). Developing a land evaluation model for faba bean cultivation using geographic information system and multi-criteria analysis (A case study: Gonbad-Kavous region, Iran). *Ecological Indicators*, 63, 37–47. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.11.021>
- Kittipongvises, S., Phetrak, A., Rattanapun, P., Brundiers, K., Buizer, J. L., & Melnick, R. (2020). AHP-GIS analysis for flood hazard assessment of the communities nearby the

- world heritage site on Ayutthaya Island, Thailand. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 48(February), 101612. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101612>
- Laganier, R., & Scarwell, H.-J. (2003). *Risques hydrologiques et territoire*. Editions du Temps.
- Lakhdar, B., Tayeb, S., & Boudersa, G. (2015). Vulnerability's Evaluation Front of Flood Risk in Urban Space Precaution as a Principle of Sustainable Development. Case of Ghardaia Town. *Energy Procedia*, 74, 1000–1006. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.831>.
- Lamaury, Y., Jessin, J., Heinzlef, C., & Serre, D. (2021). Operationalizing Urban Resilience to Floods in Island Territories—Application in Punaauia, French Polynesia. *Water*, 13(3), 337. <https://doi.org/10.3390/w13030337>
- Lambert, R., & Prunet, C. (2000). L'approche géographique de l'inondation. L'exemple de la Garonne à l'aval de Toulouse. *Les Régions Françaises Face Aux Extrêmes Hydrologiques. Gestion Des Excès et de La Pénurie, Sous La Direction de JP BRAVARD, Édit. SEDES, Paris*, 39–53.
- Lamarre D., (2008), Climat et risques : Changements d'approches. Travaux du Groupement de recherches du CNRS sur les risques liés au climat Groupement de recherches sur les risques liés au climat (Dijon), Paris : Tec, 170 p.
- Le Moine, N. (2008). *Le bassin versant de surface vu par le souterrain: une voie d'amélioration des performances et du réalisme des modèles pluie-débit?* Doctorat Géosciences et Ressources Naturelles, Université Pierre et Marie
- Ledoux, B. (2006a). *La gestion du risque inondation, [Livre], Editions TEC et DOC*. 752.
- Ledoux, B. (2006b). *La gestion du risque inondation*. Éditions Tec & Doc.
- Lelièvre, M.-A., Buffin-Bélanger, T., & Morneau, F. (2008). L'Approche Hydrogéomorphologique Pour La Cartographie Des Zones À Risque D'Inondation Dans Les Vallées De Petites Et Moyennes Tailles : Un Exemple Commenté Pour La Vallée De La Rivière-Au-Renard. *Comptes Rendus de La 4e Conférence Canadienne Sur Les Géorisques: Des Causes à La Gestion.*, 8.
- Leone, F., & Vinet, F. (2006). La vulnérabilité, un concept fondamental au cœur des méthodes d'évaluation des risques naturels. *La Vulnérabilité Des Sociétés et Des Territoires Face Aux Menaces Naturelles. Analyses Géographiques*, 9–25.
- Levy, J. K. (2005). Multiple criteria decision making and decision support systems for flood risk management. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 19(6), 438–447. <https://doi.org/10.1007/s00477-005-0009-2>

- Maguire, D. J. (1991). An overview and definition of GIS. *Geographical Information Systems: Principles and Applications*, 1(1), 9–20.
- MAIZI Djamel. (2007). *Etude hydrgeologique du bassin versant du Chott Ech Chergui : Cas du syndicat d'El Bayadh*. UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE « HOUARI BOUMEDIEN ».
- Manche, Y. (2000). *Analyse spatiale et mise en place de système d'information pour l'évaluation de la vulnérabilité des territoires de montagnes face aux risques naturels*. Université Joseph-Fourier-Grenoble I.
- Martin, P. (2007). *Ces risques naturels*.
- Martonne, E. de. (1941). Hypsométrie et morphologie. Détermination et interprétation des altitudes moyennes de la France et de ses grandes régions naturelles. *Annales de Géographie*, 50(284), 241–254.
- MATE. (2015). *Etude diagnostique sur la Biodiversité & les changements climatiques en Algérie*. 135. [https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/DZA/Rapport final Biodiversité et CC.pdf](https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/DZA/Rapport_final_Biodiversité_et_CC.pdf)
- McEntire, D. (2012). Understanding and reducing vulnerability: from the approach of liabilities and capabilities. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*.
- MEDD. (2004). Les inondations - Dossier d'information risques naturels majeurs. [Rapport] Ministère de l'Écologie et du Développement Durable. *Document d'information*, 24.
- Ministère des ressources en eau. (2018). *Prise en charge de la problématique des inondations* (conférence nationale sur les risques Majeurs (ed.)).
- Mishra, K., & Sinha, R. (2020). Flood risk assessment in the Kosi megafan using multi-criteria decision analysis: A hydro-geomorphic approach. *Geomorphology*, 350. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.106861>
- Mitchel, A. (2005). *The ESRI Guide to GIS analysis, Volume 2: Spatial measurements and statistics*. ESRI press.
- Mortureux, Y. (2002). *Analyse préliminaire de risques*.
- N. Gendreau. (1998). *La gestion du risque d'inondation et l'aménagement des cours d'eau*. Annales des Ponts et Chaussées. <https://hal.inrae.fr/hal-02577741>
- Nouri, M., & Ozer, P. (2016). *Etude préliminaire sur le risque d ' inondation en milieu urbain (Algérie)*. 1–8.
- November, V., Delaloye, R., & Penelas, M. (2007). Gérer et alerter. Les acteurs et leurs

- pratiques dans le cas des risques d'inondation en Suisse. *Journal of Alpine Research| Revue de Géographie Alpine*, 95–2, 73–83.
- Ouma, Y. O., & Tateishi, R. (2014). Urban flood vulnerability and risk mapping using integrated multi-parametric AHP and GIS: Methodological overview and case study assessment. *Water (Switzerland)*, 6(6), 1515–1545. <https://doi.org/10.3390/w6061515>
- Philemon, K. J., RANDIMBIARI, R. H., & Ranarijaona, L. T. (n.d.). *Caractérisation d'un bassin ve paramètres morphométriqu.*
- Pigeon, P. (2019). *P. Pigeon - Ville et environnement. 1994. 60, 0–1.*
- Piton, G., & Recking, A. (2016). Design of sediment traps with open check dams. I: hydraulic and deposition processes. *Journal of Hydraulic Engineering*, 142(2), 4015045.
- Podgorski, T. (2000). *Ruissellement en conditions de mouillage partiel.* Université Pierre et Marie Curie-Paris VI.
- Poulard, C. (2008). Revue bibliographique. Panorama de la recherche sur la prévention des inondations. *Sciences Eaux & Territoires, Spécial Ingénieries-EAT-26*, 131–155.
- Pradeau, C. (1999). Réseaux hydrographiques et organisation de l'espace. *L'Information Géographique*, 63(1), 3–9.
- REDJEM, A., NOUIBAT, B., & NAGHEL, M. (2020). POUR DES VILLES RESILIENTES AUX INONDATIONS: Cas de la ville de M'sila, Algérie. *Sciences & Technologie. D, Sciences de La Terre*, 51, 33–42.
- Reghezza, M. (2005). La vulnérabilité: un concept problématique. *Collection « Géorisques » No 1.*
- Renard, F., & Chapon, P. M. (2010). An urban vulnerability assessment method applied to the conurbation of Lyon. *Espace Géographique*, 39(1), 35–50. <https://doi.org/10.3917/eg.391.0035>
- Roberts, N. J., Nadim, F., & Kalsnes, B. (2009). Quantification of vulnerability to natural hazards. *Georisk*, 3(3), 164–173.
- Saaty, T. L. (1982). The analytic hierarchy process: A new approach to deal with fuzziness in architecture. *Architectural Science Review*, 25(3), 64–69. <https://doi.org/10.1080/00038628.1982.9696499>
- Saaty, T. L. (1988). *What is the analytic hierarchy process?* Springer.
- Saaty, T. L. (2014). Analytic Heirarchy Process. *Wiley StatsRef: Statistics Reference Online*, 1–11. <https://doi.org/10.1002/9781118445112.stat05310>
- Salah, L. (2004). *Les inondations en Algérie.*

- Scarwell, H.-J., & Laganier, R. (2004). *Risque d'inondation et aménagement durable des territoires* (Vol. 916). Presses Univ. Septentrion.
- Sinha, R., Bapalu, G. V., Singh, L. K., & Rath, B. (2008). Flood risk analysis in the Kosi river basin, north Bihar using multi-parametric approach of Analytical Hierarchy Process (AHP). *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 36(4), 335–349. <https://doi.org/10.1007/s12524-008-0034-y>
- Smith, T. R., Menon, S., Star, J. L., & Estes, J. E. (1987). Requirements and principles for the implementation and construction of large-scale geographic information systems. *International Journal of Geographical Information System*, 1(1), 13–31.
- Tercan, E., & Dereli, M. A. (2020). Development of a land suitability model for citrus cultivation using GIS and multi-criteria assessment techniques in Antalya province of Turkey. *Ecological Indicators*, 117(February), 106549. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106549>
- Texier, P., Fort, M., & Lavigne, F. (2009). *Vulnérabilité et réduction des risques liés à l'eau dans les quartiers informels de Jakarta : réponses sociales, institutionnels et non institutionnels*. 460-[165]. <http://www.sudoc.abes.fr/DB=2.1/SRCH?IKT=12&TRM=140263381>
- Thaibaoui, S., Khalfallah, B., & Layeb, H. (2022). Measuring inter-neighborhood disparities by tribal origin and academic achievement: Case of Bousaâda, Algeria. *Glasnik Srpskog Geografskog Drustva*, 102(2), 159–172.
- Thibault, S. M. J. (1997). *Bassin versant*. Lavoisier.
- Thouret, J., & Ercole, R. (1996). Vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain : effets, facteurs et réponses sociales. *Cahiers Des Sciences Humaines*, 32(2), 407–422.
- Un habitat., (2007), global report on human settlements, enhancing urban safety and security.
- Vaidya, O. S., & Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research*, 169(1), 1–29. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.04.028>
- Vinet, F. (2003). *Crues et inondations dans la France méditerranéenne. Les crues torrentielles des 12 et 13 novembre 1999 (Aude, Tarn, Pyrénées-Orientales et Hérault)*.
- Wahiba Menad. (2013). *Risques de crue et de ruissellement superficiel en métropole méditerranéenne : cas de la partie ouest du Grand Alger*, Thèse de doctorat.

<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00787142>

- Wang, X., & Xie, H. (2018). A review on applications of remote sensing and geographic information systems (GIS) in water resources and flood risk management. *Water (Switzerland)*, 10(5), 1–11. <https://doi.org/10.3390/w10050608>
- Weisrock, A. (2000). Jean-Paul Bravard et François Petit, 1997, Les cours d'eau, dynamique du système fluvial. *Revue Géographique de l'Est*, 40(1–2), 7–10. <https://doi.org/10.4000/rge.4253>
- White, G. F., & Haas, J. E. (1975). *Assessment of research on natural hazards*.
- Wind, Y., & Saaty, T. L. (1980). Marketing Applications of the Analytic Hierarchy Process. *Management Science*, 26(7), 641–658. <https://doi.org/10.1287/mnsc.26.7.641>
- Wybo, J.-L. (2009). *Le retour d'expérience: un processus d'acquisition de connaissances et d'apprentissage*. Economica.
- Young, O. R., Berkhout, F., Gallopin, G. C., Janssen, M. A., Ostrom, E., & Van der Leeuw, S. (2006). The globalization of socio-ecological systems: an agenda for scientific research. *Global Environmental Change*, 16(3), 304–316.
- Zevenbergen C et al., (2011), Urban Flood Management. London, UK: Taylor and Francis Group.
- Zou, Q., Zhou, J., Zhou, C., Song, L., & Guo, J. (2013). Comprehensive flood risk assessment based on set pair analysis-variable fuzzy sets model and fuzzy AHP. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 27(2), 525–546. <https://doi.org/10.1007/s00477-012-0598-5>.

Annexes

Annexe 01 : Les rencontres

Lors de la réalisation de cette étude, on a procédé à plusieurs rencontres avec un groupe de techniciens et intervenants dans le domaine de la gestion des risques naturels au niveau des villes.

Les rencontres s'articulaient autour de la question suivante :

Quelles sont les paramètres que vous voyez adéquats dans l'évaluation de la vulnérabilité urbaine envers les risques d'inondations ?

La réponse sur cette question par les experts nous a aidé dans la détermination des critères qui ont été utilisés et appliqués pour notre recherche.

Malgré les minimes différences entre leurs réponses, chacun selon sa spécialité, mais ces réponses visent un seul but qui est la diminution du degré du risque.

Le tableau suivant résume les réponses des experts :

Critères	Sous critères
Population	Densité
	Tranche d'âge
	Situation sociale
	Active / non active
Logement	Individuel
	Collectif
	Etat de logement
	Illicite
Equipements	Santé
	Interventions
	Education
	Sécurité
VRD	Réseau routier
	Etat des routes et voiries
	Les ouvrages d'arts
	Réseau d'assainissement
	Réseau d'AEP

Annexe 02 : Nombre des événements d'inondations dans le monde Pour 2000-2022

Source : EM-DAT, CRED / UC Louvain, Brussels, Belgique
www.emdat.be

Version : 02-01-2023

Continent d'Afrique		
Année	Nbr/ Événements	Nbr/ Morts
2000	44	1240
2001	53	1726
2002	44	1079
2003	46	453
2004	32	347
2005	45	546
2006	60	1495
2007	74	992
2008	59	631
2009	52	683
2010	70	21137
2011	55	672
2012	35	870
2013	38	732
2014	26	518
2015	42	1002
2016	40	891
2017	33	1603
2018	36	872
2019	75	1432
2020	75	1308
2021	41	459
2022	47	4350
Total	1122	45038

Continent d'Europe		
Année	Nbr/ Événements	Nbr/ Morts
2000	55	176
2001	29	110
2002	45	443
2003	24	42
2004	18	43
2005	43	200
2006	33	69
2007	30	142
2008	9	65
2009	20	72
2010	35	238
2011	10	32
2012	21	213
2013	17	71
2014	28	142
2015	21	83
2016	20	60
2017	16	138
2018	20	147
2019	19	92
2020	19	51
2021	35	279
2022	12	44
Total	579	2952

Continent d'Asie		
Année	Nbr/ Événements	Nbr/ Morts
2000	76	5074
2001	84	3646
2002	82	3701
2003	74	3405
2004	69	3347
2005	102	5218
2006	117	5712
2007	102	7178
2008	79	3198
2009	77	2940
2010	84	8890
2011	77	4026
2012	75	2653
2013	76	8772
2014	71	3394
2015	92	2643
2016	86	3583
2017	82	3298
2018	65	2123
2019	97	4094
2020	102	4988
2021	105	3653
2022	70	4876
Total	1944	100412

Continent d'Américain		
Année	Nbr/ Événements	Nbr/ Morts
2000	61	649
2001	43	422
2002	61	597
2003	55	748
2004	36	3645
2005	43	620
2006	43	328
2007	47	688
2008	42	704
2009	51	606
2010	49	1647
2011	52	1752
2012	35	246
2013	41	511
2014	45	409
2015	52	837
2016	45	257
2017	43	788
2018	41	225
2019	51	412
2020	34	429
2021	79	371
2022	61	1075
Total	1110	17966

Continent d'Océanie		
Année	Nbr/ Événements	Nbr/ Morts
2000	4	4
2001	7	4
2002	5	38
2003	8	24
2004	7	7
2005	4	16
2006	11	24
2007	3	15
2008	9	7
2009	7	239
2010	6	37
2011	3	0
2012	7	84
2013	6	3
2014	6	49
2015	14	33
2016	5	3
2017	3	0
2018	3	0
2019	5	47
2020	9	43
2021	9	6
2022	6	31
Total	147	714

Annexe 03 : Cadre juridique relatif à la gestion de risques en Algérie

- Décret n° 85-231 du 25 août 1985 relatif à l'organisation des interventions et secours en cas de catastrophe. Le texte intégral est disponible sur :

<https://www.joradp.dz/FTP/JO-FRANCAIS/1985/F1985036.pdf?znjo=36>

- Décret n° 90-402 du 15 décembre 1990 portant organisation et fonctionnement du fonds des calamités naturelles et de risques technologiques majeurs. Le texte intégral est disponible sur :

<https://www.joradp.dz/FTP/jo-francais/1990/F1990055.PDF>

- Ordonnance n° 03-12 du 26 août 2003 relative à l'obligation d'assurance des catastrophes naturelles et à l'indemnisation des victimes. Le texte intégral est disponible sur :

<https://www.joradp.dz/ftp/jo-francais/2003/f2003052.pdf>

- Loi n°04-20 du 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable. Le texte intégral est disponible sur :

<https://www.joradp.dz/FTP/jo-francais/2004/F2004084.PDF>

Annexe 04 :

- Arrêté interministériel du 27 octobre 2008 portant déclaration de zones sinistrées dans les wilayas d'Adrar, Béchar, Tiaret, El Bayadh, Ain Defla et Naâma.
- Arrêté interministériel 27 octobre 2008 portant déclaration de l'état de catastrophe naturelle dans les wilayas d'Adrar, Béchar, Tiaret, El Bayadh, Ain Defla et Naâma.

26

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 63

18 Dhou El Kaada 1429
16 novembre 2008

**MINISTERE DE L'INTERIEUR
ET DES COLLECTIVITES LOCALES**

**Arrêté interministériel du 27 Chaoual 1429
correspondant au 27 octobre 2008 portant
déclaration de zones sinistrées dans les
wilayas d'Adrar, Béchar, Tiaret, El Bayadh,
Ain Defla et Naâma.**

Le ministre d'Etat, ministre de l'intérieur et des
collectivités locales,

Le ministre des finances,

Vu le décret présidentiel n° 07-173 du 18 Joumada
El Oula 1428 correspondant au 4 juin 2007, modifié,
portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret exécutif n° 90-402 du 15 décembre 1990,
modifié et complété, portant organisation et
fonctionnement du fonds de calamités naturelles et des
risques technologiques majeurs ;

Vu le décret exécutif n° 94-247 du 2 Rabie El Aouel
1415 correspondant au 10 août 1994 fixant les attributions
du ministre de l'intérieur et des collectivités locales ;

Vu le décret exécutif n° 95-54 du 15 Ramadhan 1415
correspondant au 15 février 1995 fixant les attributions du
ministre des finances ;

Arrêtent :

Article 1er. — Sont déclarées zones sinistrées les
communes des wilayas de Adrar, Béchar, Tiaret,
El Bayadh, Ain Defla et Naâma, citées à l'annexe du
présent arrêté.

Art. 2. — Le présent arrêté sera publié au *Journal
officiel* de la République algérienne démocratique et
populaire.

Fait à Alger, le 27 Chaoual 1429 correspondant au
27 octobre 2008.

Le ministre d'Etat,
ministre de l'intérieur
et des collectivités locales

Nouredine
ZERHOUNI dit YAZID

Le ministre
des finances

Karim DJOUDI

ANNEXE

WILAYA	COMMUNES
ADRAR	Timoktene - Sali - Zaouiat Kounta
BECHAR	Béchar - Béni Ounif - Abadla - Erg Ferradj - Ouled Khodeir - Timoudi - Ksabi - El Ouata - Taghit - Boukais - Mechraâ Houari Boumediène - Kerzaz - Kenadsa
TIARET	Aïn D'heb - Chehaïma - Rosfa - Aïn Kermes - Sidi Abderrahmane - Madna - Medrissa
AIN DEFLA	Aïn Torki - Miliana - Khemis Miliana - Beni Allel - Sidi Lakhdar
EL BAYADH	Brézina - El Abiod Sidi Cheikh - Aïn El Orak - Arbaouat - El Kheïther - Kef El Ahmar - Boussemghoun - El Bnouid - El Mehara
NAAMA	Mecheria - Asla - Sfisifa

**Arrêté interministériel du 27 Chaoual 1429
correspondant au 27 octobre 2008 portant
déclaration de l'état de catastrophe naturelle
dans les wilayas d'Adrar, Béchar, Tiaret,
El Bayadh, Ain Defla et Naâma.**

Le ministre d'Etat, ministre de l'intérieur et des
collectivités locales,

Le ministre des finances,

Vu le décret présidentiel n° 07-173 du 18 Joumada
El Oula 1428 correspondant au 4 juin 2007, modifié,
portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret exécutif n° 94-247 du 2 Rabie El Aouel
1415 correspondant au 10 août 1994 fixant les attributions
du ministre de l'intérieur et des collectivités locales ;

Vu le décret exécutif n° 95-54 du 15 Ramadhan 1415
correspondant au 15 février 1995 fixant les attributions du
ministre des finances ;

Vu le décret exécutif n° 04-268 du 13 Rajab 1425
correspondant au 29 août 2004 portant identification des
événements naturels couverts par l'obligation d'assurance
des effets des catastrophes naturelles et fixant les
modalités de déclaration de l'état de catastrophe naturelle,
notamment son article 3 ;

18 Dhou El Kaada 1429
16 novembre 2008

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 63

27

Arrêtent :

Article 1er. — En application des dispositions de l'article 3 du décret exécutif n° 04-268 du 13 Rajab 1425 correspondant au 29 août 2004, susvisé, le présent arrêté a pour objet de déclarer l'état de catastrophe naturelle dans les wilayas de Adrar, Béchar, Tiaret, El Bayadh, Aïn Defla et Naâma.

Art. 2. — Suite aux inondations survenues durant la période du 28/9/2008 au 27/10/2008 dans les wilayas citées à l'article 1er ci-dessus, les communes citées en annexe du présent arrêté, sont déclarées en état de catastrophe naturelle.

Art. 3. — L'état de catastrophe naturelle déclaré par le présent arrêté ouvre droit à l'indemnisation des assurés couverts contre les effets des catastrophes naturelles.

Art. 4. — Le présent arrêté sera publié au *Journal officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 27 Chaoual 1429 correspondant au 27 octobre 2008.

Le ministre d'Etat,
ministre de l'intérieur
et des collectivités locales

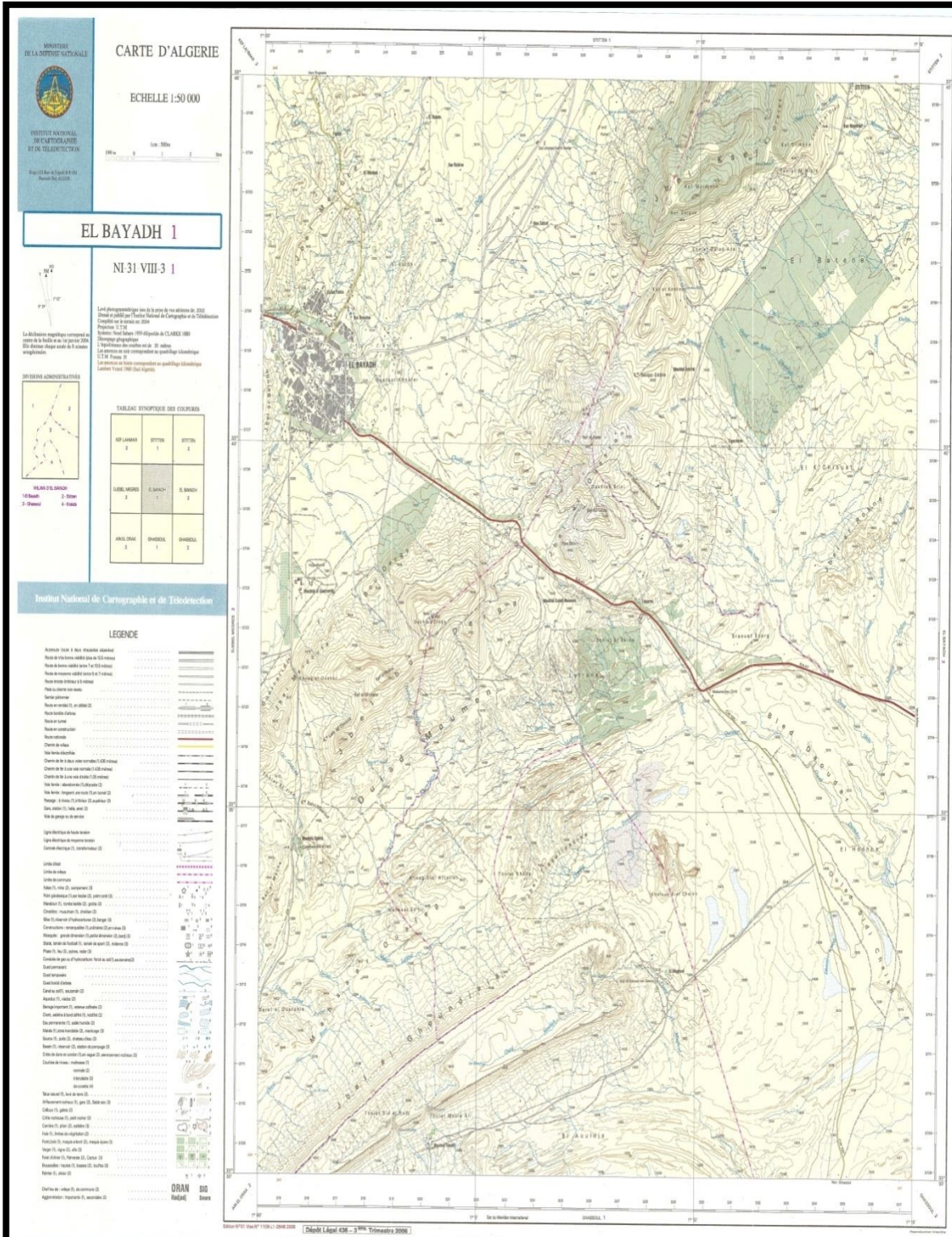
Le ministre
des finances

Karim DJOUDI

Noureddine
ZERHOUNI dit YAZID

ANNEXE

WILAYA	COMMUNES
ADRAR	Timoktene - Sali - Zaouiat Kounta
BECHAR	Béchar - Béni Ounif - Abadla - Erg Ferradj - Ouled Khodeir - Timoudi - Ksabi - El Ouata - Taghit - Boukais - Mechraâ Houari Boumediène - Kerzaz - Kenadsa
TIARET	Aïn D'heb - Chehaïma - Rosfa - Aïn Kermes - Sidi Abderrahmane - Madna - Medrissa
AIN DEFLA	Aïn Torki - Miliana - Khemis Miliana - Beni Allel - Sidi Lakhdar
EL BAYADH	Brézina - El Abiod Sidi Cheikh - Aïn El Orak - Arbaouat - El Kheïther - Kef El Ahmar - Boussemghoun - El Bnou - El Mehara
NAAMA	Mecheria - Asla - Sfisifa



Source : DUAC d'EL Bayadh