



UNIVERSITÉ SALAH BOUBNIDER CONSTANTINE 3
FACULTÉ D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME
DÉPARTEMENT D'ARCHITECTURE

VULNÉRABILITÉ URBAINE DES VILLES ALGÉRIENNES FACE AU
RISQUE D'INONDATIONS - CAS DE LA VILLE DE BATNA –

THÈSE

Présentée en vue de l'Obtention du
Diplôme de Doctorat en Sciences- Urbanisme

Par :
Naim HARKAT

Année universitaire : 2020/2021



UNIVERSITÉ SALAH BOUBNIDER CONSTANTINE 3
FACULTÉ D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME
DÉPARTEMENT D'ARCHITECTURE

N° Série :
N° d'ordre :

**VULNÉRABILITÉ URBAINE DES VILLES ALGÉRIENNES FACE
AU RISQUE D'INONDATIONS - CAS DE LA VILLE DE BATNA -**

THÈSE

Présentée en vue de l'Obtention du
Diplôme de Doctorat en Sciences-Urbanisme

Par :
Naim HARKAT

Devant le Jury composé de :

Pr ROUAG Djamila	Présidente	Professeur	Université Constantine 3
Pr CHAUCHE Salah	Rapporteur	Professeur	Université Constantine 3
Pr FARHI Abdellah	Examineur	Professeur	Université Biskra
Pr REDJEM Ali	Examineur	Professeur	Université M'sila
Dr BENHASSINE Nassira	Examinatrice	MCA	Université Constantine 3
Dr BOULAKAIBAT Aissa	Examineur	MCA	Université OEB

Année universitaire : 2020/2021

REMERCIEMENTS

Au terme de cette rédaction, je voudrais dans un premier temps remercier, mon directeur de thèse, professeur CHAOUCHE Salah, qui m'a encadré et soutenu tout au long de cette recherche. Ses judicieux conseils, ses encouragements, sa disponibilité et surtout sa patience ont largement contribué à alimenter ma réflexion. Son exigence m'a grandement stimulé.

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance aux personnes suivantes, pour leur aide dans la réalisation de cette thèse :

– Monsieur : LALAOUI Lyamine, cadre dirigeant au sein de la direction de l'hydraulique de Batna, pour m'avoir accordé plusieurs entretiens et avoir répondu à mes questions sur la thématique de ma thèse ayant trait au risque d'inondation à Batna, ainsi que pour la qualité des documents qui m'a confié pour mener à bien mon travail de recherche ;

– Je tiens également à remercier monsieur BELHAMADI Ahmed, cadre au niveau de la direction de l'ex-DPAT pour l'accueil et les conditions de travail privilégiées qui m'ont été offertes. Il a été d'un grand soutien dans l'élaboration de ce travail de recherche notamment en ce qui concerne les statistiques relatives à la monographie de la wilaya de Batna ;

– Ce travail n'aurait pu être mené à bien sans l'aide précieuse des jeunes architectes fraîchement diplômés de l'institut d'architecture : Mahdi et Aymen, pour m'avoir assisté dans mon travail de terrain (prise de photos, relevés, vérification de quelques données sur site... etc.) ;

– Un grand merci également à monsieur BENACHI Mohamed, commissaire divisionnaire de police pour m'avoir donné l'occasion extraordinaire de réaliser mon travail de terrain dans des conditions optimales ;

– J'adresse mes sincères remerciements à tous mes collègues enseignants(es), à Sétif et Constantine, trop nombreux pour les citer, qui ont pris le temps de discuter de mon sujet, et qui par leurs critiques et leurs conseils, ont guidé mes réflexions pour achever ma thèse.

Enfin, j'adresse mes remerciements aux membres du jury, d'avoir accepté d'évaluer ce travail de recherche.

Merci à tous

TABLE DES MATIÈRES :

Remerciements.....	ii
Table des matières.....	iii
Liste des figures.....	ix
Liste des tableaux.....	xiii
Liste des abréviations.....	xiv
Résumés.....	xvi

INTRODUCTION GÉNÉRALE : 1

1- Problématique.....	3
2- Hypothèses de la recherche.....	5
3- Objectifs de la recherche.....	6
4- Choix et présentation du cas d'étude.....	6
5- Méthodologie de recherche.....	7
6- Structure de la thèse.....	9

PARTIE 1 : LA VILLE FACE AU RISQUE D'INONDATION : UNE RELATION DIALECTIQUE

INTRODUCTION DE LA PREMIÈRE PARTIE 11

CHAPITRE I : VILLE ET VULNÉRABILITÉ : APPROCHE CONCEPTUELLE

INTRODUCTION	12
1.1 Le risque : une équation à trois variables : aléa, enjeux et vulnérabilité :.....	13
1.1.1 « Le risque » : approche conceptuelle.....	13
1.1.2 « L'aléa » : une composante incontournable du risque	14
1.1.3 « L'enjeu » : un concept inéluctable du triptyque du risque	17
1.1.4 « La vulnérabilité » : Un concept émergeant.....	18
1.2 La ville - cours d'eau : une relation complexe et ambiguë	23
1.2.1 L'ambiguïté de la relation ville-cours d'eau : une relation tumultueuse	23
1.2.2 Évolution de la relation ville-cours d'eau : le tandem attraction/répulsion	25
1.2.3 La place des cours d'eau dans l'espace urbain : une source d'inspiration et de quiétude	30
CONCLUSION	31

CHAPITRE II : VILLE ET RISQUE D'INONDATION : COMPRENDRE POUR MIEUX GÉRER

INTRODUCTION	32
2.1 Le risque « inondation » : un risque naturel récurrent	32
2.1.1 Le risque « inondation » : submersion d'un espace par les eaux	32
2.1.2 la « Crue » : Montée soudaine des eaux d'un cours d'eau	33
2.1.3 Inondation et crue : quelle différence ?.....	33
2.1.4 Les inondations : une approche typologique	33
2.2 Les inondations : une menace permanente pour la planète	36
2.2.1 Le risque « inondation » à la tête des catastrophes naturelles dans le monde	37
2.2.2 Impact des inondations dans le monde : un dévastateur redoutable.....	38
2.3 Les inondations en Algérie : un risque majeur à caractère répétitif	40
2.3.1 Lecture diachronique des principales inondations qui ont impacté l'Algérie	41
2.3.2 Typologie des inondations en Algérie : ruissellement urbain et crues torenntielles	44
2.3.3 Cause majeures des inondations catastrophiques en Algérie	44
2.3.4 Zones inondables en Algérie : des centaines de sites menacés	45
2.4 Les inondations à Batna : des crues périodiques dévastatrices	47
2.4.1 Batna la ville –cuvette : une ville vulnérable	47
2.4.2 Protection de la ville de Batna contre les inondations : des mesures inefficaces.....	49
CONCLUSION	52

CHAPITRE III : URBANISATION ET RISQUE D'INONDATION : UN COUPLE RÉCONCILIABLE ?

INTRODUCTION	53
3.1 Le couple « urbanisation-risques majeurs » : une relation dialectique	54
3.2 Politique nationale de gestion des risques majeurs : itinéraire et perspectives	54
3.2.1 Institutions et acteurs de gestion des risques en Algérie : une relance institutionnelle	56
3.2.2 Itinéraire du dispositif juridique régissant la gestion des risques majeurs en Algérie : lecture analytique :	58
3.3 Prise en compte des risques par les instruments d'urbanisme en Algérie : lecture diachronique	62
3.3.1 Les années 1980 : survenue du séisme de l'Asnam.	62
3.3.2 Les années 1990 : émergence des nouveaux instruments d'urbanisme.....	63
3.3.3 À partir de 2004 : prémices d'une nouvelle législation - risques majeurs.....	64
3.4 Instruments d'urbanisme et risques naturels : des nouveaux défis à relever	68

3.4.1 Le plan directeur d'aménagement et d'urbanisme et prise en compte du risque : des mesures timides	69
3.4.2 Les plans d'occupation des sols (POS) et prise en compte du risque à Batna : un échec flagrant	73
3.5 Actes d'urbanismes et risques naturels : une relance timide	80
3.5.1 Permis de construire et risques naturels : les ingénieurs doivent désormais assister les architectes.....	80
3.5.2 Permis de lotir et risques naturels : servitudes à prendre en considération.....	82
3.5.3 Certificat d'urbanisme : risques naturels occultés.....	82
3.5.4 Permis de démolir : un document facultatif ?	84
CONCLUSION	85

CHAPITRE IV :

ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ URBAINE : APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

INTRODUCTION	87
4.1 Approches méthodologiques : Revue de littérature	87
4.1.1 Les méthodes anglo-saxonnes : les précurseurs	88
4.1.2 Méthodologies d'évaluation quantitative : prémices des PER.....	89
4.1.3 Méthodologies d'évaluation qualitative : prise en compte du « retour d'expérience »	89
4.1.4 Méthodologies d'évaluation testées au niveau local (en Algérie).....	90
4.1.5 Méthodologies d'évaluation de la vulnérabilité urbaine (référence de la recherche)	91
4.2 Spatialisation du risque inondation par le recours au logiciel ArcGis 10.3	92
4.2.1 Présentation du logiciel ArcGis 10.3 : le programme de référence du SIG	93
4.2.2 Prétraitement des cartes thématiques sous ArcGis	94
4.2.3 Géo référencement et calage des cartes : une étape incontournable.....	94
4.2.4 Import de fichiers DWG : vectorisation des cartes AutoCad.....	96
4.2.5 Constructions de cartes thématiques via ARC-GIS	97
4.2.6 Création des MNT à partir du logiciel ARC-GIS : topographie numérisée.....	97
4.2.7 Création des profils topographique à partir des MNT sous ARC-GIS 10.3	99
4.2.8 Spatialisation des enjeux vulnérables par le recours au logiciel ArcGis	100
4.3 Modélisation hydraulique : vers une cartographie de l'Aléa	103
4.3.1 le logiciel HEC-RAS : la référence en matière de modélisation	103
4.3.2 Motivation du choix du logiciel HEC-RAS 4.0 : un programme accessible et , pratique et efficace... ..	104
4.3.3 Modèles disponibles du logiciel HEC-RAS	105
4.3.4 Environnement du logiciel HEC-RAS	105
4.3.5 Étapes de modélisation par HEC-RAS	106
CONCLUSION	114
CONCLUSION DE LA PREMIÈRE PARTIE :	115

PARTIE 2 :
EN QUÊTE D'ÉVALUATION OBJECTIVE DE LA VULNÉRABILITÉ URBAINE
DE BATNA FACE AU RISQUE D'INONDATION

INTRODUCTION DE LA DEUXIÈME PARTIE :..... 117

CHAPITRE V : **BATNA « VILLE-CUVETTE » : VULNÉRABLE**
FACE AU RISQUE D'INONDATION.

INTRODUCTION 118

5.1 La ville de Batna : présentation du milieu physique de la zone d'étude 118

5.1.1 La zone d'étude : localisation géographique de la ville de Batna 119

5.1.2 Topographie de la zone d'étude : Batna une ville-cuvette 120

5.1.3 Classe des altitudes et système des pentes : un plateau entouré de montagne .. 121

5.1.4 Contexte hydrologique : plusieurs oueds traversant la ville 123

5.1.5 Réseau hydrographique de la zone d'étude : dense et dangereux 124

5.2 Croissance urbaine de la ville de Batna par rapport à ses oueds : Lecture
diachronique 129

5.2.1 1844 : Création de la ville par l'implantation du Camp militaire 130

5.2.2 1871-1923 : Rupture de l'extension du noyau de la ville par Oued Batna 131

5.2.3 1924-1945 : Éclatement du noyau historique de la ville 132

5.2.4 1946-1962 : Franchissement la barrière d'Oued El Gourzi au Sud-Ouest..... 133

5.2.5 1962-1978 : Stagnation de la croissance urbaine « Batna » - « Verdure » 134

5.2.6 1978-1984 : Étalement urbain dans tous les sens au détriment des servitudes
des oued..... 135

5.2.7 1985-2021 : Saturations des tissus urbains autour des oueds 136

CONCLUSION 137

CHAPITRE VI : **SPATIALISATION DE L'ALÉA « INONDATION »**
MENAÇANT LA VILLE DE BATNA

INTRODUCTION 138

6.1 « Hec Ras-MNT » : méthodologie adoptée pour l'évaluation de l'aléa
inondation 138

6.2 Spatialisation de l'aléa inondation menaçant la ville de Batna : 141

6.2.1 La ville de Batna : caractéristiques du bassin versant 141

6.2.2 Étude hydrologique : une phase primordiale 145

6.2.3 Modélisation hydraulique par le logiciel Hec Ras : l'aboutissement 150

6.2.4 Spatialisation de l'aléa inondation : confection de la carte thématique 154

CONCLUSION 165

INTRODUCTION	166
7.1 « Analytic Hierarchy Process -T.L. Saaty » :approche méthodologique adoptée pour la spatialisation des enjeux	166
7.1.1 Volet I : Classification des enjeux	167
7.1.2 Volet II : Spatialisation des enjeux et construction des cartes thématiques.....	168
7.2 Enjeux humains : plusieurs catégories de populations à recenser	170
7.2.1 Spatialisation de la population « Résidante »	170
7.2.2 Spatialisation de la population « en transit »	172
7.2.3 Spatialisation de la population « Lieu de travail »	172
7.2.4 Spatialisation de la population « autre » (sport, culture et culte)	174
7.2.5 Spatialisation de la population hôpitaux	175
7.2.6 Spatialisation de la population scolaire	176
7.3 Enjeux matériels : Habitat, équipements publics et VRD à inventarier	177
7.3.1 Enjeux « Habitat ».....	177
7.3.2 Enjeux « Équipements publics »	183
7.3.3 Enjeux « Voirie »	195
7.3.4 Enjeux « réseaux énergétiques d'électricité et gaz » :.....	198
7.4 Enjeux environnementaux : espaces verts et réseau d'AEP à localiser	199
7.4.1 Spatialisation des espaces verts à Batna : inventaire et localisation cartographique	201
7.4.2 Spatialisation du réseau d'AEP : numérisation de ses composantes vulnérables	201
7.4.3 Spatialisation des enjeux environnementaux au niveau de la ville de Batna.....	203
CONCLUSION	236

INTRODUCTION	206
8.1 La méthode « Marion Tanguy » : approche méthodologique adoptée pour évaluer la vulnérabilité urbaine de Batna	206
8.1.1 Méthodologie adoptée pour évaluer la « vulnérabilité directe »	207
8.1.2 Méthodologie adoptée pour évaluer la vulnérabilité indirecte (structurelle).....	208
8.2 Évaluation de la vulnérabilité urbaine de Batna :.....	210
8.2.1 Évaluation de la « vulnérabilité directe » :.....	210
8.2.2 Évaluation de la vulnérabilité indirecte (Structurelle)	231
CONCLUSION	236

CONCLUSION DE LA DEUXIÈME PARTIE	238
CONCLUSION GÉNÉRALE	239
BIBLIOGRAPHIE	247
LISTE DES ANNEXES :	257

- **Annexe A** : Sectorisation de la ville de Batna
- **Annexe B** : Répartition de la population (densité par secteur urbain)
- **Annexe C** : Photos aériennes - ville de Batna-
- **Annexe D** : Les inondations en Algérie : lecture diachronique
- **Annexe E** : Villes vulnérables en Algérie par aires géographiques
- **Annexe F** : Espaces verts à Batna
- **Annexe G** : Simulation de crues centennales au niveau de la ville de Batna
- **Annexe H** : Cours d'eau traversant les zones vulnérables à Batna
- **Annexe I** : Loi n° 04-20 du 13 Dhou El Kaada 1425 correspondant au 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable

LISTE DES FIGURES :

Figure 1-1	Triptyque du risque	12
Figure 1-2	Schématisation des composantes du « risque »	13
Figure 1-3	Exemples d'aléas naturels et d'aléas anthropiques	15
Figure 1-4	Exemples d'enjeux matériels exposés à des aléas naturels.	18
Figure 1-5	Spectre de la vulnérabilité urbaine	23
Figure 2-1	Schéma comparatif entre lit mineur et lit majeur d'un cours d'eau	33
Figure 2-2	Types de catastrophes survenues dans le monde de 1994 à 2013	36
Figure 2-3	Fréquence par type catastrophe naturelle	37
Figure 2-4	Nombre de personnes affectées par types de catastrophe naturelle	38
Figure 2-5	Coût total des dommages par types de catastrophe naturelle	39
Figure 2-6	Étendue des zones touchées par les inondations dans le monde	39
Figure 2-7	Risque « inondation » en Algérie	40
Figure 2-8	Inondations à El Eulma, Annaba et Béjaia	42
Figure 2-9	Des photographies illustrant les inondations récentes en l'Algérie	43
Figure 2-10	Typologie des inondations en Algérie	44
Figure 2-11	Zones vulnérables au risque d'inondation en Algérie	46
Figure 2-12	Plusieurs cités inondées au niveau de la ville de Batna	48
Figure 2-13	Protection de la ville de Batna contre les inondations selon le CTL	50
Figure 2-14	Travaux de couverture et de recalibrage des cours d'eau	51
Figure 3-1	Extrait du rapport final du PDAU de Batna - page 49 -	70
Figure 3-2	Extrait du rapport final du PDAU de Batna - page 50 -	70
Figure 3-3	Extrait du rapport final du PDAU de Batna - page 50 -	71
Figure 3-4	Extrait du rapport final du PDAU de Batna - page 82 -	71
Figure 3-5	Extrait du rapport final du PDAU de Batna - page 140 -	72
Figure 3-6	Extrait du rapport final du PDAU de Batna - page 141-	72
Figure 3-7	Oueds traversant le périmètre du POS n° 01 « Évitement Nord » - Bchina-	74
Figure 3-8	POS Évitement Nord - Hamla Bchina : Etat des lieux (initial)	74
Figure 3-9	POS Évitement Nord - Hamla Bchina : Plan d'aménagement	75
Figure 3-10	Oueds traversant le périmètre du POS n° 01 « Évitement Nord » - Hamla -	75
Figure 3-11	Rapport Bati/NonBati - POS n° 01 « Évitement Nord »	75
Figure 3-12	Rapport Bati/Non Bati - POS n° 06 « Parc à Fourage »	76
Figure 3-13	Oueds traversant le périmètre du POS n° 06 - Parc à fourrage	76
Figure 3-14	POS parc à Fourage - Etat des lieux (initial)	77
Figure 3-15	POS parc à Fourage - Plan d'aménagement	77
Figure 3-16	Oueds traversant le périmètre du POS n° 02 « Évitement Sud »	78
Figure 3-17	Rapport Bati/Non Bati - POS n° 02 « Évitement Sud »	78
Figure 3-18	POS Évitement Sud - Etat des lieux (inintial)	79
Figure 3-19	POS Évitement Sud - Plan d'aménagement	79
Figure 4-1	Interface de l'application ArcMap sous ArcGis 10.3	93
Figure 4-2	Numérisation d'une carte topographique (Batna) Ech : 1/200 000	95
Figure 4-3	Calage d'une carte topographique (Batna) Ech : 1/50 000	95

Figure 4-4	Exemple de vectorisation d'une carte topographique	96
Figure 4-5	Exemple de calage d'une carte via AutoCad	96
Figure 4-6	Exemples de cartes thématiques (présentation du cas d'étude)	97
Figure 4-7	Création de profils topographiques (ville de Batna) à partir d'un MN	99
Figure 4-8	Principe des layers (couches) sous ArcGis 10.3	100
Figure 4-9	Carte de la ville de Batna représentée en Polygones (secteurs urbains)	101
Figure 4-10	Illustration du principe des « Lignes » sur la carte de la ville de Batna	101
Figure 4-11	Illustration du principe des « Points » sur la carte de la ville de Batna	102
Figure 4-12	Exemple de tables d'attributs à introduire dans ArcMap sous ArcGis	102
Figure 4-13	Interface et environnement du logiciel Hec-Ras	103
Figure 4-14	Simulation d'un écoulement en régime permanent d'un ouvrage d'art	104
Figure 4-15	Fenêtre principale de l'interface du logiciel Hec Ras	106
Figure 4-16	Création d'un nouveau projet sous Hec Ras	107
Figure 4-17	Création de MNT TIN sous Arc Gis 10.3	108
Figure 4-18	Principaux thèmes de « Ras » créés par Hec - GeoRAS d'oued de Batna	109
Figure 4-19	Géométrie - oued Batna suivant le logiciel Hec-Ras-	109
Figure 4-20	Profils d'écoulement - Oued Batna suivant le logiciel Hec-Ras	110
Figure 4-21	Fenêtre de simulation - Régime permanent d'un cours d'eau-	110
Figure 4-22	Étapes à suivre pour la simulation hydraulique	111
Figure 4-23	Résultats de simulation représentés en tableau - Oued El Gourzi-	111
Figure 4-24	Résultats de simulation représentés en graphique - Oued El Gourzi-	112
Figure 4-25	Résultats de simulation représentés s en 3D -Oued El Gourzi	112
Figure 4-26	Taches inondables d'après un débit (centennale - Oued Batna)	113
Figure 4-27	Taches inondables d'après un débit (centennale - Oued El Gourzi)	113
Figure 5-1	Localisation géographique du bassin versant de la ville de Batna	120
Figure 5-2	Classe des altitudes du BV - ville de Batna -	122
Figure 5-3	Profile Topographique - ville de Batna -	122
Figure 5-4	Carte des pentes du bassin versant de la ville de Batna	123
Figure 5-5	Réseau hydrographique du bassin versant de la ville de Batna	123
Figure 5-6	Photographies de : Oued El Gourzi	124
Figure 5-7	Photographies de : Oued Batna	125
Figure 5-8	Photographies de : Oued Tazoult	126
Figure 5-9	Photographies de : Oued Bouzourane	127
Figure 5-10	Photographies de : Oued Azzeb	128
Figure 5-11	Principaux Oueds traversant la ville de Batna	129
Figure 5-12	Batna « La ville européenne »	130
Figure 5-13	Le village nègre « Z'Mala »	130
Figure 5-14	Croissance de la ville de Batna entre 1871-1923	131
Figure 5-15	Croissance de la ville de Batna entre 1924-1945	132
Figure 5-16	Croissance de la ville de Batna entre 1946-1962	133
Figure 5-17	Croissance de la ville de Batna entre 1962-1978	134
Figure 5-18	Croissance de la ville de Batna entre 1978-1984	135

Figure 5-19	La ville de Batna aujourd'hui (2021)	136
Figure 6-1	Méthodologie schématisée pour la spatialisation de l'aléa inondation	140
Figure 6-2	Délimitation du bassin versant de Batna	142
Figure 6-3	Représentation du bassin versant de Batna avec réseau hydrographique	143
Figure 6-4	Ajustement des pluies maximales journalières à la loi de Gumbel	146
Figure 6-5	Création du MNT-Bassin Versant de Batna	151
Figure 6-6	Extraction des données géométriques par Hec - GeoRas - Oued El Gourzi	152
Figure 6-7	Extraction des données géométriques par Hec - GeoRas - Oued Batna	152
Figure 6-8	Géométrie d'Oued El Gourzi dans le logiciel Hec Ras	153
Figure 6-9	Géométrie d'Oued Batna dans le logiciel Hec Ras	153
Figure 6-10	Taches représentant les zones inondables d'Oued Batna	154
Figure 6-11	Taches représentant les zones inondables d'Oued El Gourzi	155
Figure 6-12	Les zones inondables à un débit de fréquence centennale - ville de Batna -	156
Figure 6-13	Spatialisation des zones exposées à l'aléa « inondation » à Batna	156
Figure 6-14	Image satellitaire des zones exposées à l'aléa « inondation » à Batna	157
Figure 6-15	Zones exposées à l'aléa inondation au niveau du secteur - Kchida -	158
Figure 6-16	Zones exposées à l'aléa inondation - promotion immobilière Kadri-	159
Figure 6-17	Zones exposées à l'aléa inondation au niveau de - route de Tazoult-CHU	160
Figure 6-18	Zones exposées à l'aléa inondation au niveau de la cité « La Verdure »	161
Figure 6-19	Zones exposées à l'aléa inondation au niveau de la cité -Z'Mala -	162
Figure 6-20	Zones exposées à l'aléa inondation au niveau de - Parc à Fourrage -	163
Figure 6-21	Zones exposées à l'aléa inondation au niveau de- Route de Hamla -	164
Figure 7-1	Classification des enjeux selon la méthode « AHP »	167
Figure 7-2	Méthodologie schématisée pour la spatialisation des enjeux	169
Figure 7-3	Densités de la population par secteur urbain au niveau de Batna	170
Figure 7-4	Spatialisation de la population résidante à Batna	171
Figure 7-5	Schéma comparatif entre population « Résidante » et « Transit »	172
Figure 7-6	Population active par secteur d'activité	173
Figure 7-7	Spatialisation de la population lieu de travail	174
Figure 7-8	Spatialisation de la population « autre »	175
Figure 7-9	Spatialisation de la « population - Hôpitaux »	176
Figure 7-10	Population scolaire - Synthèse -	176
Figure 7-11	Spatialisation de la population scolaire	177
Figure 7-12	Étendues des différents types d'habitats à Batna	182
Figure 7-13	Spatialisation des enjeux « Habitat » par typologie	183
Figure 7-14	Spatialisation des équipements publics	189
Figure 7-15	Spatialisation des établissements scolaires « Primaire »	191
Figure 7-16	Spatialisation des établissements scolaires « Moyen »	192
Figure 7-17	Spatialisation des établissements scolaires « Secondaire »	193
Figure 7-18	Spatialisation des CPF et de l'université de Batna	193
Figure 7-19	Spatialisation des équipements stratégiques	194
Figure 7-20	Longueurs de la voirie par typologie au niveau de la ville de Batna	197

Figure 7-21	Spatialisation du réseau viaire de la ville de Batna	197
Figure 7-22	Spatialisation des réseaux Électricité et Gaz au niveau de la ville de Batna	198
Figure 7-23	Spatialisation des espaces verts de la ville de Batna	201
Figure 7-24	Spatialisation du réseau d'AEP et ses composantes	202
Figure 7-25	Spatialisation des enjeux environnementaux au niveau de Batna	203
Figure 8-1	Schématisme de la méthodologie adoptée	209
Figure 8-2	Principe de croisement des cartes thématiques	210
Figure 8-3	Spatialisation de la vulnérabilité de la population « résidante » / secteur »	211
Figure 8-4	Spatialisation de de la population « scolaire »	213
Figure 8-5	Spatialisation de la vulnérabilité de la population « Lieu de travail »	215
Figure 8-6	Spatialisation de la vulnérabilité dela population « autre : Culture, culte, sport »	216
Figure 8-7	Spatialisation de la vulnérabilité de la population « Hôpitaux »	217
Figure 8-8	Spatialisation de la vulnérabilité urbaine du Bâti-Habitat	219
Figure 8-9	Spatialisation de la vulnérabilité urbaine du Bâti-Equipements publics »	221
Figure 8-10	Spatialisation de la vulnérabilité urbaine du Bâti-Equipements Sportifs	223
Figure 8-11	Spatialisation de la vulnérabilité urbaine du Bâti -la zone industrielle -	224
Figure 8-12	Spatialisation de la vulnérabilité urbaine du Bâti- Écoles -	225
Figure 8-13	Spatialisation de la vulnérabilité urbaine du Bâti- C E M -	226
Figure 8-14	Spatialisation de la vulnérabilité urbaine du Bâti- Lycées -	226
Figure 8 15	Spatialisation de la vulnérabilité urbaine du Bâti-Université et Centres de Formation Professionnelle	227
Figure 8-16	Spatialisation de la vulnérabilité urbaine du Bâti-Eqpts « Stratégiques »	228
Figure 8-17	Principe de « la ville éponge »	229
Figure 8 18	Spatialisation de la vulnérabilité des enjeux environnementaux	231
Figure 8-19	Spatialisation de la vulnérabilité de la voirie urbaine -Batna -	232
Figure 8-20	Spatialisation de la vulnérabilité des réseaux énergétiques – Batna -	234

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1-1	Echelle de gravité d'une catastrophe	14
Tableau 1-2	Types d'aléas naturels	16
Tableau 1-3	Types d'aléas anthropiques	16
Tableau 2-1	Aperçu historique sur les inondations qui ont impacté la ville de Batna	49
Tableau 3-1	tableau de surfaces Bati/Non Bati du POS n° 01 - « Évitement Nord »	74
Tableau 3-2	Tableau de surfaces Bati/Non Bati du POS n° 06 « Parc à Fourages »	76
Tableau 3-3	Tableau de surfaces Bati/Non Bati du POS n° 02 « Évitement Sud »	78
Tableau 3-4	Nouvelle procédure de délivrance du certificat d'urbanisme	83
Tableau 6-1	Caractéristiques morphométriques et hydrographiques du BV – Batna -	143
Tableau 6-2	Répartition du bassin versant de Batna par tranche d'altitudes	144
Tableau 6-3	Caractéristiques de la station météorologique de référence	145
Tableau 6-4	Quantités de pluies journalières maximales	146
Tableau 6-5	Intensités horaires de pluies en mm/h - Station de Batna -	147
Tableau 6-6	Sous bassins versants constituant le BV de batna	148
Tableau 6-7	Coefficient de ruissellement par périodes de retour	148
Tableau 6-8	Débit de pointe par périodes de retour	149
Tableau 6-9	Volume de la crue par périodes de retour	150
Tableau 6-10	Enjeux matériels submersibles au niveau de Z'Mala	162
Tableau 7-1	Répartition des équipements administratifs et de services / secteur urbain	184
Tableau 7-2	Équipements culturels relevant de la direction de la culture	185
Tableau 7-3	Équipements culturels relevant des autres secteurs	185
Tableau 7-4	Mosquées et écoles coraniques au niveau de la ville de Batna	186
Tableau 7-5	Infrastructures sportives au niveau de la ville de Batna	186
Tableau 7-6	Infrastructures pour jeunes au niveau de la ville de Batna	186
Tableau 7-7	Infrastructures sanitaires au niveau de la ville de Batna	188
Tableau 7-8	Consistance du tissu industriel au niveau de la ville de Batna	189
Tableau 7-9	Répartition des écoles par secteur urbain	190
Tableau 7-10	Répartition des CEM par secteur urbain	191
Tableau 7-11	Répartition des Lycées par secteur urbain	192
Tableau 7-12	Répartition des espaces verts par secteur urbain - Batna -	200
Tableau 8-1	principaux axes routiers inondables - ville de Batna	233

LISTE DES ABRÉVIATIONS :

ANRH : Agence Nationale des Ressources hydrauliques
APC : Assemblée Populaire Communale
BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CAC : Centre Anti-Cancer
Cat Nat : Catastrophes Naturelles
CEM : Collèges d'Enseignement moyen
CFPA : Centre de Formation professionnelle et d'Apprentissage
CGS : Centre de Génie Sismique
CNERIB : Centre National d'Études et de Recherches Intégrées du Bâtiment
CNES : Conseil National Economique et Social
CRAAG : Centre de Recherche en Astronomie, Astrophysique et Géophysique
CRED : Centre de Recherche sur l'Épidémiologie Des Catastrophes.
CTC : Contrôle Technique de la Construction
CTL : Comité Technique Local
DEM : Modèle Numérique d'Élévation
DGPC : Direction Générale De La Protection Civile
DNRM : Délégation Nationale aux Risques Majeurs
DPAT : Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire
DPSB : Direction de la Programmation et du Suivi budgétaire
DSS : *Data Storage System*
DUC : Direction d'Urbanisme et de Construction
EHS : Établissement Hospitalier Spécialisé
EPSP : Établissement Public de la Santé Publique
ERP : Établissements Recevant du Public
ESRI : *Environmental Systems Research Institute*
FHRC : *Flood Hazard Research Center*
GeoRAS : *Geographic River Analysis System*
GCS : Geographic Coordinate System
HEC-RAS : *Hydrologic Engeneering Center River Analysis System*
IEP : Institut d'enseignement Professionne
INC : Institut National de Cartographie
INSFP : Institut National Spécialisé de la Formation professionnelle

IRMa : Institut des Risques Majeurs sis en France

LPA : Logement Promotionnel Aidé

LNHC : Laboratoire National de l’Habitat et la Construction

LSL : Logement Social Locatif

LSP : Logement Social Participatif

MDN : ministère de la Défense Nationale

MNT : Modèle Numérique du Terrain

ONM : l’Office National de Météorologie

ONS : Office National des Statistiques

ONU : Organisation des Nations Unies

ORSEC : ORganisation des SECours.

PAW : Plan’Aménagement de la Wilaya.

PDAU : Plan Directeur d’Aménagement et d’Urbanisme

PER : Plan d’Exposition aux Risques

PERN : Plan d’Exposition aux Risques naturels

POS : Plan d’Occupation des Sols

PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement

PPR : Plan de Protection contre les Risques

PPRI : Plans de Prévention contre les Risques Inondation

PUD : Plan d’Urbanisme Directeur

PUP : Plan d’Urbanisme Provisoire

RHP : Résorption de l’Habitat Précaire.

RPA : Règlement Parasismique Algérien

SCU : Schéma de Cohérence urbaine

SDAAM : Schéma Directeur d’Aménagement de l’Aire Métropolitaine

SIG : système d’Information géographique

SNAT : Schéma National d’Aménagement du Territoire

SRAT : Schéma Régional d’Aménagement du Territoire

SRTM : *Shuttle Radar Topography Mission*

TIN : *Terrain Irregular Network*

TOC : Taux d’occupation par Classe

UTM : *Unified Threat Management*

WGS : *World Geodetic System*

ZHUN : Zone d’habitat Urbain Nouvelle

RÉSUMÉ :

À l'instar de beaucoup de villes algériennes, Batna est l'une des agglomérations urbaines les plus exposées au risque d'inondation, où de fortes crues interviennent en moyenne toutes les 3 à 4 ans. La vulnérabilité de cette ville, qui concentre tant d'enjeux humains, matériels et environnementaux, semble aujourd'hui s'accroître face à ce type d'aléa qu'elle encourt. Implantée sur un site légèrement en pente, la ville de Batna est traversée par deux importants oueds et entourée par un relief très accidenté. Cette situation lui confère le statut de « ville-assiette », vulnérable au risque récurrent d'inondation.

Plusieurs spécialistes s'accordent à dire que la plupart des méthodes actuelles d'analyse du risque lié à l'aléa « inondation » se limitent à l'hydrologie du bassin versant. Or, se limiter à ces aspects, souvent figés, risque d'induire en erreur les décideurs et constitue une entrave à la bonne gestion de ce risque majeur. C'est dans cette optique que notre recherche a tenté de clarifier en premier lieu, la relation dialectique régissant le phénomène d'urbanisation effrénée qu'a connue la ville ces derniers temps, et le risque d'inondation. Ensuite, notre recherche s'est tracé un objectif pragmatique qui consiste à éclairer une notion méconnue, jusqu'alors, qu'est la vulnérabilité urbaine et à esquisser les jalons d'une méthodologie de son évaluation.

Une méthode basée essentiellement sur une approche combinée, selon laquelle les trois composantes du risque à savoir : « l'aléa », « les enjeux » et « la vulnérabilité », seront spatialisées par le recours à la modélisation et la cartographie numérique ; pour aboutir enfin à la confection de cartes thématiques de risque, précises et facilement exploitables par les acteurs locaux de la ville. Se prêter ainsi à un exercice méthodologique développé à partir d'un cas réel, constitue pour nous le but escompté de la présente recherche. Ainsi, l'accent est mis plutôt sur les outils méthodologiques que sur les résultats propres à la zone étudiée.

Mots clés : risque - inondation - vulnérabilité - aléa - enjeux – spatialisation-Batna

ABSTRACT:

Like many Algerian cities, Batna is exposed to the risk of flooding. On average, Batna floods once every 3 to 4 years. This city, which holds so many people, material, and environmental stakes, is at risk from this type of hazard today. It is located in a slightly sloping area, and traversed by two important wadis and surrounded by very uneven lands. This location makes the city a "plate town", vulnerable to flooding.

Several Flood risk assessment specialists agree that most of the current methods are limited to the hydrology of the watershed. However, these fixed factors are potentially misleading and prevent decision-makers from adequately managing this type of risk. If perceived from the standpoint of the dialectical principle, our research attempts to highlight the dialectical relationship governing the phenomenon of unbridled urbanization that the city has experienced in recent times, and the risk of flooding that the city is currently facing. Secondly, our research has set itself a pragmatic objective, which consists in shedding light on the hitherto little-known notion of urban vulnerability and in sketching out the milestones of a methodology for its assessment.

Hence, a method based essentially on a combined approach, according to which the three components of risk, namely "hazard", "issues" and "vulnerability", will be spatialized through the use of modeling and digital cartography. The findings will lead to the preparation of thematic risk maps, precise and easily exploitable by local actors in the city. To lend itself to a methodological exercise developed from a real case, the city of Batna as being a representative sample of Algerian cities known as "Plate city" forms the expected goal of the present research. Thus, the emphasis is placed more on methodology than on any specific findings in the area under study.

Key words : Risk - Flood - vulnerability - hazard – stakes - spatialisation – Batna

ملخص:

على غرار العديد من المدن الجزائرية تبقى مدينة باتنة من أكثر التجمعات العمرانية تعرضا لخطر الفيضانات، حيث تهدد السيول الجارفة المدينة بصفة دورية وبمعدل مرة كل ثلاث او أربع سنوات. إذا سلمنا جدلا بأن المخاطر الطبيعية تهدد كل المجتمعات دون استثناء فان مدينة باتنة تتميز هي الأخرى بهشاشة مجالها الحضري تجاه الفيضانات، وهذا يرجع أساسا لاحتوائها على الكم الهائل من العوامل البشرية المادية والبيئية، بالإضافة إلى توضعها في منطقة منخفضة، يخترقها العديد من الأودية و محاطة بالعديد من الجبال مما يمنحها صفة "المدينة الوعاء".

في هذا السياق يجمع الكثير من أهل الاختصاص بان أغلب الطرق المنهجية المتعلقة بدراسة اخطار الفيضانات تكاد تنحصر على الجانب الهيدرولوجي مما يؤثر سلبا على تسيير هذا النوع من المخاطر العمرانية من طرف الجماعات المحلية، لذا استند بحثنا على منهجية مضبوطة تتناسب والهدف المرجو معالجته، حيث اعتمدنا أولا على توضيح العلاقة الجدلية التي تضبط ظاهرة العمران الفوضوي الذي عرفته مدينة باتنة منذ مدة، وكذا خطر السيول العارمة المحقق بالمدينة. أما المرحلة الثانية من البحث، فقد تم تسليط الضوء بصفة حصرية على تحديد المفهوم الجديد " للهشاشة العمرانية " الذي يبقى في نظرنا مبهما الى حد الآن.

من خلال هذا البحث، حاولنا إذا إدراج منهجية عمل مركبة من أجل تقييم مدى تعرض المدينة لمخاطر الفيضانات بصفة موضوعية وهذا باعتمادنا على تقنيات حديثة، تتمثل أساس في عملية "النمذجة الرقمية " وكذا " تخطيط الخرائط الرقمي " حتى يتسنى لنا تحديد المجال الفضائي للمناطق الحضرية المهددة بخطر السيول. في نهاية المطاف، تجدر الإشارة إلى ان اختيار مدينة باتنة كان مجرد عينة لتطبيق منهجية عمل وأدوات محدثة في متناول المتدخلين المحليين، من شأنه تبسيط مهمة التسيير والتحكم في هذا النوع من المخاطر الطبيعية المهددة لمعظم المدن الجزائرية.

الكلمات المفتاحية: المخاطر، الفيضانات، الهشاشة، الخطر، العوامل، تحديد المجال الفضائي، باتنة

Introduction générale :

Si tous les territoires sont concernés, la ville semble particulièrement concentrer les risques, notamment naturels, auxquels l'homme demeure vulnérable, en favorisant à la fois leur augmentation et leur diversification. Dans l'histoire, le phénomène d'urbanisation a toujours été lié à la présence de l'élément hydrique. Les cours d'eau furent ainsi propices aux regroupements humains et au développement d'activités économiques et sociales engendrant aujourd'hui les plus grandes agglomérations urbaines.

Comme le souligne Francis Degardin (2002), cette occupation territoriale se réalise souvent sans tenir compte du risque de submersion de ces zones inondables. Bien que remontant à un passé très lointain, ce fait s'est largement accentué à la fin du XXe siècle (Bonnet, 2004) sous la pression des données démographiques et économiques. Cela pose inéluctablement la question de la relation dialectique entre le risque récurrent d'inondations et le phénomène d'urbanisation.

Les inondations, qui représentent 43 % des catastrophes naturelles recensées ces dernières années, constituent le risque le plus répandu dans le monde. À ce propos, Debarati Guha-Sapir (2017), directrice du CRED, explique que *«... le nombre des inondations augmente partout et qu'elles entraînent beaucoup de pertes. C'est de loin la plus grande menace pour le monde... »*.

Dans ce contexte, beaucoup de spécialistes s'accordent à dire que la relation entre ville et cours d'eau n'est pas linéaire dans l'histoire, mais plutôt ponctuée par des interactions entre le risque d'inondations et l'urbanisation effrénée, d'une part, et par l'alternance de phases de crue et de périodes d'accalmie, d'autre part. Ainsi, l'augmentation de ce risque n'est pas liée à la ville elle-même, mais aux choix urbanistiques qui l'ont façonnée.

En effet, le XXe siècle s'est distingué par une tendance volontaire et exponentielle de conquête des espaces submersibles qui a vu l'urbanisation se poursuivre au mépris du risque (H.-Jane Scarwell, G. Schmitt, Pierre-G. Salvador, 2014). Par ailleurs, il convient de souligner que les phases d'accalmie que connaissent périodiquement les villes à proximité des cours d'eau semblent avoir plongé leurs populations dans l'insouciance, les rendant moins préoccupées par la gestion du risque en question.

Soulignant la complexité de la relation entre les phénomènes d'inondation et d'urbanisation, C. Combe (2007) s'interroge *«...sur les raisons qui ont fondé l'absence de cette préoccupation chez les acteurs de la gestion, et celles qui expliquent pourquoi la problématique de la contrainte fluviale semble réapparaître ces dernières années... »*.

Claire Combe relance aussi la réflexion sur le fait que « *...l'urbanisation n'a pas seulement diffusé le risque, ce qui revient à se demander de façon plus coupable, si l'urbanisation n'a pas banalisé le risque...* ».

Il est aussi aisé de constater que les effets dommageables des inondations ont augmenté considérablement le sentiment illusoire d'être mieux protégé, précisément par l'action continue d'artificialisation des cours d'eau et la lecture anthropocentriste du rapport de l'homme à la nature. Or, comme l'observent H.-Jane Scarwell, G. Schmitt et Pierre-G. Salvador (2014), « *... les inondations en milieu urbain constituent un risque naturel dont l'ampleur est augmentée du fait de la concentration des activités humaines, et dans certains cas d'un aménagement récent n'ayant pas ou peu pris en compte cette contrainte, avec l'imperméabilisation des sols, l'obsolescence des réseaux d'assainissement ou la construction des zones inondables réduisant les champs d'expansion des crues...* ».

H.-J. Scarwell et R. Laganier (2004) estiment, quant à eux, que la gestion du risque d'inondation s'est uniquement consacrée depuis longtemps à empêcher l'eau de déborder, c'est-à-dire à lutter contre l'aléa. Dans ce contexte, les travaux de P. Pigeon démontrent que « *...l'augmentation de la vulnérabilité est liée à la généralisation du phénomène d'urbanisation, qui se traduit par une expansion spatiale, la concentration des populations, une complexité grandissante due à la multiplication des flux de toute nature ainsi qu'à la diversification et à la spécialisation accrue des fonctions urbaines...* » (Pigeon, 2005 et 2007).

À l'instar des autres pays méditerranéens, la série d'inondations catastrophiques qui a frappé l'Algérie de manière répétitive ces derniers temps, rappelle aux riverains et aux pouvoirs publics l'omniprésence du risque. Leurs effets sont durement ressentis du fait de la concentration des biens, des activités et des personnes dans des zones submersibles.

En Algérie, il n'existe pas de villes traversées par de grands fleuves ou de grandes rivières. En revanche, rares sont les centres urbains, villes ou agglomérations de différentes tailles qui ne sont pas traversés par des oueds. Les inondations sont causées principalement par un ruissellement violent et rapide, généré par des précipitations orageuses soudaines, qui submergent de façon brutale des secteurs urbains bas ou logeant les lits de ces oueds à sec la plus grande partie de l'année.

En Algérie, plusieurs études nous révèlent que toutes les régions du pays sont concernées par des crues torrentielles (A. Ammari, 2017) dont la survenue est soudaine et imprévisible. Ces inondations impactent aussi bien les côtes méditerranéennes au nord que

les plaines de l'Atlas tellien, les hauts plateaux et les régions sahariennes. Dans ce cadre, le rapport du PNUD précise que « ...ces phénomènes provoquent des catastrophes destructives et occasionnent d'importants dégâts humains et matériels. Il y a en Algérie plus de 100 000 constructions en zones inondables... » (UNDAF 2007/2011).

Concrètement plus de 485 communes (soit une sur trois) sont susceptibles d'être inondées en partie ou en totalité. Ces inondations répétitives sont les catastrophes naturelles les plus fréquentes et les plus destructrices. Elles provoquent d'importants dégâts humains et matériels, et constituent un frein majeur pour le développement économique et social du pays.

Si les aléas proprement dits sont analysés depuis longtemps, les études ayant trait à la vulnérabilité urbaine face au risque d'inondation sont relativement récentes (Barroca, 2006 ; Reghezza, 2006 ; Rode, 2009). «...La dynamique du risque n'est donc pas uniquement contenue dans l'aléa. D'autres paramètres, tels les facteurs anthropiques, l'urbanisation croissante, les politiques de prévention des risques et de gestion des catastrophes causent les catastrophes. Ainsi, ces inondations méditerranéennes, comme d'autres événements, ont attiré l'attention sur la vulnérabilité des populations, du bâti et des réseaux...» (Provitolo, 2007).

Face à l'urbanisation galopante de la majorité de nos villes et à l'accroissement démographique conséquent, les solutions proposées pour faire face au risque de crues exceptionnelles se sont fondées essentiellement sur l'idée stipulant que la technique pourrait supprimer le risque. Autrement dit, les réponses se limitent en théorie à l'étude de l'aléa. Or, à travers cette recherche, l'accent sera mis plutôt sur l'analyse de la vulnérabilité de nos villes algériennes, au lieu de prendre en compte uniquement l'aléa « inondations », comme ce fut le cas depuis fort longtemps.

1. Problématique :

En Algérie, le risque récurrent d'inondations qui impacte nos villes s'est fortement accru ces derniers temps. Il se manifeste souvent de façon brusque et soudaine et génère des catastrophes naturelles difficilement surmontables. À cet égard, en raison de pressions politiques, socioéconomiques ou même foncières, les cours d'eau ont souvent été déviés, aménagés ou carrément couverts, augmentant ainsi la vulnérabilité des hommes, des biens et de l'environnement.

Dans ce contexte, beaucoup de spécialistes s'accordent à confirmer que l'urbanisation effrénée des plaines inondables, la conception anarchique des réseaux d'assainissement et

l'imperméabilisation des sols, conjuguées à des pluies diluviennes, constituent les causes majeures du risque d'inondation qui menace la majorité de nos villes algériennes.

Batna ne déroge pas à cette règle. De fortes crues y sont signalées chaque année et occasionnent régulièrement un ruissellement des eaux en dehors des lits des oueds. Implantée sur un site légèrement en pente, cette ville est traversée par deux importants oueds et entourée par un relief très accidenté formé de montagnes. Cette situation préjudiciable, qui lui confère le surnom de ville-assiette, provoque, à chaque crue, des inondations dévastatrices.

Si l'intervention des acteurs locaux de Batna s'est essentiellement limitée jusqu'ici à des opérations de reconstruction puis de réduction de l'aléa « inondation » proprement dit, elle aspire désormais à se réorienter vers des actions plus approfondies de prévention visant à réduire la vulnérabilité des enjeux humains, matériels et environnementaux en zones urbaines inondables. Ainsi, la réduction de la vulnérabilité des biens et des personnes doit découler, non de la seule étude des aléas, mais surtout de l'évaluation de leur vulnérabilité dont son spectre évolue selon les deux composantes qui sont la ville et les populations qui y résident.

En dépit des avancées constatées depuis la promulgation de la loi 24-05, les acteurs locaux de nos villes demeurent en quête de méthodologies fiables et maîtrisables par leurs techniciens afin d'évaluer objectivement l'ampleur du risque lié aux inondations. Dans ce contexte, le retour d'expérience nous révèle que la plupart des méthodes actuelles d'évaluation se limitent à des études hydrologiques ayant trait à l'aléa. Or, se limiter à ces aspects, souvent figés, risque d'induire en erreur les décideurs et d'entraver la bonne gestion de ce type d'aléa naturel.

Dans cette optique, nous tentons, à travers cette recherche, d'apporter des éléments de réponse et d'esquisser les jalons d'une méthodologie efficace, applicable à n'importe quel territoire, ayant pour but d'évaluer objectivement la vulnérabilité urbaine de la ville de Batna face au risque d'inondation. Notre approche aspire donc à développer une réflexion basée essentiellement sur la spatialisation du risque d'inondation par le recours aux outils de la modélisation et de la cartographie.

Nous nous retrouvons ainsi face à plusieurs questionnements, parmi lesquels :

- Dans quelle mesure une lecture diachronique approfondie de l'itinéraire législatif et réglementaire ayant trait à la gestion de ce type de risque en Algérie permet-elle de déceler

la complexité des relations qui régissent le phénomène d'urbanisation et le risque d'inondation ?

- Peut-on évaluer objectivement la vulnérabilité urbaine de Batna face au risque d'inondation ?

- Peut-on préconiser des approches méthodologiques efficaces susceptibles de combler le manque, dont souffrent les collectivités locales, d'outils performants d'aide à la décision en matière de gestion du risque d'inondations ?

- Quels sont, pour la ville de Batna, les facteurs de vulnérabilité face au risque d'inondation ? Comment se manifestent-ils ? Comment les appréhender ?

- Quels sont les effets probables de cette vulnérabilité urbaine sur le devenir de la ville de Batna ? Quels sont leurs coûts sur le développement urbain ?

- Quels sont les facteurs et approches pouvant contribuer à l'élaboration d'un cadre stratégique d'adaptation aux inondations, susceptibles d'être intégrés dans les divers plans de développement futurs de nos villes ?

Toutes des questions méritent d'être étudiées. Dès lors, notre champ d'investigation sera limité à deux questions fondamentales auxquelles cette étape devra répondre et sur lesquelles portera notre problématique :

1- L'urbanisation galopante qu'a connue la majorité de nos villes algériennes et le risque d'inondations qu'elles encourtent, seraient-ils réconciliables ?

2- Quels sont les indicateurs, objectivement évaluables, sur lesquels portera l'évaluation de la vulnérabilité urbaine face au risque d'inondation qu'encourt la ville de Batna ? Et selon quelles méthodes ?

2. Hypothèses de la recherche :

À partir des deux interrogations principales formulées dans la problématique, deux hypothèses devront être vérifiées (confirmées ou infirmées) :

– Première hypothèse :

Les vallées à proximité des cours d'eau ont attiré des regroupements humains et ont provoqué une urbanisation effrénée depuis fort longtemps, malgré les risques de débordement et d'inondation que peuvent représenter les oueds. Cela nous mène à émettre l'hypothèse suivante : ***La dialectique régissant la relation entre l'urbanisation galopante***

de nos villes et le risque d'inondation qu'elles courent serait réconciliable dans un cadre de politique nationale globale en matière de gestion des risques majeurs.

– **Deuxième hypothèse :**

La spatialisation du risque d'inondation basée essentiellement sur la modélisation et la cartographie serait un outil pertinent d'évaluation de la vulnérabilité urbaine de la ville de Batna face à ce type d'aléa naturel. Plusieurs indicateurs objectivement évaluables permettront de vérifier cette deuxième hypothèse.

3. Objectifs de la recherche :

Selon les deux hypothèses émises, notre recherche s'est fixé un objectif pragmatique qui consiste à éclairer la notion de vulnérabilité urbaine et à proposer des orientations et des pistes pour les recherches futures ayant trait à la thématique abordée.

L'objectif principal de cette thèse est d'esquisser objectivement les jalons d'une méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité urbaine de nos villes algériennes face aux risques naturels, qui soit à la portée des acteurs locaux et aisément applicable à n'importe quelle agglomération urbaine. La présente recherche se prêtera ainsi à un exercice méthodologique développé à partir d'un cas réel, celui de la ville de Batna, représentatif des villes-cuvettes algériennes.

Toutefois, les relations dialectiques qui régissent les deux phénomènes, à savoir l'urbanisation démesurée de nos villes algériennes et le risque d'inondation qui les menace, méritent d'être clarifiées à travers une lecture diachronique de la politique nationale en matière de prise en compte des risques majeurs et de gestion des catastrophes naturelles.

4. Choix et présentation du cas d'étude :

En Algérie, il n'existe pas de villes traversées par de grands cours d'eau (fleuves ou rivières). En revanche, rares sont les centres urbains ou agglomérations de différentes tailles qui ne sont pas traversés par des oueds. Ces derniers sont à sec la plus grande partie de l'année et se réveillent, épisodiquement, pendant la saison hivernale ou les périodes de fortes précipitations orageuses d'intersaisons (printemps-été, été-automne, automne-hiver).

Traversée par un nombre important de cours d'eau, implantée sur un site relativement plat et entourée par un relief très accidenté formé de montagnes, la ville de Batna jouit d'une position physique remarquable qui lui confère le statut de ville-cuvette, vulnérable au risque récurrent d'inondation. Dès lors, la ville de Batna constituerait un échantillon représentatif, particulièrement intéressant pour la présente recherche.

5. Méthodologie de recherche :

Nous nous inscrivons dans une approche analytique relevant de la méthode d'enquête. Pour le volet théorique de la recherche, nous avons adopté les techniques de recherche suivantes :

– **L'observation :**

En dépit de la taille importante du corpus d'étude, l'observation en tant que technique de recherche a été privilégiée, notamment lors des pluies diluviennes étayée par des reportages photographiques réalisés au niveau des sites impactés par ces crues soudaines. Cet outil fait appel également aux cartes multi scalaires établies par retour d'expérience du phénomène observé à chaque épisode pluvieux.

– **L'analyse des documents** (ou technique documentaire) : Hormis la revue de littérature relative à notre thématique de recherche qui avait pour objectif de cerner les concepts du triptyque du risque, à savoir : aléa, enjeux et vulnérabilité, plusieurs documents écrits et graphiques ont fait l'objet d'une analyse approfondie en vue de recenser les enjeux vulnérables, toutes catégories confondues (humains, matériels et environnementaux), répartis sur la ville de Batna. Parmi ces documents, nous pouvons citer le schéma de cohérence urbaine (SCU) de Batna établi par l'URBACO de Constantine, la monographie de Batna fournie par la direction de la programmation et du suivi budgétaire (DPSB de Batna, ex-DPAT) et le plan d'aménagement de la wilaya (PAW).

Le dépouillement d'archives émanant des bureaux d'études étatiques et de plusieurs directions, constituées essentiellement de statistiques, rapports, plans cadastraux, documents et instruments d'urbanismes (POS, PDAU), nous a offert l'opportunité de réaliser une lecture diachronique de la croissance urbaine de Batna. Cette lecture a mis l'accent sur l'évolution de la ville depuis sa création jusqu'à nos jours en prenant en compte les principaux cours d'eau la menaçant lors des crues exceptionnelles.

Dans le même contexte, l'étude des documents relatifs à l'arsenal juridique (lois, décrets, ordonnances, etc.) et l'analyse d'un rapport étoffé émanant du CNES nous ont permis de dresser un bilan précis de l'itinéraire adopté en matière de politique nationale de gestion des risques. Ce fonds documentaire hétérogène était confronté en permanence aux différentes sources de données collectées lors des premières années de notre recherche.

– **Les interviews** : Sur la base de questions préparées à l'avance, notre choix s'est porté sur l'entretien dirigé ciblant des responsables locaux, notamment ceux à la tête des directions de wilaya des secteurs de l'hydraulique, de la protection civile et des organismes

chargés d'émettre périodiquement des statistiques ayant trait à la monographie des risques majeurs à Batna.

D'autres entretiens ont été effectués auprès d'acteurs et de détenteurs de l'information au niveau des administrations : direction d'urbanisme et de construction (DUC) de Batna, office national des statistiques (ONS), bureau d'études et de réalisation en urbanisme de Batna (URBA/Batna) et services d'urbanisme de l'assemblée populaire communale (APC) de Batna. Cette démarche nous a permis de recueillir des informations précieuses, souvent reléguées au second plan dans les documents écrits. Leur pertinence et leur fiabilité étaient soumises à vérification, par recoupement avec d'autres sources documentaires.

Quant à la partie empirique de la présente recherche, la méthodologie adoptée est construite autour d'une approche pragmatique scandée par trois paliers d'investigation concernant la spatialisation du risque d'inondation, à savoir l'aléa, les enjeux et la vulnérabilité. Le croisement de cartes thématiques aboutira à l'évaluation objective de la vulnérabilité de Batna à travers une cartographie relativement précise de l'étendue du risque d'inondation menaçant la ville.

Phase I : Spatialisation de l'aléa : La première phase, qui a pour objet de spatialiser l'aléa « inondation » proprement dit, s'appuie sur une approche que nous allons appelée « HEC-RAS-MNT ». Elle se déroule en deux étapes distinctes. Dans un premier temps, l'analyse essaye d'acquérir des données issues de l'étude du contexte hydrologique de la ville de Batna afin d'obtenir les débits des crues et leurs périodes de retour. Dans un second temps, une modélisation hydraulique est effectuée par le recours au logiciel HEC-RAS, en vue de faire ressortir les hauteurs et les vitesses d'eau correspondantes aux débits prévus. Ces données sont indispensables pour la spatialisation de l'aléa « inondation » qui menace la ville de Batna par la modélisation et la cartographie en s'appuyant sur la création d'un modèle numérique du terrain (MNT).

Phase II : Spatialisation des enjeux : La spatialisation des enjeux consiste à quantifier et localiser (spatialement) sur une carte thématique, les enjeux humains, matériels et environnementaux susceptibles d'être impactés par l'aléa « inondation » auquel la ville de Batna est exposée. Cette méthodologie est constituée de deux volets distincts : une classification des enjeux en plusieurs entités homogènes selon une approche fortement inspirée de la méthodologie dite Analytic Hierarchy Process, puis leur spatialisation proprement dite (construction des cartes thématiques) par le recours au logiciel du système d'information géographique (SIG), en l'occurrence Arc Gis 10.3. Cette opération de

spatialisation vise ainsi à identifier et localiser des enjeux vulnérables sur une carte thématique dont les inputs sont synthétisés dans un tableau classique.

Phase III : Spatialisation de la vulnérabilité urbaine : La présente approche a pour but de cartographier les différentes parties de la ville de Batna abritant des enjeux humains, matériels et environnementaux vulnérables au risque d'inondation. La démarche consiste à superposer les deux catégories de cartes thématiques élaborées lors des phases I et II. Autrement dit, la carte thématique de vulnérabilité sera obtenue par croisement des cartes des enjeux avec celle de l'aléa. Ainsi, notre choix s'est porté sur une méthodologie très répandue, développée par Marion Tanguy. Suivant cette approche, deux aspects de la vulnérabilité urbaine évaluable seront identifiés : la vulnérabilité directe qui englobe la vulnérabilité intrinsèque de la population et du bâti, d'une part, et la vulnérabilité indirecte qui a trait à la vulnérabilité structurelle, d'autre part.

6. Structure de la thèse :

En se basant sur les orientations méthodologiques citées précédemment, notre recherche, outre l'introduction et la conclusion générale, sera construite autour de deux parties complémentaires : une partie théorique qui fonde l'approche conceptuelle de la thématique traitée et une partie pratique.

La première partie, d'ordre théorique, à travers quatre chapitres distincts, aura pour objectif de cerner les divers concepts ayant trait à la thématique du risque d'inondation et d'identifier leurs fondements théoriques et méthodologiques. Elle visera, en définitive, à confirmer ou infirmer la première hypothèse et servira de soubassement théorique pour cerner la relation dialectique qui régit les phénomènes d'inondations et d'urbanisation au niveau de nos villes.

Le premier chapitre servira de socle théorique pour notre recherche. En premier lieu, à travers une bibliographie thématique étoffée, il s'attèlera à expliquer des concepts-clés découlant de la problématique, à savoir l'aléa, les enjeux et la vulnérabilité. En second lieu, il appréhendera la relation complexe entre ville et cours d'eau à travers une lecture diachronique.

Le deuxième chapitre, quant à lui, sera consacré exclusivement à l'analyse multi scalaire du phénomène « inondation ». Ainsi, ce chapitre dressera un bilan succinct en matière d'inondations dans le monde, en Algérie et au niveau de la ville de Batna par retour d'expérience.

Ayant pour but de confirmer ou infirmer la première hypothèse qui consiste à cerner la relation dialectique entre les phénomènes d'inondation et d'urbanisation, le troisième chapitre décrira sommairement l'itinéraire général de la politique nationale en matière de gestion et de prise en compte du risque d'inondation par rapport au phénomène d'urbanisation et aux instruments d'urbanisme en Algérie.

Le quatrième chapitre portera essentiellement sur la méthodologie générale adoptée pour la spatialisation du risque d'inondations menaçant la ville de Batna à travers des outils issus de la technologie numérique. Il s'agira en fait de survoler les principes de base régissant l'approche méthodologique retenue pour la modélisation et la spatialisation du risque par le recours aux logiciels Hec-Ras et ArcGis.

La deuxième partie, d'ordre empirique, s'attachera en premier lieu, à la présentation du cas d'étude et tentera, en second lieu, de mettre l'accent sur les bases méthodologiques utilisées pour rendre la ville de Batna objectivement évaluable. Cette partie pratique présentera, entre autres, les résultats de la modélisation et la cartographie relative à la spatialisation des trois composantes du risque d'inondation, à savoir l'aléa, les enjeux et la vulnérabilité. Au terme de cette partie pratique, la deuxième hypothèse sera vérifiée.

Cette partie comprendra, également, quatre chapitres. Le premier d'entre eux, « cinquième chapitre » de la thèse, mettra l'accent en premier lieu, sur l'analyse du corpus d'étude à travers son milieu physique qui lui confère le statut de ville-assiette et les principaux cours d'eau la menaçant en cas de crue exceptionnelle. En second lieu, ce chapitre, à travers une lecture diachronique, survolera la croissance urbaine de la ville Batna depuis sa genèse à nos jours par rapport à ses principaux oueds.

Le sixième chapitre de l'étude se focalisera sur la modélisation de l'aléa « inondation » et présentera l'approche méthodologique retenue, comportant deux phases distinctes, pour aboutir à la confection de cartes thématiques illustrant l'étendue des crues sur le territoire de la ville.

Le septième chapitre sera consacré exclusivement à l'identification et au recensement des enjeux humains, matériels et environnementaux que la ville de Batna abrite. Ce chapitre aura pour but de spatialiser ces enjeux vulnérables selon une carte thématique précise. Enfin, le huitième chapitre mettra l'accent sur la technique de cartographie par croisement de cartes thématiques. À l'issue de ce travail de superposition numérique, les secteurs urbains vulnérables de la ville de Batna seront ainsi dessinés avec une grande précision.

PARTIE 1 :

**LA VILLE FACE AU RISQUE D'INONDATION :
UNE RELATION DIALECTIQUE**

Introduction de la première partie :

Depuis la nuit des temps, les vallées ont attiré les regroupements humains à proximité des cours d'eau. Propices au développement d'activités, tant économiques que sociales, elles constituent des espaces attractifs au sein desquels les villes et leurs populations se sont concentrées au cours des deux derniers siècles. Les vallées abritent aujourd'hui les plus grandes agglomérations urbaines qui demeurent vulnérables face au risque d'inondation (Pierre-Gil Salvador, Magalie Franchomme, 2014).

La première partie intitulée « La ville face au risque d'inondation : une relation complexe et dialectique » sera donc scindée en quatre chapitres complémentaires. Étayé par une revue de littérature consistante, le premier chapitre, « Ville et vulnérabilité : Approche conceptuelle », constituera un soubassement théorique pour la problématique traitée. Ce chapitre s'attellera principalement à discerner le sens précis des concepts clés du triptyque du risque, à savoir : l'aléa, l'enjeu et la vulnérabilité.

Dans le deuxième chapitre intitulé « Ville et risque d'inondation : comprendre pour mieux gérer », nous estimons qu'il est essentiel de faire émerger l'analyse multi-scalaire du phénomène « inondation ». Ainsi, ce chapitre se proposera de dresser un bilan des inondations dans le monde, en Algérie et au niveau de la ville de Batna par retour d'expérience.

Au terme du troisième chapitre dont le titre est : « Urbanisation et risque d'inondation : un couple réconciliable ? », nous espérons apporter quelques éléments de réponses aux questionnements soulevés dans la problématique pour aboutir enfin à la vérification de la première hypothèse selon laquelle l'urbanisation galopante de la ville de Batna et la gestion du risque d'inondations, deux phénomènes entretenant une relation complexe et dialectique, seraient réconciliables.

Comme son intitulé «Évaluation de la vulnérabilité urbaine : approche méthodologique», l'indique, le quatrième chapitre retracera, en premier lieu l'état de l'art des diverses approches retenues pour l'évaluation de la vulnérabilité urbaine des villes. Il mettra l'accent en second lieu, sur la méthodologie générale adoptée en l'espèce. Elle s'appuie sur les outils de spatialisation des trois composantes du risque, en recourant aux techniques de modélisation et de cartographie proposées par les logiciels : Hec Ras et Arc Gis.

CHAPITRE I :

**I-VILLE ET VULNÉRABILITÉ :
APPROCHE CONCEPTUELLE**

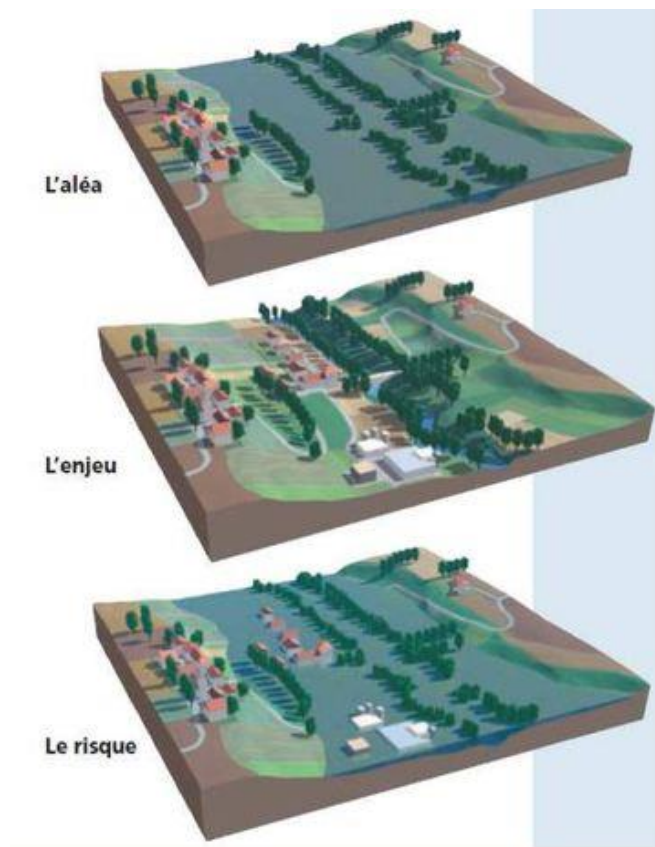
**CHAPITRE I : VILLE ET VULNÉRABILITÉ :
APPROCHE CONCEPTUELLE**

Introduction :

Pour décrire une catastrophe, il est de coutume d'utiliser des termes comme risque, catastrophe, vulnérabilité, etc. Ces termes comportent souvent, pour les profanes, plusieurs nuances et zones d'ombre. Il convient donc d'éclairer leur sens et d'identifier les liens qui les unissent. Dans ses travaux de recherches, Élise Beck a adopté la définition avancée par l'IRMa¹ qui « ...considère que le risque est le résultat d'une combinaison entre un aléa et des éléments vulnérables ». (Beck, 2006).

Dans le même contexte, d'autres spécialistes comme Kheddouci et Azzag-Berezowska estiment que «... le risque n'existe qu'en cas de combinaison de l'aléa et de la vulnérabilité des enjeux présents dans un périmètre bien déterminé... » (Azzag-Berezowska, Kheddouci, 2006). Ainsi, comme le montre le schéma ci-après (voir figure 1-1), la relation régissant les diverses composantes du risque est qualifiée, par la majorité des spécialistes, de synergique. Elle peut être exprimée par la formule :

$$\text{risque} = \text{aléa} \times \text{vulnérabilités.}$$



Source : www.prim.net

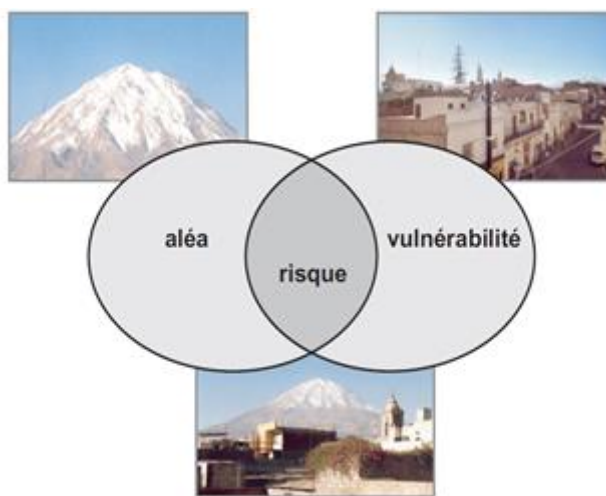
Figure 1-1 : Triptyque du risque

Pour sa part, R. D'Ercole (1994) désigne la vulnérabilité comme « la propension d'une société donnée à subir des dommages en cas de manifestation d'un phénomène naturel ou

¹ IRMa : Institut des Risques Majeurs de Grenoble (Rhône Alpes)

anthropique ». Cependant, l'aléa constitue « *la réalité physique du risque et se caractérise par son extension spatiale, sa magnitude, sa fréquence, sa durée et, sa saisonnalité* » (H.-J. Scarwell et R. Laganier, 2004).

En somme, comme l'illustre la figure 1-2, le risque est considéré comme le quotient de deux termes « aléa » et « vulnérabilité ». « *Le risque est le résultat de la combinaison d'un aléa et d'éléments vulnérables* », explique Beck (2006). De ce fait, nous avons jugé utile, dans ce chapitre, de préciser ces concepts ayant trait à notre thématique de recherche.



Source : BECK. E, (2006).

Figure 1-2 : Schématisation des composantes du « risque »

1.1 Le risque : une équation à trois variables : aléa, enjeux et vulnérabilité

Ce chapitre s'attèlera à expliquer les trois concepts-clés découlant de la problématique, à savoir l'aléa, les enjeux et la vulnérabilité.

1.1.1 Le risque : approche conceptuelle

Plusieurs spécialistes s'accordent à définir le terme « risque » comme étant « ... l'éventualité de réalisation d'un événement futur incertain, d'un terme indéterminé, ou ne dépendant pas exclusivement de la volonté de l'homme, qui, s'il se réalise effectivement, provoque des dommages (au sens porte)... »² (Ruzigande, 2004). Quant à P.Peretti-Watel, étymologiquement parlant, le terme « risque » ou « risco » en italien signifie : « ... l'écueil qui menace les navires et, au-delà, tout danger auquel sont exposées les marchandises en mer, apparaît au XIV^e siècle avec l'assurance maritime qui accompagne la recherche de nouveaux débouchés par les armateurs des villes-états italiennes... ». (Peretti-Watel, 1992).

² Jean Damascène Ruzigande, (2004) : « Diagnostic financier des entreprises d'assurances au Rwanda », disponible sur : consulté le 23/02/2014

Tout semble indiquer que la définition du risque a progressé de : « *danger éventuel plus ou moins prévisible* » ³(Le Petit Robert, 1996) à « *éventualité d'un événement ne dépendant pas exclusivement de la volonté des parties et pouvant causer la perte d'un objet ou tout autre dommage* » ⁴(Le Petit Robert, 2e Édition). À la lumière de ce qui précède, il ressort de la première définition le caractère aléatoire du risque en mettant en exergue l'aspect : « *probabilité* » d'occurrence du danger (Chaline et Dubois-Maury, 1994). Quant à la seconde définition, elle s'avère plus penchée vers le volet juridique du risque puisqu'elle met l'accent plutôt sur les « dommages » et la notion de « partie ».

Pour les profanes, les deux termes « risque » et « catastrophe » sont presque synonymes. Or, pour les spécialistes, le risque est appréhendé plutôt comme étant une « catastrophe virtuelle » et constitue plutôt la probabilité d'occurrence d'un événement susceptible de se produire dans un futur incertain. Cependant, la « catastrophe » entant que notion « concrète » et « tangible » est perçue désormais comme les conséquences directes de cet événement brutal. Dans cet ordre d'idées, le tableau ci-après tente de classer ces événements d'origine naturelle en cinq catégories allant du simple « incident » à la catastrophe qualifiée de « majeure ».

Tableau 1-1 : Echelle de gravité d'une catastrophe

	Classe	Dommages humains	Dommages matériels
0	Incident	Aucun blessé	Moins de 0,3 M€
1	Accident	1 ou plusieurs blessés	Entre 0,3 M€ et 3 M€
2	Accident grave	1 à 9 morts	Entre 3 M€ et 30 M€
3	Accident très grave	10 à 99 morts	Entre 30 M€ et 300 M€
4	Catastrophe	100 à 999 morts	Entre 300 M€ et 3 000 M€
5	Catastrophe majeure	1 000 morts ou plus	3 000 M€ ou plus

Source : Ministère de l'Écologie et du Développement durable - France

1.1.2 « L'aléa » : une composante incontournable du risque

L'aléa constitue la racine principale du risque. Ce concept a fait l'objet de plusieurs définitions dont :

1.1.2.1 « L'aléa » : un concept clé

Le terme « *hazard* » en anglais qui veut dire : « aléa » en français, désigne : «... *un événement menaçant ou une probabilité d'occurrence dans une région ou au cours d'une*

³ Dictionnaire : Le Petit Robert, Édition de 1996

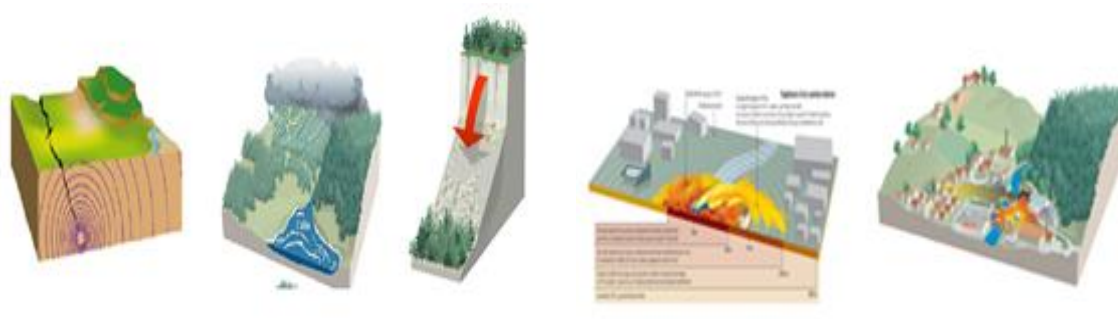
⁴ Le Petit Robert, 2e Édition

période donnée d'un phénomène pouvant engendrer des dommages... ».⁵(ONUG/DHA, 1992). Il convient de souligner par ailleurs que le mot « *aléa* » prend ses racines du jargon des probabilités par la prise en compte des notions : « occurrence », « intensité », et sa dimension « spatio-temporelle » (Dauphiné, 2001).

Marc Morin quant à lui précise que : « *L'aléa constitue un phénomène, une manifestation physique ou une activité humaine susceptible d'occasionner des pertes en vies humaines ou des blessures, des dommages aux biens, des perturbations sociales et économiques ou une dégradation de l'environnement* ». (Morin. M, 2008). Y. Veyret et M. Reghezza (2005) définissent l'aléa comme un « *événement possible qui peut être un processus naturel, technologique, social, économique et sa probabilité de réalisation* ». Il est également considéré « *au sens restreint, par la probabilité d'occurrence d'un phénomène* » (Dauphiné et Provitolo, 2003). Pour l'école francophone, le terme « aléa » désigne un phénomène physique potentiellement dommageable (Dauphiné, 2001).

1.1.2.2 Types d'aléa : des phénomènes causés par l'homme et la nature

Selon l'agent en cause et son origine, les aléas peuvent être classés comme phénomènes « naturels » ou « anthropiques »⁶. À titre d'illustration, les inondations, les séismes, les volcans, les avalanches... etc. sont considérées comme aléas naturels. En revanche, les explosions d'usines industrielles ou de camions transportant des produits chimiques par exemple, sont rangées plutôt dans la catégorie des aléas anthropiques.



Source : www.prim.net

Figure 1-3 : Exemples d'aléas naturels et d'aléas anthropiques

⁵ ONUG/DHA (1992), Glossaire international multilingue agréé de termes relatifs à la gestion des catastrophes, [http : //www.unisdr.org/unisdr/glossaire.html](http://www.unisdr.org/unisdr/glossaire.html), consulté le 13/03/2011

⁶ Anthropique : d'origine humaine

En ce qui concerne la typologie des aléas, nous avons adopté la classification avancée par Morin (2008) dans son ouvrage portant sur les concepts de base en sécurité civile, synthétisée dans les deux tableaux ci-après :

Tableau 1-2 : types d'aléas naturels

Aléas naturels		
Hydrométéorologiques	Géologiques	Biologiques
<ul style="list-style-type: none"> – Avalanche – Brouillard – Feu de broussailles – Incendie de forêt – Foudre et orage violent – Grêle – Ouragan – Tornade et vent violent – Sécheresse – Température extrême (Vague de froid/chaueur) – Tempête (Neige, Verglas et pluie) – Inondation : <ul style="list-style-type: none"> * Crue d'un plan d'eau (pluviale, nival, mixte et d'embâcle) * Grande marée * Refoulement de réseaux d'eaux pluviales Remontée de la nappe phréatique * Ruissellement (urbain, périurbain ou rural) 	<ul style="list-style-type: none"> – Orage magnétique – Séisme – Tsunami – Chute de météorite – Mouvement de terrain : <ul style="list-style-type: none"> * Affaissement de sol et effondrement * Écroulement et chute de blocs * Érosion (littorale, fluviale) * Glissement de terrain (superficiel, rotationnel, coulée argileuse, etc.) * Tassement par retrait 	<ul style="list-style-type: none"> Contamination d'origine naturelle – Épidémie – Infestation – Pandémie

Source : Morin. M, 2008

Tableau 1-3 : Types d'aléas anthropiques

Aléas anthropiques		
Accidentels (Aléas technologiques)	Intentionnels	Liés à la dégradation de l'environnement
<ul style="list-style-type: none"> – Accident de transport : <ul style="list-style-type: none"> * Associé au déplacement collectif des personnes et des marchandises autres que des matières dangereuses (aérien, ferroviaire, maritime, routier) * Mettant en cause des matières dangereuses (incendie- explosion) – Accident industriel : <ul style="list-style-type: none"> * Explosion * Fuite ou émission (matières dangereuses) * Incendie – Accident nucléaire et émission radioactive – Contamination d'origine anthropique – Effondrement de bâtiment – Incendie majeur et conflagration – Panne (énergétique, télécommunications, – Rupture de barrage 	<ul style="list-style-type: none"> – Acte terroriste (explosif, chimique, biologique, radiologique, nucléaire, cyber terrorisme) – Crime majeur (tuerie, incendie criminel, etc.) – Désordre social (émeute, pillage, manifestation, sabotage, insurrection et autres actes de malveillance) – Guerre 	<ul style="list-style-type: none"> – Amincissement de la couche d'ozone – Changements climatiques – Contamination du sol – Déforestation – Désertification – Fonte du pergélisol – Hausse du niveau de la mer – Perte de biodiversité – Pollution

Source : Morin. M, 2008

1.1.2.3 Caractéristiques des aléas : : Intensité, soudaineté et récurrence

Les aléas peuvent être revêtus d'un caractère de soudaineté, comme une inondation ou un séisme, ou plutôt progressifs, comme une sécheresse ou une désertification. Les aléas peuvent progresser lentement et prennent également la forme de conditions latentes pouvant engendrer par la suite des pertes de vies humaines et des dégâts matériels comme la contamination du sol dans le milieu concerné, par exemple la pollution ou la hausse du niveau de la mer.

Concernant leurs caractéristiques permettant d'estimer l'importance des aléas, Morin (2008) a tenté de les énumérer comme suit : L'intensité du phénomène, sa probabilité d'occurrence ou la récurrence, la dimension spatiale de l'événement, l'étendue possible de ses effets, la prévisibilité du phénomène, la cinétique d'évolution de l'événement (vitesse), la durée de son impact, sa soudaineté, son potentiel destructif et enfin sa temporalité, c'est-à-dire le moment de sa survenance.

De toutes ces caractéristiques énumérées précédemment, la probabilité d'occurrence, l'intensité du phénomène et sa spatialisation sont celles les plus souvent retenus pour estimer l'ampleur de l'aléa. Dans ce cadre, Valy, Janique. (2011) précise que la caractérisation de l'aléa, de par ses composantes qui reposent essentiellement sur sa fréquence et son ampleur, dépend de l'ampleur de ses effets, sa fréquence (le laps de temps dans lequel il est susceptible de se produire) et sa délimitation spatiale des espaces urbains dans lesquels l'aléa est potentiellement probable.

1.1.3 « L'enjeu » : un concept inéluctable du triptyque du risque

En effet, comme nous l'avons souligné précédemment, il serait inconcevable de parler de risque dans un espace urbain donné sans analyser les enjeux qui s'y trouvent.

1.1.3.1 « L'enjeu » : approche conceptuelle

Selon le rapport issu du Bureau de Recherches Géologiques et Minières ⁷ : « ... *la notion d'enjeu recouvre une notion de valeur, ou d'importance des éléments exposés caractérisés par une valeur fonctionnelle, financière, économique, sociale et/ou politique...* ». (BRGM, 2007). En termes plus simples : Les enjeux peuvent être constitués

⁷ Le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) est un établissement public de référence dans les applications des sciences de la Terre.

d'enjeux humains (des personnes), d'enjeux matériels comme les biens et enfin d'enjeux environnementaux (espaces verts, sources d'eau, parcs urbains... etc). Ces enjeux peuvent être impactés par des aléas naturels ou anthropiques comme le montre la figure 1-4, ci-après :



Source : www.risquesmajeurs-hautes-pyrenees.pref.gouv.fr

Figure 1-4 : Exemples d'enjeux matériels exposés à des aléas naturels

Dans son ouvrage *« Analyse des enjeux et de la vulnérabilité au risque d'inondation »*, Matthieu Saint-Michel, affirme que le mot « enjeu » : « ... se rapporte en premier lieu à tout ce que l'on trouve en zone à risques, implantée par l'homme... ». (Saint-Michel, 2008). Quant à Sylvie Vanpeene-Bruhier, elle définit les enjeux comme étant : « ... les domaines affectés par les risques, c'est-à-dire les hommes, leurs biens et les milieux dans lesquels ils vivent... ». (Vanpeene-Bruhier, 2003). Par contre, Ledoux classe ces derniers comme « ... les biens des particuliers, les enjeux économiques, les enjeux agricoles, les infrastructures et les enjeux humains... ». (Ledoux, 2006).

1.1.4 « La vulnérabilité » : un concept émergent

La « vulnérabilité » constitue le concept central de notre recherche sur lequel portera notre problématique. Ainsi, plusieurs définitions ont été adoptées, parmi lesquelles :

1.1.4.1 La « vulnérabilité » : clé de voûte de la recherche

Étymologiquement parlant, le terme « vulnérabilité » est extrait du latin « *vulnerabilis* » qui signifie : « blessure ». Si nous retraçons l'histoire de cette nouvelle terminologie, nous allons nous rendre compte que l'apparition du mot « vulnérabilité » remonte à la fin du dix-septième siècle. Nous retenons ici la définition de la vulnérabilité comme étant une « faiblesse », « sensibilité » ou « fragilité ». Si l'on se fie à Revet (2008) : la vulnérabilité

est «... étroitement liée à la notion de risque, puisque la blessure n'est pas avérée, mais potentielle... » (Revet, 2008).

Pendant les années 1970, le terme « vulnérabilité » était intimement lié à la fragilité physique du cadre bâti. Cette notion était associée souvent à la probabilité qu'un bâtiment ou une structure s'écroule suite à la survenance d'un aléa (Kienberger, 2007). Ce concept qui était ainsi limité à l'évaluation des dommages matériels, a évolué par la suite pour intégrer d'autres aspects tels que les enjeux humains, souvent relégué au second plan.

Cette évolution du concept a été confirmée par l'ONU⁸ qui a défini la vulnérabilité comme : « ... les conditions ou processus déterminés par des facteurs physiques, sociaux, économiques et environnementaux qui font augmenter la sensibilité ou la prédisposition d'une communauté aux impacts d'un risque... » (UN/ISDR, 2004)⁹.

Ainsi, la vulnérabilité qui peut être physique, humaine, socio-économique et environnementale, est considérée désormais comme le souligne Marion Tanguy M., (2012) : « ... l'ensemble des conditions d'enjeux à risque qui déterminent le potentiel de l'aléa en termes de pertes en vie humaine ou matérielle... ». (Tanguy, 2012).

Concernant le concept de vulnérabilité, Defossez Stéphanie nous renvoie aux travaux de recherches menées par Robert D'Ercole qui estiment que « ... la vulnérabilité représente le degré potentiellement dommageable des enjeux face à un évènement extérieur (l'aléa) ... ». (D'Ercole, 1994). Si, cette définition dénote une absence de réactivité de la société (Veyret, 2004 ; Reghezza, 2006). Cette définition est largement critiquée par Veyret et Reghezza qui estime quant à eux que cette appréhension se démarque par une absence flagrante de réactivités de la réaction. (Veyret, 2004 ; Reghezza, 2006).

Dans ce cadre, R. d'Ercole (1994) considère la vulnérabilité comme « la propension d'une société donnée à subir des dommages en cas de manifestation d'un phénomène naturel ou anthropique... ». (D'Ercole, 1994). Tandis que J-C Thouret complète cette définition et estime que la vulnérabilité cette fois-ci comme étant «... un système de facteurs structurels (socio-économiques, culturels, fonctionnels et institutionnels), conjoncturels (dysfonctionnements) et géographiques (caractéristiques de l'impact), qui

⁸ ONU : Organisation des Nations Unies

⁹ UN/ISDR, 2004 Living With Risk, A global Review of Disaster Reduction Initiatives. UN Publications, Geneva.

influencent la capacité de réponse sociale au désastre et en font ainsi varier les effets... ”. (Thouret, 1996).

Nous constatons ainsi que la définition de la vulnérabilité avancée par R. D’Ercole revoie à l’aspect d’endommagement éventuel des enjeux humains et vulnérables. En revanche celle de J-C Thouret (définition), prend en compte plutôt le contexte d’endommagement au sens « conditions » de réaction des personnes face au risque qu’ils encourent.

À ce propos, pour Defossez Stéphanie le concept « vulnérabilité » admet, finalement, une connotation plus ou moins négative puisqu’elle suppose une passivité des enjeux humains qui subissent l’aléa. Dans ce contexte, Veyret disait «... *Être vulnérable, c’est être physiquement exposé à un aléa, c’est présenter une certaine fragilité face au sinistre qui pourrait survenir et c’est aussi ne pas envisager, ou mal envisager, les moyens disponibles pour faire face à la crise...* ». (Veyret, 2004).

1.1.4.2 Catégories d’analyse de la vulnérabilité :de l’intrinsèque à la dépendance

D’Ercole et Metzger (2009) préconisent un ensemble de paliers en vue d’analyser la vulnérabilité des enjeux humains, matériels ou environnementaux, parmi lesquels on citera :

- **La vulnérabilité « intrinsèque »** : on entend par « intrinsèque » l’ensemble des faiblesses propres caractérisant chaque enjeu. À titre d’illustration, on peut évoquer quelques exemples : la vétusté du cadre bâti, l’ancienneté des réseaux énergétiques, le chômage des jeunes qui rend le niveau socio-économique de la population juvénile assez faible... etc. ;

- **Le type d’aléa menaçant les enjeux exposés dans la ville** : A ce titre, quelle que soit l’origine du phénomène (aléa) naturelle ou anthropique, son occurrence et son ampleur. Il s’agit en fait d’évaluer la vulnérabilité des enjeux face à certains aléas. Pour bien expliquer ce palier, D’Ercole et Metzger avance un exemple édifiant, celui d’une conduite d’eau enterrée. Cette dernière ne serait pas logiquement sensible aux chutes de cendres volcaniques ;

- **La dépendance** : dans ce palier, il est question de dresser un bilan détaillé de tout ce dont dépend un enjeu pour fonctionner comme le cas des stations de pompage du réseau d’alimentation en eau potable. Ce type d’installation névralgique est complètement dépendant du réseau énergétique (gaz ou électricité) ;

- **La capacité de contrôle :** Dans ce palier, il est facile de réduire la vulnérabilité d'un enjeu si on peut anticiper la capacité de le contrôler périodiquement avant la survenance d'une catastrophe naturelle. En effet, quelques enjeux présentent l'avantage d'être accessible par voie terrestre (postes transformateurs électriques par exemple), doté d'un système contrôle à distance ou tout simplement l'existence d'un personnel qualifié en cas de pépins.

- **Le niveau de préparation à la gestion des crises :** c'est le niveau d'analyse le plus connu. Il s'agit des divers plans de prévention de gestion post-catastrophe comme les fameux plans Orsec qui impliquent un degré de préparation irréprochable en matière d'exercices d'évacuation et la manière de gérer la crise survenue.

1.1.4.3 Vulnérabilité urbaine : un concept à plusieurs facettes

La vulnérabilité urbaine se mesure en fait, selon Guezo. B., et Verrhiest.G., (2006), suivant les deux paramètres qui sont la ville et la société et se manifestent par l'homme et son environnement immédiat. De ce qui précède, nous citons les catégories de vulnérabilités urbaines suivantes :

a- Vulnérabilité par aire géographique (géographique) :

Comme son nom l'indique, il s'agit de l'exposition des enjeux humains et matériels à un aléa naturel ou anthropique dont l'impact est géographiquement localisé et spatialisé. Toutes fois, il convient de souligner que la vulnérabilité géographique diffère d'un enjeu à un autre selon la catégorie d'aléa et les degrés d'exposition de ces derniers. Par exemple, selon leur proximité d'un cours d'eau important, les constructions ne sont pas vulnérables de la même manière face au risque d'inondation.

Pour ce type de risque objet de notre recherche, la vitesse des courants des eaux, leur hauteur, l'occupation du sol et la topographie déterminent les dommages. La vulnérabilité géographique résulte ainsi des particularités physiques de la ville et l'ampleur de l'aléa qui l'impacte.

b- Vulnérabilité des organisations (Organisationnelle) :

Les organisations telles que les collectivités locales, les entreprises, les ERP¹⁰ exercent une influence remarquable sur les impacts dévastateurs d'un aléa catastrophique. À titre d'exemple, la façon d'aménager les locaux intérieurs d'une entreprise exposée au risque

¹⁰ ERP : Établissements Recevant du Public

d'inondation pourrait atténuer sensiblement sa vulnérabilité et minimiserait ses pertes et dommages matériels en cas de survenance d'une crue exceptionnelle.

En effet, les organisations contribuent à limiter l'effet dévastateur d'un aléa catastrophique en faisant appel aux dispositifs d'alertes et de surveillance et en s'appuyant sur des plans de secours prédéfinis comme stipule la réglementation en vigueur concernant les plans Orsec par exemple.

c- Vulnérabilité des individus (individuelle) :

La vulnérabilité individuelle est intimement liée à l'aptitude des individus à faire face à un phénomène naturel ou anthropique. Elle exprime, entre autres la fragilité d'un enjeu humain confronté à une catastrophe majeure et traduit sa capacité personnelle à réagir face à un aléa exceptionnel.

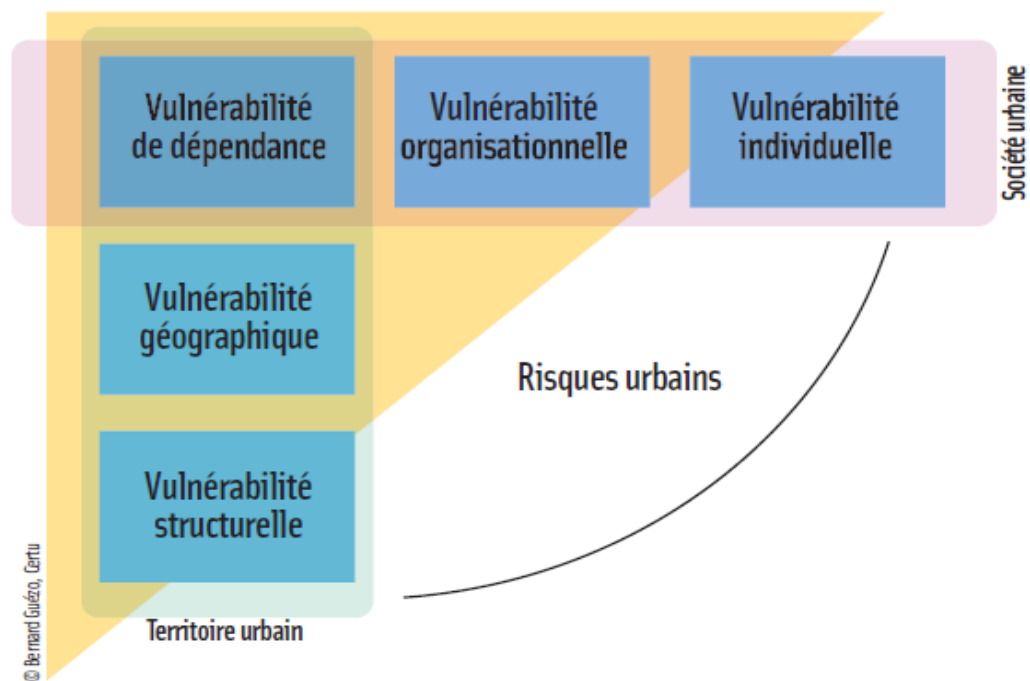
En cas d'inondation, par exemple, le fait de se trouver emprisonné dans une voiture traversant une rivière en crue soudaine augmenterait sensiblement la vulnérabilité individuelle. Ainsi, selon la situation dans laquelle un individu ou groupes d'individus en tant qu'enjeux humains, se trouve lors de la survenue d'un événement dangereux, procure chez cette personne le sentiment d'une vulnérabilité plus ou moins importante. (Becerra, 2012).

d- Vulnérabilité dépendante (de dépendance) :

Plusieurs spécialistes s'accordent à dire que la vulnérabilité de dépendance est au centre des approches ayant trait à la vulnérabilité des villes. Dans ce contexte, l'exemple qui revient à chaque fois est celui de la panne électrique, qui hormis son impact direct sur le bon fonctionnement de la ville, pourrait porter préjudice de façon indirecte sur le réseau d'alimentation en eau potable au sein d'un quartier par exemple.

Aujourd'hui, la crise sanitaire relative au virus covid19 qui continue à frapper le monde engendrerait de manière indirecte des dommages et pertes économiques colossales à cause du confinement des populations. (Benguenaoui, 2013). Au terme de cette présentation, le schéma ci-après synthétise les relations qui régissent les divers types de vulnérabilité urbaine en relation avec les risques urbains. La ville est tenue ainsi de maîtriser sa vulnérabilité selon tous ses aspects évoqués précédemment en vue d'intégrer la notion de risque dans son management¹¹ général. (Voir figure n° 1-5).

¹¹ Management au sens de maîtrise et gestion de la ville par les acteurs locaux.



Source : GUEZO. B, VERRHIEST.G, (2006)

Figure 1-5 : Spectre de la vulnérabilité urbaine

1.2 La ville - cours d'eau : une relation complexe et ambiguë :

1.2.1 L'ambiguïté de la relation ville-cours d'eau : une relation tumultueuse

L'eau en général et les cours d'eau en particulier, exercent une fascination ancestrale sur l'homme. Cette fascination mêlée tantôt de crainte, tantôt d'attraction ne s'est jamais démenti, remonte loin dans l'histoire et répond à plusieurs besoins. À propos des relations historiquement mouvementées que les cités urbaines fluviales en ont tissées avec les cours d'eau qui leur servent de support, le géographe Jean Brunhes (1934) écrivait dans son ouvrage « la géographie humaine » qu'il ne faut pas trop considérer les rivières comme « *des faits géographiques uniformes et uniformément utiles à l'installation humaine* ». Il distinguait les fleuves « *répulsifs* » et les fleuves « *attractifs* ».

Malgré la méfiance que puissent inspirer les cours d'eau, force est de reconnaître que plusieurs grandes civilisations et pas des moindres sont nées et prospérées dans des cités bâties aux bords des fleuves, rivières, affluents, confluents, lagunes et autres Delta. Nous pouvons citer l'Égypte ancienne sur les berges du Nil, les cités antiques de l'ancienne Mésopotamie sur les rives du Tigre et l'Euphrate, Rome sur le Tibre, les diverses civilisations hindoues sur les bords du Gange et plus récemment les grandes et belles cités

modernes comme Saint Petersburg sur la Neva, Paris sur la Seine, Londres sur la Tamise, New York sur l'Hudson, Vienne sur le Danube, Venise aux abords de la lagune vénète... etc.

Tout au long de la relation qui liait l'homme aux cours d'eau, il a pu par son long travail et sa volonté de dompter la nature, les rendre des « outils humains »¹². A ce titre, les historiens de la ville admettent «... que le paysage fluvial urbain est la somme des multiples interventions humaines qui ont maîtrisé, contrôlé, voire contraint un cours d'eau considéré comme un support améliorable dans une logique de progrès technologique et économique... » (Jane Scarwell H., Schmitt Pierre G., et Salvador G., 2014).

Dans leur publication : « Urbanisme et inondation »-H.JaneScarwell, G.Schmitt Pierre, et G.Salvador, (2014) constatent que «... le couple ville/fleuve semble une évidence et rares sont les grandes cités européennes à n'avoir pas recherché la proximité d'un cours d'eau ». Selon les mêmes auteurs, le développement des cités fluviales s'accompagne toujours « d'une relation ambiguë ... ».

Dans le même ouvrage « Urbanisme et inondation », les auteurs partagent la thèse de l'historien F.J.Monclus (2002) et remarquent qu'en général les villes fluviales «... présentent des paysages urbains si comparables que tout déterminisme de nature hydrologique devrait être banni...». Pour eux les paysages fluviaux se ressemblent et « ... seraient la résultante de l'accumulation sur les rives des choix urbanistiques et auraient gommé, au fil des siècles, tout déterminisme naturel » (JaneScarwell H., Schmitt Pierre G., et Salvador G., 2014).

L'archéologue et historien Didier Dubant, (1993) dans sa thèse sur le site de Tours arrive à la même conclusion et estime «... qu'en ville, l'homme a toujours agi selon sa volonté en tenant compte des contraintes du milieu et non dans la dépendance d'un quelconque déterminisme imposé par le milieu... ». Il va plus loin en affirmant que «... c'est l'homme par ses propres aménagements qui est à l'origine de cet accroissement des contraintes exercées par le milieu... ». La relation ville-cours d'eau n'a pas changé et ne changera pas. Seuls changent les besoins, le regard de l'homme sur le cours d'eau et les choix urbanistiques déterminés par des considérations socio-économiques évolutives de

¹² J.Brunhes, La géographie humaine, p.72-73

l'homme et qui l'ont obligé à apporter des réponses en fonction des niveaux techniques atteints lors des différentes époques historiques.

1.2.2 Évolution de la relation ville-cours d'eau : le tandem attraction/répulsion

À travers l'histoire, la relation ville-cours d'eau a connu plusieurs évolutions. Ces évolutions n'obéissent pas à une chronologie historique et ne manifestent aucune tendance cohérente. L'ambiguïté de la relation ville-cours d'eau matérialisée par le tandem-attraction/répulsion donne aux évolutions que nous allons développer plus loin un caractère erratique.

1.2.2.1 La sédentarité : un besoin vital exprimé par l'homme

En choisissant de s'installer à proximité des cours d'eau, l'homme visait, au début de notre ère, la satisfaction de certains besoins vitaux en eau potable et en nourriture (gardemanger). Vient dans un deuxième temps, le besoin de cultiver les plaines et vallées fertiles qui bordaient les cours d'eau ou de les utiliser comme pâturages pour l'élevage. Les cours d'eau étaient alors utilisés comme « *ressource domestique* » (Valy, 2010) pour le regroupement et la sédentarité des populations.

Comme les points d'eau ont favorisé la sédentarité des peuplades nomades des déserts, les cours d'eau ont été choisis comme lieux de fixation par les populations. La proximité des cours d'eau a fait découvrir à l'homme d'autres raisons de s'y installer en lui permettant de développer de nombreuses activités artisanales et préindustrielles en fonction de l'accroissement de ses besoins, comme les moulins et le tannage des peaux.

Petit à petit, l'homme découvre l'étendue de l'usage des cours d'eau comme voies de navigation, de communication et d'échanges entre les tribus et peuplades qui bordaient les cours d'eau ou de remparts naturels de défense contre les envahisseurs. La recherche d'une large vallée, d'un rétrécissement du lit du fleuve, d'un gué permettant le passage d'un bord à l'autre occupait l'homme pour trouver des lieux stratégiques d'implantation durables. Ainsi, les grands centres urbains voient le jour, se développent rapidement et connaissent divers destins.

Simultanément, l'homme découvre aussi, sa vulnérabilité face aux crues dévastatrices des cours d'eau et prend conscience de la menace que représentait leur proximité. Des catastrophes régulières ont eu des conséquences dommageables sur les premiers regroupements humains à proximité des cours d'eau. L'homme n'a jamais pu se résoudre à

tourner le dos définitivement aux cours d'eau et vit depuis, une relation - attraction/répulsion - séculaire.

L'alternance des bienfaits et des méfaits des fleuves, rivières et cours d'eau sur la vie de l'homme, a façonné dans l'imaginaire humain des personnages mythologiques et mystiques tantôt craints, tantôt idolâtrés qu'on implore et auxquels on fait des offrandes pour leur rendre grâce ou apaiser leur colère.

1.2.2.2 La distanciation-artificialisation : deux attitudes anthropiques

Dans sa relation avec les cours d'eau, l'homme a développé deux attitudes : la distanciation et l'artificialisation. Le cycle - distanciation/artificialisation - est intimement lié au cycle - inondation/reconstruction qui caractérise la vie de l'homme à côté des cours d'eau.

- La distanciation : se protéger contre un risque éminent

Pour se prémunir contre les risques d'inondation à répétition, l'homme a, dans une première réaction, pris ses distances avec les cours d'eau. En cherchant à se protéger des débordements récurrents des cours d'eau ou des zones humides et marécageuses qu'ils génèrent, les sites urbains ont été bâtis à bonne distance des berges, sur les versants, au-dessus de la rivière, sur une colline, sur un flanc de montagne donnant sur la rive ou en hauteur des marais. Les cours d'eau restent des alliés pour l'homme, l'échange de bons et loyaux services est souhaitable, mais la promiscuité n'est plus souhaitée.

Durant l'ère préindustrielle (XVI^e siècle) et pour réduire le risque inondation et son lot de désastres, de destructions, de pertes de biens matériels et vies humaines, l'homme s'est résout à prendre beaucoup de distance et à rompre la convivialité qui régnait jusqu'à lors entre la ville et ses cours d'eau par « *la disparition des maisons riveraines* » (Pelletier, 1990). À cette époque, l'homme a déserté les berges des cours d'eau en créant une zone tampon de sécurité entre l'eau et le tissu urbain.

J. Pelletier (1990) dans son article sur les relations de la ville et des cours d'eau écrivait dans la Revue de Géographie de Lyon : « ... *Visuellement, le cours d'eau est séparé de la ville par les lignes verticales des quais et de leurs parements. Il faut désormais descendre vers un plan inférieur pour accéder à l'eau. La coupure entre le cours d'eau et les citadins se consommera d'autant plus vite que disparaissent dans le même temps les lignes fluviales embarquant des passagers* ».

Dans la longue histoire des villes fluviales, l'homme a pris ses distances avec les cours d'eau de proximité pour diverses raisons et pas uniquement suite aux conséquences désastreuses des inondations récurrentes vécues. Une autre séquence de distanciation a eu lieu au XX^e siècle, plus marquée celle-là, avec l'apparition de l'économie post-industrielle ou nouvelle économie¹³ à partir des années 70-80. Le courant écologiste qui voit s'exprimer les premières demandes sociales à partir de 1913, lors du congrès de Berne sur « la protection mondiale de la nature » et toutes les autres formes d'idéologies émancipatrices et naturalistes ont contribué à l'affirmation de cette distanciation.

La conjugaison de tous ces courants de pensée et toutes ces mutations sociales, politiques et économiques du XX^e siècle ont accéléré l'abandon des grandes zones industrielles qui ont été érigées sur les berges et rives des grandes agglomérations fluviales pendant la révolution industrielle. Des entrepôts, docks, magasins, usines, quais d'embarquement et débarquement de marchandises sur de grandes surfaces, ont laissé à l'abandon sur toutes les rives de grandes villes industrielles fluviales de l'Europe occidentale.

La visibilité de cette distanciation n'a échappé à personne avec l'occupation de tous ces espaces libérés par l'industrie et squattés par l'automobile avec tous les aménagements des aires de stationnement et des voies dites « sur berges » qui ont fleuri sur les bords des grandes villes fluviales (Paris, Londres,). Dans la même époque, la distanciation s'est radicalisée avec la disparition pure et simple des petits cours d'eau dans les profondeurs des villes, dont la couverture est rendue techniquement facile et salubre pour la préservation de la santé publique dès lors que leur rôle d'égout à ciel ouvert n'est plus toléré et que leur utilité pour l'industrie n'est plus de mise.

- L'artificialisation : une action anthropique assumée

L'industrialisation rapide et sans précédent des activités humaines, l'intensification et la densification des échanges commerciaux, le développement technologique spectaculaire ont engendré une énorme pression démographique sur les centres urbains en général et les cités fluviales en particulier. Pour faire face à tous ses bouleversements, l'homme s'est vu

¹³ Economie post-industrielle : type d'économie caractéristique des pays développés, reposant beaucoup moins sur la production industrielle et agricole que les siècles précédents au profit du secteur tertiaire (services). Dans l'économie post-industrielle, le développement est de plus en plus fondé sur la connaissance, la créativité et l'information devenues les nouvelles matières premières de l'économie moderne (économie du savoir).

contraint d'accompagner tous ses nouveaux besoins et répondre aux grandes mutations des sociétés par une urbanisation tous azimuts.

Commence alors la quête d'espaces, la descente des hauteurs et l'envahissement des berges par une grande opération d'urbanisation des abords des cours d'eau. On commence par construire au plus près de l'eau, des entrepôts et des structures qui serviront à accueillir des activités industrielles, artisanales commerciales et portuaires. Viennent ensuite, à la périphérie des activités, des logements modestes de ceux qui y travaillent. Tandis que les habitations aisées sont construites plus loin, en hauteur, pour échapper aux dangers des cours d'eau et aux nuisances des activités humaines.

Face à l'irréversible envahissement des berges et rives des cours d'eau par le tissu urbain, l'artificialisation consiste à entreprendre de grands travaux d'aménagement pour confiner l'eau dans le lit de la rivière, le corseter, l'empêcher de déborder dans le but de protéger le tissu urbain des inondations et faciliter les échanges entre l'eau et la terre ferme. De grandes constructions de quais et digues, d'audacieuses opérations d'assèchement et de canalisation, d'édification de barrages et autres retenus en amont, de gigantesques travaux de détournement du cours d'eau et de couverture ont été entrepris sur de longues périodes et qui ont mobilisés beaucoup de ressources et de génie humains.

Les travaux d'artificialisation des cours d'eau ont connu une accélération particulière après la Première Guerre mondiale liée à l'intensification de l'industrialisation et l'apparition de l'automobile qui a nécessité l'aménagement des espaces urbains dédiés. À ce propos, J. Valy constate dans sa thèse-*"croissance urbaine et inondation en Bretagne (2010)"* que les cours d'eau en zones urbaines ont été : *« ... Busés, canalisés, cachés, progressivement oubliés des citoyens qui n'en perçoivent que les nuisances... Enserrés dans un corset trop étroit, avec perte de toute possibilité naturelle — d'épanchement de leur trop-plein en cas de crue... »*. (Valy, 2010). J. Valy ajoute que *« ... de grandes agglomérations ont été édifiées souvent dans des secteurs à risque sans que cette vulnérabilité soit prise en compte... »*. (Valy, 2010). Les conséquences se sont aggravées et les inondations ont submergé de nouvelles zones sensibles, tels les parkings en sous-sol.

À vouloir à tout prix et au bout d'énormes sacrifices dompter les cours d'eau et les apprivoiser au bon vouloir du développement urbain, l'homme est arrivé par son action

d'artificialisation jusqu'à déséquilibrer le morpho dynamique¹⁴ des cours d'eau en créant souvent de grands désordres qui accroissent les contraintes exercées par l'urbanisation et amplifient ainsi, les conséquences des inondations.

Pour conclure, nous pour dire que l'artificialisation des cours d'eau s'insère dans un long processus de structuration de l'espace urbain. Elle a atteint son apogée avec l'avènement de la révolution industrielle au XIX^e siècle et l'apparition du courant hygiéniste¹⁵.

1.2.2.3 L'intégration : une nouvelle manière de percevoir la proximité de l'eau

Depuis une vingtaine d'années, les villes fluviales et riveraines des cours d'eau redécouvrent le charme et la convivialité de la proximité de l'eau et entreprennent une certaine démarche séductrice à l'égard des cours d'eau, surtout dans le monde occidental. Toutes les municipalités des villes fluviales occidentales entament ou ont déjà réalisé de grands projets d'urbanisme visant à « réutiliser les rives abandonnées », selon une nouvelle approche environnementale visant à intégrer l'eau dans l'aménagement des espaces urbains longeant les cours d'eau.

L'intégration de l'eau par rapport à la ville revient avec force sous la pression écologique des sociétés qui œuvrent à promouvoir le bien-être, à améliorer le cadre de vie dans les villes et à combattre toutes les nuisances et autres formes de pollution. A ce titre, réconcilier la ville avec son cours d'eau devient une préoccupation majeure des politiques en charge de la gestion des villes, des mouvements écologistes et des habitants. La préoccupation actuelle des villes fluviales est la protection de l'eau qui les traverse tout en réussissant l'aménagement urbain des espaces des berges. L'enjeu est d'accroître l'attractivité des villes fluviales pour qu'elles deviennent une destination touristique, des cités de rayonnement culturel mondial et des lieux où il fait bon vivre.

¹⁴ La morpho dynamique : science qui analyse et quantifie le transport des alluvions par l'écoulement de l'eau dans les rivières, explique les processus d'érosion et de sédimentation et les formes des lits alluviaux qui en résultent.

¹⁵ Courant hygiéniste : ensemble de théories politiques et sociales dont le principe est de concevoir l'architecture et l'urbanisme pour les collectivités, les pratiques médicales et diététiques pour les individus en appliquant les règles de préservation de l'hygiène et de prévention de la santé publique. Le courant hygiéniste a initié les égouts, le ramassage des ordures, le comblement ou la couverture de certains bras des fleuves et cours d'eau, le développement des adductions d'eau, de l'évacuation des eaux visées et du traitement de l'eau potable.

1.2.3 La place des cours d'eau dans l'espace urbain : une source d'inspiration et de quiétude

À l'issue de ce modeste essai historique sur la tumultueuse relation « amour/désamour » entre la ville et son cours d'eau, nous pouvons conclure qu'en soi, un cours d'eau n'est pas « bon ou mauvais » (JaneScarwell H., Schmitt Pierre G., et Salvador G., 2014). En règle générale, un site urbain n'est appréciable que dans le cadre d'un ensemble d'actes urbains d'aménagements et de construction engagés pour lutter contre les contraintes multiformes qui ont marqué son histoire au fil du temps.

L'eau est non seulement une ressource vitale, mais aussi une source d'inspiration pour l'homme, de quiétude et de bien-être. Le cours d'eau préexiste à la ville et c'est la ville qui a choisi la proximité du cours d'eau et non l'inverse. C'est la ville qui a besoin du cours d'eau et non l'inverse.

Comme les villes, les cours d'eau sont des éléments vivants. Dans leur course vers les mers et océans, les cours d'eau sont en lutte permanente avec les autres éléments de la nature dans une quête d'espace. Durant leur long voyage, les cours d'eau essaient d'imposer leur volonté en agissant sur la morphologie des territoires qu'ils traversent. Comme dans toutes les autres relations avec tous les autres créatures et éléments de la nature, l'homme cherche à imposer sa volonté non par détestation, mais, par besoins.

Comme le disait si bien J. Valy dans sa thèse « Croissance urbaine et risque inondation en Bretagne » (2010) : «... *le cours d'eau est surtout perçu comme une contrainte...* » à l'expansion de la ville. Les villes qui ont choisi la proximité d'un cours d'eau sont en lutte permanente pour réduire cette contrainte en procédant à des aménagements urbains qui s'avèrent parfois, bénéfiques et d'autres fois néfastes.

Dans sa quête expansionniste, c'est la ville qui devrait chercher la place qu'elle lui revient dans le décor tout en veillant à assurer un voisinage intelligent et respectueux du cours d'eau. Il est préférable à l'issue de cet essai introductif sur l'histoire de la relation ville-cours d'eau de poser la question dans ce sens : *quel compromis faut-il trouver pour que le cours d'eau tienne la place qui lui revient dans l'espace urbain ?*

Conclusion :

À l'issue de ce chapitre, il ressort que la notion de risque est construite autour de l'équation conjuguant aléa et vulnérabilité. D'autres spécialistes évoquent plutôt le triptyque du risque pour introduire le concept d'enjeux vulnérables. Ainsi, dans ce chapitre, nous avons tenté d'apporter quelques éclairages sur les concepts liés à la notion générale de risque.

Dans ce contexte, plusieurs spécialistes s'accordent à définir la vulnérabilité comme étant un état de faiblesse ou de fragilité. Ce terme désigne le degré de dommages ou de pertes que subissent les enjeux exposés dans un périmètre urbain suite à la survenue d'une catastrophe naturelle redoutée. Le mot « aléa », quant à lui, fait référence à un phénomène physique potentiellement dommageable constituant la source même du danger dont la probabilité d'occurrence demeure incertaine.

La vulnérabilité, qui constitue le caractère de ce qui est sensible et à la merci de la moindre atteinte ou blessure, désigne en quelque sorte une propension à subir des dommages et exprime la capacité des enjeux humains, matériels ou environnementaux à faire face à un aléa naturel ou anthropique. En somme, nous pouvons retenir que le triptyque du risque englobe ses trois composantes : aléa, enjeux et vulnérabilité.

Dans la deuxième partie de ce chapitre, nous avons abordé la relation ambiguë entre la ville et les cours d'eau, sous ses multiples facettes. Cette ambiguïté réside dans le fait que le cours d'eau est à la fois un bienfaiteur (source d'eau potable, source de nourriture, source d'eau pour l'irrigation des cultures, pour l'artisanat et l'industrie, source d'énergie hydraulique, rempart de défense naturelle, source de quiétude et de bien-être, voie de communication, etc.) et une menace (crues, inondations, vecteur de pollutions diverses, de nuisances et de désordres mécaniques des sols, etc.).

In fine, l'ambiguïté de cette relation entre ville et cours d'eau trouve tout son sens dans le fait que l'implantation des cités ne s'est pas faite par hasard. L'urbanisation, comme activité humaine, a toujours tenu compte du relief du territoire et des conditions naturelles. L'eau appelle l'homme et cette attraction est multifactorielle. De tout temps, l'eau a été un facteur historique de développement des cités. L'eau a aussi été la cause du déclin et de la disparition de cités prestigieuses, soit par abondance (crues et inondations), soit par rareté (sécheresse).

CHAPITRE II :

II- VILLE ET RISQUE D'INONDATION : COMPRENDRE POUR MIEUX GÉRER

CHAPITRE II : VILLE ET RISQUE D'INONDATION : COMPRENDRE POUR MIEUX GÉRER

Introduction :

Le chapitre précédent nous a appris que le risque est le résultat de l'interaction entre l'aléa et la vulnérabilité des enjeux exposés à son influence (Morin, 2008). Ainsi, si nous voulons extrapoler cette définition sur une zone inhabitée, impactée par des crues exceptionnelles, nous nous rendons compte que l'inondation, en l'espèce, ne constitue pas un risque. En revanche, si le même aléa naturel touche un tissu urbain densément peuplé, abritant des enjeux matériels et économiques importants (habitations, équipements, etc.), le risque est présent et menace directement cette zone (Cutter et al. 2003).

De surcroît, dans le cas du risque d'inondation, plusieurs paramètres doivent être pris en compte. Parmi ses composantes, nous citerons la hauteur des eaux, le débit des flots, l'étendue spatiale des secteurs urbains submersibles et le volume des matières charriées (Tanguy M., 2012). Appliqué au milieu urbain, ce type de risque naturel, éminemment complexe, devient «...une composante intrinsèque du territoire en lien avec la nature... » (Scarwell H.-J., Schmitt G. et Salvador P.-G., 2014).

2.1 Le risque « inondation » : un risque naturel récurrent

« Inondation » et « crue » seraient-ils synonymes ? Cette question qui prête à confusion mérite un éclaircissement dans les passages suivants :

2.1.1 Le risque « inondation » : submersion d'un espace par les eaux .

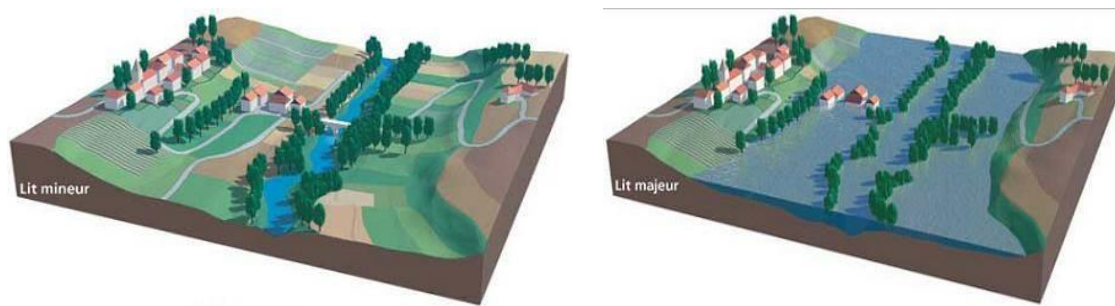
Étymologiquement parlant, le terme « inondation » vient du latin : « inundatio » qui signifie submersion ou débordement. Ainsi, l'inondation peut être définie comme une submersion rapide ou lente d'une zone habitée ordinairement hors d'eau (Cortes, 2006). En tant qu'aléa naturel, ce risque naturel se démarque par son occurrence et intensité, sa fréquence, sa durée, la vitesse des courants et l'étendue des zones submersibles. Ces paramètres sont conditionnés également par la précipitation, l'état du bassin versant et les caractéristiques du cours d'eau (profondeur, largeur, etc.)¹⁶.

¹⁶ <https://tel.archives-ouvertes.fr>

2.1.2 la « Crue » : montée soudaine des eaux d'un cours d'eau

La crue correspond à la montée des eaux d'un cours d'eau qui déborde de son lit mineur se répandant sur les terrains alentour et envahit le lit majeur de la rivière (Voir figure 2-1).

De nombreux géographes et hydrologues s'accordent à préciser qu'une rivière est en crue lorsque son débit est égal à trois à cinq fois supérieur à son débit moyen (Salomon, 1997). Dans son ouvrage « L'homme face aux crues et aux inondations », Jean-Noël Salomon précise : « ... De façon plus pragmatique, on admet qu'une rivière est en crue lorsqu'elle déborde des limites de son lit mineur. Il s'agit d'un phénomène naturel périodique qui n'est exceptionnel que lorsque les débits deviennent considérables par rapport à son module... ». (Salomon, 1997).



Source : www.georisques.gouv.fr/articles/le-risque-inondation

Figure 2-1 : Schéma comparatif entre lit mineur et lit majeur d'un cours d'eau

2.1.3 Inondation et crue : quelle différence ?

Souvent lorsqu'on évoque le terme « crue », on fait systématiquement allusion aux inondations. Or, la crue désigne, en fait, l'accroissement du débit et de la hauteur d'eau qui s'écoule dans un cours d'eau. Cependant l'inondation correspond plutôt au phénomène qui en résulte.

2.1.4 Les inondations : une approche typologique

Nous avons vu dans le chapitre précédent, que l'aléa inondation se définit par sa fréquence, sa puissance, son intensité, son extension spatiale, sa durée et sa saisonnalité. Cette multitude de caractéristiques recouvre des réalités multiples et peut favoriser la survenance de plusieurs types d'inondations sur un même territoire. De ce fait, il est beaucoup plus pertinent de classer les inondations par rapport aux territoires sur lesquels elles se produisent que par rapport à leur typologie.

Cette approche de classification selon le territoire exposé a permis au Dr C. Combe (2007) de dégager deux grandes catégories d'inondations : celles provoquées par crue torrentielle ou par ruissellement urbain. A noter également : les inondations de plaines qui affectent de grandes villes fluviales, les inondations par remontée de nappe et enfin les inondations marines par submersion des zones littorales. Nous nous intéressons particulièrement aux deux premières catégories d'inondations, qui frappent la majorité des territoires, notamment les villes algériennes. Il s'agit de « crues torrentielles » et « les inondations par ruissellement urbain ».

2.1.4.1 Inondations par crues torrentielles : des crues « éclair »

Une crue torrentielle, appelée aussi crue éclair est une montée d'eau brusque et violente, accompagnée d'une décrue tout aussi rapide, portant souvent l'évènement à un laps de temps très court (*entre 30 minutes et une à deux heures tout au plus*). (A.Ammari, 2017) Les crues torrentielles qui caractérisent nos territoires sont des averses provoquées par des pluies soudaines, orageuses et intenses sur des bassins versants imperméables ou imperméabilisés, où l'eau ruisselle directement sur les versants jusqu'aux lits des Oueds où en contrebas des pentes. (Ledoux 2006).

La soudaineté de ces crues et la puissance des écoulements qui en résultent les rendent particulièrement dévastatrices. Les crues torrentielles dont il s'agit, sont le plus souvent dues soit, à des manifestations climatiques propres au climat méditerranéen qui caractérise le nord de l'Algérie, soit à l'ascendance des masses d'air sec et chaud qui forment des noyaux pleuvioter localisés sur les Hauts Plateaux, le Grand Sud ou des îlots de chaleur urbains. La faculté dévastatrice de ces crues torrentielles est souvent accentuée par leur capacité érosive élevée, favorisant le transport des sédiments arrachés sur les pentes ou prélevés dans le lit même des oueds. Les crues torrentielles charrient des déchets et détritiques solides de tout genre qui forment des obstacles dont la rupture donne de la vitesse à la crue et vient augmenter la violence de l'écoulement.

Les inondations qui en résultent sont une menace permanente pour les populations du fait de leur brutalité, la violence et la rapidité de la montée des eaux qui peut surprendre les populations se trouvant implantées sur le cône de déjection des torrents. Souvent, les inondations les plus meurtrières surprennent leurs victimes très loin des zones de précipitations. Sans signe annonciateur, elles surviennent sous forme de torrents impétueux et causent des pertes parmi les personnes et les animaux d'élevage très loin, en aval des

zones de précipitations. Le risque d'inondation torrentielle n'est pas spécifique à un pays ou à une étendue géographique particulière.

Prévenir les inondations torrentielles décrites plus haut est un enjeu essentiel de la gestion de ce genre de risque. La violence des précipitations et la rapidité du temps de réponse des petits bassins sont telles que le suivi des débits ne permet pas d'anticiper la crue. S'agissant de formations nuageuses soudaines, très localisées et de petites masses, le recours à des mesures classiques pluviométriques et à des modèles de prévisions météorologiques est inopérant pour mesurer la volumétrie et donner l'alerte.

Face à des cours d'eau à écoulement temporaire, le plus souvent à sec, les acteurs de la gestion de risque déplorent l'absence de données hydrométriques et pluviométriques pouvant les aider à comprendre le phénomène et à le prédire. Cette faiblesse ou absence de données, rend difficile la prévision des périodes de retour de ces événements et par conséquent, la définition d'une crue de référence permettant de dimensionner les ouvrages de protection ou d'en établir un zonage réglementaire.

2.1.4.2 Inondations par ruissellement en secteur urbain : l'urbanisation remise en cause ?

Le ruissellement pluvial urbain est un phénomène qui n'est pas propre aux villes à proximité des cours d'eau. Il se produit suite à des précipitations intenses et localisées, en milieu urbain et se manifeste particulièrement du fait de l'importance des pentes et de la faiblesse du temps de réponse entre les précipitations et le ruissellement (Alger, novembre 2001).

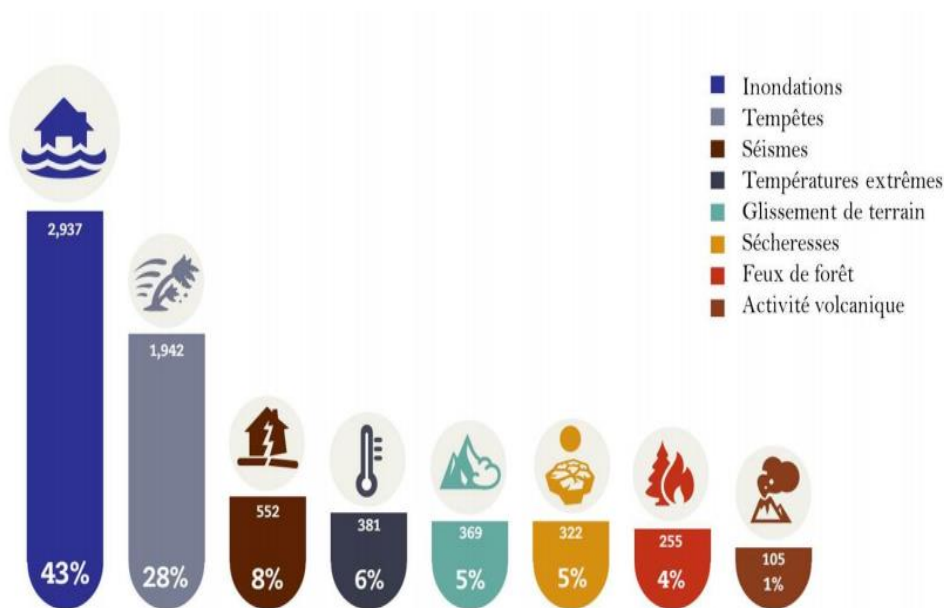
Les inondations par ruissellement recouvrent des phénomènes physiques différents selon qu'elles se produisent en milieu rural, périurbain ou urbain. Si l'on se fie à Ledoux (2006) : « ... ces phénomènes se caractérisent par leur soudaineté et leur courte durée, ce qui les rend peu prévisibles et difficilement maîtrisables en période de crise... » (Ledoux, 2006). Le ruissellement urbain est la conséquence directe des effets de l'urbanisation inconsidérée qui provoque une imperméabilisation des sols et empêche l'infiltration des eaux qui à leur tour se concentrent en surface et saturent les réseaux d'écoulement superficiels et souterrains. Les travaux de J.Valy (2010) sur « le risque inondation en Bretagne » lui ont permis d'établir que la corrélation entre le volume de la crue et le volume de la pluie dépend de certains autres paramètres. Pour elle, « ... le rapport du volume de crue au volume de pluie est commandé essentiellement par la capacité d'infiltration des pluies dans le sol, généralement lié à l'état de celui-ci, mais dépendant

aussi de l'intensité de l'averse, de la pente et du degré d'imperméabilisation du terrain... ». (Valy, 2010)

Les inondations par ruissellement pluvial peuvent toucher des zones qui n'étaient pas inondables auparavant. En Espagne, des villes comme Madrid et Barcelone sont désormais exposées à ce type de risque. Montréal au Canada (1987), des villes comme Toulouse en France (1992), des quartiers montpelliérains et marseillais en France (2002), des quartiers du nord de Londres en Angleterre (2000, 2002), ont connu ce genre d'inondations qui leur était étrange, jusqu'alors. Le risque « inondations » à la tête des catastrophes dans le monde.

2.2 Les inondations : une menace permanente pour la planète.

Les inondations sont prépondérantes et constituent le risque le plus récurrent dans le monde avec 43.00 % de l'ensemble de catastrophes naturelles recensées ces dernières années (voir figure 2-2). Dans ce contexte, explique Debarati Guha-Sapir, directrice du CRED¹⁷ « C'est de loin la plus grande menace pour le monde, y compris l'Europe... ».



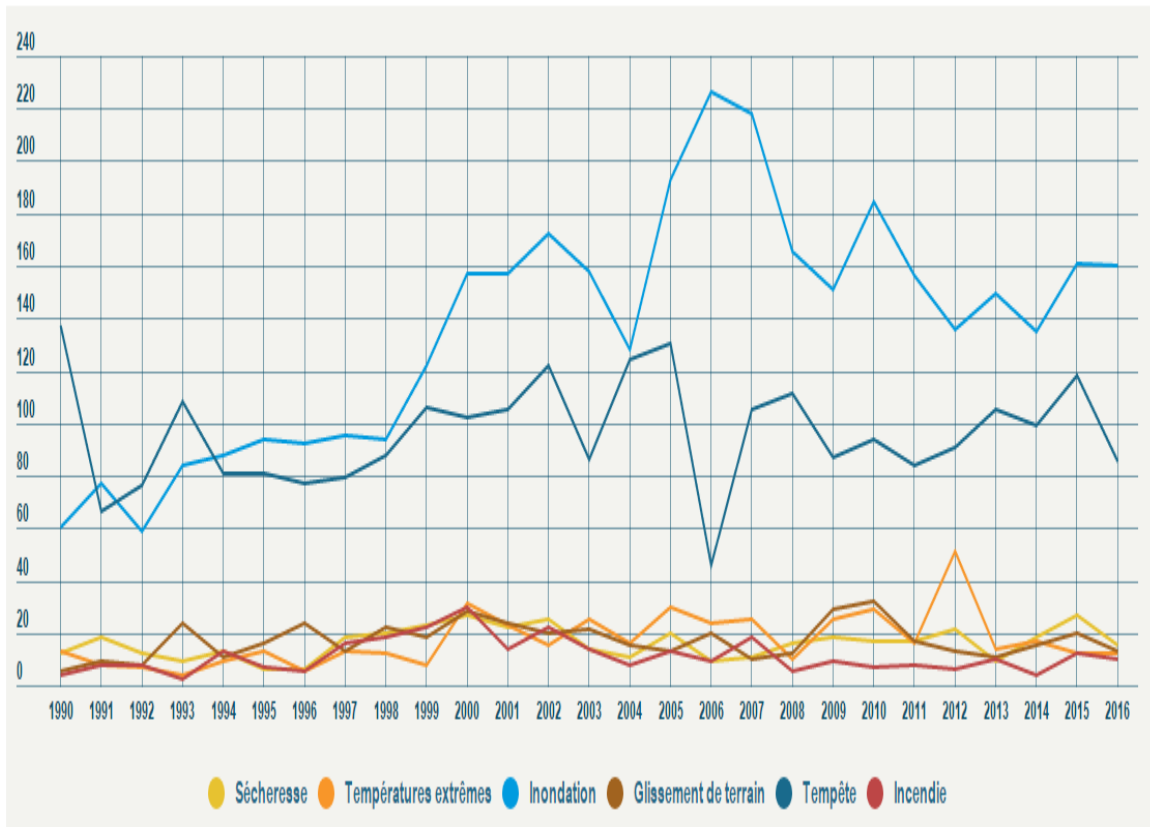
Source : Centre for research of the epidemiology of disasters, 2015

Figure 2-2 : Types de catastrophes survenues dans le monde de 1994 à 2013

17 CRED : Centre de recherche sur l'épidémiologie des catastrophes.

2.2.1 Le risque « inondation » à la tête des catastrophes naturelles dans le monde

Suivant les données recueillies depuis des décennies par le CRED, Debarati Guha-Sapir évoque un bilan alarmant. À titre d'illustration, durant les années quatre-vingt-dix, seulement quatre-vingt-sept (87) inondations ont été enregistrées chaque année. En revanche, le chiffre a presque doublé depuis les années 2000 où on a recensé plus 165 inondations par an.



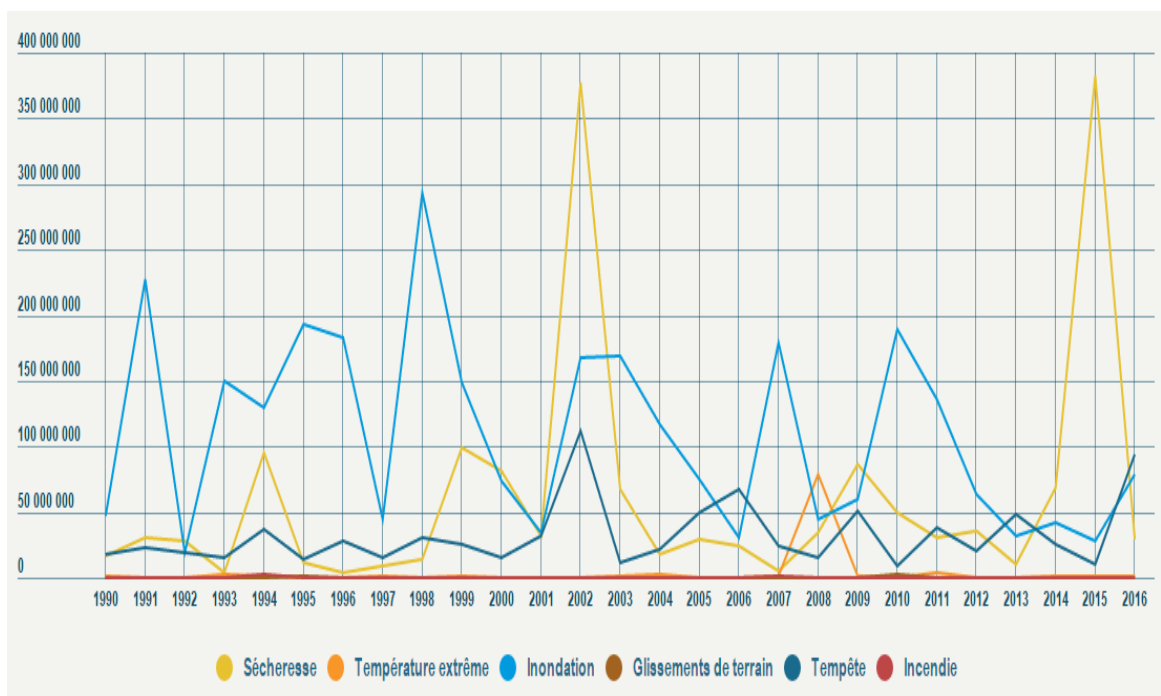
Source : EM-DAT : The Emergency Events Database - CRED, D. Guha-Sapir - www.emdat.be

Figure 2-3 : Fréquence par type catastrophe naturelle

Plusieurs spécialistes s'accordent à confirmer que l'inondation serait les plus dommageables et les plus mortelle des risques majeurs répertoriés par les Nations Unies. (Pulvirenti et al. 2011 b). Elles à l'origine de la moitié des décès occasionnés par les catastrophes naturelles au cours des dernières décennies engendrant presque un tiers des dégâts matériels et de pertes économiques à l'échelle de la planète. (James, 2008). À titre d'exemple, on a enregistré plus 178 millions de sinistrés par cet aléa naturel pour la seule année 2010 et des pertes sèches qui ont dépassé les 40 milliards de dollars déclarée durant la même année. (KJha. À, Bloch.R Lamond.J, 2011)

2.2.2 Impact des inondations dans le monde : un dévastateur redoutable

Selon le rapport du CRED cité précédemment, le nombre de personnes sinistrées suite à la survenance d'une inondation s'élève à 145 millions de personnes (en moyenne) affectées directement dans le monde, chaque année. Un chiffre terrible qui nous donne une idée sur l'impact dévastateur de cet aléa naturel. (Voir figure 2-4)



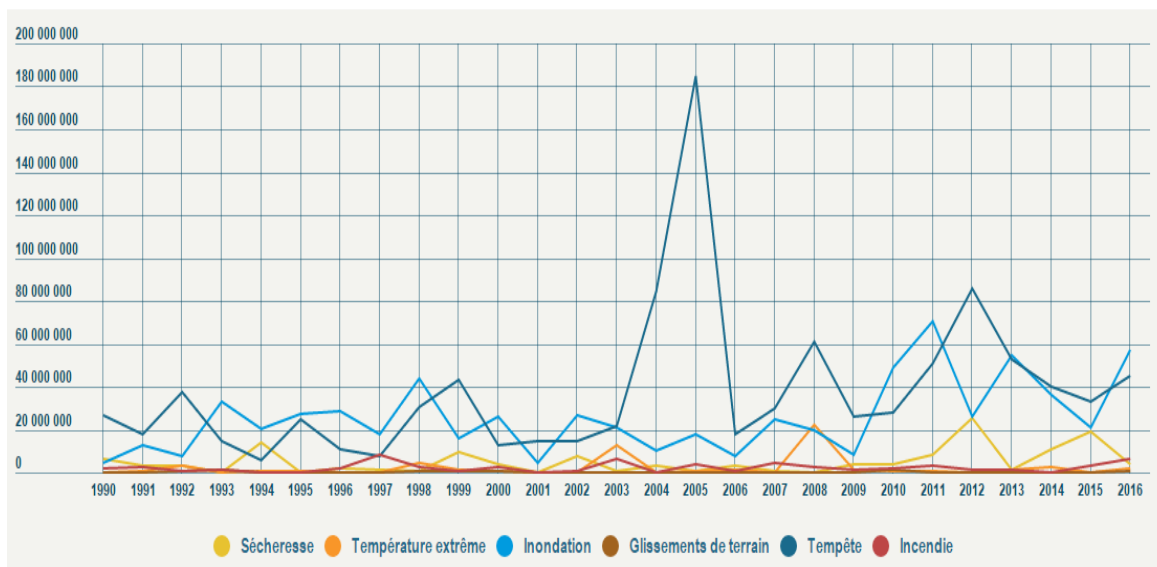
Source : EM-DAT : The Emergency Events Database - CRED, D. Guha-Sapir - www.emdat.be

Figure 2-4 : Nombre de personnes affectées par types de catastrophe naturelle

Cependant, le bilan des pertes économiques induites par les inondations est qualifié de catastrophique. Selon le CRED et à titre d'illustration le risque inondation représente à lui seul plus de 50 % des coûts globaux des catastrophes naturelles liées à l'eau et au changement climatique. Le CRED estime le montant des dommages économique à 56 milliards de dollars. (CRED, 2017).

Selon les experts de la Banque mondiale, à l'échelle mondiale, le nombre de personnes directement exposées au risque d'inondation avoisinerait les quelques 1,47 milliard dont 600 millions d'individus vivent sous le seuil de la pauvreté¹⁸.

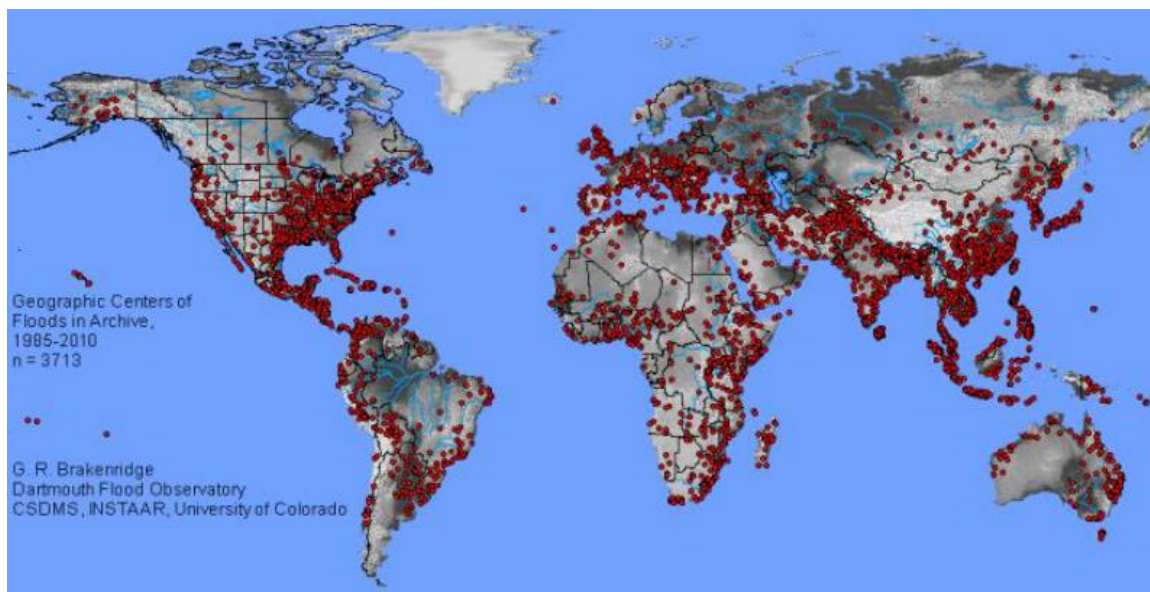
¹⁸ JUN ERIK RENTSCHLER et MELDA SALHAB : « 1,47 milliard de personnes sont exposées à un risque d'inondation, et plus d'un tiers d'entre elles à des catastrophes aux effets dévastateurs », 12 NOVEMBRE 2020



Source : EM-DAT : The Emergency Events Database - CRED, D. Guha-Sapir - www.emdat.be

Figure 2-5 : Coût total des dommages (en millier de dollars) par types de catastrophe naturelle

Ces inondations impactent toutes les régions du globe sans exception et touchent pratiquement tous les continents (Voir figure 2-6) depuis les zones arides, jusqu'à la Sibérie.

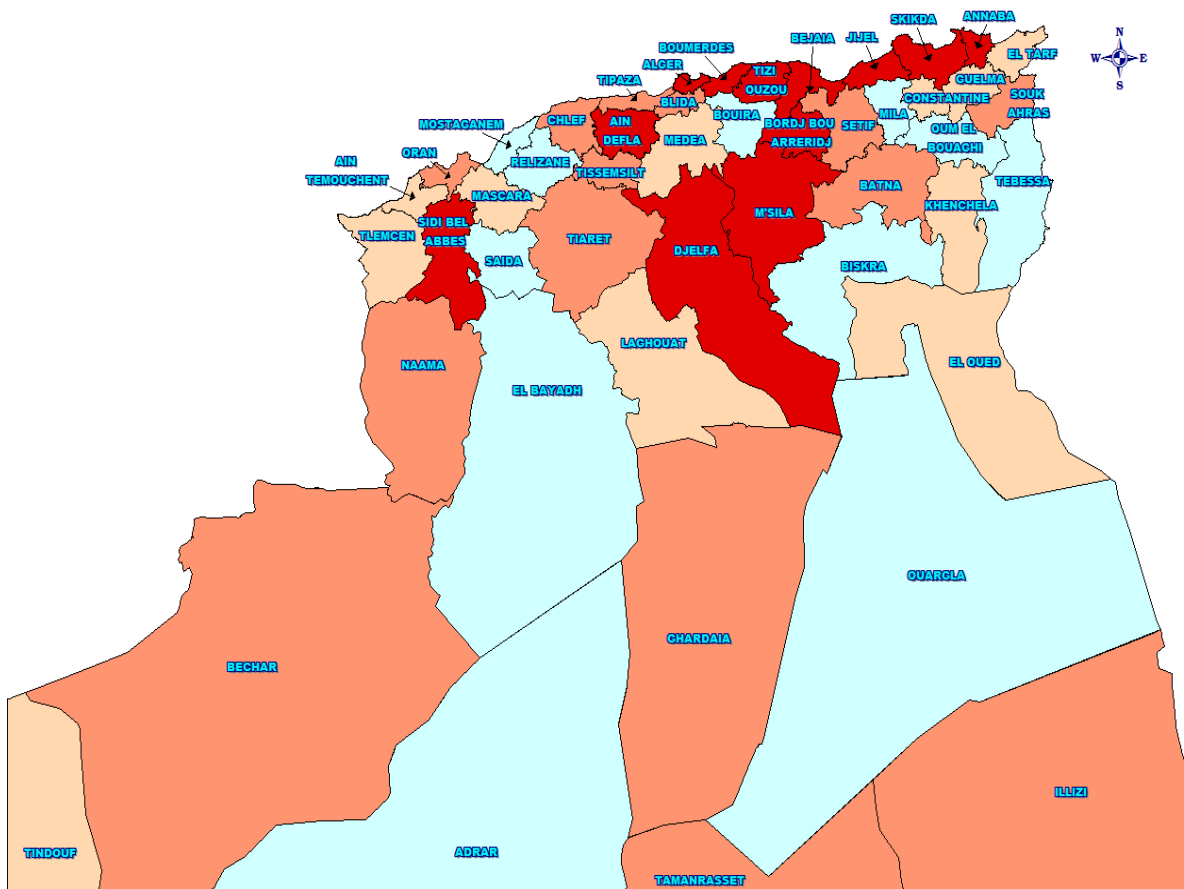


Source : Weather.com, 22 mai 2014

Figure 2-6 : Étendue des zones touchées par les inondations dans le monde

2.3 Les inondations en Algérie : un risque majeur à caractère répétitif

Les inondations en Algérie constituent désormais le risque majeur le plus récurrent sur le territoire, causé principalement par des crues exceptionnelles engendrant des débordements des cours d'eau (oueds) traversant les villes, habituellement à sec. Ces crues dont la survenue est soudaine et imprévisible sont souvent liées à des pluies diluviennes et impactent notamment les bassins versant de taille moyenne, affectent des villes dans les vallées au pied des montagnes.



Source : CTL 19- Batna, 2008

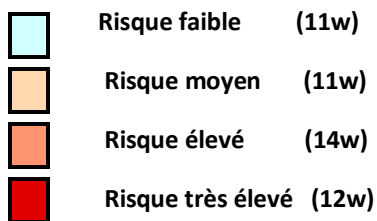


Figure 2-7 : Risque « inondation » en Algérie

¹⁹ CTL : Comité Technique Local

Comme le montre la figure 2-7 ci-dessus, les évènements dramatiques que nous allons développer par la suite, relatifs aux inondations en Algérie, montrent clairement que tous les territoires sont touchés : les côtes méditerranéennes, les plaines de l'Atlas Tellien, les Hauts Plateaux et les versants des deux chaînes montagneuses qui traversent le pays d'ouest en est ainsi que les régions sahariennes. La particularité des inondations dans les agglomérations traversées par de petits oueds tient notamment à la nature du phénomène de crue.

Que ce soient des villes côtières, des villes de l'intérieur du pays, des villes des hauts plateaux ou des villes du grand Sud, nous remarquons que la nature des inondations qu'elles ont frappées est la même ; il s'agit de « crues torrentielles » (A.Ammari, 2017).

En effet, ces crues qui impactent aussi bien le nord que le sud du pays atteignent parfois l'ampleur d'une catastrophe naturelle causant ainsi des pertes humaines et d'importants dégâts matériels et entravent, par conséquent, le développement économique et social en Algérie. Dans ce cadre, le rapport du PNUD²⁰ précise « ... *Ces phénomènes provoquent des catastrophes destructives et occasionnent d'importants dégâts humains et matériels. Il y a en Algérie plus de 100 000 constructions en zones inondables...* » (UNDAF 2007/2011)²¹.

En Algérie, il n'y a pas de villes traversées par de grands fleuves ou de grandes rivières. En revanche, rares sont les centres urbains, villes ou agglomérations de différentes tailles qui ne sont pas traversés par des oueds qui sont souvent à sec, la plus grande partie de l'année et qui se réveillent épisodiquement pendant la saison hivernale ou les périodes de fortes précipitations orageuses intersaisons (printemps-été, été-automne, automne-hiver).

2.3.1 Lecture diachronique des principales inondations qui ont impacté l'Algérie :

Nous ne disposons pas assez de récits historiques ou de statistiques fiables sur les inondations que les cours d'eau ont pu provoquer antérieurement à l'indépendance. Néanmoins, plusieurs chercheurs rapportent les principales inondations qui ont impacté l'Algérie, que nous avons synthétisé dans un tableau récapitulatif (voir tableau : annexe D).

²⁰ PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement

²¹ Le plan cadre des Nations unies pour la coopération au développement (UNDAF 2007/2011),

Avant la moitié des années 70, les Oueds et Chaabat étaient loin des centres urbains. Sous la pression démographique et la libéralisation de l'acte à bâtir, l'Algérie a connu une urbanisation anarchique avec une cadence effrénée. Il n'est pas fortuit de constater que les plus grandes catastrophes provoquées par les inondations et les crues des cours d'eau ont été enregistrées après les années 80. Au fur et à mesure que la construction anarchique atteint les cours d'eau et que les lits des Oueds s'urbanisent, la vulnérabilité des villes augmente et les conséquences désastreuses des inondations s'amplifient.

Ainsi toutes les régions du pays n'ont pas été épargnées par l'ampleur des inondations qui ont impacté le pays depuis fort longtemps. La série des inondations les plus dramatiques et meurtrières commence le 1^{er} septembre 1980 dans la ville d'El Eulma, qui a fait 44 morts.



El eulma 2010

Les inondations d'Annaba de 2005 mais surtout celles du 11 novembre 1982 qui se sont soldés par la mort de 26 personnes et 9500 sinistrés et récemment en décembre 2005.



Annaba 2005

Les inondations qui ont frappé la ville de Jijel, le 29 décembre 1984 causant la mort de 29 personnes et 11000 sinistrés. Ensuite vient le tour de la ville de Bordj Bou Arreridj du 23 septembre 1994 qui a vu les crues de l'Oued qui traverse la ville débordée, faisant 16 morts.

A Bejaia, oued Soummam a débordé en 2019 suite à des pluies diluviennes causant des inondations au centre de la ville



Bejaia 2019

Source : search =inondation+en+algérie

Figure 2-8 Inondations à El eulma, Annaba et Béjaia



Bab El Oued 2001



Ghardaia 2008



Tébessa 2018



Skikda 2019

L'évènement le plus dramatique qui a marqué les esprits reste incontestablement celui des inondations de Bab El Oued à Alger, survenu le 11 novembre 2001 faisant 710 morts, 115 disparus et plus de 30 milliards de dinars de dégâts. Les dernières inondations de la série sont celles de la vallée du M'Zab à Ghardaïa, en octobre 2008 causant plusieurs morts. Les inondations les plus récentes enregistrées en Algérie sont celles de l'année 2018 à Tébessa et à Illizi et Skikda en 2019.



Illizi 2019



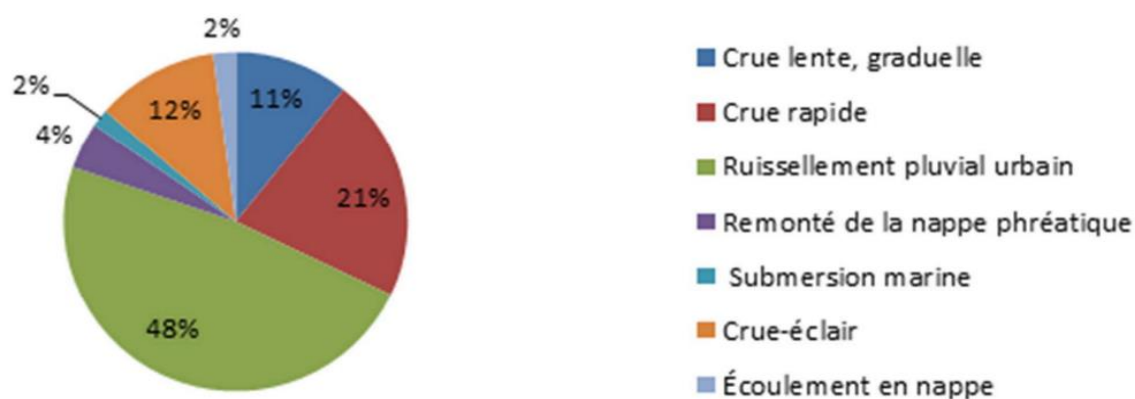
Béchar 2008

Source : search =inondation+en+algérie

Figure 2-9 Des photographies illustrant les inondations récentes en l'Algérie

2.3.2 Typologie des inondations en Algérie : le ruissellement urbain et les crues torentielles partagent le risque

Le graphe ci-dessous, présenté par la direction générale de l'ANRH²² (2018) dans son rapport annuel présenté pour sa tutelle (ministère des Ressources en eau), nous détaille les types d'inondations recensées en Algérie.



Source : ANRH, 2018

Figure 2-10 : Typologie des inondations en Algérie

Selon le graphique 2-10, tout semble indiquer que les deux types d'inondations qui impactent le plus de nos villes algériennes sont celles causées par le ruissellement pluvial urbain avec 48 % (presque la moitié) et en second lieu viennent les crues torrentielles rapides dont le pourcentage avoisine les 21 %. Ensuite les crues-éclair dont la concentration en pourcentage est estimée à 12 % et les crues lentes graduelles avec un pourcentage presque similaire (11 %). Les autres types d'inondations à savoir : « remontée de la nappe phréatique », « écoulement de la nappe » et « submersion marine » sont presque négligeables dans le territoire Algérien.

2.3.3 Causes majeures des inondations catastrophiques en Algérie : épisodes pluvieux, topographie défavorable et facteurs anthropiques

Selon un rapport présenté par le représentant du ministère des ressources en eau lors de la conférence nationale sur les risques majeurs tenus qui s'est tenue au siège du CIC²³, le

²² ANRH : Agence Nationale des Ressources hydrauliques

22-23 octobre 2018, les causes majeures des inondations catastrophiques en Algérie demeurent :

- Lors d'épisodes récurrents, on note des situations météorologiques exceptionnelles constituées principalement d'orages violents et de quantités de pluies importantes dans un laps de temps trop court. Parmi ces inondations, Merabet (2008) a cité : « ... les inondations des bassins de Mazafran et de la Sebaou en décembre 1957, les inondations catastrophiques de mars 1973 sur l'Est algérien, celles de mars 1974 des bassins versants de l'Algérois, les inondations de décembre 1984 surtout l'Est algérien, etc. » (Merabet, 2008) ;
- Topographie défavorable comme le cas villes « vallées » traversées également par des cours d'eau, situées au pied d'une chaîne de montagnes. À titre d'exemple, nous pouvons citer les villes de Batna, Ain Defla, et Médéa. D'autres villes algériennes ne dérogent pas à cette règle comme Bordj Bou Arréridj, Oued R'hiou et Sidi Bel Abbés qui sont traversées par des oueds plus ou moins importants ;
- Facteurs anthropiques liés à l'effet de l'homme relatif aux inondations. À titre d'illustration, nous pouvons noter le transport des solides significatifs dans 56 % des cas, charriés lors de crues soudaines (Merabet, 2008). À cela, s'ajoute la défaillance des réseaux d'assainissement et de drainage des eaux pluviales qui est due notamment à l'absence d'opérations de nettoyage et curage périodique des regards et caniveaux de collecte.

2.3.4 Zones inondables en Algérie : des centaines de sites menacés

Selon une étude réalisée par OFITECO²⁴ en collaboration avec les services techniques du ministère des ressources en eau, plus de 1.600 personnes sont mortes suite aux différentes inondations survenues en Algérie depuis 1921. La même étude a répertorié plus de 689 sites menacés fortement par risques d'inondations dont une cinquantaine serait classée comme très vulnérable et une vingtaine nécessitant une intervention urgente. Bien avant, en 2007, un rapport émanant de la direction générale de la protection civile portant

²³ CIC : Centre International des Congrès

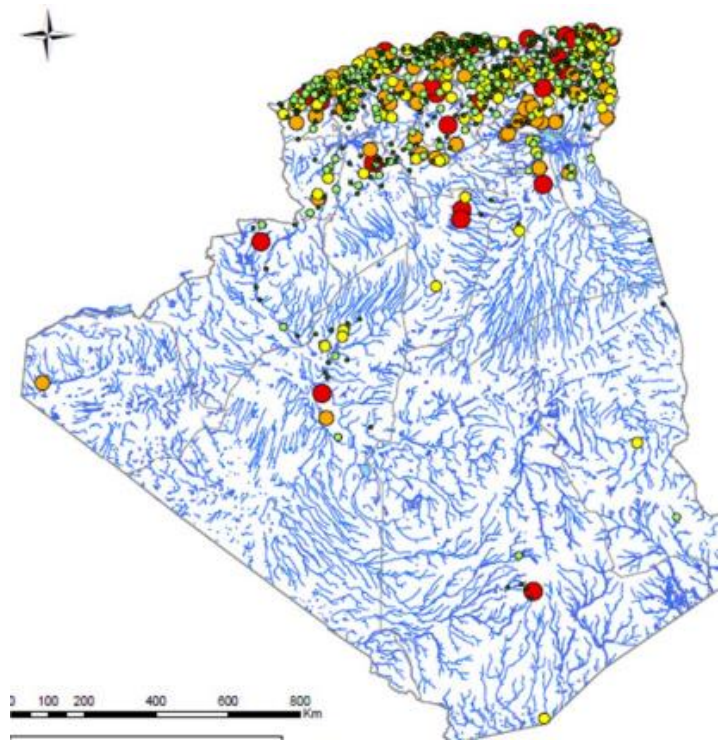
²⁴ OFITECO : Cabinet espagnol des études sur les risques majeurs représentant du consortium de bureaux d'études espagnols et hollandais.

sur « *les inondations en Algérie* » avait soulevé explicitement la question des zones inondables en Algérie.

Selon le même rapport, plus d'une commune sur trois soit 485 d'entre elles serait partiellement ou totalement submersible en cas de crues exceptionnelles (DGPC, 2007).²⁵

La figure 2-11 ci-après nous renseigne sur les sites les plus exposés au risque d'inondation (toutes catégories confondues), classés selon leurs degrés de vulnérabilité.

Cette carte a été élaborée par les services techniques du ministère des ressources en eau et présentée lors de la conférence nationale sur les risques majeurs portant sur la thématique prise en charge de la problématique des inondations tenue les 22-23 octobre 2018 au siège du CIC à Alger.



Classification risque	Rang	Zones
1	Très Bas	313
2	Bas	167
3	Moyen	106
4	Haute	65
5	Très Haute	38
		689

Source : Ministère des Ressources en eau, 2018

Figure 2-11 : Zones vulnérables au risque d'inondation en Algérie

Nous avons dressé également un bilan des zones inondables en Algérie par aire géographique, synthétisé dans le tableau (en Annexe E). Dans ce travail de synthèse,

²⁵ DGPC : Direction Générale De La Protection Civile — Direction de prévention — Sous-direction des risques majeures Bureau des risques naturels, Rapport intitulé : « Les inondation en Algérie », 21 p, 2007

l'accent a été également mis sur les bassins versant dont les crues prennent leurs origines. Ce tableau recense aussi les principaux oueds menaçant nos villes algériennes.

Le même principe a été adopté pour la présentation des principaux cours d'eau (oueds)²⁶ menaçant les villes inondables en Algérie. Ainsi, le critère de classification par aire géographique sera retenu. (Voir annexe E)

2.4 Les inondations à Batna : des crues périodiques dévastatrices

Le retour d'expérience nous renseigne que la ville de Batna a été toujours impactée par des crues récurrentes qui reviennent périodiquement, notamment lors des épisodes pluvieux après la saison estivale.

2.4.1 Batna, la ville –cuvette : une ville vulnérable

À l'instar de beaucoup de villes algériennes, Batna étant que métropole régionale importante, est l'une des agglomérations qui présente un grand risque d'inondations où de fortes crues interviennent en moyenne toutes les 3 à 4 ans. Si le risque est inhérent à toute société, la vulnérabilité de la ville de Batna, qui concentre tant d'enjeux humains et matériels, semble aujourd'hui s'accroître face à ce type d'aléa qu'elle encourt.

Implantée sur un site légèrement en pente, la ville de Batna est traversée par plusieurs oueds et entourée par un relief très accidenté formé de montagnes rassemblant plusieurs cônes de déjection hydraulique. Sa topographie fait d'elle un réceptacle idéal des eaux pluviales, qui à chaque crue, provoque des inondations dévastatrices. Batna demeure ainsi une ville vulnérable face aux risques de crues récurrentes, qui paralysent partiellement les activités économiques dans la région et causent des pertes humaines (Saidi, 2000).

Dans ce cadre, il convient de rappeler les principales crues du 13 septembre 1983, de 19 septembre 1986, 05 juillet 1987, juin 2006, septembre 2007, juillet 2008, et récemment

²⁶ Selon Jean-Louis Ballais (2010), l'apparition du terme « Oued » remonte à 1886, cité par Reclus (1886) : « ... dans son glossaire géographique, *nahr* : cours d'eau, fleuve ou rivière ; *ouâdi*, *ouâd*, *oued* : rivière, ruisseau, torrent, lit torrentiel à sec et aussi dépression, crevasse, fosse, vallée ». (Ballais, 2010). De même, É.F. Gautier (1939) précise que « ... les dépressions entre l'Ouadi Natron et Siouah sont appelées Ouadi par les Égyptiens et que les vallées quaternaires, sèches, du Tassili des Ajers, sont appelées Ouadi par les indigènes » (Gautier, 1939). Néanmoins, pour nous, nous estimons que le terme « Oued » remonte plutôt à quatorze siècles auparavant et a été cité dans le « Coran sacré » pour désigner un grand cours d'eau.

les inondations qui ont frappé la ville de Batna le 13-14 mars 2014 et le mois d'août 2015. Ces crues ont laissé des séquelles dont le bilan était lourd en matière de vies humaines et de dégâts matériels importants (Voir figure 2-12).



Source : CTL, 2014

Figure 2-12 : Plusieurs cités inondées au niveau de la ville de Batna

Le tableau ci-dessous retrace l'histoire des inondations qui ont impacté la ville de Batna avec un bilan succinct des dégâts engendrés par ces catastrophes naturelles. Comme le montre ce tableau de synthèse, ces crues exceptionnelles remontent à 1963 et continuent à frapper la ville jusqu'à aujourd'hui, et ce malgré les mesures prises par les pouvoirs publics pour endiguer ce risque (voir tableau 2-1).

Tableau 2-1 : Aperçu historique sur les inondations qui ont impacté la ville de Batna

Date	Dégâts
1963	12800 familles sinistrées et dégâts évalués à 456 millions de centimes.
1965	04 morts, 07 blessés et importants dégâts matériels.
09 oct. 1969	27 morts, 44 blessés, 5014 familles sans abris et dégâts matériels évalués à 495 millions de centimes..
26 mars 1973	4400 familles sans abris et dégâts matériels évalués à 282 millions de centimes
05 sept. 1979	04 morts, 144 familles sinistrées et dégâts évalués à 130 millions de centimes
10 nov. 1982	37 familles sinistrées
13 sep. 1983	76 familles sinistrées et dégâts évalués à 412 millions de centimes.
19 sep. 1986	66 familles sinistrées et dégâts évalués à 77 millions de centimes.
05 juil. 1987	02 morts, 167 familles sinistrées et dégâts évalués à 175 millions de centimes.
22 jan. 1990	38 familles sinistrées
13 mai 1990	89 familles sinistrées
06 sept. 1990	25 habitations détruites & 30 familles sinistrées
01 oct. 1994	10 habitations détruites et 10 familles sinistrées
31 août 1997	23 habitations détruites et 23 familles sinistrées 03 ponts et 06 kms de routes et trottoirs détruits
04 mai 2006	Élévation du niveau d'eau sur les routes et dans les oueds avec inondation de 40 habitations
16 juillet 2008	03 morts, 27 blessés et une dizaine de constructions détruites et un grand nombre de véhicules emportés par les eaux
13-14 du mois de mars 2014	02 morts, 19 maisons inondées et plusieurs routes débordées
24 août 2015	01 mort et dégâts matériels importants

Source : CTL, 2014

2.4.2 Protection de la ville de Batna contre les inondations : des mesures inefficaces

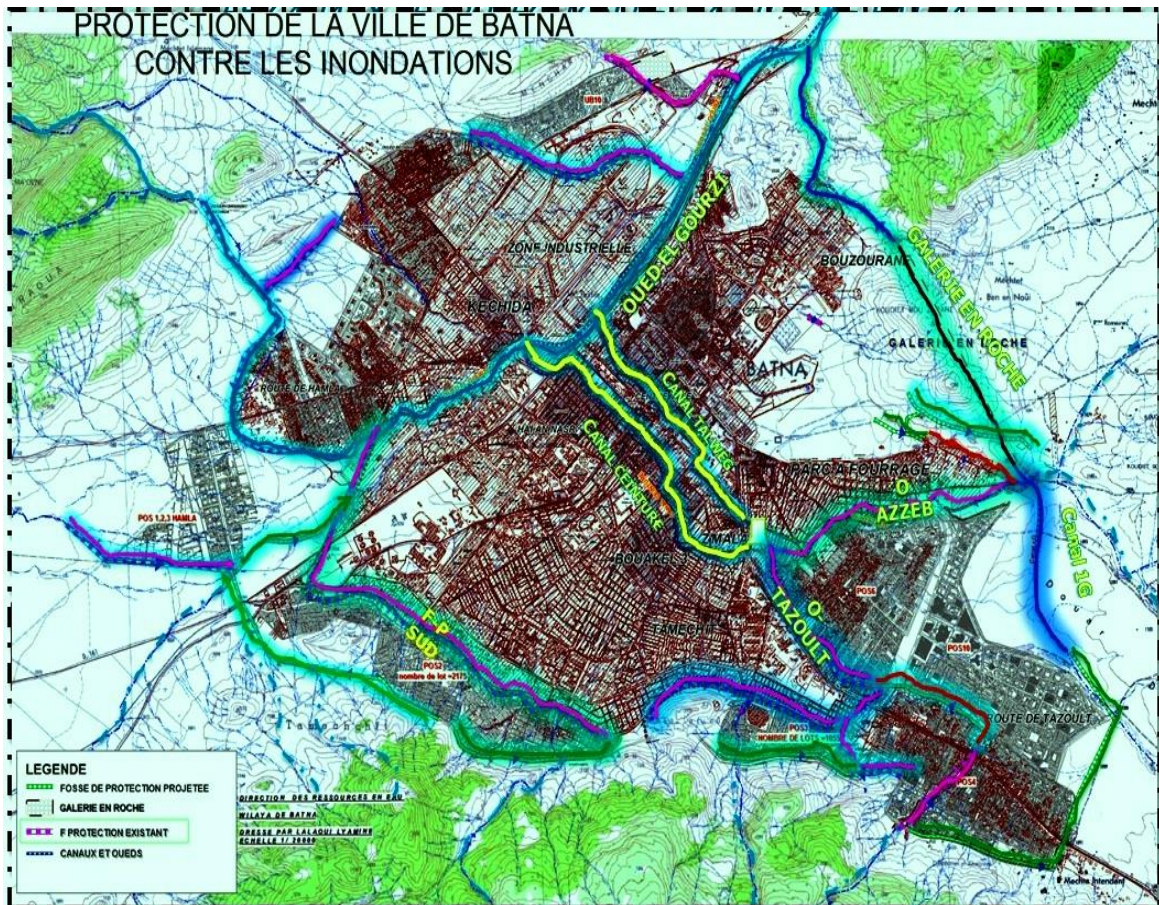
Pour faire face à ce problème récurrent, les autorités locales ont procédé à la déviation des principaux oueds traversant le centre-ville vers la sortie sud de Batna. Il s'agit des trois cours d'eau : Tazoult, Bougdane et Azzeb. Ce projet de déviation lancé dans le cadre de protection de la ville contre les inondations avait coûté plus de 2,6 milliards de DA.

Dans le même contexte, le comité technique local (CTL, 2014) de la wilaya, composé des différents services techniques de la wilaya, y compris la protection civile a détaillé l'ensemble des opérations visant à protéger la ville de Batna contre les inondations comme suit :

Deux galeries : une constituée essentiellement de roche dont la longueur avoisine les 2620 ml avec un diamètre de huit mètres, et l'autre en béton armé avec une dimension de : 8 x 4 x 2. Sa longueur est estimée à 475 ml.

A noter aussi le recalibrage de l'oued de Tazoult et la couverture de l'Oued Talweg avec une galerie à deux orifices. 02 ponts routiers Ayoune el Assafir et 01 pont ferroviaire Bouzourane on été proposés.

Enfin, Plusieurs canaux et fossés de protection au niveau des secteurs : Hamla, Bouzourane le fameux canal 1G-canal STEP et enfin canal de protection de la route de Tazoult dont la longueur dépasse les 11 km.



Source : CTL, 2014

Figure 2-13 : Protection de la ville de Batna contre les inondations selon le CTL

Après ces travaux de recalibrage des oueds « Ceinture » et « Talweg » au centre-ville (Voir figure 2-14), oued Azzab a bénéficié quant à lui d'une enveloppe budgétaire d'un montant de 400 millions de dinars ayant pour but les travaux de recalibrage de cour d'eau

traversant la partie est de la ville du côté du secteur urbain de « Parc à Fourrage » sur une longueur de 2500 mètre linéaires (voir figure 2-13). (Impact 24, 2014)²⁷



Source : (Benyahia, 2015)

Figure 2-14 : Travaux de couverture et de recalibrage des cours d'eau « Canal Ceinture » et « Canal Talweg »

Cependant, les objectifs attendus de ces travaux d'aménagement étaient décevants face à l'ampleur des épisodes exceptionnels de crues qui ont impacté la ville. Selon plusieurs chercheurs, un des facteurs importants, ne semble pas avoir été pris en charge de façon rationnelle. Il s'agit d'une ville « cuvette » implantée dans une vallée au pied d'une chaîne de montagnes qui entoure la région, qui génère des pentes très fortes (bassin versant) et cumule en un laps de temps très court, des quantités importantes de pluies diluviennes. Le constat est sans appel, le retour d'expérience confirme que les ouvrages de protection réalisés n'ont pas pris en compte l'ampleur des écoulements de type torrentiel dans la ville de Batna.

²⁷ Impact 24 Info : « 400 millions DA pour la protection de la ville de Batna contre les inondations », consulté sur <http://www.impact24.info> le 02.05.2014.

Conclusion :

Les inondations en tant que risque naturel se distinguent généralement par leurs fréquences, leurs intensités et occurrences, leurs durées, leurs vitesses des courants et l'étendue des zones submersibles ordinairement hors d'eau (Cortes, 2006).

À l'échelle mondiale, les inondations seraient les plus dommageables et mortels des risques naturels majeurs répertoriés par les Nations unies. Cette catégorie de catastrophes naturelles représente plus de 43 % des phénomènes dangereux recensés ces dernières années. L'Algérie ne déroge pas à cette règle : le risque d'inondation constitue désormais le péril majeur le plus récurrent sur le territoire. L'inondation est causée principalement par des crues exceptionnelles, engendrant des débordements des cours d'eau (oueds), habituellement à sec, traversant la majorité de nos villes.

Selon plusieurs rapports émanant de la direction générale de la protection civile, 485 communes, soit plus d'une sur trois, seraient partiellement ou totalement submersibles en cas de crues exceptionnelles. D'autres chercheurs confirment que plus de 1 600 personnes sont mortes suite aux différentes inondations survenues en Algérie depuis 1921. Les mêmes sources ont répertorié plus de 689 sites fortement menacés par le risque d'inondations dont une cinquantaine qui seraient classés comme très vulnérables et une vingtaine nécessiteraient une intervention urgente (OFITECO, 2012).

À l'instar de beaucoup de villes algériennes, Batna est traversée par plusieurs cours d'eau et entourée par un massif formé de plusieurs montagnes dont le relief est très raide, ce qui lui confère le statut de ville-assiette. Cette configuration physique fait d'elle un réceptacle idéal des eaux pluviales qui, à chaque crue, provoquent des inondations dévastatrices par ruissellement urbain. Ces crues impactant la ville sont souvent liées à des épisodes pluvieux intenses dont la survenue est soudaine et imprévisible. Ainsi, Batna demeure une ville vulnérable face aux risques de crues récurrentes, qui paralysent partiellement les activités économiques dans la région et causent des pertes humaines.

CHAPITRE III :

III- URBANISATION ET RISQUE D'INONDATION : UN COUPLE RÉCONCILIABLE ?

**CHAPITRE III : URBANISATION ET RISQUE D'INONDATION :
UN COUPLE RÉCONCILIABLE ?****Introduction :**

La survenance de plusieurs catastrophes ces dernières décennies a suscité un débat sans précédent au sein de la communauté internationale sur la question des risques naturels. Les villes constituent un terrain propice et concentrent davantage ces risques majeurs. En effet, comme le souligne P. Pigeon «...*l'évolution quantitative est claire : nous assistons à une croissance historiquement inédite tant des risques déclarés que des populations urbaines, croissance qui s'accompagne d'ailleurs de leurs différenciations et diffusions spatiales...* ». (Pigeon, 2005). Il avance ainsi la thèse de la synchronisation entre le processus d'urbanisation effréné et l'accroissement démesuré de l'occurrence des risques naturels.

Chaline et Dubois-Maury étayent leurs recherches par l'augmentation des dégâts matériels et humains, tant du point de vue quantitatif que qualitatif, impactant nos villes et démontrent ainsi l'existence d'un lien entre risque et urbanisation. Pour ces spécialistes, «... *l'augmentation de la vulnérabilité est liée à la généralisation du phénomène d'urbanisation, qui se traduit par une expansion spatiale, la concentration des effectifs humains, une complexité grandissante due à la multiplication des flux de toute nature ainsi qu'à la diversification et à la spécialisation accrue des fonctions urbaines...* » (Chaline et Dubois-Maury, 1994, 2004).

Dans ce cadre, plusieurs spécialistes (D'Ercole, 1994 ; November, 1994 et 2002 ; Pigeon, 1996 et 2007) s'accordent à confirmer l'existence d'une dialectique entre risque et urbanisation. Selon eux, l'omniprésence d'enjeux humains et matériels dans la ville amplifient sensiblement les risques urbains. À première vue exogènes, ces derniers sont aggravés par l'urbanisation. Ainsi, le sociologue allemand, U. Beck (2001), avance, pour la première fois, en 1986, l'expression « *société du risque* ».

Dès lors, ce chapitre mettra l'accent sur la relation complexe qui régit les deux phénomènes : l'urbanisation anarchique et effrénée qui caractérise la plupart de nos villes, d'une part, et le risque d'inondation en tant que phénomène naturel, d'autre part. Ce chapitre dressera également un bilan précis relatif au contexte général dans lequel évolue la politique nationale en matière de gestion et de prise en compte du risque d'inondation par rapport au phénomène d'urbanisation et aux instruments d'urbanisme en Algérie.

3.1 Le couple « urbanisation - risques majeurs » : une relation dialectique

Selon Reghezza (2006) et Combe (2004), étant un facteur structurel, l'urbanisation serait à l'origine même du risque en modifiant ses deux composantes à savoir : la vulnérabilité et l'aléa en favorisant l'exposition dans la ville. «... *L'urbanisation est un facteur structurel du risque puisqu'elle favorise l'exposition...* » (Combe, 2004). Le déploiement massif des constructions, la continuité du bâti dans la ville et la densité des populations qui y vivent contribuent particulièrement à la réduction de la vulnérabilité des zones urbaines exposées à un ou plusieurs aléas naturels, dont l'intensité, et la fréquence est imprévisible.

Pigeon, (2005) précise quant à lui que la complexité de l'urbanisation entraîne des mutations socioéconomiques des citoyens qui y résident modifiant profondément les mentalités quant à la perception du risque et favorise donc l'accroissement des effets induits des aléas naturels. Dans ce contexte, C.Combe (2004) disait : « ... *l'intensité et la fréquence des risques se sont accrues par un développement massif des constructions dans des zones exposées à un ou plusieurs aléas...* » (Combe, 2004). D'après le même auteur, l'urbanisation implique beaucoup de mutations sociologiques qui aboutissent en fin de compte au déni de la notion du risque.

Selon Laganier (2002), la modification de quelques risques urbains serait le résultat direct de l'action de l'homme exercée sur un certain nombre d'aléas naturels. Si la ville est considérée comme un facteur amplificateur des risques majeurs impliquant des risques, elle favorise également la volonté de les gérer (Pigeon, 2005). La nouvelle politique de gestion des risques naturels va modifier ces derniers dans leurs dimensions spatiales et temporelles allant même jusqu'à leur territorialisation (Laganier, 2006). Ainsi, l'accent sera mis, dans ce chapitre sur la prise en compte de l'aspect dialectique qui existe entre les risques naturels et l'urbanisation anarchique qu'a connue l'Algérie depuis son indépendance. Une analyse qui tend plutôt à favoriser une lecture endogène des risques majeurs menaçant nos villes.

3.2 Politique nationale de gestion des risques majeurs : itinéraire et perspectives

La gestion des risques majeurs en Algérie prend en compte essentiellement les conséquences directes de ces catastrophes naturelles notamment celles induites sur les établissements humains, leurs activités et leur environnement dans un objectif de

préservation et de sécurisation du développement et du patrimoine des générations futures. À ce sujet la loi 04-20²⁸ stipule clairement : « ... est qualifié de système de gestion des catastrophes, lors de la survenance d'un aléa naturel ou technologique entraînant des dommages au plan humain, social, économique et/ou environnemental, l'ensemble des dispositifs et mesures de droit mis en œuvre pour assurer les meilleures conditions d'information, de secours, d'aide, de sécurité, d'assistance et d'intervention de moyens complémentaires ou spécialisés... » (Article 4 — la loi 04-20, 2004).

Quant aux types de risques majeurs répertoriés en Algérie, notre pays a recensé une dizaine de risques majeurs (naturels et anthropiques). Parmi lesquels, nous pouvons citer : les inondations, les séismes, les mouvements de terrain, les incendies de forêts la sécheresse et même les vents violents. Cependant dans la catégorie des risques anthropiques²⁹, nous trouverons : les catastrophes (toutes catégories confondues : industrielles, aériennes, routières, ferroviaires, maritimes et biologique), les risques radiologiques et toutes formes de pollution.

Si on se fie aux dires d'Azzouz Kerdoun (2011), le cœur du nouveau dispositif de prévention est l'institution d'un plan général de prévention (PGP) pour chacun des dix risques. Ce plan multiscalaire détermine à la fois : le SNAA³⁰ et SNAV³¹ sur le plan national et complété par des prescriptions particulières spécifiques à chaque risque majeur. Quant à l'échelle régionale et locale, ce dernier comporte également les plans de prévention particuliers à chaque territoire vulnérable (région, wilaya et commune).

À titre d'illustration, nous pouvons citer : les plans particuliers d'intervention (PPI) qui sont élaborés par les Walis avec les services déconcentrés de l'état. Dans ce contexte, la même loi la prévoit dans son titre 3 : «. Selon l'importance de la catastrophe sont institués

²⁸ La loi 04-20 du 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques et la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.

²⁹ Risque anthropique : se caractérise par un accident lié à une activité humaine (exemples : site industriel, canalisations de transport de matières dangereuses...) et pouvant entraîner des conséquences graves pour le personnel, les populations, les biens, l'environnement ou le milieu naturel. (Source : <https://observatoire-risques-nouvelle-aquitaine.fr>)

³⁰ SNAA : Système national d'alerte

³¹ SNAV Système national de veille

des plans ORSEC32, au niveau national ; régional ; de wilaya ; communal et des plans ORSEC sites sensibles... ». (Titre 3 de la loi 04-20,2004)

3.2.1 Institutions et acteurs de gestion des risques en Algérie : une relance institutionnelle

Concernent les aspects institutionnels, la politique nationale de gestion et prévention des catastrophes naturelles a vu naître les institutions suivantes :

3.2.1.1 – Délégation nationale aux risques majeurs : une institution à renforcer

Institutionnellement parlant, la loi 04-20 a prévu entre autres la création d'une délégation nationale aux risques majeurs sous l'autorité directe du chef du gouvernement qui a pour missions principales : coordonner, planifier, et évaluer les actions liées au système de gestion des catastrophes naturelles susceptibles de survenir à n'importe quels moments. Parmi ses prérogatives également, on note la coordination et l'évaluation des actions émanant des divers acteurs impliqués dans la prévention des risques en question.

Selon le Décret n° 11-194 du 22 mai 2011 portant missions, organisation et fonctionnement de la DNRM³³, plusieurs acteurs et structures sont à déployer au niveau local travaillant sous l'égide de la délégation nationale aux risques majeurs (Rapport du ministère de l'Intérieur)³⁴ :

- **Le délégué de wilaya**, chargé de la coordination entre les représentants des différents secteurs concernés et de l'évaluation des actions entreprises au niveau de la wilaya ;
- **Le Comité intersectoriel de wilaya**, formé par les représentants des secteurs concernés qui doivent asseoir le caractère intersectoriel de toute action entreprise dans ce cadre et intégrer la dimension « prévention » dans toute action de développement ;
- **La structure intersectorielle au niveau communal** équivalente à celle de la wilaya.

3.2.1.2 – Protection Civile : l'unique intervenant en cas de catastrophe ?

Appartenant au ministère de l'Intérieur, la protection civile est bien ancrée localement dont la mission principale est d'intervenir rapidement pour prodiguer les premiers secours

³² ORSEC : Acronyme d'ORganisation des SECours.

³³ DNRM : Délégation Nationale aux Risques Majeurs

³⁴ Rapport du ministère de l'intérieur intitulé : « La prise en charge de la problématique de la prévention des risques majeurs et de la gestion des catastrophes dans notre pays : État des lieux et perspectives » consulté sur <http://www.interieur.gov.dz/index.php/fr/le-ministere/le-minist%C3%A8re/publications.html> le 19/03/2019

au profit des populations sinistrées. Tandis que sur le plan de prévention, le rôle de la protection se limite à la délivrance des actes d'urbanisme et à la consultation de ces services lors de l'élaboration des PDAU et POS.

3.2.1.3 – Organismes publics concernés par la gestion des risques majeurs en Algérie :

Pour mener à bien son travail de gestion des risques majeurs en général et celui des inondations en particulier, plusieurs institutions ont été créées à savoir :

- **ANRH :** L'Agence Nationale des Ressources hydrauliques, placées sous la tutelle du ministère chargé de l'hydraulique est un établissement public à vocation technique. Nadjat Aroua et Ewa Berezowska-Azzag (2013) ont précisé ses principales missions : « ... *Concernant les inondations, des prescriptions particulières seraient déduites de la carte nationale d'inondable, déjà établie par l'ANRH, de la hauteur d'eau de référence servant à la délimitation des zones de servitude et donc à la réglementation de l'usage du sol, des travaux d'aménagement à prévoir ainsi que des seuils d'alerte...* » (Art.24 de la loi 04-20) «... *La forte pluviométrie et la sécheresse étant citées parmi les aléas climatiques, le plan de prévention détermine de même les zones exposées et les modalités de veille et étend le champ de prévention « à toute mesure applicable... »* (Art.27 et 28 de la même loi).
- **ONM :** Au même titre que l'ANRH, l'Office National de Météorologie « ONM », placé sous l'autorité du ministre des Transports, est aussi un établissement public, à vocation industrielle et commerciale. Il est chargé de mettre en oeuvre la politique nationale de la météorologie.

3.2.1.4 – Plans ORSEC : un plan timide et des mesures insuffisantes

Le fameux « plan ORSEC » tel qu'il est connu aujourd'hui a été instauré par le décret 85-231 du 25 août 1985 et mis en oeuvre à plusieurs reprises et a souvent joué un rôle déterminant dans la préservation des vies humaines et la réduction des dégâts matériels. Comme nous l'avons vu précédemment, ce dispositif a été à nouveau relancé suite à la promulgation de la nouvelle loi n° 04-20 (Articles 52, 53,54 et 55). Néanmoins, en raison des changements économiques radicaux qu'a connu l'Algérie ces dernières décennies, le plan ORSEC qui s'appuyait auparavant sur la mobilisation des moyens des parcs d'entreprises publiques relevant de plusieurs secteurs (bâtiment, travaux publics et

l'hydraulique), est devenu caduques et nécessite ainsi une restructuration de grande envergure.

Au début de chaque année, les décideurs locaux constitués essentiellement du Wali et des PAPC, sur la base d'un rapport émanant des services techniques de la commune concernée, s'accordent à émettre un dispositif de secours sous la forme habituelle d'un plan ORSEC spécifique à chaque aléa. Ces mesures concernent également la désignation des divers intervenants censés exécuter ces dispositifs tels que la police, la gendarmerie, la protection civile, mais aussi l'ensemble des services administratifs de la commune en question (Aroua. N et Berezowska-Azzag. E, 2013). Actuellement, seuls les services de la santé, de la protection civile et les services des collectivités locales restent toujours opérationnels sur lesquels l'état peut compter en cas de survenance d'une catastrophe naturelle.

Selon le rapport du CNES, le plan ORSEC est soumis à d'autres difficultés telles que l'impossibilité d'interventions lors de la survenue de catastrophes par manque de moyens ou déficit de formations pointues dans certains cas, la non-disponibilité de documents graphiques (plan de quartiers avec toponymie précise). A cela s'ajoute l'inexistence de la cartographie des réseaux vitaux souvent enterrés tels que : l'électricité, gaz, AEP qui empêchent la fermeture de l'alimentation en gaz ou électricité en cas de problème et la difficulté d'accès pour les engins de secours, due principalement à l'obstruction des voies mécaniques par l'entassement des constructions anarchiques.

3.2.2 – Itinéraire du dispositif juridique régissant la gestion des risques majeurs en Algérie : lecture analytique

La lecture analytique de l'itinéraire législatif et réglementaire relatif à la thématique de gestion des risques majeurs en Algérie nous révèle l'intérêt grandissant des pouvoirs publics à prendre en charge la problématique des aléas naturels menaçant les sites vulnérables. C'est ce qui a expliqué, monsieur Azzouz Kerdoune (2011), qui prétend que l'émergence de l'idée de la prévention des risques naturels remonte à l'année 1980 marquée par le grand séisme qui a frappé l'Asnam et ravagé toute la région connue aujourd'hui sous le nom de Chlef. Depuis cette date, l'Algérie a connu la promulgation de plusieurs lois ayant trait à de nouvelles mesures prises pour atténuer la vulnérabilité des sites à risques.

Lors de la conférence tenue à Alger le 22 octobre 2018 sur la thématique des risques majeurs, Dr Mohamed Belazougui a précisé que la première mesure que le gouvernement algérien a adopté remonte au 29 mai 1985 portant sur la prévention et la lutte contre les effets des catastrophes naturelles dans le cadre d'un « *plan national de prévention des catastrophes et d'organisation des interventions et secours* ». Cette mesure s'est traduite par la promulgation de deux décrets « n° 85-231 »³⁵ et « n° 85-232 »³⁶. Ces derniers prennent en charge les premières prémices de cette politique.

- Les années 1990 : un manque flagrant d'assiduité dans les lois promulguées

Selon Fernini-Haffif (2008), des zones d'ombres et un manque flagrant d'assiduité dans les lois promulguées dans ce domaine ont favorisé sensiblement la généralisation des pratiques frauduleuses, notamment les constructions sans permis de construire dans des zones inondables. **Le décret exécutif n° 91-75 du 28 mai 1991**, précise que « ... *lorsque la construction ou l'aménagement est projeté sur un terrain exposé à un risque naturel tel qu'inondation, érosion, affaissement éboulement, séisme, avalanche, le permis de construire ou de lotir, peut être refusé ou n'être accordé qu'à des conditions spéciales requises par les lois en vigueur...* » (Fernini-Haffif, 2008)

- Les années 2000 : des démarches réactionnelles de réparation post-crise

À cela, s'ajoute une nouvelle vision qui met en exergue une vision plutôt managériale du territoire qu'une simple démarche réactionnelle de réparation post-crise. Dans cet esprit, la nouvelle démarche instaurée par loi **01-20**³⁷ basée essentiellement sur la « *concertation* » et « *Coordination* » vise à garantir la pérennité des ressources économiques et environnementales en répondant aux préoccupations du présent sans toutefois compromettre les besoins des générations futures. Selon le rapport de la commission de l'aménagement du territoire et de l'environnement du CNES³⁸, parmi les finalités que la même loi **01-20** de s'est fixée, elle a retenu, entre autres, celle relative à : « ... *la protection*

³⁵ Le décret n° 85-231 du 25-08-1985 relatif à l'organisation des interventions et secours en cas de catastrophe.

³⁶ Le décret n° 85-232 du 25-08-1985 relatif à la prévention des risques de catastrophe.

³⁷ La loi 01-20 du 12 décembre 2001 relative à l'aménagement et le développement durable du territoire

³⁸ CNES : Conseil National Economique et Social : Rapport de la commission de l'aménagement du territoire et de l'environnement : « L'urbanisation et les risques naturels et industriels en Algérie : inquiétudes actuelles et futures », 22e session plénière, mai 2003.

des territoires et des populations contre les aléas naturels... » (Article 4). On assiste désormais à l'introduction de nouveaux instruments d'aménagement du territoire tels que le SNAT³⁹ et le SDAAM⁴⁰, qui ont pour but d'intégrer, pour la première fois, la notion de risques majeurs dans cette logique de développement durable.

Dans la même veine, s'inscrivant également dans une politique de développement durable, l'article 3 de la **loi 02-08**⁴¹ précise clairement la nouvelle tendance de la politique nationale qui aspire à abaisser sensiblement la pression sur les grandes métropoles par la réalisation de grands pôles urbains. Cette nouvelle démarche a pour objectif de freiner l'urbanisation galopante et de réduire la vulnérabilité urbaine des grands centres urbains. Il convient de souligner également qu'en 2003, c'est-à-dire une année plus tard, d'autres mesures ont été prises par les autorités du pays et ont abouti à la promulgation de **« l'Ordonnance du 26 août 2003 relative à l'obligation d'assurance des catastrophes naturelles et à l'indemnisation des victimes »**, qui est entrée en vigueur le 1er septembre 2004 (Belazougui, 2018).

- 2004 : l'année des changements par excellence

Venant compléter la loi 90-29 portant sur l'aménagement et l'urbanisme, promulguée juste après la survenue du séisme dévastateur de Boumerdes 2003, la **loi 04-05**⁴² s'est présentée comme une réponse réactionnelle par rapport à une urgence en intégrant pleinement la notion de risque lors de l'élaboration des divers instruments d'urbanisme. L'article 11 de la même loi stipule ainsi : *« ... Dans ce cadre, les terrains exposés aux risques résultant des catastrophes naturelles ou au glissement de terrain sont identifiés au moment de l'élaboration des instruments d'aménagement et d'urbanisme et font l'objet de mesures de limitation ou d'interdiction de construire qui sont définies par voie réglementaire ... »*. (Article 11 de la loi 04-05, 2004)

Une nouvelle manière d'appréhender le risque a fait l'objet d'une autre section de la même loi : *« ... les zones exposées aux risques technologiques sont identifiées par les instruments d'aménagement et d'urbanisme qui leur déterminent des périmètres de*

³⁹ SNAT : Schéma National d'Aménagement du Territoire

⁴⁰ SDAAM : Schéma Directeur d'Aménagement de l'Aire Métropolitaine

⁴¹ La loi 02-08 du 8 mai 2002 relative aux conditions de création de villes nouvelles et de leur aménagement.

⁴² La loi 04-05 du 14/08/2004 modifiant et complétant la loi 90-29 du 01-12-1990, relative à l'aménagement et l'urbanisme

protection en conformité avec les prescriptions de la législation et de la réglementation en vigueur... ». (La loi 04-05, 2004).

Ainsi, nous assistons désormais à un nouvel élan de renforcement législatif concernant le rôle des instruments d'urbanisme en matière de spatialisation des risques naturels qui soulignent par ailleurs, le besoin de recenser objectivement les périmètres urbanisables vulnérables aux risques naturels avant de fixer les règles d'usages des sols. Ces zones soumises à des aléas naturels devront faire l'objet de mesures de limitation ou d'interdiction des constructions. En effet, cette loi impose dorénavant, des mesures strictes pour toute nouvelle construction en imposant des infractions allant même jusqu'à la démolition en cas de non-respect des nouvelles mesures relatives aux sites vulnérables.

Néanmoins, nous estimons que la loi 04-20⁴³ a bouleversé sensiblement la thématique des risques majeurs en Algérie et constitue une avancée remarquable dans le secteur de la prévention des risques et la gestion des catastrophes naturelles. La présente loi s'articule autour de quatre axes principaux : pour chaque type de risque, on a instauré un quadrillage informatif du territoire par la mise en place d'un plan général de prévention, émergence d'une nouvelle manière de sensibiliser et éduquer quant aux risques, lancement du fameux plan ORSEC (Organisation des secours) en vue de préserver les vies humaines et protéger les biens et l'instauration d'un système de prise en charge des dommages par le recours obligatoire au système national d'assurances.

Outre les prescriptions concernant le volet relatif à la gestion des catastrophes, cette nouvelle loi (loi 04-20) a prévu la création de la « DNRM »⁴⁴ (article 68). Parmi ses prérogatives, cette nouvelle institution est chargée de l'évaluation et de la coordination des actions visant à réduire l'impact des risques majeurs sur l'économie du pays et sur la sécurité des biens et des personnes. La nouvelle délégation Nationale aux risques majeurs est tenue également d'adhérer avec synergie à la stratégie internationale de l'Organisation des Nations unies pour la réduction des risques de catastrophe « ISDR » et assurer par conséquent, la participation algérienne aux activités et manifestations y afférentes, essentiellement dans le « *Cadre d'Action de Hyōgo 2005-2015* » et le « *Cadre d'Action de Sendai 2015-2030* » (Belazougui, 2018).

⁴³ Loi 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

⁴⁴ DNRM : Délégation Nationale aux Risques Majeurs

Il convient de rappeler par ailleurs, l'existence du comité national pour la décennie internationale des Nations Unies pour la prévention de catastrophes naturelles (1990-1999) dont ses activités de coordination et des actions menées dans le domaine des risques majeurs ont été relayées, quelques années plus tard par la DNRM. Cependant nous déplorons la date tardive (sept ans après) de la promulgation du décret **11-194** du 22 mai 2011 qui fixe l'organisation et le fonctionnement de cette Délégation Nationale.

Compte tenu de ce qui précède, ces nouveaux textes législatifs dépassent le paradigme de la prise en compte des aléas naturels pour se pencher à la nouvelle approche des risques qui consiste cette fois-ci à la prévention et le changement de comportement en cas de survenance d'une catastrophe naturelle. Dans ce contexte, la loi prévoit, entre autres l'obligation d'établir des plans « **PER** »⁴⁵ et « **PPR** »⁴⁶ qui aspirent à fixer une réglementation ferme en vue de protéger les sites vulnérables. Ces nouveaux dispositifs réglementaires et législatifs peuvent aller jusqu'à imposer des restructurations d'envergure des tissus urbains concernés et d'engager des actions d'expropriations lorsqu'un diagnostic révèle une vulnérabilité importante. (Azzag-Berezowska, Kheddouci, 2006)⁴⁷.

3.3 Prise en compte des risques naturels par les instruments d'urbanisme en Algérie : lecture diachronique.

A présent, en matière de prise en considération des risques naturels par les instruments d'urbanisme, l'Algérie est passée par les stations historiques suivantes :

3.3.1 Les années 1980 : survenue du séisme de l'Asnam .

Avant 1980, les études prenant en charge les aléas naturels dans les instruments d'urbanisme de l'époque (PUD) qui couvraient uniquement les périmètres des agglomérations étaient facultatifs. En effet, les prémices des toutes premières études parasismiques ont été entreprises, à partir de 1983, suite au séisme de l'Asnam de 1980.

⁴⁵ PER : Plan d'Exposition aux Risques

⁴⁶ PPR : Plan de Protection contre les Risques

⁴⁷ Azzag-Berezowska E., Kheddouci N., (Février 2006), « les risques : ce qu'il y a lieu de savoir », in vie des villes, n° 4, pp.38-41.

Depuis 1974 jusqu'aux années 1990, l'urbanisation basée essentiellement sur les fameux « PUD »⁴⁸ s'est construite autour d'outils non opposables à l'administration et aux tiers du fait qu'elle n'était validée que par circulaire sectorielle. L'instrumentation « PUD-PUP »⁴⁹ est venue en premier lieu pour consolider une politique foncière et non pour organiser le développement de l'urbanisation. L'objectif escompté des PUD était donc de constituer un portefeuille foncier au profit des communes au détriment de l'urbanisation proprement dite. Selon le même rapport (CNES 2003), cette politique a favorisé une grande facilité d'accéder au foncier par les communes qui avaient le monopole en matière de transactions foncières.

Dès lors, ces pratiques ont engendré ainsi des occupations illicites de grandes parcelles de terrain dans toutes nos villes algériennes, souvent dans des périmètres urbains exposés en grande partie aux aléas naturels. C'est pourquoi l'intégration du risque majeur dans le processus d'urbanisation doit être clairement définie et approuvée par les pouvoirs publics du pays en collaboration avec les partenaires socioéconomiques. Selon un rapport officiel émanant des experts de la banque mondiale, le coût des dommages occasionnés par les inondations de Bab-El-Oued est évalué à plus de 5 milliards de dinars⁵⁰.

3.3.2 Les années 1990 : émergence des nouveaux instruments d'urbanisme

C'est à partir des années 90 que les nouveaux instruments d'urbanisme ont connu leur apparition par l'avènement du marché libéral destiné en priorité à mettre terme à une gestion fortement centralisée. Dans ce contexte, inutile de rappeler que les premières années de la décennie 1990 ont été marquées par un contexte institutionnel et sécuritaire particulier qui a favorisé sensiblement une consommation importante du foncier urbain y compris dans des zones particulièrement vulnérables aux risques naturels.

Cette situation chaotique peut être justifiée par l'absence totale d'autorité des responsables locaux durant la décennie noire qu'a connue l'Algérie, malgré la mise en œuvre d'un large éventail du dispositif réglementaire de sanctions prévues par la nouvelle

⁴⁸ PUD : « ... Institué par la circulaire de 1974, le plan d'urbanisme directeur (PUD) assurait à l'échelle urbaine, la cohérence des affectations des sols et des actions d'urbanisation. Concrètement, l'urgence en matière de mobilisation du foncier pour les programmes publics de construction s'est souvent traduite par le seul souci de délimitation de périmètres urbanisables. ». (MAAZOUZ. F, 2017) Droit de l'urbain — Université USTO-Oran

⁴⁹ PUD-PUP : PUD plan d'urbanisme directeur — PUP : Plan d'urbanisme provisoire

⁵⁰ Rapport émanant de la banque mondiale 2002.

loi 90-29 portant sur l'aménagement du territoire et de l'urbanisme . « ... *Ce recul de l'État ne pouvait que favoriser une urbanisation irrationnelle, émanant de citoyens peu soucieux du respect de la légalité, partisan du fait accompli et créant ainsi un environnement où la transgression de la loi par le plus grand nombre devient la norme référentielle.* ». (CNES, 2003).

C'est à partir des années 90 que nous assistons à un véritable boom en matière de changements institutionnels donnant naissance à un nouvel arsenal juridique constitué principalement des textes législatifs suivants :

- La **loi 90/08 du 07/04/1990**⁵¹ obligeait les communes à se doter des instruments d'urbanisme.
- La **loi 90-25 de la 18/11/1990**⁵² stipule clairement que « ... *les instruments d'urbanisme sont constitués par les plans directeurs d'aménagement et d'urbanisme PDAU et par les plans d'occupations des sols POS... qui sont opposables aux tiers...* ». (Article 10 de la loi 90-25).
- La **loi 90-29 du 01/12/1990**⁵³ se démarque par l'émergence de nouveaux instruments d'urbanisme en l'occurrence : le plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (PDAU) et le plan d'occupation des sols (POS).

Dans ce cadre, la promulgation de la loi 90-29 du 01/12/1990 relative l'aménagement et l'urbanisme a donné naissance à de nouveaux instruments d'urbanisme délimitant progressivement plus de 120.000 ha urbanisables à courts, moyens et longs termes. Le pays est couvert désormais dans son intégralité (le territoire des 1541 communes) par des PDAU dont le nombre des études achevées avoisine les 1489 PDAU et près de 6894 POS dont 6380 achevés avec un taux de couverture estimé à 92 %. (L.HAKIMI, 2018).

3.3.3 À partir de 2004 : prémices d'une nouvelle législation ayant trait aux risques majeurs

Suite à la survenance du séisme de Boumerdès en 2003, de nouveaux amendements législatifs et réglementaires ont été promulgués en vue de rendre nécessaire le classement des zones exposées aux aléas naturels, leur délimitation est désormais obligatoires lors de

⁵¹ La loi 90/08 du 07/04/1990 relative à la commune

⁵² La loi 90-25 de la 18/11/1990 portant orientation foncière

⁵³ La loi 90-29 du 01/12/1990 relative à l'aménagement et l'urbanisme

l'élaboration des Plans d'Occupation des Sols en tant qu'instruments d'urbanisme au niveau local. Ces nouvelles mesures relatives aux conditions de constructibilité des sols sont ainsi prises en compte dans la délivrance des actes d'urbanisme.

Théoriquement, la prise en compte des risques majeurs existait, même de manière très timide, dans les divers plans d'aménagement régional et d'urbanisme à travers : les plans « PAW », « PDAU » et les « POS ». Dans ce contexte, 1237 études couvrant 48.000 ha ont été entreprises pour définir les conditions de construction dans les zones sujettes aux aléas naturels (L.Hakimi, 2018).

Dans ce contexte le représentant du ministère de l'habitat précise : « ... dans le cadre de la révision des PDAU à travers les communes au niveau national, le volet risque sismique a été pris en charge pour la description des risques naturels, l'élaboration des cartes thématiques des différents aléas et l'établissement des recommandations pour la prévention contre les risques naturels et technologiques selon les objectifs tracés... ».

Dans un autre passage de son rapport final, Monsieur L.Hakimi disait : « ... En effet, il est à signaler que des efforts et des engagements ont été effectués par le secteur de l'habitat pour la mise en place d'une stratégie de prévention et de gestion des risques, à travers le financement des études spécifiques, la formation, l'acquisition de matériel de surveillance, la réparation des dommages et le relogement des sinistrés... ».

Il convient de signaler également l'émergence de quelques initiatives locales ayant pour but la réduction de la vulnérabilité des villes face aux aléas naturels. Parmi ces mesures, nous pouvons citer l'initiative de la wilaya d'Alger qui a lancé en 2006 une étude inédite de grande envergure réalisée par le BRGM⁵⁴. « ... Cette étude a été élaborée suite aux inondations de Bab El oued 2001, qui a pris en considération l'examen des Aléas sismiques, inondation, glissement de terrain et chute des pierres, ayant conclu un outil de gestion des différentes intensités aléas, et a été suivi par le gel administratif des autorisations de construction sur les zones homogènes avec des recommandations spécifiques... » (Hakimi, 2018).

⁵⁴ Étude entamée en 2006 ayant pour but la réduction de vulnérabilité du massif de BOUZEREAH élaborée par le bureau d'études français (BRGM),

En guise de synthèse, nous pouvons conclure que la loi n° 04-05 du 14 août 2004 modifiant et complétant la loi 90-29 relative à l'urbanisme et l'aménagement, a constitué un tournant en matière de prise en charge des aléas naturels par la promulgation de nouveaux amendements législatifs et réglementaires, notamment l'article 11 de la même loi qui stipule clairement que les instruments d'urbanisme et d'aménagement doivent identifier les zones sismiques et les classées par degrés de vulnérabilité : « ... *Les instruments d'aménagement et d'urbanisme fixent les orientations fondamentales d'aménagement des territoires intéressés et déterminent les prévisions et les règles d'urbanisme... Ils définissent également les conditions d'aménagement et de construction en prévention des risques naturels et technologiques...* » (Loi n° 04-05)

Dans le même contexte, sans ambiguïté, l'article 4 de la **loi n° 04-05** du 14 août 2004 modifiant et complétant la loi n° 90-29 du 1er décembre 1990 relative à l'aménagement et l'urbanisme stipule : « ... *Seules sont constructibles, les parcelles : qui ne sont pas exposées directement aux risques naturels et technologiques...* ». (Article 4 de la loi n° 04-05).

Incontestablement, la loi qui a bouleversé la législation algérienne en matière de risques naturels demeure la loi **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. Les articles **7, 18, 19, 20, 25 et 49** (voir annexe I) de cette loi ont évoqué avec d'amples détails la question des règles de constructibilité dans les zones à risque et celles des usages des sols prises en compte par les instruments d'urbanisme.

Dans ce passage, nous allons nous contenter des extraits faisant allusion à notre thématique traitée dans ce chapitre.

Nadjet Aroua (2009) souligne la parfaite concordance de l'esprit de la présente loi avec la démarche internationale de réduction des catastrophes naturelles (Wiechselgartner & Obersteiner, 2002). Le législateur a tenté de privilégier en fait les causes plutôt que les effets engendrés par la survenance d'une catastrophe naturelle (Article 7).

Dans le même contexte Nadjet Aroua met en exergue la conformité de la démarche globale de prise en compte des risques naturels quant à la récente procédure d'élaboration des plans d'occupation des sols (POS) qui oblige désormais la délimitation des périmètres de protection et de servitudes.

La **loi n° 05-12 du 4 août 2005**⁵⁵, stipule sans ambiguïté : « ... Pour assurer la protection des personnes et des biens implantés en aval des retenues d'eau superficielle et à proximité des oueds, et en conformité avec les dispositions législatives en vigueur en la matière, des dispositifs fixés par voie réglementaire, peuvent, le cas échéant, prévoir des instruments de prévision des crues et des mesures d'alerte et d'intervention... ». (Article 53 du chapitre 5 ⁵⁶ de la loi n° 05-12).

La même année 2005 a été marquée par la promulgation du **décret exécutif n° 05-318**⁵⁷ ainsi que le contenu des documents y afférents qui vise à délimiter les zones et terrains exposés selon leur degré de vulnérabilité.

Dans le même cadre, la **loi n° 06 – 06 du 20 février 2006** portant loi d'orientation de la ville stipule que : « ... La politique de la ville vise à orienter et à coordonner toutes les interventions, particulièrement celles relatives aux domaines des risques majeurs : « ... La prévention des risques majeurs et la protection des populations... ». (Article 6 du chapitre 6 de la loi 06-06)

À noter également la promulgation du décret **n° 09-399 du 29/11/2009** définissant les instruments de prévision des crues pour assurer la protection des personnes et des biens implantés en aval des retenues d'eau superficielle et à proximité des oueds.

Pour le schéma national d'aménagement du territoire, une nouvelle loi a été promulguée en 2010, visant la prise en considération de la réduction du risque de catastrophe dans les plans et les stratégies de développement à travers ses prescriptions. Il s'agit de **la loi 10-02 du 29 juin 2010** portant approbation du SNAT.

Enfin, une nouvelle instruction ministérielle **n° 004 du 07/09/2017** fixant les mesures particulières d'instruction des dossiers de permis de construire régis par les plans d'occupation des sols (POS). Ainsi, la gestion des risques naturels et technologiques consacre la fiabilité des instruments et des actes d'urbanisme, en dehors desquels tout acte de construire est proscrit.

⁵⁵ Loi n° 05-12 du 4 août 2005⁵⁵ relative à l'eau

⁵⁶ Article 53 du chapitre 5 portant la prévention des risques d'inondations

⁵⁷ Décret exécutif n° 05-318 du 10 septembre 2005 modifiant et complétant le décret exécutif n° 91-178 du 28 mai 1991 fixant les procédures d'élaboration et d'approbation du plan d'occupation des sols

3.4 – Instruments d'urbanisme et risques naturels : des nouveaux défis à relever

Dans ce chapitre notre analyse sera orientée vers les « PDAU » et les « POS » en tant qu'instruments d'urbanisme dont l'accent sera mis sur la question de l'intégration et la prise en charge du paramètre « risque naturel » notamment les inondations objet de notre thèse. Concernant ce type d'aléa naturel, il ressort de la lecture critique de la loi 04-20 du 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs que cette dernière (loi) soit toujours en en attente des textes réglementaires (décrets exécutifs) relatifs aux instruments de prévention tels que les plans de prévention contre les risques inondation.

Ces Plans PPRI⁵⁸ seront appelés à préconiser aux POS des mesures structurelles traduites sur terrain par des aménagements hydrauliques de protection et d'autres mesures dites « non structurelles » comme les servitudes spatiales par exemple. Quant au plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (PDAU), la prise en charge des risques naturels réside entre autres dans le contrôle des activités à l'intérieur des zones exposées aux aléas naturels. (Aroua et Berezowska-Azzag, 2009).

Avant d'entamer notre analyse, nous devons toute de suite souligner l'absence de référence à des outils d'aménagement du territoire tels que le SNAT⁵⁹ et le SRAT⁶⁰ qui n'ont aucune portée significative et n'ont jamais été officiellement approuvés (CNES, 2003). De ce fait, à l'échelle nationale, ces instruments n'ont jamais pu devenir des références opposables aux tiers, ce qui justifie en partie les dysfonctionnements et le manque d'ancrage des instruments d'urbanisme au niveau local comme le PDAU⁶¹ ou le POS⁶². C'est à ce niveau qu'il faut comprendre et situer les causes principales de l'urbanisation anarchique notamment au niveau de la partie nord du pays dont les effets des aléas naturels sont les plus répondus.

À présent, nous allons dresser un bilan succinct relatif aux mesures intégrant le paramètre « risque naturel », prises lors de l'élaboration des instruments d'urbanisme (PDAU et POS) au niveau de la ville de Batna.

⁵⁸ PPRI : Plans de Prévention contre les Risques Inondation

⁵⁹ SNAT : Schéma National d'Aménagement du Territoire

⁶⁰ SRAT : Schéma Régional d'Aménagement du Territoire

⁶¹ PDAU : Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme

⁶² POS : Plan d'Occupation des Sols

3.4.1 Le plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (PDAU) et prise en compte du risque « inondation » à Batna : des mesures timides

Le plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (PDAU) en tant que nouvel instrument d'urbanisme a vu le jour suite à la promulgation du décret n° 91-177 du 28 mai 1991 fixant les modalités de son élaboration et le mode de son approbation ainsi que les documents y afférents. En effet, contrairement au PUD qui concerne une seule commune, le nouvel outil d'urbanisme peut désormais couvrir un groupement de communes comme le cas du nouveau PDAU de Batna qui concerne les sept communes limitrophes : Batna, Fesdis, Tazoult, Oued Chaaba, Seriana, Djerma, et enfin Ayoune El Assafir.

Pour maîtriser cette urbanisation effrénée qu'a connue Batna, la ville s'est dotée d'un certain nombre d'instruments d'urbanisme en vue de gérer et réguler ce processus d'urbanisation anarchique. Parmi ces outils de régulation, on note le plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (PDAU) comme outil de planification spatiale et de gestion urbaine qui définit également les termes de référence des POS.

Le PDAU prévoit entre autres des mesures spéciales applicables à certaines communes (au littoral par exemple). La nouveauté réside ainsi dans la distinction entre les zones à urbaniser et celles à protéger comme le littoral, le patrimoine, les terres agricoles fertiles et les zones exposées aux risques naturels. Ces dernières (zones vulnérables) nous intéressent particulièrement et font l'objet de la question centrale autour de laquelle s'organise notre travail d'analyse. Il s'agit bien entendu de la prise en compte des aléas naturels dans les outils d'urbanisme. Le premier PDAU de la ville de Batna remonte à 1996, approuvé en 1998. L'objectif principal escompté était de réincarner la dimension régionale de Batna par rapport à son aire d'influence immédiate en lui rendant son rôle de métropole régionale.

En épluchant le rapport final du plan directeur d'aménagement et d'urbanisme révisé de 2005, nous n'avons trouvé que quelques slogans sommaires et sans ancrage réglementaire. La question de la prise en compte des risques majeurs dans les futurs plans d'urbanisation de la ville était relativement occultée et reléguée au second plan. À titre d'exemple, nous pouvons citer l'extrait du rapport final dans [la page 49](#) qui fait référence aux recommandations du SNAT où le premier principe d'orientation revendique clairement l'obligation de protéger l'urbanisation future contre les risques majeurs. (Voir Figure 3-1).

المبدأ التوجيهي الأول: استدامة الموارد (La durabilité des ressources) اعتمادا على:

- 1- استدامة الموارد المائية.
- 2- المحافظة على التربة ومكافحة التصحر.
- 3- حماية وتعزيز النظم الإيكولوجية.
- 4- الحماية من المخاطر الكبرى.
- 5- حماية وتعزيز التراث الثقافي.

مراجعة المخطط التوجيهي للتهيئة و التعمير لمجموع بلديات
باتنة، فسديس، واد الشعبة، تازولت، عيون العصافير، جرمة، سريانة
المرحلة النهائية

49

URBA/BATNA

Source : PDAU 2005, Rapport final

Figure 3-1 : Extrait du rapport final du PDAU de Batna - page 49 -

Quant à la page 50 du même rapport, la section « aménagement » rappelle au secteur de l'environnement l'opportunité d'élaborer des plans de protection contre le risque inondation (PPRI) au profit des zones vulnérables à long terme et recommande également les nouvelles mesures parasismiques qui doivent être appliquées pour toute nouvelle construction. (Voir Figure 3-2).

التوصيات الموجهة لقطاع البيئة:

تتمحور هذه التوصيات حول النقاط التالية:

- القيام بدراسة متخصصة من نوع P.P.R.I على مستوى المناطق المعرضة للفيضانات على المدى الطويل.
- انشاء بنايات تحترم معايير المقاومة للزلازل .
- القيام بدراسات تحدد المناطق المعرضة للتلوث كمنطقة فسديس.
- الاستغلال الجذري للموارد السطحية.

مراجعة المخطط التوجيهي للتهيئة و التعمير لمجموع بلديات
باتنة، فسديس، واد الشعبة، تازولت، عيون العصافير، جرمة، سريانة
المرحلة النهائية

50

URBA/BATNA

Source : PDAU 2005, Rapport final

Figure 3-2 : Extrait du rapport final du PDAU de Batna - page 50 -

Dans le même cadre, dans la page 50, le rapport rappelle les acteurs locaux de procéder à l'élaboration des fameux plans ORSEC pour organiser les secours en cas de catastrophes

naturelles et enfin l'obligation de protéger la ville de Tazoult du risque inondation. (Voir Figure 3-3)

- تدعيم شبكة الدفن التقني C.E.T لمختلف انواع النفايات.
- انجاز مخطط O.R.S.E.C للحماية من اخطار الحرائق، الفيضانات، التعرية المائية والتعرية الريحية، انجراف التربة، الزلازل والأخطار التكنولوجية.
- الرفع من قدرة تصفية المياه المستعملة S.T.E.P لمدينة باتنة.
- استعمال تقنية طبيعية جديدة لتطهير المياه عن طريق انجاز محطة LAGUNAGE بالنسبة للتجمعات التي لا يتعدى عدد سكانها 10.000 نسمة.
- حماية مدينة تازولت من خطر الفيضانات.

Source : PDAU 2005, Rapport final

Figure 3-3 : Extrait du rapport final du PDAU de Batna - page 50 -

La protection de la ville de Batna contre le risque des inondations est évoquée explicitement dans la page 82 du rapport du PDAU, notamment au niveau de l'entrée de la ville du côté AARAR et dans la partie est à proximité du secteur urbain « Parc à Fourrage ».

Pour les autres infrastructures de protection comme les canaux artificiels bétonnés, le rapport estime qu'ils couvrent suffisamment la ville, mais le problème réside dans leur entretien.

❖ خطر الفيضانات:

- ✓ المنشآت الخاصة بحماية المدينة من الفيضانات موجودة و المشكل يكمن في صيانتها.
- ✓ بالنسبة للمناطق الحساسة و التي تعاني من مشكل الفيضانات فان هناك دراسة مقترحة في ارض عرعار و أخرى قيد الدراسة في حي بارك افوراج.

مراجعة المخطط التوجيهي للتهيئة و التعمير لمجموع بلديات
باتنة، فسديس، واد الشعبة، تازولت، عيون العصافير، جرمة، سريانة
المرحلة النهائية
82
URBA/BATNA

Source : PDAU 2005, Rapport final

Figure 3-4 : Extrait du rapport final du PDAU de Batna - page 82 -

Concernant le volet réglementaire du rapport final du PDAU, ce dernier précise dans la page 140 les servitudes à respecter lors de l'élaboration des plans d'aménagement et de composition urbaine.

À titre d'illustration, la servitude des oueds a été laissée à l'appréciation des aménageurs selon les caractéristiques de chaque cours d'eau. Cependant la servitude d'une « chaâba »⁶³ est calculée par rapport à la profondeur du cours d'eau selon la formule suivante :

$$\text{La servitude (largeur par rapport à l'axe)} = \text{Profondeur (chaâba)} \times 2$$

المادة 24 : الارتفاقات		
الارتفاقات الواجب الإبقاء عليها :		
-	ارتفاقات الخطوط الكهربائية عالية التوتر بارتفاعها 05 م من كلا جانبي الخط.	
-	ارتفاقات الخطوط الكهربائية متوسطة التوتر بارتفاعها 03 م من كلا جانبي الخط.	
-	أنبوب نقل الغاز إرتفاقه 10 م من كلا جانبي الخط .	
-	الوادي إرتفاقه يحدد حسب كل وادي .	
-	الشعبة إرتفاقه العمق * 02.	
-	المقبرة 35م من السياج.	
-	السكة الحديدية إرتفاقها 25 م من كلا جانبي الخط .	
-	محطة تصفية المياه.	
مراجعة المخطط التوجيهي للتهيئة و التعمير لمجموع بلديات باتنة، فسديس، واد الشعبة، تازولت، عيون العصافير، جرمة، سريانة المرحلة النهائية	140	URBA/BATNA

Source : PDAU 2005, Rapport final

Figure 3-5 : Extrait du rapport final du PDAU de Batna - page 140 -

L'article 25 du règlement relatif au rapport final du dernier PDAU de 2005 nous interpelle particulièrement. En effet, il définit les zones exposées aux risques majeurs comme étant des zones délimitant les différentes servitudes (toutes catégories confondues : Lignes électriques, Gaz, oued... etc.). Or se limiter à cette définition suscite plusieurs questionnements qui feront l'objet de notre analyse empirique au terme de cette recherche.

المادة 25 : المناطق المعرضة للمخاطر	
هي مناطق الارتفاقات, لذا يجب الاحترام الصارم لمسافة الأمان المحددة.	

Source : PDAU 2005, Rapport final

Figure 3-6 : Extrait du rapport final du PDAU de Batna - page 141-

Enfin, il convient de souligner que le présent plan directeur d'aménagement et d'urbanisme propose la création d'un nouveau pôle urbain avec un immense programme d'habitat et d'équipements au niveau du secteur urbain « route de Hamla » via les deux POS n° 01 et n° 02 (Évitement Nord). En dépit des soucis d'aménagement en matière de réserves foncières, le paradoxe réside dans le fait de préconiser un pôle urbain aussi

⁶³ Chaâba : Lit desséché d'un oued. Cette définition du mot Chaâba provient du dictionnaire Wiktionnaire,

important que celui de Hamla « 1 » et « 2 » dans la partie périphérique la plus inondable de la ville selon plusieurs critères de retour d'expérience du risque inondation. Inutile de rappeler que le mot « Hamla » veut dire en arabe « inondation » ou « crue ».

3.4.2 Les plans d'occupation des sols (POS) et prise en compte du risque « inondation » à Batna : un échec flagrant

À l'image du PDAU, le plan d'occupation des sols, appelé communément POS a vu le jour suite à la promulgation du Décret n° 91-178 du 28 mai 1991 faisant les modalités d'élaboration et d'approbation du POS ainsi que les documents y afférents. Il est établi conformément aux conditions du PDAU auquel il se réfère. Le POS est un outil d'urbanisme de détail, il définit les droits d'usage du sol et de construction à la parcelle. Il précise entre autres les servitudes d'urbanismes auxquelles les zones vulnérables doivent se soumettre (Maazouz, 2017).

Les recommandations du PDAU révisé de Batna ont donné naissance à trente-sept (37) POS pour le court et moyen terme. Dans ce chapitre notre étude sera orientée vers l'analyse des trois POS : le POS n° 01 « Évitement Nord Hamla Bchina », le POS n° 06 « Parc à fourrage » et enfin le POS N° 02 « Évitement Sud ». Notre choix s'est porté sur ces trois POS pour les critères suivant : tous les POS choisis sont traversés par des oueds importants, ce qui nous permet d'avoir une idée claire sur la prise en compte de cette barrière naturelle (oued) par rapport au plan d'aménagement urbain, leurs localisations dans des zones périphériques de la ville, presque vierges constituant ainsi un terrain propice pour l'extension de la ville et un support édifiant pour notre analyse. A cela s'ajoute la Maturité des études puisqu'il s'agit de POS approuvés, donc ayant force de loi.

Il convient de souligner ici que notre analyse se limite à une lecture critique des deux cartes graphiques (carte d'état des lieux initial et plan de composition urbaine) des POS sélectionnés, dans lesquelles, l'accent sera mis exclusivement sur les servitudes des oueds traversant les différents POS en question en vue de dégager des éléments de réponses quant à la prise en compte du risque « inondation » émanant essentiellement de ces cours d'eau menaçant les secteurs périphériques de la ville de Batna. Avant de passer à la phase de cartographie pour tirer les constats attendus, des fiches techniques des divers POS choisis seront présentées sommairement comme suit :

3.4.2.1 POS n° 01 « Évitement Nord Hamla Bchina » :

Le POS n° 01 s'étale sur une superficie de 178.15 hectares et loge le secteur urbain de K'chida et l'évitement nord. Le plan d'occupation des sols n° 01 est constitué en réalité de trois quartiers mitoyens : Ouled B'china au Nord, Hay Boukhriss au milieu et Route de Hamla au Sud-Ouest. Ce POS est traversé par : Oued El Gourzi, oued Bchina.

Tableau 3-1 : tableau de surfaces Bati/Non Bati du POS n° 01 — « Évitement Nord »

Superficie	Bâti (Ha)	Non Bâti (Ha)	Totale (Ha)
POS N° 01	99.00	181.00	280.00

Source : D U C — Batna, 2014



Source : Auteur, 2019

Figure 3-7 : Oueds traversant le périmètre du POS n° 01 « Évitement Nord » - côté Bchina-



Source : DUC Batna, traité par l'auteur 2016

Figure 3-8 : POS Évitement Nord — Hamla Bchina : Etat des lieux (initial)



Source : DUC Batna, traité par l'auteur 2016

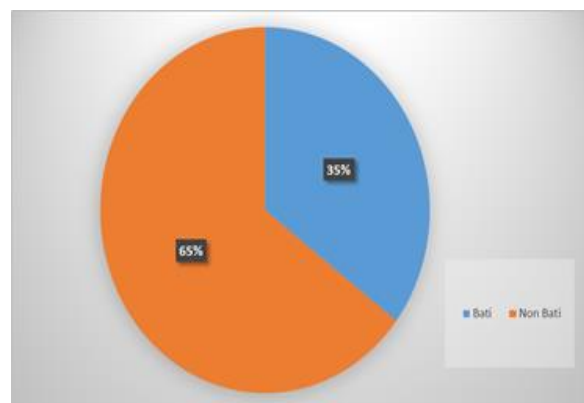
Figure 3-9 : POS Évitement Nord — Hamla Bchina : Plan d'aménagement



Source : Auteur, 2019

Figure 3-10 : Oueds traversant le périmètre du POS n° 01 « Évitement Nord » - Côté Hamla -

Il ressort de la lecture du graphique ci-après (figure3-11) que plus des deux tiers des terrains constituant le périmètre du POS de Hamla - Bchina étaient vides lors de l'approbation de cet instrument en 2002. Cela pourrait nous éclairer sur la façon dont les aménageurs ont pris en compte le risque d'inondation émanant essentiellement des oueds qui le traversent.



Source : Auteur, 2018 selon tableau n° 7

Figure 3-11 : Rapport Bati/NonBati - POS n° 01 « Évitement Nord »

Cependant, le reportage photographique de l'état des lieux illustre clairement l'occupation illicite des lits mineurs de ces cours d'eau qui sont devenus par ailleurs, des dépotoirs à ciel ouvert d'ordures ménagères (voir figures 3-7 et 3-10).

3.4.2.2 POS n° 06 « Parc à fourrage » :

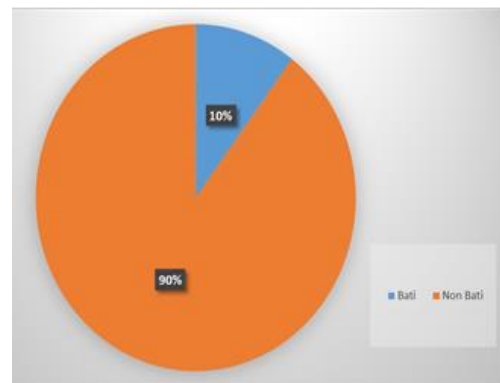
Localisé au nord-est de la ville de Batna, d'une superficie de 58.80 hectares. Il convient de rappeler que la date d'inscription de ce POS remonte au 20/06/1999 pour être approuvée de manière officielle le 06/05/2002. Le POS n° 6 est traversé par : Oued Azzeb et oued Batna.

Tableau 3-2 : Tableau de surfaces Bati/Non Bati du POS n° 06 « Parc à Fourrages »

Superficie	Bâti (ha)	Non Bâti (ha)	Totale (ha)
POS N° 01	06.04	52.76	58.80

Source : DUC - Batna, 2014

La portion de la partie « Non Bâti » domine le graphique ci-dessus qui avoisine 90 % des terrains délimités par les limites du Plan d'occupation des sols n° 06. L'accent sera mis ainsi sur le plan de composition urbaine élaboré par les aménageurs par rapport au respect des servitudes fixé dans la partie règlement du POS.



Source : Auteur, 2018 selon tableau n° 08

Figure 3-12 : Rapport Bati/Non Bati - POS n° 06 « Parc à Fourrage »



Source : Auteur, 2019

Figure 3-13 : Oueds traversant le périmètre du POS n° 06 - Parc à fourrage

Théoriquement, les aménageurs respectent rigoureusement les servitudes relatives aux cours d'eau comme le montre le plan d'aménagement. Le problème réside ainsi dans la phase d'exécution. le reportage photgraphique (voir annexe H) nous révèle de manière claire l'occupation illicite des lits mineurs de ces oueds, ce qui aggrave davantage la situation en cas de crues exceptionnelles. (Voir figure 3-13)



Source : DUC Batna, traité par l'auteur 2016

Figure 3-14 : POS parc à Fourage — Etat des lieux (initial)



Source : DUC Batna, traité par l'auteur 2016

Figure 3-15 : POS parc à Fourage — Plan d'aménagement

3.4.2.3 POS n° 02 « Évitement sud » :

Localisé dans la frange sud de l'agglomération urbaine de Batna, il s'étale sur une superficie de 193.30 hectares. Le POS n°02 se démarque particulièrement par la présence d'importantes servitudes traversant le site. Ce POS est traversé par oued El Gourzi pour rejoindre Oued Tazoult dans la partie sud Est.

Tableau 3-3 : Tableau de surfaces Bati/Non Bati du POS n° 02 « Évitement Sud »

Superficie	Bâti (ha)	Non Bâti (ha)	Totale (ha)
POS N° 01	43.13	150.17	193.30

Source : D U C - Batna, 2014

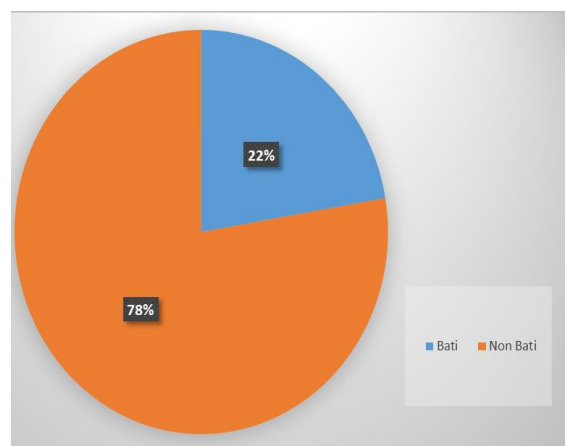
Le même constat revient pour vérifier la concordance du plan de composition urbaine par rapport au respect de la servitude des oueds traversant le POS, sachant que cette dernière a été fixée dans la partie « Règlement ».



Source : Auteur, 2019

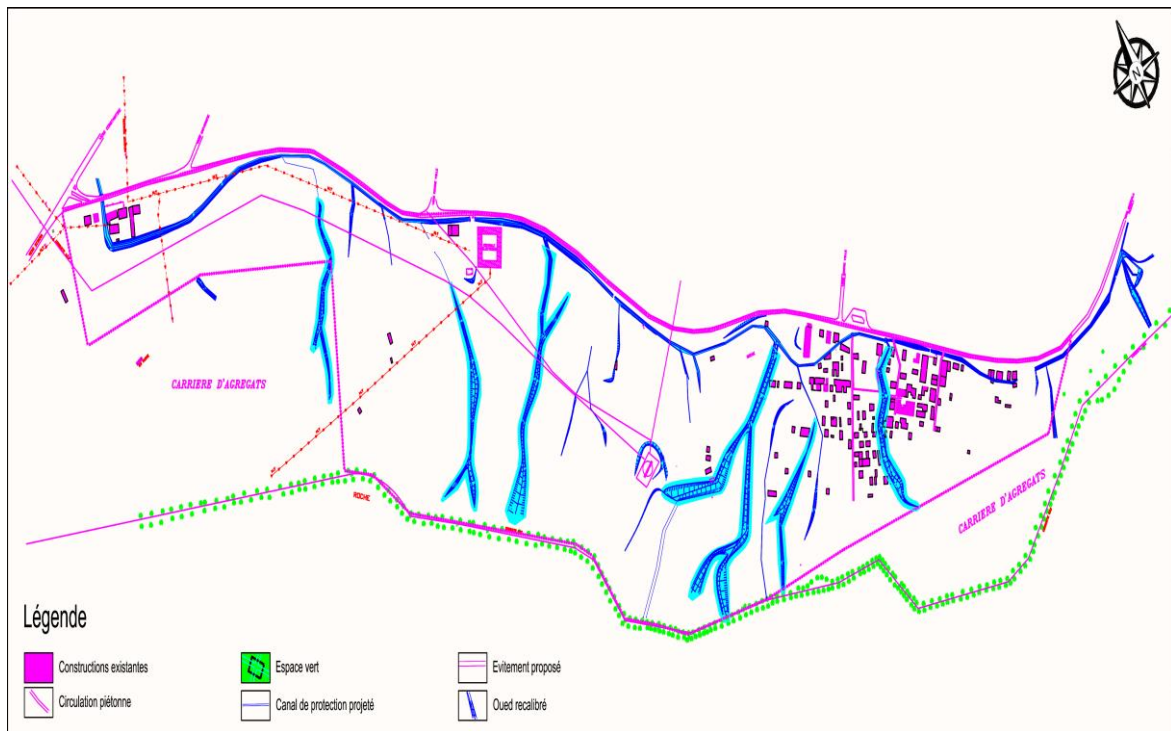
Figure 3-16 : Oued traversant le périmètre du POS n° 02 « Évitement Sud »

La lecture analytique du graphique 3-17 nous révèle également la prédominance des espaces vides (non bâti), cela est censé être un atout important pour le bureau d'étude de l'époque quant à l'aménagement de la partie périphérique sud de la ville de Batna.



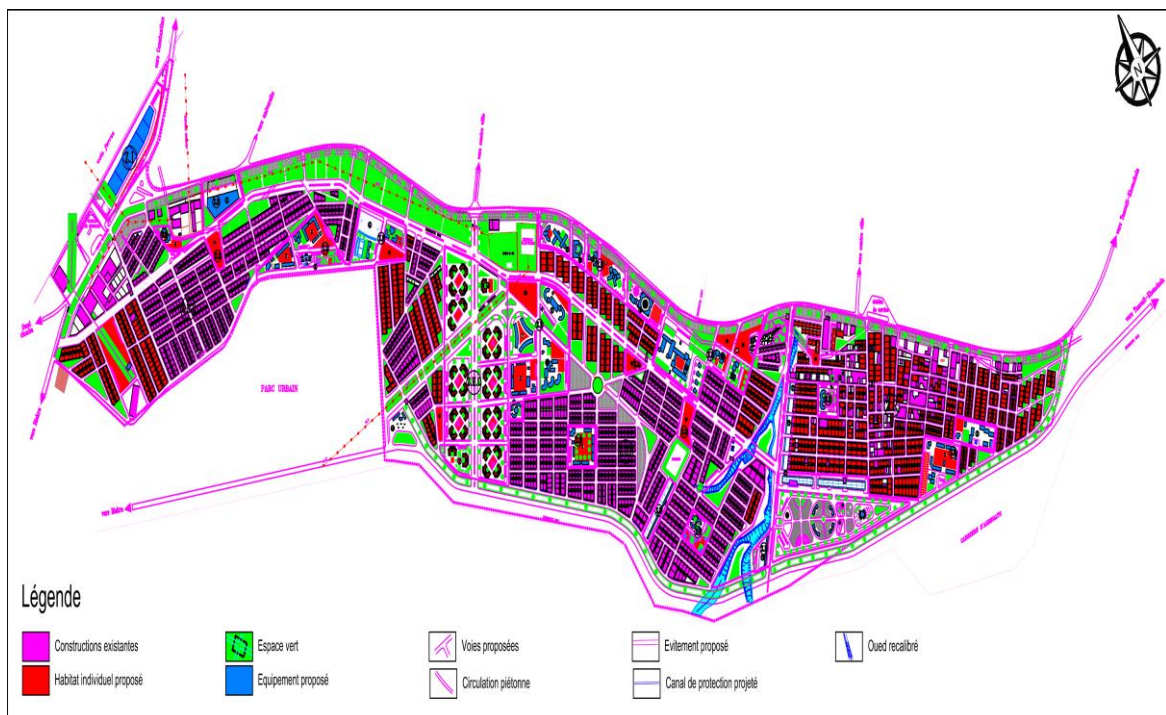
Source : Auteur selon le tableau 9, 2018

Figure 3-17 :Rapport Bati/Non Bati - POS n° 02 « Évitement Sud »



Source : DUC Batna, traité par l'auteur 2016

Figure3-18 : POS Évitement Sud — Etat des lieux (inintial)



Source : DUC Batna, traité par l'auteur 2016

Figure3-19 : POS Évitement Sud — Plan d'aménagement

3.5 Actes d'urbanismes et risques naturels : une relance timide

La prise en compte des risques majeurs dans les actes d'urbanisme demeure timide pour les raisons suivantes :

3.5.1 Permis de construire et risques naturels : les ingénieurs doivent désormais assister les architectes

Le permis de construire est un acte d'urbanisme, autorisant toute construction nouvelle ou transformation d'une construction existante. Il traduit entre autres les droits d'usage des sols fixés par les plans directeurs d'aménagement et d'urbanisme « P.D.A.U » et les plans d'occupation du sol « P.O.S ». Les modalités de son instruction et de sa délivrance ont été définies d'abord par les dispositions de la loi n° 90-29 du 1er décembre 1990, ensuite affinées par la loi n° 04-05 du 14 août 2004 et enfin, modifiées par les dispositions du Décret exécutif n° 15-19 du 25 janvier 2015.

Cependant, la prise en compte des risques naturels dans les actes d'urbanisme et notamment le permis de construire remonte aux années 2000 suite à la promulgation de la loi n° 04-05 du 14 août 2004 modifiant et complétant la loi n° 90-29. En effet, les dernières catastrophes naturelles qui ont frappé l'Algérie, notamment les inondations de Bab El Oued de 2010 et le séisme du 21 mai 2003, de par l'ampleur des dégâts qu'ils ont causés aux constructions, ont rendu obligatoire, voire incontournable, l'adaptation du dispositif législatif et réglementaire en matière d'urbanisme et de construction pour prendre en charge de façon sérieuse les risques naturels. De ce fait, on assiste à l'institution de nouveaux amendements introduits dans la nouvelle législation qui concernent ce qui suit :

- Les instruments d'urbanisme doivent obligatoirement délimiter les zones urbaines vulnérables soumises aux aléas naturels.

- L'implication des ingénieurs pour assister les architectes dans le nouveau processus d'élaboration conjointe des dossiers des permis de construire. « ... *Le dossier du permis de construire doit être visé par un architecte et un ingénieur agréé ...* »⁶⁴. L'Article 35 du même décret ajoute : « ...*Le dossier du permis de construire doit contenir en outre : l'étude de Génie — civil, l'étude des Corps d'État Secondaires ...* ».

⁶⁴ Article 36 du Décret n° 06-03 du 7 janvier 2006.

- L'introduction d'un nouveau dispositif coercitif de contrôle de la construction qui peut même procéder à la démolition des constructions érigées sans permis de construire. L'autorité de l'administration locale est ainsi restaurée en faisant recours à la décision de justice en cas de non-conformité des travaux réalisés par rapport aux prescriptions du permis de construire délivré.

Selon Mazouz Fatima (2017), l'article 4 de la même loi (loi n° 04-05 du 14 août 2004) précise : « *Seules sont constructibles les parcelles qui ne sont pas exposées directement aux risques naturels et technologiques* » et : « *... Parmi les orientations fondamentales des instruments d'urbanisme, la définition des conditions d'aménagement et de construction en prévention des risques naturels et technologiques. Dans ce cadre, les terrains exposés aux risques résultant de catastrophes naturelles et aux glissements de terrain sont identifiés au moment de l'élaboration des instruments d'urbanisme et font l'objet de mesures de limitation ou d'interdiction de construire qui sont définies par voie réglementaires...* ». (Article 11 de la loi 04-05).

À cet égard, l'exemple du permis de construire est illustratif des pratiques malsaines constatées depuis fort longtemps. « *... En dépit d'une législation rigoureuse en la matière, c'est l'absence de permis de construire qui, en fait, est devenue la règle...* ».⁶⁵ Dans le même cadre, l'article 52 précise : « *... Une construction ne peut être autorisée que si le projet qui s'y rapporte est compatible avec les dispositions du plan d'occupation des sols approuvé...* ». (Article 52 de la loi 04-05). Quant aux obligations du respect des servitudes, l'article 54 ajoute : « *... Dans le cas de construction nécessitant des aménagements, des réserves spécifiques d'emplacement public ou des servitudes particulières, le permis de construire doit comporter les obligations et les servitudes que doit respecter le constructeur...* » (Décret exécutif n 15-19).⁶⁶

Enfin, en matière d'assurance des biens immobiliers construits, le nouveau produits lancé par les assureurs connus sous le nom de « CAT NAT », l'article 5 de l'ordonnance n° 03-12 du 26 août 2003 pénalise les constructions réalisées sans permis de construire de 20 % du montant global d'assurance, même assurée antérieurement à la survenue d'une

⁶⁵ « L'urbanisation sauvage » : journée d'étude organisée à Oran construire, seuls 92 dossiers sont en conformité. Présidée par le PAPC, la rencontre avait pour objectif l'application rigoureuse de la loi 90-29 relative à l'aménagement et l'urbanisme.

⁶⁶ Décret exécutif n 15-19 du 25 janvier 2015 fixant les modalités d'instruction et de délivrance des actes d'urbanisme

catastrophe naturelle. « ... *Les biens immobiliers construits sans permis de construire et les activités exercées sans registre de commerce, antérieurement à la publication de l'ordonnance n° 03-12 du 27 Joumada Ethania 1424 correspondant au 26 août 2003, susvisés, sont soumis à une majoration de vingt pour cent (20 %) de la prime ou cotisation due... ».* (Article 5 de l'ordonnance n° 03-12 du 26).⁶⁷

3.5.2 Permis de lotir et risques naturels : servitudes à prendre en considération

L'article 7 du **Décret exécutif n° 15-19 du 25 janvier 2015** précise que : « ... *le permis de lotir est exigé pour toute opération de division en deux ou plusieurs lots d'une ou plusieurs propriétés foncières quel que soit, la localisation, si un ou plusieurs lots résultant de cette division doit servir à l'implantation d'une construction... ».* (Article 7 du Décret exécutif n° 15-19). Selon les dispositions de l'article 8 du même décret, hormis les pièces administratives (une copie de l'acte de propriété) les documents graphiques (les divers plans techniques) et un cahier des charges fixant les obligations relatives servitudes, le demandeur du permis de lotir (lotisseur) doit fournir à l'appui de sa demande une notice explicative comportant les indications relatives au : « ... *La nature des servitudes et nuisances éventuelles... ».*

Dans le même contexte, les articles 3 et 4 de la loi n° 08-15 du 20 juillet 2008 rajoutent de nouveaux amendements concernant la délivrance du permis de lotir, qui n'existaient pas dans la loi n° 90-29 du 1er décembre 1990. En effet, cette dernière stipule clairement : « ...*Est interdite la création d'un lotissement ou d'un groupe d'habitations sans l'obtention préalable d'un permis de lotir... ».* (Article 3 de la loi 08-15). Cette disposition n'existait pas dans la loi n° 90-29. L'article 4 quant à lui précise : « ... *Est interdite l'édification de toute construction dans tout lotissement créé, si les travaux de viabilité et d'aménagement prévus dans le permis de lotir ne sont pas achevés... ».* (Article 4 de la loi 08-15).

3.5.3 – Certificat d'urbanisme : risques naturels occultés

Selon le **Décret exécutif n° 15-19 du 25 janvier 2015** : « ... *le certificat d'urbanisme est le document délivré à la demande de toute personne intéressée, indiquant les droits à construire et les servitudes de toutes natures affectant le terrain considéré... ».* (Article 2

⁶⁷ Décret exécutif n° 04-268 du 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.

du Décret exécutif n° 15-19). En ce qui concerne la délivrance et l'instruction et du certificat d'urbanisme. le tableau ci-après précise, selon une approche comparative, synthétise les nouvelles dispositions prescrites par **le décret exécutif n° 15-19 du 25 janvier 2015** par rapport à celles du **décret exécutif n° 91-176 du 28 mai 1991**.

Tableau 3-4 : Nouvelle procédure d'instruction et de délivrance du certificat d'urbanisme

Décret exécutif n° 15-19 du 25 janvier 2015
<p>Le certificat d'urbanisme doit indiquer :</p> <ul style="list-style-type: none"> Les prescriptions d'aménagement et d'urbanisme applicables au terrain ; Les servitudes affectant le terrain et autres prescriptions techniques particulières ; <p>Les risques naturels pouvant affecter le site concerné et ceux identifiés ou cartographiés pouvant limiter ou exclure la constructibilité du terrain d'implantation du projet, notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> L'apparition en surface de failles sismiques actives ; Les mouvements de terrain (glissement, effondrement...) Les risques technologiques constitués par les établissements industriels dangereux, les canalisations de transport de produits pétroliers et de gaz et les lignes de transport d'énergie (article 4).

Source : MAZOUZ Fatima, *Droit de l'urbain*, page 121, 2017

Quant aux pièces constituant le dossier du certificat d'urbanisme, le Décret n° 06-03 du 7 janvier 2006 a modifié également les anciennes dispositions du Décret exécutif n° 176-91 du 28 mai 1991. À titre d'illustration, l'article 4 du même décret stipule «... *Le Certificat d'urbanisme doit indiquer en plus, les risques naturels et technologiques...* ». En revanche, l'expérience du terrain nous révèle malheureusement la défaillance des services techniques concernés et l'inefficacité flagrante de l'intersectorialité⁶⁸.

À titre d'exemple, les services de SONELGAZ⁶⁹ et l'ADE⁷⁰, par exemple, invoquent le principe de commercialité et ne réclament pas cette pièce pour les branchements définitifs des constructions illicites même sur des parcelles exposées aux risques naturels, sont raccordés en utilités, électricité, gaz et eau potable (Rapport du CNES, 2003).

⁶⁸ Intersectorialité : ce qui caractérise les relations entre des secteurs d'activité intervenant, chacun selon ses compétences et prérogatives respectives

⁶⁹ SONELGAZ : Acronyme de Société nationale de l'électricité et du gaz.

⁷⁰ ADE : Acronyme de Société Algérienne Des Eaux

Par ailleurs, le certificat d'urbanisme, censé être exigé en fin de processus d'urbanisation à la demande du bénéficiaire du permis de construire pour permettre l'occupation des lieux, n'est quasiment jamais rempli jusqu'à ce dont les notaires l'exigeaient récemment pour accomplir les transactions de vente des biens immobiliers. Son inobservation n'est pas sanctionnée. Enfin, il convient de souligner que l'article 16 de la loi n° 08-15 stipule sans ambiguïté que plusieurs types de constructions ne sont pas susceptibles de mise en conformité, notamment : « ... *Les constructions édifiées sur des parcelles réservées aux servitudes et non aedificandi...* » ;

Et selon les dispositions de l'article 17 de la même loi (loi n° 08-15), les constructions citées dans l'article 16 ci-dessus doivent impérativement faire l'objet de démolition.

3.5.4 Permis de démolir : un document facultatif ?

Selon les dispositions de la loi n° 90-29 du 1er décembre 1990, affinées par l'article 70 du Décret exécutif n° 15-19 du 25 janvier 2015, « ... *Aucune opération de démolition partielle ou totale d'un immeuble ne peut être entreprise sans l'obtention au préalable d'un permis de démolir...* ». (Article 60 de la loi n° 90-29).

Ainsi, le permis de démolir n'est pas exigé pour toute démolition totale ou partielle d'une construction localisée dans les territoires vulnérables exposés aux risques naturels répertoriés dans la loi 04-20, ou chaque fois que les conditions techniques et de sécurité le commandent. Le permis de démolir n'est pas nécessaire, entre autres, pour : « ... *les démolitions imposées par l'autorité administrative dans certaines zones prévues au POS, comme condition de la délivrance d'un permis de construction...* » et « ...*Les démolitions de bâtiments menaçant ruine ou les immeubles insalubres...* ».

Conclusion :

Au terme de cette présentation, nous pouvons conclure que toutes les études multidisciplinaires qui ont analysé la relation dialectique régissant le phénomène d'urbanisation et les risques naturels concluent que les villes sont plus vulnérables du fait de la concentration des enjeux exposés. La spécificité du risque urbain est elle-même fondée sur l'interaction entre risque et croissance urbaine.

Il est bien connu que la thématique des risques naturels n'est à l'ordre du jour que lors d'une survenance soudaine d'une catastrophe dévastatrice et souvent oubliée dès le retour à la situation normale. En effet, la prise en compte des risques majeurs serait alors reléguée au second plan, voire occultée. En matière d'urbanisation, les zones urbaines les plus vulnérables continuent d'être régies par des instruments issus des dispositifs législatifs et institutionnels imprécis et souvent inachevés.

En ce qui concerne la gestion des risques majeurs, il convient de rappeler que l'expérience algérienne remonte aux années 1980 et fait suite au séisme dévastateur d'El Asnam le 10 octobre 1980. Ensuite, les catastrophes naturelles causées par les graves inondations de Bab El Oued en 2001 et le séisme de Boumerdès du 21 mai 2003, ont poussé les hautes autorités du pays à prendre en charge sérieusement cette problématique récurrente.

Dans ce contexte, il convient de rappeler que la politique nationale de gestion des catastrophes et prévention des risques naturels s'appuie en théorie sur des institutions nationales et locales. Elle se limite à deux volets : la prévention des risques majeurs menaçant nos villes et l'organisation des secours après la survenance d'une catastrophe naturelle. Or, en pratique, l'expérience de terrain nous révèle que le système national de prévention des risques se limite à la planification des interventions de secours et à l'instauration de quelques mesures structurelles à l'échelle locale.

Par ailleurs, nous estimons que la promulgation de la loi 04-20 a bouleversé sensiblement la thématique des risques majeurs en Algérie et constitue une avancée remarquable dans ce secteur. Si l'arsenal législatif et réglementaire, tel que nous le retraçons depuis les années 1980, a le mérite d'exister, l'application de ces textes sur le terrain est reléguée au second plan. À ce sujet, l'absence des décrets exécutifs établissant les plans de protection contre les risques (PPR) et d'exposition aux risques (PER) confirme cette thèse. Les pratiques chaotiques en matière d'urbanisme enregistrées depuis

l'indépendance seraient le fruit direct des actions engagées sous le sceau de l'urgence, dues à des priorités conjoncturelles.

Dans ce contexte, nous estimons qu'à l'exception du rôle des agents de la protection civile, la fonction de gestion des risques n'est pas reconnue en tant que telle dans l'organigramme des nouveaux métiers dédiés à la prise en charge des risques majeurs. En effet, hormis pour la gestion du plan ORSEC, aucun processus administratif ne désigne avec précision les acteurs qui doivent intervenir en cas de survenance d'une catastrophe ni leurs prérogatives respectives.

Dans la même veine, Djilani Benouar (2006) estime que la notion de responsabilité n'est pas suffisamment identifiée au regard des prérogatives attribuées aux divers acteurs de la ville impliqués dans ce domaine. Cela pourrait rendre la gestion des risques totalement occultée dans la réalité. Le même chercheur confirme également que l'absence d'un processus continu et coordonné génère des fonctions éparses et diffuses.

À partir des années 1990, nous assistons à un véritable boom en matière de changements institutionnels donnant naissance aux fameux instruments d'urbanisme. Théoriquement, la prise en compte des risques majeurs existait de manière timide dans les divers plans d'aménagement et d'urbanisme, tels que les PDAU et les POS. Ainsi, 1 237 études couvrant 48 000 ha ont été entreprises pour définir les conditions de construction dans les zones sujettes aux aléas naturels (L. Hakimi, 2018).

Pour ce qui est de la prise en compte des risques naturels dans les actes d'urbanisme, nous estimons que, suite à la survenance du séisme de Boumerdès en 2003, de nouveaux amendements législatifs et réglementaires ont été promulgués en vue de rendre nécessaire le classement des zones exposées aux aléas naturels. Leur délimitation est désormais obligatoire lors de l'élaboration des POS au niveau local. Ces nouvelles mesures relatives aux conditions de constructibilité des sols sont désormais prises en compte dans la délivrance des actes d'urbanisme.

CHAPITRE IV :

**IV- ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ URBAINE :
APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE**

CHAPITRE IV : ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ URBAINE : APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

Introduction :

En premier lieu, ce chapitre aura pour objectif de dresser un panorama des études existantes sur notre thématique. L'état de l'art des questionnements qui ont structuré notre problématique permettra, entre autres, de disposer d'une visibilité sur la littérature pouvant étoffer notre thèse et de clarifier les savoirs actuels relatifs à l'objet de notre recherche.

En second lieu, ce chapitre se penchera sur l'approche méthodologique générale adoptée pour la spatialisation du risque d'inondations menaçant nos villes algériennes par le recours aux divers outils issus de la technologie numérique. Il s'agira en fait, de survoler les principes de base régissant les méthodes et techniques retenues pour la modélisation⁷¹ et la cartographie⁷² du risque à l'aide des deux logiciels : Hec Ras et Arc Gis.

4.1 Approches méthodologiques pour l'évaluation de la vulnérabilité des villes : Revue de littérature :

La revue de la littérature, consiste en fait, à réunir et synthétiser selon un inventaire méticuleux des connaissances déjà entamées et accomplies par d'autres chercheurs (Joly, 1976). Certes, aujourd'hui, l'accès à l'information est relativement aisé grâce à l'apport de la technologie numérique, mais l'abondance des données recueillies et des écrits scientifiques publiés sur le sujet rendrait la position du chercheur plus confuse quant à la littérature existante (Martineau, 2016)⁷³.

⁷¹ **Modélisation** : élaboration de modèle, représentation d'un phénomène à l'aide d'un système qui possède des propriétés analogues à ce phénomène —La modélisation est un principe ou technique qui permet d'établir un modèle explicatif d'un phénomène ou comportement en recensant les variables ou facteurs explicatifs et l'importance relative de chacune de ces variables, disponible sur <http://dictionnaire.reverso.net>, consulté le 04/12/2013.

⁷² **Cartographie** : désigne la réalisation et l'étude des cartes. Elle mobilise un ensemble de techniques servant à la production des cartes. La cartographie constitue un des moyens privilégiés pour l'analyse et la communication en géographie. Elle sert à mieux comprendre l'espace, les territoires et les paysages. Elle est aussi utilisée dans des sciences connexes, démographie (La démographie (du grec demos signifiant peuple) est l'étude quantitative des populations et de leurs dynamiques, à partir de caractéristiques telles que la natalité, la fécondité, la...), économie dans le but de proposer une lecture spatialisée des phénomènes, disponible sur <http://www.techno-science.net>, consulté le 04/12/2013.

⁷³ Notice méthodologique pour réaliser un état de l'art en sciences humaines et sociales, Université d'Angers, UMR ESO-Angers

Parmi les chercheurs et les institutions à caractère scientifique qui se sont penchés sur la problématique des outils méthodologiques relatifs à l'évaluation de la vulnérabilité des villes face au risque d'inondation, nous pouvons retenir :

4.1.1 Les méthodes anglo-saxonnes : les précurseurs

En matière d'approches méthodologiques, les méthodes anglo-saxonnes ont été les précurseurs dans ce domaine, développées notamment par l'Angleterre et les États-Unis qui se sont penchés sur cette thématique depuis les années 50. (Barroca, 2005). En effet, dans les années 1950 aux USA, la notion de « gestion des plaines inondables » (flood plain management) a connu le jour avec le géographe Gilbert White (1964) avec ses études développées au sein du département de géographie de l'université de Chicago. Ce dernier est considéré par ses pairs comme l'un des pionniers qui ont entrepris des recherches ayant trait à cette thématique. Ses travaux scientifiques dépassent désormais, la notion de « l'aléa » et s'intéressent désormais au nouveau concept de « vulnérabilité ». (Foster, 1976).

En Grande-Bretagne, et plus précisément durant les années 60, le centre de recherche FHRC⁷⁴, est considéré comme un véritable précurseur qui a entamé des recherches sur la thématique des méthodes d'évaluation des risques d'une manière générale. Ces études ont été menées par des équipes interdisciplinaires dont l'essentiel de ses recherches s'est focalisé autour de la corrélation entre la société et le risque inondation. (Parker, 1995). Le Blue manuel (Penning- Rowsell et Chatterton, 1977) et le Red manual (Parker, Green, Thompson, 1987) deux guides méthodologiques publiés en Angleterre dans les années 70 et 80 englobant entre autres, la totalité des dommages qui peuvent impacter un territoire donné selon le logique coût/avantage suivant une démarche plutôt qualitative (Penning, Rowsell et Chatterton, 1980).

À propos toujours des méthodes anglo-saxonnes, notamment américaines, plusieurs publications scientifiques s'accordent à dire qu'elles constituent toujours une référence en matière d'approches qualitatives développées pour l'évaluation de la vulnérabilité urbaine face aux risques naturels. Parmi ces revues de renommée où ces articles sont publiés, nous pouvons citer le « Natural Hazard Review » (Flax lisa et al. 2002).

⁷⁴ FHRC : Flood Hazard Research Centre

4.1.2 Méthodologies d'évaluation quantitative : prémices des PER

Dans la rubrique des méthodologies d'évaluation quantitative, nous pouvons citer les travaux de recherche qui se sont penchés sur la thématique des « risques » pendant les années 1990. Ces études accordaient plutôt la priorité aux revendications de l'État à travers l'élaboration du fameux plan d'exposition aux risques « PER » d'une part et l'exigence des assureurs, d'autre part. La question des indemnisations des sinistrés, demeure d'actualité à travers la création de la police d'assurance, connue jusqu'à nos jours sous le nom « Cat Nat ». (Caude, 1987).

Dans le même contexte, nous pouvons évoquer également, l'existence d'une approche méthodologique qui a été retenue pour l'évaluation de la vulnérabilité aux inondations du bassin de l'orge aval, (Lefort, 2004) selon laquelle l'analyse se base principalement sur des indicateurs analytiques dont la norme coût/avantage est mise en exergue. Cet outil méthodologique consiste donc à considérer la vulnérabilité par rapport à son aspect monétaire dont l'accent est mis sur des scénarios simulés de sinistres qui pourraient survenir en cas de catastrophes naturelles comme une crue exceptionnelle. (Lefort, 2004.)

4.1.3 Méthodologies d'évaluation qualitative : prise en compte du « retour d'expérience »

Quant aux approches qualitatives, il y a lieu de noter à titre d'illustration, l'émergence de la démarche dite : « Bootstrapping method » qui consiste à évaluer les dommages liés à la santé et la perte des biens qui pourraient impacter des populations sinistrées en cas de survenance d'une catastrophe naturelle. Cette méthode fait appel à l'évaluation monétaire selon une enquête diligentée auprès de la population sinistrée suite à une crue dévastatrice. En pratique, ce nouvel outil procède par une attribution d'une note selon une échelle de « sévérité » aux dommages constatés après enquête sur terrain. (Hubert et Ledoux, 1999).

Le « retour d'expérience » est également un facteur important sur lequel repose l'approche dite « phénoménologiques » qui consiste à évaluer les vulnérabilités d'une manière générale par l'estimation des coûts annuels des dommages occasionnés par les crues en amont, c'est-à-dire à partir du bassin versant de l'agglomération urbaine considérée (Dartau, Arnal et Mazure, 1999).

Toujours dans le volet des approches méthodologiques dites « qualitatives », nous pouvons retenir la méthode connue sous le nom « inondabilité » développée en France, par le CEMARGREF⁷⁵. Cette dernière fait appel aux techniques de modélisation numérique en s'appuyant sur le croisement des deux cartes numériques de « l'aléa » et celle de « vulnérabilité » pour aboutir à une synthèse sous forme de carte thématique appelée « la carte du risque maximal acceptable ». Notre méthodologie retenue s'est fortement inspirée de cette approche par rapport à son aspect opérationnel. (Gilardo. 1998).

En France aussi, une autre approche appartenant à la famille des approches qualitatives, basées cette fois-ci sur des « techniques hiérarchiques multicritères » qui consiste, cette fois-ci, à évaluer la vulnérabilité des espaces urbains à partir des modes d'occupation du sol. Cet outil méthodologique repose en fait sur des critères d'ordre qualitatifs différents, standardisés dans un premier temps, puis pondérés selon l'importance de ces paramètres retenus. Ces paramètres aboutissent en fin de compte à un indicateur unique d'évaluation de la vulnérabilité urbaine. La valeur du mode d'occupation du sol en tant qu'indice deviendra tout simplement des « enjeux » humains et matériels. (Graillot et al, 2001).

4.1.4 Méthodologies d'évaluation testées au niveau local (en Algérie):

En ce qui concerne notre contexte local, c'est-à-dire en Algérie, contrairement au niveau international, la revue de littérature relative à de thématique abordée n'a pas été aussi fructueuse. Nous déplorons le nombre très réduit des chercheurs qui ont entrepris des études sur nos questionnements soulevés dans la problématique de recherche qui s'articule autour de l'évaluation de la vulnérabilité urbaine proprement dite. À titre d'illustration, nous pouvons évoquer le cas de :

Fernini-Haffif Assia (2008), dans le cadre de ses études de post-graduation a tenté de préconiser un outil méthodologique pour évaluer objectivement la vulnérabilité urbaine des villes algéroises par une simulation partielle appliquée sur un quartier témoin comme échantillon représentatif. Cette étude a amorcé des réflexions pertinentes sur des outils méthodologiques discutables pour évaluer de manière objective la vulnérabilité urbaine, une notion peu connue au niveau national.

⁷⁵ Le CEMAGREF est un institut public de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement.

En 2009, Nadjat Aroua (2009), dans son article intitulé : « *Contribution à l'étude de la vulnérabilité urbaine au risque d'inondation dans un contexte de changement climatique. Cas de la vallée de Oued El Harrach à Alger* » (Aroua, 2009), a tenté de préciser et d'identifier les critères d'exposition des enjeux majeurs présents dans son périmètre d'étude. Selon l'auteur, « ... *la vulnérabilité spatiale est appréhendée ici à travers le critère de localisation...* » suivant des indicateurs multicritères de « *fragilité intrinsèque* ». L'originalité de sa recherche réside dans le recours aux outils cartographiques en plus des statistiques et documents historiques pour cerner la partie relative au retour d'expérience. (Aroua, 2009).

Il est à signaler aussi, la contribution de Djamel Boutoutaou qui a été bénéfique pour notre recherche dans le sens où il a tenté de proposer une méthodologie de calcul des et crues des oueds en Algérie basée des sur des formules de calcul des hydrogrammes tels que le modèle synthétique de type « GALTON » (Boutoutaou, 2014).. L'objectif escompté de cette étude était de proposer une formule de calcul adapté au contexte hydrologique algérien. Cette recherche est axée sur la partie hydrologique puisqu'elle est destinée aux ingénieurs et d'aménagistes exerçants dans le domaine de conception des ouvrages hydrauliques. Cependant notre recherche vise à doter les acteurs locaux d'une méthodologique, facile à appliquer à n'importe quel territoire, pour cartographier l'aléa inondation dans des espaces bien définis.

Enfin, dans le même contexte, nous pouvons aussi citer les travaux de BACHI Mohamed qui se sont penchés, dans le cadre de ses études de post-graduation en 2011, sur la problématique du risque inondation en milieu urbain, cas de Sidi Bel Abbes en Algérie. Ce travail de recherche s'est focalisé sur la cartographie de l'aléa inondation par une approche construite autour de la modélisation hydraulique. Il a pu démontrer les atouts des outils informatiques dans la cartographie et la spatialisation de l'aléa inondation.

4.1.5 Méthodologies d'évaluation de la vulnérabilité urbaine : une référence pour notre recherche

En 2010, Florent Renard, un expert éminent en la matière a développé une méthodologie pragmatique dont une partie constituera un modèle de référence pour notre propre recherche. Dans cette approche, l'auteur préconise de classer les divers types d'enjeux présent au niveau de l'agglomération urbaine de Lyon en plusieurs catégories en vue d'en déduire des aspects de vulnérabilité urbaine. L'objectif escompté de cet outil

demeure incontestablement l'aide à la décision au profit des décideurs dont l'estimation du risque d'inondation est le fruit de croisement des couches d'aléa numérisées par le logiciel ArcGis. Cet outil informatique, applicable à n'importe quel territoire, sera pris en considération pour nos propres modélisations. (Renard.F, 2010).

Quant à Marion Tanguy (2012), dans son rapport de recherche publié en 2012, visant la cartographie du risque d'inondation en milieu urbain, l'auteur a mis l'accent sur les deux principales composantes du risque à savoir l'aléa et la vulnérabilité pour proposer une méthodologie, dont les apports de la technologie de l'imagerie de haute résolution telle que RADARSAT-2⁷⁶ ont pu délimiter les zones inondables avec une précision inégalée, jusqu'à lors.

Parmi les avantages de cette approche est l'intégration des divers volets la vulnérabilité à savoir : la « vulnérabilité du bâti », « vulnérabilité fonctionnelle » et enfin la « vulnérabilité intrinsèque ». Ces trois aspects feront l'objet de notre propre approche.

La méthodologie adoptée est basée sur une analyse multicritères à travers une grille d'évaluation. Il ressort de l'étude que les facteurs prépondérants de la vulnérabilité des populations aux inondations au niveau des trois secteurs choisis qui sont le bâti et la perception des populations des risques d'inondation.

Cette recherche a abouti à une évaluation des facteurs qui entretiennent la vulnérabilité des populations face aux inondations en se basant sur une approche multicritères basée sur une grille d'évaluation. (Fowé Tazen, Karim Traoré, Hado Ouedrago, Maïmouna Bologo/Traoré, Gnenakantanhan Coulibaly, Harouna Karambiri, 2015).

4.2 Spatialisation du risque inondation par le recours au logiciel ArcGis 10.3

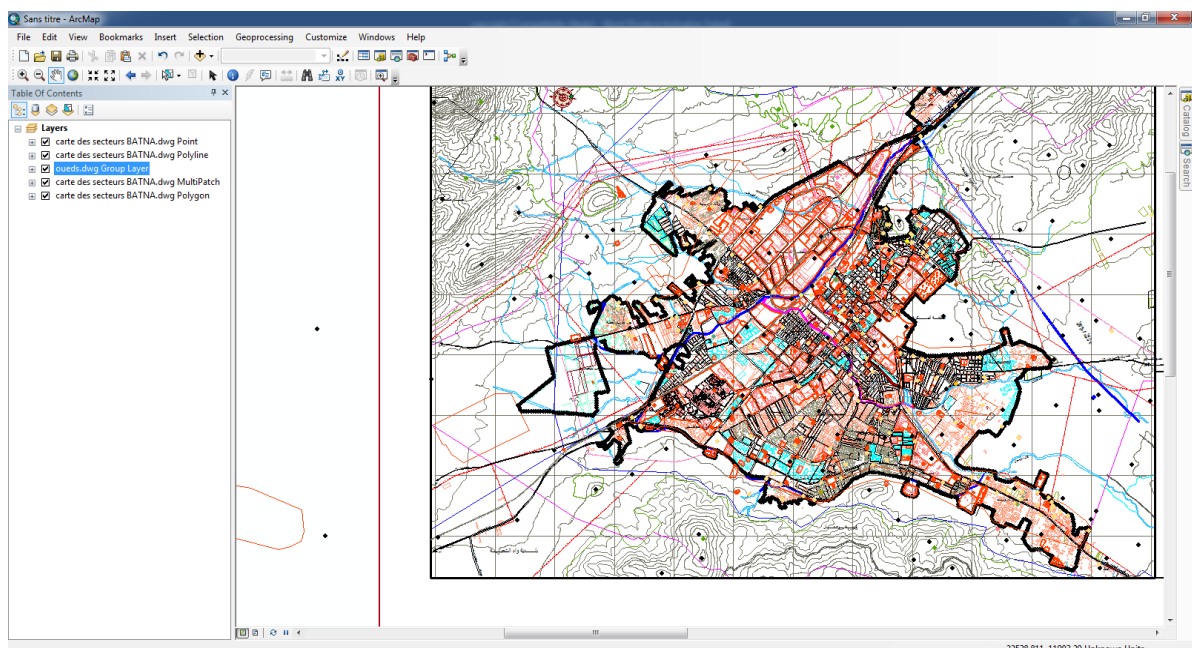
La spatialisation de la vulnérabilité consiste à identifier la racine spatiale du risque « inondation » à partir de la localisation des enjeux majeurs vulnérables et la source des aléas en faisant appel aux outils de la cartographie numérique et au système d'information géographique dont le programme ArcGis 10.3.

⁷⁶ RADARSAT-2 « est l'un des systèmes d'observation de la Terre parmi les plus perfectionnés au monde. Il offre une imagerie radar commerciale et propose aux utilisateurs du monde entier une vaste gamme de produits de données de haute qualité destinés à des centaines d'applications... »
Source : www.asc-csa.gc.ca/fra/satellites/radarsat2/

4.2.1 Présentation du logiciel ArcGis 10.3 : le programme de référence du SIG

À l'instar des applications SIG⁷⁷, ArcGis 10.3 est un logiciel qui offre entre autres la possibilité de collecter, éditer, analyser, gérer et afficher des informations géographiques des données bien déterminées, localisées sur n'importe quel point du globe terrestre. Ce logiciel développé par la société américaine ESRI⁷⁸, leader mondial des SIG, est considéré par les spécialistes du SIG comme le programme informatique le plus répandu dans le monde.

Ces données sont présentées sous forme de couches (layers) pouvant contenir des **points** (puits, forages, candélabres... etc.), des **lignes** (routes, lignes électriques ou cours d'eau par exemple) ou des **polygones** (parcellaire, secteurs urbains, habitations, etc...).



Source : Auteur, 2016

Figure 4-1 : Interface de l'application ArcMap sous ArcGis 10.3

Le programme ArcGis dans sa version 10.3 comprend plusieurs applications parmi lesquelles, nous pouvons citer :

- **ArcMap** est l'application centrale du logiciel et la plus importante de ce programme puisqu'elle permet l'édition des cartes thématiques (cartographie) ainsi que d'autres

⁷⁷ SIG : Système d'Information Géographique

⁷⁸ ESRI : Environmental Systems Research Institute

fonctions principales telles que le géoréférencement des cartes numérisées et l'analyse des données relatives aux diverses couches (voir Figure 4-1).

- **ArcToolbox** : C'est la boîte à outils du logiciel, ses fonctions nous ont permis de convertir des cartes issues d'autres logiciels comme AutoCad par exemple et d'analyser ses composantes. Elle comporte également des outils de géotraitement, d'analyse statistique et de gestion des données ;

- **ArcCatalog** : En fournissant une fenêtre de catalogue, l'application Arc Catalog permet d'organiser et de gérer les données SIG, telles que les fichiers Raster⁷⁹, les cartes, les jeux de données, les modèles, les métadonnées ;

- **ArcScène** : Est une application de navigation virtuelle qui offre la possibilité de visionner en 3D une carte générée dans ArcMap selon sa symbologie (légende). Elle permet également l'affichage des modèles numériques de terrain (MNT) qui est une représentation en relief selon la topographie. (Joliveau, 2011)

4.2.2 Prétraitement des cartes thématiques sous ArcGis :

La démarche méthodologique qui a été suivie pour développer notre analyse relative à notre cas d'étude (la ville de Batna) a consisté préalablement à une exploitation rationnelle d'un certain nombre de documents essentiellement cartographique. Aussi des documents et des rapports d'études différents ont été mis en œuvre à savoir les instruments d'aménagement et de planification (PDAU, PAW. SCU,... etc.).

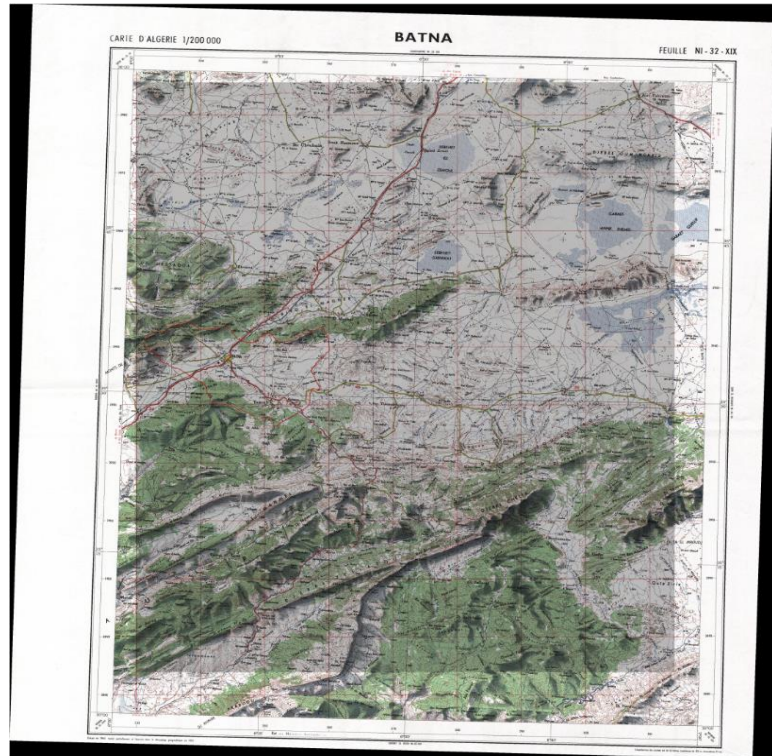
Dans l'environnement du logiciel ArcGis, il a été question en premier lieu, d'homogénéiser le système de référence spatiale par le choix d'un système de projection cartographique identique pour rendre superposable toutes les informations cartographiques disponibles. A cet effet, la projection cartographique UTM WGS84 a été adoptée pour toutes les couches d'informations SIG.

4.2.3 Géo référencement et calage des cartes : une étape incontournable

Après scannage numérique des cartes raster (version papier), il a été question de procéder à des corrections d'ordres géométriques des cartes. Il s'agissait essentiellement de l'opération de calage ou de géoréférencement⁸⁰. (Voir figures 4-2 et 4-3).

⁷⁹ Raster : Image matricielle, bitmap : où chaque pixel est représenté par une série de bits. Source : <https://fr.wiktionary.org/wiki/raster>

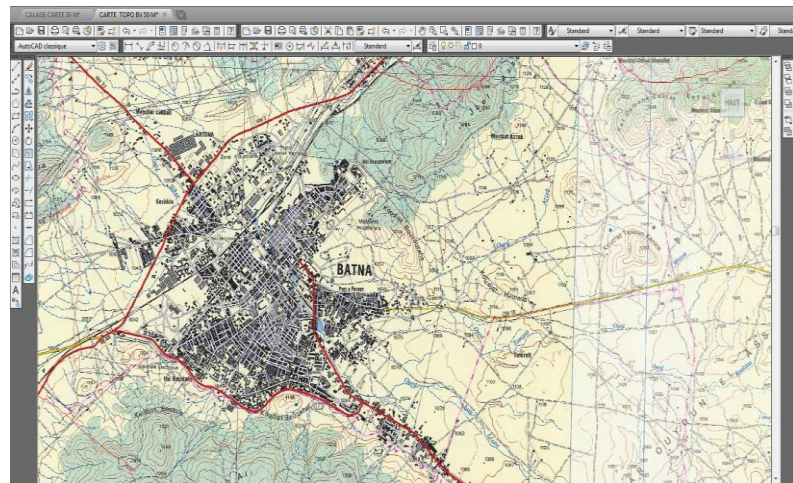
Riche en informations d'ordre naturel, physique et anthropique, les cartes topographiques ont été les documents de base ayant été exploitées.



Source : INC — MDN, 2016

**Figure 4-2 : Numérisation (scannage) d'une carte topographique (Batna)
Ech : 1/200 000**

À cet effet, quatre cartes topographiques à l'échelle 1/50 000 ont été mise en œuvre, il s'agissait des feuilles de Batna et les feuilles de Arris, une carte topographique de 1/200 000 nous a servi pour localisé régionalement notre zone d'étude



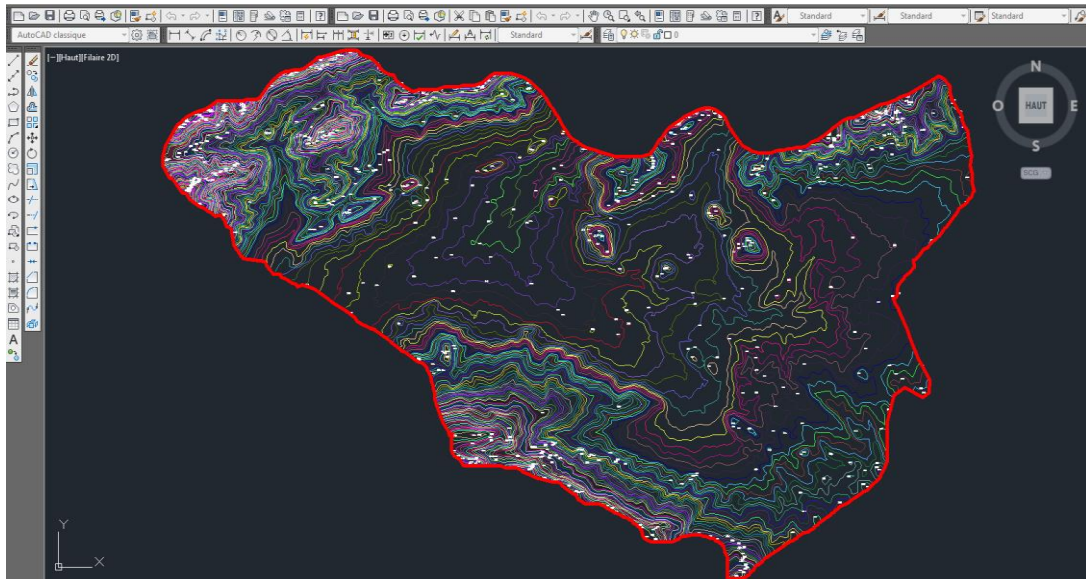
Source INCT, 2016

**Figure 4-3 : Calage d'une carte topographique (Batna)
Ech : 1/50 000**

80 Le géo référencement est le processus dans lequel on applique à une carte topographique par exemple sous format (raster) initialement, un emplacement spatial précis en lui attribuant des coordonnées géographiques .

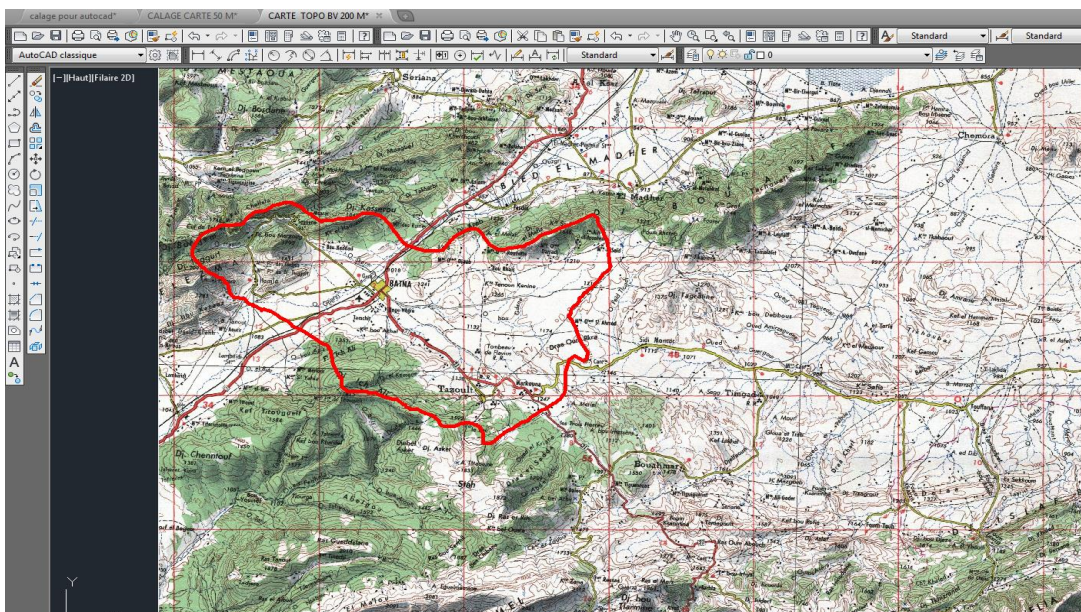
4.2.4 Import de fichiers DWG : vectorisation des cartes AutoCad

Les informations vectorielles ont fait l'objet de traitement spécifique, car les cartes et plans DWG issus d'autres organismes ne sont pas calés et viennent avec des extensions différentes comme « dwg » d'Autocad. C'est la raison pour laquelle il a fallu générer des fichiers Shape ou « shp » pour les ramener dans les systèmes de projection utm wgs 84 à l'aide du logiciel ArcGis.



Source : Auteur, 2016

Figure 4-4 : Exemple de vectorisation d'une carte topographique

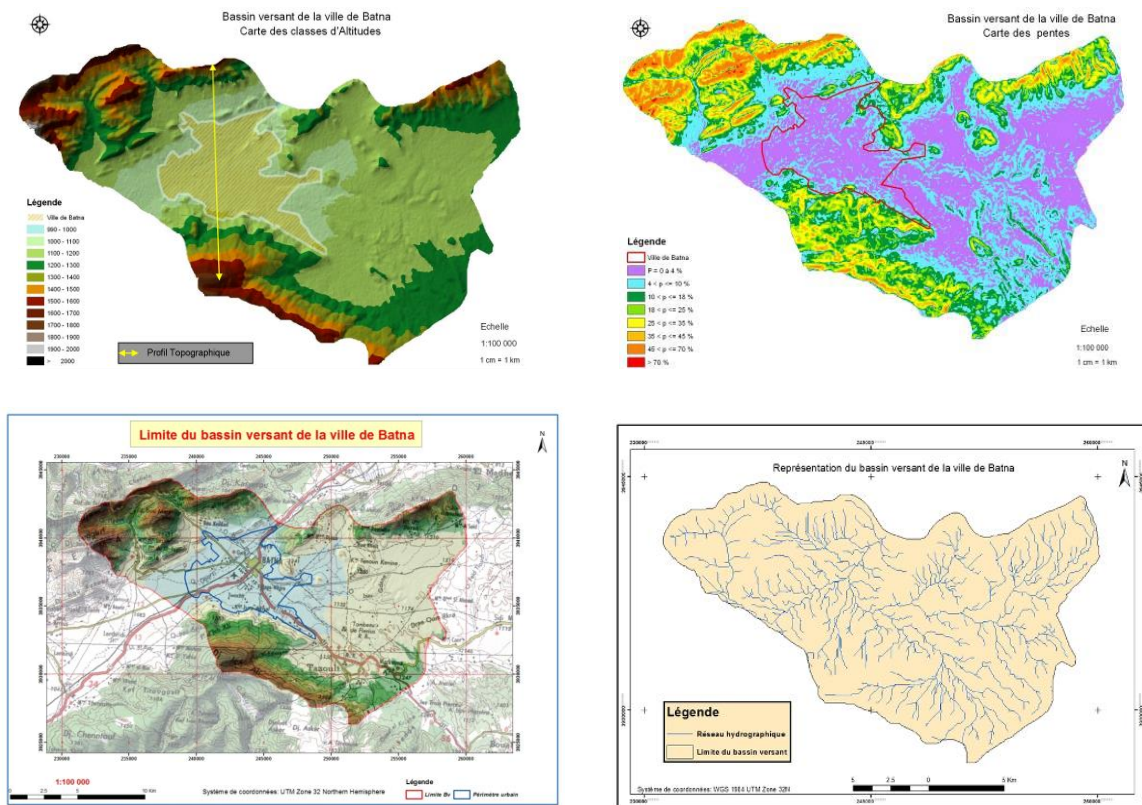


Source : Auteur, 2016

Figure 4-5 : Exemple de calage d'une carte via AutoCad

4.2.5 Constructions de cartes thématiques via ARC-GIS

Sur la base des cartes topographiques, la délimitation du bassin versant de la ville de Batna a été matérialisée par l'entité géométrique polygonale, ensuite une série de documents cartographiques a été produite pour l'ensemble du bassin versant sur la base des documents exploités (voir figure n° 4-6).



Source : Auteur, 2016

Figure 4-6 : Exemples de cartes thématiques ayant servi pour la présentation du cas d'étude

4.2.6 Création des MNT à partir du logiciel ARC-GIS : topographie numérisée

L'imagerie satellitaire à haute résolution était le document cartographique qui nous a apporté un plus à notre analyse. Des ordres de grandeur, surtout ceux se rapportant à l'état actuel des versants de la zone, ont été tirés de la lecture de cette imagerie.

Une base de données altimétrique de l'USGS a été exploitée dans le cadre de la présente analyse, cette base de données, qui complète bien sûr les cartes topographiques, nous a permis de dresser des modèles numériques de terrain et par conséquent de visualiser en trois dimensions les reliefs de la zone d'étude. Par ailleurs, une carte des pentes de tout le bassin versant à été générée sur la base du modèle numérique établi.

En vue de créer un MNT TIN, nous avons adopté une méthode qui intègre les données topographiques de provenances différentes à savoir : SRTM⁸¹. Pour notre cas d'étude, notre choix s'est porté ainsi sur le SRTM30. Cette campagne d'observation a permis d'établir des modèles numériques de terrain MNT pour près de 80 % des terres émergées s'étendant de 56° de latitude Sud à 60° de latitude Nord. D'autres données sont également mises à la disposition pour le grand public à titre gracieux.

Notre choix s'est porté sur le SRTM30 : résolution de 30 secondes d'arc (926 m à l'Équateur), couverture mondiale, sorte de mise à jour du format GTOPO30. Le format standard pour les données d'élévation dans le SIG est un modèle numérique d'élévation (DEM) dans raster format.

L'extension ArcGIS 10.3, Spatial Analyst, dispose d'un certain nombre d'outils y compris les outils de surface (a pente, les lignes de contour, relief ombré, et champs de vision) et des outils de traitement hydrologique ayant pour objectif la détermination du sens d'écoulement, d'accumulation et des écoulements au sein des bassins versants.

La même extension à savoir ArcGIS 3 D Analyst, dispose également d'outils pour l'examen des données d'élévation en 3D et pour la création de modèles de surface exactes appelés TIN à partir des lignes de contour et d'autres sources de données.

Il convient de rappeler par ailleurs que les données d'altitude ont trois coordonnées pour un endroit donné : les coordonnées **X** et **Y** décrivent une position sur la surface de la terre (en position horizontale), et **Z** décrit l'élévation. Pour la surface et les fonctions hydrologiques, les unités **X**, **Y** et **Z** devraient tous être dans la même unité, et cette unité doit être en mètres pour fonctionner correctement.

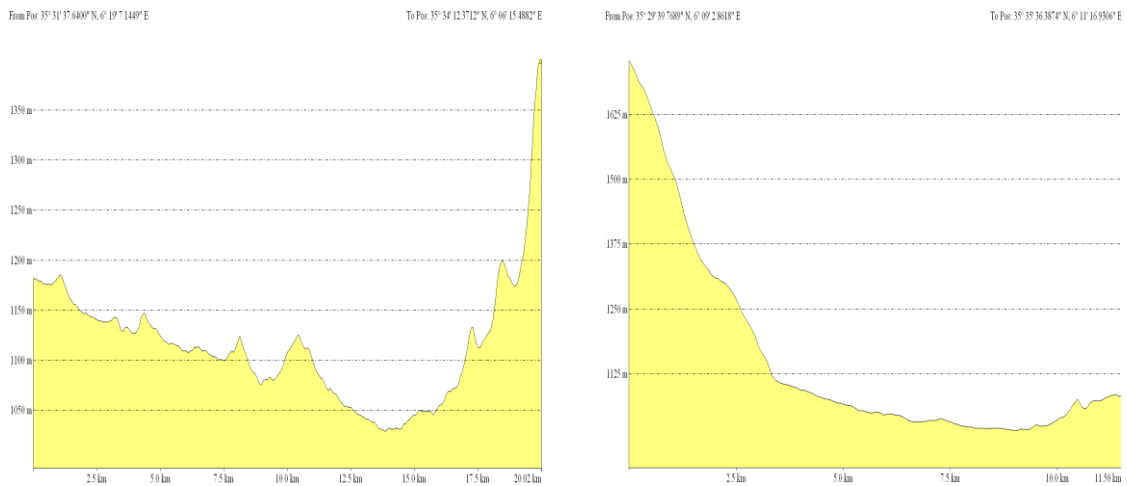
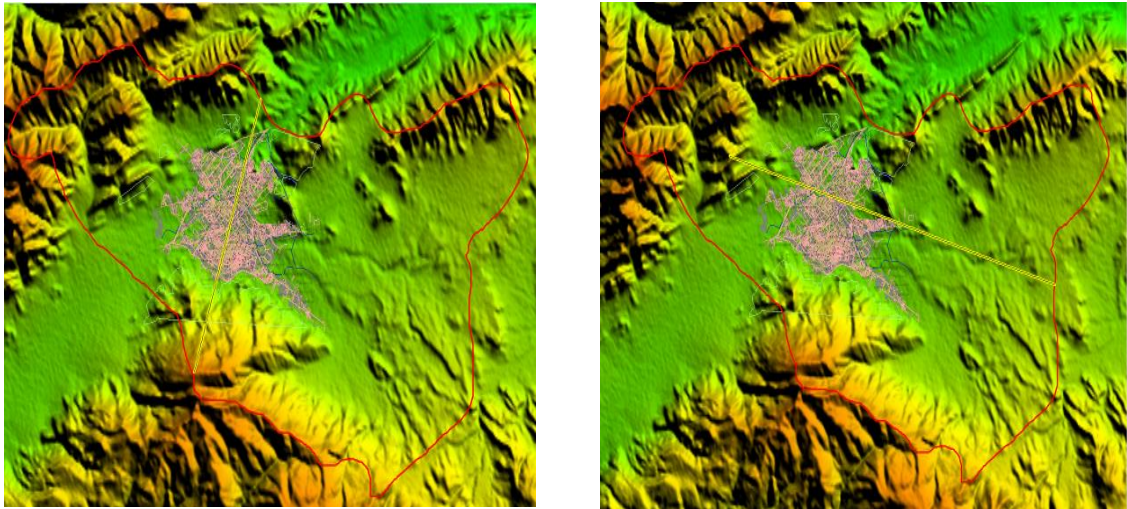
Les sources de données DEM⁸² sont distribuées dans le GCS⁸³ où les coordonnées latitudes et de longitudes sont en degrés (incompatible avec la modélisation hydraulique). Cela nous a mené obligatoirement à convertir ces données en une projection de coordonnées système (Datumwgs 1984 UTM zone 32) avant de les exploiter.

⁸¹ SRTM : Shuttle Radar Topography Mission fait référence à des fichiers matriciels et vectoriels topographiques fournis par deux agences américaines : la NASA et la NGA (ex-NIMA). Ces données altimétriques ont été recueillies au cours d'une mission de 11 jours en février 2000 par la navette spatiale Endeavour (STS-99) à une altitude de 233 km en utilisant l'interférométrie radar.

⁸² DEM : Modèle Numérique d'Élévation

⁸³ GCS : Geographic Coordinate System qui veut dire en français : système de coordonnées géographiques

4.2.7 Création des profils topographique à partir des MNT sous ARC-GIS 10.3



Source : Auteur, 2016

Figure 4-7 : création de profils topographiques (ville de Batna) à partir d'un MNT

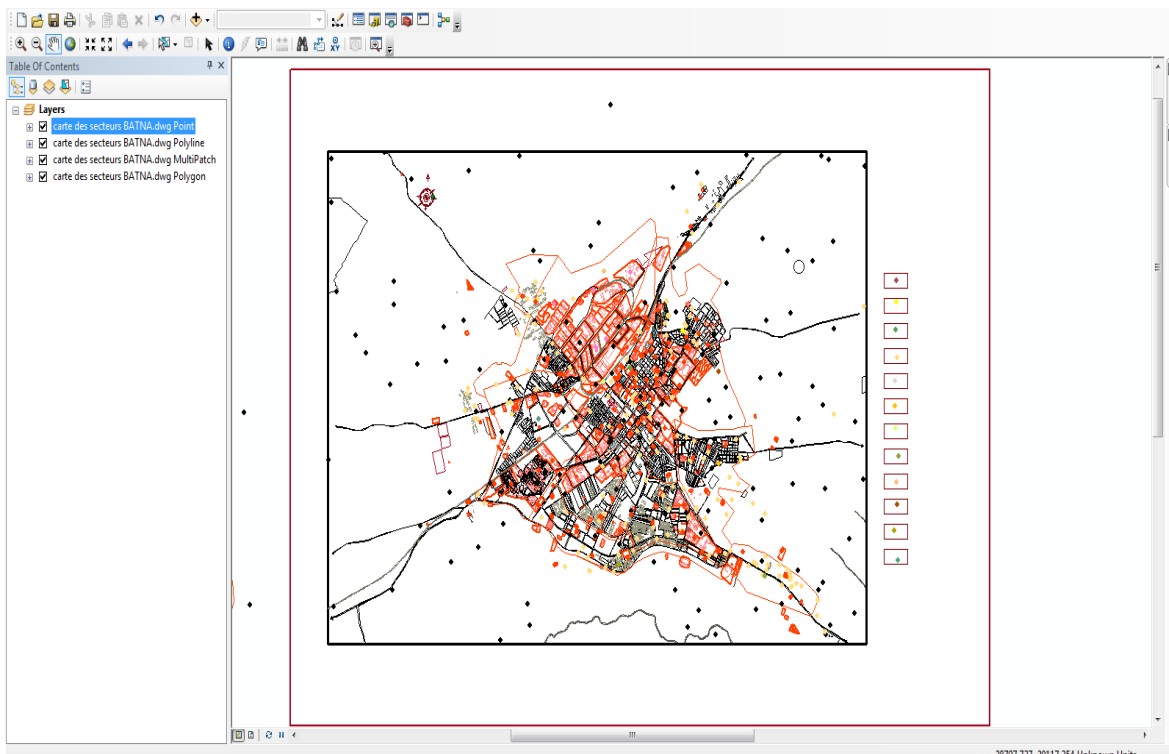
Tous les spécialistes s'accorde à confirmer l'utilité des profils topographique pour toutes études scientifique ou professionnelle qui se veut objective. A partir du modèle numérique de terrain (MNT), le programme Arc Gis offre l'opportunité de créer des milliers de coupes transversales ou longitudinales sur le site étudié en un temps record, ce qui faciliterait davantage la tache des ingénieurs et des chercheurs.

L'exemple de la ville de Batna (Voir figure 4-7) constitue une illustration édifiante de ce que peut offrir le logiciel en question.

4.2.8 Spatialisation des enjeux vulnérables par le recours au logiciel ArcGis :

Selon le site web de la firme américaine ESRI dédié à la formation du logiciel ArcGis, le logiciel ArcGis permet d'éditer des cartes constituées de **couches** (layers) dans un ordre bien déterminé. Ces couches peuvent être des **formes** (polygones), des **lignes** (polylines) et des **points** définissant la façon dont un jeu de données est représenté (symbolisé et étiqueté). Ces couches affichées dans l'application ArcMap représentent ainsi des données géographiques ayant trait à des thèmes bien spécifiques tels que : des routes, des bâtisses, des pylônes électriques, des limites administratives d'une commune par exemple ou même des oueds, objet de notre recherche.

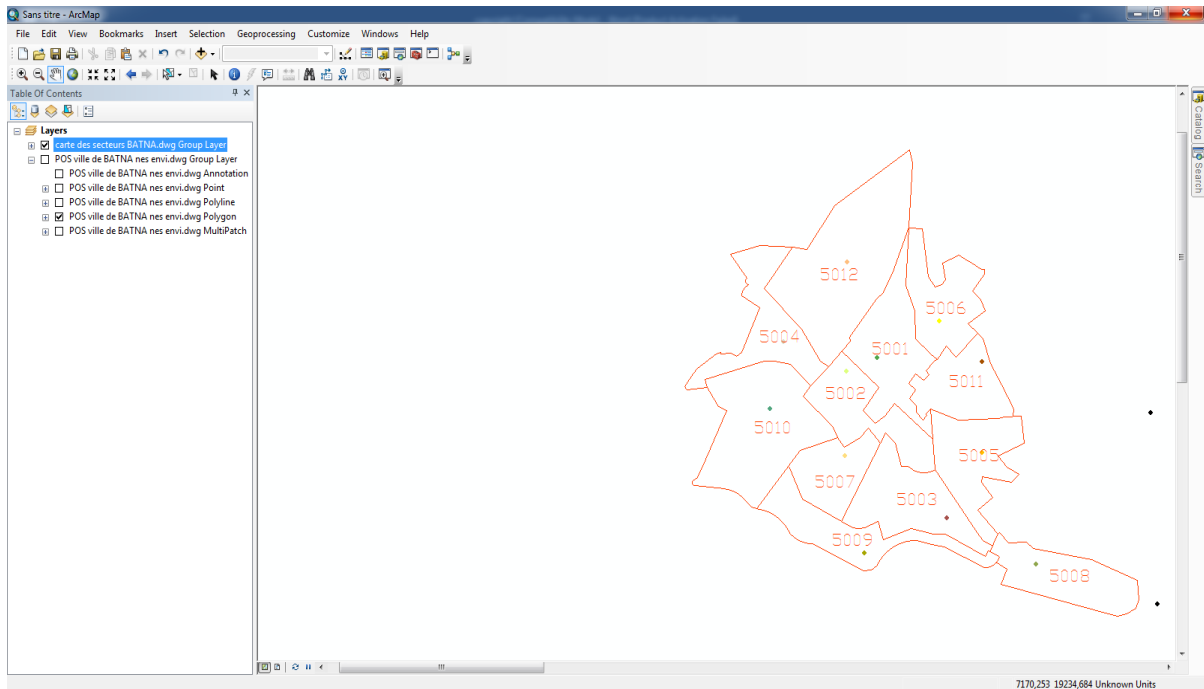
Comme l'illustre la figure 4-8 ci-après et selon le type de couches : polygones, lignes ou points, un thème est ainsi attribué et susceptibles d'être analysé comme les enjeux humains, matériels et environnementaux, représentés dans ArcGis comme couches. Cela nous offre l'avantage non seulement, de les spatialiser avec une précision sur n'importe quel secteur urbain de la ville de Batna, mais surtout les calculer géométriquement (superficie de l'habitat individuel, longueur des oueds et la position d'un forage par exemple).



Source : Auteur, 2016

Figure 4-8 : Principe des layers (couches) sous ArcGis 10.3

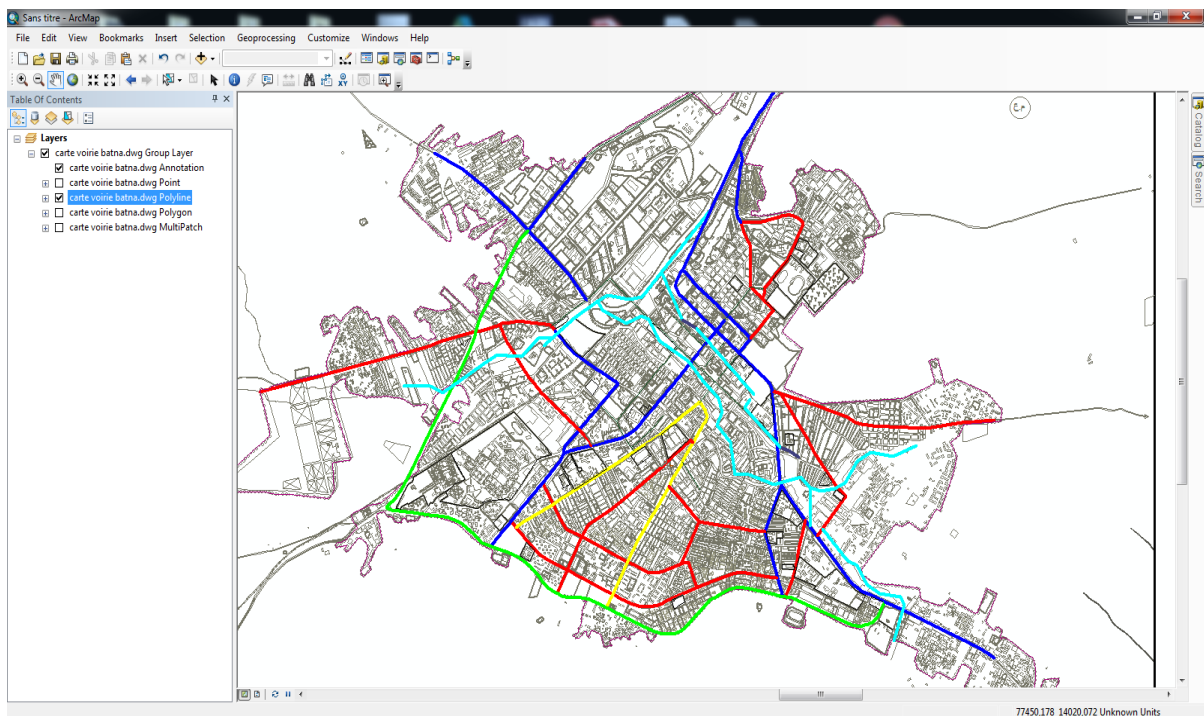
4.2.8.1 Exemple de spatialisation des enjeux à partir de la couche « Polygone » :



Source : Auteur, 2016

Figure 4-9 : la carte de la ville de Batna représentée en Polygones (secteurs urbains)

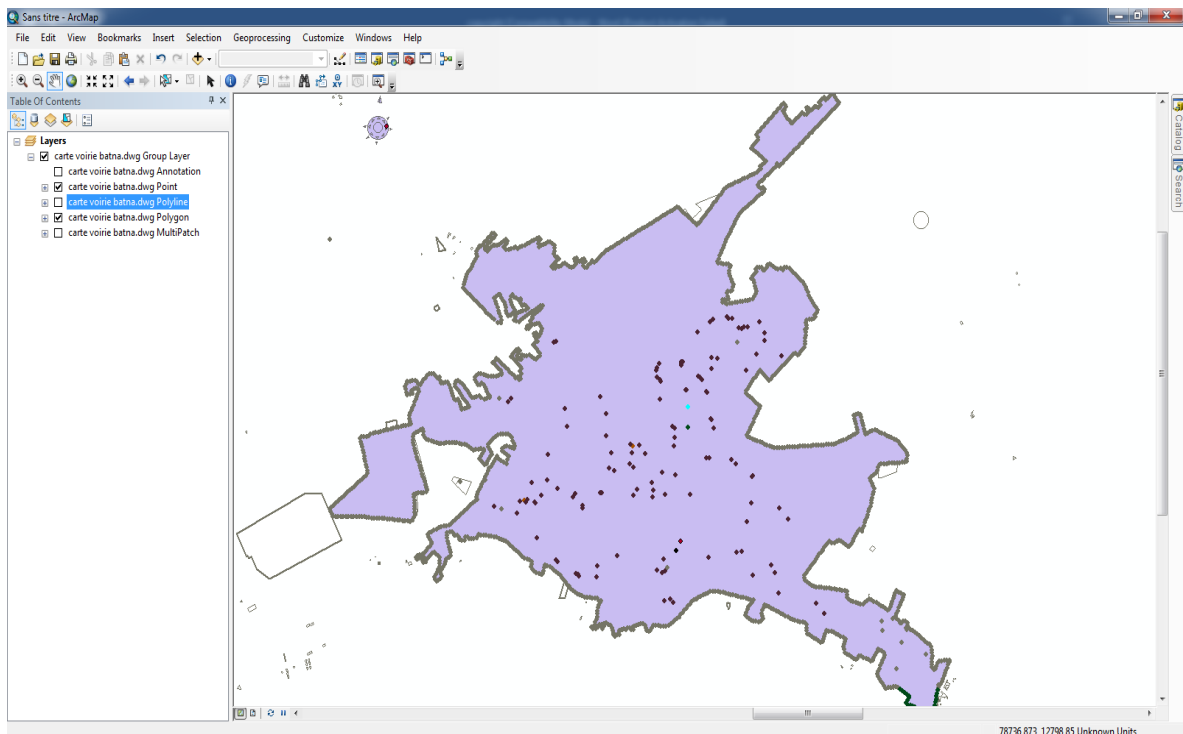
4.2.8.2 Exemple de spatialisation des enjeux à partir de la couche « ligne » :



Source : Auteur, 2016

Figure 4-10 : Illustration du principe des « Lignes » sur la carte de la ville de Batna

4.2.8.3 Exemple de spatialisation des enjeux à partir de la couche « point » :



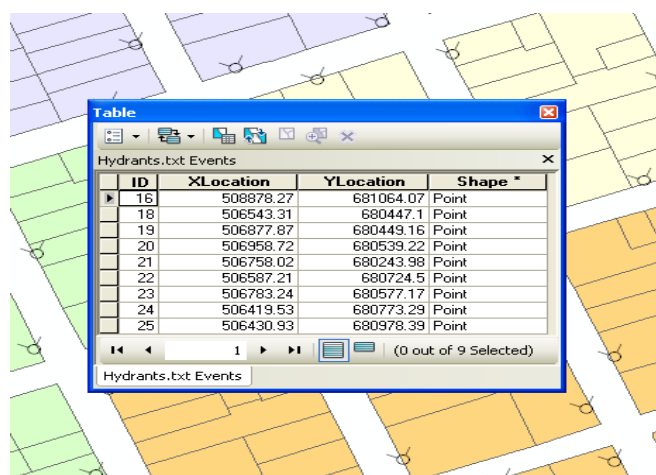
Source : Auteur, 2016

Figure 4-11 : Illustration du principe des « Points » sur la carte de la ville de Batna

4.2.8.4 Spatialisation des enjeux à partir des tables d'attributs

Les « données attributaires » d'un fichier de données géographique ou « Table d'Attributs » (le fichier .dbf) sont facilement accessibles dans ArcMap.

Comme l'illustre la figure 4-12, les lignes du tableau (table d'attributs) correspondent en fait à des entités spatiales comportant des coordonnées x, y, des mesures GPS par exemple, peuvent composées à leur tour de points, lignes ou polygones, bien localisés spatialement.

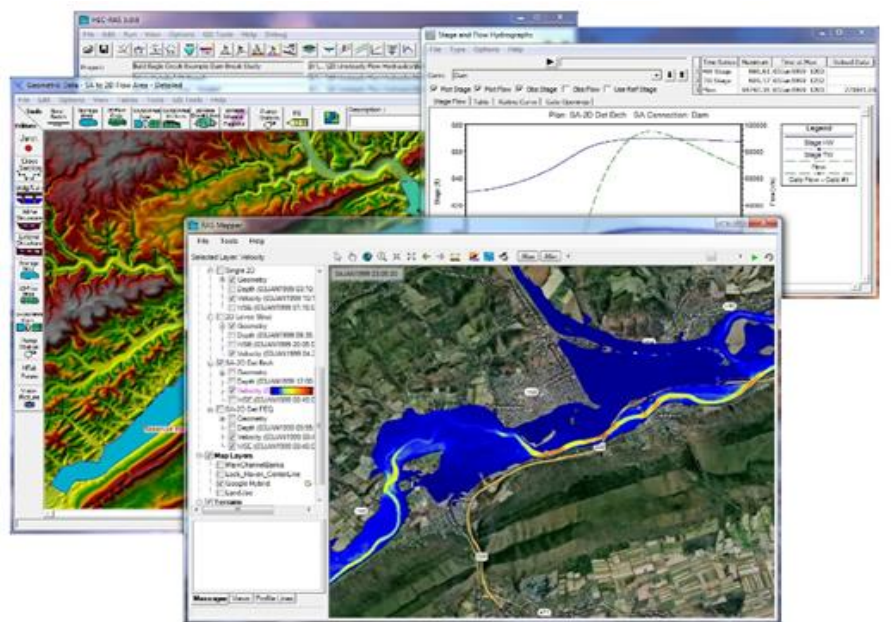


Source : Auteur, 2016

Figure 4-12 : Exemple de tables d'attributs à introduire dans ArcMap sous ArcGis

4.3 Modélisation hydraulique : vers une cartographie de l'Aléa

Inutile de rappeler que la modélisation hydraulique a pour but de faire ressortir les *hauteurs* et les *vitesse d'eaux* correspondantes aux débits prévus et déterminés par l'étude du contexte hydrologique de la zone d'étude. Pour effectuer la modélisation hydraulique des deux cous d'eau (oueds) retenus pour notre cas d'étude ; « Oued El Gourzi » et « Oued Batna », notre choix s'est porté sur le logiciel : HEC-RAS 4.0⁸⁴, modèle (1D).



Source : <https://hydro-blog.com/hec-ras/>

Figure 4-13 : Interface et environnement du logiciel Hec-Ras

4.3.1 Le logiciel HEC-RAS 4.0 : la référence en matière de programmes de modélisation de crues

Pour effectuer la modélisation hydraulique des deux cous d'eau (oueds) retenus pour notre cas d'étude ; « Oued El Gourzi » et « Oued Batna », notre choix s'est porté sur le logiciel HEC-RAS est un modèle unidimensionnel⁸⁵ conçu par le corps des ingénieurs de l'armée américaine « *Hydrologic Engineering Centre de l'US Corp Engineers* » pour évaluer les débits et hauteurs d'eau relatifs à un tronçon donné d'un cours d'eau par

⁸⁴ HEC-RAS : Hydrologic Engineering Center River Analysis System

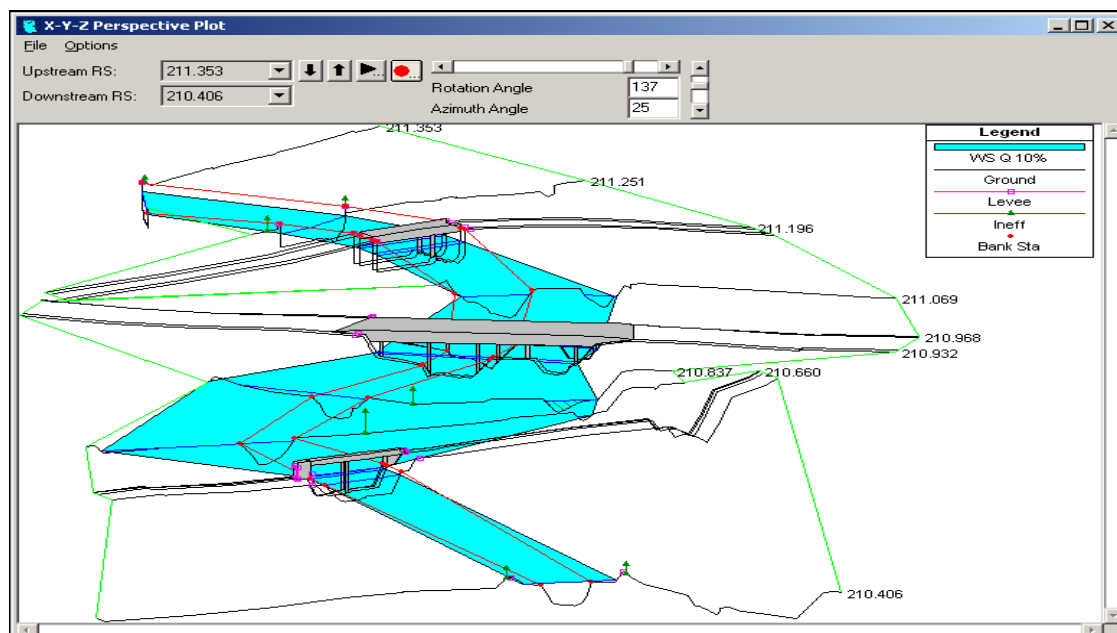
⁸⁵ Modèle monodimensionnel dont la géométrie est représentée par un profil en long sur lequel sont repérées les sections en travers perpendiculairement au sens d'écoulement.

exemple. Il permet entre autres de modéliser l'écoulement de surface libre pour un régime permanent et non permanent (Chachoua, 2009). La première version (version 1.0) a été libérée en juillet 1995.

4.3.2 Motivation du choix du logiciel HEC-RAS 4.0 : un programme accessible , pratique et efficace

Le logiciel : HEC-RAS 4.0 ⁸⁶ offre plusieurs avantages à savoir :

- Gratuit et libre de droits⁸⁷ : Le modèle HEC-RAS est ainsi à la portée de tous les techniciens des services techniques des collectivités locales ;
- Très accessible et facile à manipuler : Outre les spécialistes dans le domaine de l'hydraulique, les autres spécialistes peuvent ainsi l'exploiter pour les études basiques de modélisation hydraulique ;
- Un outil informatique très pratique pour calculer les hauteurs d'eau des oueds ;
- Ce modèle permet également d'effectuer des simulations de l'écoulement dans les cours d'eau et les canaux, même pour les régimes non permanents (cas des deux oueds retenus pour notre analyse) en prenant en considération l'impact des ouvrages hydraulique comme les ponts et les seuils (Voir figure 4-14)



Source : <https://fr.wikipedia.org/wiki/HEC-RAS>

Figure 4-14 : Simulation d'un écoulement en régime permanent d'un ouvrage d'art

⁸⁶ HEC-RAS : Hydrologic Engineering Center River Analysis System

⁸⁷ Version téléchargeable gratuitement sur le site : <http://www.hec.usace.army.mil/>

4.3.3 Modèles disponibles du logiciel HEC-RAS :

Ces modèles permettent de nous fournir les cotes d'eau en fonction du temps par la résolution des équations de « Saint Venant » résultant de l'équation de conservation de masse, transformée en conservation de volume en tenant compte de l'incompressibilité de l'eau. (Thual. O, 2008). Il existe deux types de modèles :

- Modèles 1D à casiers : Ces modèles ont l'avantage de modéliser les zones de débordement en tant que réservoirs interconnectés ou reliés à l'écoulement par des lois de vidange/remplissage. Cependant, sa limite réside dans la difficulté de calage des coefficients régissant les lois de ces casiers. (Staron M.G, 2010).

- Modèles bidimensionnels (2D) : Quant à ce type de modèle, la géométrie du cours d'eau est représentée par un maillage 2D. Les modèles fournissent les cotes d'eau en fonction du temps dans chaque maille par la résolution des équations 2D des équations de « Saint Venant ».

Nous estimons ainsi que la seconde catégorie de ces modèles est relativement gourmande en temps de calcul et nécessite une connaissance plus ou moins fine de la géométrie. Ils sont utilisés plutôt pour les petits tronçons de cours d'eau ou dans le cas où les modèles 1D ne donnent pas de résultats fiables.

En effet, une lecture comparative entre les deux modèles 1D et 2D a été faite par des chercheurs sur la capacité de simuler l'étendue de l'inondation d'une crue donnée à l'aide de trois modèles : un modèle 1D représenté par le HEC-RAS de l'US Army Corps Engineers et deux modèles 2D représentés par TELEMAC 2D développés par les deux firmes : Électricité de France et Lis flood-Fp.

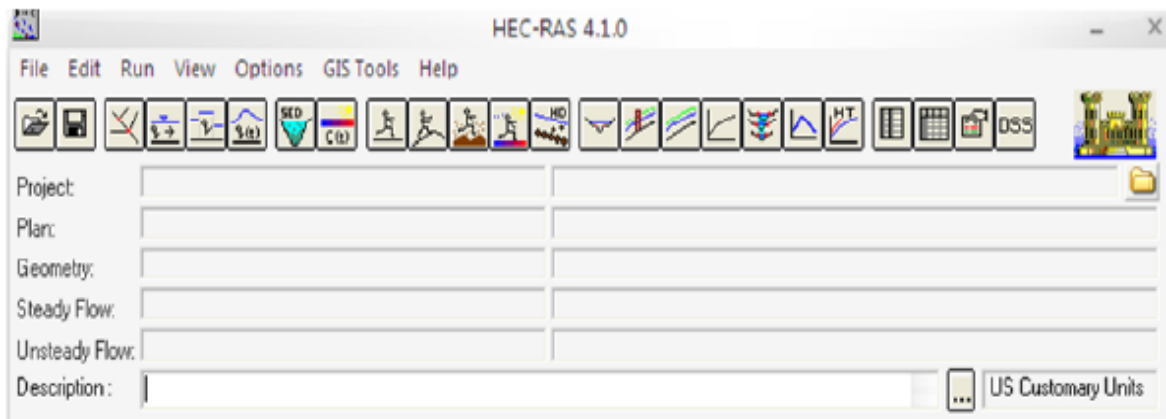
Les résultats de cette approche comparative ont révélé que la capacité du modèle HEC-RAS (1D) demeure plus simple et mieux adaptée par rapport au modèle TELEMAC (2D) en matière de représentation de l'étendue de l'inondation. (Chachoua, 2009). Cela nous mène à opter pour le choix du modèle (1D) HEC-RAS comme outil de modélisation, disponible et simple à manipuler.

4.3.4 Environnement du logiciel HEC-RAS :

L'environnement du logiciel HEC-RAS est quant à lui présenté sous forme de projets dont chacun (projet) contient plusieurs fichiers portant le même nom. Chaque fichier se démarque par sa propre extension et comprend des données bien déterminées. Selon USACE (2010), ces fichiers sont présentés comme suit :

- Le fichier de projet (*. prj) : c'est le fichier principal ayant des informations descriptives du projet, configurées par défaut ou choisies par l'utilisateur ;
- Le fichier de géométrie (*. G -) : Comme son nom l'indique, il comporte les différentes informations relatives à la géométrie (schéma, sections en travers, rugosité, ouvrage... etc.) ;
- Le fichier (flow) qui veut dire « débit » avec l'extension (*. F -) : il stocke les données relatives aux débits, il comporte entre autres, plusieurs profils où chacun regroupe des conditions particulières de débit ;
- Le fichier Plan (*. P -) : Ce type de fichier contient des données particulières et aide l'utilisateur à simuler plusieurs scénarios avec les mêmes données ;
- Le fichier exécution (*. R -) : Ce dernier (fichier) se crée automatiquement à l'exécution de chaque simulation et contient les données relatives à la simulation ;
- Le fichier (output) résultat (*. O -) : il regroupe les résultats de la simulation.

Il y a lieu de noter par ailleurs que tous les fichiers HEC-RAS prennent la numérotation de 0 à 99, qui sont définis par l'utilisateur et ne doivent pas être modifiés. Comme le montre la figure 4-15 qui représente une capture d'écran du programme en question. Au premier démarrage du logiciel HEC-RAS, la fenêtre suivante apparaît comme suit :



Source : Auteur, 2016

Figure 4-15 : Fenêtre principale de l'interface du logiciel Hec Ras

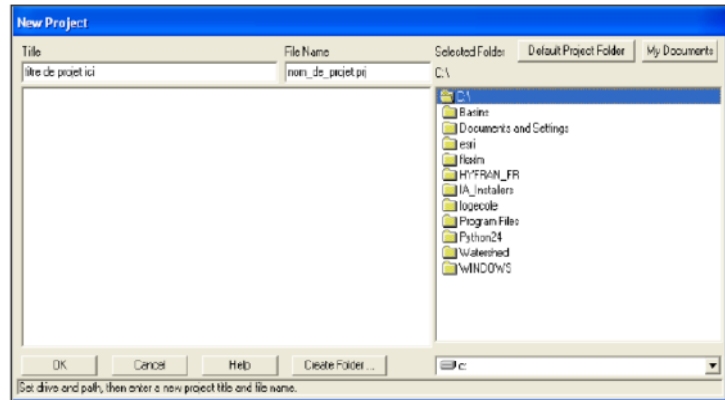
4.3.5 Étapes de modélisation par HEC-RAS :

La simulation de l'écoulement d'eau par HEC-RAS passe par les étapes suivantes : en premiers lieux la création du projet HEC RAS, ensuite la modélisation consiste à préparer les données topographiques pour la formation du modèle numérique de terrain « MNT TIN ». Ce dernier servira de données d'entrée (Input) pour le logiciel HEC-RAS.

C'est à partir de cette phase que nous commencerons la simulation hydraulique (proprement dit) pour aboutir enfin à la spatialisation et cartographie de l'aléa inondation.

4.3.5.1 Création d'un nouveau projet :

Comme le montre la capture d'écran ci-après (figure 4-16), nous entamons notre modélisation par la nomination d'abord du projet puis le choix de l'emplacement des fichiers.



Source : Auteur, 2016

Figure 4-16 : Création d'un nouveau projet sous Hec Ras

4.3.5.2 Préparation des données topographiques pour le logiciel HEC-RAS :

La qualité de modélisation hydraulique dépend étroitement de la qualité des données topographiques du point de vue précision et résolution qui présente la finesse de maillage des levés sur le terrain. Quant à la précision, elle correspond notamment à la marge d'erreur absolue sur ces mesures. Selon l'objectif escompté de l'étude, plusieurs techniques d'acquisition peuvent être envisagées.

Comme nous l'avons souligné précédemment, nous avons fait appel à un modèle monodimensionnel qui implique l'apport de données topographiques très étendues, de résolution relativement fine et de bonne précision.

Pour notre cas d'étude, le modèle numérique de terrain « MNT » ou « TIN »⁸⁸ constitue pour nous le meilleur fond topographique pour les modèles hydrauliques et le plus adapté pour les terrains à grande échelle (une ville par exemple), peu exigeant en nuages de points. Cependant, nous déplorons la taille volumineuse du fichier Raster qui en découle. (Ben Mansour.N 2009).

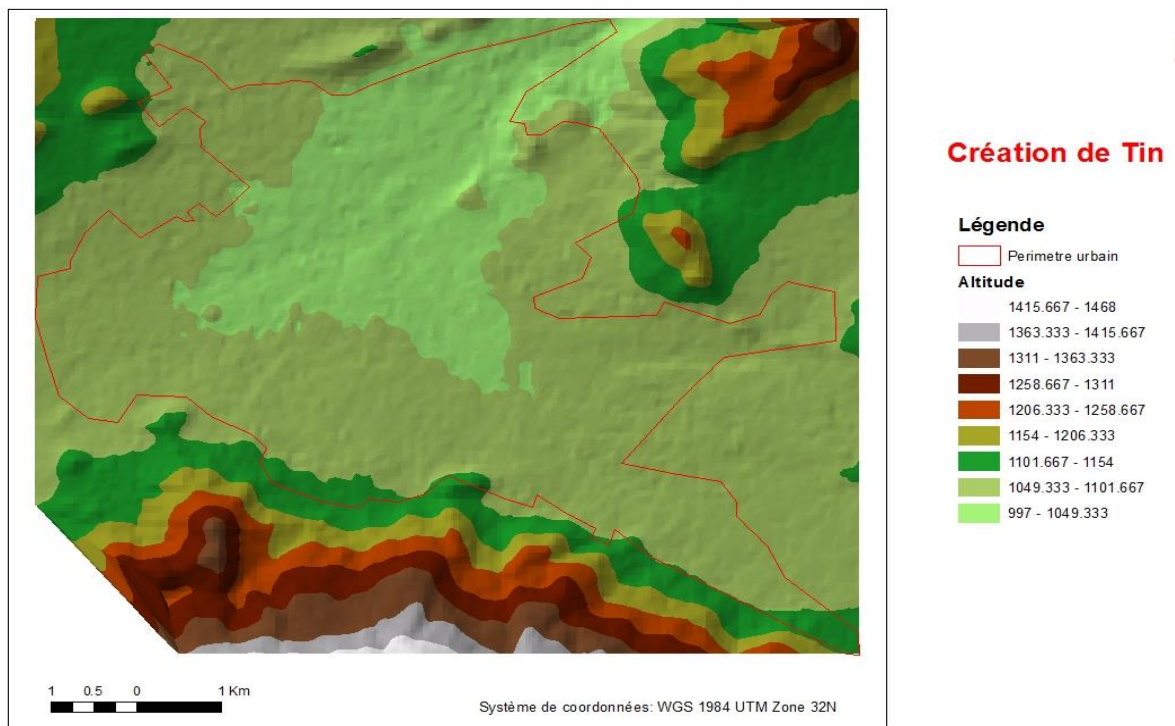
Ainsi C'est à partir de ce modèle (MNT TIN créé dans l'ArcGis) que sont extraites les données topographiques nécessaires au fonctionnement du logiciel HEC RAS.

⁸⁸ TIN :Terrain Irregular Network

La démarche se déroulera grâce à l’**HEC GeoRAS** (extension sous ArcGis qui permet d’automatiser les phases d’exportation - importation entre l’ArcGis et l’HEC RAS.

4.3.5.3 Formation du modèle numérique de terrain « MNT TIN »

Le modèle numérique de terrain « MNT TIN » relatif de la ville de Batna a été créé selon la méthode que nous avons expliquée précédemment. Ainsi la conversion par l’outil ArcToolbox d’ArcGis du raster SRTM vers Tin nous a donné la figure suivante de la zone urbaine de la ville de Batna :



Source : Auteur, 2016

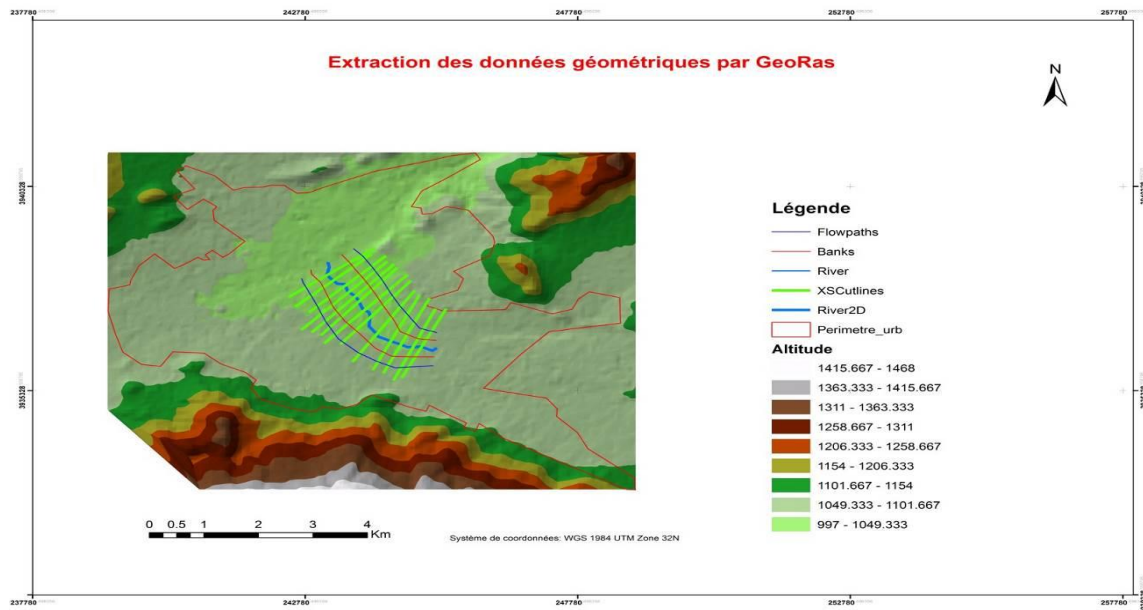
Figure 4-17 : Création de MNT TIN sous Arc Gis 10.3

4.3.5.4 Extraction des données topographiques pour HEC RAS :

Une fois le MNT TIN est créé, nous pouvons facilement former la géométrie pour l’HEC RAS et cela se fera grâce à l’interface HEC GeoRAS qui est un programme compatible avec Arc-Gis. Cette prolongation d’Arc GIS est spécifiquement conçue afin de traiter des données géospatiales pour l’usage avec le système HEC RAS. Avec la prolongation preRAS, HEC GeoRAS utilise le MNT TIN pour préparer un dossier des données géométriques évitant ainsi une étape fastidieuse de saisie manuelle. Le dossier d’importation est ainsi créé à partir d’une série des thèmes de Ras qui sont les Shape files d’ArcGis extraites du modèle numérique de terrain.

Les étapes suivantes représentent la démarche exigée par HEC Geo-Ras afin de former le dossier de la géométrie pour HEC RAS : Digitalisation de la ligne centrale de l’Oued (Stream center-line), digitalisation des lignes centres de chemin d’écoulement (Main Channel Banks), digitalisation des lignes de berges (Flow Pathcenterlines) et enfin la digitalisation des profils en travers (Cross-SectionalCutLines).

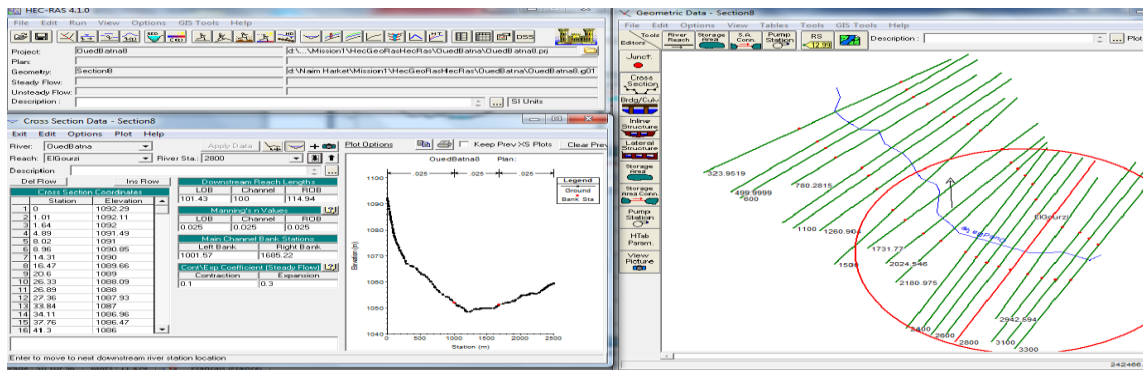
Ainsi, la figure suivante représente les principaux thèmes de Ras créée par l’HEC GeoRAS à l’aide du MNT TIN d’Oued Batna (par exemple).



Source : Auteur 2016

Figure 4-18 : principaux thèmes de « Ras » créés par Hec - GeoRAS (preRAS) d’oued de Batna-

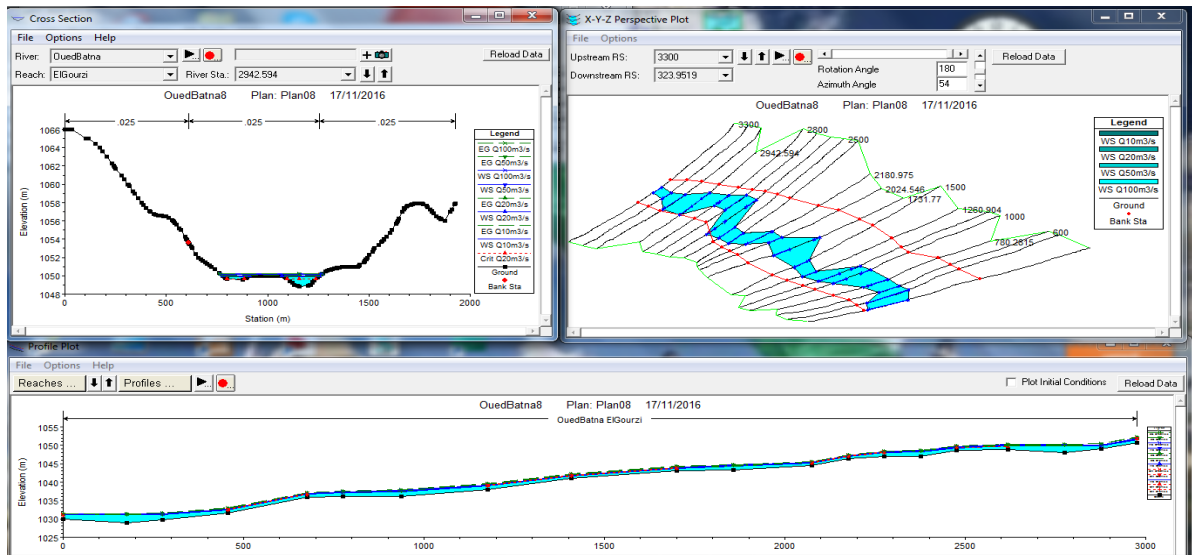
Une fois le dossier d’importation est prés, l’HEC RAS l’exporte grâce la commande **Geometric data** et fait apparaître la fenêtre de la figure suivante :



Source : Auteur 2016

Figure 4-19 : Géométrie - oued Batna suivant le logiciel Hec-Ras-

Après avoir introduit la géométrie du cours d'eau, l'étape suivante est de spécifier les débits utilisés pour calculer les profils d'écoulement. Pour cela, nous avons engagé la simulation hydraulique en régime graduellement varié avec les valeurs des débits qui sont obtenus par l'ajustement de la série des débits enregistrés à la station hydrométrique de Batna suivant une loi Gumbel et qui correspondents aux périodes de retours 10, 20, 50, et 100 ans.

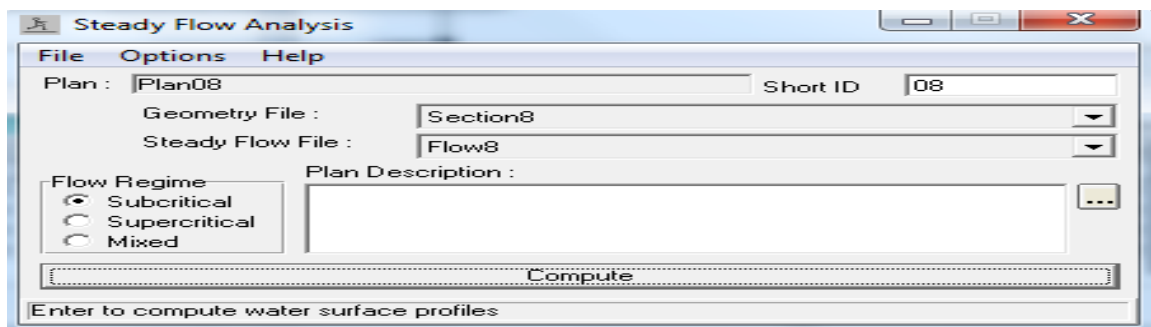


Source : Auteur 2016

Figure 4-20 : Profils d'écoulement - Oued Batna suivant le logiciel Hec-Ras-

4.3.5.5 Simulation hydraulique :

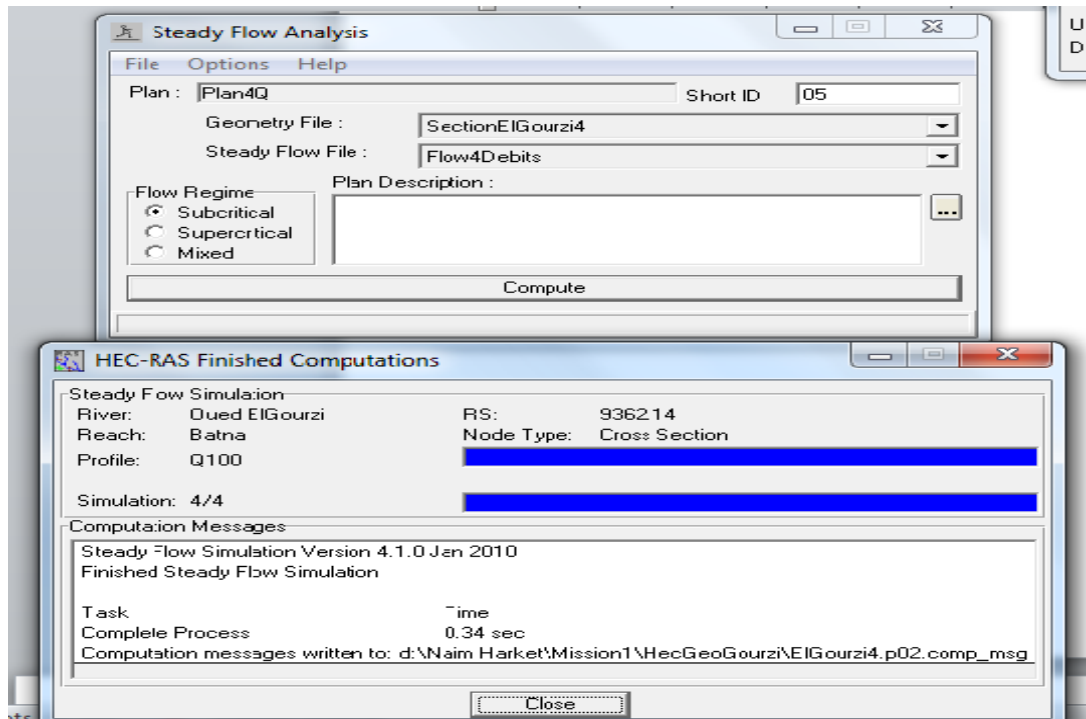
Après avoir défini la géométrie, nous pouvons passer à la simulation hydraulique proprement dite en utilisant le bouton **Performasteady flowsimulation** pour le régime permanent, ou le bouton **PerformUnsteady flow simulation** pour le régime non permanent. Dans notre cas , nous avons obtenu la fenêtre suivante :



Source : Auteur 2016

Figure 4-21 : Fenêtre de simulation - Régime permanent d'un cours d'eau-

Ensuite, il suffit de cocher sur le régime adéquat (fluvial pour notre cas), puis cliquez sur la barre **compute** (calculer) pour obtenir enfin les résultats affichés sous forme graphique ou sous forme de tableau détaillé imprimable :



Source : Auteur 2016

Figure 4-22 : Étapes à suivre pour la simulation hydraulique

Pour enfin aboutir à la figure ci — après qui affiche nettement les résultats de simulation sous forme d’un tableau détaillé d’Oued El Gourzi (par exemple) :

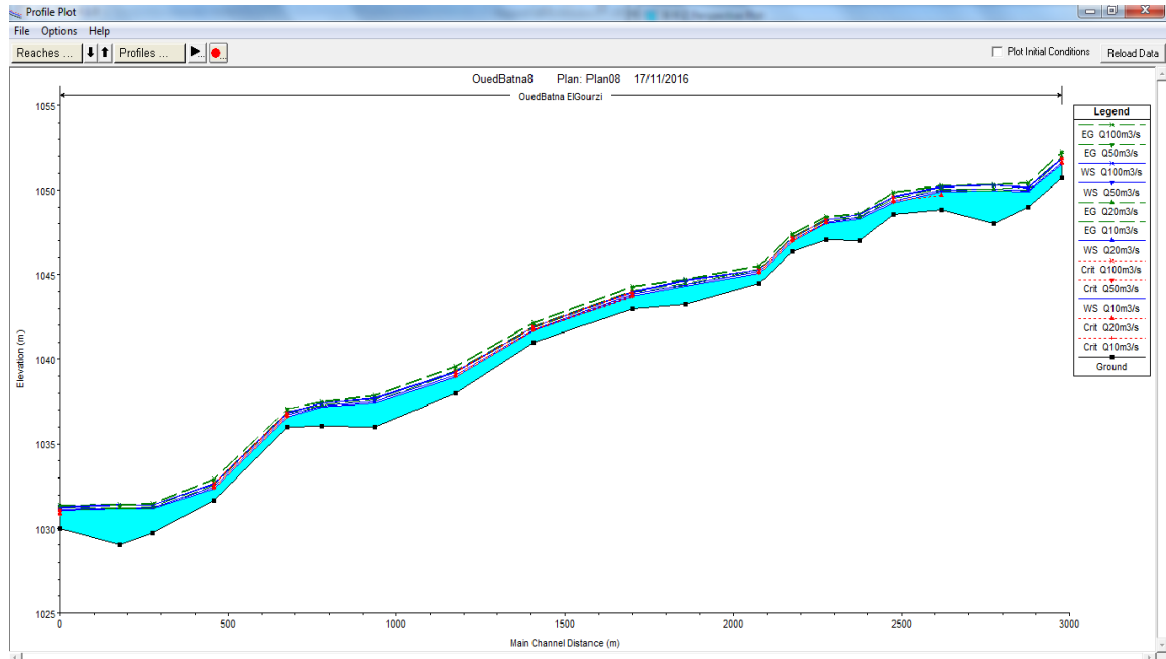
The image shows a 'Profile Output Table - Standard Table 1' window. The title bar indicates 'HEC-RAS Plan: 08 River: OuedBatna Reach: ElGourzi'. The table contains the following data:

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
ElGourzi	3300	Q10m ³ /s	136.00	1050.70	1051.54	1051.54	1051.81	0.007616	2.33	58.32	106.77	1.01
ElGourzi	3300	Q20m ³ /s	173.00	1050.70	1051.64	1051.64	1051.95	0.007364	2.46	70.30	115.77	1.01
ElGourzi	3300	Q50m ³ /s	249.00	1050.70	1051.83	1051.83	1052.19	0.006932	2.68	92.89	128.62	1.01
ElGourzi	3300	Q100m ³ /s	266.00	1050.70	1051.86	1051.86	1052.24	0.006861	2.72	97.70	131.12	1.01

Below the table, it says 'Total flow in cross section.'

Source : Auteur 2016

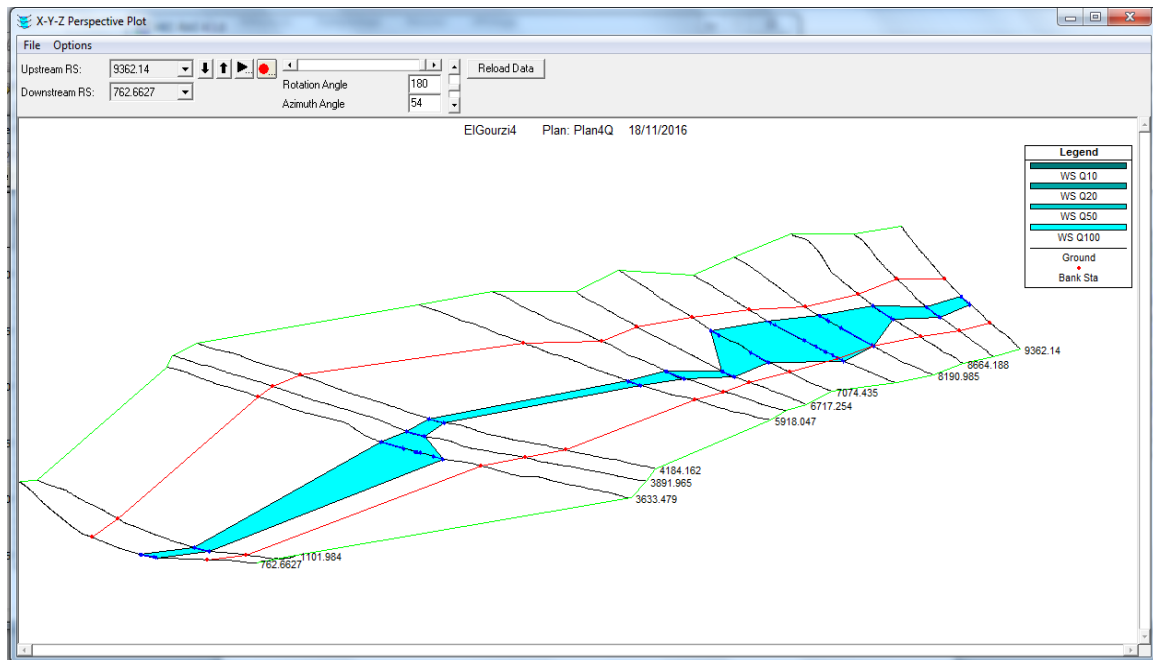
Figure 4-23 : Résultats de simulation représentés sous forme de tableau - Oued El Gourzi -



Source : Auteur 2016

Figure 4-24 : Résultats de simulation représentés sous forme graphique - Oued El Gourzi-

Nous pouvons avoir également une vue 3D de ces résultats de simulation. Cette dernière est représentée dans la figure suivante :

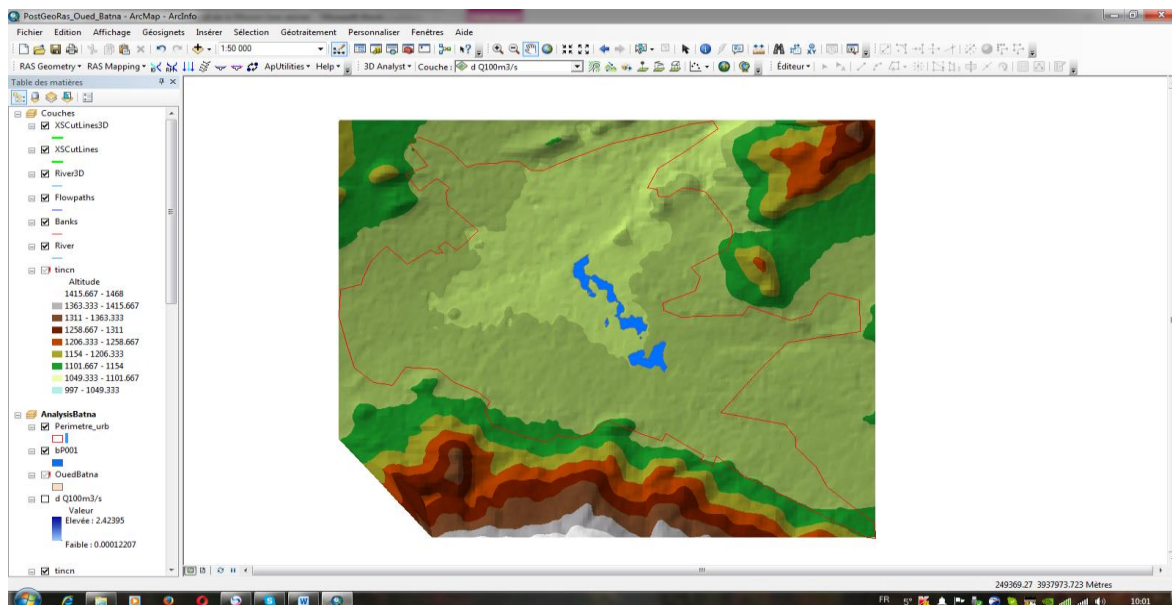


Source : Auteur 2016

Figure 4-25 : Résultats de simulation représentés sous forme graphique en 3D - Oued El Gourzi

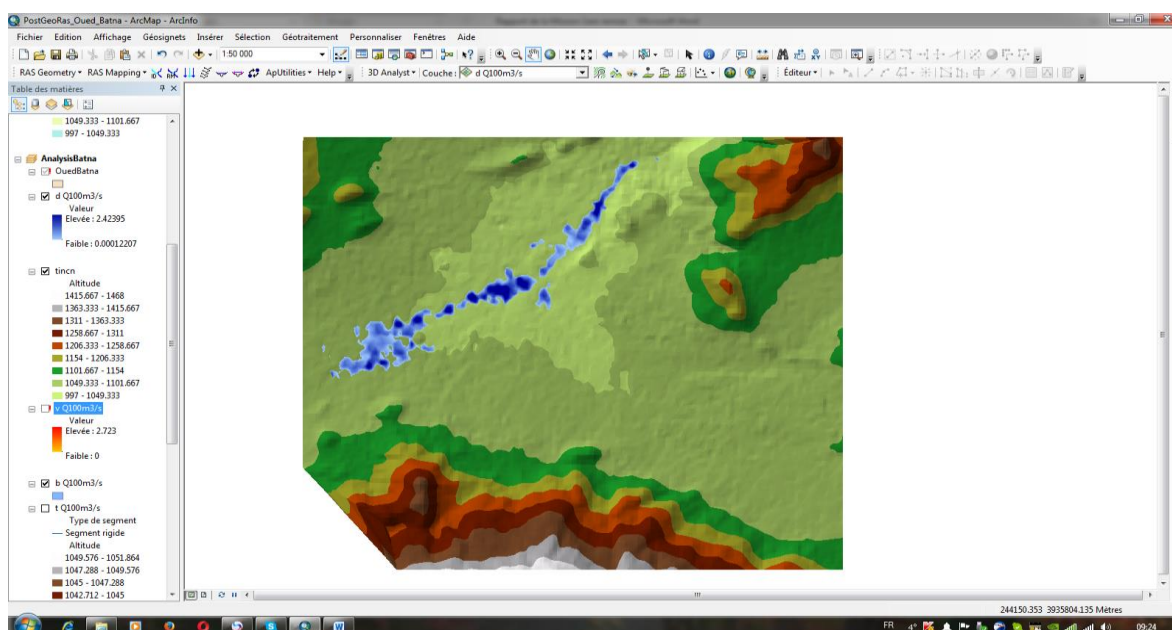
4.3.5.6 Spatialisation et cartographie de l'aléa inondation :

Une fois l'étape relative à la simulation est achevée, nous pouvons grâce au logiciel HEC Geo Ras dans son extension Post Ras, exporter les résultats de simulation vers le programme Arc Gis afin de délimiter les zones inondables sous forme de taches « en bleu » comme le montrent clairement les figures ci-dessous :



Source : Auteur 2016

Figure 4-26 : Taches inondables d'après un débit de fréquence centennale - Oued Batna



Source : Auteur 2016

Figure 4-27 : Taches inondables d'après un débit de fréquence centennale - Oued El Gourzi –

Conclusion :

Dresser un état de l'art ayant trait aux différentes approches méthodologiques qui se sont penchées sur notre thématique de recherche nous a beaucoup aidés à retenir une méthode combinée. Cela a pour ambition de vérifier l'originalité de nos hypothèses émises et à tester l'exploitabilité de son cadre méthodologique relatif à l'évaluation de la vulnérabilité urbaine de nos villes algériennes face au risque d'inondation. Ainsi notre choix méthodologique s'est fortement inspiré des trois approches suivantes :

- La méthode dite « inondabilité », développée par le CEMARGREF, qui consiste à croiser la carte de l'aléa avec celle des vulnérabilités par voie de modélisation numérique pour aboutir à une carte thématique appelée « carte du risque maximal acceptable ».

- L'approche pragmatique développée par Florent Renard (2010) et inspirée de T.-L. Saaty, pour le classement des enjeux vulnérables. Cette méthode préconise de ranger les enjeux présents dans un périmètre urbain en plusieurs catégories en vue d'en déduire les aspects de vulnérabilité urbaine.

- La méthode initiée par Marion Tanguy (2012) qui met en exergue les deux principales composantes du risque à savoir l'aléa et la vulnérabilité dans le but de délimiter les zones inondables avec une précision inégalée par le recours à la technologie de l'imagerie numérique.

Pour ce faire, nous avons fait appel au logiciel ArcGis 10.3 du système d'information géographique, afin de spatialiser et cartographier les trois composantes du risque d'inondation en suivant les étapes suivantes : prétraitement des cartes thématiques, géoréférencement et calage des cartes, création des MNT via ArcGis pour aboutir, enfin, à la confection des cartes thématiques de synthèse. Ce logiciel est très répandu sur le plan international.

En ce qui concerne le volet de la modélisation hydraulique de l'aléa inondation, notre choix s'est porté sur le programme HEC-RAS 4.0 qui offre plusieurs avantages (gratuit, libre de droit, très accessible, facile à manipuler et très pratique pour calculer les hauteurs d'eau des oueds, etc.). En somme, le programme HEC-RAS est à la portée de tous les techniciens des services techniques des collectivités locales.

Conclusion de la première partie :

La première partie a été consacrée exclusivement aux fondements théoriques de notre recherche à partir desquels nous avons tenté d'éclairer les trois concepts clés constituant la notion générale de risque, à savoir : l'aléa, les enjeux et la vulnérabilité. À l'issue de cette partie, il ressort que l'accent est désormais mis sur la notion de vulnérabilité qui restait le parent pauvre de la recherche scientifique jusqu'à la fin de la décennie 1990.

Souvent reléguée au second rang, voire occultée par des études qui se penchent plutôt sur l'aléa, la notion de vulnérabilité exprime la capacité d'une société ou d'un bien à résister face à un risque donné et son aptitude à subir des dommages en cas de survenance d'une catastrophe redoutée. Cette dernière est proportionnelle à l'ampleur des enjeux humains, matériels et environnementaux présents au niveau de la ville.

Le risque « inondation », de par son caractère incertain et brutal, constitue une menace réelle pour les populations installées sur le cône de déjection des pluies torrentielles. Ce risque naturel nous interpelle de façon permanente du fait que la vulnérabilité est omniprésente dans notre quotidien. L'impact des crues exceptionnelles, en tant qu'aléa naturel, ne fait que la révéler. Bien que souvent comprise, cette réalité est généralement négligée.

La ville qui entretient une relation particulière avec l'eau constitue un espace à risque spécifique. Les territoires qui la composent entretiennent des relations complexes entre eux. La relation ville-cours d'eau n'a pas changé et ne changera pas. Seuls changent les besoins et le regard de l'homme sur le cours d'eau ainsi que ses choix urbanistiques déterminés par des considérations socio-économiques évolutives.

Les inondations sont prépondérantes et constituent le risque le plus récurrent dans le monde avec 43 % de l'ensemble de catastrophes naturelles recensées ces dernières années. L'Algérie ne déroge pas à cette règle. En effet, la majorité des villes algériennes traversées par des cours d'eau habituellement à sec demeurent vulnérables aux crues périodiques qui surviennent de manière imprévisible et brutale lors des épisodes pluvieux.

En matière de gestion des risques majeurs en Algérie, un bilan sans ambiguïté est ainsi dressé. À ce titre, nous avons pu constater ce qui suit :

- La promulgation de la loi 04-20 du 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques et la gestion des catastrophes a donné naissance à un important dispositif législatif, réglementaire et institutionnel. Néanmoins, ces textes ne sont pas appliqués dans la réalité ;
- La notion de responsabilité n'est pas assez identifiée. Il est ainsi difficile de situer les erreurs et les défaillances constatées en post-crise ;
- Hormis le rôle des agents de la protection civile, aucune fonction dédiée à la gestion des risques n'est comprise dans l'organigramme national ;
- L'absence d'un processus continu et coordonné en matière de politique nationale de gestion des risques a entraîné des prérogatives éparpillées et ambiguës notamment au niveau local ;
- Sur le plan institutionnel, nous avons pu constater que les différentes structures liées aux risques majeurs sont autonomes, chacune dans leurs propres fonctions, ce qui pourrait engendrer des problèmes de coordination en cas de catastrophe naturelle.

Pour ce qui est de la prise en compte des risques naturels dans les instruments et les actes d'urbanisme, il convient de souligner que le plan d'occupation des sols (POS), par exemple, exige dans son volet réglementaire le classement des zones exposées aux aléas naturels lors de son élaboration au niveau local. De même, le plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (PDAU) précise les servitudes des oueds à respecter lors de l'élaboration des plans d'aménagement et de composition urbaine. Ces nouvelles mesures relatives aux conditions de constructibilité des sols sont désormais prises en compte dans la délivrance des actes d'urbanisme.

Cependant, les rapports de règlements annexés aux instruments d'urbanisme nous interpellent particulièrement. En effet, ils définissent les zones exposées aux risques majeurs comme étant des espaces limitrophes aux différentes servitudes (lignes électriques, gaz, oued, etc.). Or, se limiter à cette définition suscite plusieurs interrogations d'ordre pratique portant sur les règles selon lesquelles ces normes sont dictées. Dès lors, ces questionnements feront l'objet de l'analyse empirique proposée dans la deuxième partie de notre recherche.

PARTIE 2 :

**EN QUÊTE D'ÉVALUATION OBJECTIVE
DE LA VULNÉRABILITÉ URBAINE DE BATNA
FACE AU RISQUE D'INONDATION**

Introduction de la deuxième partie :

La seconde partie d'ordre empirique, intitulée « Vers une évaluation objective de la vulnérabilité urbaine de Batna face au risque d'inondation », aura pour objectif principal de vérifier la deuxième hypothèse selon laquelle la vulnérabilité urbaine de la ville de Batna serait objectivement évaluable. Cette partie pratique mettra l'accent sur l'aspect méthodologique et le matériel utilisé pour la spatialisation des trois composantes du risque « inondation » en expliquant, avec d'amples détails, les approches retenues basées essentiellement sur la modélisation et la cartographie. Pour ce faire, la partie empirique sera également scindée en quatre chapitres.

Dans le cinquième chapitre de cette étude, « Batna : Ville-cuvette, vulnérable face au risque d'inondation », nous procéderons, tout d'abord, à l'analyse du corpus d'étude, à savoir la ville de Batna. Nous la considérerons sous son aspect exclusivement physique, notamment ses sous bassins-versants. Ensuite, viendra une lecture diachronique qui mettra l'accent sur la croissance urbaine de Batna par rapport à ses oueds.

Dans le sixième chapitre, « Spatialisation de l'aléa inondation menaçant la ville de Batna », l'analyse se focalisera sur la modélisation de l'aléa « inondation » proprement dite et mettra l'accent sur le cadre méthodologique en général. L'approche que nous avons nommée « HEC RAS-MNT » se déroulera en deux phases distinctes pour aboutir, enfin, à la confection de cartes thématiques illustrant l'étendue des crues sur le territoire de la ville.

Toujours selon ce cadre, le septième chapitre, « Spatialisation des enjeux humains, matériels et environnementaux au niveau de la ville de Batna », tentera de recenser les vulnérabilités de la ville de Batna selon la méthode « AHP ». Cette dernière consiste à quantifier et localiser (spatialement), sur une carte thématique, les enjeux humains, matériels et environnementaux de la ville de Batna susceptibles d'être impactés par l'aléa inondation.

Enfin, le huitième et dernier chapitre, « Évaluation de la vulnérabilité urbaine de Batna par le recours à la spatialisation », se penchera sur le cadre méthodologique, basé essentiellement sur la modélisation et la cartographie par croisement de cartes thématiques, destiné à évaluer objectivement la vulnérabilité urbaine de Batna.

CHAPITRE V :

**V- BATNA « VILLE-CUVETTE » :
VULNÉRABLE FACE AU RISQUE D'INONDATION**

CHAPITRE V : BATNA « VILLE-CUVETTE », VULNÉRABLE FACE AU RISQUE D'INONDATION

Introduction :

Le caractère de notre étude qui porte sur le déterminisme existant entre la composante « ville » en tant qu'entité du milieu physique et le phénomène naturel d'inondation, impose une connaissance précise, mais aussi une description exhaustive du milieu physique et naturel environnant dans lequel est greffée la ville. Communément, décrire un milieu physique revient à faire ressortir les principaux éléments topographiques, morphologiques et hydrographiques qui couvrent le squelette du relief dans le but de comprendre la réponse hydrologique du milieu physique qui fait suite à chaque épisode pluvial.

Ainsi, la description du milieu physique de notre corpus d'étude, à savoir la ville de Batna, se veut aussi une compréhension du comportement de la ville vis-à-vis des réponses hydrologiques du bassin versant dans lequel elle s'insère. Dans ce chapitre, à travers une lecture diachronique, nous mettrons également l'accent sur la croissance urbaine de Batna par rapport à ses barrières physiques constituées essentiellement des principaux cours d'eau la traversant. Cette étape a pour but de comprendre le phénomène d'urbanisation de nos villes par rapport au débordement des cours d'eau traversant le milieu urbain, en cas de survenance de crues exceptionnelles.

5.1 La ville de Batna : présentation du milieu physique de la zone d'étude :

Notre présentation de l'aire d'étude a été basée principalement sur l'exploitation rationnelle d'un certain nombre de documents essentiellement cartographiques ainsi que des divers rapports d'études qui ont été mis en œuvre à savoir : les instruments d'aménagement et de planification urbaine (Pdau, Paw. Scu... etc.). Riches en informations d'ordre naturel, physique et anthropique, les cartes topographiques ont été les documents de base ayant été exploités. À cet effet, quarts cartes topographiques à l'échelle 1/50000 ont été mise en œuvre, il s'agissait des feuilles de Batna et les feuilles de Arris, une carte topographique de 1/ 200000 nous a servi pour localiser régionalement notre zone d'étude.

L'apport des cartes géologiques a été conséquent quant à la connaissance des couvertures lithologiques de la zone d'étude (types des roches), bien que leur utilisation

était superficielle elles nous ont permis de comprendre d'un seul trait le rôle joué par la géologie dans l'écoulement superficiel des eaux de pluie. L'imagerie satellitaire à haute résolution était le document cartographique qui nous a apporté un plus à notre analyse, des ordres de grandeur, surtout ceux se rapportant à l'état actuel des versants de la zone, ont été tirés de la lecture de cette imagerie.

Une base de données altimétrique de l'USGS a été exploitée dans le cadre de la présente analyse, cette base de données, qui complète bien sûr les cartes topographiques, nous a permis de dresser des modèles numériques de terrain et par conséquent de visualiser en trois dimensions les reliefs de la ville de Batna. Par ailleurs, une carte des pentes de tout le bassin versant a été générée sur la base du modèle numérique établi.

5.1.1 La zone d'étude : localisation géographique de la ville de Batna

Nous avons opté pour trois critères de localisations à savoir : une localisation administrative, une localisation physique en rapport avec la répartition des grands ensembles morphologiques et topographiques majeurs de l'Algérie et une localisation hydrologique illustrant l'insertion de la zone à étudier dans les grands bassins versants selon la classification de l'ANRH⁸⁹.

Sur le plan administratif, la zone d'étude fait partie de la wilaya de Batna, une des wilayates de l'intérieur de l'Algérie, dont le chef-lieu (ville de Batna) est intégralement inclus dans le bassin versant de la ville de Batna.

Géographiquement parlant, la zone d'étude est située précisément à la convergence des deux grands ensembles topographiques majeurs de l'Algérie. Il s'agit de l'Atlas Tellien représenté par la chaîne de Hodna et le prolongement de l'Atlas Saharien représenté par le massif des Aurès.

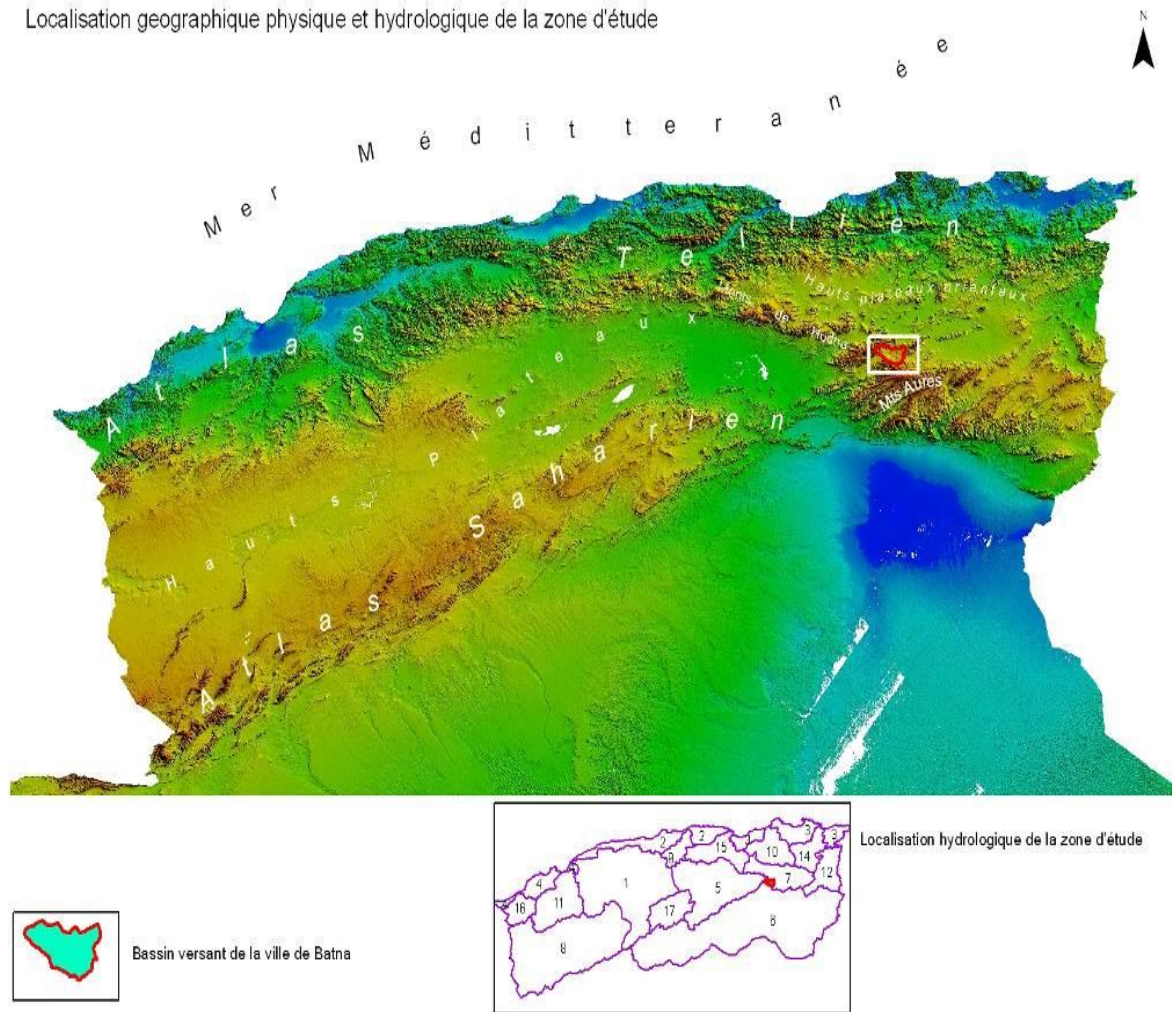
Selon les limites du bassin versant, la zone d'étude est limitée par les coordonnées géographiques suivantes : latitude max : 35° .614, longitude max : 6° .351, latitude min : 35° .452 et longitude min : 6° .033

Sur le plan hydrologique et comme l'illustre la figure 5-1, la zone d'étude fait partie du grand bassin versant des hauts plateaux constantinois numéroté par le chiffre 07 selon la

⁸⁹ ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques

codification de l'agence nationale des ressources hydriques. La limite sud-ouest du bassin versant de la ville de Batna est limitrophe avec le grand bassin versant de Chott Melhir numéroté 06 sur une longueur de 25 km. Quant à la limite nord ouest, elle est limitrophe avec le grand bassin versant de Chott El Hodna numéroté 05 sur une longueur qui avoisine 7.5 km.

Localisation géographique physique et hydrologique de la zone d'étude



Source : MNT de l'INCT, traité par l'auteur 2015

Figure 5-1 : Localisation géographique du bassin versant de la ville de Batna

5.1.2 Topographie de la zone d'étude : Batna une ville-cuvette

Tel que le souligne la carte 5-1 et selon la limite du bassin versant, nous avons pu identifier trois principaux éléments du relief qui constituent l'armature du bassin versant de la ville de Batna :

5.1.2.1 L'ensemble montagneux :

C'est un ensemble appartenant aux monts de Hodna à l'ouest (Dj Meghoua, Dj Boumerzoug, Dj kessrou) et au nord (Dj Azzeb), et au massif des Aurès au sud (Dj Ich Ali) du bassin versant.

5.1.2.2 Les vallées :

Nous distinguons deux vallées qui se croisent exactement au niveau du périmètre urbain de la ville de Batna :

- La première vallée est orientée NO-SE. Elle est large au sud et limitée par Djebel Aich Ali au sud et Djebel Azzeb au nord, et se rétrécit au centre pour devenir très étroite au Nord Ouest au niveau des djebels Meghou et Djebel Boumerzoug. D'un point de vue hydrologique la partie sud-est de cette vallée draine une surface très importante en comparaison à la surface qu'elle draine au nord-ouest.

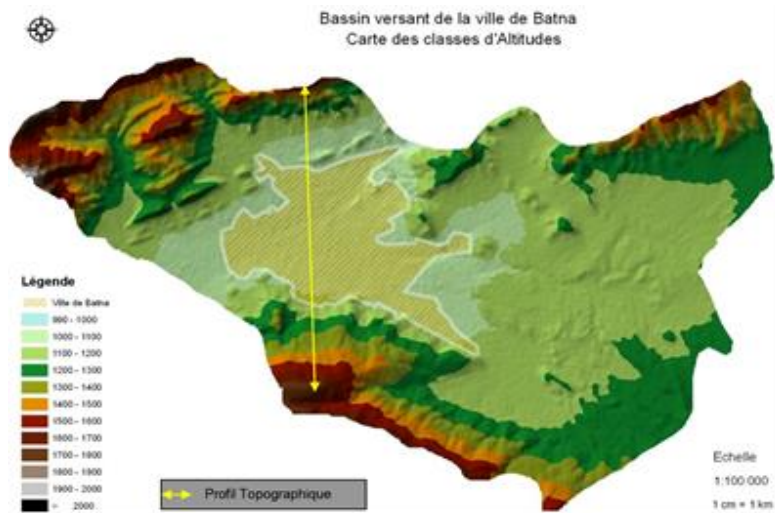
- La deuxième vallée, contrairement à la première, est orientée NE-SO. Géométriquement rectiligne, elle sépare les ensembles montagneux en deux blocs Est et Ouest. Il est probable que la forme de cette vallée est tributaire de la structure géologique et de la tectonique de la zone d'étude.

5.1.2.3 La dépression :

Le relief le plus bas du bassin versant, bouclé par la ceinture montagneuse. Cette dépression est située au contrebas des massifs montagneux occupant la limite du périmètre de la ville de Batna. Du point de vue hydrologique, cette cuvette (dépression) représente le bas fond des deux vallées définies ci-dessus. Il convient de souligner que cette dépression constitue en fait une assise à l'exutoire du bassin versant, c'est-à-dire à la zone de convergence de tous les oueds du bassin versant où la concentration des eaux pluviales est maximale.

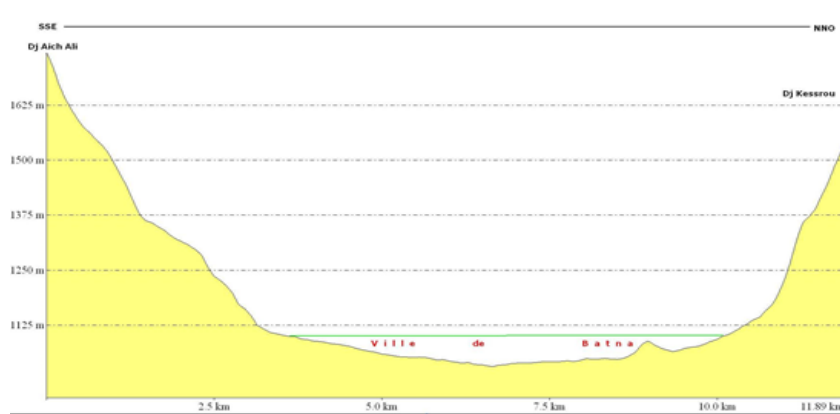
5.1.3 Classe des altitudes et système des pentes : un plateau entouré de montagnes

Pour exprimer numériquement l'allure du relief du bassin versant, une carte des classes d'altitude a été dressée afin de traduire la valeur altimétrique des reliefs. Comme le montre la carte des altitudes (carte n° 5-2), nous constatons que les valeurs varient de 990 m à plus de 2000 m d'altitude. Les valeurs élevées caractérisent les massifs montagneux et elles vont de 1200 à 2000 m. Spatialement parlant cette tranche d'altitude occupe une surface faible en comparaison avec la totalité du bassin versant.



En revanche, les valeurs d'altitudes inférieures à 1200 m, représentent les fonds des deux vallées et constituent la majeure partie de la surface du bassin versant. La ville de Batna, avec son périmètre actuel, est construite entre 990 et 1100 m.

Source : Carte topographique de l'INCT, traité par l'auteur 2016
Figure 5-2 : Classe des altitudes du BV — ville de Batna

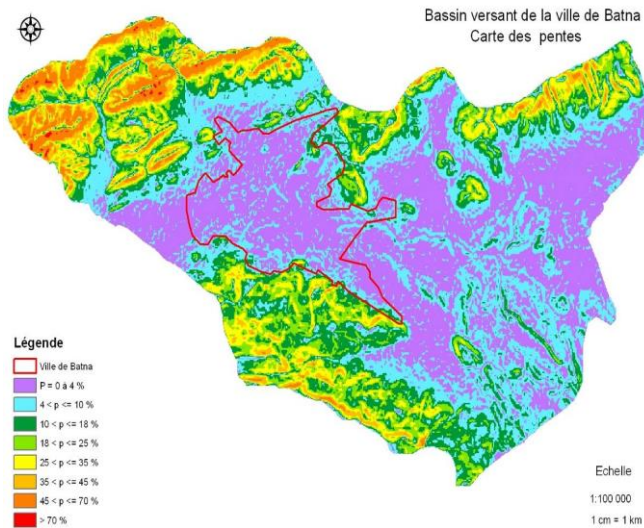


Source : Auteur, 2016

Figure 5-3 : Profil Topographique selon la carte 5-2

Un fait particulier auquel il faudrait porter une attention singulière, c'est les fortes dénivelées sur des plans topographiques du bassin versant à très courtes distances comme l'illustre si bien l'exemple des versants de djebel Aich Ali exposé au nord. Cette situation s'exprime par des pentes topographiques très raides, ce qui favorise hautement les écoulements hydrologiques superficiels par réduction des temps de concentration des eaux.

Le profil topographique ci-dessus (Voir figure 5-2) dont la coupe est mentionnée sur la carte des altitudes ci-dessus exprime parfaitement l'aspect du relief.



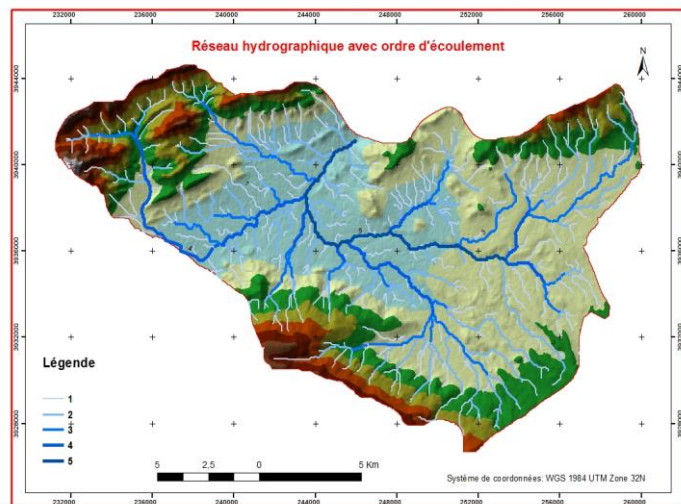
La lecture analytique de cette carte des pentes (figure 5-4) met en évidence le passage d'un système de pente vers un autre. Comme l'illustre la même carte, dans certains versants il peut y avoir un passage de la pente très forte directement vers une pente insensible, chose qui peut expliquer la brutalité et la torrencialité du régime hydrologique. La ville de Batna est implantée en quasi-totalité dans la zone à pente inférieure à 4 %.

Sources : BD altimétrique des cartes topographiques de l'INCT, traité avec ArcGis par l'auteur 2016

Figure5-4 : Carte des pentes du bassin versant de la ville de Batna

5.1.4 Contexte hydrologique de la zone d'étude : plusieurs oueds traversant la ville

Le bassin versant de la ville de Batna est drainé principalement par oued Gourzi qui prend naissance aux hauteurs de Djebel Tuggurt (Thouguertn) et Djebel Boumerzoug par deux affluents : oued Ain kemouch et oued Tichet, long de plus de 10 km. La ville de Batna et le point de confluence de plusieurs affluent de Oued Gourzi.



Source : MNT-HYD, traité par l'auteur sous ArcGis 10.3, 2016

Figure5-5 : Réseau hydrographique du bassin versant de la ville de Batna

5.1.5 Réseau hydrographique de la zone d'étude : dense et dangereux

Le bassin versant de la ville de Batna est drainé principalement par :

5.1.5.1 Oued El Gourzi :

Oued El Gourzi est considéré comme le cours d'eau le plus important traversant la zone d'étude dont la longueur avoisine les 10 km. Il longe la zone industrielle et les secteurs urbains (K'chida et Hamla) du coté ouest de la ville.



Source : Auteur, 2016

Figure 5-6 : Photographies de : Oued El Gourzi

5.1.5.2 Oued Batna :

Il traverse la ville, sur une longueur de 3014 mL, à partir du sud-est (Zmala), après il rejoint le canal de ceinture dont la longueur avoisine les 3505 ml. Enfin, il déverse dans l'Oued El Gourzi.



Source : Auteur, 2016

Figure 5-7 : Photographies de : Oued Batna

5.1.5.3 Oued Tazoult :

Ce cours d'eau traverse aussi traverse la ville sur une longueur de 3433 ml, indépendamment d'Oued Batna avant de rejoindre ce dernier au niveau de l'ouvrage d'entonnement sis au Parc à Fourrage, pour ensuite repartir dans un Talweg long de 2584 ml.



Source : Auteur, 2016

Figure 5-8 : Photographies de : Oued Tazoult

5.1.5.4 Oued Bouzorane :

Ce oued représente un risque d'inondation sur la ville dans sa partie nord d'où la réalisation de la galerie de protection et la collecte des eaux pluviales. Il rejoint oued El Gourzi plus au nord.



Source : Auteur, 2016

Figure 5-9 : Photographies de : Oued Bouzorane

5.1.5.5 Oued Azzeb :

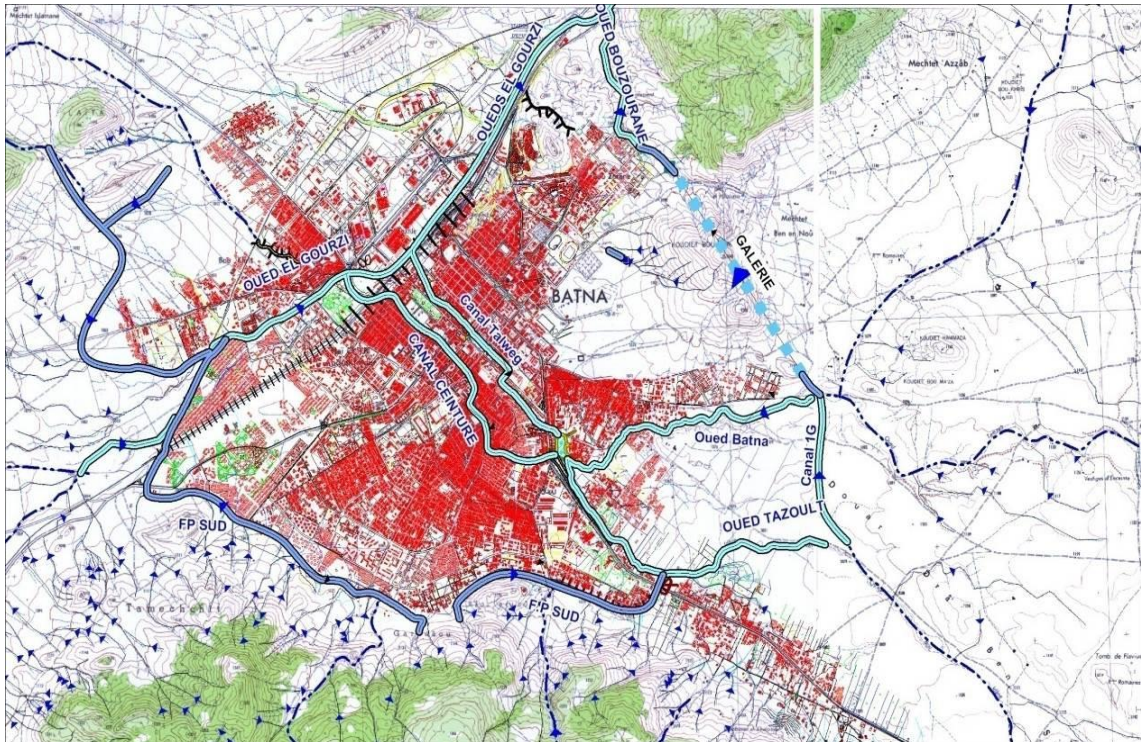
Il constitue en fait le prolongement d'oued Batna vers la partie Est de la ville de batna au niveau du secteur urbain « Parc à Fourrage » pour rejoindre le cours d'eau « Canal 1G »



Source : Auteur, 2016

Figure 5-10 : Photographies de : Oued Azzeb

Les aménagements réalisés sur ces oueds sont des concessions de sections trapézoïdales et rectangulaires, en pavage, béton, des murs de soutènement en béton et en maçonnerie. Il y a des cas où nous ne constatons qu'une seule rive est aménagée, l'autre est en terre. Ces oueds sont caractérisés par des écoulements irréguliers suivant les saisons, mais leurs crues peuvent être importantes et provoquent des inondations dévastatrices (CTL, 2014)⁹⁰ (novembre 2005, avril 2006, juillet 2007.. Etc.).



Source : Direction des ressources hydriques de la wilaya de Batna, 2014

Figure5-11 : Principaux Oueds traversant la ville de Batna

5.2 Croissance urbaine de la ville de Batna par rapport à ses oueds : Lecture diachronique

Dans ce chapitre, l'accent sera mis en priorité sur l'évolution de la ville de Batna par rapport à ses barrières physiques naturelles, notamment les cours d'eau qui la traversent. Nous allons nous intéresser ainsi aux différentes phases qui ont marqué sa croissance urbaine en prenant en considération l'impact des principaux oueds traversant la ville depuis sa genèse jusqu'à nos jours.

⁹⁰ CTL : Comité Local Technique -2014

5.2.1 1844 : Création de la ville par l'implantation du Camp militaire jouxtant l'oued de Batna :

La création de la ville de Batna remonte à 1844, par l'implantation du camp militaire dont le but était de maîtriser la liaison Tell-Sahara pour des raisons militaires. Comme l'illustre la photo n° 5-12. Ce camp qui constituera le futur centre de la ville, *jouste l'oued de Batna*, mais à l'abri de ce dernier par une distance de sécurité constituée principalement par une bande d'espaces verts connus aujourd'hui sous le nom de la « Verdure ».

Entre 1844 et 1870, la ville qui s'étalait sur une superficie de 12 hectares va connaître son extension immédiate au-delà de la barrière du cours d'eau, formant ainsi deux tissus urbains *séparés par oued Batna*. Dans la partie nord, la ville européenne appelée jusqu'à ce jour « stand », est édiflée selon une trame en damier. (Figure 5-12)



Source : www.delcampe.net/fr/cartes-postales/algerie/batna

Figure 5-12 : « La ville européenne » de Batna

En 1870, on assiste à la naissance du quartier des indigènes appelés : « Z'Mala » ou le village nègre (voir figure 5-13 ci-après). Cette partie du noyau historique de la ville est édiflée dans *la rive sud de l'oued de Batna*.



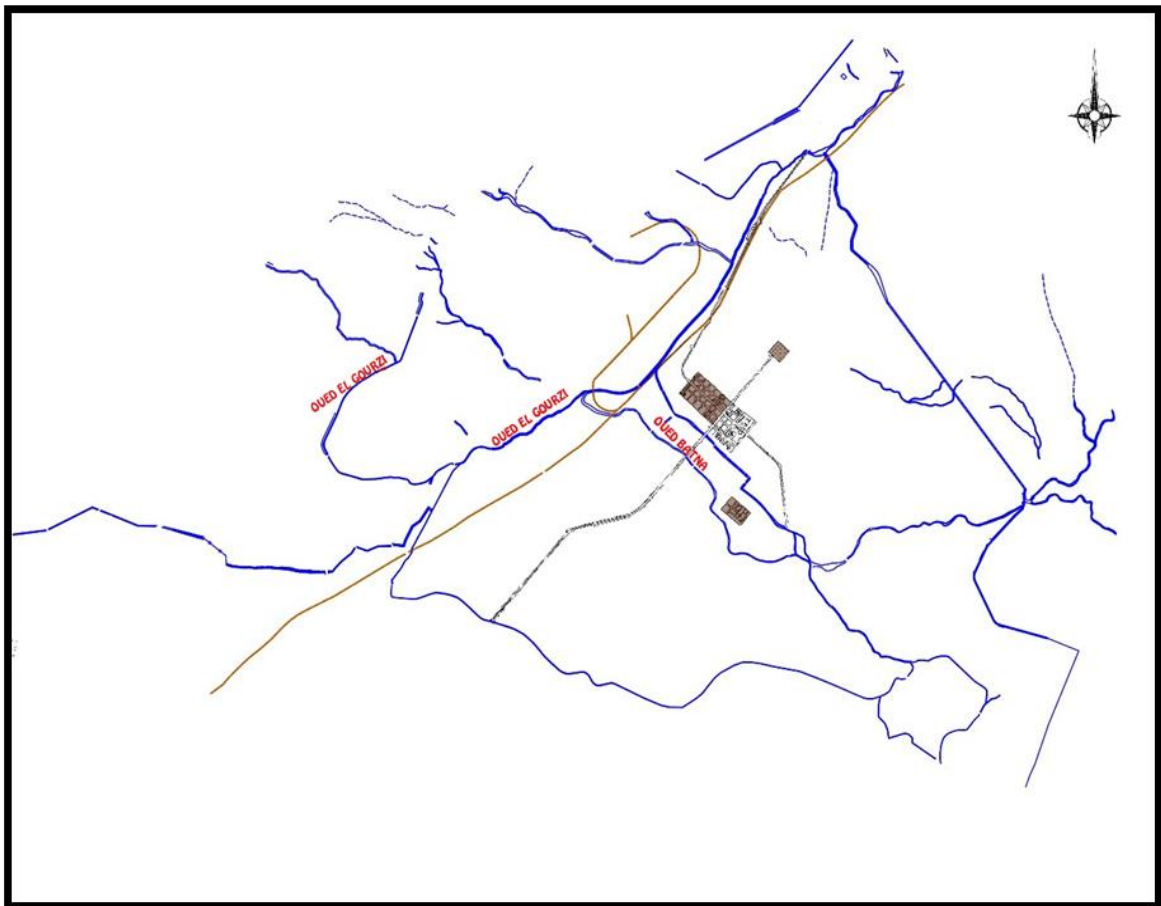
Source : www.geneanet.org/cartes-postales/view

Figure 5-13 : Le village nègre « Z'Mala »

5.2.2 1871-1923 : Rupture de l'extension du noyau de la ville par Oued Batna :

Lors de cette phase de croissance, la ville de Batna s'est doublée de superficie pour atteindre 26 hectares. La densification de la ville mère se démarquait par la réalisation de plusieurs équipements importants à savoir : l'église, le marché, le théâtre, le tribunal, l'hôtel de la ville, cimetière chrétien et deux écoles.

Il convient de souligner que les deux axes perpendiculaires : l'avenue « France » connue aujourd'hui sous le nom de « l'avenue de l'Indépendance » et l'axe « Mously » (avenue de la république actuellement) ont structuré la ville de part et d'autre, mais *Oued de Batna en tant que barrière physique naturelle a divisé* nettement la ville en deux parties distinctes : le « Stand » ou la ville européenne du côté nord et « Z'Mala » vers le sud.



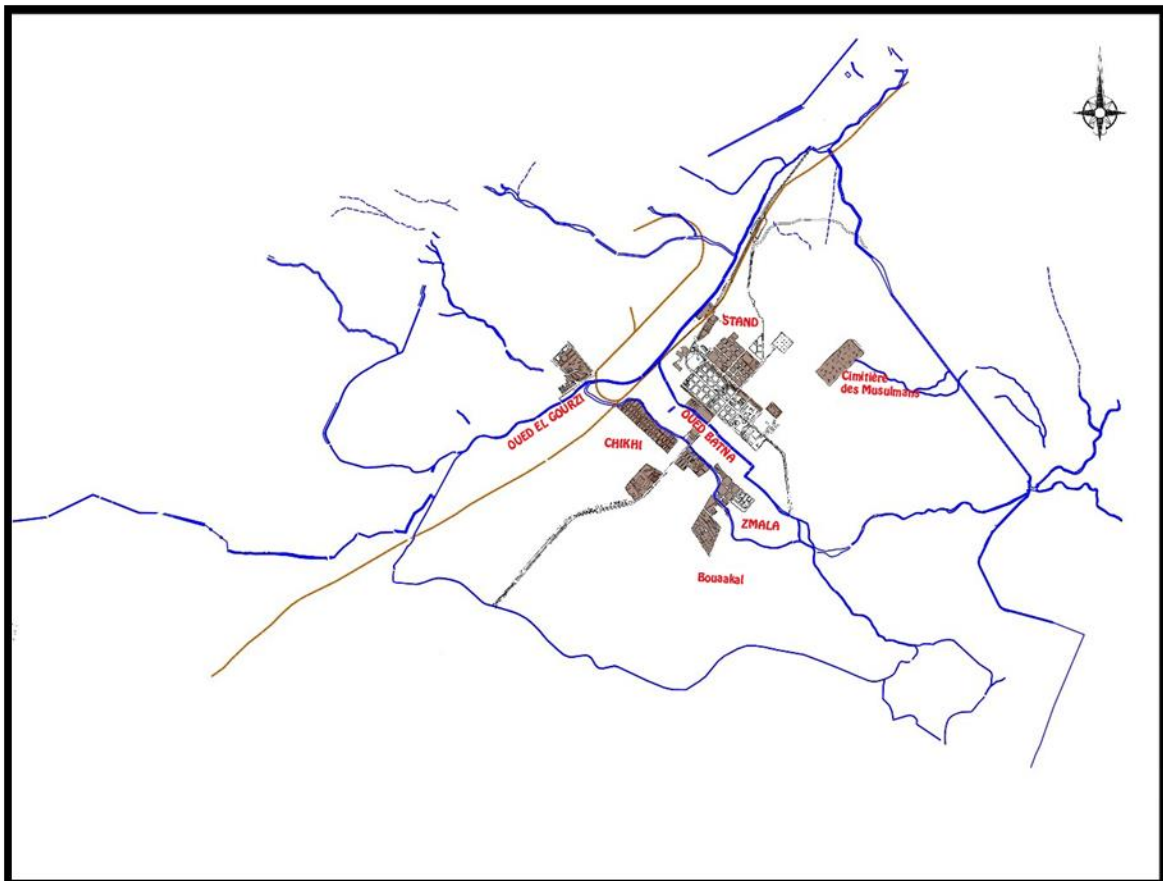
Source : PDAU de 1998, traité par l'auteur, 2018

Figure 5-14 : Croissance de la ville de Batna entre 1871-1923

5.2.3 1924-1945 : Éclatement du noyau historique de la ville :

Durant cette période, un aérodrome a été réalisé au niveau de la partie sud-ouest du centre historique (colonial) de Batna. Cette période se démarquait également par l'apparition du chemin de fer au niveau de la partie ouest de la ville *longeant une bonne partie d'Oued El Gourzi*. Cela a attiré considérablement la population rurale vers la ville dont la superficie était multipliée par six pour atteindre 150 hectares.

Nous assistons ainsi à l'éclatement du noyau historique de la ville vers la partie nord-est avec l'extension du quartier « stand » qui a suivi la même logique de structure viaire orthogonal. Tandis ce que les premières constructions des futurs quartiers de « Bouaakel » et la cité « Chikhi » ont occupé quant à eux la partie sud et sud-ouest de la ville.

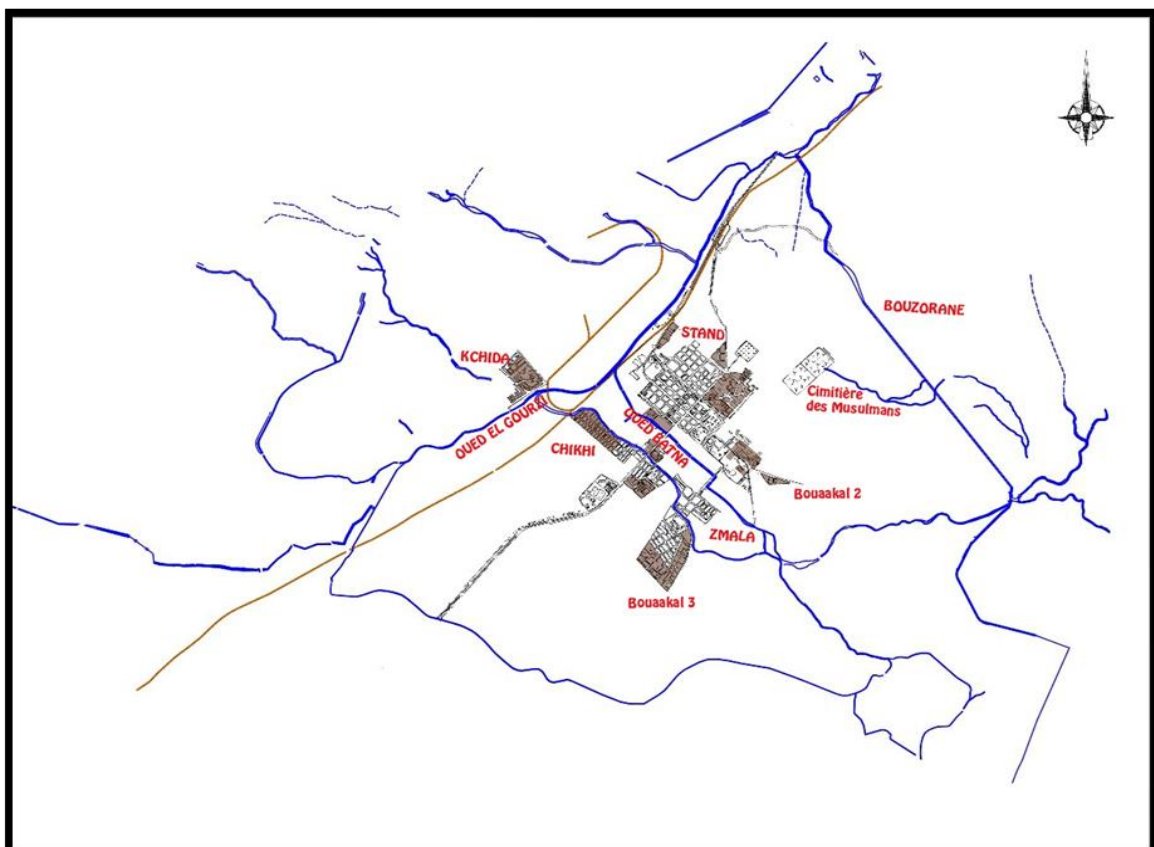


Source : PDAU de 1998, traité par l'auteur, 2018

Figure 5-15 : Croissance de la ville de Batna entre 1924-1945

5.2.4 1946-1962 : Franchissement la barrière d'Oued El Gourzi au Sud-Ouest

Pendant cette période qui coïncide avec la guerre de libération, Batna devient le chef-lieu d'un département en 1957. Au cours de cette phase, plusieurs secteurs de la ville de Batna ont connu plusieurs mutations spatiales qui ont touché principalement : le quartier traditionnel « Cité Chikhi » au sud de la ville et le quartier européen partiellement transformé suite à la réalisation d'une nouvelle caserne au nord-est. En revanche, au sud-ouest de la ville, il y a lieu de noter le *franchissement de la barrière naturelle d'Oued El Gourzi* par la réalisation de plusieurs maisons de type rurales au niveau de « Kchida » en dehors de l'agglomération principale de la ville de Batna. Enfin, tout à fait à l'est du camp militaire, on note la création du futur secteur urbain « Parc à fourrage » construit sur des parcelles de terrains réservés initialement au fourrage. Enfin, au nord-est de la ville, les prémices du futur secteur de « Bouzourane » installé au pied du « Coudiat » portant le même nom (Bouzourane). (Rapport du PDEAU, 1998)



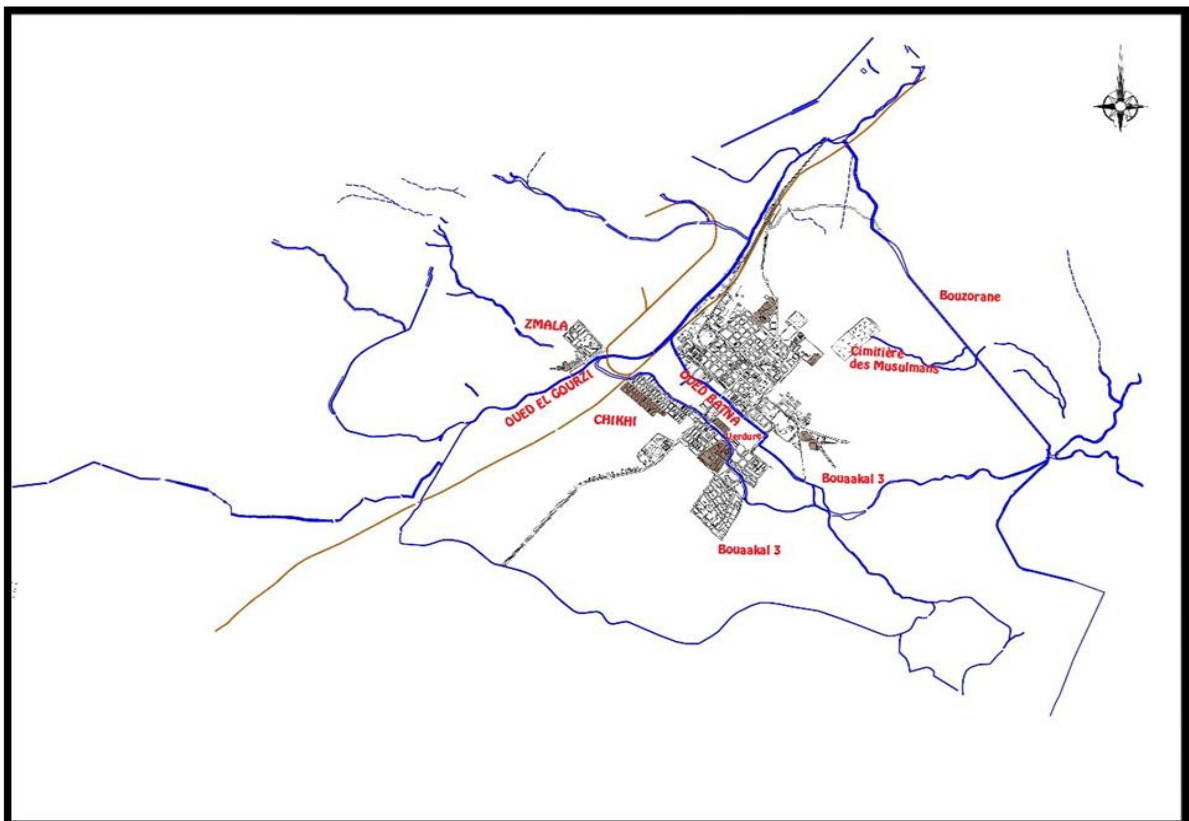
Source : PDAU de 1998, traité par l'auteur, 2018

Figure 5-16 : Croissance de la ville de Batna entre 1946-1962

5.2.5 1962-1978 : Stagnation de la croissance urbaine et occupation illicite du lit majeur d'Oued « Batna » au niveau de la « Verdure » :

Comme l'illustre la carte ci-dessous (5-7), la période post-coloniale est qualifiée de la phase la plus faible en matière de croissance urbaine. Hormis quelques extensions timides notamment à « Bouakal » et la « Verdure » *qui longe Oued Batna*, la ville de Batna n'a pas connu des mutations spectaculaires. Il convient de rappeler par ailleurs que le jardin de la verdure était conçu initialement comme *une zone d'expansion en cas de crue soudaine des principaux traversant la ville.*

Nous pouvons en déduire ainsi que cette période qui a coïncidé avec la politique dirigiste adoptée par l'Algérie après l'indépendance, a été marquée par une stagnation flagrante en matière de croissance urbaine. Cette situation a poussé les pouvoirs publics à lancer le programme spécial ayant pour but la prise en charge des problèmes de l'habitat, des infrastructures et des équipements. Ce programme nommé « AURES » a permis la réalisation de plusieurs cités résidentielles et équipements. (Rapport du PDAU, 1998).



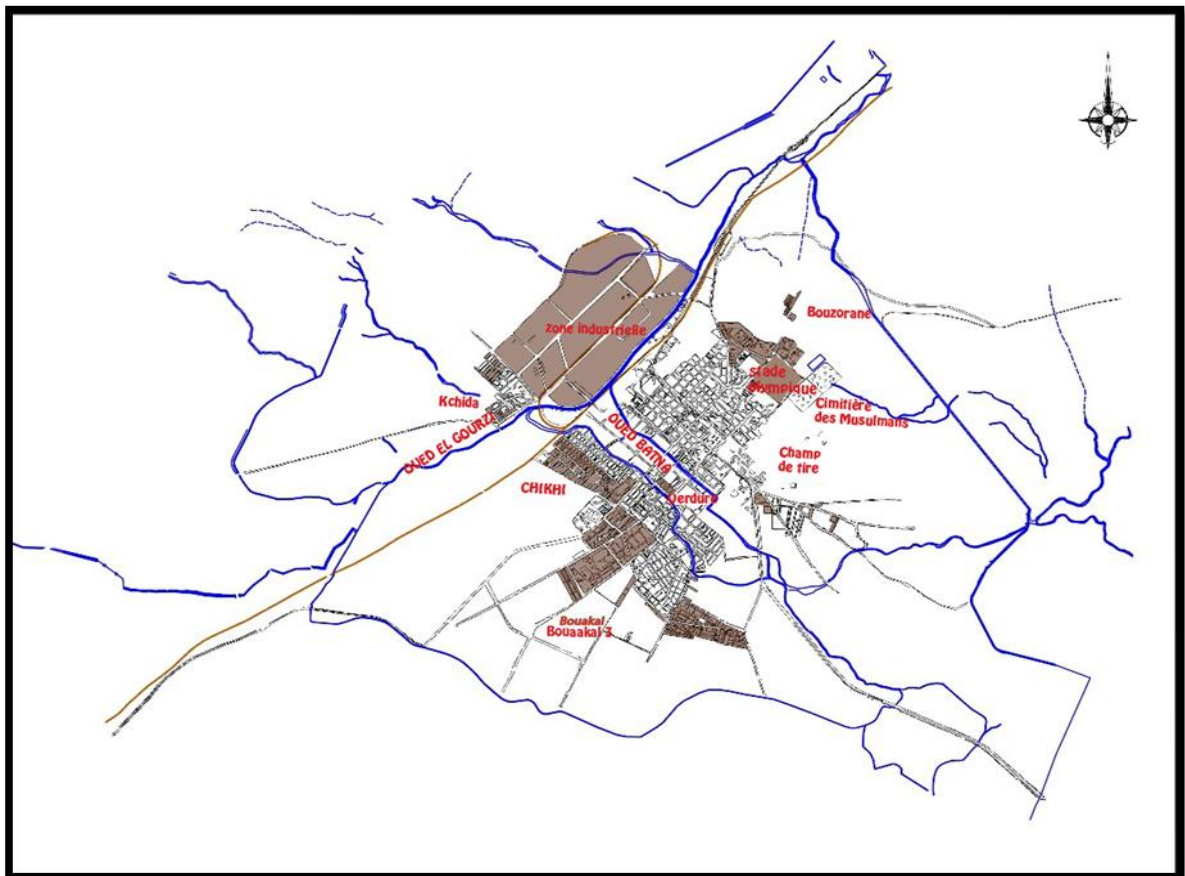
Source : PDAU de 1998, traité par l'auteur, 2018

Figure 5-17 : Croissance de la ville de Batna entre 1962-1978

5.2.6 1978-1984 : Étalement urbain dans tous les sens au détriment des servitudes des oueds

À l'instar des autres villes algériennes, Batna a bénéficié du premier plan d'urbanisme directeur « PUD » en 1978, à partir duquel, la croissance urbaine a suivi trois directions à savoir :

- Au Nord-Ouest, l'extension de la zone industrielle qui borde *Oued el Gourzi*;
- Au Sud et Sud-Ouest avec la réalisation des deux programmes de zones d'habitat urbain nouvelles (ZHUN 1 et ZHUN 2).
- Au nord-est, l'extension du secteur urbain « Parc à fourrage » au détriment *des servitudes de « Oued Azzeb »*.



Source : PDAU de 1998, traité par l'auteur, 2018

Figure 5-18 : Croissance de la ville de Batna entre 1978-1984

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons procédé, en premier lieu, à la présentation de la capitale des Aurès en tant que cas d'étude sur lequel est testée la méthodologie adoptée pour l'évaluation de la vulnérabilité urbaine. À l'issue de cet exposé sommaire qui s'est limité à son aspect physique, nous avons confirmé le statut de ville-cuvette à travers l'établissement de plusieurs cartes et profils topographiques via le recours au logiciel ArcGis.

Cette description physique de la ville de Batna avait pour ambition de faire ressortir les principaux éléments topographiques, morphologiques et hydrographiques qui couvrent le squelette du relief afin de comprendre la réponse hydrologique du milieu physique à la suite de chaque épisode pluvial. Ainsi, Batna est implantée sur une assiette relativement plate dont la pente est inférieure à 4 % pour la quasi-totalité de la zone. Dans son périmètre actuel, elle est construite entre la courbe de niveau 990 et 1 100 m.

Sur le plan hydrologique, la zone d'étude fait partie du grand bassin versant des hauts plateaux constantinois. Le bassin versant de la ville est drainé par plusieurs cours d'eau, notamment Oued El Gourzi, Oued Batna, Oued Tazoult, Oued Bouzorane et Oued Azzeb. Ils traversent le périmètre urbain de Batna et débordent à chaque épisode pluvieux avec des périodes de retour qui ne dépassent pas deux à trois ans.

Par ailleurs, il convient de souligner que ces cours d'eau, en tant que barrières physiques naturelles, ont constitué des éléments structurants qui ont influencé sensiblement la croissance urbaine de la ville depuis la création du camp militaire (noyau initial de la ville) jouxtant l'oued de Batna en 1844 jusqu'à nos jours. Actuellement, nous assistons malheureusement à une occupation illicite des lits des oueds suite à l'étalement urbain dans tous les sens au détriment des servitudes de ces cours d'eau.

CHAPITRE VI :

**VI- SPATIALISATION DE L'ALÉA « INONDATION »
MENAÇANT LA VILLE DE BATNA**

CHAPITRE VI : SPATIALISATION DE L'ALÉA «INONDATION» MENAÇANT LA VILLE DE BATNA

Introduction :

Plusieurs spécialistes s'accordent à dire que la plupart des méthodes actuelles d'analyse du risque lié à l'aléa « inondations » se limitent à l'hydrologie du bassin versant. Or, se limiter à ces aspects, souvent figés, risque d'induire en erreur les décideurs et d'entraver la bonne gestion de ce type de risque. Dans cette optique, nous tenterons dans ce chapitre, de préconiser une méthodologie simplifiée que nous appellerons HEC-RAS-MNT. Cette démarche se déroulera en deux phases distinctes. En premier lieu, une étude hydrologique sera effectuée dans le but de recueillir des données portant sur les quantités de pluie maximale journalière, les intensités des pluies de courtes durées, les débits de pointe de la crue et enfin le volume de la crue. En second lieu, une modélisation hydraulique sera réalisée pour obtenir les données relatives aux hauteurs d'eaux correspondantes aux débits prévus précédemment.

6.1 « HecRas-MNT » : méthodologie adoptée pour l'évaluation de l'aléa inondation

La méthodologie adoptée dans cette analyse est construite autour d'une approche combinée que nous appellerons « **Hec-RAS⁹¹-MNT⁹²** ». Cette démarche se déroule en deux phases distinctes : dans un premier temps, l'analyse tente d'acquérir des données issues d'une étude **hydrologique** qui nous permettra par la suite, d'obtenir les débits des crues, leurs périodes de retour, mais surtout leur durée de submersion. Ensuite, une étude **hydraulique** qui a pour objectif, cette fois-ci, de faire ressortir les hauteurs et les vitesses d'eaux correspondantes à ces débits prévus. Ces données sont indispensables, voire incontournable pour la spatialisation de l'aléa inondation qui menace la ville de Batna.

La cartographie consiste ainsi à numériser les résultats obtenus lors des deux premières étapes à l'aide des deux outils informatiques à savoir : le « **HecRas 4.0** » comme

⁹¹ Hec RAS (Hydrologic Engineering Center River Analysis System) est un logiciel de traitement qui pour but la modélisation hydraulique d'un cours d'eau à surface libre permanent ou non permanent. Pour mener à bien notre travail, nous avons opté pour la version 4.1. Ce programme informatique est conçu par Hydrologic Engineering Center de l'US Corp Engineers

⁹² MNT : Modèle Numérique du Terrain obtenu à partir du logiciel ArcGIS version 10.3, un programme informatique ayant trait avec le système d'information géographique (SIG)

instrument de modélisation hydraulique et le « MNT » sous **ArcGis 10.3** issu du système d'information géographique « **SIG** » en tant qu'outil de cartographie. Autrement dit, le modèle HEC-RAS montrera bien sa capacité en matière de représentation graphique de l'étendue de l'inondation et le MNT issu du système d'information géographique permettra de bien spatialiser les parties de la ville exposées à ce risque. Dès lors, les deux étapes par lesquelles passe ce travail sont résumées comme suit :

- Étude hydrologique :

L'étude hydrologique servira à prévoir les débits des crues des oueds correspondants aux différentes périodes de retours. Elle a pour but de prédire, les débits de pointes des crues des oueds convenant aux différentes périodes de retour. Ainsi, notre choix méthodologique s'est porté sur l'analyse fréquentielle comme méthode de prédiction qui consiste à étudier les événements passés afin d'en définir les probabilités d'apparition future (Koumassi, 2014). En fait, cette méthode statistique a pour objectif la détermination de la période de retour.

Au terme de l'analyse du contexte hydrologique, nous aurons les données suivantes : Les quantités de pluie maximale journalière, les intensités des pluies de courtes durées, les débits de pointe de la crue et enfin le volume de la crue.

- Modélisation hydraulique :

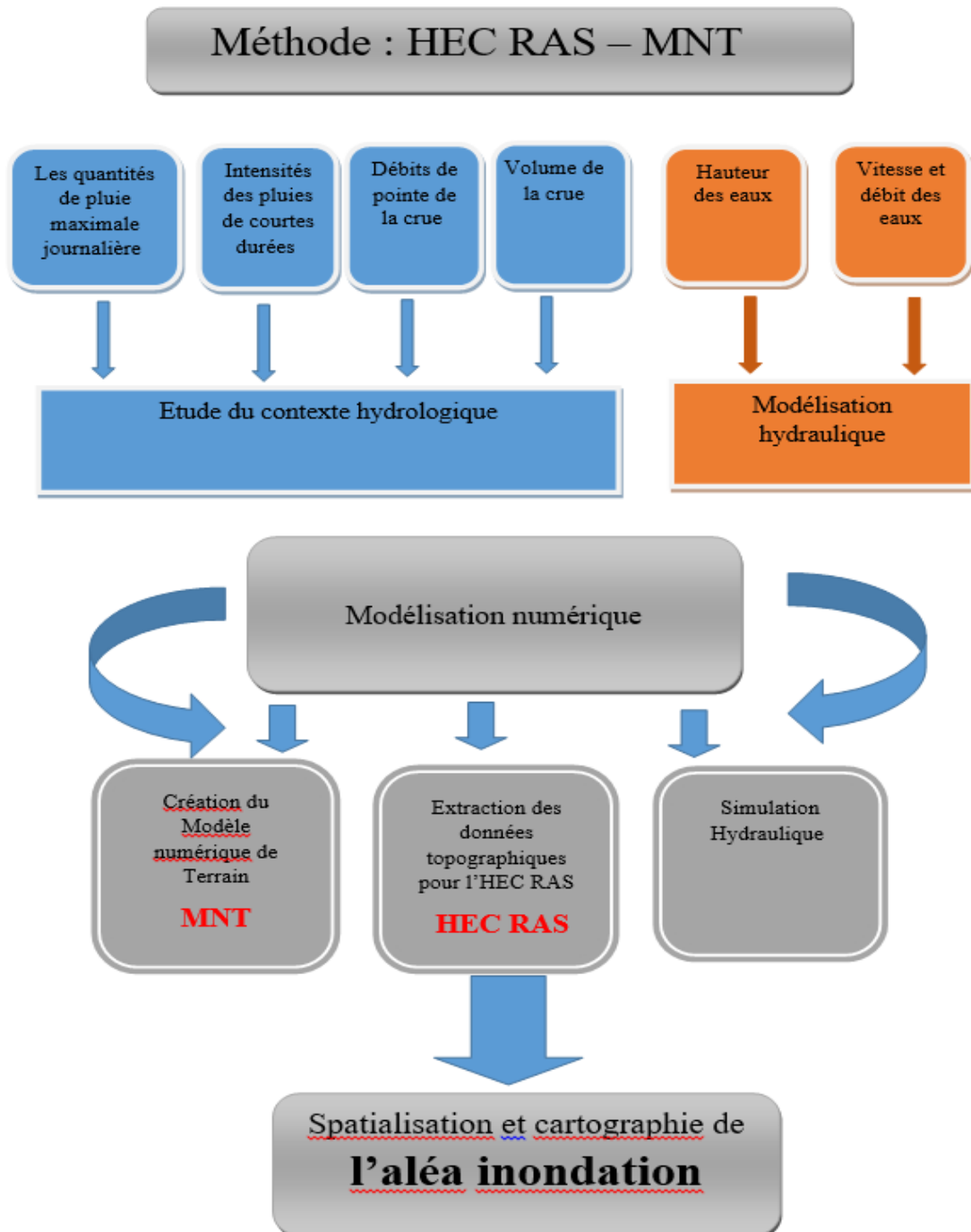
Inutile de rappeler que l'étude hydraulique consiste à obtenir les hauteurs d'eaux correspondantes aux débits prévus précédemment. Pour ce faire, les résultats issus de l'étude hydrologique vont être associés aux autres paramètres tels que : la géométrie, la pente et la rugosité des cours d'eau pour être utilisées comme données d'entrée (Input) dans le modèle hydraulique HEC-RAS afin d'avoir en sortie (Output) les lames d'eaux correspondantes.

La simulation par le logiciel HEC-RAS de l'écoulement d'eau au niveau des deux oueds retenus pour la présente analyse à savoir « Oued Batna » et « Oued El Gourzi » doit impérativement passer par les étapes suivantes :

- Étape 01 : Création du modèle numérique de terrain « MNT » en vue de préparer les données topographiques pour l'HEC RAS ;
- Étape 02 : Extraction des données topographiques pour l'HEC RAS ;

- Étape 03 : Simulation hydraulique ;
- Étape 04 Spatialisation et cartographie de l'aléa inondation.

La figure ci-après (figure 6-1) nous renseigne sur les diverses étapes à parcourir pour la modélisation de l'aléa « inondation » :



Source : Auteur, 2017

Figure 6-1 : Méthodologie schématisée pour la spatialisation de l'aléa inondation

6.2 Spatialisation de l'aléa inondation menaçant la ville de Batna : modélisation et cartographie

À titre de rappel, la présente démarche que nous allons présenter dans ce chapitre se déroulera en deux phases distinctes. Dans un premier temps, l'analyse essaye d'acquiescer des données issues de l'étude du contexte hydrologique de la ville de Batna afin d'obtenir les débits des crues et leurs périodes de retour.

Ensuite, une modélisation hydraulique par le recours au logiciel HEC RAS ayant pour but de faire ressortir les hauteurs et les vitesses d'eau correspondantes aux débits prévus. Ces données sont indispensables pour la spatialisation de l'aléa inondation qui menace la ville de Batna par la modélisation et la cartographie en s'appuyant sur la création d'un modèle numérique du terrain MNT.

6.2.1 La ville de Batna : caractéristiques du bassin versant :

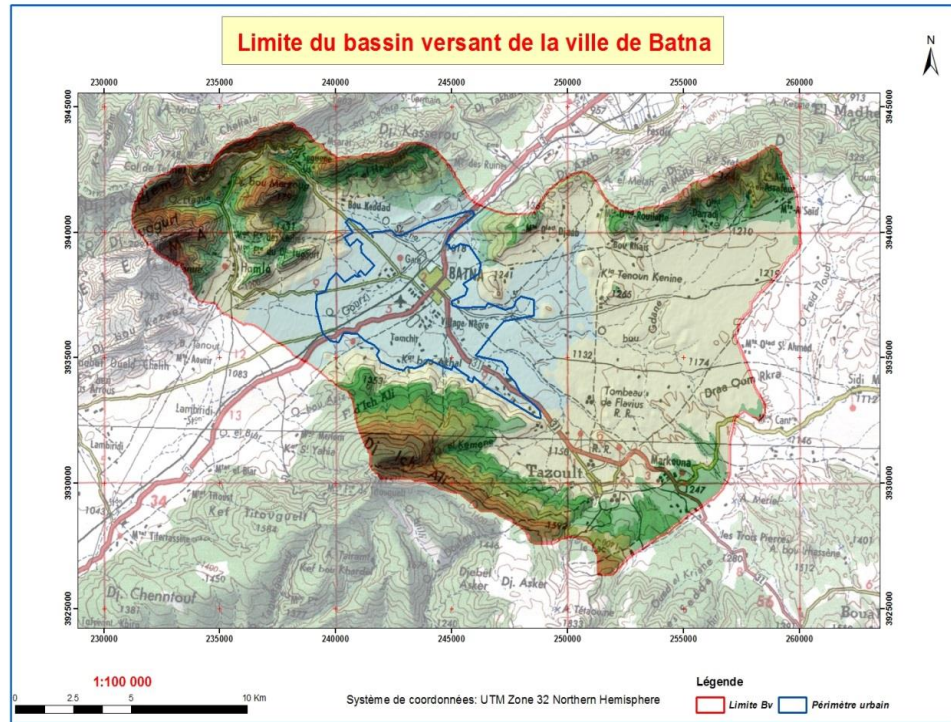
Comme nous l'avons évoqué précédemment, La zone d'étude concernée par la spatialisation de l'aléa fait partie du grand bassin versant des hauts plateaux constantinois d'une superficie globale de 9615 km² à écoulement endoréique vers Sabkhete Zemoul, numéroté par le chiffre 07 selon la codification de l'agence nationale des ressources hydriques et du sous bassin versant 07-03 de Sabkhete Zamoul.

La limite sud-ouest du bassin versant de la ville de Batna est limitrophe avec le grand bassin versant de Chott Melhir numéroté 06 sur une longueur de 25 km, et sa limite nord-ouest est limitrophe avec le grand bassin versant de Chott El Hodna numéroté 05 sur une longueur qui avoisine 7,5 km. Nous tenons à signaler ici que le caractère endoréique⁹³ du système hydrologique du bassin versant a largement favorisé la prédominance des paysages géomorphologiques de Sebkhass. Le bassin versant de la ville de Batna se trouve perché et surplombe le système des sebkhass du nord.

⁹³En hydrologie, l'endoréisme (du grec ancien : ῥεῖν / rheîn [« couler »] avec le préfixe endo — [« dedans »] et le suffixe -isme.) d'un cours d'eau ou d'un bassin versant est le fait qu'il ne se déverse pas dans une mer, mais est au contraire clos, retenant ses eaux (superficielles ou non) dans une cuvette fermée. Les pluies ou autre formes de précipitations qui l'alimentent ne peuvent quitter un bassin endoréique autrement que par évaporation ou infiltration

6.2.1.1 Délimitation du bassin versant de la ville de Batna :

La délimitation du bassin versant de la ville de Batna est faite à partir du raster SRTM⁹⁴ d'une analyse spatiale hydrologique par le SIG sous ArcGIS à un point d'exécutoire en amont de la limite de la zone urbaine de la ville. (Voir figure 6-2).



Sources : BD altimétrique des cartes topographiques de l'INCT, traité par l'auteur 2016

Figure 6-2 : Délimitation du bassin versant de Batna

6.2.1.2 Surface et périmètre du bassin versant de la ville de Batna :

Le traitement par l'outil Arctoolbox de ArcGIS nous a délimité le bassin versant de la ville ci-dessous (tableau 6-1) soit un périmètre de 85,175 km et d'une superficie de 295,52 km². Hormis les caractéristiques géométriques du bassin versant de la ville de Batna, le tableau 6-1 ci-après nous renseigne davantage sur les autres caractéristiques telles que : l'indice de compacité, la classe des altitudes, la pente moyenne et la densité de drainage. Ces paramètres seront pris en compte lors de la modélisation hydraulique, objet de ce chapitre .

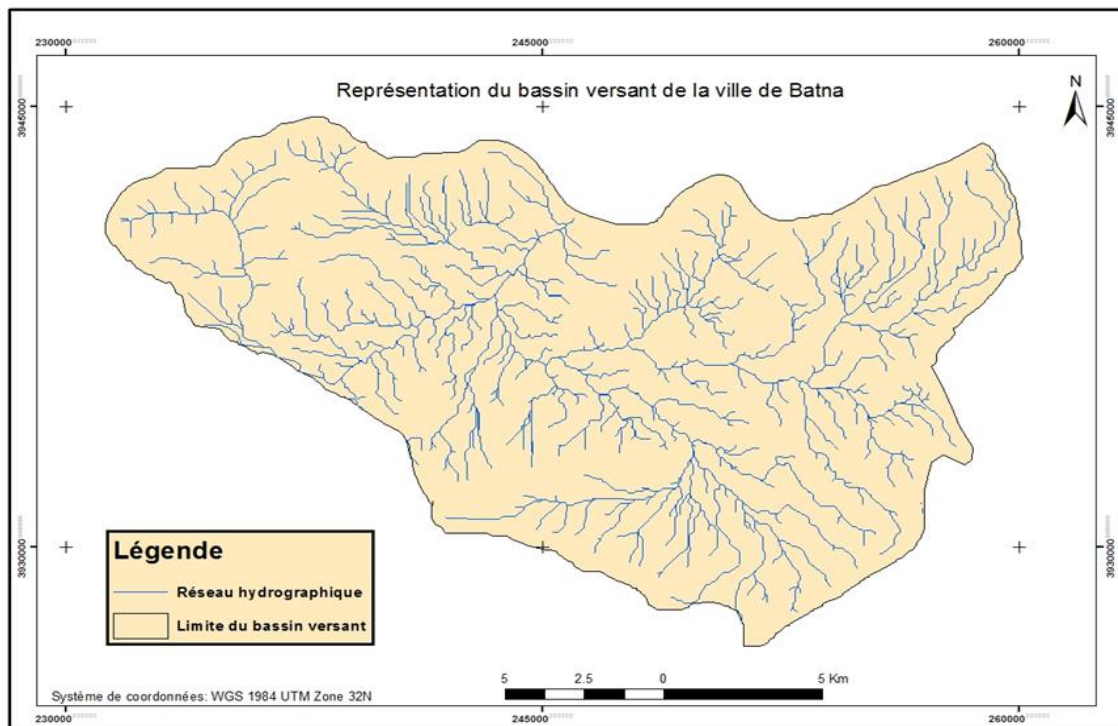
⁹⁴ SRTM : Shuttle Radar Topographic Mission SRTM qui fait référence à des fichiers matriciels et vectoriels topographiques fournis par deux agences américaines : la NASA et la NGA (ex-NIMA)

La superficie du bassin versant est calculée automatiquement par Arc GIS à l'aide de l'outil calcul géométrique et sera synthétisée dans le tableau suivant :

Tableau 6-1 : Caractéristiques morphométriques et hydrographiques du Bassin Versant - Batna-

Caractéristiques		symboles	unité	valeurs
Superficie du B V		A	km ²	295,52
Périmètre du B V		P	km	85,175
Indice de compacité		KC	/	1,38
Rectangle équivalent	Longueur	L	km	28,4090
	Largeur	l	km	10,4023
Altitudes	Maximal	Hmax	m	2057,8
	Minimal	Hmin	m	992,59
	Moyenne	Hmoy	m	1218,71
Pente moyenne		Imoy	%	9,91
Densité de Drainage		Dd	km/Km ²	1,73

Source : Direction des ressources hydriques de la wilaya de Batna et tableau des attributs ArcGis synthétisés par l'auteur, 2016



Source : l'INCT sous ArcGis10.3, A. HAMDANI, 2016

Figure6-3 : Représentation du bassin versant de Batna avec réseau hydrographique

6.2.1.3 – Pente moyenne du bassin versant :

Considérée comme une variable indépendante, la pente moyenne d'un bassin versant nous permet d'avoir une idée relativement appréciable sur la topographie de la zone étudiée. Ce paramètre nous renseigne également sur le débit de pointe pendant une pluie diluvienne en indiquant au passage, le temps de parcours du ruissellement considéré dans la présente étude.

Tableau 6-2 : Répartition du bassin versant de Batna par tranche d'altitudes :

Tranches d'altitudes	S (km2)	Si (%)	S Cumulée(km2)	SCumulée (%)
992 — 1040	7.2	2.43	7.17	2.43
1040 — 1090	45.9	15.57	53.08	18.00
1090 — 1140	51.4	17.41	104.44	35.41
1140 — 1190	56.0	18.97	160.39	54.38
1190 — 1240	40.8	13.83	201.17	68.21
1240 — 1290	22.9	7.76	224.05	75.96
1290 — 1340	14.9	5.04	238.92	81.00
1340 — 1390	13.7	4.64	252.60	85.64
1390 — 1440	11.1	3.75	263.65	89.39
1440 — 1490	8.3	2.80	271.91	92.19
1490 — 1540	6.5	2.21	278.44	94.40
1540 — 1590	5.2	1.76	283.64	96.16
1590 — 1640	4.1	1.39	287.72	97.55
1640 — 1690	2.9	0.97	290.59	98.52
1690 — 1740	2.4	0.81	292.98	99.33
1740 — 1790	1.0	0.33	293.95	99.66
1790 — 1840	0.5	0.17	294.44	99.83
1840 — 1890	0.3	0.10	294.73	99.92
1890 — 1940	0.1	0.03	294.82	99.95
1940 — 1990	0.1	0.03	294.89	99.98
1990 — 2040	0.1	0.02	294.95	100.00

Sources : Données extraites du tableur Arc Gis, Auteur, 2016

6.2.2 Étude hydrologique : une phase primordiale

Il y'a lieu de rappeler que l'étude hydrologique servira en premier lieu à prévoir les débits des crues des oueds correspondants aux différentes périodes de retour. Elle a pour but de prédire, les débits de pointes des crues des oueds convenants. Ainsi, notre choix méthodologique s'est porté sur l'analyse fréquentielle comme méthode de prédiction qui consiste à étudier les événements passés afin d'en définir les probabilités d'apparition future (Koumassi, 2014). À partir de là, il semble très utile de passer par les étapes suivantes :

6.2.2.1 – Acquisition des données hydrométriques :

Il important de signaler la source des données météorologiques utilisées dans la présente étude. Le tableau ci-après nous informe sur les différentes stations retenues pour l'analyse du contexte hydrologique de la zone d'étude, qui sont toutes localisées dans la ville de Batna. Dans ce cadre, inutile de rappeler que toutes les données hydrométriques de n'importe quelle région sont disponibles au niveau de l'ANRH⁹⁵.

Tableau 6-3 : Caractéristiques de la station météorologique de référence

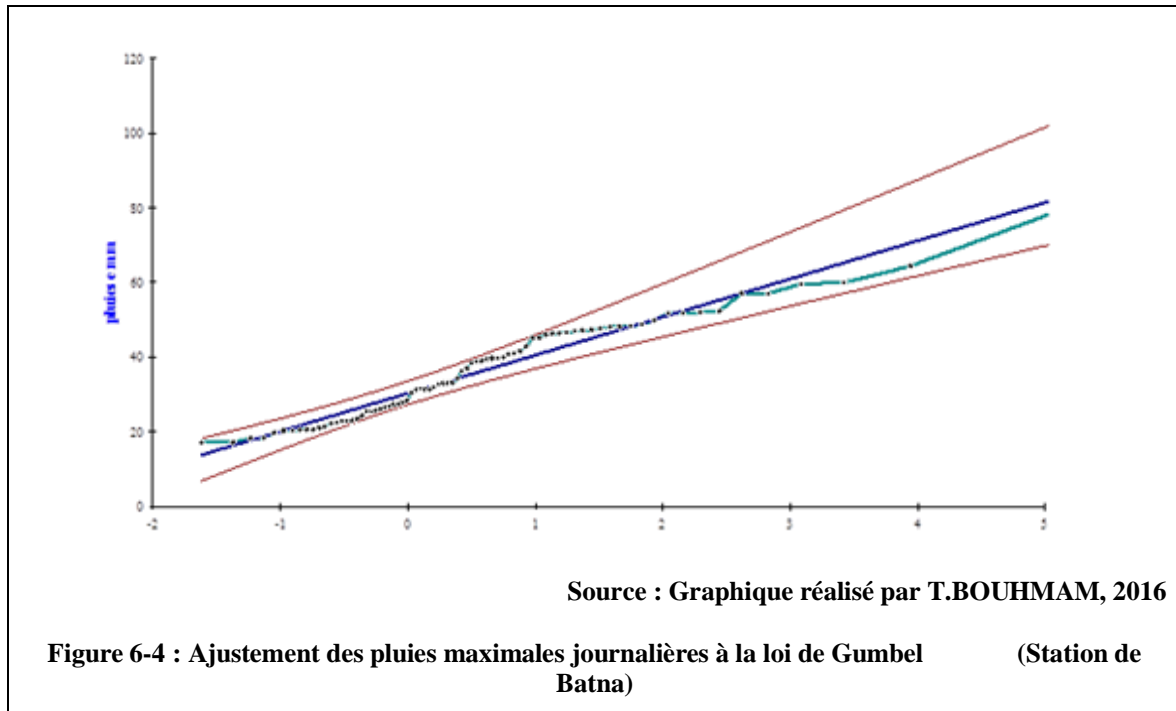
Station	Projection Lamberd en km		Altitude (m)	Source	Durée d'observation
	X	Y			
Tazoult	822,65	248,65	1200	ONM	1953-2006
Hamla	806,75	256,2	1174	ONM	1925-2006
Batna ferme expérimentale	814,7	257,35	1040	ONM	1930-2006

Source : ANRH, 2016

6.2.2.2 Pluies maximales journalières :

En Algérie il est vérifié que les pluies journalières maximales annuelles s'ajustent à une loi de Gumbel (Graphique 6-4). Ce paramètre est important dans notre analyse dans la mesure où théoriquement les valeurs extrêmes s'ajustent à une loi des valeurs extrêmes.

⁹⁵ ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques



$P_t = P_{jmax} \% * (t / 24)^b$
 Avec :
 Pt : pluie correspondante à un laps de temps t.
 Pjmax % : pluie journalière maximale de fréquence donnée à Batna.
 b : paramètres climatique égal à 0,30 pour la région de Batna.
 La relation obtenue est la suivante :
 $P_t = P_{imax} \% * (t / 24)^{0,30}$

Tableau 6-4 : Quantités de pluies journalières maximales à Batna

En adoptant la formule susmentionnée, nous aurons les quantités de pluies journalières maximales (de fréquence donnée) à Batna résumées comme suit : (Voir tableau 6-4)

Période de retour	Fréquence	U. Gumbel	P-jmax Batna
02 ans	0.5	0,37	34,1
05 ans	0.8	1,50	45,7
10 ans	0.9	2,250	53,3
20 ans	0,95	2,970	60,7
50 ans	0,98	3,902	70,2
100 ans	0,99	4,600	77,4

Source : Auteur, 2016

6.2.2.3 Intensités des Pluies de courtes durées :

Pour calculer les intensités de pluies de courtes durées, nous avons adopté l'étude de Body intitulée « Analyse fréquentielle pluies de L'Algérie » réalisée à l'ANRH. Basée sur les trois paramètres « Intensité - Durée – Fréquence », et en tenant compte des quantités de pluies maximales au niveau de la station de Batna. Cette étude nous a permis de calculer les intensités de pluies en mm/heure pour différentes fréquences et pour différentes durées.

Tableau 6-5 : Intensités horaires de pluies en mm/h — Station de Batna

Période de retour	15 mn	30 mn	1 heure	2 heures	3 heures	6 heures	12 heures	24 heures
02 ans	34,7	21,4	13,1	8,1	6,1	3,7	2,3	1,4
05 ans	46,5	28,6	17,6	10,8	8,2	5,0	3,1	1,9
10 ans	54,2	33,4	20,5	12,6	9,5	5,9	3,6	2,2
20 ans	61,7	38,0	23,4	14,4	10,8	6,7	4,1	2,5
50 ans	71,4	44,0	27,1	16,7	12,5	7,7	4,8	2,9
100 ans	78,7	48,5	29,8	18,4	13,8	8,5	5,2	3,2

Source : Auteur, 2016

Pour les conditions physiographiques des bassins versants de l'Algérie, la formule du temps de concentration proposé est la suivante :

$$t_c = 1,7 \left[\frac{SL}{\sqrt{I}} \right]^{0.19}$$

t_c : temps de concentration en heure

S : surface en km²

L : longueur du cours d'eau en km

I : pente du cours d'eau en %

De cette façon, la durée de référence de pluie t est prise au temps de concentration t_c .

Tableau 6-6 : Sous bassins versants constituant le BV de Batna

	Surface BV	Long cours d'eau	Pente	tc
Unité	S (km ²)	L (km)	I (%)	
GBV	295.52	30	1.18	9,41
BV1	176.55	22	1.36	7,94
BV2	246.32	26	1.27	8,79
BV3	270.5	27	1.26	9,02

Source : Auteur, 2016

Le coefficient de ruissellement α_T a été déterminé à partir :

$$\alpha_T = 1 - \exp \left(- \frac{P \max jT}{P_0} \right)$$

$P \max jT$: pluie maximale journalière en mm de période de retour T ,

P_0 : Pertes maximale possibles en mm (infiltration, rétention dans les dépressions et évaporation). Ce paramètre est en fonction des zones géographiques des grands bassins versants de l'Algérie (bassin versant n° 07) ; $P_0 = 90$ mm.

Ainsi, nous aurons les résultats suivants :

Tableau 6-7 : Coefficient de ruissellement par périodes de retour

Période de retour	$P \max jT$	P_0	α_T
2	34.1	90	0.3154
10	53.3	90	0.4469
20	60.7	90	0.4906
50	70.2	90	0.5416
100	77.4	90	0.5768

Source : Auteur, 2016

6.2.2.4 Débits de pointe :

L'étude des débits de pointes des crues est basée sur les données pluviométriques (pluies maximales journalières) de plus de 400 postes pluviométriques (Boutoutaou, 2008) Pour la présente étude, nous allons retenir la formule suivante développée par Boutoutaou.D (2014) pour calculer les des différents débits de pointe des diverses périodes de retour pour les cours d'eau et les oueds non jaugés de l'Algérie .

Les débits de pointe sont calculés selon la formule suivante :

$$QPT = \frac{16,7 [A + B \log (T)] \alpha T \lambda S}{(tc + 1)n}$$

- QPT** : Débit de pointes
- λ** : Coefficient de réduction du débit en fonction de la croissance de la surface du bassin versant
- S** : Surface du bassin versant en Km²
- αT** : Coefficient de ruissèlement
- tc** : Temps de concentration en minutes
- A + B** Paramètres géographiques caractérisant l'intensité maximale pluviales annuelles A et sa variation interannuelle B
- T** : Période de Retour
- n** : coefficient égale à 0,73 (pluie moyenne annuelle ≤ 400 mm)

Tableau 6-8 : Débit de pointe par périodes de retour

Temps de retour	Débit de pointe (m ³ /s) par Bassins versants			
	BV	BV1	BV2	BV3
2	70	48	62	66
10	155	105	136	147
20	197	133	173	186
50	284	193	249	269
100	304	205	266	287

Source : Auteur, 2016

6.2.2.5 Volume de la crue :

Le volume de la crue, exprimé en m³ sera donné selon la formule qui suit et pour laquelle le T_c est exprimé en minutes. Le tableau suivant présente le calcul des débits de pointe par bassin versant et par période de retour (Voir tableau 6-9) :

Le volume de la crue est calculé selon la formule suivante :

$$V = 60. Q_{max}. T_c$$

Q_{max} : Débit maximal de la crue de durée de retour T en m³/s.

V : Le volume de la crue (m³).

T_c : Temps de concentration (h).

Tableau 6-9 : Volume de la crue par périodes de retour

Temps de retour	Volume de la crue (m ³)			
	BV	BV1	BV2	BV3
2	39480	22752	32736	35640
10	87420	49770	71808	79380
20	111108	63042	91344	100440
50	160176	91482	131472	145260
100	171456	97170	140448	154980

Source : Auteur, 2016

6.2.3 Modélisation hydraulique par le logiciel Hec Ras : l'aboutissement

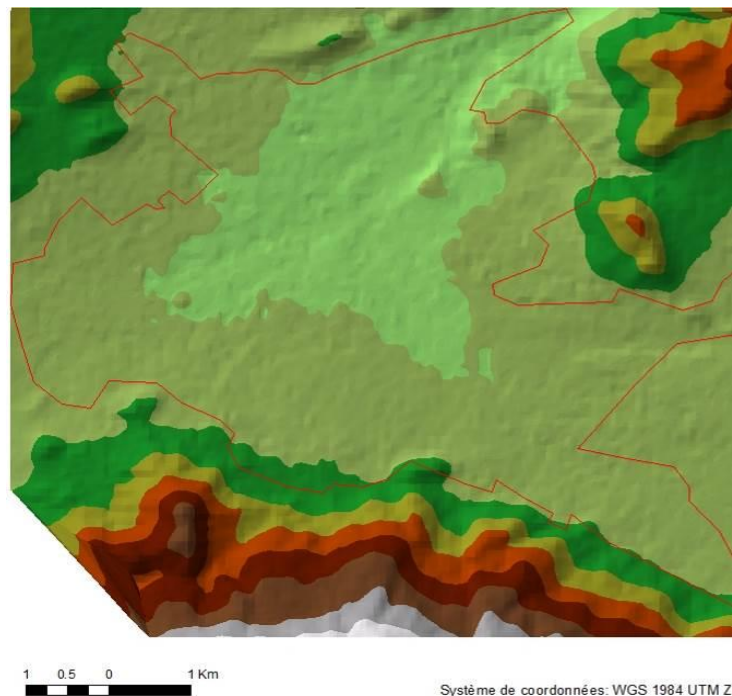
Les experts dans ce domaine s'accordent à dire que l'étude hydraulique a pour objectif l'obtention des données relatives aux hauteurs d'eaux correspondantes aux débits prévus précédemment. Néanmoins, nous devons associer ces dernières à celles issues du contexte hydrologique pour constituer une base fiable de données d'entrée « Input » dans le modèle hydraulique HEC-RAS afin d'avoir en sortie « Output » les lames d'eaux correspondantes en prenant en considération la géométrie du cours d'eau dans sa traversé de la ville, ainsi que la pente longitudinale, la rugosité de lit d'oued et ses berges dans les différents points de calcul.

A ce propos, et pour mener à bien notre analyse, nous avons fait appel à l'application HEC-GEORAS qui à l'avantage d'offrir une meilleure compatibilité entre HEC - RAS et les logiciels du SIG. Elle permet entre autres l'importation des sections en travers à partir d'Arc View par exemple vers HEC-RAS, ce qu'éliminerait la manipulation manuelle, parfois fastidieuse, des sections en travers. (Chachoua, 2009).

6.2.3.1 Formation du modèle numérique de terrain « MNT tin »

Hormis, la possibilité qu'offre la version 10.3 du logiciel ArcGIS pour le traitement hydrologique, Son extension ArcGIS 3D Analyst, dispose également d'outils pour la création de modèles de surface exacts, appelés communément « TIN »⁹⁶.

Ces données sont extraites directement des fichiers vectoriels topographiques fournis par deux agences américaines : la NASA et la NGA (ex-NIMA) de la base de données « SRTM ». La conversion par l'outil ArcToolbox d'ArcGis du raster SRTM vers TIN nous donnera le modèle MNT de la ville de Batna pour les diverses simulations projetées sous le système de projection de coordonnées « Datum wgs 1984 UTM zone 32 » et nous a donné la figure suivante :



Source : Auteur, sous ArcGis 10.3, 2016

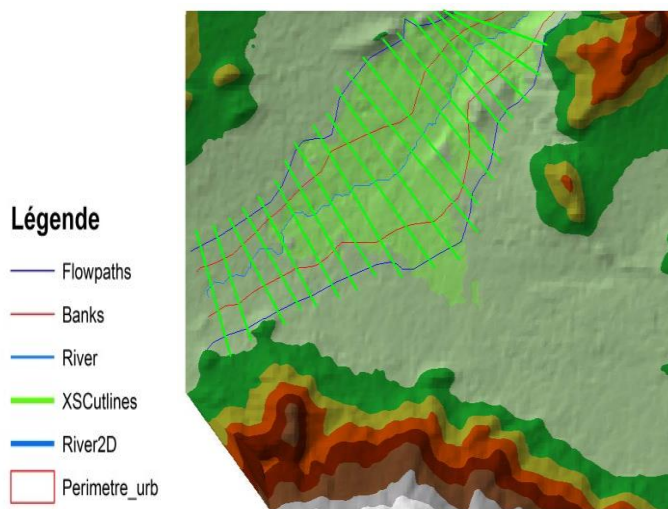
Figure 6-5 : Création du MNT -BV de Batna

⁹⁶ TIN : réseau Triangulé Irrégulier.

6.2.3.2 Extraction des données topographiques pour l'HEC RAS :

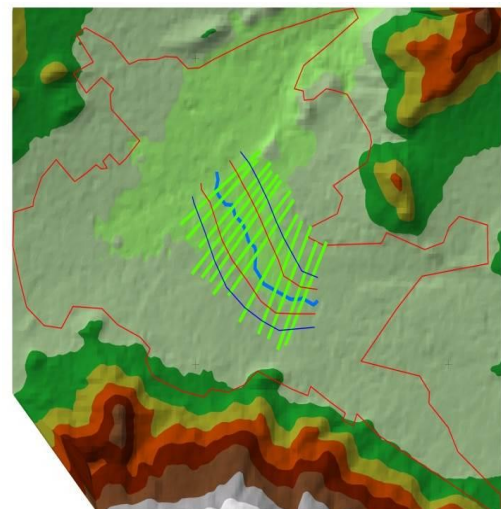
Une fois le MNT - TIN créé, nous pouvons facilement former la géométrie des oueds de Batna et El Gourzi grâce à l'interface HEC GeoRAS qui est un programme compatible avec ArcGis. Le dossier d'importation est créé à partir d'une série des thèmes de Ras tels que : la ligne centrale de jet (Stream Center line), les lignes centrales de chemin d'écoulement (Main Channel Banks), les lignes de berges (Flow PathCenterlines), les profils en travers (Cross-Sectional Cut Lines), le modèle de rugosité (Land Use), le levée d'alignement, les régions inefficaces d'écoulement (Ineffective Flow Areas) et les zones de stockage (Storage Areas).

Dans cette démarche, le profil en travers est l'élément géométrique primordial. Il est tracé sur le MNT et doit respecter certaines règles pour qu'il soit représentatif. Les profils doivent être perpendiculaires à la direction de l'écoulement des eaux. Ainsi, les directions de flux dans le lit majeur ne sont pas toujours bien connues. Les deux figures suivantes représentent les principaux thèmes de Ras créés par HEC GeoRAS à l'aide du MNT TIN d'Oued Batna et d'Oued El Gourzi.



Source : Auteur, 2016

Figure 6-6 : Extraction des données géométriques par Hec - GeoRas - Oued El Gourzi, sous ArcGis 10.3



Source : Auteur, 2016

Figure 6-7 : Extraction des données géométriques par Hec - GeoRas - Oued Batna, sous ArcGis 10.3

6.2.3.3 Simulation hydraulique :

Après avoir introduit la géométrie du cours d'eau, l'étape suivante consiste à spécifier les débits utilisés pour calculer les profils d'écoulement. Pour cela, nous avons engagé la simulation hydraulique en régime graduellement varié avec les valeurs des débits qui sont obtenus par l'ajustement de la série des débits enregistrés à la station hydrométrique de Batna suivant une loi Gumbel qui correspond aux périodes de retours 10, 20, 50, et 100 ans. Ainsi, nous pouvons passer à la simulation hydraulique proprement dite en faisant recours à l'application Performasteady flowsimulation pour le régime permanent. Ce choix est bien justifié puisque l'écoulement non permanent a besoin obligatoirement de l'hydrogramme de crue ; une donnée qui est entièrement manquante. Une fois le dossier d'importation est prés, l'HEC RAS l'exporte grâce la commande **Geometric Data** et fait apparaître ce qui suit :

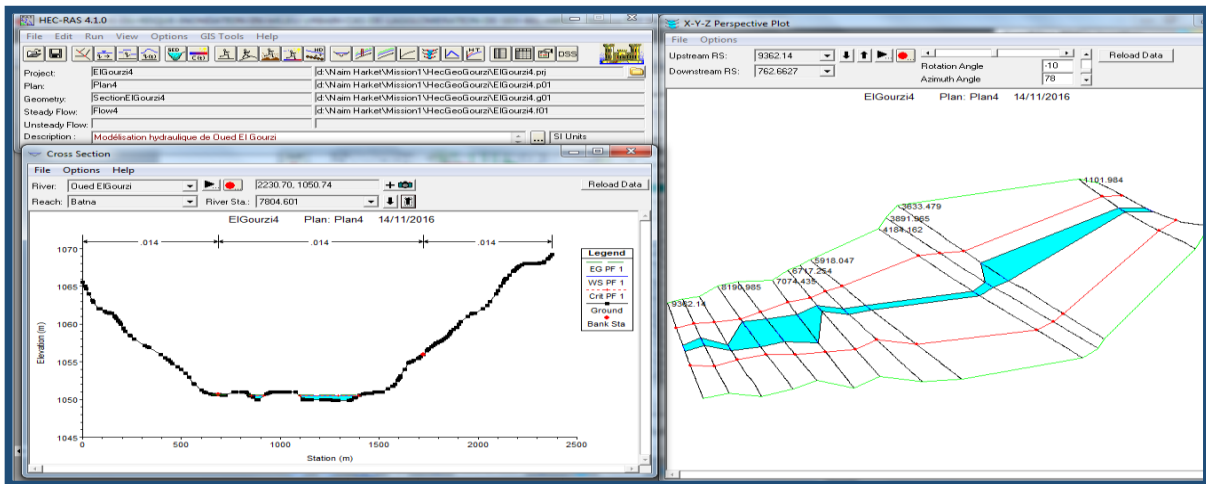
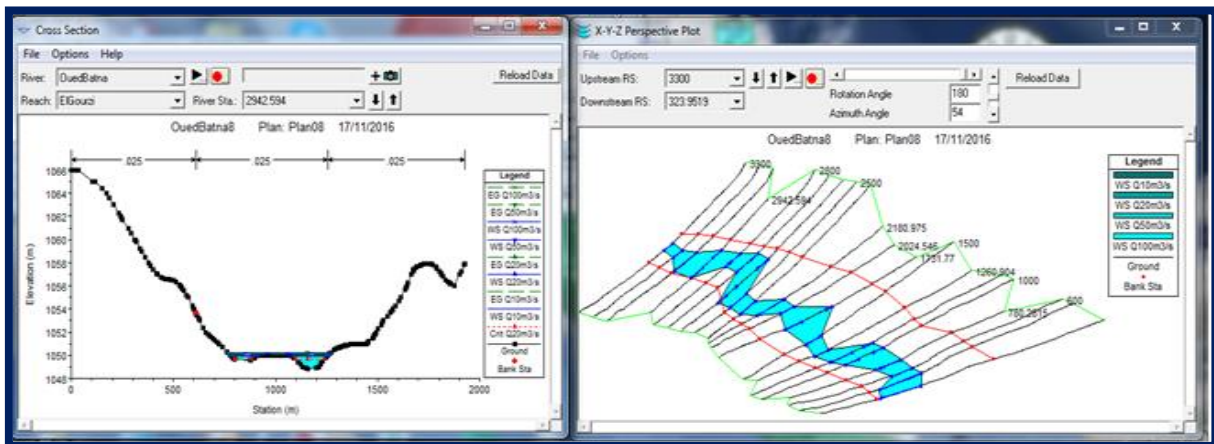


Figure 6-8 : Géométrie d'Oued El Gourzi dans le logiciel Hec Ras



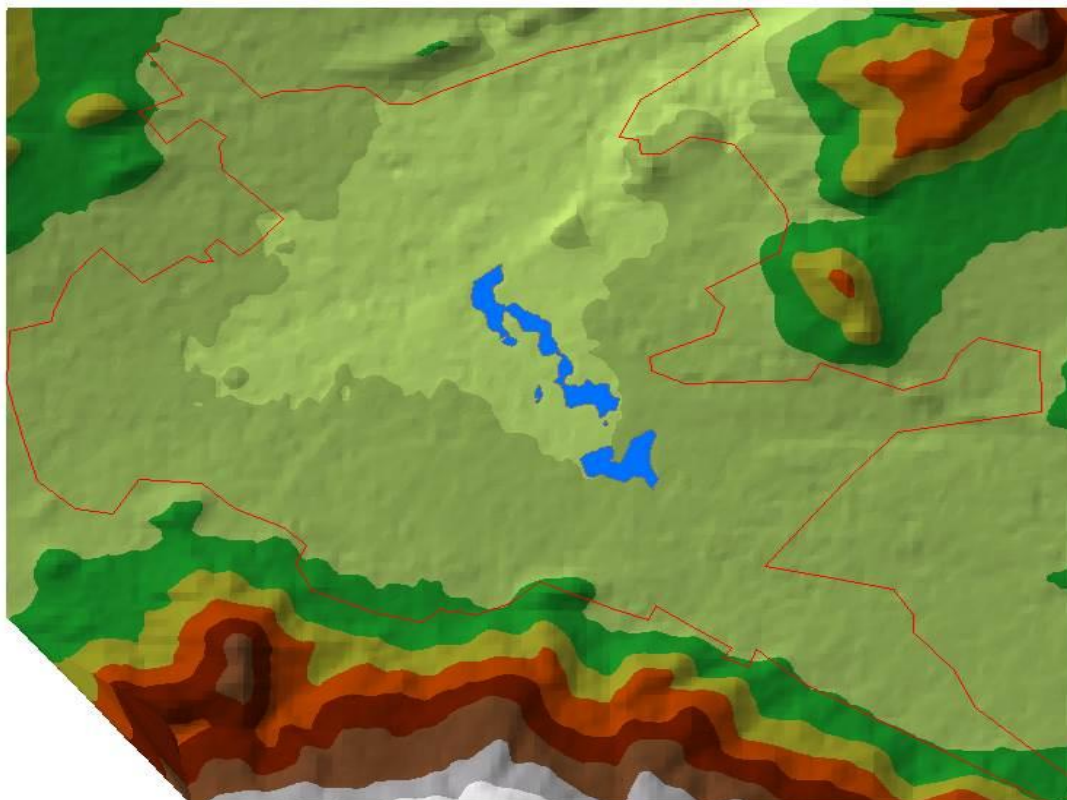
Source : Auteur sous Hec Ras, 2016

Figure 6-9 : Géométrie d'Oued Batna dans le logiciel Hec Ras

Comme nous l'avons expliqué auparavant, nous pouvons entamer la simulation hydraulique proprement dite en vue de spécifier les débits utilisés pour calculer les profils d'écoulement. Ainsi, la simulation hydraulique est engagée en régime graduellement varié avec les valeurs des débits qui sont obtenus par l'ajustement de la série des débits enregistrés à la station hydrométrique de Batna (selon la loi Gumbel) correspondant aux périodes de retours 10, 20, 50, et 100 ans. (Voir tableau 6-4).

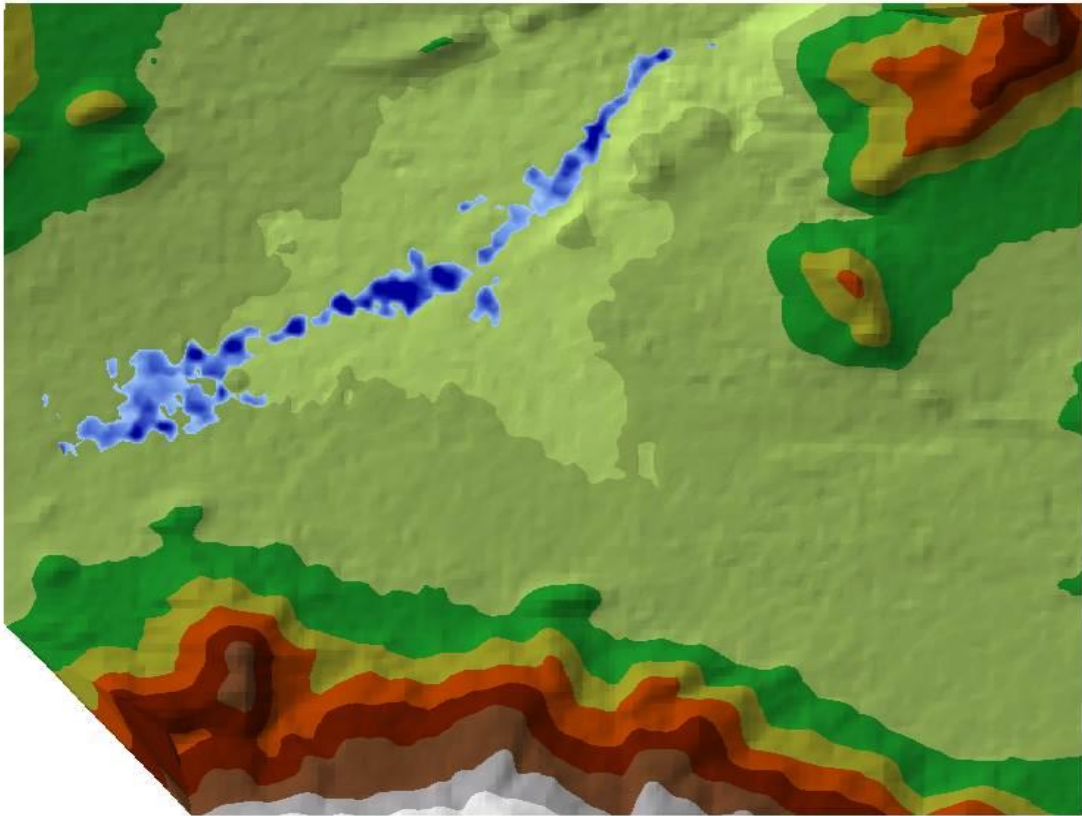
6.2.4 Spatialisation de l'aléa inondation : confection de la carte thématique

Nous arrivons enfin à la dernière étape qui consiste à cartographier les résultats issus de la modélisation hydraulique en vue de réaliser le zonage des aléas. Quand la simulation est achevée, nous pouvons grâce à l'HEC GeoRas (postRas) exporter les résultats de simulation vers Arc-Gis afin de délimiter les zones inondables qui apparaissent sous forme de taches bleues. La figure suivante (6-10) représente la délimitation finale de la zone inondable après exportation du dossier de simulation :



Source : Auteur, 2016

Figure 6-10 : Taches représentant les zones inondables d'après un débit de fréquence centennale d'Oued Batna - Hec Geo-Ras (Post-Ras) -



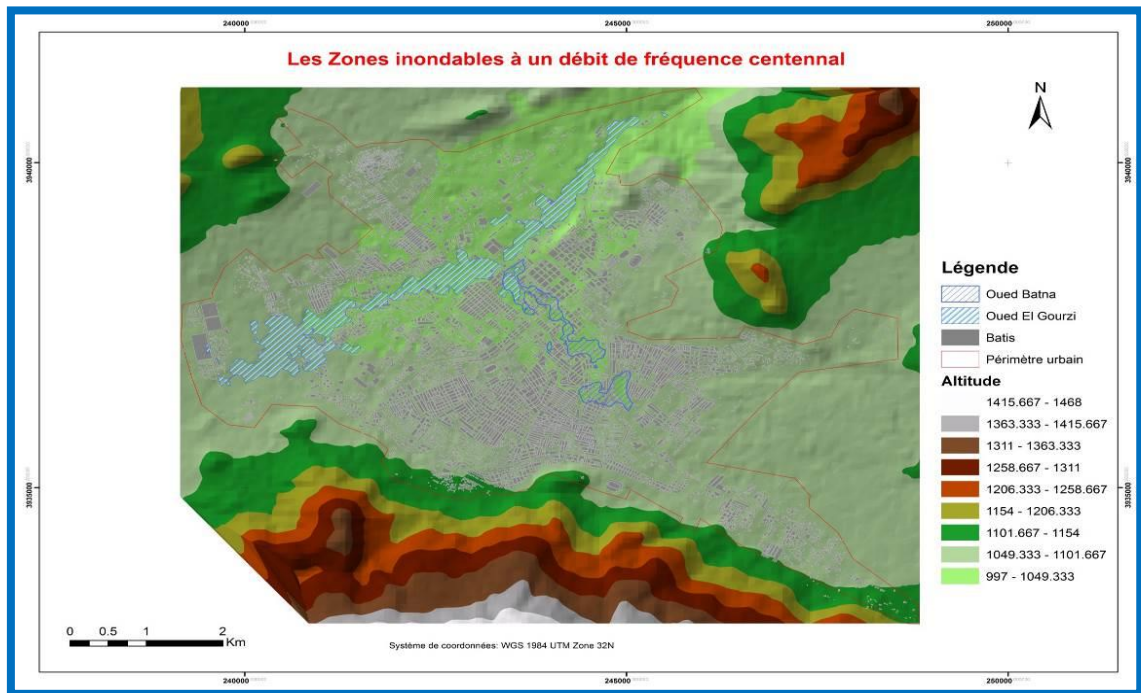
Source : Auteur, 2016

Figure 6-11: Taches représentant les zones inondables d'après un débit de fréquence centennale d'Oued El Gourzi - Hec Geo-Ras (Post-Ras) -

Nous pouvons interpréter les résultats obtenus comme suit :

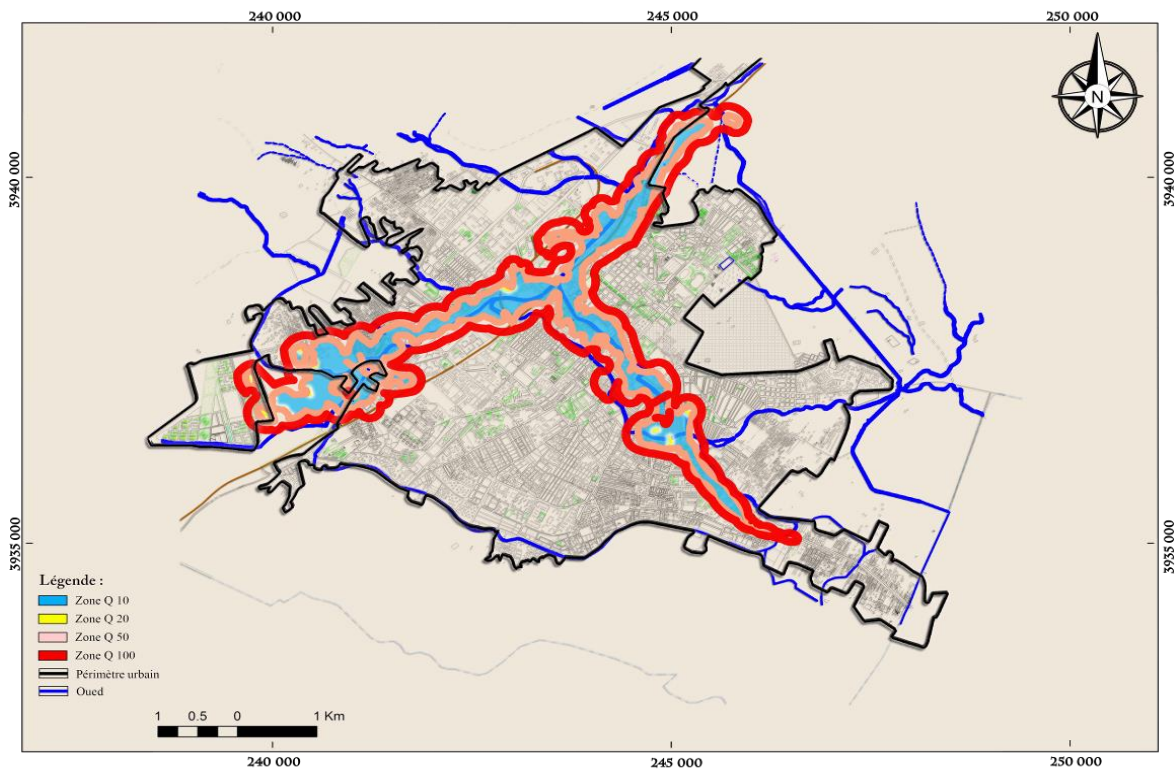
À partir de la crue décennale, son étendue pourrait se propager pour occuper en premier lieu, le lit majeur d'Oued « Batna » et ensuite continuer son périple dans la partie sud de la ville depuis la confluence des deux Oueds (Oued Azzeb et Oued Tazoult). Puis, elle glisse vers la partie centrale de la ville en rejoignant l'autre crue d'Oued « El Gourzi » venant de l'Ouest, pour enfin s'enfoncer vers la partie Est de la ville. Ainsi les secteurs le plus exposés seraient : l'entrée nord de la ville coté promotion immobilière Kadri, Kechida, la cité administrative, Z'mala, route de Tazoult, et le CHU.

Au terme de ce chapitre, la spatialisation proprement dite de l'aléa inondation menaçant la ville de Batna est représenté dans la carte 6-12 traitée par ArcGis 10.3.



Source : Auteur, 2016

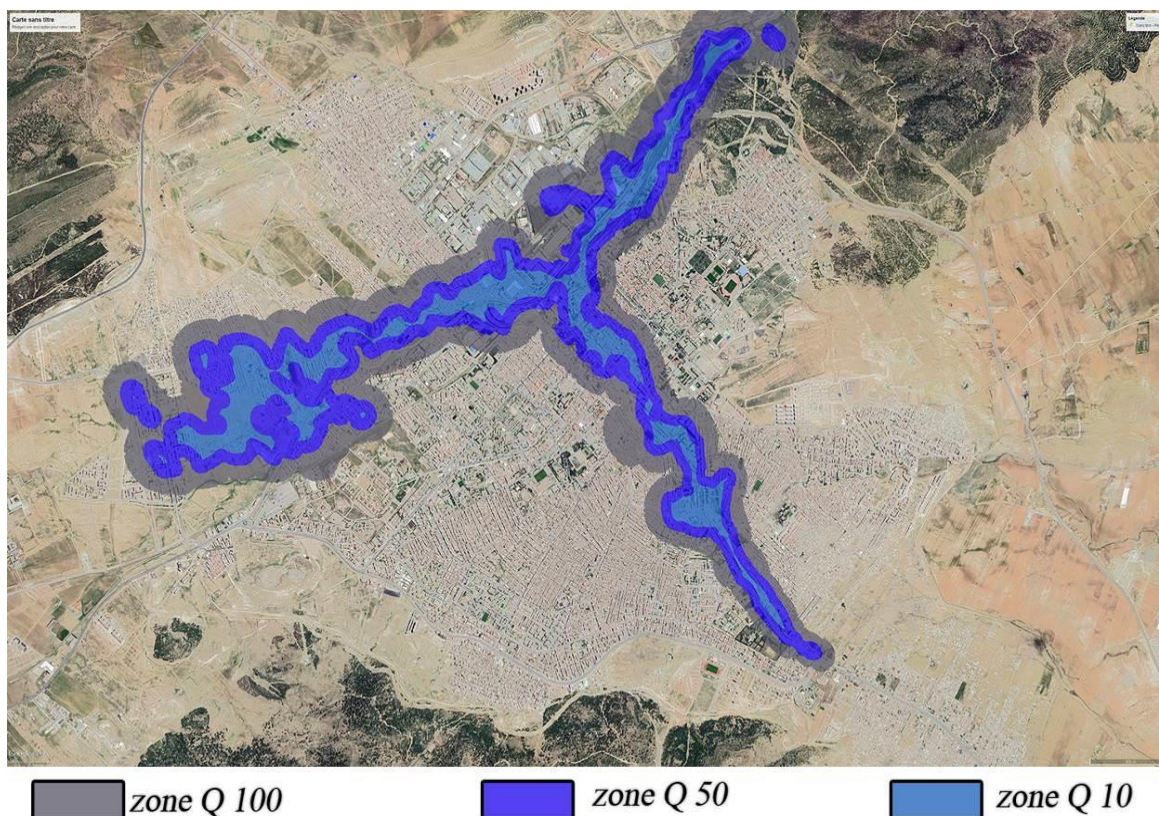
Figure 6-12 : Les zones inondables à un débit de fréquence centennale - ville de Batna -



Source : Auteur sous ArcGis 10.3 traitée par Photoshop, 2016

Figure6-13 : Spatialisation des zones exposées à l'aléa « inondation » - ville de Batna -

En vue de rendre la carte thématique relative à l'aléa inondation menaçant la ville de Batna plus illustrative, nous avons jugé utile d'extrapoler la carte 6-13 sur un fond de Google Earth sous forme d'image satellitaire (voir figure 6-14)



Source : Auteur sur fond de Google Earth Pro, 2016

Figure 6-14 : Image satellitaire des zones exposées à l'aléa « inondation » - Ville de Batna-

Dans ce chapitre, il était question juste de spatialiser l'aléa inondation. L'évaluation de la vulnérabilité des enjeux humains, matériels et environnementaux fera l'objet des deux chapitres suivants (7 et 8).

Les cartes ci-après illustrent les zones exposées au risque d'inondation au niveau de la ville de Batna. A cet effet, selon le résultat final de la modélisation de l'aléa inondation selon les trois périodes de retour : 10, 50 et 100 ans, plusieurs secteurs urbains s'avèrent particulièrement vulnérables : Il s'agit de : « Kchida », « entrée nord de la ville - côté promotion immobilière Kadri », « Route de Tazoult - coté CHU », « Cité la Verdure », « Z'Mala », « Parc à Fourrage » et « Route de Hamla ».

- « **Kchida** » : Comme l'illustre la carte thématique de l'aléa, le couloir de servitudes englobe : La cité de recasement kchida, la cite 156 logts, la cite 290 logts, les villas EPLF, le lotissement AIT, la cite des 48 logts militaire, la cité hamla « 1 », la cité 345 logts, le lotissement erriadh et enfin la résidence univerversitaire 100 logts. En matière d'équipements, nous pouvons citer : le pôle culturel, le centre de formation professionnelle CFPA kchida 4, la cite universitaire Hamla 3, plusieurs mosquées : (el atik, khaled ben el oualid. Malek ben aness, Omar bne abdelaziz, Abou ayoub en Ansari, El kods, et mosquée Omar Ibn el Aas.), dispensaire salle de soins, Souk hebdomadaire, poste de police, souk el fellah, les centres commerciaux (la perle de tissus - meuble et décor), un centre de rééducation, la clinique el Issane, Kchida ferme et le parc d'attractions don't une bonne partie serait submersible. A cela s'ajoute plusieurs établissements scolaires dont : 09 écoles (école salah nezzar, école des feres belloula et école hamla), 04 CEM (CEM : Rghiss Noui) et deux Lycées (lycée Amar ben flis et lycée hchachna kadour). Il convient de souligner également que les tronçons de voirie : l'évitement nord, la rue hamla, la rue des frères Mazaache et la rue du ravin bleu seraient aussi inondables en cas de crue centennale.

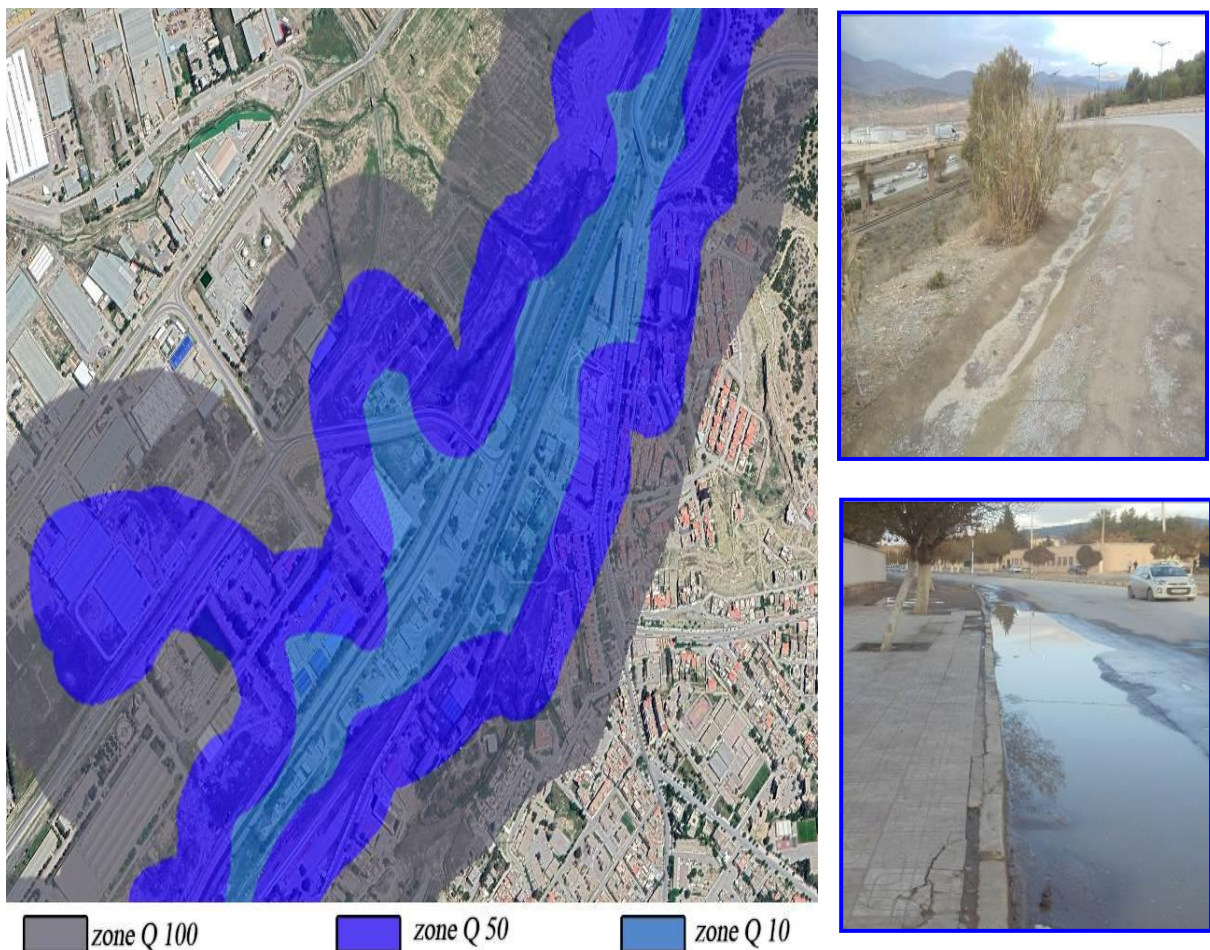


Source : Auteur, 2016

Figure 6-15 : Zones exposées à l'aléa inondation au niveau du secteur « Kchida »

- **Promotion immobilière « Kadri » :** Située à l'entrée nord de la ville au niveau du secteur urbain « Bouzourane » qui abrite entre autres la cité AADL Batna, ECMC et 78 villas. Parmi les équipements qui seraient exposés au risque de crues, nous citerons : l'abattoir municipal, la bibliothèque municipale, le parc de l'Apç de Batna et celui de la wilaya.

Ainsi, le secteur « Bouzourane », qui abrite principalement de l'habitat collectif, se démarquent par des densités d'occupation assez faible qui avoisine les 96 Hab/Ha. Ces logements de type collectif, rassemblés dans des blocs de R+4 dont la majorité contient des locaux de commerce au niveau du Rez-de-chaussée, ce qui limite sensiblement la vulnérabilité des résidents de cette cité face au risque d'inondation.

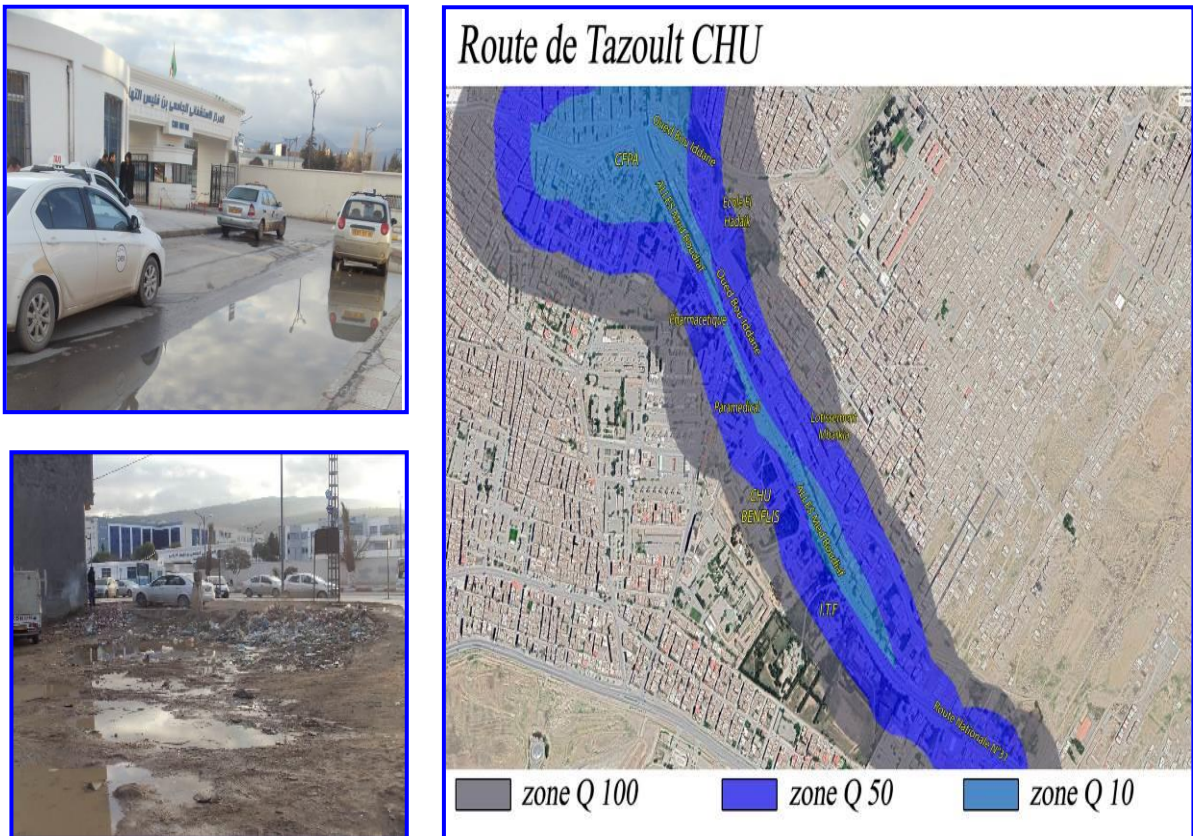


Source : Auteur, 2016

Figure 6-16 : Zones exposées à l'aléa inondation au niveau de « la promotion immobilière Kadri »

- « **Route de Tazoult** » : À l’instar des autres secteurs urbains, celui de « Route de Tazoult » se distingue par un tissu urbain très hétérogène et une urbanisation anarchique caractérisée par la prédominance de l’habitat individuel souvent illicite. Les parcelles de terrains au niveau de ces lotissements précaires sont occupées avant même leur viabilisation, ce qui pose un sérieux problème pour les résidents installés aux abords immédiats des oueds traversant la ville.

Hormis l’hôpital de Batna, ce secteur abrite également plusieurs équipements : I T F forêts, Institut de formation supérieure Para-medical : INSFPM et le Centre commercial Darna. Le retour d’expérience nous renseigne sur la vulnérabilité du CHU de Batna, qui selon, plusieurs statistiques de la direction de la protection civile, des inondations récurrentes qui reviennent chaque 3 à 4 ans causant d’importants dégâts matériels au niveau de cette structure sanitaire.

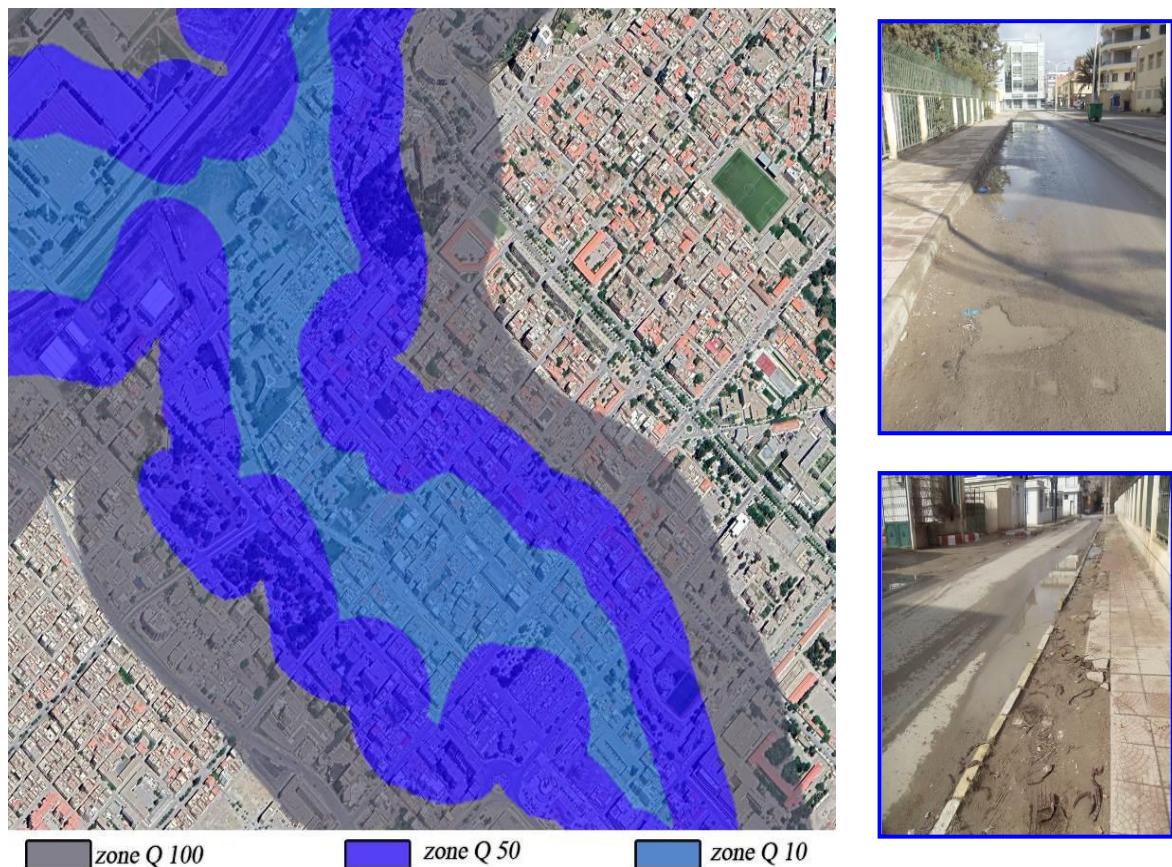


Source : Auteur, 2016

Figure 6-17 : Zones exposées à l'aléa inondation au niveau du secteur « route de Tazoult côté CHU

- « Cité la Verdure » : Comme son nom l'indique, cette partie de la ville située au centre-ville abrite un grand espace vert. Une structure ouverte au grand public, créée par un architecte paysagiste polonais. La particularité de ce jardin c'est qu'il forme un cône alluvial des crues générées par les oueds « Tazoult » et « Bougdane » qui se déversent dans cette cuvette constituant ainsi une zone d'expansion pour les futures inondations susceptibles d'impacter la ville par débordement de ses oueds.

En matière d'habitat, nous pouvons retenir les cites : 20 août, 40 logts, 84 logts, 410 logts, cité militaire 100 logts et la cité frères Maazouzi. Quant aux établissements scolaires, nous signalons l'existence de 07 écoles primaires (l'école Ahmed Mekariet l'école des aveugles), 04 CEM et un lycée (lycée Salah Eddine el Ayoubi). Ce secteur est particulièrement vulnérable du fait qu'il abrite plusieurs équipements administratifs et de service dont le rez de chaussé est occupé par une batterie importante de commerce submersible en cas de crues exceptionnelles.



Source : Auteur, 2016

Figure 6-18 : Zones exposées à l'aléa inondation au niveau de la cité « La Verdure »

- « Z'Mala » : Le tableau suivant (6-10) synthétise les enjeux vulnérables présents au niveau du couloir de servitude relatif aux crues avec trois périodes de retour.

Tableau 6-10 : Enjeux matériels submersibles au niveau de Z'Mala

Secteurs	Habitat	V R D	Equipments	Écoles	CEM	Lycées
Quartiers anciens - Zmala	<ul style="list-style-type: none"> - Cité 168 logts - Cité 50 logts - Cité 48 logts - Promotion Hbchi - Lotissement des anciens moudjahidines - Lotissement el fadjr – Znati - Cité 100 logts militaire 	<ul style="list-style-type: none"> - Allées mohamed boudiaf - Rue de l'oued - Rue du canal - Rue abdelmadjid abdessamed - Rue de tazoult - Rue des frères djebbar - Rue anslam houcine - Rue libraire 	<ul style="list-style-type: none"> - Centre culturel islamique - Mosque mbarek el mili - Mosquée Abou Bakr Esseddik - Siège de l'apc - annexe - Ofla - Edimco - Edied 	<ul style="list-style-type: none"> - École Fethallah - Ecole Khelil Haddada 	02	03

Source : Auteur, 2018



Source : Auteur, 2016

Figure 6-19 : Zones exposées à l'aléa inondation au niveau de la cité « Z'Mala »

- « **Parc à Fourrage** » : Ce secteur urbain est considéré comme l'un des secteurs les plus importants constituant la ville de Batna avec une densité moyenne de 106 à 122 Hab/Ha. Ce dernier est caractérisé par la prédominance de l'habitat individuel. Ces quartiers très peuplés occupent les zones sud et sud-ouest de la ville et se distinguent par un tissu très compact à plus éparse au fur et à mesure que nous éloignons du centre-ville. Le couloir de servitude traversant le secteur urbain « Parc à Fourrage » abrite entre autres : le lotissement Mebarkia et la coopérative CNEP, plusieurs écoles primaires et établissements d'enseignement moyen, dont l'école El hadayek et le CEM Tarek ibn ziad et un lycée.

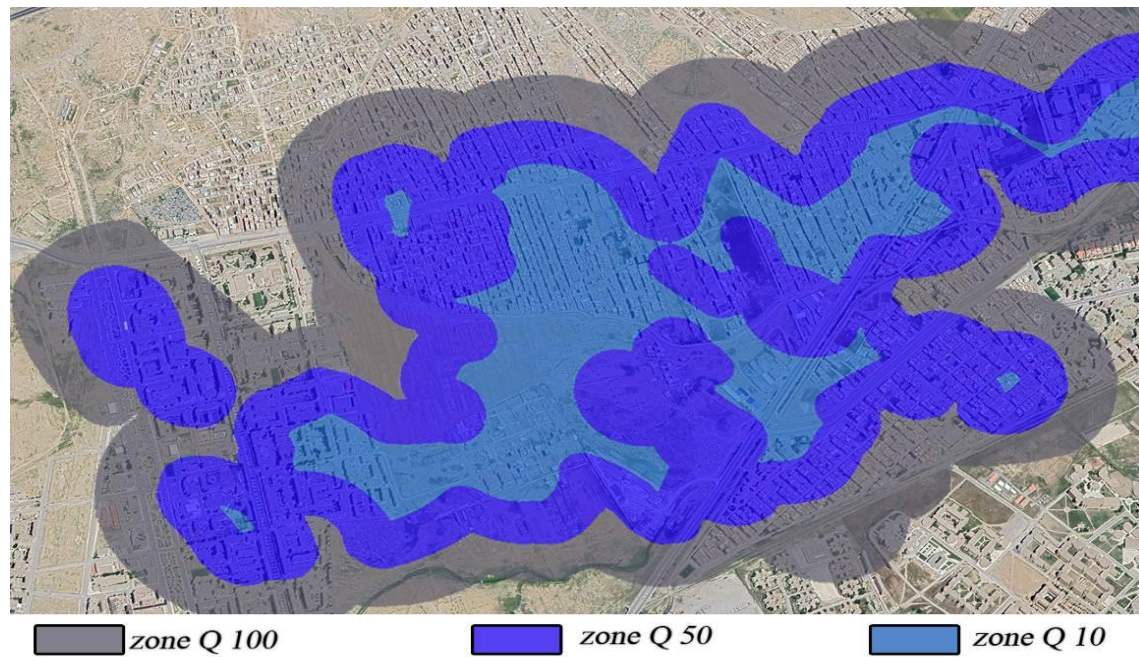


Source : Auteur,

2016

Figure 6-20 : Zones exposées à l'aléa inondation au niveau du secteur « Parc à Fourrage »

« Route de Hamla » : Le terme « Hamla » signifie inondation en arabe...



Source : Auteur, 2016

Figure 6-21 : Zones exposées à l'aléa inondation au niveau du secteur « Route de Hamla »

Conclusion :

À l'issue de ce chapitre, il ressort que l'approche développée fait appel à des logiciels de large diffusion tels que HEC-RAS pour la simulation hydraulique et ArcGis pour le traitement des données géographiques. Ces programmes informatiques sont accessibles et à la portée des techniciens de nos collectivités locales. Cette méthodologie est destinée exclusivement aux acteurs locaux, car notre objectif était de les doter d'outils efficaces d'aide à la décision en matière de gestion du risque d'inondations. La méthodologie adoptée dans ce chapitre est construite autour d'une approche combinée que nous avons nommée « HEC-RAS-MNT ». Cette démarche a été mise en œuvre en deux étapes.

Tout d'abord, l'analyse a tenté d'acquérir des données issues d'une étude hydrologique qui avait pour but d'obtenir les débits des crues, leurs périodes de retour mais, surtout, leur durée de submersion. L'analyse du contexte hydrologique de la ville de Batna consiste ainsi à prévoir les débits de pointes des crues des cours d'eau aux différentes périodes de retour à partir de données disponibles au niveau local.

Ensuite, une modélisation hydraulique par le recours au logiciel HEC-RAS a été effectuée afin de faire ressortir les hauteurs et les vitesses d'eaux correspondantes à ces débits prévus et prédire ainsi l'étendue des inondations qui pourraient se propager et occuper une bonne partie de la ville. À l'issue de cette phase, nous avons pu cartographier les résultats issus de la modélisation hydraulique et réaliser par conséquent le zonage des aléas. Quand la simulation est arrivée à son terme, l'exportation des résultats vers l'ArcGis, nous a permis de délimiter les zones inondables qui apparaissent sous forme de taches bleues.

En définitive, nous avons pu démontrer que la présente approche, peu gourmande en données, pourrait se substituer facilement aux méthodes classiques basées sur l'interprétation des cartes thématiques de risque, souvent issues d'enquêtes hydrologiques rigides. Dans ce sens, nous prétendons que la méthode proposée dans ce chapitre a l'avantage d'être aisément applicable à n'importe quelle ville algérienne. Ainsi, l'accent est mis sur la partie méthodologique de l'outil et non sur les résultats propres à la zone étudiée.

CHAPITRE VII :

**VII- SPATIALISATION DES ENJEUX HUMAINS,
MATÉRIELS ET ENVIRONNEMENTAUX
AU NIVEAU DE LA VILLE DE BATNA**

CHAPITRE VII : SPATIALISATION DES ENJEUX HUMAINS, MATÉRIELS ET ENVIRONNEMENTAUX AU NIVEAU DE LA VILLE DE BATNA

Introduction :

L'évaluation des enjeux constitue, après la spatialisation de l'aléa « inondation » en tant que racine spatiale du risque, une phase incontournable permettant l'élaboration des cartes thématiques de vulnérabilité. Selon Veyret (2004), «... la ville est l'espace le plus vulnérable et nous y rencontrons de nombreux éléments exposés que nous qualifierons d'enjeux vulnérables... ». Dans cette optique, ce chapitre mettra l'accent sur le cadre méthodologique ayant trait à la spatialisation des enjeux humains, matériels et environnementaux.

Cependant, les enjeux prioritaires que les spécialistes recommandent de recenser sont les populations en danger, les établissements recevant du public, les équipements sensibles (centraux téléphoniques, centres de secours) et les voies de circulation susceptibles d'être coupées ou au contraire accessibles pour l'acheminement des secours.

7.1 « Analytic Hierarchy Process -T.L. Saaty » : Approche méthodologique adoptée pour la spatialisation des enjeux

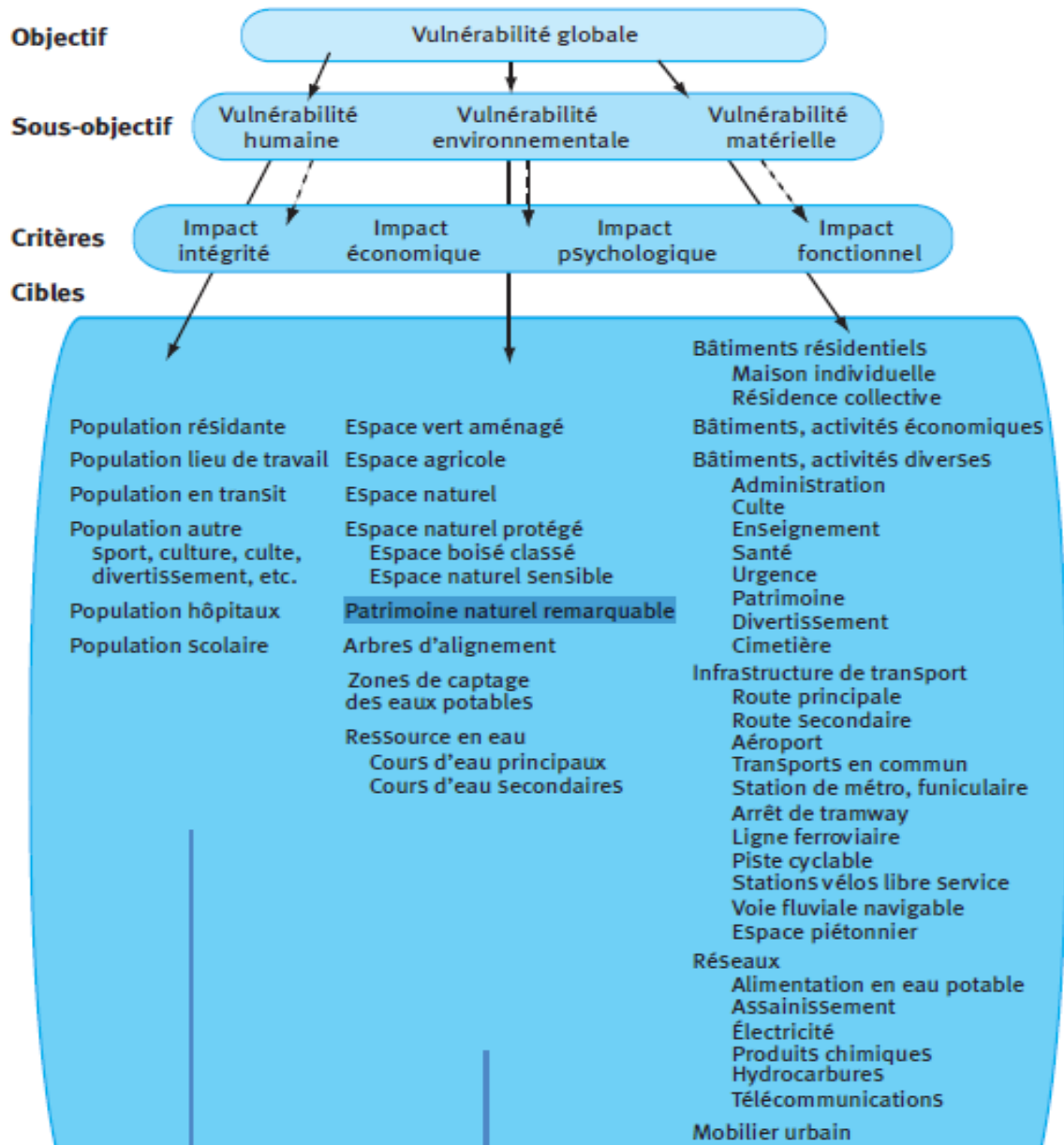
La spatialisation des enjeux consiste à quantifier et localiser (spatialement) sur une carte thématique, les enjeux humains, matériels et environnementaux, susceptibles d'être impactés par l'aléa « inondation » que la ville de Batna encourt. Cette méthodologie est construite autour de deux volets distincts : classification des enjeux en plusieurs catégories, ensuite viendra l'étape de leur spatialisation proprement dite (construction des cartes thématiques).

Néanmoins, il convient de souligner que ces indicateurs ont été adaptés au contexte algérien. Selon T.L. Saaty⁹⁷, les enjeux humains seront rangés en six catégories et classés de la manière suivante : population résidente, population en transit, population lieu de

⁹⁷ Cette classification basés sur la méthodologie de « l'Analytic Hierarchy Proces » mise au point par Thomas Lorie Saaty en 1980 et mise à jour en 2008, Cette démarche consiste donc à décomposer des données statistiques pour ensuite les recomposer selon la densité de population sous forme d'ensembles homogènes

travail, population autre (sport, culture, culte, divertissement, etc.), population-hôpital et enfin la population scolaire.

7.1.1 Volet I : Classification des enjeux :



Source : Florent Renard, (2010)

Figure 7-1 : Classification des enjeux selon la méthode « AHP »

Quant aux *enjeux matériels*, ils peuvent être classés en plusieurs catégories, susceptibles d'être divisées ensuite en cibles plus détaillées. L'adaptation de cette classification par rapport à notre cas d'étude nous a donné les classes d'enjeux matériels et économiques suivantes : l'habitat (individuel, collectif et semi-collectif), les équipements publics

(administratifs, culturels, culturels (mosquées), sportifs, sanitaires, industriels, de jeunesse, de services et de commerce), les équipements scolaires (écoles, CEM, lycées, centre de formation professionnelle et université), la voirie et réseaux divers (VRD) et les équipements stratégiques.

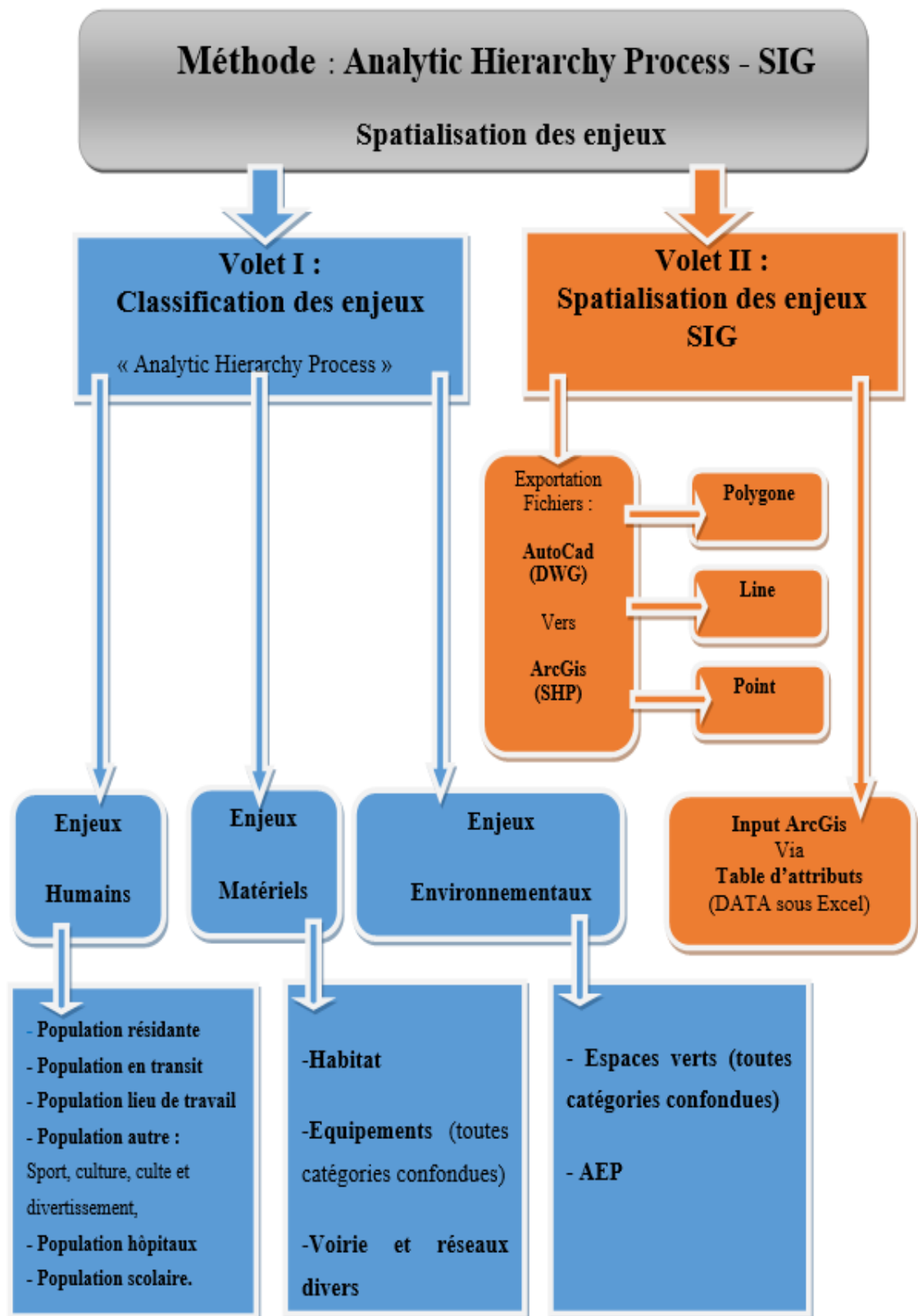
Enfin, les enjeux *environnementaux* regroupant sommairement : les espaces verts (toutes catégories confondues) et toutes les composantes du réseau d'alimentation en eau potable.

7.1.2 Volet II : Spatialisation des enjeux et construction des cartes thématiques

Comme nous l'avons bien expliqué dans le chapitre IV, la spatialisation des enjeux humains, matériels et environnementaux se fait par le recours au logiciel du SIG, en l'occurrence ArcGis 10.3. Cette opération consiste à convertir des cartes vectorielles (AutoCad avec extension DWG) issues du PDAU ou POS par exemple en Carte Shape files (avec Extension SHP) via l'application ArcMap du Logiciel ArcGis. Ce passage d'exportation de fichiers va nous permettre de basculer à la logique de la configuration géométrique spatiale :

- **Polygone** : Spatialisation des enjeux présentant des formes géométriques polygonales (secteurs urbains, typologie d'habitat, équipements, etc.) ;
- **Line** : Spatialisation des enjeux présentant des formes géométriques linéaires telles que : Oueds, ligne électrique ou voirie par exemple.
- **Point** : Spatialisation des enjeux présentant des formes géométriques ponctuelles. À titre d'illustration, nous pouvons citer : puits et fourrage, localisation spatiale des équipements stratégiques et établissements scolaires selon leurs coordonnées géographiques.

Une autre opportunité offre ArcGis pour spatialiser les enjeux vulnérables par le recours, cette fois - ci, à l'introduction des données spécifiques au logiciel ArcGis via des tableaux en format Access ou Excel. Ces données compilées, connues sous le nom de « tables d'attributs », peuvent être récupérées des différents services de statistiques (l'ONS, la DPSB, et mêmes issues des rapports écrits des instruments d'urbanisme). En guise de synthèse, la représentation schématisée ci - après résume la méthodologie adoptée pour la spatialisation et la cartographie des enjeux vulnérables :



Source : Auteur, 2017

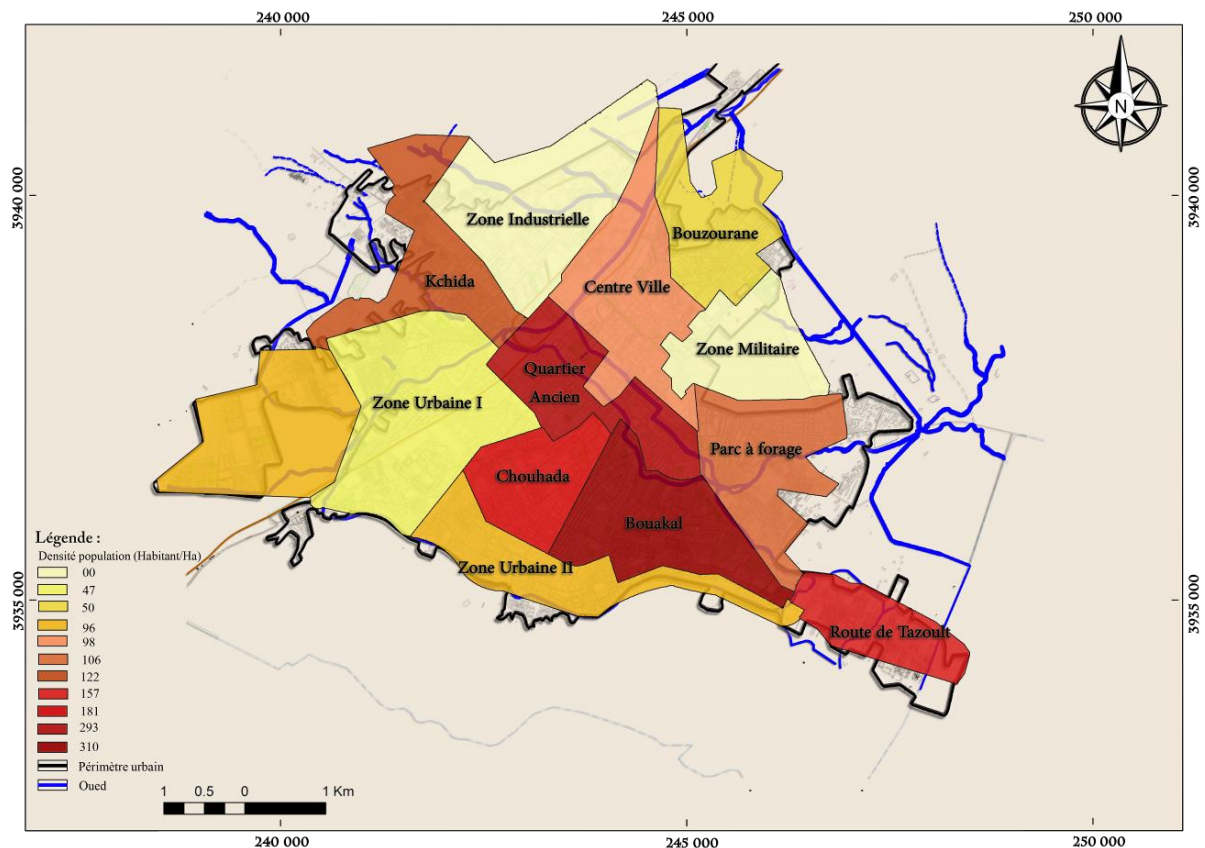
Figure 7-2 : Méthodologie schématisée pour la spatialisation des enjeux

7.2 Enjeux humains : plusieurs catégories de populations à recenser

L’analyse des enjeux humains présents dans la ville de Batna sera focalisée, notamment, sur la répartition de la population sur la ville, c’est-à-dire sa densité, étant donné, que l’objectif escompté est la spatialisation de ces enjeux sur le périmètre de la ville. Selon T.L. Saaty, les enjeux humains seront rangés en six classes :

7.2.1 Spatialisation de la population « Résidente » :

Le nombre de la population résidente serait, théoriquement, équivalent à celui de la population totale estimée par les dernières statistiques retenues dans la présente étude à savoir 325178 habitants. Le recensement des enjeux humains présents dans la ville de Batna sera établi par croisement des données figurant dans les tableaux des densités de la population par secteur et celui de la sectorisation de la ville (voir Annexes « A » et « B »). Cette opération sera couronnée par la carte thématique de synthèse suivante :



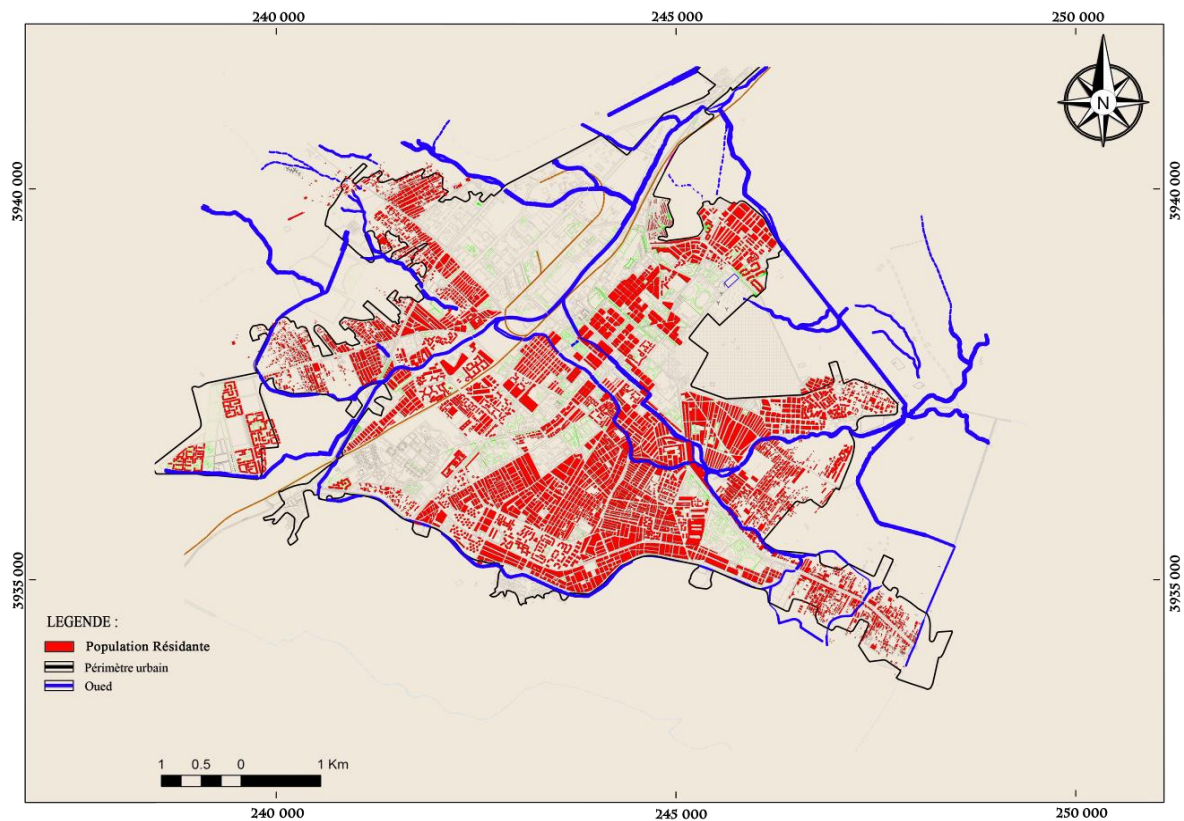
Source : Auteur selon statistiques ONS et DPAT de Batna, 2017

Figure 7-3 : Densités de la population par secteur urbain au niveau de Batna

La carte ci-dessus (7-3) nous révèle que les densités de population les plus élevées qui dépassent les 293habitants/ha se localisent dans les quartiers populaires périphériques tels que « Bouaakal », « Chikhi » et « Zmala ». Quant aux secteurs « Chouhada » et « Route de Tazoult » occupent le second rang en matière de densité qui varie entre 157 et 181 hab/ha.

Les secteurs urbains constitués par le « centre-ville », « Kchida » et « Parc à fourrage » se distinguent par une densité moyenne de 106 à 122 Hab/ha. Enfin, les deux ZHUN 1 et 2 ainsi que le secteur « Bouzourane », de par la typologie de leurs habitats composés essentiellement de logements collectifs, se démarquent quant à eux par des densités d’occupation assez faible qui avoisine les 96 Hab/ha.

La spatialisation de la population résidante sera calquée sur celle relative à l’habitat caractérisant la ville de Batna sans prendre en compte le critère « Typologie ».



Source : Auteur selon SCU de Batna, 2017

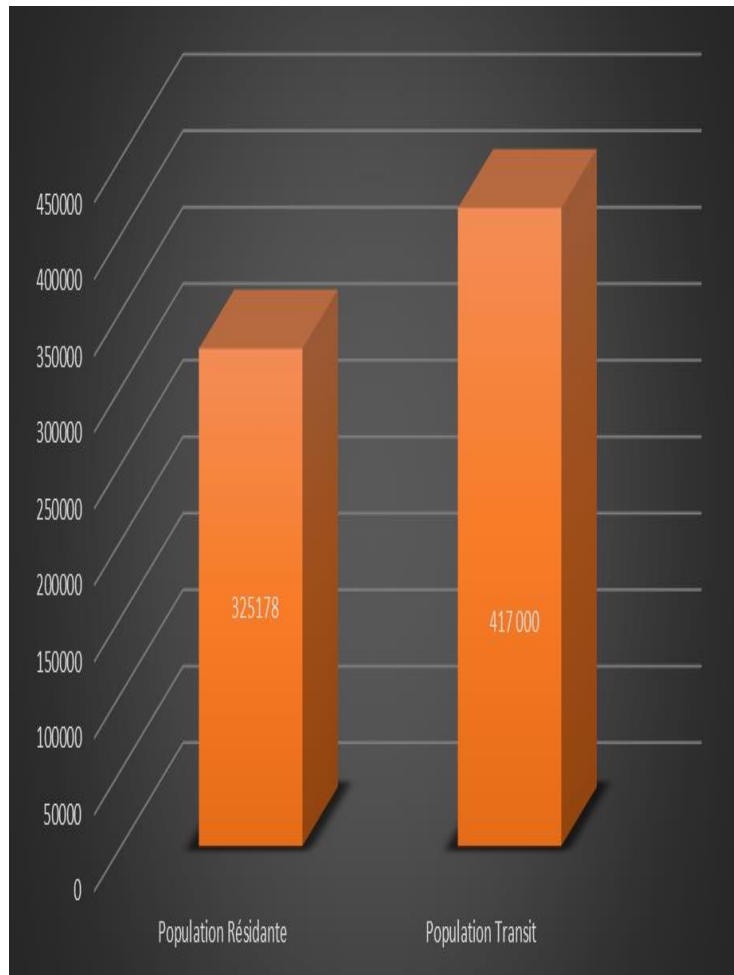
Figure 7-4 : Spatialisation de la population résidante à Batna

La carte 7-4 a été élaborée à l’aide du logiciel ArcGis dont les inputs étaient à la base une carte vectorielle thématique réalisée dans le cadre de l’élaboration du SCU de Batna. Ainsi les polygones ayant trait à la typologie de l’habitat ont été fusionnés pour aboutir à la carte de synthèse n°7-4.

7.2.2 Spatialisation de la population « en transit » :

Hormis la population résidente, nous signalons l’existence d’une autre catégorie de population dite « Transit ». Cette dernière représente un autre paramètre à prendre en compte selon l’approche adoptée de SATTAY.

Compte tenu de ce qui précède, la ville de Batna, par rapport à sa position centrale au niveau de la wilaya, est encore sollicité par un autre type de population desservie entrant dans son aire directe de l’ordre de 417 000 habitants (voir graphique n° 7-5), soit 36 % de la population totale (SCU, 2010)⁹⁸. Ce qui augmenterait le nombre total de la population exposée au risque d’inondation à 742 178 habitants sans compter bien entendu les autres catégories qui ne rentrent pas dans ce décompte comme les visiteurs occasionnels, touristes... etc.



Source : Auteur selon SCU de Batna, 2017

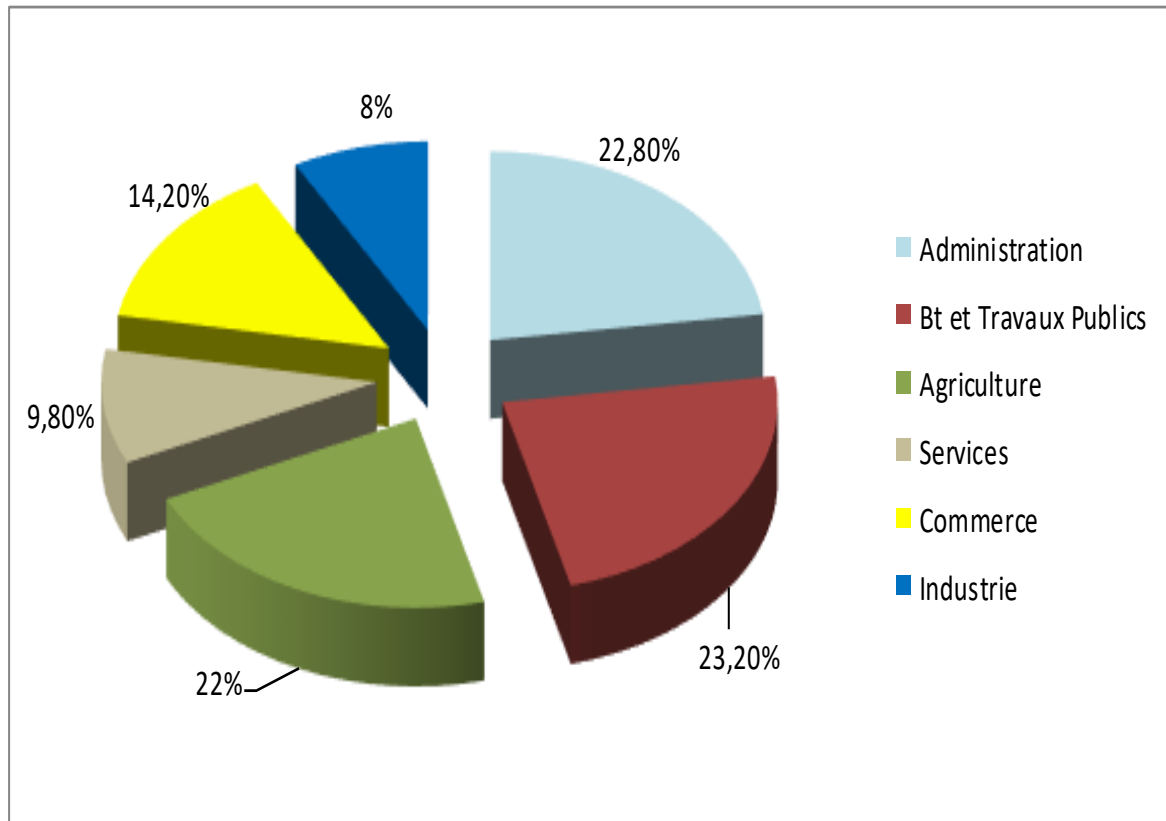
Figure7-5 : Shéma comparatif entre population « Résidente » et population" Transit »

7.2.3 Spatialisation de la population « Lieu de travail » :

En absence de statistiques fiables, Il convient de noter qu’il nous est difficile de recenser la population active dite « lieu de travail » avec exactitude au niveau de la commune de Batna.

⁹⁸ SCU : Schéma de Cohérence urbaine de Batna — Mission II Diagnostic Stratégique, avril 2010.

Néanmoins, nous pouvons extrapoler les données fournies par la Direction de la Programmation et du Suivi budgétaire (ex-DPAT) mai 2015. Ces données concernent la répartition de la population totale de la wilaya par secteur d'activité (voir graphique 7-6).



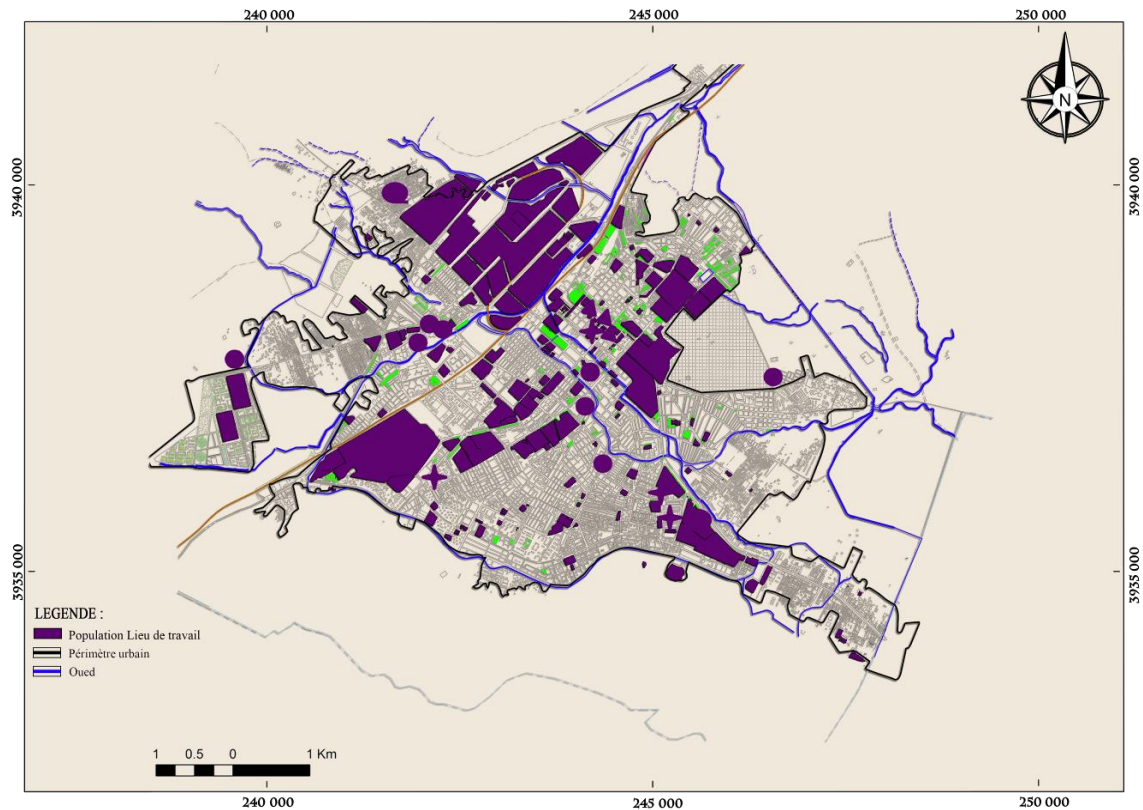
Source : DPSB Monographie de Batna, 2015

Figure7-6 : Population active par secteur d'activité

Hormis, le secteur agricole fort présent dans les zones rurales éparses, 78 % de la population active est concentrée sur le périmètre urbain de Batna (DPSB, 2015). Cela augmente sensiblement la vulnérabilité de cette catégorie de population face au risque d'inondation que la ville encourt. Ces statistiques nous renseignent également sur le nombre de populations occupant le siège des équipements répartis sur la ville.

Au 31/12/2014, la population active de base de la Wilaya de Batna dite « population Lieu de travail » selon notre classement retenu, est estimée à 30,65 % de la population totale avec un taux de chômeurs qui s'élève à 9.94 % des actifs (DPSB, 2015).

La construction de la carte thématique ayant pour but de spatialiser la population dite « Lieu de travail » obéit au même principe adopté pour la spatialisation de la population résidente.



Source : Auteur selon SCU de Batna, 2017

Figure 7-7 : Spatialisation de la population lieu de travail

Ainsi, cette dernière sera calquée sur la carte des équipements élaborée dans le cadre du SCU. Il s’agit en fait de tous les équipements publics présents au niveau de la ville.

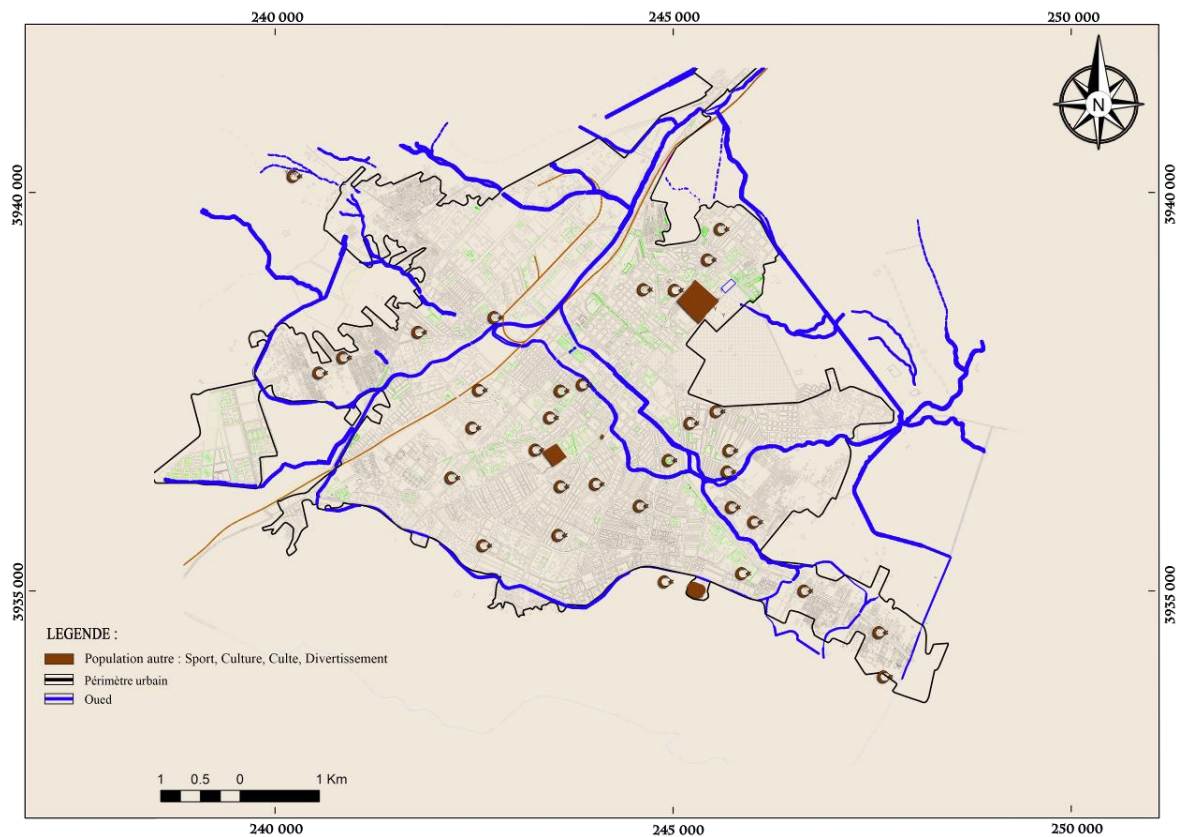
7.2.4 Spatialisation de la population « autre » (sport, culture et culte) :

Le critère de classement de cette catégorie de population comporte plusieurs secteurs à savoir : « le sport », « la culture » et « le culte ».

Une carte thématique de synthèse engobant les trois composantes de la population dite « autre » selon le classement inspiré de la méthodologie « l’Analytic Hierarchy Process », constituée des populations « sport », « culture » et « culte ». La lecture analytique de la présente carte 7-8 nous révèle clairement que la population la plus exposée au risque d’inondation demeure la population « Culte » constituée des pratiquants qui fréquentent les mosquées de manière régulière dont leur nombre est estimé à 112000.

Inutile de rappeler que les mosquées sont ouvertes 7 jours/7 et attirent un nombre important de populations pour les prières quotidiennes (cinq fois par jour), ainsi que la grande prière hebdomadaire « Salat El Djoumaa ». Ces créneaux horaires rendent

particulièrement vulnérable cette catégorie de population en cas d'une crue, notamment au niveau des mosquées exposées directement à ce type de risque du fait de la soudaineté du phénomène. Cependant les deux autres classes d'enjeux humains (culture, sport et divertissement) sont relativement épargnées par rapport à ceux qui fréquentent les mosquées.



Source : Auteur selon statistiques DPSB, 2017

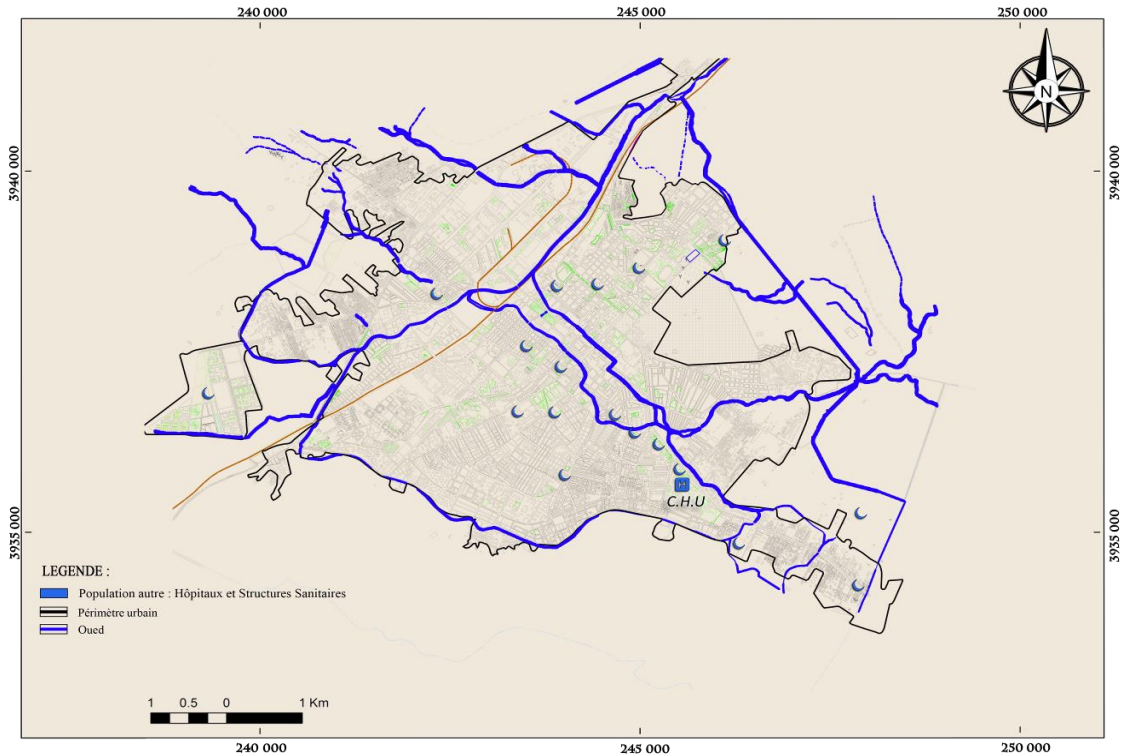
Figure7-8 : Spatialisation de la population « autre »

7.2.5 Spatialisation de la population hôpitaux :

Selon ce critère de classement avancé par Florent renard (2010), la population dite « hôpitaux » comprendra l'ensemble des structures de santé réparties sur l'ensemble du périmètre urbain. En absence de chiffres officiels, nous sommes contraints de nous limiter à l'emplacement du CHU par rapport à la ville entant que refuge systématique de ce type de catégories de population très vulnérable.

Sur la base des données synthétisées précédemment et l'aide de la fonction « Table d'attributs » du logiciel Arc Gis, nous avons pu spatialiser la population dite « Hôpitaux »

sur la carte 7-9 selon les coordonnées géographiques des équipements sanitaires répartis sur Batna.

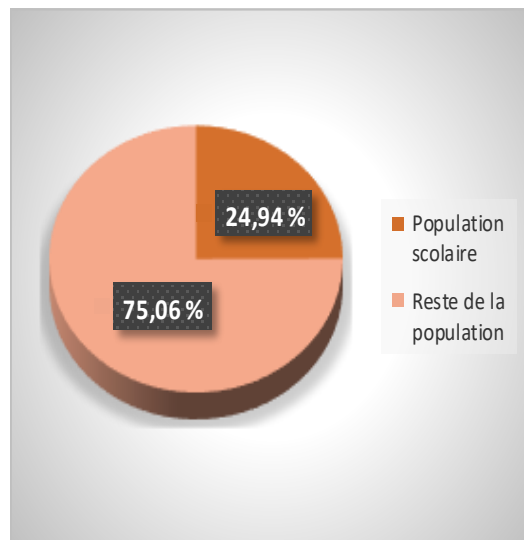


Source : Auteur selon statistiques DPSB, 2017

Figure7-9 : Spatialisation de la « population — Hôpitaux »

7.2.6 Spatialisation de la population scolaire :

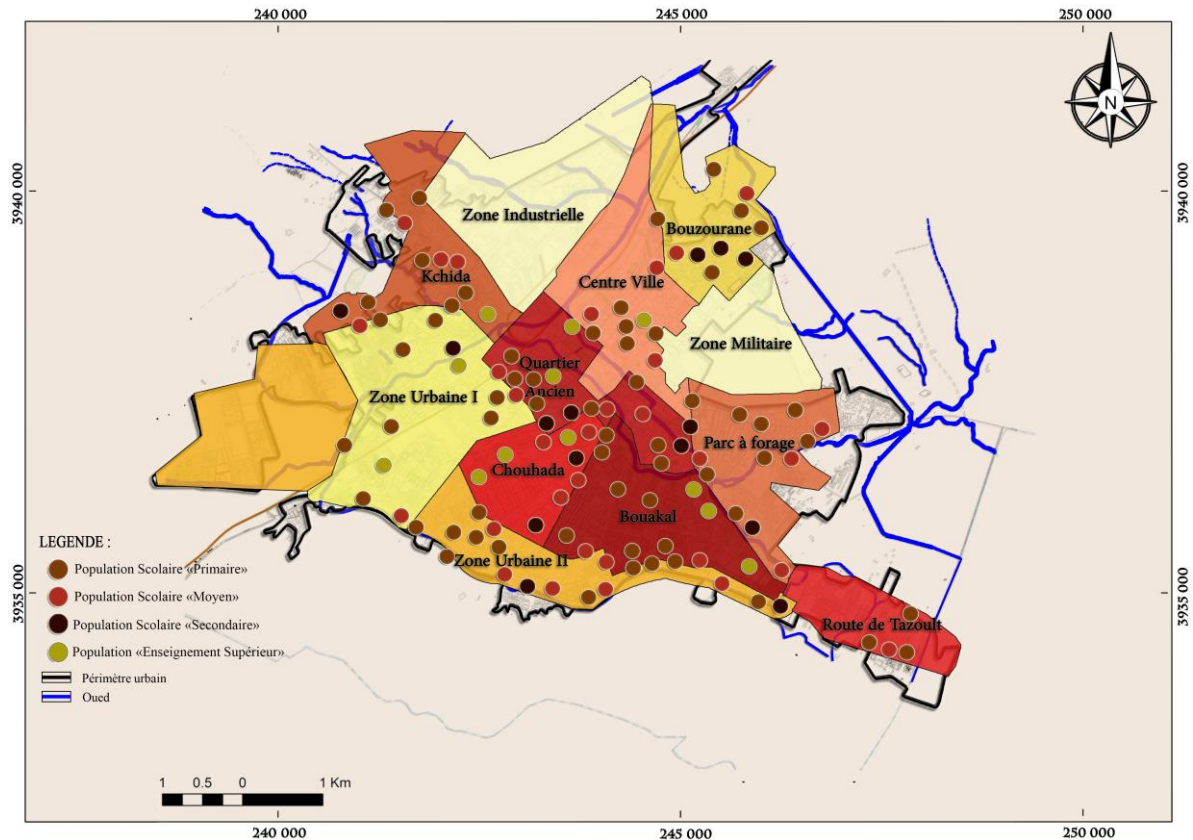
Nous pouvons faire le décompte de l'ensemble des effectifs scolarisés à Batna dont le nombre atteint 81 225 entre élèves, lycéens et stagiaires dans le secteur de la formation professionnelle. La population scolaire représente ainsi presque le quart soit 24.94 % de la population totale estimée à 325178 habitants (Graphique 7-10).



Source : Auteur selon monographie BATNA, 2017

Figure 7-10 : Population scolaire – Synthèse

La construction de cette carte (7-11) a été élaborée et synthétisée grâce au logiciel du SIG : ArcGis 10.3 selon les cartes fournies par TEBBI. H dans le cadre de son travail de recherche mené sur la thématique de la fonction éducative à Batna.



Source : Auteur selon statistiques DPSB et TEBBI. H, 2017

Figure7-11 : Spatialisation de la population scolaire

Tous les spécialistes s'accordent à dire que la population scolaire est particulièrement vulnérable au risque d'inondation du fait que cette dernière est omniprésente sur l'ensemble du territoire de Batna conformément aux normes de planification urbaine en vigueur.

7.3 Enjeux matériels : Habitat, équipements publics et VRD à inventorier

Parmi les cibles vulnérables classées en tant qu'enjeux matériels et économiques, nous citons :

7.3.1 Enjeux « Habitat »

Située dans une vallée entrecoupée par plusieurs oueds, la ville de Batna a connu une croissance démographique très importante, ce qui a engendré une typologie de logements

très diversifiée dont les proportions sont dictées par les contraintes foncières et pour des raisons historiques que nous résumons par la suite. Ainsi, selon le PAW⁹⁹, le secteur de l'habitat, toutes catégories confondues, occupe plus de la moitié de la surface totale de la ville. Pour cette catégorie d'enjeux, nous développerons les types d'habitats suivants :

7.3.1.1 L'habitat individuel :

À l'instar de la majorité des villes algériennes, l'agglomération urbaine de Batna se distingue par une variété de typologie en matière d'habitat avec une dominance des habitations individuelles. Ce type de logements consomme particulièrement beaucoup d'espace de la ville et se caractérise par une occupation démesurée et chaotique de l'espace urbain et un accaparement illicite des parcelles. Ce type d'habitat est constitué essentiellement de constructions de type colonial, de lotissements, de maisons traditionnelles... etc.

Cependant, notre analyse s'oriente vers la répartition de ce type d'habitations, en tant qu'enjeux matériels sur le périmètre urbain de la ville de Batna pour mesurer par la suite leurs degrés d'exposition au risque d'inondation. En effet, la répartition spatiale de cette catégorie d'habitations peut être comprise par rapport à deux principaux critères : sa typologie et la date de création de chaque tissu urbain. Ainsi, nous aurons :

Au niveau du centre historique :

L'habitat individuel de type colonial, peu nombreux organisé selon une trame orthogonale en damier homogène du point de vue urbain et architectural. Les quartiers anciens dits « traditionnels » abritant les quartiers « Z'Mala », « cité chikhi » occupant la rive du sud du noyau historique de la ville sont caractérisé par un habitat individuel spontané.

Au niveau de la périphérie :

Selon Mammeri N. (2011), le tissu périphérique très hétérogène marqué par une urbanisation anarchique, est constituée des fameux quartiers : Bouaakal, Kchida, Chouhada, Route de Tazoult, Bouzourane, Ouled B'China, Parc à Fourrage, Douar Diss, Tamchit supérieur et inférieur, coopératives immobilières... etc. Ces derniers sont

⁹⁹ PAW : Plan « Aménagement de la Wilaya.

caractérisés par la prédominance de l'habitat individuel. Les quartiers très peuplés occupent les zones sud et sud-ouest de la ville et se distinguent par un tissu très compact à plus éparse au fur et à mesure que nous éloignons du centre-ville. Selon L. Kacha (2015) « ... la ville de Batna dispose d'un important parc immobilier autoconstruit spontané estimé, selon les services de la commune, à 41 % du parc immobilier global et 58 % de la surface totale de l'habitat... » (Kacha, 2015).

Dans la rubrique des « lotissements planifiés » et « coopératives immobilières » qui constituent les formes les plus ou moins organisées, nous pouvons citer à titre d'illustration : les lotissements : « kamouni », « Bouariff », « El Boustane 1 et 2 », « Azzohour1 et 2 », « El yassamine », « El fadjr », « El moudhahidine 800 », « Lotissement CNEP 1 et 2 », « Eriad 1,2 et 3 », « hchachna », « la sûreté parc à fourrage », « Adiaa - kchida », « Elkala Graphe », « M.H.C », « Coopérative C N E P 1 et 2 - Houari Boumédiene »... etc. (Agence Foncière de Batna, 2009).

Tous les chercheurs s'accordent à dire que les parcelles de terrains au niveau des lotissements à Batna sont occupées avant même leur viabilisation. Ce qui pose un sérieux problème pour les résidents de ce type d'habitat dont le lotissement est limitrophe aux oueds traversant la ville. En effet, la maison individuelle, éternellement inachevée, dite « villa à étage » s'est transformée en un immeuble à étage avec un Rez-de-chaussée dédié souvent à des activités commerciales, ce qui amplifierait leur vulnérabilité en cas de survenance d'une crue soudaine. C'est souvent des immeubles, ayant au RDC des commerces et dont le nombre de niveaux correspond au nombre d'enfants.

Quant à l'habitat dit « précaire », plusieurs indicateurs confirment qu'il est en voie de résorption par le recours aux divers programmes de type « RPHP » ¹⁰⁰ lancés entre les années 2009 -2014. Ce type d'habitat illicite ne représente que 0.41 % par rapport au nombre total de logements (Urbaco, 2010) et se situe généralement aux zones périphériques de la ville à proximité des cours d'eau menaçant la ville en cas de crue soudaine.

¹⁰⁰ RHP : Résorption de l'Habitat Précaire.

7.3.1.2 L'habitat collectif et semi - collectif :

Ce type d'habitat est réparti principalement sur les zones « ZHUN1 »¹⁰¹ et « ZHUN 2 ». Aujourd'hui largement dépassé. Ce programme d'habitat planifié appelé ZHUN est lancé dans le cadre des « PUD »¹⁰² dans la partie sud de la ville, avait pour objectif de freiner et maîtriser l'urbanisation galopante qu'a connue la ville de Batna et résoudre définitivement le problème de la crise de logement. A ce propos, l'avènement des ZHUN à Batna est perçu comme une barrière pour arrêter le rythme effréné de la croissance urbaine dans la périphérie sud de la ville.

Toutes fois, il convient de noter que quelques cités collectives dérogent à cette règle comme la cité des 150 logements à Batna qui fait partie de 375 logements répartis sur la ville comme suit : 84 logements au niveau du centre-ville, 114 logements (cité du 20 août), 27 Logements Bouzourane. Ces cités sont construites dans le cadre du programme spécial « Aurès », accordé à la wilaya en 1970. (Benaïcha, 2011). Contrairement aux règles habituelles applicables au niveau des cités abritant des logements collectifs, la cité des 150 logements se démarque par la hauteur relativement basse de ses immeubles qui se limitent à R+2.

D'autres cités telles que « la cité des 1020 logements » qui se situe au niveau de la « Z.H.U.N 2 » au Sud-ouest, réalisée dans les années 80 par la célèbre entreprise de travaux de bâtiment Batna ex-ECOTEC. Elle comprend naturellement des logements de type collectif, rassemblés dans des blocs de R+4 dont la majorité contient des locaux de commerce au niveau du Rez-de-chaussée, ce qui limite sensiblement la vulnérabilité des résidents de cette cité face au risque d'inondation.

Hormis le logement social locatif « LSL », plusieurs types de logements viennent renforcer le parc logement de la commune de Batna. Parmi ces programmes, nous pouvons citer : les logements participatifs « LSP », les logements aidés « LPA », les logements destinés à résorber l'habitat précaire « RHP » et les logements promotionnels privés ou étatiques. Selon direction de la programmation et du suivi budgétaire de la wilaya de Batna (ex-DPAT), le nombre de logements collectifs répartis sur le territoire de Batna est estimé à 72360 logements dont 18 % de logements demeurent vacants (DPSB, 2015).

¹⁰¹ Z H U N : Zone d'habitat Urbain Nouvelle

¹⁰² PUD : Plan d'Urbanisme Directeur (P.U.D)

Selon les conclusions du Schéma de Cohérence Urbaine de la ville de Batna « SCU »¹⁰³, cette structuration urbaine a été la conséquence de plusieurs contraintes :

- D'ordre physique, lié à la nature du site de l'agglomération cerné par une série de montagnes. La forêt d'Ich Ali au Sud, Djbel Bouarif au Nord et à l'Ouest, la chaîne montagneuse de Belezma.
- D'ordre démographique, dû à la concentration de la population dans la ville accentuée par l'exode rural et la décennie noire.

7.3.1.3 Spatialisation de l'habitat selon sa typologie dans la ville de Batna :

La carte réalisée par les services techniques de « l'URBA »¹⁰⁴ et reprise par les chercheurs universitaires Lemya Kacha et Ahmed Mansouri, nous a servi considérablement pour la spatialisation des enjeux matériels ayant trait avec le secteur de l'habitat, et la confection de la carte thématique de ce type d'enjeux en faisant appel au logiciel ArcGIS 10.3.

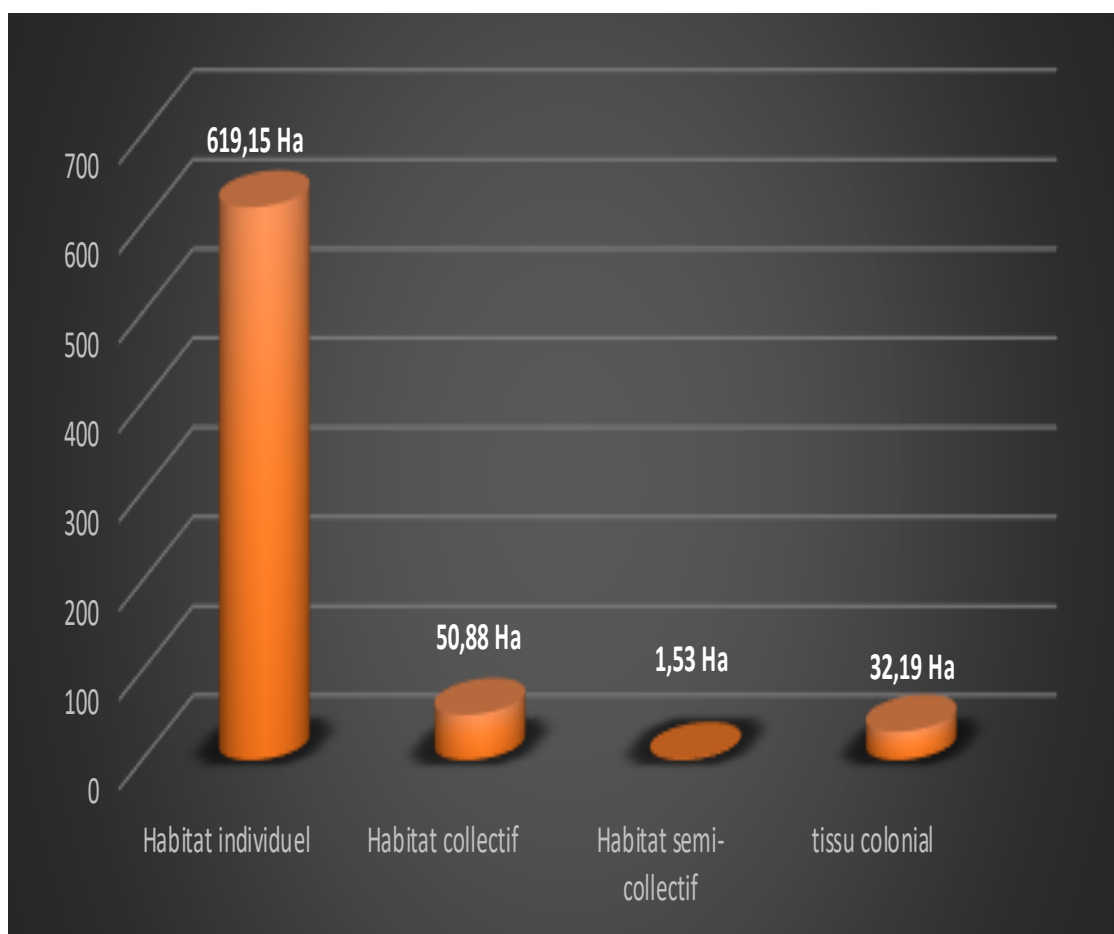
La version 10.3 du logiciel ArcGIS nous a permis de calculer¹⁰⁵ aisément toutes les longueurs et surfaces des attributs exploitées par la suite comme données synthétisées dans une carte thématique traitée sous ArcGIS. Pour notre cas qui concerne les différents types d'habitats présentés sous forme de polygones géométriques avec extension « *.shp »¹⁰⁶, le calcul nous a donné ce qui suit :

¹⁰³ URBACO, « SCU de Batna MISSION II Diagnostic Stratégique », p 216 — avril 2010.

¹⁰⁴ L'URBA : bureau d'études étatique en Urbanisme de Batna

¹⁰⁵ www.arcorama.fr/2014/03/calculer-les-attributs-geometriques : « ... Depuis toujours dans ArcGIS Desktop, il est possible de calculer les attributs de géométrie des entités d'une couche (x, y, longueur, périmètre, superficie,...). Pour cela, il suffit de créer les champs adéquats puis d'appeler la commande "Calculer la géométrie" et choisir le type d'attribut à calculer. Depuis l'arrivée de Python dans ArcGIS, cette opération peut être automatisée pour traiter plusieurs champs et sur plusieurs jeux de données en une seule fois. Par exemple, le script Python ci-dessous permet de calculer les coordonnées X et Y du centroïde des polygones d'une couche de zones urbaines... »

¹⁰⁶ Shp : shapefiles ou fichiers de forme.



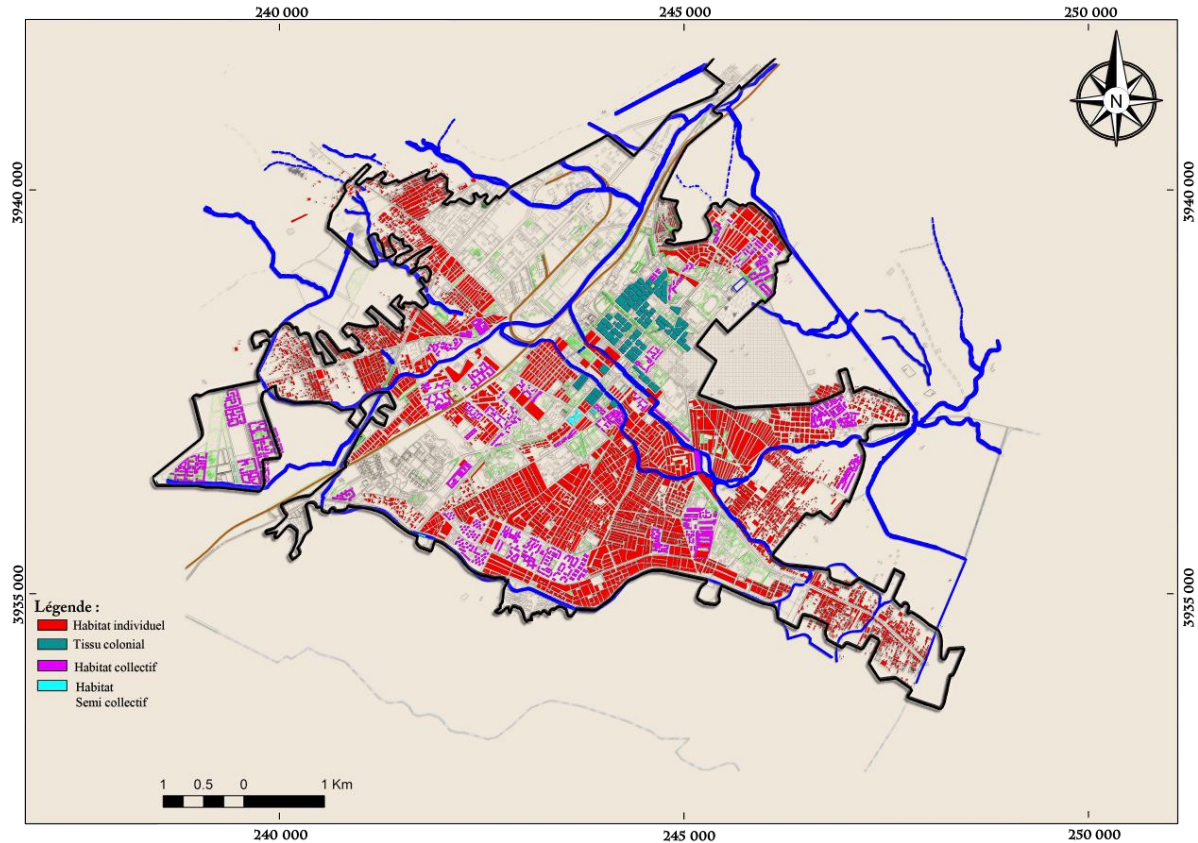
Source : Auteur, 2017

Figure7-12 : Étendues des différents types d'habitats à Batna

Il convient de souligner que la superficie qui désigne le polygone « Habitat individuel » englobe la somme des superficies des polygones « Habitat auto construit spontané » + « lotissement planifié » + « coopératives immobilières ». Quant au noyau historique de la ville, nous avons maintenu la superficie du polygone « tissu colonial » autonome, puisqu'il inclut également les équipements et autres structures présents au centre-ville de Batna.

Le résultat est sans appel, l'étendue du secteur de l'habitat individuel dépasse largement les autres types d'habitats avec une superficie qui avoisine les quelques 619,15 Ha soit presque 88 % de l'ensemble du secteur total de l'habitat à Batna. En second rang, l'habitat collectif avec une surface globale estimée à 50,88 ha, et en dernier lieu l'habitat semi-collectif qui s'étale sur une superficie inférieure à deux hectares avoisinants les 1,53 ha, une surface négligeable par rapport à l'ensemble du territoire urbain.

Ce constat nous interpelle particulièrement, dans le sens où l’habitat « individuel » est plus exposé au risque d’inondation qu’encourt la ville que le type « collectif » dont 80 % de logements se trouve logiquement dans les étages supérieurs.



Source : Auteur selon cartes réalisées par le BET « URBA » et reprises par L. KACHA, 2017

Figure7-13 : Spatialisation des enjeux «Habitat » par typologie

7.3.2 Enjeux « équipements publics » :

7.3.2.1 Enjeux « équipements administratifs et de service » :

La commune de Batna, en tant que chef-lieu de Wilaya, représente le centre de commandement administratif. Comme l’illustre le tableau 7-1, les équipements administratifs sont concentrés dans le centre-ville qui regorge d’activité et de services multiples au service des citoyens. Hormis le secteur de la ZHUN II qui abrite le palais de justice et le secteur Bouakal, la périphérie urbaine est moins lotie en matière d’équipements administratifs et de services. Cette base de données nous a servi pour l’inventaire et la spatialisation de ce type d’enjeux sur la carte thématique des « enjeux équipements » confectionnés sous « ArcGis » en tant que logiciel de « SIG ».

Tableau 7-1 : Répartition des équipements administratifs et de services par secteur urbain

Secteur Urbain	Siège APC	Agence PTT	Banque	Assurance	Siège Administratif	Autres à préciser
Bouakal	02	02	01	-	02	-
Quartiers anciens	01	01	01	01	04	Cité Adm
Chouhada	-	01	-	-	-	01
Centre-ville	03	03	05	03	18	Sièges wilaya
Parc à fourrage	-	01	-	-	-	-
Kchida	01	-	-	-	-	-
Bouzourane	-	01	-	-	-	-
Route de Tazoult	-	-	-	-	-	-
Z H U N II	-	-	-	01	02	Siège- Justice
Z H U N I	-	-	-	-	02	-
Total	07	09	07	05	28	-

Source : DPAT, 2009

7.3.2.2 Enjeux « commerces » :

Batna est considérée comme un carrefour commercial pour toute la région des hauts plateaux. La Commune de Batna a bénéficié de la présence de 15254 commerces concentrés au centre-ville. En revanche, les quartiers périphériques en sont relativement dépourvus. En matière de commerce de détail, la ville de Batna totalise un ratio de 36.81 commerces pour 1000 habitants. Elle compte 11 002 commerces répartis principalement sur les branches suivantes : cafétérias et restaurants, alimentation générale, fruits et légumes, boulangeries, bureaux de tabac et journaux, boucheries, quincaillerie, habillement et chaussure, pièces détachées et électroménagers. (SCU- URBACO, 2010).

En ce qui concerne les marchés, la ville de Batna se démarque également par la présence des marchés quotidiens dont la majorité est concentrée dans le centre-ville comme le celui de la gare ferroviaire. D'autres se trouvent au niveau de la périphérie à l'intérieur des quartiers, longeant les principaux axes comme le marché non couvert dans le secteur « Parc à fourrage » qui reste toujours attractif. Il existe au niveau de la commune de Batna cinq (5) marchés de proximité répartis sur les Cités : Kchida, Hamla 1, Parc à fourrage, Bouzourane et Bordj Lghola. Nous tenons à signaler aussi l'existence d'un marché hebdomadaire informel à l'ouest de Z'Mala (SCU- URBACO, 2010).

7.3.2.3 Enjeux « équipements culturels » :

Bien que la fréquentation des équipements culturels soit très limitée, voire réduite au néant, leur nombre de ces derniers demeure satisfaisant si nous le comparons à d'autres villes algériennes. Le tableau suivant (7-2) nous éclaire sur les principaux équipements culturels existants au niveau de la ville. Selon leur localisation, ce type d'enjeux a été spatialisé suivant les mêmes règles de cartographie sur la carte thématique des « enjeux équipements ».

Tableau 7-2 : Équipements culturels relevant de la direction de la culture

COMMUNE	EQUIPEMENT S	NOMBR E
	Bibliothèque communale	01
	Maison de culture.	01
	Théâtre régional	01
	Théâtre de verdure	01
	École des beaux arts	01
	Institut de la musique	01

Source : DPSB - Monographie de Batna, 2015

Tableau 7-3 : Équipements culturels relevant des autres secteurs

COMMUNE	ÉQUIPEMENTS	NOMBRE	GESTIONNAIRE
Batna	Musée el moudjahid	01	Direction des moudjahidines
	Salle de cinéma	05	Commune
	Centre culturel islamique	01	Direction des affaires religieuses
	Bibliothèque	01	Commune

Source : DPSB Monographie de Batna, 2015

7.3.2.4 Enjeux « équipements Culturels » :

À l'instar des pays musulmans, le terme « Équipements Culturels » désigne les écoles coraniques et les mosquées qu'on trouve presque dans chaque quartier. Selon le tableau (voir tableau7-4), la ville de Batna dispose de 80 mosquées et une douzaine (12) d'écoles coraniques et un grand centre islamique « 01 novembre » (DPSB, 2015).

Les mosquées qui se trouvent dans des zones urbaines à l'abri des oueds traversant la ville peuvent constituer un lieu de refuge en cas de crues soudaines. Cependant, les mêmes équipements culturels peuvent présenter un réel danger si leur localisation se situe à

proximité des couloirs de servitude des cours d'eau menaçant la ville. Seule la spatialisation de cette catégorie d'enjeux est susceptible de nous renseigner sur leur degré de vulnérabilité face au risque d'inondation.

Tableau 7-4 : Mosquées et écoles coraniques au niveau de la ville de Batna

Communes	Mosquées	Écoles Coraniques	Centre Islamique
BATNA	80	12	01

Source : DPSB Monographie de Batna, 2015

7.3.2.5 Enjeux « équipements sportifs » :

Le tableau 7-5 nous donne une idée sur le nombre de structures sportives réparties sur l'ensemble du territoire de la commune de Batna.

Tableau 7-5 : Infrastructures sportives au niveau de la ville de Batna

Infrastructures sportives	Nombre
Salle omnisport	03
Centre sportif de proximité	2
Terrains combinés de proximité	42
Stade omnisport	1
Stade athlétique	1
Piscine couverte semi-Olympiques 25m	1
Aires de jeux	04

Source : DPSB Monographie de Batna, 2015

7.3.2.6 Enjeux « équipements de jeunesse » :

Les équipements destinés aux jeunes constituent un facteur important dans la structure de la ville. La spatialisation de cette catégorie des enjeux « Équipements de jeunesse » se fera également sur la base des lieux des structures dédiées aux jeunes, recensées par les services de la DPSB. Ces dernières seront regroupées dans les polygones des équipements. Le tableau 7-6 nous informe sur leur consistance de ce type d'équipements dont le nombre se limite à 18.

Tableau 7-6 : Infrastructures pour jeunes au niveau de la ville de Batna

Libellé	Nombre
Maison de jeunes	18
Centre de loisirs scientifiques	1

Source : DPSB Monographie de Batna, 2015

7.3.2.7 Enjeux « équipements sanitaires » :

L'aire d'influence du secteur sanitaire de la ville de Batna dépasserait largement les frontières de la wilaya et constitue un centre de rayonnement important dans sa région. Ses structures se hissent au rang régional en exerçant une influence certaine sur les wilayates limitrophes telles que : Biskra, Khenchela, Oum El Bouaghi et M'Sila.

En ce qui concerne le secteur public de la santé au niveau de la ville de Batna, on note l'existence de quatre infrastructures sanitaires d'envergure régionale constituées principalement de :

- Un centre hospitalo-universitaire « CHU » de 635 lits (la route de Tazoult) ;
- Un hôpital sanatorium (route de l'indépendance) ;
- EHS¹⁰⁷ « Mère et enfants » M. BOUATOURA de 194 Lits BATNA (Cité Chouhada)
- EHS CAC¹⁰⁸ BATNA de 160 Lits (à proximité de la cité « EZZOHOR » entre Tamchit et route de Tazoult) ;
- Une clinique gynéco-obstétrique (Bouakal) ;
- Une clinique ORL (allées Ben Boulaid) ;
- Quatre (04) polycliniques — EPSP¹⁰⁹ Batna avec un ratio de 81295 ;
- Huit (08) Centre de soins — EPSP Batna avec un ratio de 40 647.

Quant au secteur privé, nous pouvons citer plusieurs structures connues à l'échelle régionale, voire même nationale, pour quelques-unes. Ces structures sont réparties à travers la ville comme suit :

- Clinique Mohamed Saddek (route de Tazoult) ;
- Clinique les Rosiers (bouakal) ;
- Clinique Ihssan (Kechida) ;
- Clinique les cèdres (Z'Mala) ;

¹⁰⁷ EHS : Établissement hospitalier spécialisé

¹⁰⁸ CAC : Centre Anti-Cancer

¹⁰⁹ EPSP : Établissement Public de la Santé Publique (Ex secteur de santé)

- Clinique Al Razzi (ZHUN- I).

Tableau 7-7 : Infrastructures sanitaires au niveau de la ville de Batna

Structures hospitalières						
Establishments		Lits techniques	Nombre de services			
CHU Batna		633	15			
EHS M. BOUATOURA Batna		194	04			
EHS CAC Batna		160	06			
EPH Batna		158	03			
Structures extra- hospitalières (Polycliniques et Salles de soins)						
EPSP	communes	Population	STRUCTURES EXTRA-HOSPITALIÈRES			
			Polycliniques	Ratio	Salle de soins	Ratio
BATNA	Batna	325 178	4	81295	8	40647

Source : DPSB Monographie de Batna, 2015

Nous avons intentionnellement souligné les lieux où se localisent les infrastructures sanitaires hospitalières et extrahospitalières afin que nous puissions par la suite entamer la spatialisation de cette rubrique d'enjeux nommés « Équipements sanitaires » sur la carte thématique des enjeux matériels et économiques.

7.3.2.8 Enjeux « équipements industriels » :

A l'image des grandes villes algériennes, Batna a bénéficié d'un important tissu industriel dans le cadre de la politique industrielle du pays, constitué essentiellement de deux zones industrielles et d'une zone d'activités, avec un nombre important d'unités industrielles. Les deux zones industrielles de Batna sont créées en deux phases distinctes, la « ZI 1 » en 1972 puis la « ZI 2 » en 1976. Elles se démarquent par l'absence de toutes activités résidentielles ou commerciales d'accompagnement.

Comme le montrent le tableau ci-après (voir tableau 7-8), le tissu industriel de Batna s'étale sur une superficie de 281 Ha et occupe la périphérie de la ville, constituant ainsi une barrière physique à toute extension de la ville vers le côté nord et nord-ouest. Ces zones industrielles sont réalisées sur une cuvette déprimée, jouxtant Oued « El Gourzi », ce qui leur rend très vulnérable aux inondations. En effet, plusieurs dégâts matériels ont impacté

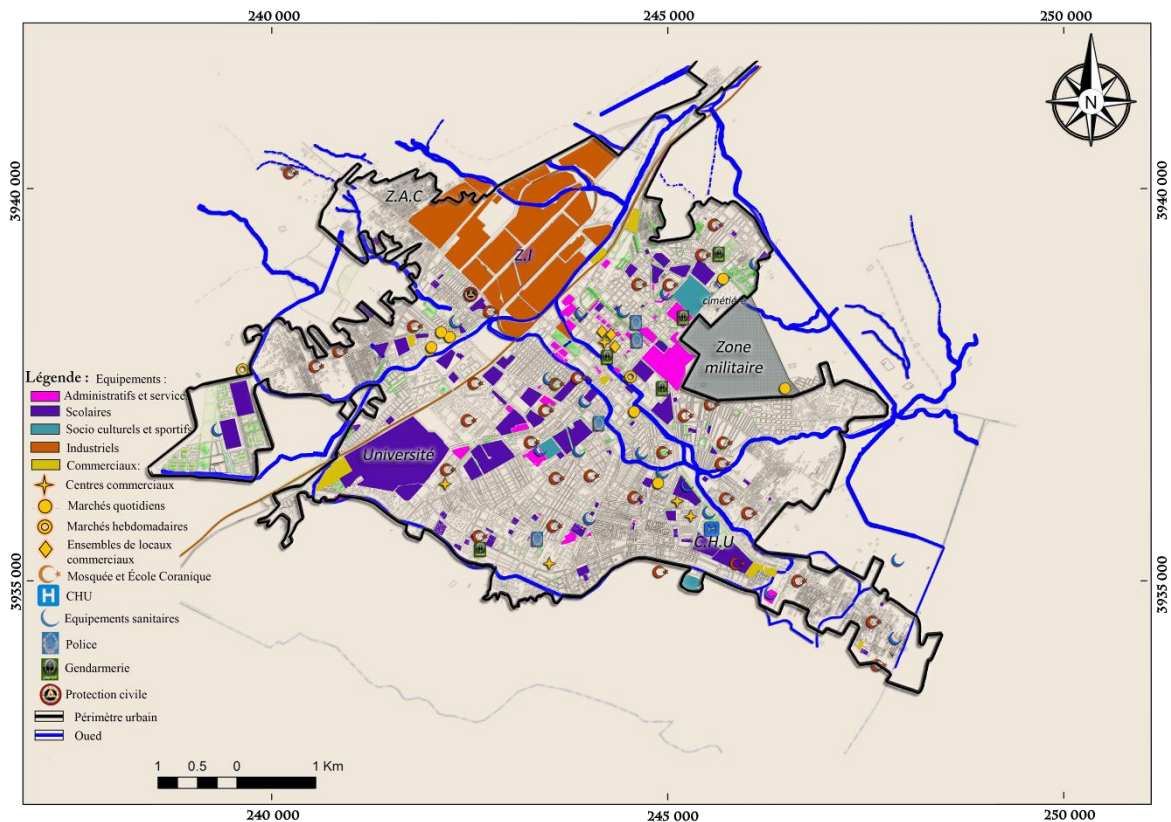
les unités industrielles durant les saisons hivernales avec ses pluies torrentielles interminables.

Tableau 7-8 : Consistance du tissu industriel au niveau de la ville de Batna

Dénomination de la ZI	Commune	Superficie totale (ha)	Nombre de lots
ZI Batna1	Batna	148 ha 23a91 ça	91
ZI Batna2	Batna	96 ha 97 a 61 ça	39
ZAC Batna	Batna	36 ha 24 a 48 ça	111

Source : DPSB de Batna, 2015

7.3.2.9 Spatialisation des équipements publics :



Source : Carte synthétisée par l’auteur selon plusieurs sources citées précédemment, 2017

Figure7-14 : Spatialisation des équipements publics

Plusieurs sources ont été à l’origine de cette carte de synthèse (7-14) englobant l’ensemble des équipements publics spatialisés par le recours au logiciel ArcGis sous forme de polygones importés de cartes vectorielles préétablies, élaborées par plusieurs chercheurs et organismes techniques. Comme l’illustre la carte thématique 7-14, les équipements publics sont omniprésents dans tout le périmètre urbain.

Certains d’entre eux seraient vulnérables au risque d’inondation. Ces derniers seront déterminés après croisement d’autres cartes thématiques qui feront l’objet du chapitre suivant relatif à la spatialisation de la vulnérabilité proprement dite. Ainsi, nous constatons que tous les secteurs urbains constituant la ville de Batna seraient concernés dont le centre-ville qui abrite un nombre important d’équipements publics.

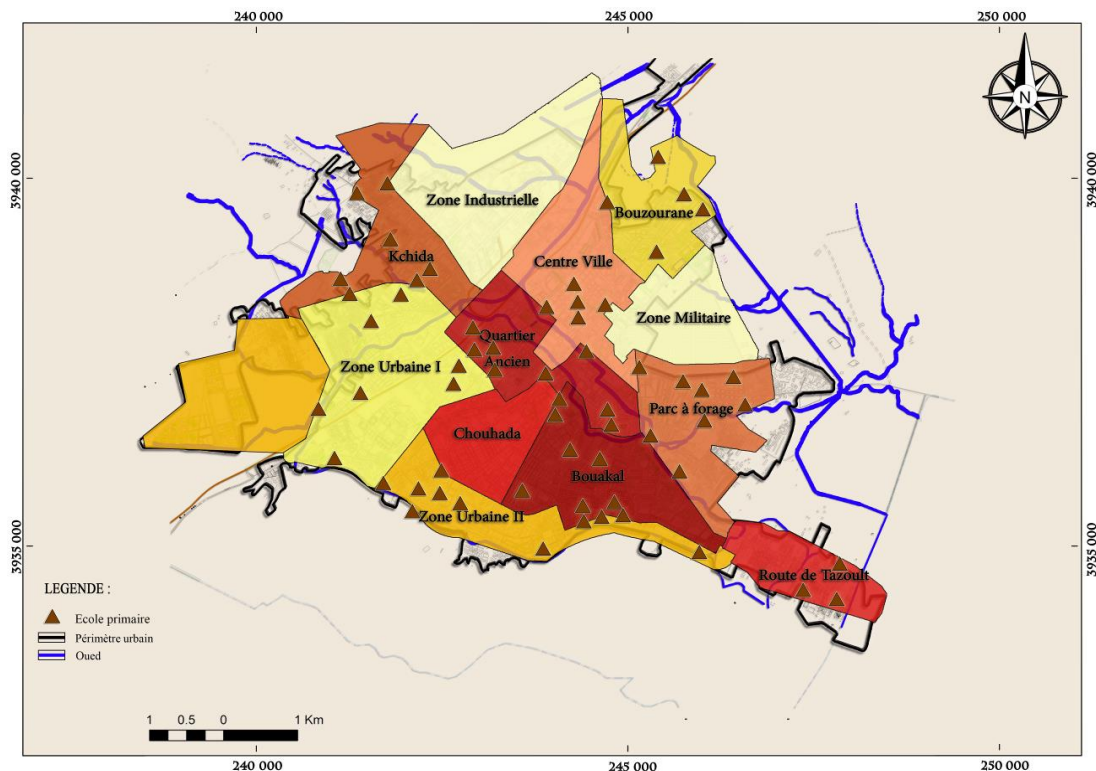
7.3.2.10 Spatialisation des établissements d’enseignement primaire (Écoles) :

Selon Tebbi H (2011), les écoles primaires occupent 3.25 % de la surface totale de la ville. Les secteurs urbains constituant la ville de Batna disposent de soixante-dix-sept (77) écoles primaires réparties de façon non équitable (Voir tableau 7-9). En effet, hormis le secteur Bouakal, les quartiers les plus denses ne sont pas dotés d’un nombre important d’établissements scolaires primaires, ce qui nous mène à signaler l’existence de disparité dans la répartition des écoles sur les divers secteurs urbains recensés dans le tableau ci-dessous. Tebbi ajoute selon son étude, qu’il n’y a plus de possibilités offertes pour une éventuelle extension dans les écoles existantes.

Tableau 7-9 : Répartition des écoles par secteur urbain

Secteur Urbain	Nombre d’écoles
Bouakal	11
Quartiers anciens	07
Chouhada	04
Centre-ville	07
Parc à fourrage	09
Kchida	09
Bouזורane	05
Route de Tazoult	03
Z H U N II	07
Z H U N I	13
Total	77

Source : (TEBBI, 2011)



Source : Auteur selon statistiques DPSB — Monographie de Batna et TEBBI H, 2017

Figure 7-15 : Spatialisation des établissements scolaires « Primaire »

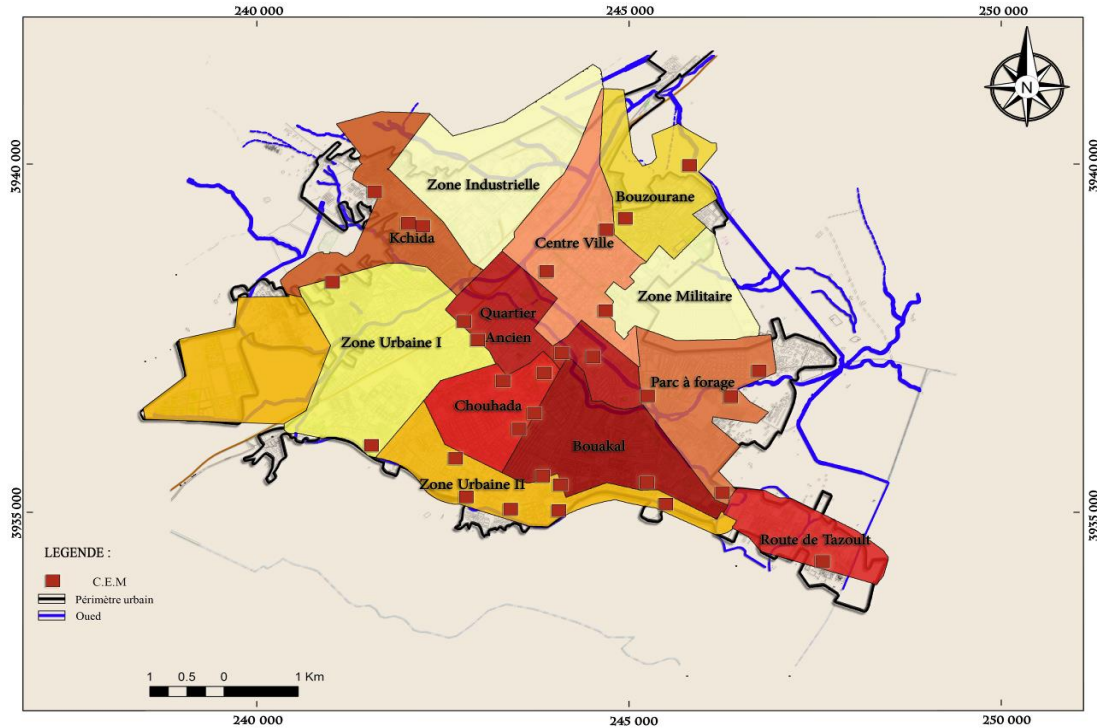
7.3.2.11 Spatialisation des établissements d’enseignement moyens (CEM) :

La ville de Batna dispose de vingt-cinq (25) établissements scolaires moyens (CEM) répartis sur les dix secteurs urbains que compte la ville. Le tableau ci-dessous (7-10), confirme la disparité en matière de répartition des CEM sur le territoire de la ville.

Tableau 7-10 : Répartition des CEM par secteur urbain

Secteur Urbain	Nombre de CEM
Bouakal	03
Quartiers anciens	02
Chouhada	02
Centre-ville	04
Parc à fourrage	04
Kchida	04
Bouzourane	02
Route de Tazoult	01
Z H U N II	02
Z H U N I	05
Total	25

Source : (TEBBI, 2011)



Source : Auteur selon statistiques DPSB — Monographie de Batna et TEBBI. H, 2017

Figure7-16 : Spatialisation des établissements scolaires « Moyen »

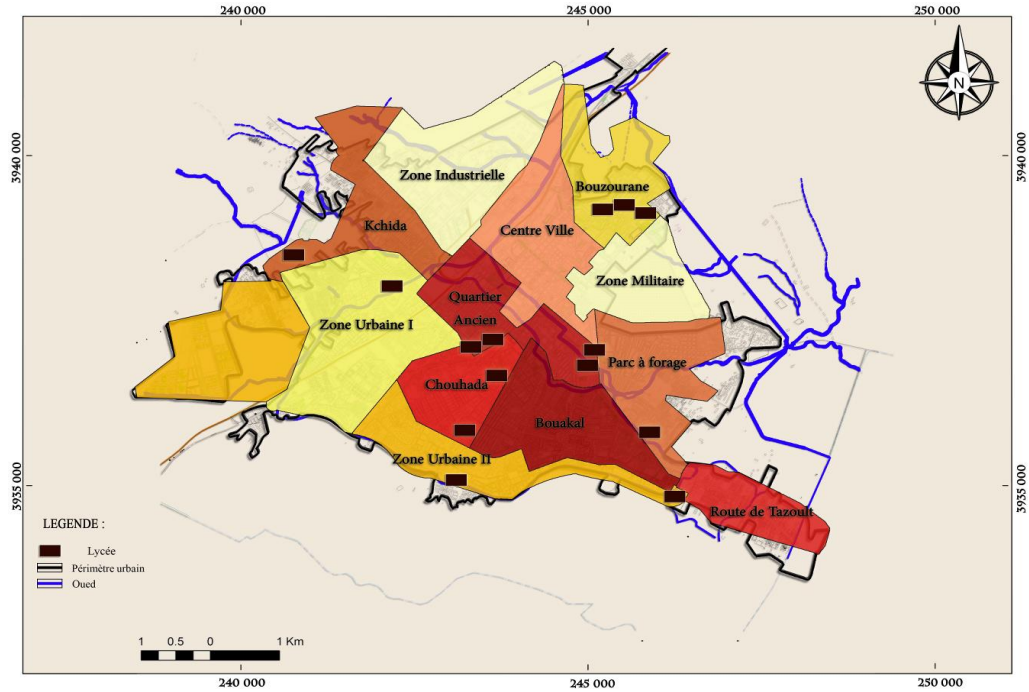
7.3.2.12 Spatialisation des établissements d’enseignement secondaires (Lycées) :

Les règles ne dérogent pas pour l’enseignement secondaire en termes de répartition de lycées à travers la ville de Batna. Nous dénombrons quatorze (14) lycées implantés de manière moins anarchique sur les secteurs urbains à raison d’un lycée par secteur.

Tableau 7-11 : Répartition des Lycées par secteur urbain

Secteur Urbain	Nombre de Lycées
Bouakal	01
Quartiers anciens	03
Chouhada	01
Centre-ville	01
Parc à fourrage	01
Kchida	01
Bouzourane	03
Route de Tazoult	00
Z H U N II	01
Z H U N I	02
Total	14

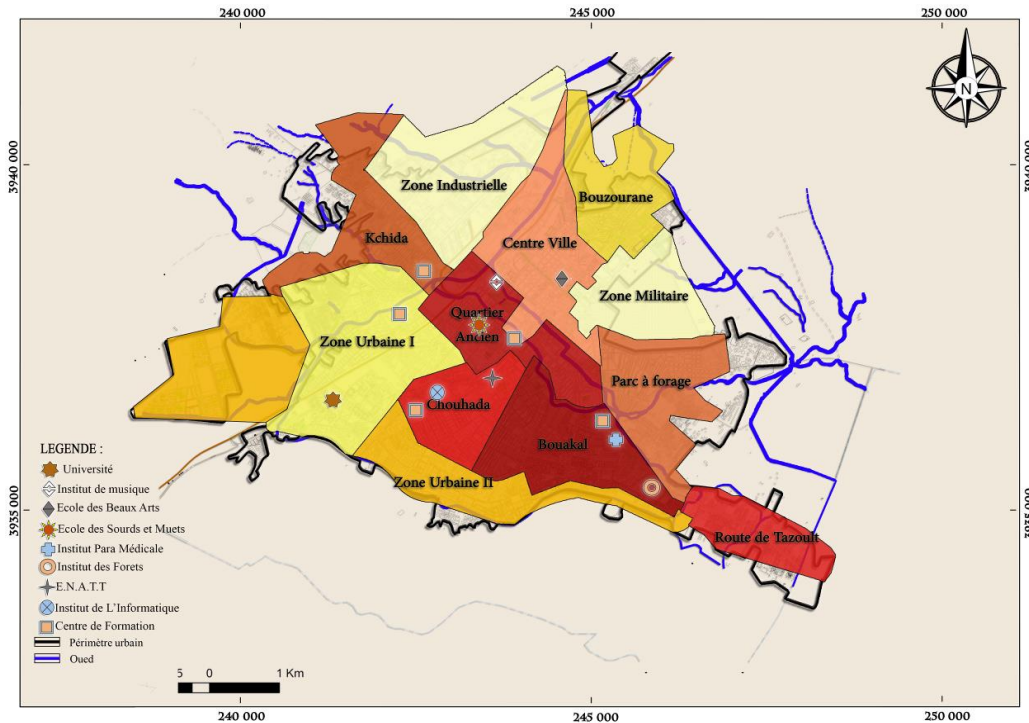
Source : (TEBBI, 2011)



Source : Auteur selon statistiques DPSB — Monographie de Batna et TEBBI. H, 2017

Figure7-17 : Spatialisation des établissements scolaires « Secondaire »

7.3.2.13 Spatialisation des établissements de formation professionnelle et de l’université :



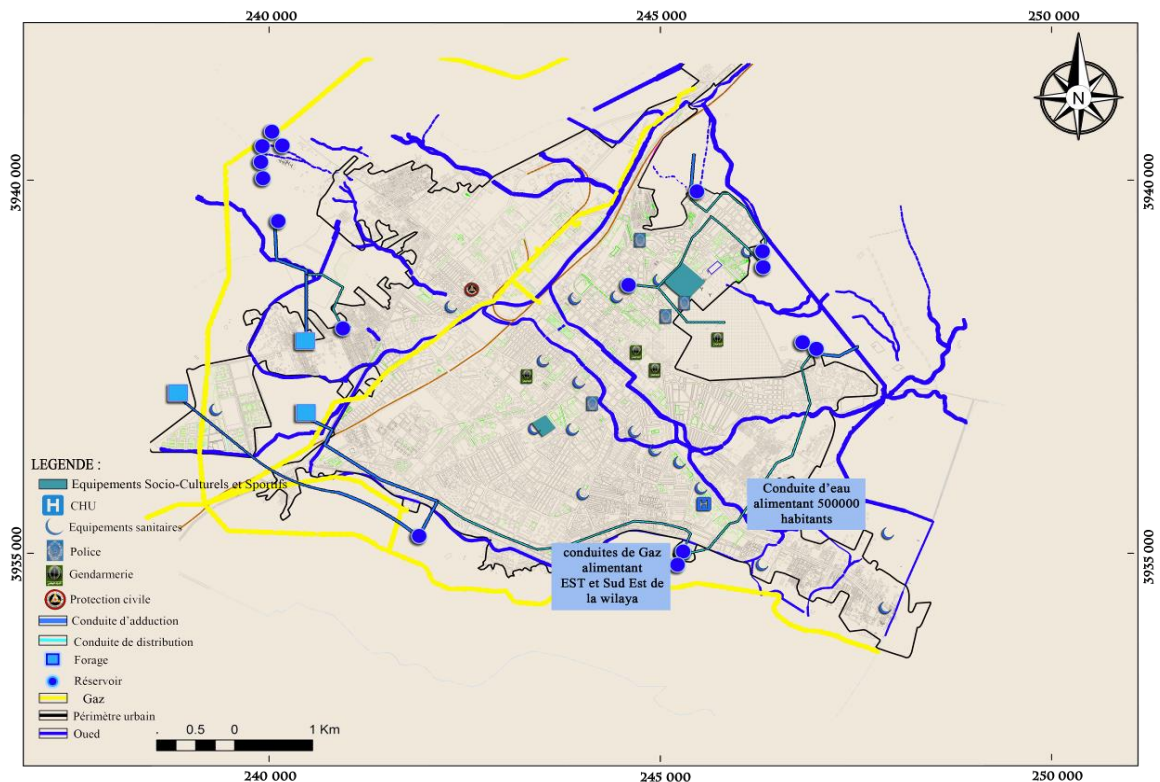
Source : Auteur selon statistiques DPSB — Monographie de Batna, 2017

Figure7-18 : Spatialisation des centres de formations professionnelles et de l’université de Batna

La position stratégique qu’occupe l’université, ainsi que sa taille importante et sa population estudiantine qui avoisine les cinquante mille étudiants, font que l’université « hadj Lakhdar » demeure vulnérable comme tous les autres secteurs de la ville face au danger des crues qui menacent la ville. Les diverses structures dédiées à la formation professionnelle sont spatialisés en tant qu’enjeux matériels dans la carte thématique des enjeux matériels sous forme de polygones appartenant à la famille des établissements scolaires.

7.3.2.14 Spatialisation des équipements stratégiques :

On entend par équipements stratégiques, tous bâtiments ou structure susceptible de constituer un dispositif prévisionnel pour faire face à toutes catastrophes naturelles qui pourrait survenir à n’importe quel moment. Des équipements capables de prodiguer les premiers soins comme l’hôpital par exemple, ainsi que l’ensemble des services de sécurité (Armée populaire, gendarmerie et police). Dans le même contexte, les éléments de la protection civile chargés d’organiser les secours doivent être suffisamment préparés pour affronter ces catastrophes.



Source : Auteur et travaux du CTL de Batna, 2017

Figure7-19 : Spatialisation des équipements stratégiques

Comme l'illustre la carte ci-dessus (7-19), les équipements sportifs et socioculturels tels que les grandes salles de gymnases figurent parmi les bâtiments stratégiques du fait qu'ils constituent le premier refuge pour les populations sinistrées en cas d'évacuation massive suite à une crue exceptionnelle.

Parmi ces enjeux stratégiques, nous pouvons noter également la présence d'une conduite importante d'AEP alimentant 500 000 habitants, ainsi qu'une conduite de Gaz alimentant la partie est et sud de toute la wilaya de Batna dont il faut protéger contre cet aléa.

7.3.3 Enjeux « voirie » :

Inutile de rappeler que la voirie structure les villes et occupe une place prépondérante dans la genèse des agglomérations urbaines. La ville de Batna n'échappe pas à cette règle. Elle est desservie par un réseau vicinal très important supportant une circulation très intense. En effet, la commune de Batna de par sa localisation stratégique, constitue donc un passage incontournable pour les flux de trafic, principalement Nord-Sud suivant la RN 3 et à un degré moindre Est-Ouest suivant la RN 31 et RN 88. Le réseau viaire de la ville de Batna est constitué de deux types de voiries : les voies d'évitement et les voies urbaines.

7.3.3.1 Les voies d'évitement de la ville :

Comme son nom l'indique, une voie d'évitement est destinée en premier lieu à éviter et contourner la ville et assurer par la même occasion les liaisons interurbaines. Dans un souci de décongestionner la ville de Batna, deux voies d'évitement ont été créées :

- La voie d'évitement Nord :

Elle se situe au nord sur l'axe « Biskra-Batna » longeant l'axe routier structurant les secteurs de la zone urbaine nouvelle « ZHUN II », la cité « Kchida » et enfin la zone industrielle. L'intersection de cette voie avec les CW 55 et la RN77 a donné naissance à deux grands carrefours, dont celui de Kchida qui représente un réel danger pour ses usagers.

- La voie d'évitement Sud :

Elle longe le fossé de protection et contourne l'agglomération dans sa partie Sud assurant les principaux échanges entre les axes routiers RN 3 et La RN31 en direction

de Khenchla. Les modifications qu'a subies cette voie ont généré un grand carrefour résultant de l'intersection de la voie d'évitement Sud et les allées Mohamed Boudiaf.

7.3.3.2 Les voies urbaines :

La trame vicariale de la ville de Batna est composée de deux réseaux de voies urbaines structurées par des des voies primaires, secondaires et tertiaires.

- Les voies urbaines primaires :

Ces les voies qui desservent le centre-ville et assurent la liaison vers les quartiers périphériques. Ce type de trame viaire est structuré par deux axes importants (voir la carte 7-21) :

Axe 01 : longeant les avenues et les boulevards importants de la ville tels que : Boulevard KL, Route de Biskra, Avenue de l'indépendance et Route de Constantine.

Axe 02 : longeant cette fois-ci l'avenue de la république, rue Bouklouf Mohamed et les célèbres Allées Mohamed Boudiaf et de l'indépendance, les avenues et les boulevards importants de la ville tels que : Boulevard KL, Route de Biskra, et Route de Constantine.

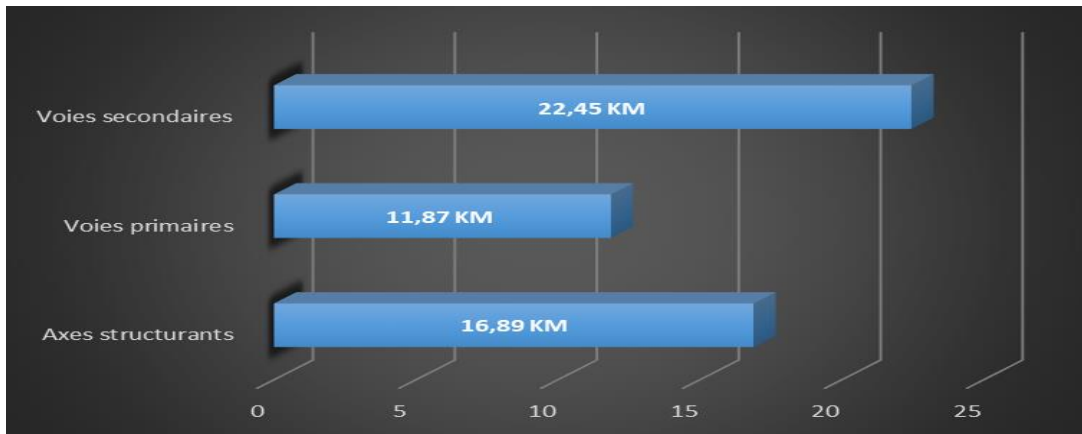
Hormis ces deux axes importants, nous distinguons des voies primaires importantes dont les dimensions des chaussées varient entre 13 à 20 mètres. Parmi ces voies, nous pouvons citer : « les allées Salah Nezzar », « Hadj Abdelhamid », « Ibn Sakhria », « Frères Mezaache à Mustapha Kaouda », « du 19 juin 1965, Abessalem Hocine »... etc. (SCU – URBACO, 2010).

- Les voies urbaines Secondaires :

Elles comportent des voies secondaires desservant les autres quartiers à partir du réseau viaire primaire. Ce réseau secondaire est constitué d'un certain nombre d'axes en double voie, bordé d'arbres d'alignement et orné par des espaces verts et des jets d'eau au niveau des carrefours. À titre d'illustration, nous pouvons citer : les célèbres « allées Ben Boulaid », les allées « Salah Nezzar », les allées « Menasria » (cité Chikhi), les allées Bouzourane, les allées Mezoudji menant vers les cités 1272, les allées Abdelli menant vers la cité administrative et la verdure - cité chikhi, et les allées de la cité « l'abattoir » menant vers la sortie nord de la ville. (SCU –URBACO, 2010).

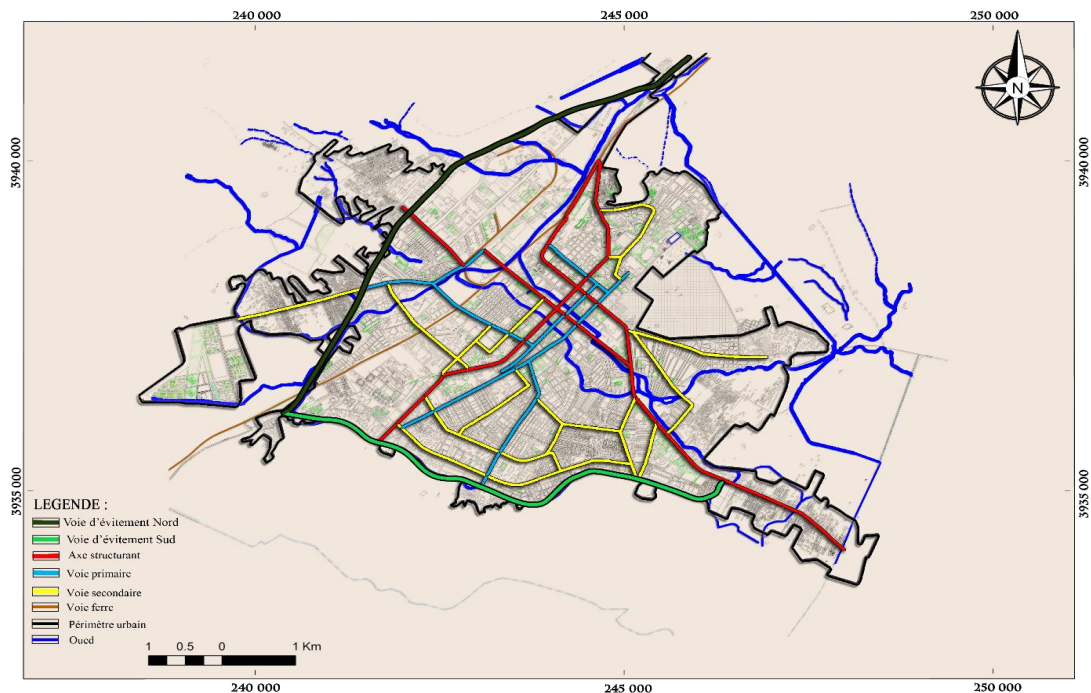
7.3.3.3 Spatialisation du réseau viaire :

L’outil ArcGis nous a permis de calculer les linéaires des différentes composantes de la voirie au niveau de l’agglomération de Batna susceptible de supporter le trafic en cas de survenance d’une crue exceptionnelle. Cette technique sera utilisée dans le chapitre suivant pour délimiter avec exactitude les tronçons de voirie vulnérable face au risque d’inondation d’une part, et de prévoir les autres axes routiers susceptibles d’assurer le transport après la survenance d’une catastrophe naturelle ou anthropique. À présent ,le graphique 7-20 ci-après synthétise ces données relatives aux enjeux « voirie urbaine » comme suit :



Source : Auteur, 2017

Figure7-20 : Longueurs de la voirie par typologie au niveau de la ville de Batna



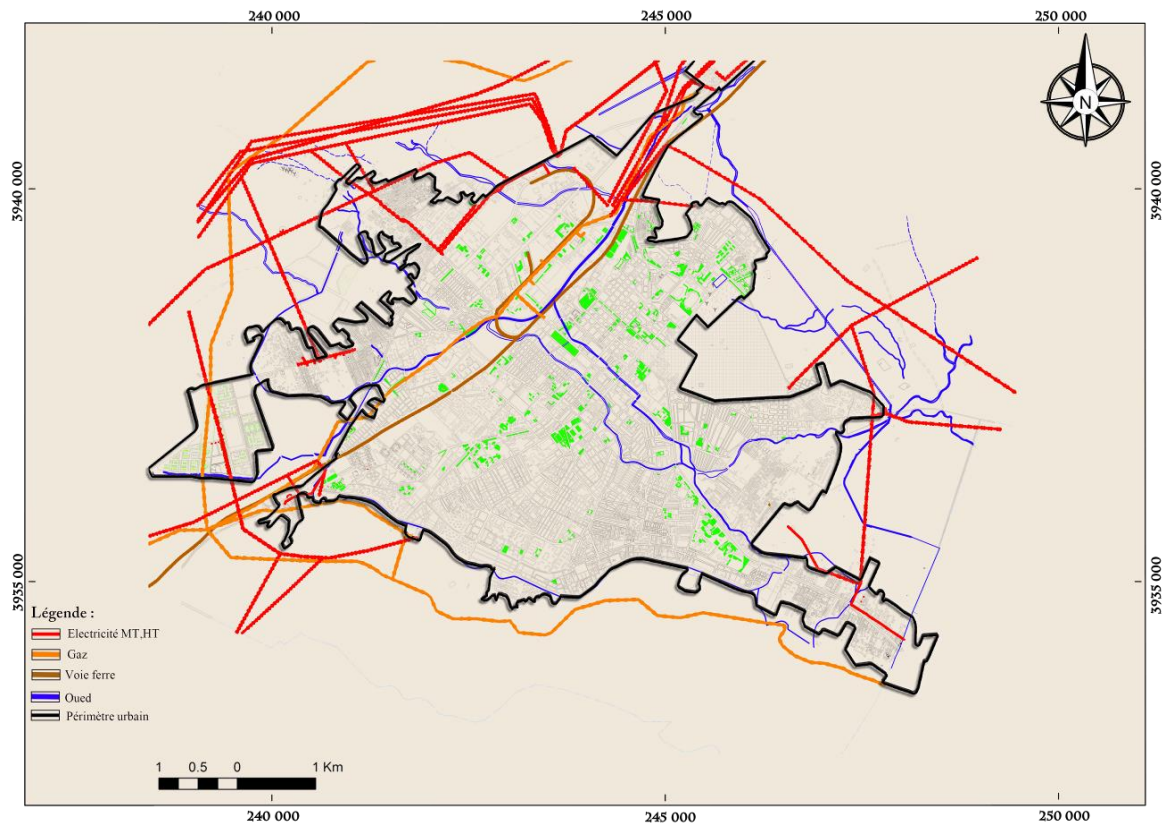
Source : Carte traitée par l’auteur selon H Dridi, 2017

Figure7-21 : Spatialisation du réseau viaire de la ville de Batna

7.3.4 – Enjeux « réseaux énergétiques d’électricité et gaz »:

En matière énergétique, la ville de Batna est dotée d’infrastructures électriques et gazières répondant aux normes en vigueur. En ce qui concerne l’électricité, la ville de Batna est alimentée à partir de la grande centrale électrique située à Ain Djasser. Le taux de couverture de l’électricité avoisine 99.00 %. Quant au Gaz, le taux de raccordement est estimé à 87.75 %. (Sonelgaz, 2014).

La carte thématique suivante (7-22) nous donne une idée générale sur la situation des réseaux énergétiques alimentant la ville de Batna par l’électricité et le gaz. De façon générale, nous constatons que la plupart des lignes électriques de haute tension (HT) et de moyenne tension MT se trouvent en dehors du périmètre urbain de la ville. Cependant les conduites de gaz qui alimentent la partie Sud et Est de la wilaya se situent, pour la plupart, dans la partie sud de la ville jouxtant la route de Tazoult. Une autre conduite de gaz longe le lit majeur de l’oued el Gouzi, ce qui pourrait porter préjudice en cas de débordement de ce cours d’eau.



Source : Carte traitée par l’auteur selon SONELGAZ-Batna, 2017

Figure7-22 : Spatialisation des réseaux Électricité et Gaz au niveau de la ville de Batna

Lors d'une inondation soudaine, les dysfonctionnements des réseaux (électriques, gaz, etc.) et leur arrêt prolongé mettrait en péril les habitants et rendrait les conditions de vie difficiles au niveau des différents secteurs de la ville impactée par une crue exceptionnelle.

7.4 Enjeux environnementaux : espaces verts et réseau AEP à localiser

Comme nous l'avons évoqué, les enjeux environnementaux regroupent principalement deux classes : les espaces verts et le réseau d'alimentation en eau potable.

Selon Lahouel H. (2011), la ville de Batna se distingue par un déséquilibre remarquable entre espace minéral et végétal. Cela est dû essentiellement aux facteurs historiques. En effet, il convient de souligner que la période coloniale a été marquée par ses espaces verts très présents dans les aménagements urbains. Cependant, hormis quelques jardins publics et plantations d'alignement, la période postcoloniale n'a pas connu le même engouement alloué à la végétation ornementale et botanique. Comme l'illustre le tableau 7-12, la répartition des espaces verts dans la ville de Batna est loin d'être équilibrée.

En effet, les données recueillies par Belgasmi. H, Benaoun.H. (2005)¹¹⁰ nous révèlent que les secteurs 4, 5, 7, 8, 9 abritant les cités : « Kchida », « parc à forage », « chouhada », la ZHUN 1 sont dépourvus d'espaces verts et très rares au niveau de la zone militaire et la zone industrielle.

Cependant, les surfaces vertes au niveau d'anciens quartiers et le centre-ville sont acceptables, voire satisfaisantes, dont la superficie avoisine les 6.77 ha pour le centre historique et 1.62 ha pour les anciens quartiers de la Cité « Chikhi », « Ennasr » et « Z'Mala ». Cela peut-être expliqué, comme nous l'avons évoqué précédemment, pour des raisons historiques qui remontent à la période coloniale.

Quant à la cité « Bouzourane », nous pouvons dire que la surface de 0.28 ha, certes réduite, mais acceptable au vu de la situation générale des espaces verts à Batna. Enfin, le secteur 10 de la ZHUN 2 qui se distingue par des surfaces vertes importantes (10.62 Ha),

Belgasmi. H, Benaoun.H. (2005). « fonction récréative des espaces verts à Batna » (en arabe), Mémoire de fin d'étude, Aménagement Urbain + calculs personnels et citer le magister

mais mal réparties au sein d'un même secteur. Il convient de souligner que la surface totale des espaces verts est de « 19.55 ha » sur une surface totale de « 3393.97 ha ». Cet écart flagrant est dû aux conditions historiques de leurs genèses et à la logique d'évolution de leur structure spatiale.

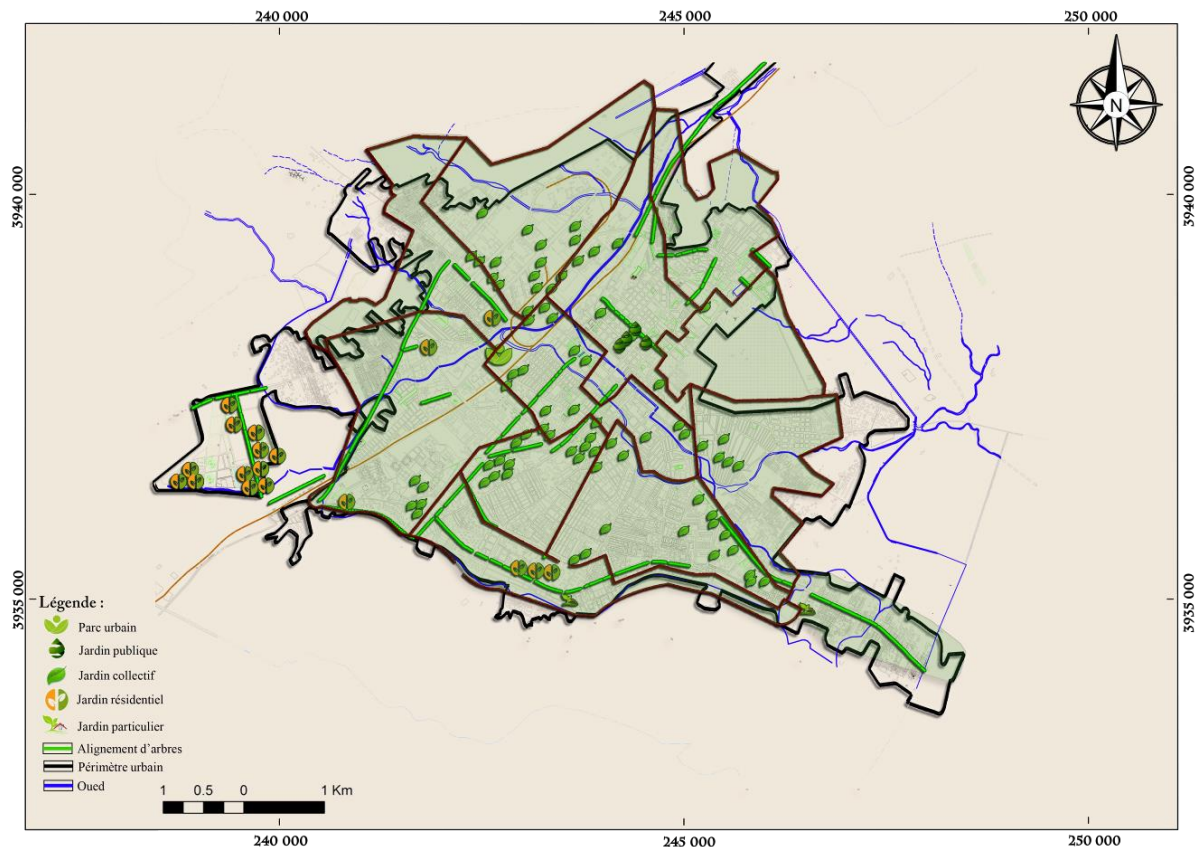
Tableau 7-12 : Répartition des espaces verts par secteur urbain – Batna -

Secteur	Cités	Superficie du secteur (ha)	Superficie des Espaces verts (ha)
Centre-ville	– Cite de Recasement – Cité Emir Abdelkader – Cité de la Verdure	225.25	6.77
Anciens quartiers	– Cite Chikhi – Ennasr – Z'Mala	112.26	1.62
Bouakal	– Bouakal – 742	213.33	0.26
K'chida	– Kchida – Ouled b'china	349.19	Quasi inexistant (Superficie négligeable)
Parc à forage	– Parc à forage – Frères lombarkia	437.40	Quasi inexistant (Superficie négligeable)
Bouzourane	– Bouzourane	239.83	0.28
Chouhada	– Chouhada – Kemmouni – Boustène – Route de Biskra	142.88	Quasi inexistant (Superficie négligeable)
Route de Tazoult	– Route de Tazoult	282.85	Quasi inexistant (Superficie négligeable)
ZHUN 1	- ZHUN 1 - Tamechit - Ezzohor	330.77	Quasi inexistant (Superficie négligeable)
ZHUN 2	- ZHUN 2 - El Moudjahidine	445.42	10.62
Zone industrielle	- Z.I	458.51	Rares (Superficie négligeable)
Zone militaire	– Z.M	156.01	Rares (Superficie négligeable)

Source : Belgasmi. H, Benaoun.H. (2005), compilé et synthétisé par l'auteur, 2017

7.4.1 Spatialisation des espaces verts à Batna : inventaire et localisation cartographique

En se basant sur les données figurant dans le tableau 7-12 et en prenant en compte les cartes établies précédemment (autres enjeux), traités par ArcGis, nous avons tenté de spatialiser les différentes catégories d'espaces verts répertoriés au niveau de la ville de Batna selon la carte thématique suivante (7-23):



Source : Carte traitée par l'auteur selon le tableau de synthèse n° 7-12, 2017

Figure7-23 : Spatialisation des espaces verts de la ville de Batna

Toutes ces surfaces vertes pourraient constituer une zone d'expansion pour collecter les eaux débordantes des oueds en cas de crue exceptionnelle.

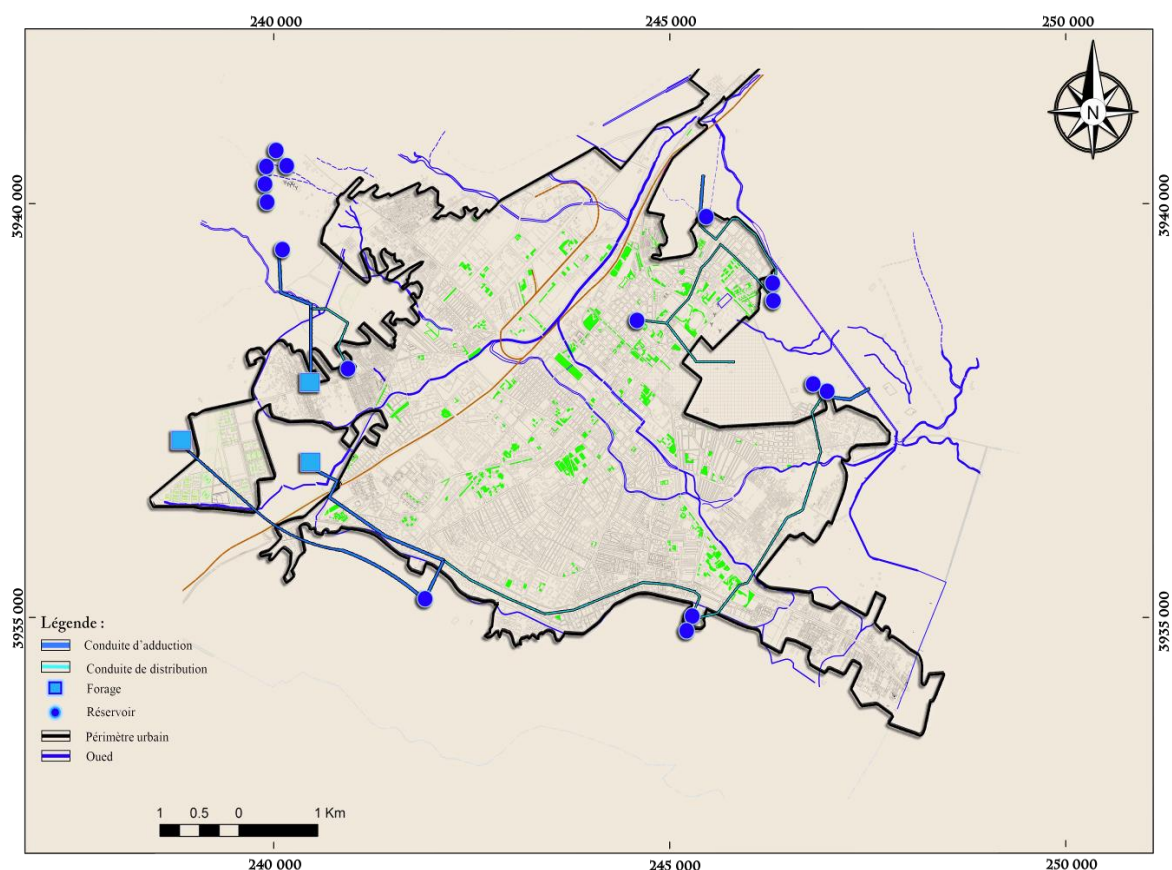
7.4.2 Spatialisation du réseau d'AEP : numérisation de ses composantes vulnérables

Hormis les espaces verts classés comme enjeux environnementaux, les diverses composantes du réseau d'alimentation en eau potable seraient des enjeux vulnérables en cas d'inondations de la ville.

Selon l'étude de Nafissa BAZIZ, la ville de Batna est dotée d'un réseau de distribution d'eau potable dont la longueur avoisine les quelques 447053 mètres linéaires et le taux de branchement est estimée à 97 %. Quant aux diamètres de ses conduites, ils varient entre 63 et 500 mm.

En cas de survenance d'une catastrophe naturelle causée par des crues torrentielles, les réservoirs d'eau potable comme étant des ouvrages de stockage seraient exposés à ce type de risque. Les réservoirs d'eau potable comme étant des ouvrage de stockage assurent plusieurs fonctions techniques (Valiron, 1994) à savoir : la régulation des débits et de la pression, sécurité d'approvisionnement et enfin la simplification de l'exploitation

À l'aide du logiciel ArcGis 10.3, toutes les composantes du réseau AEP ont été positionnées avec exactitude sur le périmètre urbain selon leurs coordonnées géographiques extraites des cartes vectorielles fournies par l'ADE.



Source : l'Algérienne des Eaux — Batna, traité par l'auteur, 2017

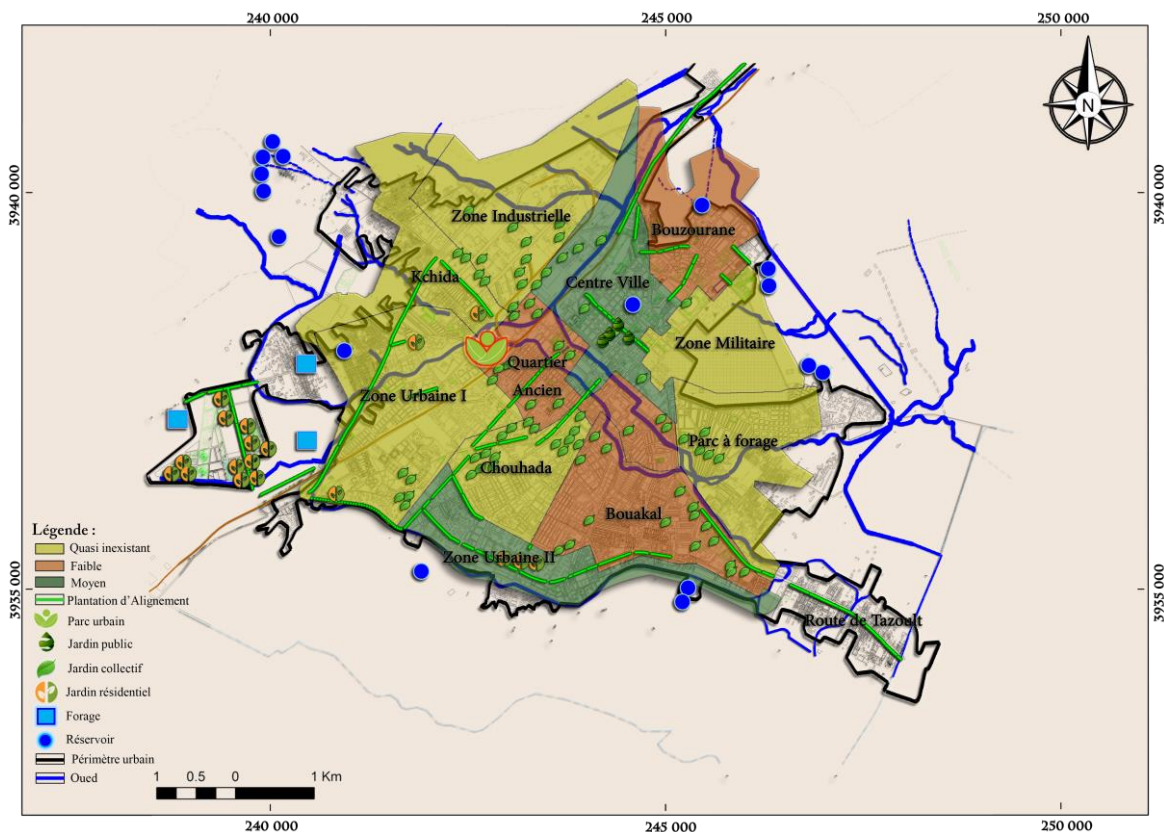
Figure7-24 : Spatialisation du réseau d'AEP et ses composantes

En cas de survenance d’une catastrophe naturelle causée par des crues torrentielles, les réservoirs d’eau potable comme étant des ouvrages de stockage seraient exposés à ce type de risque.

7.4.3 Spatialisation des enjeux environnementaux au niveau de la ville de Batna

En guise de synthèse et en nous basant sur les données collectées précédemment, nous avons procédé à la spatialisation des enjeux environnementaux au niveau de la ville de Batna par le recours aux outils de la géomatique. À l’instar des autres cartes thématiques, notre choix s’est porté sur le logiciel du système d’information géographique ArcGis10.3 pour cartographier les enjeux environnementaux constitués essentiellement des espaces verts et les diverses composantes du réseau d’eau potable repartis sur la ville.

La même logique de répartition spatiale a été adoptée en l’occurrence la division de la ville en plusieurs secteurs urbains. Il s’agit en fait de superposer et calquer les deux cartes 7-23 et 7-24 pour aboutir à la construction de la carte de synthèse suivante :



Source : Carte traitée par l’auteur selon le tableau de synthèse 7-12 et les cartes 7-23 et 7-24, 2017

Figure 7-25 : spatialisation des enjeux environnementaux au niveau de la ville de Batna.

Conclusion :

Pour mener à bien le travail de recensement des enjeux présents au niveau de la ville de Batna, nous nous sommes appuyés sur la sectorisation officielle de l'APC et la répartition par secteurs urbains qui en découle. Elles nous ont servi de toile de fond pour quantifier et classer les enjeux selon la méthode développée par T.-L. Saaty. De par sa position stratégique sur tous les plans, la ville de Batna abrite beaucoup d'enjeux. Nous avons successivement répertorié les enjeux humains, matériels et environnementaux.

Au terme de l'analyse de la classe des enjeux humains, nous pouvons conclure que la quasi-totalité de la population de Batna, dont le nombre avoisine les 325 178 habitants, est recasée dans le périmètre du chef-lieu de la commune. La carte thématique des enjeux humains que nous avons confectionnée a révélé que les densités de population dépassant les 293 habitants par hectare sont concentrées dans les secteurs urbains abritant les quartiers populaires tels que Bouaakal, Chikhi et Zmala. Les districts Chouhada et route de Tazoult occupent, quant à eux, le second rang. Le centre-ville, Kchida et le parc à Fourrage, comptant de 106 à 122 habitants/ha, sont des secteurs de moyenne densité. Enfin, Bouzourane et les deux ZHUN (1 et 2) sont considérés comme des secteurs urbains à faible occupation, dont la densité avoisine les 96 habitants/ha.

La population dite « culte » se démarque par son nombre important qui avoisine les quelque 115 481 habitants, soit 35,51 % (plus que le tiers) de la population totale de la commune. Il convient de noter que la spatialisation de ce type d'enjeux humains est relativement facile puisqu'il est tributaire de la répartition des mosquées sur le périmètre urbain de la ville de Batna. Un autre type de population particulièrement vulnérable serait la population dite « scolaire » dont le nombre atteint 81 225 élèves, lycéens et stagiaires.

Concernant les enjeux matériels (habitat et équipements), nous pouvons conclure que Batna se distingue par un parc de logements impressionnant dominé par l'habitat individuel réparti sur l'ensemble du territoire de la ville. L'étendue de l'habitat individuel dépasse largement les autres types d'habitats avec une superficie qui avoisine les 619,15 ha, soit presque 88 % du secteur de l'habitat à Batna. En somme, la carte thématique de l'habitat a illustré que ce secteur, toutes catégories confondues, occuperait plus de la moitié de la surface totale de la ville.

Pour ce qui est de la grille d'équipements, la carte thématique qui a synthétisé cette classe d'enjeux nous a confirmé leur concentration au centre-ville qui regorge de services et d'activités, notamment commerciales. Nous comptabilisons 15 254 commerces dans le noyau historique de la ville, dont le rez-de-chaussée serait vulnérable en cas d'inondation. À noter également la vulnérabilité de l'hôpital de Batna, submersible à chaque crue selon le retour d'expérience.

À l'instar des grandes agglomérations urbaines algériennes, Batna a bénéficié d'un important tissu industriel qui s'étale sur une superficie de 281 ha et occupe la périphérie de la ville. Il est constitué essentiellement de deux zones industrielles jouxtant l'Oued El Gourzi, ce qui les rend très vulnérables en cas de crues exceptionnelles.

Enfin, une attention particulière a été accordée à la spatialisation des équipements sportifs et socioculturels tels que les grandes salles et gymnases qui figurent parmi les bâtiments stratégiques, susceptibles de constituer le premier refuge pour les populations sinistrées en cas d'évacuation massive suite à une crue exceptionnelle. Il s'agit de lieux sûrs censés prodiguer les premiers soins en cas de catastrophes naturelles.

Concernant la voirie et les réseaux divers, la ville de Batna est bien lotie. Elle se démarque par un réseau viaire très dense constitué essentiellement de voies d'évitement nord et sud et par un linéaire conséquent de voies urbaines primaires, secondaires et tertiaires. En matière énergétique, la capitale des Aurès est dotée d'infrastructures électriques et gazières qui, pour la plupart d'entre elles, se trouvent en dehors du périmètre urbain de la ville.

Parmi les enjeux environnementaux, les espaces verts de Batna se distinguent par un déséquilibre remarquable entre espace minéral et végétal, dont la répartition n'est pas homogène sur l'ensemble des secteurs urbains constituant la ville. Cela est dû essentiellement aux facteurs historiques. Ces espaces verts pourraient constituer une zone d'expansion pour collecter les eaux débordantes des oueds en cas de crue exceptionnelle. Hormis les espaces verts classés comme enjeux environnementaux, la majorité des composantes du réseau d'alimentation en eau potable serait épargnée en cas d'inondations.

CHAPITRE VIII :

**VIII- ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ URBAINE
DE BATNA PAR LE RECOURS À LA SPATIALISATION**

CHAPITRE VIII : ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ URBAINE DE BATNA PAR LE RECOURS À LA SPATIALISATION

Introduction :

À travers l'exemple de la ville de Batna, ce chapitre sera exclusivement consacré au cadre méthodologique. Selon l'approche proposée, la vulnérabilité urbaine de Batna est évaluée par la spatialisation des deux composantes du risque, à savoir l'aléa et les enjeux. Ainsi, ce chapitre détaillera une approche méthodologique combinée procédant par superposition et croisement des cartes thématiques issues des deux chapitres précédents.

Une fois achevé, ce travail de cartographie numérique mettra en exergue la vulnérabilité spatiale de la ville à travers des cartes thématiques de synthèse, à partir desquelles les zones urbaines les plus exposées au risque d'inondation seront spatialisées avec une grande précision. Ainsi, l'accent sera mis plutôt sur l'outil méthodologique que sur les résultats propres à la zone étudiée.

8.1 La méthode « Marion Tanguy » : approche méthodologique adoptée pour évaluer la vulnérabilité urbaine de Batna

Pour évaluer objectivement la vulnérabilité des enjeux humains, matériels et environnementaux recensés dans le chapitre précédent, notre choix s'est porté sur une méthode très répandue, développée par Marion Tanguy (2012). Une approche, selon laquelle, deux aspects de la vulnérabilité urbaine évaluable sont identifiés : « la vulnérabilité directe » et « la vulnérabilité indirecte ».

Selon Marion Tanguy, la vulnérabilité directe englobe « la vulnérabilité intrinsèque » de la ville qui correspond aux caractéristiques socioéconomiques des enjeux humains, et celle des enjeux matériels et économiques relatifs au « Bâti » dans lesquels se réfugient les personnes lors d'une crue exceptionnelle.

Il s'agit en fait des éléments qui influencent la vulnérabilité des enjeux humains pendant la catastrophe naturelle causée par les inondations. Hormis ce type d'enjeux, nous sommes contraints de rajouter les enjeux environnementaux vulnérables comme stipule le

classement d'enjeux préconisés par Thomas Lorie Saaty¹¹¹ dans le chapitre VII. Quant à la vulnérabilité indirecte, cette dernière aura pour but de définir les conséquences directes induites par la défaillance d'une ou plusieurs ressources vitales liées aux divers réseaux tels que : l'électricité, le gaz, l'eau potable et le réseau viaire.

8.1.1 Méthodologie adoptée pour évaluer la « vulnérabilité directe » :

Pour ce faire, nous proposons ce qui suit :

8.1.1.1 Méthodologie adoptée pour évaluer la vulnérabilité « intrinsèque » - population :

Comme nous l'avons souligné précédemment, l'évaluation objective de la vulnérabilité intrinsèque relative à la population face au risque d'inondation sera élaborée par croisement de cartes des enjeux humains classés en cinq familles : « population résidante », « population lieu de travail », « population scolaire », « population hôpitaux » et « Population autre (sport, culture, culte... etc.), avec la carte thématique de l'aléa selon les différentes périodes de retour de crues (centennales à centenaire). Toutes fois, il convient de souligner que la population dite « transit » sera écartée de la présente analyse à cause des difficultés que nous avons rencontrées pour spatialiser ce type de population suggéré par Thomas Lorie Saaty.

8.1.1.2 Méthodologie adoptée pour évaluer la vulnérabilité du « Bâti » :

Selon le même principe, la carte thématique du risque lié à la vulnérabilité du « bâti » comportera les « enjeux matériels » rangés, selon leur typologie, dans deux grandes classes : « habitations » et « équipements » (toutes catégories confondues : équipements administratifs, sanitaires, scolaires, culturels, industriels, sportifs, mosquées, services et commerce). Il y a lieu de noter, par ailleurs, que l'évaluation de la vulnérabilité du bâti sera limitée aux prédictions à l'étendue de la crue avec une période de retour de 100 ans (crues exceptionnelles). Ainsi dans cette partie, l'indicateur relatif à la hauteur d'eau permettant d'évaluer l'exposition des individus à l'aléa en cours n'est pas prise en considération à cause des spécifications techniques très complexes¹¹².

¹¹¹ Thomas Lorie Saaty qui a mis au point la méthodologie connue sous le nom de « l'Analytic Hierarchy Process ».

¹¹² « ... Estimation des hauteurs d'eau Les hauteurs d'eau ne peuvent être extraites directement des données RSO, ce qui nécessite le recours à des méthodes de mesure indirecte et, ainsi, à l'intégration de données

8.1.1.3 Méthodologie adoptée pour évaluer les enjeux environnementaux vulnérables :

Dans cette rubrique, l'évaluation des enjeux environnementaux vulnérables concerne essentiellement, les espaces verts (toutes catégories confondues), les plantations d'alignement qui bordent les boulevards et les axes importants de la ville de, ainsi que les divers points d'eau (puits, forages) qui sont en contact direct avec la nappe phréatique. La même démarche sera suivie pour le croisement des cartes thématiques d'aléa et celle des enjeux environnementaux en vue de déterminer avec exactitude l'emplacement de cette catégorie d'enjeux dans le périmètre des espaces inondables.

La carte finale nous renseignera également sur les espaces ouverts susceptibles d'accueillir les populations sinistrées en cas de survenance d'une catastrophe naturelle comme les inondations.

8.1.2 Méthodologie adoptée pour évaluer la vulnérabilité indirecte (structurelle)

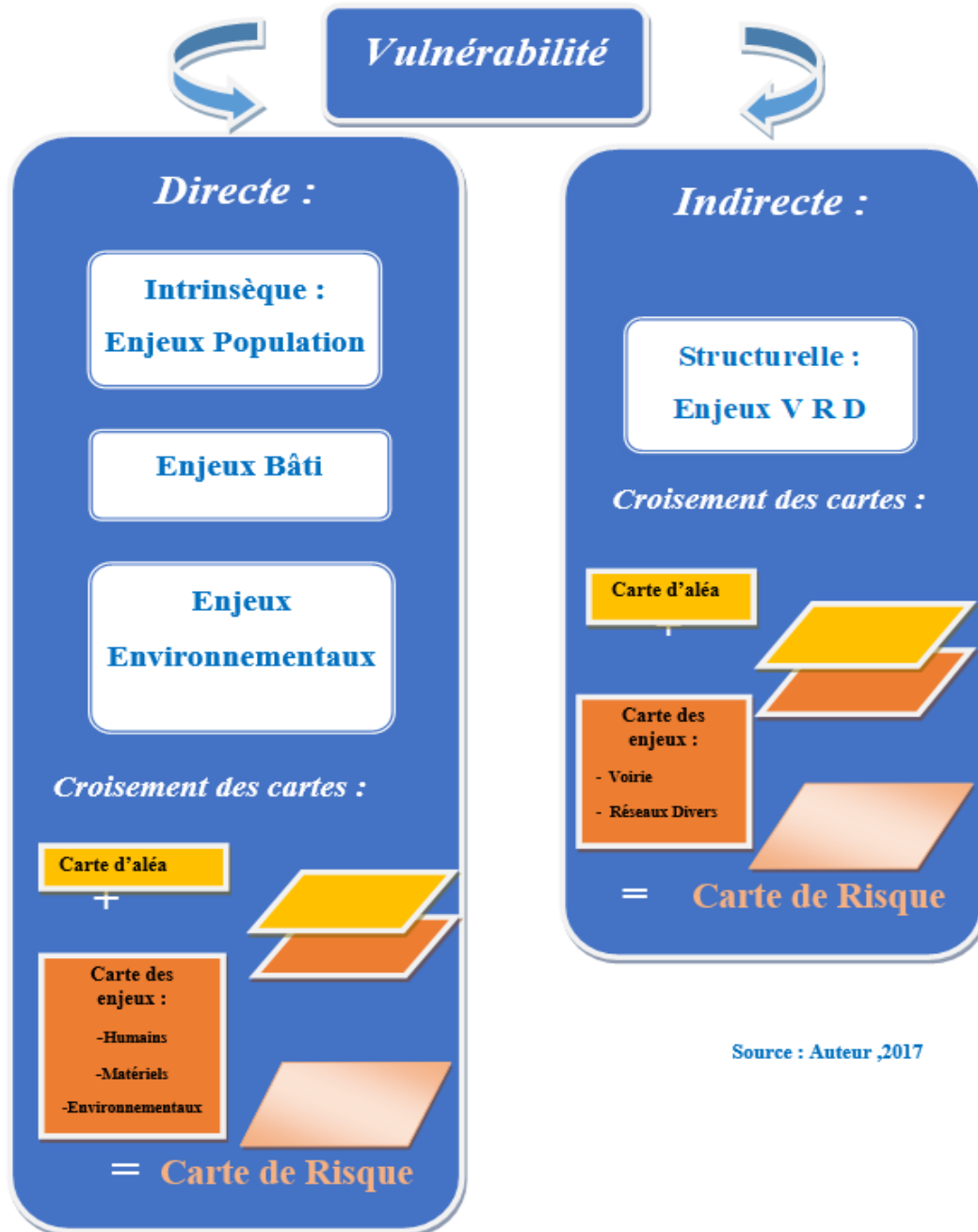
Comme son nom l'indique, la vulnérabilité indirecte appelée également « structurelle » est intimement liée aux dysfonctionnements ou à l'effondrement des infrastructures vitales qui pourraient impacter la ville : « ... *Ces perturbations ont souvent des effets sociaux et économiques néfastes, en particulier sur le long terme, et peuvent faire augmenter la vulnérabilité globale de manière significative...* » (Nicholls et Small, 2002).

En effet, les coupures d'infrastructures, notamment routières et la submersion de la voirie urbaine pourrait isoler des secteurs urbains du reste de la ville et mettrait en péril les personnes empruntant ces axes de circulation. Dans le même contexte, les dysfonctionnements des réseaux (électriques, gaz, eau potable, etc.) peuvent rendre les conditions de vie difficiles au niveau des différentes parties de la ville impactée par la survenue d'une crue catastrophique et mettraient en danger la population qui y réside.

Sur le plan méthodologique, nous allons procéder de la même manière, en croisant la carte thématique des enjeux « réseaux et voirie divers (VRD) » réalisée dans le chapitre

auxiliaires (Smith, 1997 ; Voigt et al. 2008). Les mesures indirectes impliquent la fusion d'une image RSO et de données topographiques (Sanyal et Lu, 2004). L'image satellite RSO, sur laquelle les zones inondées ont été préalablement délimitées, est projetée sur un MNE et est transformée en plan de crue. On obtient alors une "lame d'eau" par l'intersection des deux couches d'information, ce qui permet d'estimer les hauteurs de submersion dans les zones inondées (André et al. 2002)... »

précédent avec celle de l'aléa en vue de faire ressortir une nouvelle carte thématique de risque sur laquelle figure avec précision les tronçons de voirie urbaine vulnérable et la partie des réseaux notamment l'électricité et le gaz qui seraient exposés au risque de crues dévastatrices. Le réseau d'eau potable quant à lui sera traité comme étant un enjeu environnemental à analyser dans la partie « vulnérabilité directe ». En guise de synthèse, la méthodologie est schématisée comme suit :



Source : Auteur, 2017

Figure 8-1 : Schématisation de la méthodologie adoptée pour l'évaluation de la vulnérabilité urbaine

8.2 Évaluation de la vulnérabilité urbaine de Batna :

Les deux types de vulnérabilité urbaine à savoir : la « vulnérabilité directe ou intrinsèque » et la « vulnérabilité indirecte ou structurelle » seront ainsi évaluées :

8.2.1 Évaluation de la « vulnérabilité directe » :

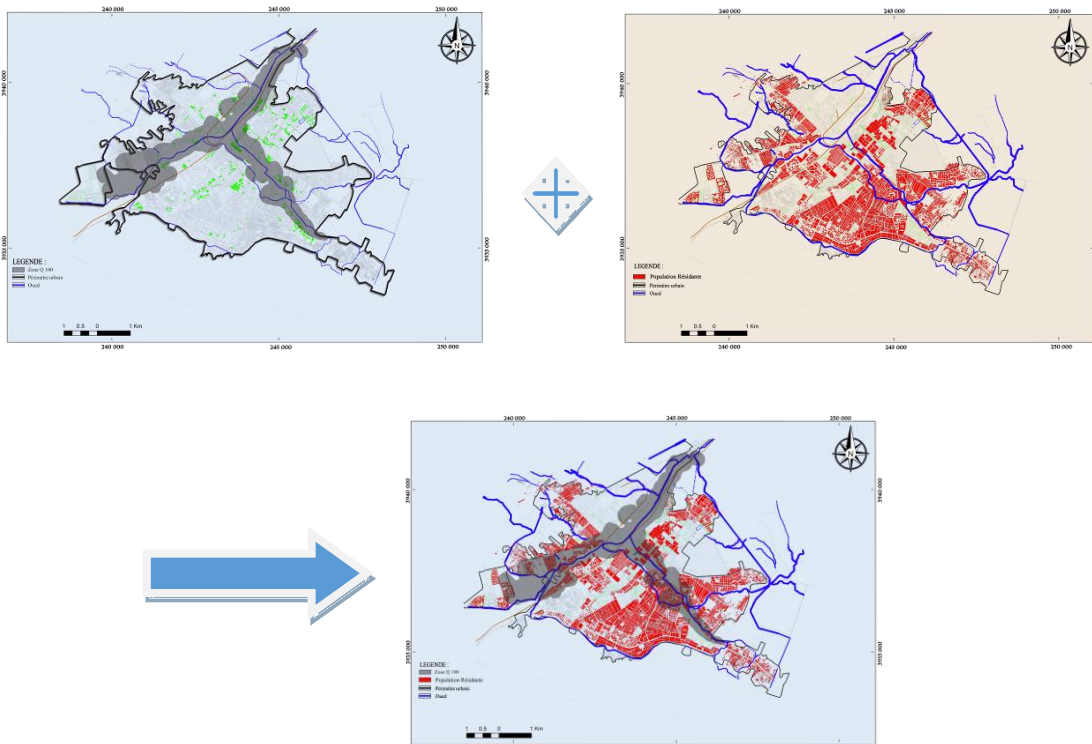
La vulnérabilité directe ou intrinsèque concerne essentiellement les trois types d'enjeux : humains, matériels et environnementaux.

8.2.1.1 Évaluation de la vulnérabilité « intrinsèque » de la population :

Hormis la population dite « transit », toutes les autres catégories de population sont concernées par l'évaluation.

a-Évaluation de la vulnérabilité de la population résidente :

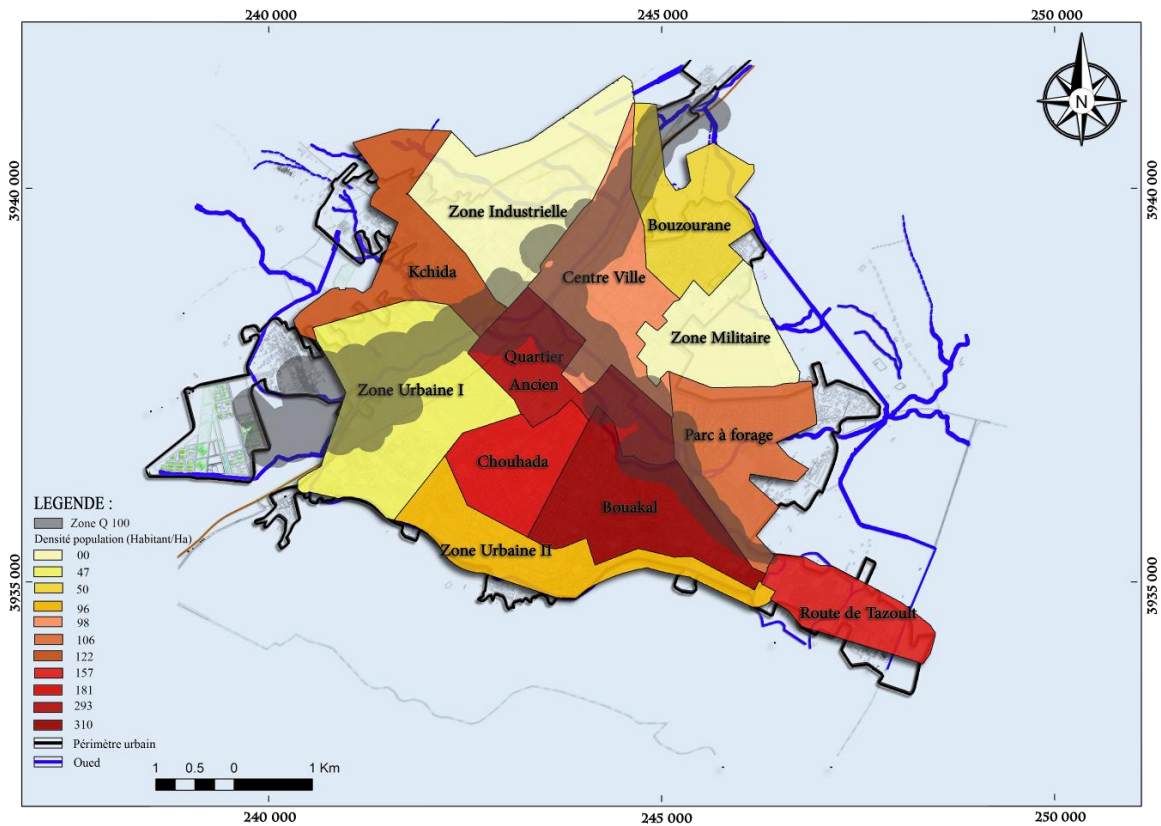
Comme nous l'avons bien expliqué précédemment, le croisement des cartes thématiques relatives à la population résidente proprement dite (selon le critère de classement retenu) et la carte d'aléa inondation avec une période de retour de 100 ans (aléa exceptionnel), nous a donné la carte de vulnérabilité suivante.



Source : Auteur, 2018

Figure 8-2 : Principe de croisement des cartes thématiques pour spatialisation de la vulnérabilité urbaine (vulnérabilité de la population résidente)

S’agissant de la population dite « résidante », nous avons jugé utile de prendre comme carte de référence celle fournie par l’Ex DPAT, comportant les densités de population par hectares. Dans ce contexte, inutile de rappeler que le nombre de la population résidante considéré dans la présente étude serait équivalent à celui de la population totale estimée par les dernières statistiques retenues dans la présente étude à savoir 325 178 habitants.



Source : Auteur, 2018

Figure8-3 : Spatialisation de la vulnérabilité de la population « résidante » par secteur urbain

La carte thématique n° 8-3 relative à la vulnérabilité de la population dite « résidante » prend en compte la répartition de la population totale par secteur urbain, classée en ordre croissant par rapport à sa densité. Il ressort de la lecture analytique de cette carte que les populations qui seraient les plus vulnérables sont celles classées par ordre croissant de vulnérabilité face au risque d’inondation. Il est bien connu que la classification a pris en considération deux critères précis : la densité de la population par hectare (secteur urbain) et leur présence dans le périmètre de la crue centennale. Ainsi, nous avons obtenu les résultats suivants :

- La population résidante qui serait la plus vulnérable serait concentrée dans le secteur urbain « les quartiers anciens » avec notamment la cité Zmala où l'habitat individuel est fort présent avec les habitants des lotissements « des anciens moudjahidine » et celui « d'El fadjr ». Dans ce secteur, nous estimons que le nombre de populations s'élèverait à 32 914 hab avec une densité très dense qui avoisine 293 hab/ha.
- Sur une surface relativement réduite, le secteur de « route de Tazoult » occupe la seconde place en matière de vulnérabilité de la population qui y réside, et totalise un nombre important d'habitants estimé à 36 560 hab avec une densité assez élevée avec 157 hab/Ha.
- le troisième rang est occupé par la cité « Kchida », un secteur particulièrement inondable dont le nombre de la population qui y habite avoisine les 42 647 Hab dépassant de loin la population résidante dans le secteur des « anciens quartiers ». Cependant, sa densité est relativement faible avec 122 hab/ha, ce qui explique logiquement sa troisième place en matière de vulnérabilité des enjeux humains. Il convient de souligner ici que la population vulnérable représente celle qui habite les maisons individuelles notamment le lotissement « Erriadh ».
- En quatrième position, nous trouvons le secteur de « Parc à fourrage », un quartier très peuplé dont le nombre de sa population à 46 377 hab, mais plus aéré, ce qui explique sa faible densité qui avoisine les 106 hab/ha (presque similaire à celle de Kchida). Cependant le nombre de populations exposées au risque d'inondation est moins important si nous nous référons à la carte thématique de synthèse.
- Bien que considérée comme secteur urbain inondable en cas de crues exceptionnelles, l'avant-dernière place revient au centre-ville qui totalise une population faible dont le nombre est estimée à 22 057 hab et une densité qui s'élève à 98 hab/Ha. A cela, s'ajoute le fait que le noyau historique est occupé plutôt par des équipements administratifs, et services dont quasi-totalité du RDC est dédié au commerces et services .
- Enfin, l'entrée nord de la ville au niveau du secteur urbain de Bouzourane, la population résidante au niveau de la promotion immobilière verticale « Kadri » serait particulièrement vulnérable, bien que son nombre ne soit pas important puisqu'il s'agit de l'habitat collectif où seulement les niveaux inférieurs qui seraient impactés par les inondations. Il y lieu de

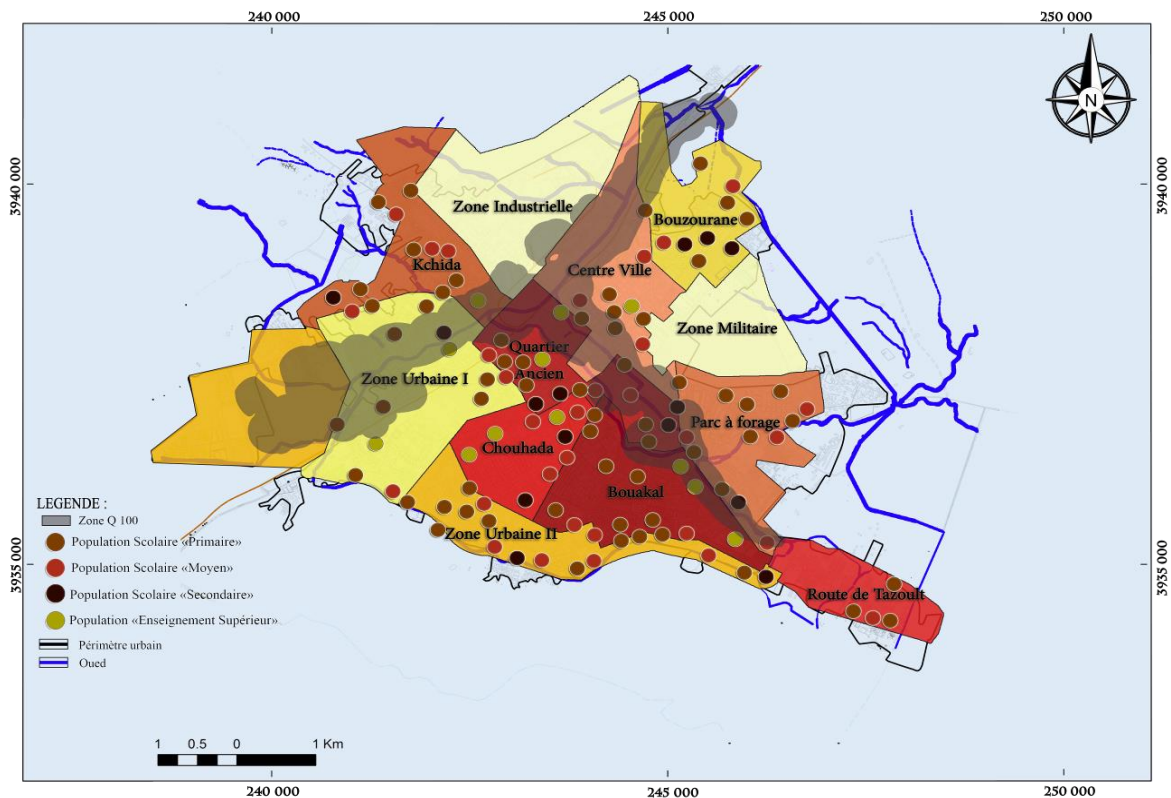
noter que le secteur bouzourane totalise 12 015 hab avec une densité très faible estimée à 50 hab/ha.

b-Évaluation de la vulnérabilité de la population « en transit » :

En dépit des statistiques officielles ayant trait avec la répartition de la population en transit sur les secteurs urbains, nous sommes contraints de s'en passer de cette catégorie de population qui ne sera pas pris en compte dans la présente analyse.

c-Évaluation de la vulnérabilité de la population « scolaire » :

Le même principe de croisement des cartes thématique a été adopté pour aboutir à la carte de synthèse suivante :



Source : Auteur, 2018

Figure8-4 : Spatialisation de la vulnérabilité de la population « scolaire »

Tous les spécialistes de la thématique des risques majeurs s'accordent à dire que la population dite scolaire est considérée comme très vulnérable face au risque d'inondation. En prenant en considération le critère d'âge, notre analyse de cette tranche de population sera orientée vers la spatialisation des enjeux humains constitués essentiellement des écoliers, des élèves des collèges et même les lycéens.

La superposition de la carte des établissements scolaires primaires, moyen et secondaire sur la carte thématique de l'aléa centennal menaçant la ville de Batna nous a permis de spatialiser cette catégorie d'enjeux humains (voir figure 8-4).

Ainsi, la carte de synthèse nous a révélé qu'une bonne partie de cette population serait concentrée dans la cité Kchida où les crues soudaines pourraient impacter les écoliers qui fréquentent les écoles : « Salah Nezzar », frères « Frères Belloula » et l'établissement primaire « Hamla ». Quant au palier moyen et secondaire, les collégiens et lycéens vulnérables seraient ceux qui sont scolarisés au niveau des lycées « Amar Ben Flis », « Hchachna Kadour » et le CEM « Rghisse Noui ».

La population scolaire des autres secteurs urbains tels que Bouakal, Parc à fourrage et le centre-ville, ne seront pas épargnés. En effet, les enfants et adolescents scolarisés au niveau du lycée « Salah Eddine El Ayoubi », du CEM « Tarek Ibn Ziad » et aux les écoles primaires : « frères Hadna », « Ahmed Mekkari » et « El Hadayek » seraient également exposées au même risque.

d-Évaluation de la vulnérabilité de la population « Lieu de travail » :

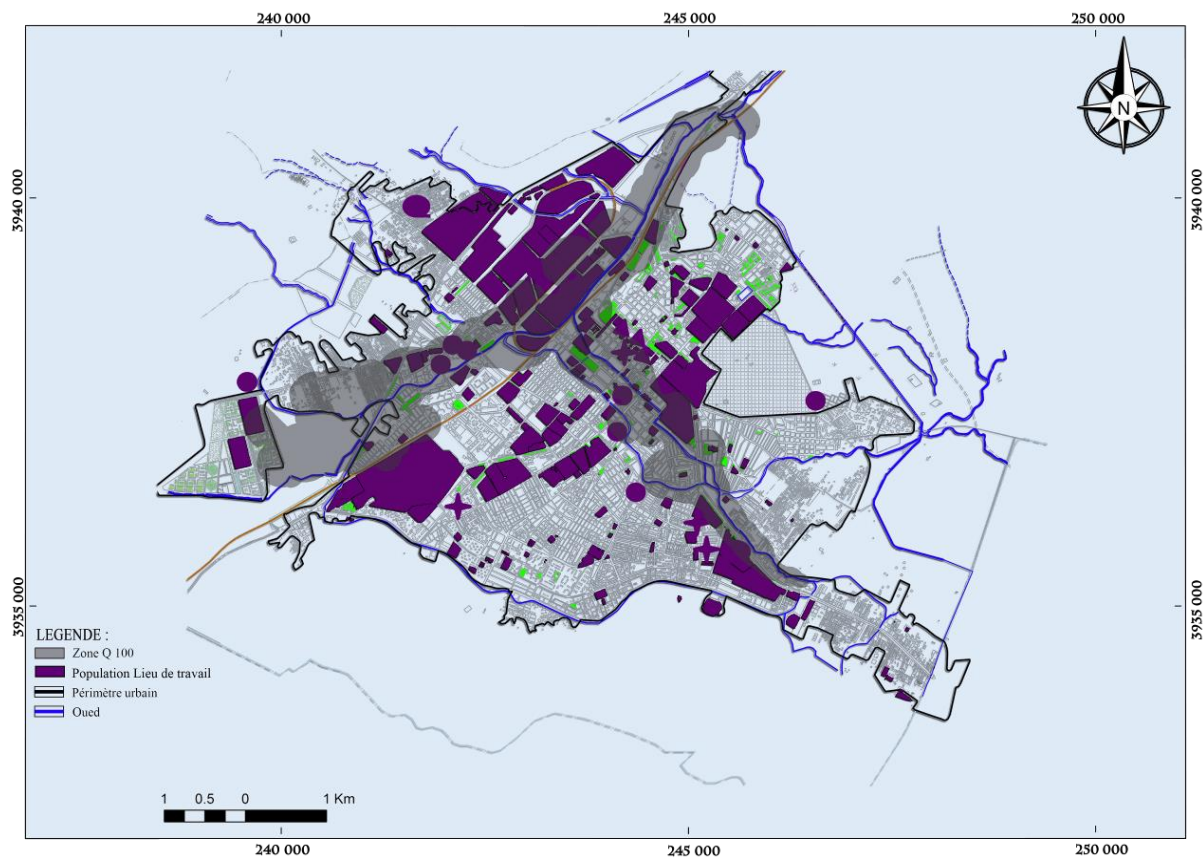
La lecture analytique de la carte thématique relative à la vulnérabilité de la population active dite « Lieu de travail » nous montre clairement que le danger d'une crue soudaine concerne particulièrement les étages inférieurs (RDC ou Sous-sol).

Pour les équipements, par exemple, les sous-sols occupés par des locaux techniques ou parkings constitueraient un danger potentiel lors d'une remontée rapide des eaux suite à des crues éclair. De même, en cas de survenance d'inondation par ruissellement urbain, le rez-de-chaussée de ces structures (toutes catégories confondues : administrative, commerciale ou services... etc.) pourrait mettre en péril ses usagers et utilisateurs.

Comme le montre la carte 8-5, presque la quasi-totalité de cette tranche de population vulnérable est concentrée dans le noyau historique de la ville. Le même sort est réservé pour la même population concentrée particulièrement dans les quartiers populaires au niveau du RDC.

Il s'agit ainsi des commerçants ambulants ou permanents occupant des locaux dont la submersion ne prend, en général, que quelques minutes susceptibles d'entraîner la mise en péril de vies humaines. Il question donc de l'atteinte à la sécurité des personnes qui demeurent vulnérables. Le retour d'expérience nous renseigne que dès que la hauteur de

l'eau dépasse celle de l'allège des locaux en question, le risque de noyade augmente sensiblement.



Source : Auteur, 2018

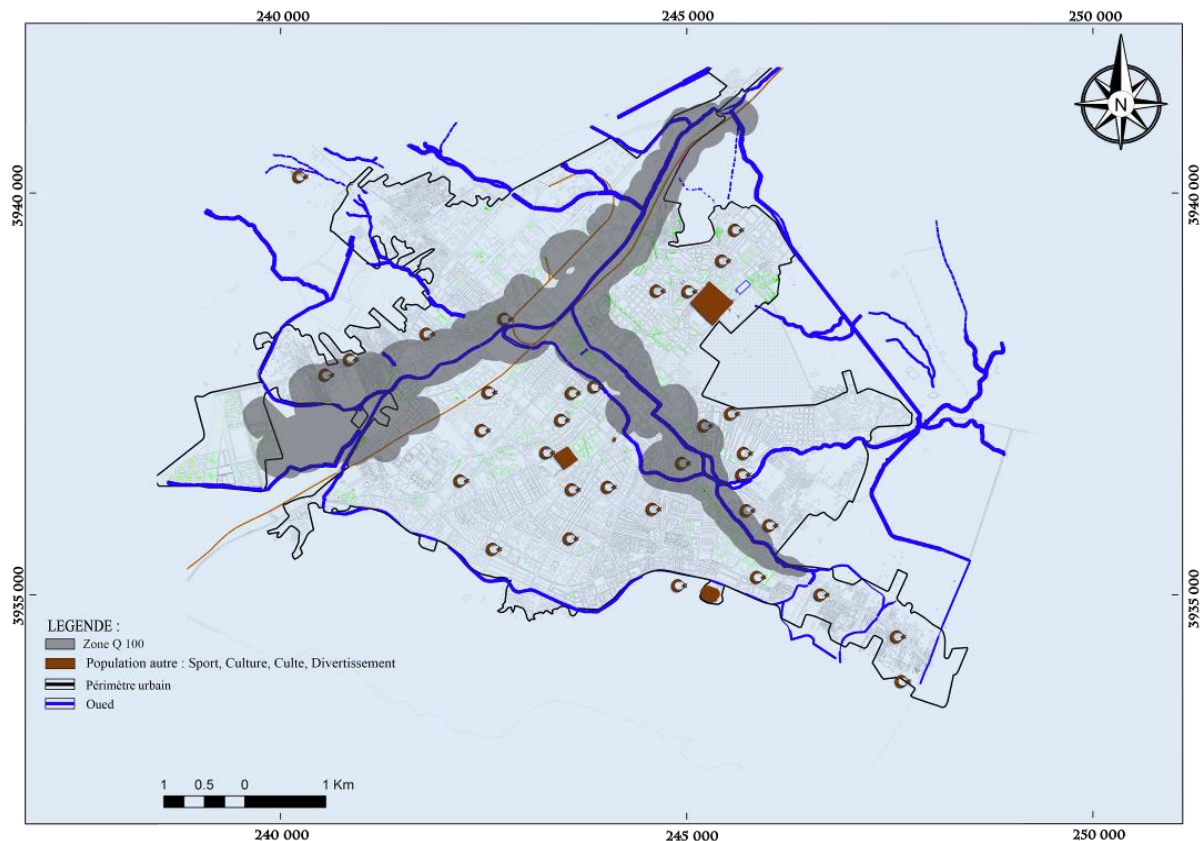
Figure8-5 : Spatialisation de la vulnérabilité la population « Lieu de travail »

e-Évaluation de la vulnérabilité de la population « autre : culte, culture et sport » :

Comme l'illustre la carte ci-après (8-6), cette catégorie de population dite « autre » ou « sport, culture, culte, divertissement » dont le nombre est relativement faible (selon la conclusion du chapitre précédent) se trouve en dehors du périmètre inondable tracé par notre modélisation. De ce fait, nous estimons ainsi que cette tranche de population est à l'abri du risque inondation que court la ville et moins vulnérable par rapport aux autres catégories d'enjeux humains.

En revanche selon le classement de Sattay, la population dite « Culte » qui désigne « pratiquants » dans notre contexte local, demeurent vulnérables selon la répartition des mosquées sur les secteurs urbains inondables qui figurent sur la carte thématique d'aléa.

En cas de survenance d'une crue soudaine, le nombre de victimes serait particulièrement élevé lors des horaires de prières, d'autant plus que cette catégorie d'enjeux humains se démarque par des populations vieillissantes (âgées), ce qui rend manifestement leur évacuation vers des lieux sûrs très difficile, voire compliquée. Ainsi le principe de spatialisation de cette population vulnérable sera identique à celui adopté pour la cartographie des enjeux « équipement culturels » ou mosquée.



Source : Auteur, 2018

Figure8-6 : Spatialisation de la vulnérabilité de la population « autre : Culture, culte, sport »

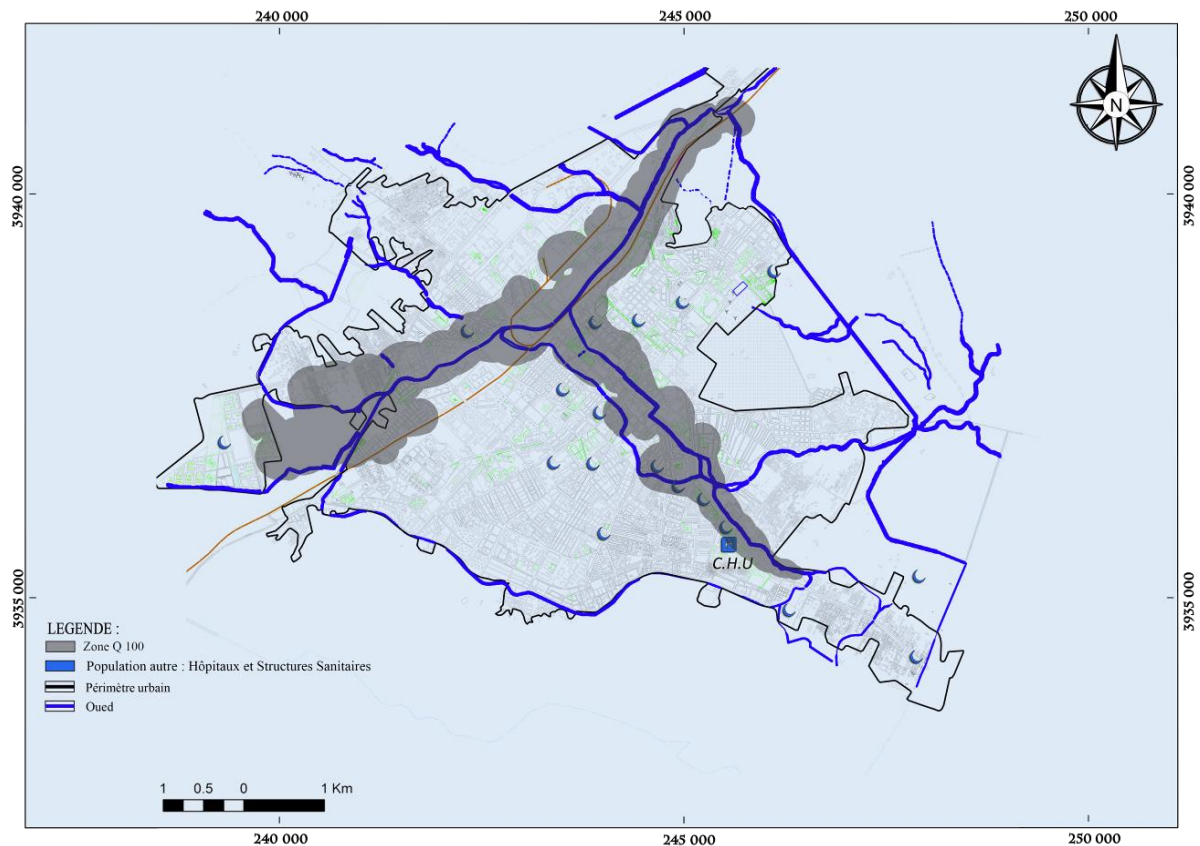
La projection des polygones constituant la vulnérabilité des équipements « culturels » sur celle des enjeux humains en question par recours aux outils du logiciel ArcGis, nous a permis de spatialiser les lieux susceptibles d'accueillir les populations vulnérables qui fréquentent les mosquées suivantes : « El Atik », « Khaled Ben El Oualid », « Malek Ben Aness », « Omar Bne Abdelaziz », « Abou Ayoub El Ansari », « El kods », « Omar Ibn el Aas » localisées le secteur urbain de Kchida. La même catégorie de population est recensée sur d'autres périmètres inondables où sont localisées les mosquées : « El Atik » et « Bachir El Ibrahimy » au centre-ville et la mosquée « Mbarek El Mili » dans un des

quartiers anciens. En guise de synthèse, on peut confirmer que cette population demeure particulièrement vulnérable en raison des leurs de leur nombre avec un ratio effrayant estimé à 1400 pratiquant/ mosquée (DPSB, 2015). Ainsi, le nombre total de cette catégorie d’enjeux humains avoisinerait les 12 600 hab

f-Évaluation de la vulnérabilité de la population “hôpitaux” :

Selon la carte thématique de vulnérabilité des enjeux humains, la spatialisation de la population dite « hôpitaux » sera limitée au nombre de malades et au personnel soignant du Centre Hospitalo-universitaire de Batna. Ces populations seront ainsi confinées dans le périmètre urbain du secteur « route de Tazoult » particulièrement inondable. Le retour d’expérience des crues passées confirme ce constat.

Enfin, nous rappelons encore, que le manque d’autonomie chez cette population dite « hôpitaux » constitué essentiellement de personnes malades pourrait rendre leur évacuation en cas de crues très difficile, en raison de de leur difficultés de mobilité et de leur état de santé.



Source : Auteur, 2018

Figure8-7 : Spatialisation de la vulnérabilité de la population « Hôpitaux »

8.2.1.2 Évaluation de la vulnérabilité des « enjeux - bâti »

a- Évaluation de la vulnérabilité du « Bâti - Habitat » :

En cas de crue torrentielle exceptionnelle avec de fortes vitesses de courants, les habitations, selon leur localisation et la vétusté de leur cadre bâti, peuvent à mettre en péril la sécurité de leurs occupants. Ces constructions, notamment les plus précaires, peuvent être partiellement ou totalement détruites par la poussée des eaux ou l'affouillement¹¹³ des fondations. Dans ce contexte, les occupants courent un danger lié à l'effondrement potentiel de ces bâtisses.

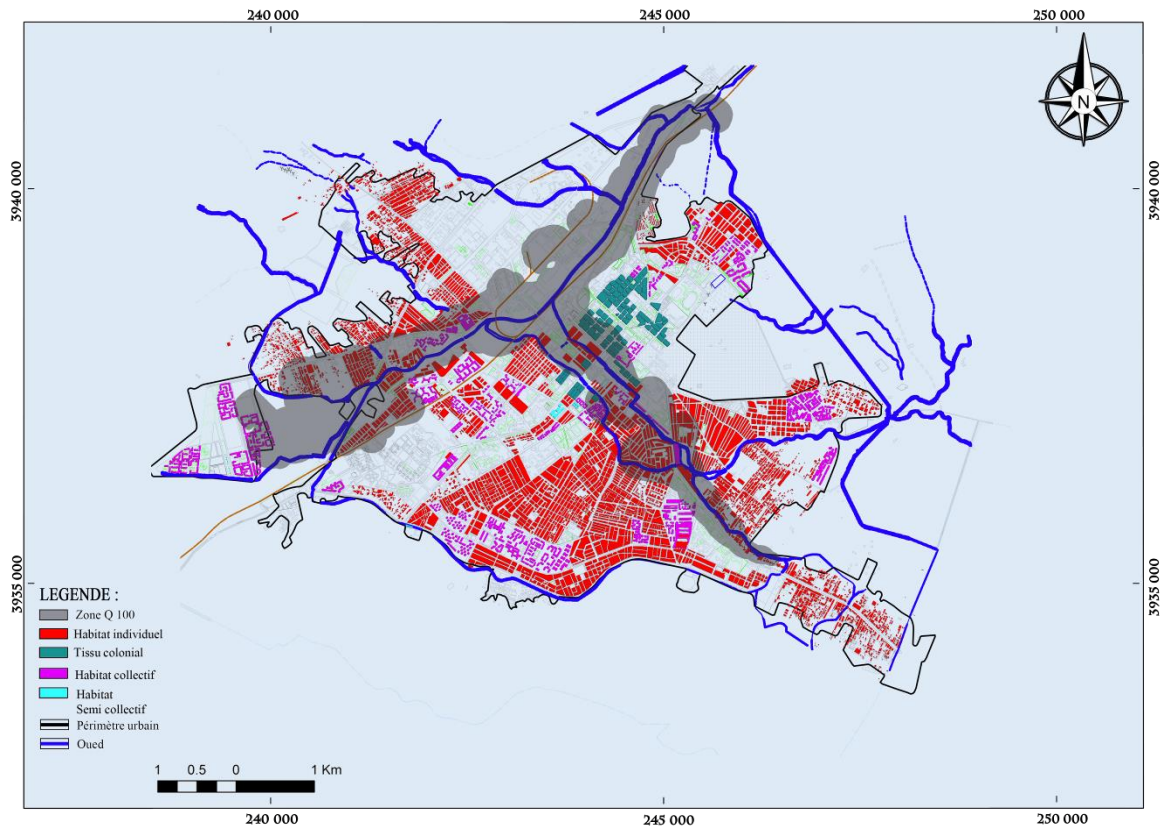
En effet, en cas de remontée soudaine des eaux pouvant comporter une hauteur d'eau importante, le danger pour les personnes est principalement lié à la pénétration d'eau dans des locaux occupés. Il s'agit d'une montée d'eau progressive, mais importante qui peut surprendre ses occupants et ne permet pas toujours de rejoindre un étage refuge qui se situe généralement dans les niveaux supérieurs.

Le croisement des cartes thématiques de « l'aléa centennal » menaçant la ville de Batna avec une période de retour de 100 ans, et la carte des enjeux matériels ayant trait avec le secteur de l'habitat nous a permis de dresser un inventaire des habitations exposées au risque d'inondations. Il convient de souligner, par ailleurs, que cette catégorie d'enjeux a été répertoriée selon la typologie d'habitat et classée par secteur urbain comme suit :

Habitat individuel :

Contrairement aux bâtiments collectifs qui sont beaucoup plus menacés par le risque sismique, nous estimons que les habitations individuelles, toutes catégories confondues, demeurent les plus exposées au risque inondation. Parmi ces constructions vulnérables, les habitations précaires sont susceptibles d'être emportées par les eaux ou carrément détruites lors d'une inondation. Concernant notre cas d'étude, nous dénombrons plusieurs lotissements qui seraient submersibles comme le cas du « Lotissement Erriadh » qui se trouve submergé de manière récurrente. Selon la carte de synthèse ci-dessous, d'autres lotissements sont également engloutis dans le couloir de servitude impacté par les crues.

¹¹³ Affouillement : Action de creusement des eaux, due à la butée des courants des eaux



Source : Auteur, 2018

Figure 8-8 : Spatialisation de la vulnérabilité urbaine du Bâti-Habitat individuel et collectif »

Cette tranche d’habitat individuel est répartie sur plusieurs secteurs urbains, à savoir : Kchida, les quartiers anciens, Z'mala, Bouaakl et Parc à fourrage. Parmi ces lotissements nous pouvons citer : « Lotissement des anciens moudjahidine », « Lotissements Al Fadjr » « Cite recasement kchida », « Villas E P L F », « Lotissement AIT », « Lotissement Mebarkia », et la « Coopérative immobilière CNEP ».

En revanche, Il convient de souligner que notre modélisation n’a pas pu faire ressortir le lotissement « Timchit supérieur », pourtant tous les statistiques notamment celles collectées par les services de la protection civile et le comité technique local de la wilaya (CTL) le classent parmi les lotissements inondables. Le centre-ville quant à lui, n’est pas aussi exposé du fait que le Rez-de-chaussée est occupé plutôt par des commerces. Enfin, le même constat est valable pour les quartiers populaires occupant la périphérie sud ayant au RDC des commerces donc moins vulnérables.

Habitat collectif :

Selon la modélisation réalisée dans le chapitre quatre dont le but était de modéliser une simulation d'une crue centennale, la promotion immobilière verticale « kadri » à Bouzourane arrive en tête des bâtiments collectifs qui seraient menacés directement par le risque des inondations dont l'origine est Oued El Gourzi. D'autres cités collectives localisées, pour la plupart dans le secteur de Kchida qui totalise un nombre faible par rapport à l'habitat individuel.

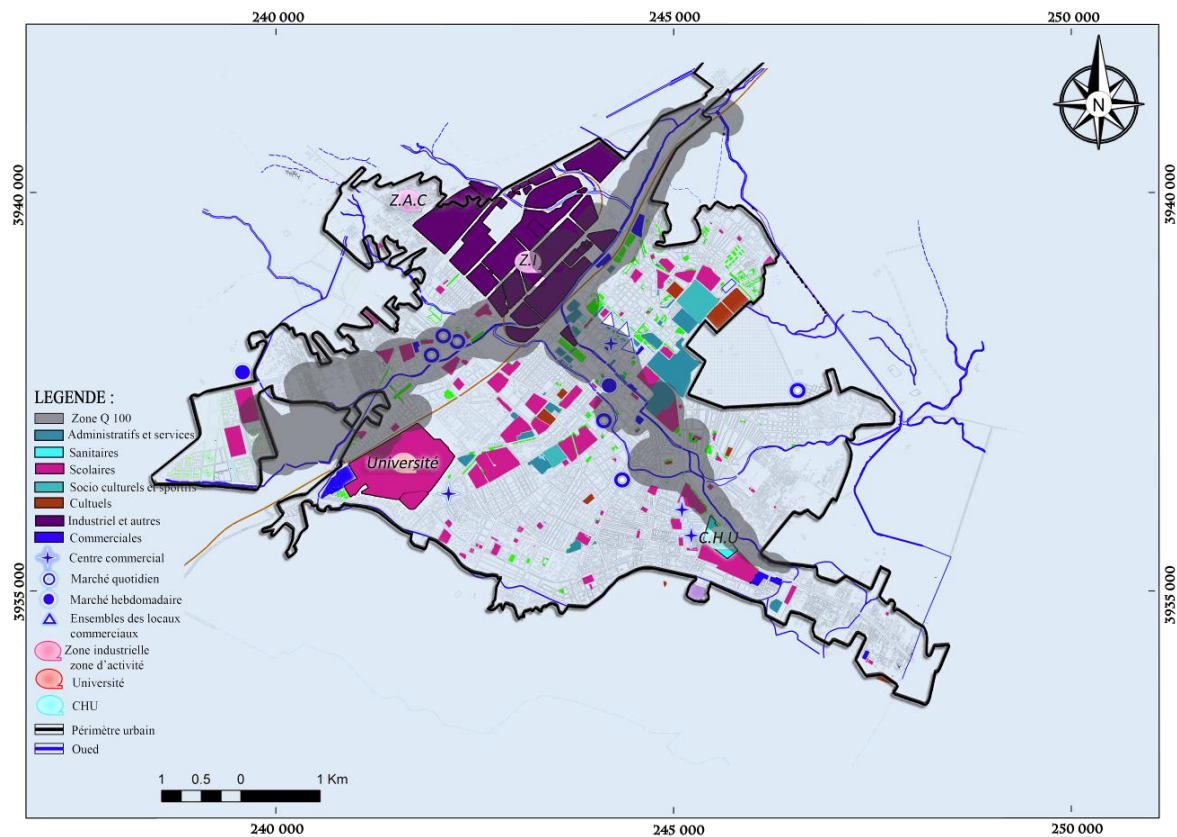
Ainsi, nous pouvons retenir les cités : « Hamla 1 », « 156 logts », « 290 logts », « 345 logts » et la cité militaire « 48 logts ». Au centre-ville, l'habitat collectif de type colonial, peu nombreux abritant quelques cités, dont le RDC demeure submersible. Parmi ces quartiers, on peut recenser les cités : « 20 août », « 114 logts », « 84 logts », « Cité militaire des 100 logts », « 40 logts » et la cité « ECOTEC 410 logts ». Enfin, la promotion immobilière « Habchi » dans la cité « Z'Mala » dont les niveaux inférieurs seront partiellement inondables.

b- Évaluation de la vulnérabilité urbaine du « Bâti — Équipements » :

Nous décomptons au total plusieurs équipements à caractère administratif et de services dont la majorité est concentrée au centre-ville, en zone inondable et seraient donc submersible en cas de crue centenaire soudaine. Beaucoup de sièges de direction relevant de plusieurs secteurs de l'exécutif de la wilaya de la santé « DSP », de l'agriculture, des mines, des douanes, inspection des forêts, hôtel des finances... etc.). Dans le même périmètre inondable sont localisés plusieurs sièges de banque (CPA, BDL et la BADR), d'assurances (SAA, CIAR, TRUST... etc.) ainsi que d'autres équipements stratégiques tels que la poste, Sonelgaz et Naftal. Même les sièges de structures représentant le centre du pouvoir local n'y dérogent pas à cette règle (siège de l'APC, la Daïra... etc.).

Hormis le centre-ville, d'autres secteurs urbains sont en partie situés dans le lit majeur du cours d'eau dont « Bouzourane » qui abrite quant à lui une bibliothèque et quelques structures peu sensibles qu'on peut ranger dans la rubrique des équipements non stratégiques (parc de l'APC et de la wilaya). Au niveau de la « ZHUN 2 », le siège du palais de justice serait particulièrement exposé au risque d'inondation. Dans ce contexte, le

CERPRI¹¹⁴ disait : « ... Au sein de ces équipements et établissements recevant du public, l'évacuation des personnes peut être rendue complexe, en raison des leurs difficultés de mobilité, de leur état de santé ou de leur nombre. Le manque d'autonomie de ces personnes les rend plus vulnérables et justifie donc leur identification... » (CERPRI, 2016).



Source : Auteur, 2018

Figure8-9 : Spatialisation de la vulnérabilité urbaine du Bâti-Equipements publics »

Concernant les équipements de santé, le Centre Hospitalo-Universitaire de Batna censé assurer les premiers secours en cas de catastrophe naturelle se trouve dans le tronçon « Route de Tazoult » considéré comme une zone très inondable. Plusieurs statistiques confirment cela et classent désormais le « CHU » parmi les points noirs inondables recensés par le CTL¹¹⁵ de Batna. A cela s'ajoutent d'autres infrastructures sanitaires telles

114 CERPRI : Centre Européen de Prévention du Risque d'Inondation : « Référentiel national de vulnérabilité aux inondations, 176 p, 2016

115 CTL : Comité Technique Local

que la clinique « Ibn Sina » à Bouakal et un dispensaire de soins à Kchida qui abrite également la clinique « El Ihssane ».

En effet, contrairement aux équipements sensibles, la problématique des établissements de santé ne se résume pas à l'évacuation, mais également à la prise en charge médicale puisque ces derniers hébergent des patients dont l'état est susceptible d'empirer lors d'une crue soudaine à cause des difficultés à prodiguer des soins appropriés.

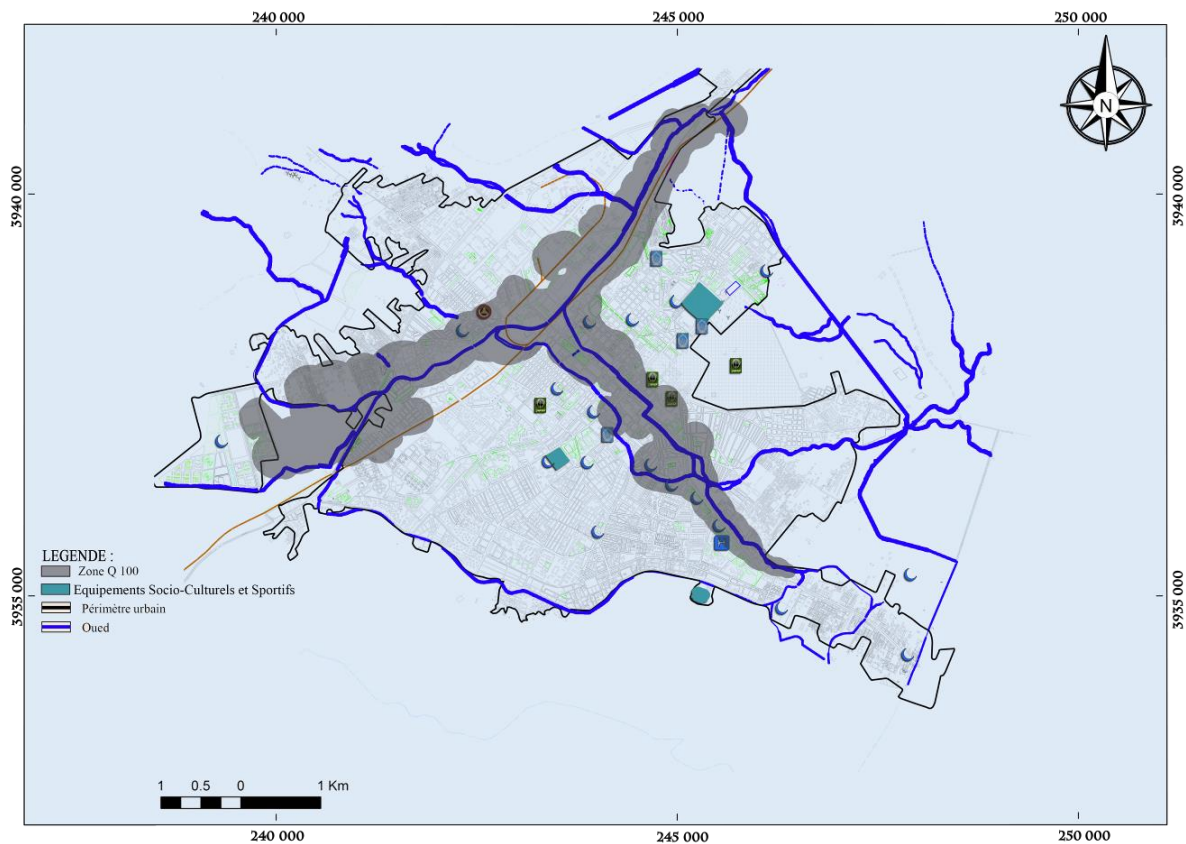
La vulnérabilité des équipements « cultuels » est à signaler. Nous recensons ainsi plusieurs mosquées en zones inondables. À titre d'illustration, nous pouvons citer : les mosquées « El Atik », « Khaled Ben El Oualid », « Malek Ben Aness », « Omar Bne Abdelaziz », « Abou Ayoub El Ansari », « El kods » et enfin la mosquée Omar Ibn el Aas » qui sont localisées dans des parties submersibles de la cité Kchida particulièrement inondable.

D'autres mosquées qui seraient inondables également sont réparties à travers le centre-ville avec ses mosquées « El Atik » et « Bachir El Ibrahimi » et enfin le secteur des quartiers anciens qui abrite quant à lui la mosquée « Mbarek El Mili » et le centre culturel islamique de Batna. Ce constat est sans appel vu le nombre important des mosquées qui seraient impactées par des crues dévastatrices pendant les prières causant des dommages importants notamment sur les enjeux humains estimés en milliers de personnes (pratiquants).

En ce qui concerne le volet commercial, nous dénombrons près d'une dizaine de centres commerciaux dont les niveaux RDC et le sous-sol demeurent submersibles comme le centre commercial « Darna » longeant la route de Tazoult et les centres commerciaux « la perle des tissus » et « meuble et décor » à Kchida. Dans le même contexte, plusieurs surfaces commerciales au centre-ville jouxtant les cours d'eau traversant le cœur de la ville (canal ceinture) pourraient être impactées par une éventuelle crue soudaine.

A cela, s'ajoutent plusieurs centaines de constructions en zones inondables dont le rez-de-chaussée est occupé par des activités commerciales. Ces batteries de commerce qui seraient fortement inondables longent les grands axes urbains du centre-ville et des quartiers populaires comme le secteur de Bouakal. Il s'agit d'activités tertiaires, essentiellement des petits commerces et artisanats, situés dans le centre-ville historique et dans la périphérie urbaine engloutie dans les tissus urbains inondables (voir figure 8-9).

Pour la catégorie des espaces commerciaux ouverts, nous recensons l’implantation de plusieurs marchés en zone inondable, dont un (01) hebdomadaire informel à l’ouest de Zmala et d’autres quotidiens à Kchida, Route de Tazoult et Parc à Fourrage. Durant des épisodes exceptionnels de crues majeures, ces espaces ouverts vulnérables pourraient mettre en péril les usagers qui les fréquentent ainsi que les véhicules qui peuvent être emportés par le courant lorsque les hauteurs d’eau sont importantes. A noter également, la difficulté d’évacuation des zones de concentration de populations concentrée dans ce type d’espaces lors d’une inondation rapide.



Source : Auteur, 2018

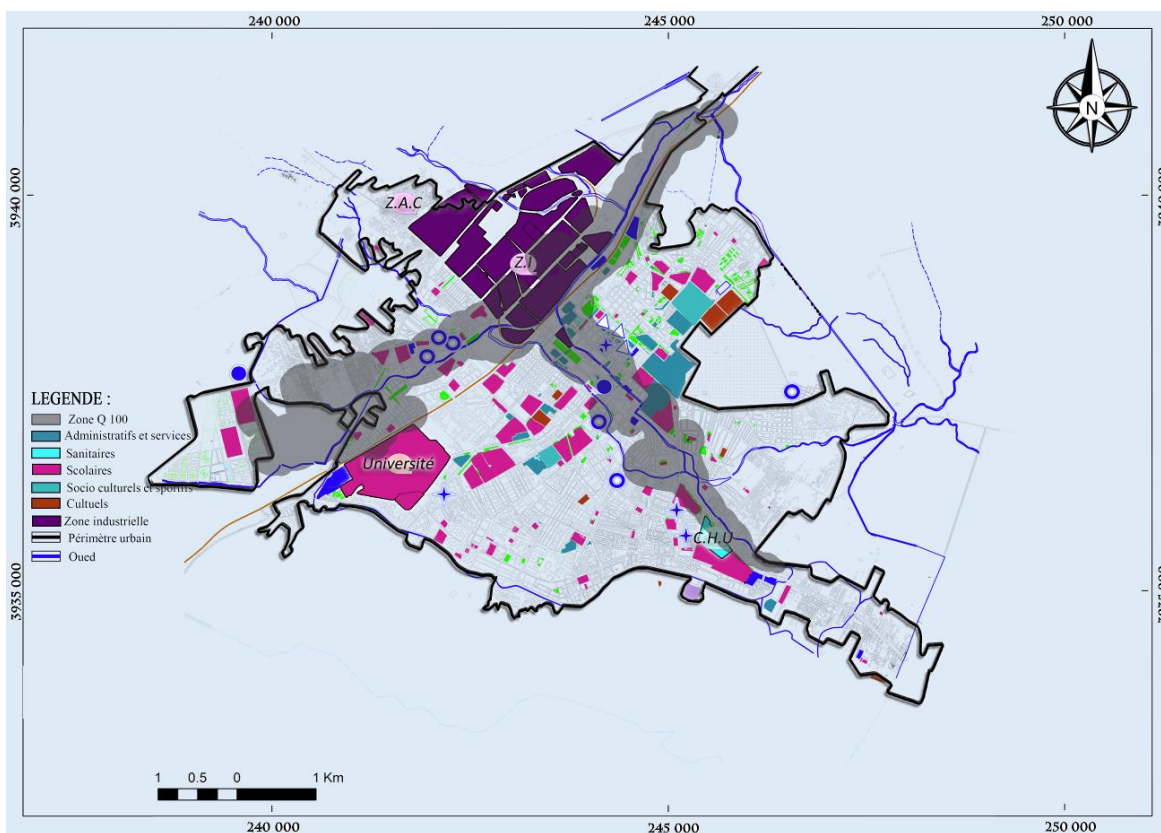
Figure 8-10 : Spatialisation de la vulnérabilité urbaine du Bâti-Equipements Sportifs et culturels

Peu d’équipements à vocation socioculturelle ou sportive sont situés dans le lit majeur du cours d’eau. Hormis le théâtre régional de Batna en plein centre-ville et la bibliothèque de Bouzourane, les autres infrastructures se trouvent à l’abri des crues soudaines. L’emplacement de cette catégorie d’équipements nous intéresse particulièrement du fait qu’elles pourraient constituer une alternative sérieuse en tant que lieux de refuges destinés aux sinistrés. Ainsi, les salles polyvalentes et de gymnase constitueraient des espaces sûrs

susceptibles d’accueillir des populations qui se trouvent sans abri après la survenue d’une catastrophe naturelle de type « inondation ». Une bonne gestion « post-catastrophe » implique ainsi une maîtrise de cette catégorie d’équipements publics.

Enfin, il y a lieu de noter qu’une bonne partie de la zone industrielle de Batna serait particulièrement vulnérable du fait qu’elle soit limitrophe d’Oued « El Gourzi », qui est considéré comme l’un des deux cours d’eau menaçant la ville. En effet, la superposition de la carte s’aléa sur celle des enjeux matériels et économiques nous laisse prédire que plusieurs unités industrielles qui se trouvent sur le couloir de servitude du lit majeur de ce cours d’eau seraient menacées directement par le risque « inondations ».

Parmi ces unités, nous pouvons énumérer : “SONIPEC”, “COTTEX”, “ECOTEC”, “EDIMCO”, » Sarl Global Motors », « Tirsam Petrosam Sogemco », « la briqueterie », « Sarl Bouteilles GAZ » et le parc central de « l’EPEDIMIA ». Nous déplorons aussi la présence de sièges répertoriés comme stratégiques tels que : la protection civile, la station d’épuration, Naftal GPL de Batna et enfin le siège de l’Algérienne des eaux.



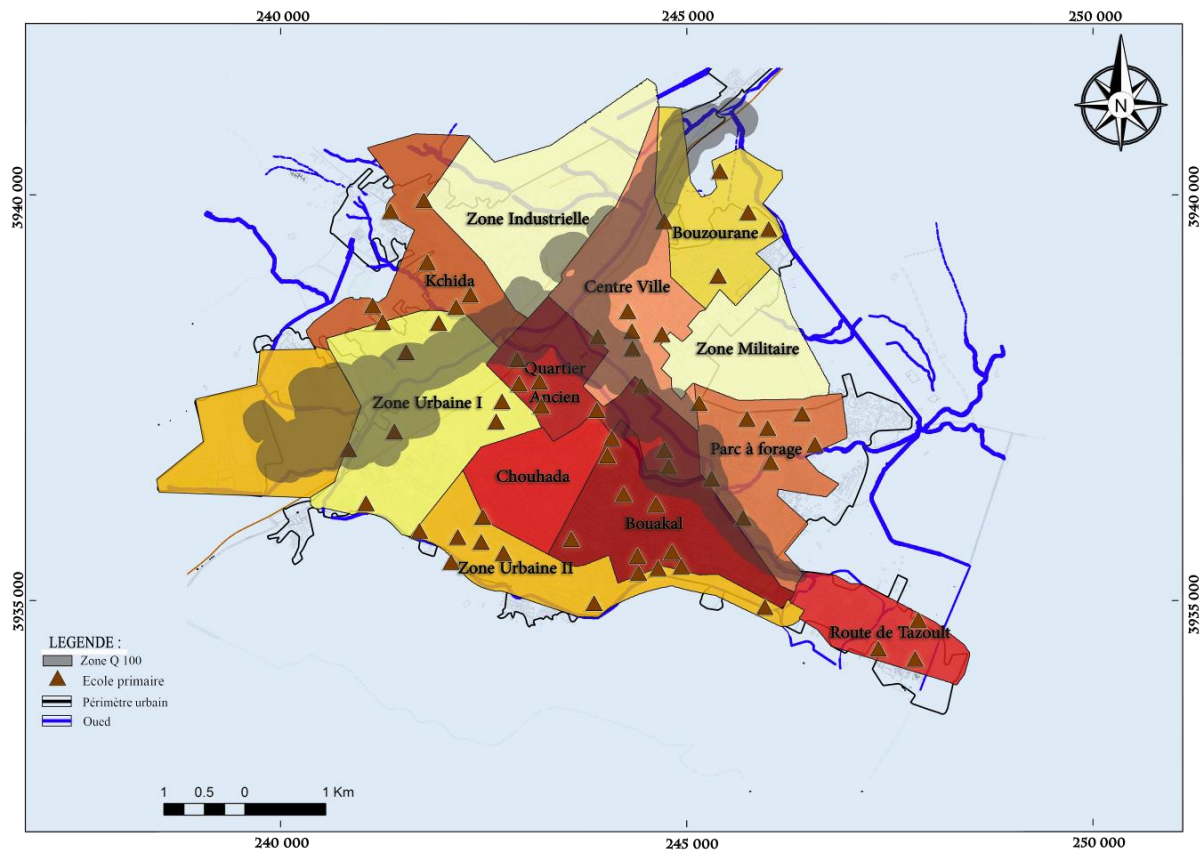
Source : Auteur, 2018

Figure8-11 : Spatialisation de la vulnérabilité urbaine du Bâti —la zone industrielle –

En matière d'établissements scolaires, la lecture de la carte thématique du risque relative aux équipements scolaires nous révèle que le secteur urbain de « Kchida », serait le plus exposé en cas de survenance d'une crue centenaire exceptionnelle. Les inondations soudaines pourraient impacter les écoles suivantes : écoles « Salah Nezzar », école des frères « Belloula » et l'établissement primaire « Hamal » (Carte 8-12).

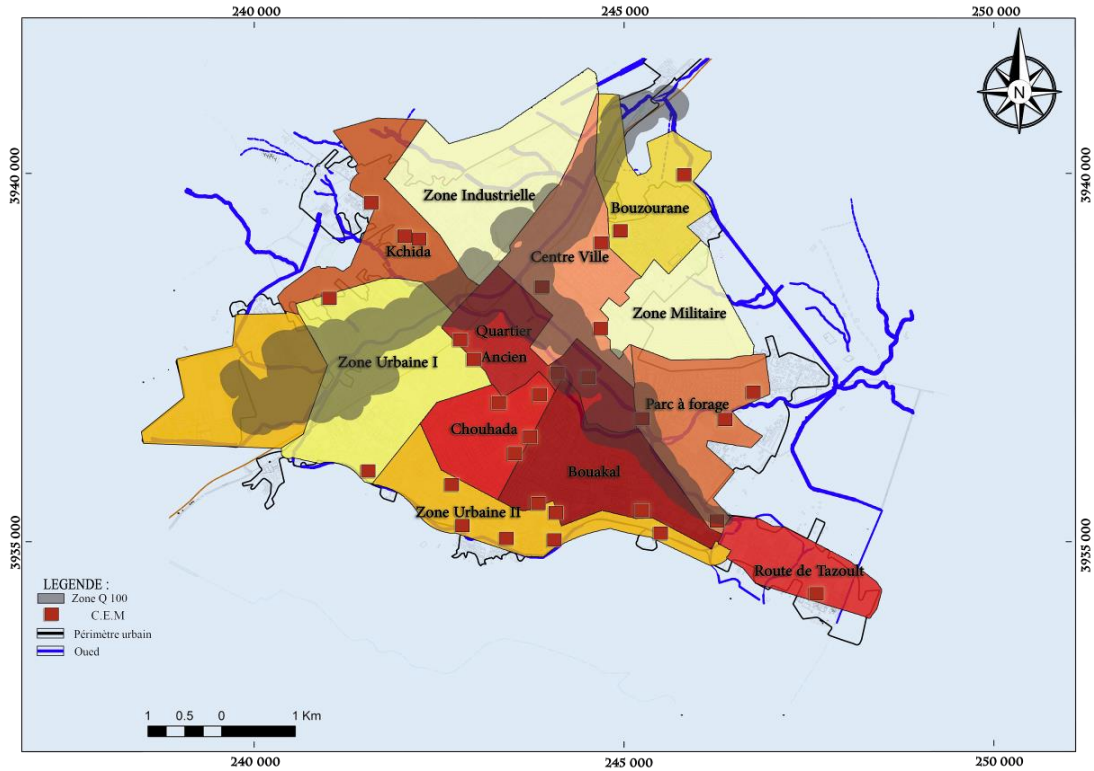
Quant au palier moyen et secondaire, nous recensons deux établissements : « Lycée Amar Ben Flis » et « Lycee Hchachna Kadour » et un CEM « Rghisse Noui » qui serait particulièrement vulnérables.

À un degré moindre, les autres secteurs urbains comme Bouakal, Parc à fourrage et le centre-ville, ne seront pas épargnés. En effet, le lycée « Salah Eddine El Ayoubi », le CEM « Tarek Ibn Ziad » et les écoles primaires : « Frères Hadna », « Ahmed Mekhari » et « El Hadayek » seraient également exposées au même risque (Cartes 8-13 et 8-14).



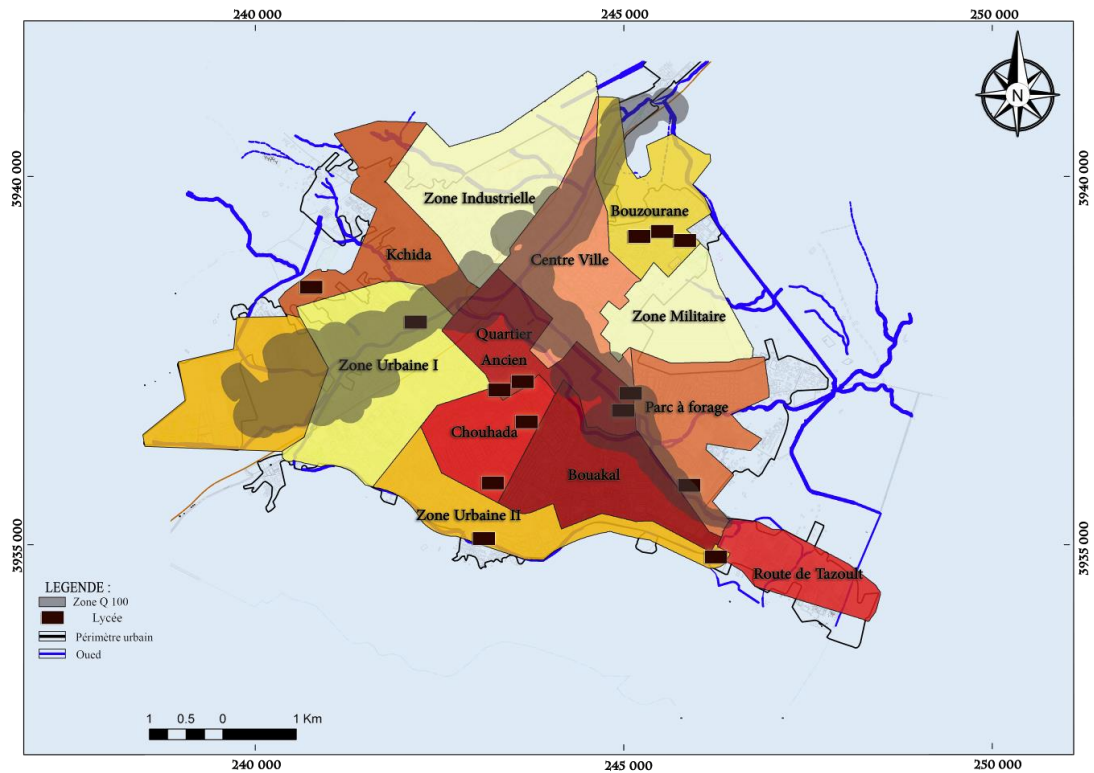
Source : Auteur, 2018

Figure8-12 : spatialisation de la vulnérabilité urbaine du Bâti-Equipements Scolaires - Écoles -



Source : Auteur, 2018

Figure8-13 : spatialisation de la vulnérabilité urbaine du Bâti-Equipements scolaire - C E M –

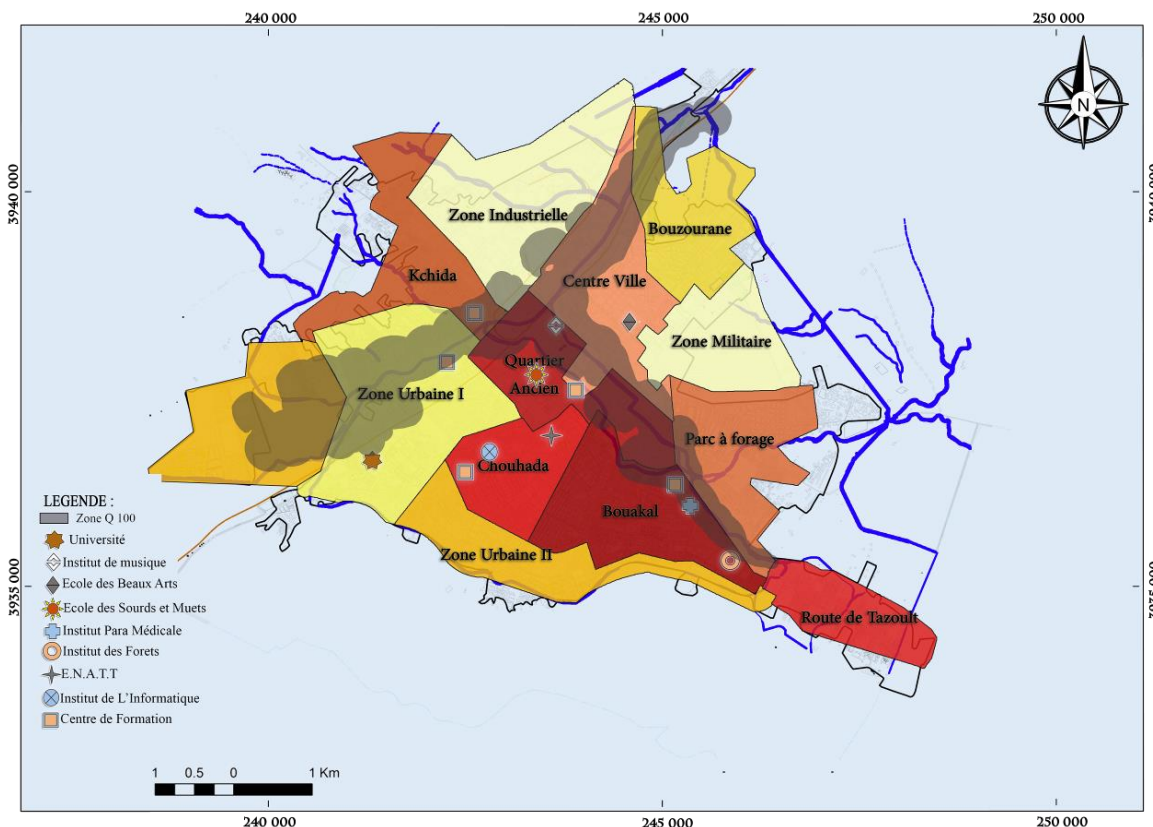


Source : Auteur, 2018

Figure8-14 : spatialisation de la vulnérabilité urbaine du Bâti-Equipements Scolaires - Lycées -

Bien que l’université Hadj Lakhdar de Batna abrite un nombre important de populations estudiantines, elle demeure à l’abri du risque d’inondation. Selon la même carte, cet établissement d’enseignement supérieur occupant la partie sud-ouest ne se trouve pas dans le couloir de servitude des crues centenaires prédites par notre modélisation (voir la carte 8-15). En revanche, la cité universitaire de « Kchida » à proximité de la cité « Hamla 1 » demeure vulnérable à ce type de risque. Ainsi, les étudiants qui y résident devraient occuper les étages supérieurs.

Quant au secteur de la formation professionnelle, la vulnérabilité de certains équipements sensibles est à noter. Dans le secteur urbain « Route de Tazoult », nous avons pu recenser particulièrement deux établissements importants en zone submersible. Il s’agit de l’institut national de formation professionnelle paramédical « INSFPM » et l’institut de formation relevant du secteur des forêts « I T F ». Un peu plus loin, à proximité de la cité « Zmala » nous signalons également en zone inondable l’existence de l’institut national spécialisé de formation professionnelle « INSFP — Batna ».



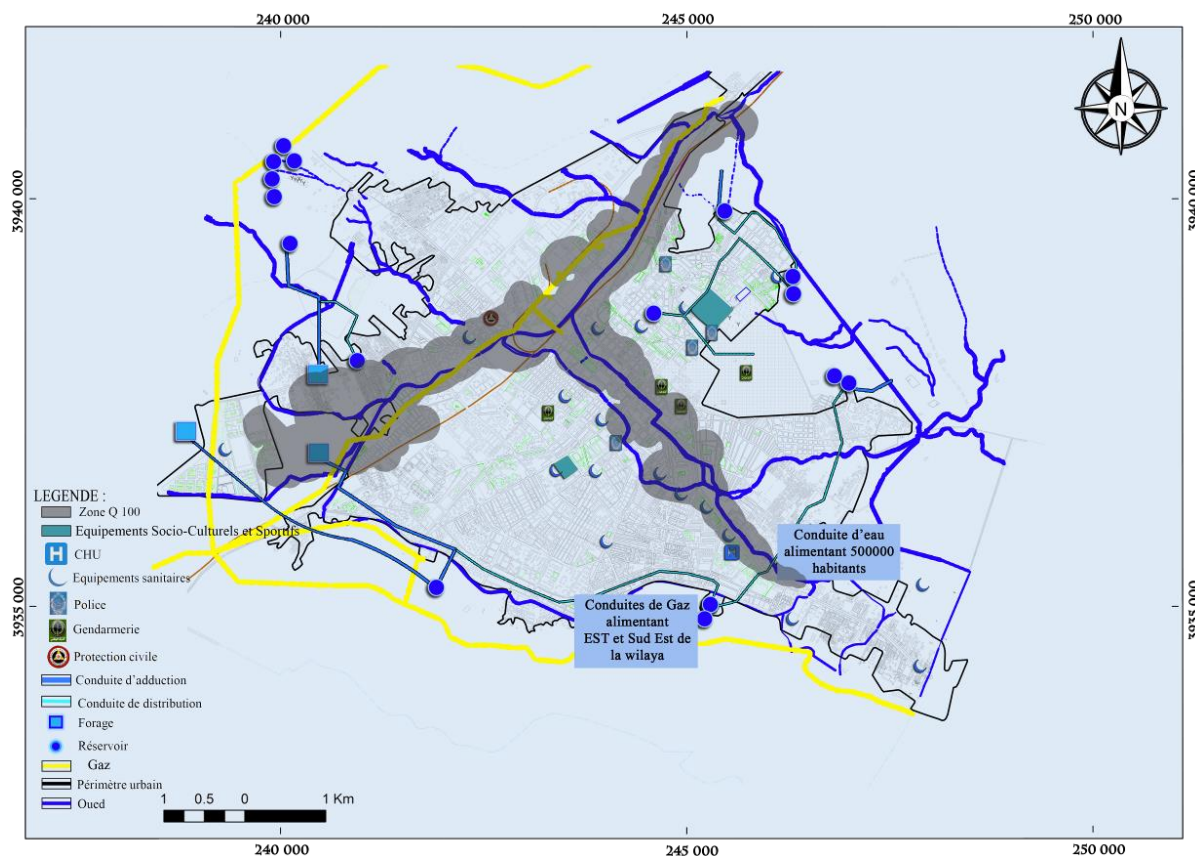
Source : Auteur, 2018

Figure 8-15 : Spatialisation de la vulnérabilité urbaine du Bâti-Université et centres de formation professionnelle

Concernant la vulnérabilité des équipements stratégiques et selon la loi 04-20 précitée, le dispositif de sécurité face aux risques liés à l'eau veille principalement sur les équipements stratégiques tels que les centres de commandement, les équipements de santé, les liaisons routières et de télécommunication et les bâtiments à caractère patrimonial.

Ces équipements spéciaux doivent faire l'objet d'expertise régulière, de moyens adéquats et de plans de confortement prioritaires. Par souci d'efficacité, la loi prévoit également un système national d'indemnisation et de recours à la procédure d'expropriation pour cause d'utilité publique.

Les mesures structurelles appuient quant à elles la gestion du Plan ORSEC spécifique à un aléa et un écosystème urbain donnés (Art.52). Il est utile de prendre note ici de sa rigueur en termes de phasage et d'organisation des opérations d'une part, ainsi que des moyens humains et matériels envisagés d'autre part (Art.53). (Aroua.N et Berezowska-Azzag. E, 2013).



Source : Auteur, 2018

Figure 8-16 : spatialisation de la vulnérabilité urbaine du Bâti-Equipements « Stratégiques »

8.2.1.3 Évaluation de la vulnérabilité des enjeux environnementaux :

a- Évaluation de la vulnérabilité des espaces verts :

Contrairement aux autres enjeux « humains » et « matériels », les jardins et les espaces verts en général qui font partie des enjeux environnementaux contribuent sensiblement à la réduction de la vulnérabilité des tissus urbains face au risque inondation. Ainsi les jardins publics : « allées Ben Boulaid » « place du théâtre » « Sahat Chouhada », « Jardin du 1^{er} novembre 1954 » dont la plupart occupent le cœur de la ville constituent une zone d'expansion des crues torrentielles menaçant la ville. Ces espaces verts sont conçus pour retenir les eaux de pluie et faire en sorte qu'elles s'infiltrent dans la terre, avant rejoindre les nappes phréatiques.

C'est la raison pour laquelle, Batna s'est doté d'un jardin botanique « La verdure » conçu par un architecte paysagiste polonais dans le but était de constituer une vraie zone d'expansion en formant un cône alluvial des crues générées par les oueds « Tazoult » et « Bougdane » qui se déversent dans cette cuvette. Ce jardin est situé dans une cité portant son nom « La verdure » jouxtant l'Oued de Batna. Cette partie constituerait une barrière naturelle à proximité du cours d'eau traversant le noyau historique de la ville de Batna.

L'unique « Parc urbain » de la ville de Batna, malgré qu'il soit localisé en pleine zone inondable à la cité Kchida, s'inscrit désormais dans les tissus urbains obéissant au principe d'écologie urbaine « Ville éponge » qui consiste à garder l'eau de pluie dans la ville plutôt que de la « jeter » dans nos égouts (Figure 8-17).



Avant l'inondation

Source : M.Carlier, 2018

Après l'inondation

Figure 8-17 : Principe de « la ville éponge »

b- Évaluation de la vulnérabilité du réseau « AEP » de la ville de Batna :

A priori, le réseau d'adduction d'eau potable « AEP » n'est pas plus vulnérable en cas de crue soudaine qu'en situation habituelle (normale), l'accent doit être mis sur le maintien du réseau sous pression afin d'éviter l'infiltration d'eaux charriées par les crues qui pourrait venir contaminer le réseau et engendrer des dysfonctionnements d'ordre technique et sanitaire (Ehlers, 2003). En revanche, d'autres problèmes comme les pannes électriques et la suspension provisoire des réseaux de communication peuvent impacter sérieusement le bon fonctionnement du réseau en question lors d'une inondation brusque.

Ainsi, la notion de situation de crise doit être intégrée pour toute évaluation qui se veut objective de la vulnérabilité du réseau d'alimentation en eau potable. De ce fait, la construction de la carte thématique relative à la vulnérabilité de cette catégorie a été confectionnée à partir du croisement des cartes des enjeux et celle de l'aléa centennial menaçant la ville. Cette dernière nous a permis de recenser les différentes composantes vulnérables de ce type de réseaux.

En ce qui concerne les forages, nous dénombrons plusieurs d'entre eux qui sont localisés dans le couloir de servitude de la crue centennale. Parmi ces forages classés comme vulnérables au risque d'inondation, nous pouvons citer : les forages « Kchida1, 3, 4 », « ravin bleu », « Kchida Riadh », et « Parc d'attractions ».

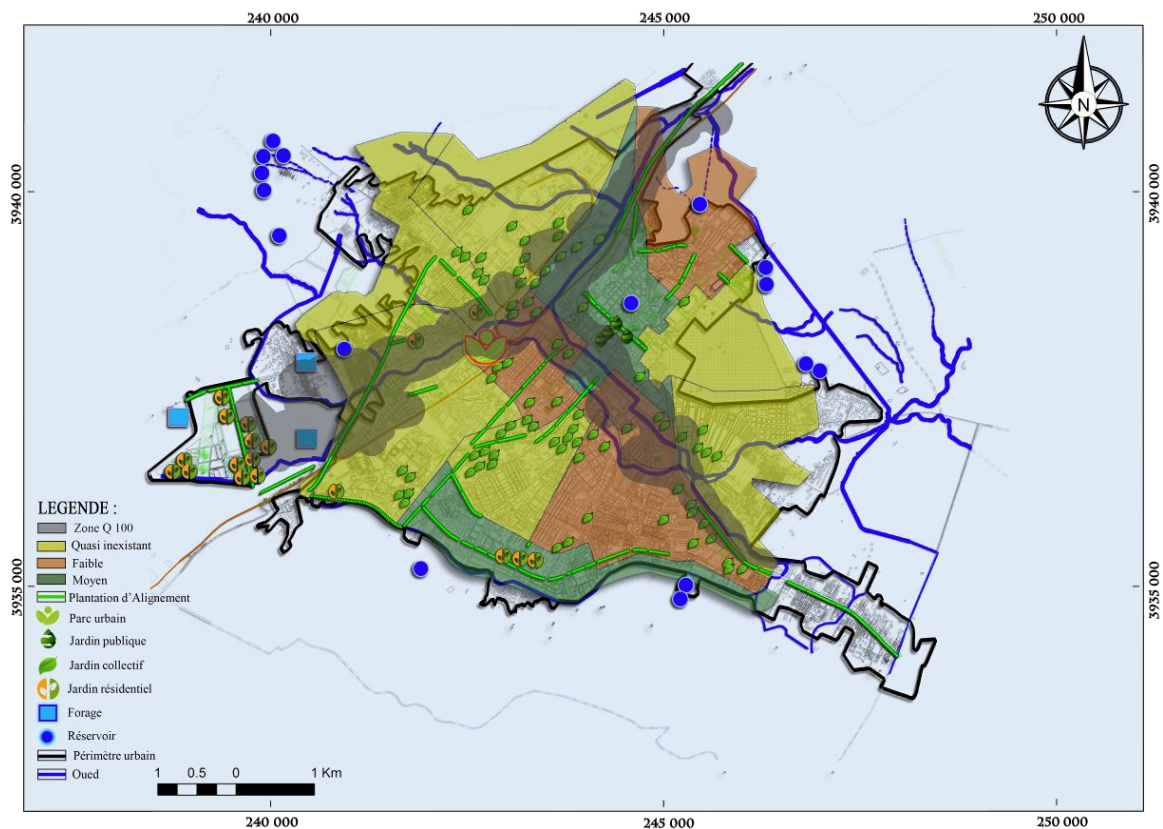
Tous ces forages ont un diamètre de 334.37 mm et des profondeurs qui varient entre 250 et 337 m. Il s'agit ici de veiller à la qualité de l'eau fournie durant des circonstances exceptionnelles pour s'assurer de cet aspect sanitaire et mesurer ainsi les risques portant sur la santé des populations secourues en eau potable saine.

Quant aux puits en tant que source d'eaux souterraines, en cas de crue, les nitrates peuvent s'infiltrer d'autant mieux dans la nappe phréatique que la lame d'eau qui couvre les horizons superficiels. Ce problème de pollution hydrique pourrait ainsi impacter ces puits. Dans la ville de Batna, plusieurs secteurs urbains totalisent un nombre important de puits vulnérables.

A l'image des grandes installations électriques, la majorité des grands réservoirs sont répartis sur la périphérie immédiate, loin des zones vulnérables répertoriées dans la carte des enjeux relatifs au réseau d'alimentation en eau potable de la ville.

Lors une catastrophe naturelle (inondations), si la situation de précarité perdure, la mise en place d’approvisionnement de secours pérennes à partir de ces réservoirs permettrait aux populations sinistrées d’affronter la crise dans des conditions optimales. Enfin, il y a lieu de souligner que les parties basses de la ville du point de vue altimétrique continuent à être alimentées par gravité depuis ces réservoirs même en cas de panne électrique.

En ce qui concerne le réseau de distribution d’eau potable dont la longueur avoisine les quelques 447053 mètres linéaires, seule une conduite importante constitue un réel danger en cas de survenance d’une crue soudaine importante. Il s’agit de la conduite localisée dans la partie sud dans le secteur inondable de la route de Tazoult (voir la carte 8-18 ci-dessous) qui alimente plus de 50 000 habitants (CTL, 2014).



Source : Auteur, 2018

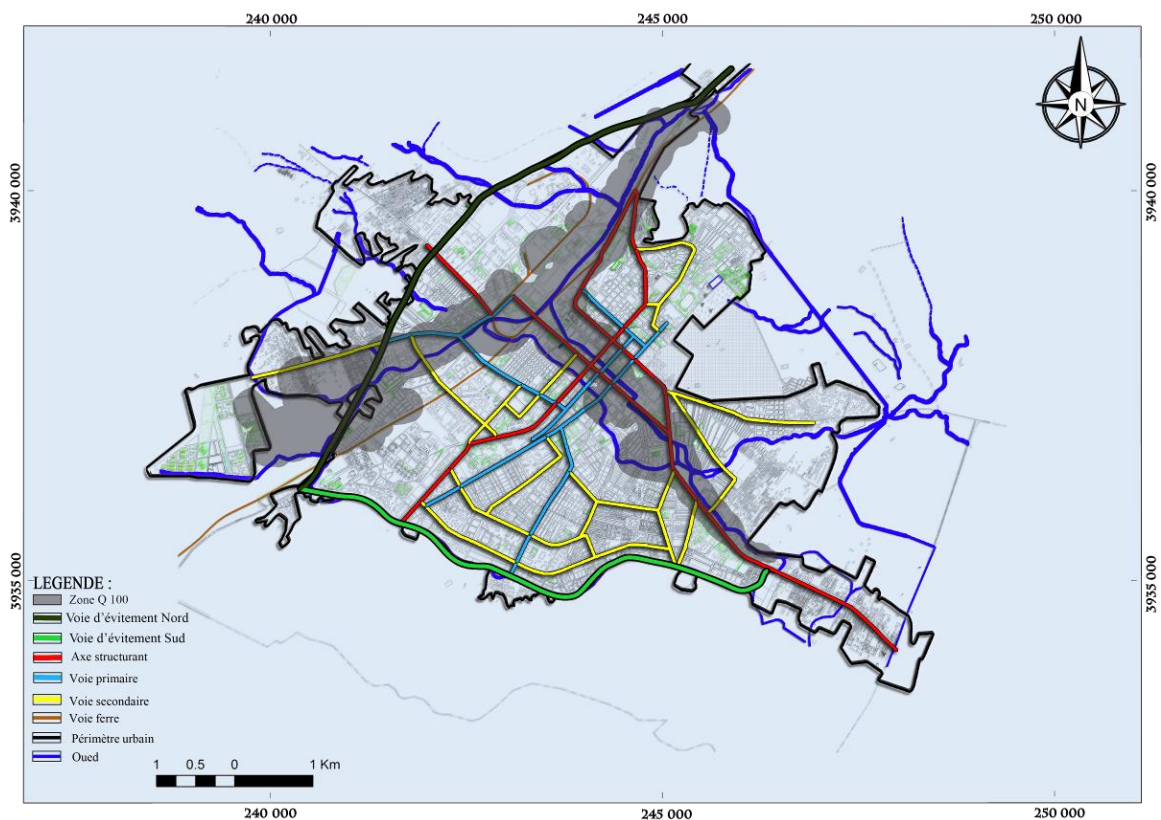
Figure8-18 : Spatialisation de la vulnérabilité des enjeux environnementaux

8.2.2 Évaluation de la vulnérabilité indirecte « Structurelle »

Comme nous l’avons bien expliqué précédemment, la vulnérabilité structurelle ou indirecte englobe les composantes suivantes :

8.2.2.1 Évaluation de la vulnérabilité urbaine de la voirie :

Une crue centennale exceptionnelle peut entraîner une submersion totale ou partielle des axes routiers signalés précédemment. Ce dysfonctionnement inattendu mettrait en danger les personnes empruntant ces axes de circulation et peut isoler plusieurs secteurs urbains du reste de la ville. Des personnes peuvent se retrouver ainsi emportées dans leur véhicule dès 30 ou 40 cm d'eau en présence de courant, cela est particulièrement vrai lors du franchissement des « passages à gué »¹¹⁶.



Source : Auteur, 2018

Figure8-19 : Spatialisation de la vulnérabilité de la voirie urbaine — Batna

Nous tenons à souligner qu'en cas de survenance d'une crue centennale, plusieurs parties de routes seront inondées, dont plusieurs axes importants structurant la ville : parmi les tronçons de voirie qui seraient endommagés :

- La voie d'évitement Nord serait submersible selon notre modélisation de crue centennale notamment le tronçon longeant la zone industrielle et la cité Kchida menacées également

¹¹⁶ Un « gué » est un endroit où l'on peut traverser un cours d'eau à pied, à dos d'animal ou en véhicule sur le fond, sur des pierres de gués ou sur un radier ou une chaussée immergée construite par l'homme, sans s'embourber ni être emporté par le courant. Wikipédia

par le risque d’inondation. De par sa localisation, la source de la crue provient du oued « El Gourzi » (voir la carte 8-19) ;

- La route nationale RN 31 en tant qu’axe important structurant la ville et traversant le cœur de la ville de Bouzourane au nord jusqu’à à la route de Tazoult au sud. Selon la carte thématique de risque ci-dessus (voir la carte 8-19), l’intégralité de cet axe routier important serait inondable et pourrait subir des dommages matériels importants.

- Quant aux voies urbaines primaires et secondaires, nous avons synthétisé les principaux axes routiers de la trame viaire de la ville de Batna (par secteur urbain) qui seraient submersible en cas de crue centennale, selon le tableau suivant :

Tableau 8-1 : principaux axes routiers inondables — ville de Batna

Secteur Urbain	Voirie urbaine primaire et secondaire
Bouakal	Rue des frere djebari
Quartiers anciens et Z'Mala	Allées Mohamed Boudiaf, rue Abdelmadjid Abdessamed, rue de Tazoult, rue des Frères Djebbar, rue Abdeslam Houcine, rue Libraire
Centre-Ville	Allées Ben Boulaid, avenue de la République, rue Krim Belkacem, rue Krim Belkacem, rue Benabes Mohamed Salah et rue Sahraoui Salah
Parc à fourrage	Rue Tarek Ibn Ziad
Kchida	Rue Hamla, rue Frere Mazaache et rue du Ravin bleu (zone industrielle)
Bouzourane	Route de Constantine
Route de Tazoult	Rue de Tazoult

Source : Auteur, 2018

Dans le même contexte, l’impact de l’inondation sur les réseaux routiers pourrait fortement restreindre le nombre d’itinéraires disponibles pour procéder à l’évacuation horizontale¹¹⁷ des populations. Selon un rapport portant l’étude des enjeux matériels présentée par la direction départementale des territoires de la SARTHE¹¹⁸ : « ... *Le risque*

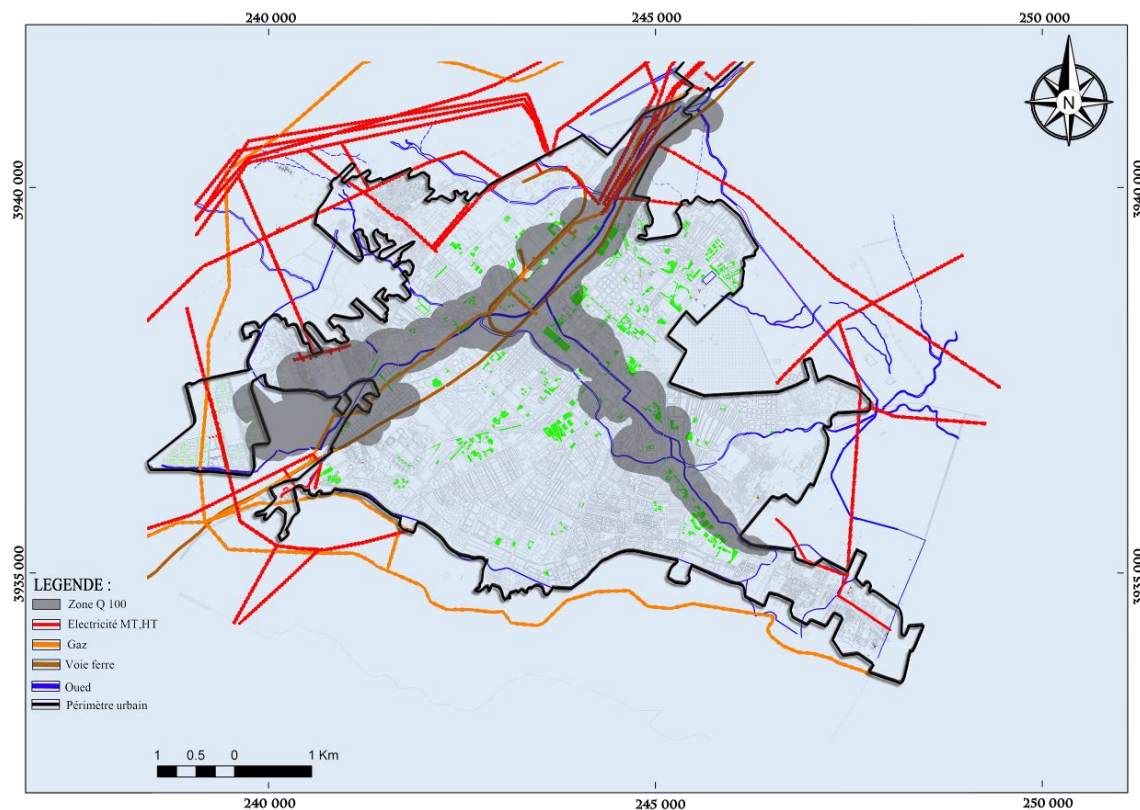
¹¹⁷ Evacuation horizontale : « ... Les individus exposés à un risque imminent d’inondation peuvent se préserver, en quittant la zone susceptible d’être inondée. La stratégie d’évacuation horizontale face à un risque imminent d’inondation vise à ce que les individus se mettent à l’abri du danger en quittant, pour une durée plus ou moins longue, la zone susceptible d’être inondée. Les personnes ainsi évacuées sont alors provisoirement relogées... »

Source : Les guides du CEPRI : « L’évacuation massive des populations Les territoires face à l’inondation » 118 PPRI —LA VEGRE : Rapport sur le Plan de Prévention du Risque Inondation de LA VEGRE, 33 p, 2016

humain est essentiellement lié à des déplacements inopportuns sur des voies inondées. Bien que les vitesses en lit majeur demeurent modérées, le passage sur des voies inondables demeure très périlleux, compte tenu des hauteurs d'eau qui peuvent être élevées, des accélérations localisées du courant et du risque de présence de bouches d'égout soulevées et non visibles... » (PPRI- LA VEGRE, 2016).

8.2.2.2 Évaluation de la vulnérabilité urbaine des réseaux énergétiques :

Lors d'une inondation soudaine, les dysfonctionnements des réseaux électriques et de gaz (électriques, gaz, etc.) qui peuvent engendrer des arrêts intermittents de certains réseaux pourrait compliquer les conditions de vie au sein des divers secteurs de la ville impactés par la survenue d'une crue exceptionnelle et mettrait en péril les personnes qui y habitent. Les points névralgiques de ces réseaux et la nature des dommages constituent ainsi des paramètres indispensables, voire incontournables, dont il faut tenir compte pour l'évaluation de la vulnérabilité urbaine globale.



Source : Auteur, 2018

Figure 8-20 : Spatialisation de la vulnérabilité des réseaux énergétiques –Batna -

Pour notre cas d'étude, en matière de réseaux énergétiques vitaux, la conduite de gaz qui alimente la partie Sud et Est de toute la wilaya, localisée dans la partie sud au niveau

du secteur urbain « Route de Tazoult » (voir la carte 8-20) se trouve malheureusement dans un périmètre inondable, cela pourrait porter préjudice lors d'une crue catastrophique induisant de sérieux problèmes d'alimentation des riverains en gaz. À l'intérieur des constructions, tout appareil à gaz naturel, y compris les compteurs, détendeurs ou régulateur de gaz qui se trouvent totalement ou partiellement submergé lors d'une crue, mettraient en péril la sécurité des habitants sinistrés.

Le fonctionnement de la ville dépend en grande partie du réseau électrique. Lors des inondations, beaucoup d'installations électriques peuvent être impactées lourdement engendrant des coupures prolongées dont les conséquences vont au-delà de la simple zone inondable. En effet, à travers les effets domino, un nombre important de populations dépendantes d'un dispositif électrique et vivant en dehors de la zone inondable peuvent potentiellement être affectées. La lecture analytique de la carte thématique du risque lié aux réseaux divers nous révèle que les lignes de moyenne et haute tension dont la plupart sont localisées dans la partie périurbaine de la ville sont relativement épargnées (Voir la carte 8-20).

Il nous est demandé donc, d'estimer objectivement les dommages indirects liés aux dysfonctionnements des réseaux suite à la survenue d'une catastrophe naturelle. À titre d'exemple, une panne d'électricité liée à une crue peut avoir des répercussions fatales sur des chambres froides industrielles pourtant en dehors de la zone inondée. Dans ces conditions, les dommages aux réseaux peuvent impacter plusieurs ouvrages : détenteurs des réseaux de gaz, station d'épuration et de traitement des eaux, postes de transformation d'électricité et usines de production d'énergie, etc., ainsi que les infrastructures de liaison : lignes électriques et conduites de gaz.

À l'instar des autres villes algériennes, la dépendance de la Batna aux réseaux augmente sensiblement le nombre de populations sinistrées par l'inondation. Dans le même contexte, le dysfonctionnement du réseau électrique et l'absence de gaz va gêner voire rendre impossible la mise en œuvre de la stratégie d'évacuation verticale¹¹⁹ avec maintien des populations sur place.

¹¹⁹ Evacuation verticale : « ... L'évacuation verticale des populations en cas d'inondation peut être définie comme le déplacement, à l'intérieur de la zone inondée ou susceptible de l'être, des personnes vers un ou des lieux situés au-dessus des plus hautes eaux attendues (point haut, coteau, bâtiment disposant d'étages...) en

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous nous sommes inspirés de la méthode développée par « Marion Tanguy » pour évaluer objectivement la vulnérabilité urbaine de Batna face au risque « inondation ». Il en résulte une approche combinée, construite autour des techniques de la cartographie numérique. Cette méthode a procédé par superposition et croisement des cartes thématiques : celles de l'aléa et des enjeux, issues des deux chapitres précédents (sixième et septième chapitres). Selon cette approche, deux aspects de la vulnérabilité urbaine évaluable ont été identifiés : « la vulnérabilité directe » ou « intrinsèque » et la « vulnérabilité indirecte » ou « structurelle ».

À travers l'exemple de la ville de Batna, retenue comme cas d'étude, ce travail de spatialisation et de cartographie numérique nous a permis d'évaluer objectivement la vulnérabilité intrinsèque de la population face au risque d'inondation. Ainsi, plusieurs cartes thématiques de risque ont été confectionnées par superposition des cartes des enjeux humains classés en cinq familles : « population résidante », « population lieu de travail », « population scolaire », « population hôpitaux » et « population autre : (sport, culture, culte, etc.) » sur la carte thématique de l'aléa.

La population qui serait la plus vulnérable est concentrée dans les quartiers anciens notamment la cité Z'mala, où l'habitat individuel est fort présent et dont la densité avoisine les 293 habitants par hectare. Ensuite, viendraient les secteurs : « route de Tazoult », qui regroupe 36 560 habitants sur une surface relativement réduite, et le secteur de « Kchida », abritant le lotissement « Erriadh » particulièrement inondable dont la population avoisine les 42 647 habitants.

La vulnérabilité intrinsèque englobe également la vulnérabilité du bâti. Elle comporte, entre autres, les enjeux matériels vulnérables rangés, selon leur typologie, dans deux classes distinctes : « habitations » et « équipements » (toutes catégories confondues :

vue de s'y mettre à l'abri. Contrairement à l'évacuation "horizontale", l'évacuation verticale ne vise pas à quitter la zone menacée, mais bien de se réfugier au-dessus des eaux... »

Source : Les guides du CEPRI : « L'évacuation massive des populations Les territoires face à l'inondation »

administratifs, sanitaires, scolaires, culturels, industriels, sportifs, culturels et commerciaux). Pour ce type de vulnérabilité urbaine, la même démarche a été mise en œuvre, à savoir le croisement de la carte de l'aléa, dont les prédictions se limitent à des crues centennales, avec celle des enjeux matériels détaillés ci-dessus.

Dans cette rubrique, contrairement aux bâtiments collectifs qui sont menacés plutôt par le risque sismique, les habitations individuelles notamment celles du lotissement Erriadh, demeurent les plus exposées au risque d'inondation. Quant à la catégorie des équipements, nous avons dénombré plusieurs structures à caractère administratif et de services dont la majorité sont concentrée au centre-ville, seraient submersibles en cas de crue centenaire soudaine. À cela s'ajoute le centre hospitalo-universitaire de Batna qui se trouve dans le tronçon inondable de la route de Tazoult.

Concernant les enjeux environnementaux, constitués essentiellement des espaces verts (toutes catégories confondues) ainsi que des points d'eau (puits, forages) alimentant la nappe phréatique, le même principe de croisement de cartes a été adopté. D'autres cartes thématiques de vulnérabilité directe (intrinsèque) ont ainsi pu être établies, à partir desquelles les zones urbaines abritant ce type d'enjeux ont été spatialisées avec une grande précision.

Pour ce qui est de l'évaluation de la vulnérabilité indirecte ou structurelle liée aux dysfonctionnements des réseaux (électriques, de gaz, d'eau potable, etc.), nous avons mobilisé le même cadre méthodologique. Ainsi, le croisement de la carte des enjeux relative à la voirie et les réseaux divers (VRD) avec celle de l'aléa nous a permis de confectionner une nouvelle carte thématique de risque sur laquelle figurent clairement les tronçons de voirie urbaine vulnérable et les réseaux énergétiques sensibles.

Dans ce contexte, les coupures d'infrastructures notamment routières et la submersion de la voirie urbaine pourraient isoler des secteurs urbains du reste de la ville. Ainsi, selon notre modélisation de crue centennale, la voie d'évitement nord serait submersible, singulièrement le tronçon longeant la zone industrielle et la cité Kchida.

Conclusion de la deuxième partie :

La partie empirique avait pour ambition de proposer une méthode d'évaluation de la vulnérabilité urbaine, à travers l'exemple de la ville de Batna retenue ici comme échantillon représentatif des villes-cuvettes algériennes. Pour ce faire, les trois composantes du risque, à savoir : l'aléa, les enjeux et la vulnérabilité, ont été intégrées et traitées de manière approfondie dans les trois derniers chapitres de cette seconde partie.

Ce travail d'ordre pratique s'est attaché à estimer la performance des outils méthodologiques retenus pour la présente recherche en vue de répondre aux objectifs initialement fixés. Ainsi, les résultats obtenus montrent que la spatialisation de la vulnérabilité urbaine a identifié clairement la racine spatiale du risque d'inondation à partir d'un recensement rigoureux des enjeux humains, matériels et environnementaux vulnérables présents dans le périmètre de l'aire d'étude.

Au terme de la présentation détaillée des fondements théoriques des différentes méthodes adoptées, nous avons entamé une série de modélisations appliquées à notre cas d'étude. Ces simulations ont abouti à la confection de cartes thématiques de synthèse riches en informations techniques et réglementaires susceptibles de constituer une base de données fiables pour une gestion optimale du danger redouté à chaque épisode pluvieux. Cette démarche pourrait constituer une base pratique et un moyen efficace pour aider les acteurs locaux à prendre des décisions prévisionnelles et non réactionnelles.

À partir du croisement des deux cartes thématiques, celle des aléas et celle des enjeux, une carte de synthèse a été obtenue sur laquelle figurent les différentes zones urbaines qui seraient submersibles en cas de crue exceptionnelle. Au vu des résultats recueillis, une bonne partie de la ville demeure vulnérable à des degrés différents selon les enjeux qu'elle abrite. Il s'agit de « Kchida », de l'entrée nord de la ville (du côté de la promotion immobilière Kadri), « Route de Tazoult (du côté du CHU) », de la « cité la Verdure », de la cité « Z'Mala », du « Parc à Fourrage », de « la route de Hamla » et d'une partie significative de la zone industrielle.

Conclusion générale :

Depuis la nuit des temps, l'homme semble particulièrement vulnérable et cherche à se protéger contre les risques de diverses natures en adoptant des comportements pour gérer les phénomènes dommageables auxquels il est exposé. Si tous les espaces sont concernés, les villes semblent concentrer les risques et favoriser à la fois leur augmentation et leur diversification. Ce constat unanimement partagé, pose la question de la relation entre le risque et l'urbanisation.

L'eau en général, et les cours d'eau en particulier, exercent une fascination ancestrale sur l'homme. Cette fascination, mêlée tantôt de crainte, tantôt d'attraction, ne s'est jamais démentie. Elle remonte loin dans l'histoire et répond à plusieurs besoins. À ce titre, l'ambiguïté de la relation qui régit la ville avec ses oueds réside dans le fait que le cours d'eau est à la fois un bienfaiteur (eau potable, nourriture, irrigation des cultures, énergie hydraulique, quiétude et bien-être, voie de communication, etc.) et une menace (crues, inondations, pollutions et nuisances diverses, etc.).

Sous cette thématique, ce présent travail a été consacré à une recherche compréhensive et herméneutique de la vulnérabilité urbaine des villes algériennes face au risque d'inondation au prisme de l'étude de la problématique spécifique de la ville de Batna.

Le premier temps de la compréhension est posé comme une investigation dans le champ thématique et l'environnement théorique par le développement des concepts clés du triptyque du risque : « aléa », « enjeux » et « vulnérabilité » et la prise en compte de la dimension urbain de ce phénomène.

Le premier postulat confirmé est que l'analyse du risque passe par la prise en compte du binôme aléa/vulnérabilité qui exprime un état de fragilité d'une aire urbaine et désigne sa propension à subir des dommages émanant d'un danger incertain. Les recherches récentes remettent le concept « vulnérabilité » au centre de la problématique du risque, relevant de ce fait les déficiences de l'approche classique qui se limitait au paramètre « aléa ». Le risque inondation a d'ailleurs été longtemps appréhendé uniquement au travers de la gestion de l'alea (débordement de l'eau).

L'étude de la dialectique risque-urbanisation nous a permis de démontrer que les villes sont plus vulnérables aux divers aléas anthropiques et naturels du fait de la concentration des enjeux exposés. La question de l'omniprésence d'enjeux humains, matériels et environnementaux dans la ville amplifie sensiblement les risques urbains, à première vue exogènes, mais aggravés par l'urbanisation.

La survenance de plusieurs catastrophes naturelles ces dernières décennies a suscité un débat sans précédent et un intérêt grandissant pour la question en vogue des risques naturels récurrents. Les villes, comme indiqué précédemment, apparaissent donc comme des espaces fortement vulnérables et constituent un terrain propice à la concentration de risques majeurs.

La contextualisation de notre recherche au cas algérien révèle que ce dernier ne déroge. Les villes algériennes ne possèdent pas de cours d'eau pérenne (qui coule à longueur d'année), la majorité des catastrophes dues aux inondations sont causées par un ruissellement violent et rapide engendré par des précipitations soudaines et orageuses, qui submergent de façon brutale des quartiers bas construits dans des lits des oueds habituellement secs.

Le cas de l'Algérie est particulièrement édifiant dans la mesure où la notion de vulnérabilité est largement occultée dans la gestion des risques urbains. Ce constat nous a orienté la formulation de l'hypothèse suivante : la dialectique régissant la relation entre l'urbanisation effrénée de nos villes et le risque d'inondation qu'elles encourent serait réconciliable dans un cadre de politique nationale globale.

La vérification de la première hypothèse s'est appuyée d'abord sur une lecture diachronique de la politique nationale de gestion des catastrophes naturelles, retraçant l'itinéraire législatif et réglementaire qu'a emprunté l'Algérie depuis la survenue du séisme dévastateur d'el Asnam en 1980 jusqu'à nos jours en passant par la promulgation de la loi 04-20 qui a inauguré une nouvelle approche dans le secteur dans la gestion des risques majeurs en Algérie par la promulgation d'un important dispositif juridique et institutionnel.

Cependant en dépit de cet élan législatif et réglementaire, la gestion des risques naturels en Algérie accuse plusieurs déficiences :

- La notion de responsabilité n'est pas assez identifiée, ce qui pourrait porter préjudice aux prérogatives attribuées aux acteurs locaux. De même, cela empêcherait de situer avec précision les erreurs de décisions prises sous le sceau de l'urgence, dues à des priorités conjoncturelles.

- Le manque de diversification dans le profil des intervenants de la fonction de gestion des risques. Hormis, le rôle des agents de la protection civile, aucun métier ne figure dans l'organigramme des fonctions reconnues en tant que telles au niveau national ;

- L'absence totale d'un processus continu et coordonné, ce qui pourrait générer des fonctions éparses et diffuses ;

- À l'exception des plans ORSEC, aucun amendement d'ordre structurel ne désigne clairement les acteurs censés intervenir en post-crise ni leurs prérogatives respectives ;

- L'inexistence de décrets exécutifs qui devaient suivre la promulgation de la loi 04-20 portant modalités d'établissement des plans de protection contre les risques (PPR) et d'exposition aux risques (PER) ;

- En matière d'urbanisation, les zones urbaines les plus vulnérables continuent à être régies par des instruments d'urbanisme issus de dispositifs législatifs et institutionnels imprécis et souvent inachevés.

Toutefois, un aspect positif mérite d'être signalé sur le plan institutionnel. Il s'agit de la création d'une délégation des risques majeurs, sous l'égide du Premier ministre, dont le rôle central est la coordination des mesures exceptionnelles prises en cas de survenance d'une catastrophe naturelle.

Quant à la prise en compte des risques naturels dans les instruments et les actes d'urbanisme, nous pouvons citer les nouveaux amendements législatifs et réglementaires promulgués en vue de rendre indispensable le classement des zones exposées aux aléas naturels lors de l'élaboration des plans d'occupation des sols au niveau local.

À titre d'illustration, le PDAU, dans son volet réglementaire, édicte des règles d'usage et précise les servitudes des oueds à respecter lors de l'élaboration des plans

d'aménagement et de composition urbaine. Néanmoins, ces normes techniques et réglementaires sont laissées à l'appréciation des aménageurs et des bureaux d'études selon le contexte local et les caractéristiques morphologiques de chaque cours d'eau.

De même, le plan d'occupation des sols (POS) en tant qu'outil d'urbanisme de détail, il définit quant à lui, les droits d'usage du sol et de construction à la parcelle. Il précise entre autres les servitudes d'urbanismes auxquelles les zones vulnérables doivent se soumettre. Ces nouvelles mesures relatives aux conditions de constructibilité des sols sont désormais prises en considération dans la délivrance des actes d'urbanisme.

Au prisme des données développées, il est nous est possible de déduire que la gestion des risques naturels en général et celui des inondations en particulier n'est pris en charge que dans l'exceptionnalité d'une survenance soudaine d'une catastrophe dévastatrice et ne s'intègre nullement dans réflexion ancrée dans la gestion continue de l'urbain. La relation dialectique régissant le phénomène d'urbanisation et le risque d'inondation en tant qu'aléa naturel demeure complexe, mais réconciliable à condition de surmonter les lacunes énumérées précédemment. Ainsi la première hypothèse est confirmée.

Dans la continuité de notre démarche réflexive, le deuxième temps de notre scénario méthodologique fut porté sur l'examen des différentes approches d'évaluation de la vulnérabilité urbaine de Batna, avait pour ambition de vérifier la seconde hypothèse selon laquelle la spatialisation du risque d'inondation basée essentiellement sur la modélisation et la cartographie serait un outil pertinent d'évaluation de la vulnérabilité urbaine face à ce type d'aléa naturel. Cette partie, d'ordre pratique, a mis l'accent exclusivement sur le cadre méthodologique.

Dans ce volet pratique, notre choix s'est porté sur la ville de Batna comme échantillon représentatif des villes algériennes entourées de montagnes et traversées par des oueds le plus souvent à sec. Ces cités se démarquent par une configuration physique qui leur confère le surnom de villes-cuvettes. À travers ce cas d'étude, nous avons pu illustrer que l'approche méthodologique construite autour de la cartographie numérique des composantes du triptyque du risque constitue une alternative sérieuse quant à l'évaluation objective de la vulnérabilité des villes algériennes.

La confection des cartes de vulnérabilité urbaine, obtenues par croisement des deux cartes thématiques portant sur les aléas et les enjeux, nous a permis de délimiter avec une grande précision les secteurs urbains qui seraient particulièrement submersibles au niveau de Batna en cas de crues exceptionnelles. Leur réalisation allie trois outils méthodologiques : la « HecRas-MNT » pour la modélisation hydraulique de l'aléa, l'« Analytic Hierarchy Process » mise au point par T.L. Saaty et reprise par Florent Renard pour la spatialisation des enjeux vulnérables et enfin la méthode de « vulnérabilité intrinsèque et structurelle » de Marion Tanguy pour la cartographie numérique et la spatialisation de la vulnérabilité urbaine.

Au vu des résultats obtenus, nous pensons que la présente méthode, peu gourmande en données, pourrait se substituer facilement aux approches classiques basées, en général, sur l'examen des cartes d'aléa, souvent issues d'enquêtes *in situ*. Par ailleurs, elle présente l'avantage de recourir à des logiciels de large diffusion tels que HEC-RAS pour la simulation hydraulique et Arc-Gis pour le traitement des données géographiques. Ces programmes informatiques sont accessibles et à la portée des techniciens de nos collectivités locales. En somme, nous estimons que cet outil méthodologique serait aisément applicable à n'importe quelle ville algérienne.

Cependant, la présente approche combinée qui s'est tracé l'objectif d'évaluer objectivement la vulnérabilité urbaine, présente quelques limites et ne peut embrasser tous les aspects liés au cadre méthodologique que nous avons adopté :

- L'évaluation de la vulnérabilité humaine est fondée essentiellement sur les données statistiques qui ne reposent que sur la population résidentielle. Or, le recensement des autres catégories d'enjeux humains s'est limité à quelques données sommaires présentées dans le cadre de la monographie de la wilaya, ce qui pourrait présenter quelques incertitudes quant à la cartographie et la spatialisation de ces de la population selon sa catégorisation : « résidante », « en transit », « lieu de travail », « autre : sport, culture, culte, divertissement », « hôpitaux » et « scolaire » ;

- Le maillage de la population, établi par notre démarche considère que la répartition de la population sur le secteur urbain obéit exclusivement au critère de proportionnalité dans les statistiques collectées. Cela suppose l'hypothèse d'une répartition homogène de la population au sein du même quartier. Or, la réalité est autre et mérite un réajustement lors

de la confection des cartes thématiques finales en pondérant les résultats obtenus en fonction de l'heure de la journée en vue d'aboutir à des cartes de vulnérabilité intrinsèque quotidienne et nocturne. Ainsi le critère de temporalité n'est pas pris en considération dans cette simulation ;

- Sont exclus de la présente méthodologie les indicateurs fixant les hauteurs de submersion dans les zones inondables appelés « lame d'eau ». Ainsi dans cette approche, l'indicateur relatif à la hauteur d'eau qui permet, entre autres, de déterminer avec exactitude la vulnérabilité du Bâti selon les hauteurs d'eau, n'est pas pris en compte à cause des spécifications techniques très complexes qui requiert. Cela est dû essentiellement à la taille importante du corpus d'étude.

- Le paramètre de zonage, obtenu par intersection de deux couches d'informations issues de l'image satellitaire de haute résolution et des données topographiques précises, classe les secteurs submersibles par degrés de vulnérabilité : faible, moyen et fort. Ainsi, notre méthode adoptée pour l'évaluation de la vulnérabilité du bâti s'est limitée à trois couloirs de servitudes correspondant aux prédictions de l'étendue des crues avec des périodes de retour de 10, 50 et 100 ans (crues exceptionnelles).

- Incertitude des données issues des cartes SRTM en matière de données altimétriques susceptibles de générer des modèles numériques de terrains (MNT) . À ce titre, cette marge d'erreur qui peut atteindre 25 m est relativement admissible pour notre corpus d'étude, mais demeure imprécise lorsque nous serons appelés à restreindre le champ d'application de cette approche dans des secteurs urbains plus réduits. Dans ce cas, nous devons impérativement recourir à des brigades topographiques pour limiter la marge d'erreur à seulement 1.00 m ;

- Concernant la vulnérabilité structurelle, il est toujours possible d'affiner cette étude, en considérant chaque enjeu comme un véritable système au sein desquels de multiples composantes possèdent chacune une vulnérabilité propre. Par exemple, le réseau d'alimentation en eau potable comprend une grande diversité d'éléments constitutifs qui ne sont pas affectés de la même manière en cas de crues. Des études spécifiques complémentaires impliquant un savoir-faire très spécialisé dans ces domaines sont donc nécessaires si l'on souhaite travailler à ce fort niveau de précision ;

- Le retour d'expérience n'est pas pris en compte dans la présente étude. Ce paramètre est indispensable, voire incontournable, pour le recoupement et la vérification des résultats des modélisations numériques. Le retour d'expérience se présente souvent comme un rapport comprenant des documents ayant trait à la gestion chronologique d'un évènement tragique passé. Permettant d'analyser cet évènement, il peut être appréhendé comme un outil de capitalisation et de transmission de l'expérience acquise. Ainsi, il peut constituer un point de départ pour l'atténuation de la vulnérabilité urbaine.

- Si certaines données sont relativement faciles à récolter régulièrement au niveau local, telles que les informations météorologiques, d'autres le sont beaucoup moins, comme les images satellitaires mises à jour pour une meilleure exploitation de la part des décideurs. Cette contrainte est surmontable en généralisant des formations techniques périodiques au profit des techniciens locaux dans le domaine des systèmes d'information géographique (SIG).

- Dans le même ordre d'idée, s'il apparaît facile d'évaluer des dommages tangibles, de nature économique par exemple, il n'en est pas de même pour les dégâts et les pertes immatérielles (lenteur des délais prévus pour revenir à une vie normale suite à une crise, vulnérabilité des personnes d'ordre psychologique, etc.). Ces indicateurs demeurent difficilement évaluables, voire parfois impossibles à quantifier.

- Enfin, nous estimons que la taille du corpus d'étude était trop importante pour être mesurable avec une grande précision. Les données développées confortent ainsi la seconde hypothèse sous réserve de réajustement de quelques paramètres d'ordre pratique en vue de pallier les lacunes précédemment soulevées.

Notre contribution constitue une assise méthodologique destinée aux différents acteurs de la ville proposant des outils pertinents et opérationnels pour l'aide à la décision prévisionnelle et non réactionnelle dans la gestion des risques urbains. Cependant cette recherche n'aspire pas à tendre vers une approche monographique qui aurait le tort de n'enseigner que sur un cas particulier qui n'éclaire que ses propres enjeux. Ainsi, l'accent est mis sur la partie méthodologique de l'outil comme canevas d'intervention sur d'autres éventuels terrains d'études.

PERSPECTIVES ET PISTES DE RECHERCHES.

Dans notre approche du risque urbain, nous avons pris le parti d'étudier la gestion des risques d'inondation au prisme de la vulnérabilité urbaine des villes cuvettes. Il serait intéressant de tester la faisabilité de notre approche sur d'autres régions en Algérie comme les villes côtières et celles du Sahara. Cela témoignera de la pertinence des outils météorologiques retenus dans notre analyse, susceptibles d'être extrapolés à d'autres configurations géographiques et territoriales.

De même, la fiabilité des résultats obtenus ne peut être confortée que par le recours à d'autres paramètres tels que « le retour d'expérience ». Cet indicateur se présente souvent comme outil de capitalisation et de transmission de l'expérience acquise et sert au recoupement des résultats de cartographie. Il peut constituer ainsi un point de départ pour l'atténuation de vulnérabilité urbaine de nos villes.

D'autres approches complémentaires peuvent être envisagées intégrant le nouveau concept de « résilience ». Ce paramètre n'a pas été pris en compte dans la présente recherche. Il mérite ainsi d'être exploré sous ses multiples facettes.

Enfin, des recherches futures peuvent être entreprises pour aborder avec d'amples détails la question de la prise en compte des plans de prévention (PPR) et d'exposition (PER) aux risques naturels dans les instruments d'urbanisme. La pertinence des mesures envisagées à partir de cet axe de recherche serait bénéfique et contribuerait de façon programmatique au processus de prise de décision au niveau local.

Bibliographie :

- Albouy F. X., (2002). Le temps des catastrophes. Descartes et Cie Ed, Paris, 172 p.
- Allard P., (2000). Éléments pour une problématique de l'histoire du risque. Du risque accepté au risque maîtrisé. Représentations et gestion du risque d'inondation en Camargue, XVIIIe-XIXe siècles. [En ligne]. Disponible sur : <http://ruralia.revues.org/document152.html> [consulté le 26/02/2015]
- Adoui H., (2013). Simulation de l'écoulement de l'oued Bousaâda en période de crue par le code 1 D Rubarbe, 3e Conférence internationale sur l'Eau, Alger.
- Ammari L., (2017), Les crues torrentielles, ENSH, 2017. [En ligne]. Disponible sur : <https://fr.slideshare.net/Ammari/les-cruces-torrentielles>. [Consulté le 24/01/2018].
- Aroua N., (2009). Contribution à l'étude de la vulnérabilité urbaine au risque d'inondation dans un contexte de changement climatique. Cas de la vallée d'Oued El Harrach à Alger, Fifth Urban Research Symposium.
- Aroua N., (2009). Contribution à l'étude de la vulnérabilité urbaine au risque - Cas de la vallée de oued El Harrach à Alger, Fifth Urban Research Symposium 2009, 20 p. 2009.
- Aroua N., Berezowska-Azzag E., (2013)0. Le risque intrinsèque à la gestion locale des risques liés à l'eau en Algérie, in Revue géographique de l'Est, vol. 58/3-4 | 2018, [En ligne]. Disponible sur <https://journals.openedition.org/rge/4628> [consulté le 24/01/2019].
- Asté J., P., (1994). Les outils d'aide à la prévention et à la gestion du risque en milieu urbain, in Revue de Géographie Alpine, n° 4, Grenoble, pp. 125-129
- Azzag Berezowska. E., KHEDDOUCI. N., (2006). Les risques : ce qu'il y a lieu de savoir, in vie des villes, n° 4, pp.38-41.
- Ayral P. A., (2002). Terminologie en science du risque : Recueil de définitions. Rapport du séminaire du GEM-Risque, École des mines d'Alès, 87 p.
- Baaziz N., (2008). Étude sur la qualité de l'eau potable et risque sur la santé – cas de la ville de Batna, mémoire de magister, 154 p.
- Bahmani R., (2016). How can I produce a DSS time series to be used in HEC-HMS or HEC-GridUtil, [En ligne]. Disponible sur <https://www.researchgate.net> [Consulté le 16/02/2017]
- Bahoken F., Guillande R., (2004). D'une prise en compte du risque d'inondation et préparation de crise par les PME-PMI situées en zones inondables : difficultés, conditions de sensibilisation avant mise en œuvre approche généralisable, Compte rendu programme EPR MEDD, 106p.
- Bankoff G., Frerks G., Hilhorst D., (2004), Mapping vulnerability, Earthscan Publications, London, 236p.
- Ballais J. L., (2010). Des oueds mythiques aux rivières artificielles : l'hydrographie du Bas-Sahara algérien, p. 107-127. [En ligne]. Disponible sur : <https://journals.openedition.org/physio-geo/1173>. [Consulté le 06/06/2015]
- Barraqué B., (1994) .Risque d'inondation : Urbanisme réglementaire ou servitude négociée ?, in Espaces et Sociétés, vol. 77, pp. 133-152.

- Barroca B., (2005). Analyse et évaluation de la vulnérabilité aux inondations du bassin de l'orge aval, Septièmes Rencontres de Théo Quant. [En ligne]. Disponible sur : <http://thema.univ-fcomte.fr/theoq/pdf/> [Consulté le 18/03/2018]
- Barroca B., (2006). Risque et vulnérabilités territoriales : les inondations en milieu urbain, Thèse de Doctorat, Université de Marne-La-Vallée, Marne-La-Vallée, 340 p.
- Barroca B., Hubert G., (2008). Urbaniser les zones inondables est-ce concevable ?, in Développement durable et territoires, Dossier 11 : Catastrophes et Territoires [En ligne]. Disponible sur : <http://developpementdurable.revues.org/index7413.html> [Consulté le 03/04/2016]
- Batisse M., Villevieille A., (1997). Les risques naturels en Méditerranée : situation et perspective. Les fascicules du Plan bleu, Economica, Paris, 160 p.
- Bayet C., (2000). Comment mettre le risque en cartes ? L'évolution de l'articulation entre science et politique dans la cartographie des risques naturels, in Revue des Sciences Sociales du Politique, volume 13, n° 50, pp. 129-150.
- Becerra S., (2012). Vulnérabilité, risques et environnement : l'itinéraire chaotique d'un paradigme sociologique contemporain, in Revue électronique de l'environnement « VERTIGO », volume 12 n° 1.
- Beck E., (2006) : Approche multirisque en milieu urbain : le cas des risques sismiques et technologiques dans l'agglomération de Mulhouse, Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 482 p.
- Beck U., (2001) .La société du risque : sur la voie d'une autre modernité, Paris, Flammarion, 522 p.
- Belazougui. M, (2018). La politique nationale de gestion des risques de catastrophe, Conférence nationale sur la gestion des risques de catastrophe, Alger, 22 et 23 octobre 2018.
- Benaïcha A., (2011). L'inadéquation du cadre bâti aux pratiques sociales - cas de l'habitat collectif à Batna, mémoire de magister, 177 p.
- Benguenaoui Mohamed Amine, (2014). La Vulnérabilité urbaine aux risques majeurs naturels et technologiques, EPAU, 7 p.
- Benmansour N., (2009). Étude de crues et localisation des zones inondables, mémoire de Magister, École Nationale Supérieure Agronomique El Harrach, Alger, 158p.
- Bennis S., (2004). Hydraulique et hydrologie, 3e Édition, École de technologie supérieure-Canada, 492 p.
- Benouar D., (2006). Sur les réductions des risques de catastrophe, in vie des villes, n° 4, pp.38-41.
- Benyahia L., (2015). Les dysfonctionnements dans le développement urbain, entre les outils d'aménagement et les enjeux socio-économiques — cas de la ville de Batna —, Thèse de doctorat, Université Hadj Lakhdar Batna, 395 p.
- Beseme J-L., (1995). Influence de l'occupation des sols sur les inondations, in Ingénieries, EAT, Numéro spécial risques naturels, pp. 17-24.
- Bessy-Pietri P., Hilal M., Schmitt B., (2000). Recensement de la population 1999, Évolutions contrastées du rural, in Insee Première, n° 726, 5 p.

- Beucher S., Rode S., (2009). L'aménagement des territoires face au risque d'inondation : regards croisés sur la Loire moyenne et le Val-de-Marne, in M@ppemonde, vol. 94, 19 p.
- Billet P., (2002). La zone inondable : essai de typologie de la délimitation juridique des zones soumises au risque inondation, in Géocarrefour, vol. 75, n° 3/2000, pp. 254-255.
- Blancher P., (1998). Risques, ville et réseaux techniques urbains, Risques et réseaux techniques urbains, Collection du Certu, volume 18, 168 p.
- Bonnet J., (2004). Risques urbains et sociétaux : la vulnérabilité des grandes villes, in la géographie des risques dans le monde, Ellipses, Paris, pp. 421-442.
- Bouchelaghem H., (2008). Caractérisation du peuplement Odonatologique du bassin versant des oueds : Cherf Seybouse, Mémoire de magister, Université de Guelma, 146p.
- Boutte G., (2006). Risques et catastrophes: comment éviter et prévenir les crises, Ed. Papyrus, 334 p.
- Boutoutaou Dj., (2014). Méthode de calcul des crues et des hydrogrammes de crue des oueds non-jauges de l'Algérie, Laboratoire de valorisation et d'exploitation des ressources naturelles en zones arides. Université d'Ouargla, Algérie, 5 p.
- Bruno LEDOUX B., (2006). La gestion du risque inondation, ED LAVOISIER/TEC ET DOC, 770 p.
- Cannon T., (2000). Vulnerability analysis and disasters in Parker J.A., in eds Floods, vol. 1, Routledge, London, pp. 45-55.
- Caude G., (1987). Vulnérabilité et Plan d'exposition aux risques, in La Société vulnérable-évaluer et maîtriser les risques, Presses de l'ENS, pp. 361-371.
- Chachoua A., (2009). Gestion de crue dans un bassin versant, étude hydrologique, hydraulique et aménagement, mémoire de magister, Université Aboubakr Belkaid - Tlemcen, 135p.
- Chaline C., Dubois Maury J., (1994). La ville et ses dangers : Prévention et gestion des risques naturels, sociaux et technologiques, ED Masson, Collection pratique de la Géographie, Paris, 247 p
- Chaline C., Dubois-Maury J., (2004). « Les risques urbains », Armand Collin, Paris, 208 p.
- Chardon A.C., (1996). Croissance urbaine et risques naturels. Évaluation de la vulnérabilité à Manizales, Andes de Colombie, Université de Grenoble 1, 400 p.
- Clark C., (1983). Les inondations, Time-Life Books, La planète Terre, Amsterdam, 176 p.
- Combe C., (2004). « Le risque d'inondation à l'amont de Lyon : héritages et réalités contemporaines, in Géocarrefour, vol. 79 1/2004, pp. 63-73
- Combe C., (2007). La ville endormie ? Le risque d'inondation à Lyon — Approche géo historique et systémique du risque de crue en milieu urbain et périurbain, Thèse de doctorat en Géographie Université Lumière Lyon 2, Lyon, aménagement et urbanisme, 360 p.
- Cortes A., (2006). L'appropriation active du risque inondation : intérêts et limites de la réglementation. Étude de cas entre Seyssel et Bregnier Cordon (Haut Rhône), Rapport de stage Ingénieur Maître-Institut de la Montagne.

- Cutter S. L., Mitchell, J. K., Scott, M. S., (2000). Revealing the Vulnerability of People and Places : A Case Study of Georgetown, South Carolina, in *Annals of the Association of American Geographers*, vol. 90, n° 4, pp. 713-737.
- Cutter S.L., Boruff B.J., Shirley W.L., (2003). Social vulnerability to environmental Hazards, in *Social Science Quarterly*, n° 84 (2), p.242-261.
- Dal Pont J. P., (2010). Sécurité et gestion des risques, in *Techniques de l'ingénieur*, se12, 6 p.
- Dauphiné A., (2001). Risques et catastrophes : observer, spatialiser, comprendre, gérer, Armand Colin, Collection U Géographie, Paris, 288 p.
- Dauphiné A., PROVITOLLO D., (2003). Les catastrophes et la théorie des systèmes auto organisés critiques, In : Moriniaux V. (coord.), *les risques*, édition du Temps, pp. 22-36.
- Dartau B., (1999). L'étude économique des crues du bassin de l'Orb de décembre 1995 et janvier 1996, in HUBERT G., LEDOUX B., *le coût du risque : L'évaluation des impacts socio-économiques des inondations*, Paris, Presses de l'ENPC, pp. 111-114.
- Defossez S., (2009). Évaluation des mesures de gestion du risque inondation. - Application au cas des basses plaines de l'Aude, Thèse de doctorat, Université Montpellier III, 462 p.
- Degardin F., (2002). Urbanisation et inondations : de l'opposition à la réconciliation, in *Certu, Bulletin de l'association de géographes français*, N° 79-1 pp. 91-103.
- D'Ercole R., (1994). Les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés : concepts, typologie, modes d'analyse, In : *Revue de géographie alpine*, Tome 82 N° 4, pp. 87-96.
- D'Ercole R. et THOURET J. (1995), "Croissance urbaine et risques naturels : présentation introductive, in *Bulletin de l'Association de Géographes Français (BAGF)*, pp. 311-337
- D'Ercole R., (1996). Vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain : effets, facteurs et réponses sociales », Acte de colloque international 'Croissance urbaine et Risques naturels dans les Pays en Développement', Clermont-Ferrand France, Cahier des Sciences humaines, pp. 407-422.
- D'Ercole R, Metzger. P (2009), 'La vulnérabilité territoriale : une nouvelle approche des risques en milieu urbain', *Cybergeog : European Journal of Geography* Vulnérabilités urbaines au sud, article 447, mis en ligne le 31 mars 2009, <http://wcybergeog.revues.org/index22022.html>, consulté le 12/01/2011.
- Dourlens C., (2003), *La question des inondations, Le prisme des sciences sociales*, ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement (DRAST), 105p.
- Dridi H., (2011). La circulation dans la ville de Batna (est algérien) réalité et perspectives — approche par les SIG, mémoire de magister, 162 p.
- Duband D., (2000), *Les aléas extrêmes de crues et inondations*, Colloque Risque et génie civil, Presse de l'École Nationale des Ponts-et-chaussées, Paris, 8-9 novembre 2000.
- Dubois-Maury. J, (2001). *Les risques naturels, quelles réponses ?* Paris, la documentation française, 88 p.
- Dubois-Maury J., (2012). Les grandes métropoles face aux risques naturels et technologiques. In *Sécurité et Stratégie*, Vol. mai-août.

- Eurydice 92 (1991). Réconcilier l'eau et la ville par la maîtrise des eaux pluviales, Ed. de STU, Ministère de l'Équipement, Paris, 64 p.
- Ewald F., (1986). Histoire de L'État providence, Grasset et Fasquelle, Paris, p19.
- Fabiani, J. L., Theys, J., (1987) : la société vulnérable : évaluer et maîtriser les risques, Presses de l'École normale supérieure, Paris, 674 p.
- Favier R., (2002). Les pouvoirs publics face aux risques naturels dans l'histoire, C.N.R.S. MSH, Grenoble, 444 p.
- Flax L. K., et al. (2002). Community vulnerability assessment tool methodology), in Natural Hazard Review, volume 3, n°4, Nov 2002, pp. 163-176.
- Fernini-Haffif A., (2008). Évaluation méthodologique de la vulnérabilité urbaine face aux risques majeurs naturels — simulation partielle sur un quartier témoin algérois, mémoire de magister, EPAU, Alger, p126.
- Foster H.D., (1976). Assessing disaster magnitude : a social science approach, in Professionnal Geographer, n° 28 (3), pp. 241-247.
- Fowé Tazen F., Karim Traoré K., Hado Ouedrago H., Maïmouna Bologo/Traoré M., Gnenakantanhan Coulibaly G., Harouna Karambiri H., (2015). L'évaluation de la vulnérabilité des populations aux inondations à Ouagadougou — : cas des secteurs de Paspanga, Kilwin et Kossodo, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), Laboratoire Eaux Hydro-Systèmes et Agriculture (LEHSA), Burkina Faso, 155 p.
- Fraisse Ph., Tondon Ph., (1986). Construire en zone inondable. Réponses architecturales, Direction Départementale de l'Équipement de Moselle, Metz, 28 pages
- Garry G., Graszek E., (1999). Plans de prévention des risques naturels (P.P.R.) : risques d'inondation, Guide méthodologique, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'environnement, Ministère de l'Équipement, La Documentation Française, Paris, 123 p.
- Gautier É.F., (1939). L'Afrique blanche, Éd FAYARD, Paris, 366 p [En ligne]. Disponible sur : <https://www.abebooks.fr/edition-originale/LAFRIQUE-BLANCHE-GAUTIER-E-F-Librairie/13478063459/bd>. [Consulté le 09/06/2015].
- Ghorra-Goin C., (1994). Penser la ville de demain. Qu'est ce qui institue la ville ?, Ed Harmattan, Paris, 266 p.
- Gilard O., (1998 a). Les bases techniques de la méthode inondable, édition du Cemagref, 207 p.
- Gilard O., Gendreau N., (1998 b). Inondabilité : une méthode de prévention raisonnable du risque d'inondation pour une gestion mieux intégrée des bassins versants", in Revue Science et Eau, vol.11 (3), pp. 429-444.
- Gilbert C., (2003). Limites et ambiguïtés de la territorialisation des risques, in Pouvoirs locaux, n° 56, pp. 48-52.
- Gilbert C., (2009). La vulnérabilité : une notion vulnérable ? À propos des risques naturels, in Becerra et Peltier (dir.), Risques et environnement : recherches interdisciplinaires sur la vulnérabilité des sociétés, L'Harmattan, Paris, pp. 23-40.

- Godard O., Henry C., Lagadec P., Michel-Kerjan E., (2002). *Traité des nouveaux risques. Précaution, crise, assurance*, Gallimard, Folio actuel, Paris, 620 p.
- Godfrin V., et al. (2002). *Étude du pôle Cindyniques-ENSMP, Impact de l'information préventive sur l'évolution de la responsabilité dans le cadre des risques naturels majeurs, Le cas des Alpes-Maritimes, Rapport d'étude du programme Évaluation et prévention des risques.*
- Golossov L., (1999). *Inondations : aperçus sur les inondations à risques», in L'eau, l'industrie, les nuisances, n° 209, pp.44-49.*
- Gleyze. J-F., Reghezza M., (2007). *La vulnérabilité structurelle comme outil de compréhension des mécanismes d'endommagement, in Risque : de la recherche à la gestion territorialisée, vol. 82/1-2, pp.11-12.*
- Guezo B., Verrhiest G., (23 avril 2006). *Réduire la vulnérabilité urbaine aux risques majeurs, in : Technicités, Paris, n° 108, pp.3-5.*
- Graillot D., Londiche H., Dechomets R., Batton-Hubert M., (2001). *Analyse multicritère spatiale pour l'identification de la vulnérabilité aux inondations, École Normale Supérieure des Mines de Saint Etienne, 12 p.*
- Hakimi L., (2018). *Efforts du secteur de l'habitat dans la réduction du risque de catastrophe » conférence sur la gestion des risques de catastrophe 22, 23 octobre 2018.*
- Hubert G., Ledoux B., (1999). *Le coût du risque : L'évaluation des impacts socio-économiques des inondations, Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 232 p.*
- JaneScarwell H., Schmitt Pierre G., Salvador G., (2014). *Urbanisme et inondation : Urbanisme et inondation : outils de réconciliation et de valorisation, Presses Universitaires du Septentrion, 368 p.*
- James B., (2008). *La prévention des catastrophes : le rôle de l'UNESCO, Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la culture, Paris. 49 p.*
- Joliveau T., (2011). *L'application du système d'information géographique dans l'urbanisme, Université Jean Monnet - Saint Etienne, 71p.*
- Kacha L., Mansouri A., (2015). *Mesures fractales de l'identité morphique pour des tissus urbains dans la ville algérienne de Batna, in Open Édition Journal, n° 752 [En ligne]. Disponible sur : <https://journals.openedition.org/cybergeog/27331>[Consulté le 23/11/2017] .*
- KJha A., Robin Bloch B., Lamond J., (2011). *Villes et inondations Guide de gestion intégrée du risque d'inondation en zone urbaine pour le XXIe siècle, rapport émanant de la banque mondiale, 66 p.*
- Kienberger S., (2007). *Assessing the vulnerability to natural hazards on the provincial/community level in Mozambique : The contribution of GIScience and Remote Sensing, Joint CIG/ISPRS Conference on Geomatics for Disaster and Risk Management., Toronto, Canada.*
- Koumassi D., (2014). *Analyse fréquentielle des évènements hydro-pluviométriques extrêmes dans le bassin de la Sota au Bénin, in Afrique SCIENCE, n° 10, pp 148-137.*
- Laaribi, A., (2000). *SIG et analyse multicritère. Paris : Hermès Editions.*

- Lahouel H., (2011). L'espace vert urbain entre l'imaginaire et la réalité : cas de Batna, Mémoire de magister, 211 p.
- Laganier R., (2002). Recherche sur l'interface eau-territoire dans le nord de la France, mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Université des Sciences et Technologies de Lille, 237 p.
- Laganier R., (2006). Territoires, inondations et figures du risque — La prévention au prisme de l'évaluation -, Le Harmattan, 257 p.
- Larrouy-Castera X., Ourliac J., (2004). Risques et urbanisme : risques naturels, risques technologiques, prévention, responsabilités, Le Moniteur, Guides juridiques, Paris, 237 p.
- Laurent C., (2000). Variabilité climatique basse-fréquence simulée en Atlantique Nord par un modèle couplé océan-atmosphère. Thèse de Doctorat, Université de Paris VI, 220 p.
- Lefort E., (2004). Évaluation des vulnérabilités aux inondations dans le cadre de la gestion opérationnelle des risques et du développement local (application au bassin versant de l'Orge aval), Mémoire de DEA Sciences et Techniques de l'Environnement, ENPC-ENGREF-UPVM, 43 p.
- Lhomme S., Serre D., Laganier R., Diab Y., (2010). Les réseaux techniques face aux inondations ou comment définir des indicateurs de performance de ces réseaux pour évaluer la résilience urbaine, in Le bulletin de l'association des Géographes français, pp. 487-502.
- Machekposhti K. H., Sedghi H., Telvari A., Babazadeh H., (2017). Flood Analysis in Karkheh River Basin using Stochastic Model, in civil engineering journal, Vol 3, No 9, pp 794-808.
- Mammri N., (2011). « Auto-Construit » à Batna, Processus d'intégration -Cas du quartier populaire Bouakal -, mémoire de magister, 165 p.
- Meddi M., (2014). Étude des crues du bassin versant de l'oued Mekerra [En ligne]. Disponible sur : <https://www.researchgate.net/publication/272507399> [Consulté le 21/02/2016].
- Mileti, D.S., (1999). Disasters by Design : A Reassessment of Natural Hazards in the United States (1999), The National Academy Press, 376 p.
- Morin M., (2008). Concepts de base en sécurité civile, in Canadian Journal of Civil Engineering, Vol 34 (9) : 1048-60 pp.
- Musy A., (2005). Hydrologie Générale : Le cycle et le bilan hydrologiques · Le bassin versant et son complexe, [En ligne]. Disponible sur <https://echo2.epfl.ch/hydrologie/chapitres/chapitre11/main.html> [Consulté le 02/03/2017].
- Nezzal F., (2015). Risque d'inondations dans le bassin versant de l'oued Hamiz - baie d'Alger, in Larhyss Journal, n° 22, juin 2015, pp. 81-89.
- Noiville C., (2003). Du bon gouvernement des risques, PUF, 256 p.
- November V., (1994). Risques naturels et croissance urbaine : réflexion théorique sur la nature et le rôle du risque dans l'espace urbain, in Revue de Géographie Alpine, n° 4, pp. 113-123.

- November V., (2002). Les territoires du risque : le risque comme objet de réflexion géographique, Peter Lang SA, Faculté de Sciences économiques et sociales de l'université de Genève, 332 p.
- Parker D., (1995). Floodplain development policy in England and Wales, in *Applied Geography*, vol. 15, n°4, pp. 341-363.
- Pelletier J., (1990). Les relations de la ville et des cours d'eau, in *Revue de Géographie de Lyon*, p. 2339-239.
- Penning-Rowsell E., Chatterton J.-B., (1980). Assessing the benefits of flood alleviation and drainage schemes, in *Proc. Instn Civ. Engrs*, n° 69, 2e partie, pp. 295-315, juin 1980.
- Peretti-Watel P., (1992). Société assurantielle, société du risque, ou culture du risque ? [En ligne]. Disponible sur : <http://www.ffsa.fr/webffsa/risques.nsf>. [Consulté le 15/02/2015].
- Pigeon P., (1994). Ville et environnement, Nathan Université, coll. Géographie d'aujourd'hui, 192 p.
- Pigeon P., (1996). La gestion des risques urbains, in BAILLY A. (dir.) *Risques naturels, risques de sociétés*, Paris, Economica, chap.5, pp.51-62.
- Pigeon P., (2005). *Géographie critique des risques*, Economica, 217 p.
- Pigeon P., (2007). L'environnement au défi de l'urbanisation, Presses Universitaires de Rennes, coll. Espace et Territoires, 189 p.
- Pigeon P., (2012). *Paradoxes de l'urbanisation. Pourquoi les catastrophes n'empêchent-elles pas l'urbanisation ?*, Paris, L'Harmattan, 278 p.
- Propeck-Zimmermann, E., Saint-Gérand, T., (2003 a). Pour une culture territoriale de la gestion des risques, in *Pouvoirs locaux*, n° 56, pp. 44-47.
- Propeck-Zimmermann E., (2003 b). L'inscription des risques dans l'Espace : difficultés d'appréhension et de représentation - l'exemple des risques industriels, *Les risques*, dir. Moriniaux V., Editions du Temps, pp 157-172.
- Provitolo D., (2007). Vulnérabilité aux inondations méditerranéennes en milieu urbain : une nouvelle démarche géographique, in *Annales de géographie*, n° 653, pp. 23-40.
- Pulvirenti L., Pierdicca N., Chini M., Guerriero L., (2011). An algorithm for operational flood mapping from Synthetic Aperture Radar (SAR) data using fuzzy logic, in *Natural Hazards and Earth System Science*, n°11(2), pp. 529-540.
- Rahoui H., (2001). La Dimension écologique dans l'espace urbain algérien, actes du colloque international : Perspectives de l'enseignement de l'architecture, EPAU, Alger, avril 2001, pp. 505 - 511.
- Reclus É., (2009). *Nouvelle Géographie Universelle. Tome XI — L'Afrique septentrionale* », Éd. HACHETTE, Paris, 915 p.
- Reghezza M., (2006). La vulnérabilité, un concept problématique, in *La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles. Analyses géographiques*, Collection Géo-risques, n° 1, p. 35-40.

- Reghezza M., (2006). Réflexions autour de la vulnérabilité métropolitaine : la métropole parisienne face au risque de crue centennale », thèse de doctorat de géographie, Université Paris X Nanterre, 382 p.
- Renard F., (2010). Une méthode d'évaluation de la vulnérabilité urbaine appliquée à l'agglomération lyonnaise, in Risque métropolitain EG 2010-1, pp. 35-50.
- Renard F., et Soto D., (2015) : Une représentation du risque à l'intersection de l'aléa et de la vulnérabilité : cartographies des inondations lyonnaises, in Geographica Helvetica, vol. 70, n° 4, p333.
- Revet S., (2008). La vulnérabilité, une notion problématique. Un regard d'anthropologue, Acte de colloque international : Vulnérabilités sociétales, risques et environnement, Toulouse, 14-16 mai 2008, IRIS, p. 99-120.
- Roche M., (1963). Hydrologie de Surface, Paris, Gauthier-Villars et ORSTOM, 430 p.
- Rufat S., (2007). L'estimation de la vulnérabilité urbaine, un outil pour la gestion du risque. Approche à partir du cas de l'agglomération lyonnaise, Géocarrefour, vol 82, n° 1-2, p. 7-16.
- Saidi T., (2004). Batna face aux risques industriels et d'inondations, Acte des journées techniques : Risques naturels : inondations, prévention, protection, Batna, 15 et 16 décembre 2004.
- Saint-Michel M., (2008). Analyse des enjeux et de la vulnérabilité au risque d'inondation du fleuve Charente, Ed ENGEES, Paris, p39.
- Salagnac J.L., Bessis B., (2006). Réduire la vulnérabilité des bâtiments en zone inondable, in Géorisques, n°1, coll. de l'Équipe d'Accueil GESTER, Ed. Publications de l'Université Paul - Valéry, Montpellier III, Montpellier, pp. 199-124
- Salomon J. N., (1997). L'homme face aux crues et aux inondations, Presses Universitaires de Bordeaux, 136p.
- Saouli A., (2019). Problématique du risque inondation en milieu urbain cas de la ville d'el-bayadh, Mémoire de Master, Université Mohamed Khider — Biskra, 61p.
- Saint-Michel M., (2008). Analyse des enjeux et de la vulnérabilité au risque d'inondation du fleuve Charente, Ed ENGEES, Paris, 110 p.
- Serre D., (2005). Évaluation de la performance des digues de protection contre les inondations. Thèse de doctorat, Université de Marne-la-Vallée, 366 p.
- Scarwell H., Laganier R., (2004). Risque d'inondation et aménagement durable des territoires, Presses Universitaires du Septentrion, Coll. Environnement et société, Villeneuve d'Ascq, 240 p.
- Staron M.G., (2010). Modélisation hydraulique et Cartographie de zones inondées sur la Somme, Rapport de recherche, Université Pierre et Marie Curie, École des Mines de Paris & École Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts, 49 p.
- Tanguy M., (2012). Cartographie du risque d'inondation en milieu urbain adaptée à la gestion de crise analyse préliminaire, Rapport de recherche n °R 1395, 103 p.
- Théodore Tchékpo ADJAKPA T. T., (2016). Gestion des risque hydro-pluviométrique dans la vallée du Niger au Bénin : cas des inondations des années 2010,2012 et 2013 dans les communes de Malanville et de Karimama, Thèse de doctorat, pp160-161.

- Thierion V., (2010). Contribution à l'amélioration de l'expertise en situation de crise par l'utilisation de l'informatique distribuée. Application aux crues à cinétique rapide, Thèse de l'École Nationale Supérieure des Mines de Paris, Spécialité Science et Génie des Activités à risque.
- Thierry C., Perouse J-F., (2006). Villes et risques, Regard croisés sur quelques cités en danger, Ed Anthropos, Collection : Géographie, Paris, 245p.
- Thouret J-C., Leone F., (2003). Aléas, vulnérabilités et gestion des risques naturels, in Moriniaux V. (dir.), Les Risques, Édition du temps, Paris, p.37-71.
- Tsoukias, A., (2006). Concepts et méthodes pour l'aide à la décision — Outils de modélisation, chapitre 1 -De la théorie de la décision à l'aide à la décision. Hermès — Lavoisier, Paris
- Valiron F., (1994). Gestion des résidus de l'assainissement. In : Mémento du gestionnaire de l'alimentation en eau et de l'assainissement, Tome 2 : Assainissement urbain, Paris : TEC&DOC, pp. 621-634.
- Valy J., (2009a). Approches méthodologiques du croisement entre croissance urbaine et risque inondation, Acte des Neuvième Rencontres de Théo Quant, 11 p.
- Valy J. (2009 b). L'implantation urbaine en zone inondable, in M@ppemonde, vol. 2009-4, n° 96, 15 p.
- Valy J., (2011). Croissance urbaine et risque inondation en Bretagne, Thèse de doctorat, Université Rennes 2, 544 p.
- Vanpeene-bruhier S., (2003). Évaluation des risques environnementaux pour la gestion durable des espaces : synthèse des concepts de l'écologie du paysage, Actes des journées de l'Association Internationale pour l'Écologie du Paysage, IALE France.
- Veyret Y., Beucher S., Regheza M., (2004). Les risques, Ed Breal, Amphi Géographie, Roisy -sous-bois, 205 p.
- Veyret Y., Garry G., Meschinet de Richemond N., (2004 b). Risques naturels et aménagement en Europe. Armand Colin, Paris, 254 p.
- Veyret Y., Reghezza M., (2005). Aléas et risques dans l'analyse géographique, in Annales des Mines, série responsabilité et environnement, n° 40, pp. 61-70.
- Vinet F., Defossez S. (2006). La représentation du risque inondation et de sa prévention, in Laganier R. (coord.), Territoires, inondation et figures du risque. La prévention au prisme de L'évaluation, L'Harmattan, p. 99-137.
- inet F., (2010). Le risque inondation : Diagnostic et gestion, Lavoisier, Éditions TEC & DOC, Collection SRD, Paris, 318p.
- Wackermann G., (2005). La géographie des risques dans le monde. Coll. Carrefours-Les Dossiers, Ellipses, Paris, 2e éd. mise à jour, 501 p.
- Wiechselgartner J., Obersteiner M., (2002).Knowing sufficient and applying more : challenges in hazards management», in Global environmental change part B, Environmental hazards, vol. 4, issues 2-3. pp 73-77.

Annexes :

Annexes :

- **Annexe A** : *Sectorisation de la ville de Batna*
- **Annexe B** : *Répartition de la population (densité par secteur urbain)*
- **Annexe C** : *Photos aériennes - ville de Batna*
- **Annexe D** : *Les inondations en Algérie : lecture diachronique*
- **Annexe E** : *Villes vulnérables en Algérie par aires géographiques*
- **Annexe F** : *Espaces verts à Batna*
- **Annexe G** : *Simulation de crues centennales au niveau de la ville de Batna*
- **Annexe H** : *Reportage photographique – Cours d'eau traversant les zones vulnérables à Batna*
- **Annexe I** : *Loi n° 04-20 du 13 Dhou El Kaada 1425 correspondant au 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.*

Annexe A : Sectorisation de la ville de Batna :

<i>Code</i>	<i>Identification</i>	<i>Superficie</i>	<i>Secteur</i>	<i>%</i>
5001	Centre ville	225.52	01	6.64
5002	Quartiers Anciens	112.26	02	3.31
5003	Bouakel	223.33	03	6.28
5004	Kechida	349.19	04	10.29
5005	Parc à fourrage	437.4	05	12.89
5006	Bouzourane	239.83	06	7.07
5007	Chouhada	142.88	07	4.21
5008	Route de Tazoult	282.85	08	8.33
5009	ZHUNI	330.77	09	9.74
5010	ZHUNII	445.42	10	13.12
5011	Zone industrielle	458.51	11	13.51
5012	Zone militaire	156.01	12	4.6
Total		3370.97		99.99

Source, ONS, 2014

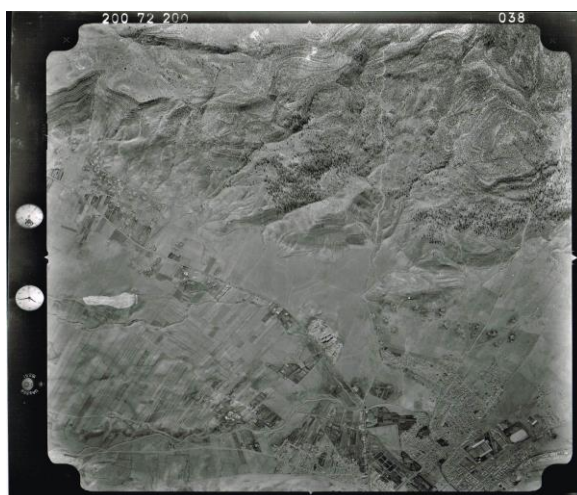
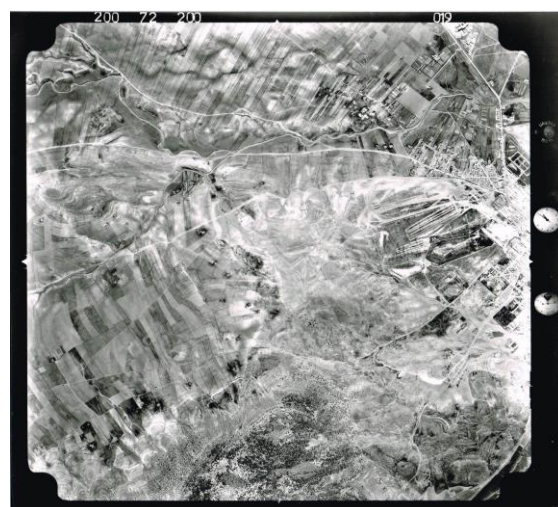
Annexe B : Répartition de la population (densité par secteur urbain)

CODE de secteur	NON	SURF_HE CT	Z	POP_87	DENSITE_H A	POP98	DENSITE_H A	POP_2010	DENSIT_2010
5009 (1)	zone urbain1	330,77	9,74	8345	25,23	25903	87,40	31589	96
5003 (2)	bouakel	213,33	6,28	48283	226,33	58556	274,48	66180	310
5008 (3)	route de tazoult	232,85	8,33	1977	6,98	5269	18,62	36560	157
5005 (4)	parc a fourage	437,40	12,89	14860	33,97	29183	66,71	46377	106
5011 (5)	zone militaire	485,51	13,51	0	0,00	0	0,00	0	0
5010 (6)	zone urbain2	445,42	13,12	9569	21,48	17766	46,06	20800	47
5007 (7)	chouhada	142,88	4,41	11488	80,40	22322	156,23	25800	181
5006 (8)	bouzourane	239,83	7,07	7752	32,32	9316	38,84	12015	50
5002 (9)	quartier anciens	112,26	3,31	25481	226,98	28027	249,66	32914	293
5001 (10)	centre ville	225,52	6,64	36353	161,19	18851	83,58	22057	98
5004 (11)	kchida	349,19	10,29	17523	50,19	27247	78,03	42647	122
5012 (12)	zone indust	156,01	4,60	0	0,00	0	0,00	0	0

Source, DPAT, 2014

Annexe C : Photos aériennes de la ville de Batna

photos aériennes - ville de batna en 1972 -



Photos aériennes - ville de Batna en 1992 -



Photos aériennes — ville de Batna en 2002 —



Source : INCT, 2013

Annexe D : Les inondations en Algérie : lecture diachronique

Lieu	Date	Bilan des dégâts	
		Décès	Dégâts matériels
Mostaghanem	Novembre 1927	Statistiques non disponibles	
Sidi Bel Abes	08/10/1947		
Oran et Tlemcen (Oued tlelat)	Octobre 1948		
Bassin de seybousse	1956		
Bassin du Mazafran et du Sebaou	Décembre 1957		
Bassins de l'Est du pays	18/01/1958		
Batna	1963		12800 familles sinistrées et dégâts évalués à 456 millions de centimes.
Batna	1965	04	07 blessés et importants dégâts matériels.
Oued Rhiou	07/01/1967	Statistiques non disponibles	
Hautes plaines Atlas saharien et Nord Est du Sahara	septembre et octobre 1969		
Batna	09 oct. 1969	27	44 blessés, 5014 familles sans abris et dégâts matériels évalués à 495 millions de centimes..
Bassins de l'Est du pays	Décembre 1969	Statistiques non disponibles	
Sidi Bel Attar	Mai 1971		
Azazga (Tizi Ouzou)	12/10/1971		
Batna	26/03/1973	4400 familles sans abris et dégâts matériels évalués à 282 millions de centimes	
Seybousse Medjerdah Kbir	28/03/1973	Statistiques non disponibles	
Bassin versant de l'Algérois et	mars 1974		
Tizi Ouzou	28-31/03/1974	52	- 4 570 maisons détruites. – 13 ponts détruits Dégâts matériels estimés à 27 millions DA - 18 000 personnes sinistrées
Ain El Berd	02/10/1978	Statistiques non disponibles	
Seybousse Kbir Est et Ouest	17/04/1979		
Batna	05/09/1979	04	144 familles sinistrées et dégâts évalués à 130 millions de centimes
Oued Fedda — Chlef	1980	– Dégâts matériels importants	
El Eulma (Sétif)	01/09/1980	44	– Dégâts matériels importants
Ghardaïa	17/11/1980	– Dégâts matériels importants	
Batna	10/11/1982	37 familles sinistrées	
Annaba (centre)	11/11/1982	26	– Dégâts matériels importants - 9 500 personnes sinistrées

Birine (El djelfa)	22/08/1983	10	-200 habitations détruites -1200 têtes de bétail emportées
Batna	13/09/1983	76 familles sinistrées et dégâts évalués à 412 millions de centimes.	
Skikda	Du 30/01/1984 Au 04/02/1984	– 174 maisons démolies – Terrains agricoles fortement endommagés. – 500 familles sinistrées.	
Skikda	28-30/12/1984	11	Immersion de 400 hectares Dégâts évalués à 50 millions DA
Jijel	29/12/1984	29	- 11 000 personnes sinistrées
Guelma et El Tarf	01/01/1985	– Dégâts matériels importants	
Batna	19/09/1986	– Dégâts matériels importants – 66 familles sinistrées et dégâts évalués à 77 millions de centimes.	
Sidi Bel Abes	04/10/1986	01	– La plus importante crue enregistrée depuis 50 ans avec un débit de pointe estimé à 810 m ³ /s pour un volume de crue avoisinant les 13 mm ³ sur une durée de 20h – 200 familles sinistrées
Batna	05/07/1987	02	– Dégâts matériels importants – 167 familles sinistrées et dégâts évalués à 175 millions de centimes.
Tiaret	17/06/1989	– Affaissement et dégâts matériels importants	
Biskra	01/09/1989	02	35 blessées et 400 palmiers détruits
M'Sila	21/09/1989	– 200 Familles sinistrées Plusieurs ouvrages d'art emportés par les crues	
El Tarf	11/10/1989	– 60 familles sinistrées à Dréan	
Batna	22/01/1990	38 familles sinistrées	
Telagh — Sidi Bel Abes	30/04/1990	– Dégâts matériels importants	
Batna	13/05/1990	89 familles sinistrées	
Batna	06/09/1990	25 habitations détruites & 30 familles sinistrées	
Ghardaia	03/06/1991	09 morts et cheptel emportés par les crues	
Seybousse Kbir Est	11/04/1992	Statistiques non disponibles	
Région du centre : Alger, Tipaza, Ain Djefla, Medea, Blida et Chlef	27/12/1992	– un nombre important de blessés -637 familles sinistrées infrastructure routières et exploitations agricoles endommagées.	
El Bayadh	01/06/1993	3 morts et 20 familles sinistrées	
Sidi Bel Abes	Septembre1994	Statistiques non disponibles	
Oued Rhiou	19-20/11/1993	22	Dégâts évalués à 10 millions DA – 23 familles sinistrées
Sidi Bel Abes	Septembre1994	La crue du mois de septembre de 1994 a causé deux morts et a laissé 22 familles sinistrées.	
Bordj Bou Arréridj	23/09/1994	27	– plus de 1 000 sinistrés, dont


M'Sila — djelfa — Médéa Ain Defla et Tiaret			370 commerçants ruinés. Les pertes ont été évaluées à 250 millions de dinars.
Valée du M'Zab Laghouat Biskra Mascara Tissimssilt Sidi Bel Abbes	29-30/09/1994	08 02 09 02	– Ghardaïa : Dégâts matériels évalués à 270 millions DA. – Laghouat : Dégâts matériels évalués à 05 millions DA – Biskra : 22 familles sinistrées et routes endommagées. Mascara : importants dégâts matériels
Batna	01/10/1994	10 habitations détruites et 10 familles sinistrées	
Msila	Octobre 1994	60	– Dégâts matériels importants
Oum El Bouaghi	06/10/1994	350 Familles sinistrées 43 habitations et 15 puits agricoles endommagés	
Ghardaïa	25/09/1995	Statistiques non disponibles	
Sidi Bel Abbes et Sfifef	05/12/1995		
El Khemis (Ain Defla)	06/02/1996	158 familles sinistrées et importants dégâts matériels	
Annaba	23-30/04/1996	05	10 blessés et Dégâts matériels importants
Batna	31/08/1997	23 habitations détruites et 23 familles sinistrées 03 ponts et 06 kms de routes et trottoirs détruits	
Sidi Bel Abbes	27/09/1997	Statistiques non disponibles	
Bouira	24/09/1998	Une centaine de familles sinistrées	
Djelfa	06/10/1998	200 hectares de récoltes inondées	
Adrar	14/01/1999	12 Morts et 174 habitations en Toub détruites	
Boussaâda	28/09/2000	01	38 familles sinistrées et 13 habitations détruites.
Ain T'émouchent	14/10/2000	04	Plusieurs habitations détruites.
Naama	23/10/2000	05	La voie ferrée Ain Safra — Beni ounif endommagée
Sidi Bel Abbes et chlef	24/10/2000	03	– Dégâts matériels importants
El Bayadh	29/03/2004	02	– Dégâts matériels importants – 04 véhicules emportés
Alger (Bab El Oued)	09-11/11/2001	710	Dégâts évalués à 30 milliard DA
Skikda	17/11/2004	00	Établissements scolaires endommagés : 03 Lycées - 06 C E M - 04 Écoles – 219 familles sinistrées
Régions du Sud : Illizi Adrar Tamanrasset	06-09/03/2005	03	– Routes, terrains agricoles et plusieurs infrastructures endommagées Plusieurs villages inondés – 70 personnes sinistrées
Annaba	13-14/12/2005	– Dégâts matériels importants	

Batna	04/05/2006	Élévation du niveau d'eau sur les routes et dans les oueds avec inondation de 40 habitations	
Tindouf	09-11/02/2006	00	50-60 % d'infrastructures détruites aux camps des réfugiés sahraouis -12 200 personnes sinistrées
Béchar	18/10/2007	02	- Dégâts matériels importants
Sidi Bel Abbes	18-19/2007	07	- Dégâts matériels importants -109 Familles sinistrées
Batna	16/07/2008	03	- 27 blessés et une dizaine de constructions détruites — un grand nombre de véhicules emportés par les eaux
Ghardaïa	01/10/2008	50	-1000 maisons inondées - Une dizaine de véhicules emportés - Dégâts aux surfaces agricoles et cheptel ovin - un millier de personnes sinistrées
Béchar	10/10/2008	08	- Dégâts matériels importants - La plus grande inondation depuis 1959
El Bayadh	01/10/2011	10	- Dégâts évalués à 06 milliards DA
Tamanrasset	Août 2008	05	- Une bonne partie de la ville inondée
Tebessa Msila Tlemcene	02/09/2012	03 03 03	- Dégâts matériels importants - 4100 interventions enregistrées par les services la protection civile
Batna, Khenchla et Oum El Bouaghi	30/08/2013	02	- Dégâts matériels importants
Batna Tazoult El Madher	13-14/03/2014	02	-19 maisons inondées - Plusieurs routes débordées
El khroub et Ali Mendjli à Constantine	24/08/2015	00	- Dégâts matériels importants
Batna (Hamla 1 et Hamla2) Tilatou N'gaous Timgad. Tagha, Fedis Bouatchawen Ain-Djasser	24/08/2015 01/09/2015	01	- Dégâts matériels importants
Tamanrasset	19/09/2015	16	- Dégâts matériels importants
Tiaret	26/04/2018	02	- Dégâts matériels importants
Oued El Athmania (Mila)	13/08/2008	02	- Dégâts matériels importants - Plusieurs véhicules emportés

Tébessa	23/09/2018	01	– Dégâts matériels importants – Plus de 80 véhicules ont été endommagés.
Illizi	31/05/2019		– Dégâts matériels importants – 180 familles sinistrées
Constantine	26/08/2019	03	– Dégâts matériels importants — plusieurs secteurs urbains submergés — plusieurs véhicules emportés au niveau de la RN27
Skikda	01/09/2019	01	– Une bonne partie de la ville inondée dont : — les cités Saker, Boulkeroua, le 20 — Août-1955, Merdj-Eddib, Aïssa-Boukerma et le quartier dit « Hocine Louzat »
Saïda	07/09/2019	01	– Dégâts matériels importants — plusieurs routes submergées — 04 constructions démolies
Alger, Blida, Djelfa Tiaret, Bouira, Aïn Defla et Tissemsilt	13/09/2019	01	– Dégâts matériels importants partout enregistrés à : Alger (Gheraga, Bir Mourad Rais, Baraki, El-Harrach, Bab El Oued, Dar El Beida, Bouzaréah, et Bab Ezzouar) Blida, de Djelfa (la commune de Had Sahary, la RN 89), de Tiaret, de Bouira, d'Aïn Defla (Arib Khelis et Miliane.), Medea (commune de Seghouane et Ksar El Boukhari) et de Tissemsilt

Source : Statistiques synthétisées par l'auteur selon plusieurs documents, 2016

Annexe E : Villes vulnérables en Algérie par aires géographiques :

Villes vulnérables – Région de l'Est		
Sources et bassins versants	Principaux Oueds menaçants les villes inondables	Villes inondables
Bassin versant de la Seybouse	<ul style="list-style-type: none"> – Oued Seybouse – Oued Cheref – Oued Zenati 	<ul style="list-style-type: none"> – Ville de Guelma – Ville de Nador – Ville de Bouchegouf – Ville de Deraan – Ville d'El Tarf
Bassin versant Sud du massif de l'Edough	<ul style="list-style-type: none"> – Oued Kouba – Oued Edheb – Oued Bouhdid – Oued Forcha 	<ul style="list-style-type: none"> – Ville d'Annaba
Bassin versant de Djebel Doukane	<ul style="list-style-type: none"> – Oued Zaârour – Oued Nagues 	<ul style="list-style-type: none"> – Ville de Tébessa
Bassin versant des hauts plateaux constantinois	<ul style="list-style-type: none"> – Oued Rumel – Oued El Gourzi – Oued Azzeb – Oued Batna 	<ul style="list-style-type: none"> – Ville de Constantine – Ville d'El Khroub – Ville de Batna – Chemorah village – Ville de Kais – Ville de Merouana – Ville de Touffana
Bassin versant du Kébir Rhumel	<ul style="list-style-type: none"> – Oued Rhumel – Oued Endja – Oued El Athmania – Oued Sedjar – Oued Seguin – Oued Bou-Yacour – Oued El Maleh 	<ul style="list-style-type: none"> – Ville de Oued el Athmania – Ville de Mila – Ville Sidi Merouane – Ville de Tleghma
Principaux Oueds menaçant les villes de l'est du pays :		
<p>Oued Seybouse : situé au nord-est de l'Algérie formée près de Guelma limité par les deux cours d'eau : oued Cheref et l'oued Zenati, le bassin versant de la Seybouse est considéré comme le plus étendu d'Algérie. (Voir photos n° 2). Oued Seybouse dont la longueur avoisine 134.74 km serpente vers le Nord en parcourant la basse plaine d'Annaba, souvent inondée au moment des crues, avant de se jeter dans la baie d'Annaba par l'estuaire de Sidi Salem. (Bouchelaghem, 2008).</p>	 <p>Source : www.wikimedia.org/GM_Seybouse01.jpg</p> <p>Oued Seybousse - Guelma -</p>	

Oued Rummel : Les monts de Ferdjioua constituent la source de Oued Rummel qui pénètre sur les plateaux de Constantine et longe plusieurs localités comme Aïn Smara, Djebel El Hadjar et Aïn El Bey pour finir son périple vers la cité Boussouf. (Wikipédia)



Source : lerhumel.free.fr/geologie.htm



Source : www.constantine.fr/ponttranshumel

Oued Rumel — Constantine

Villes vulnérables – Région de l'Ouest

Sources et bassins versants	Oueds menaçants les villes inondables	Villes inondables
Bassin versant du Chelif	<ul style="list-style-type: none"> – Oued MINA – Oued Rhiou – Oued FODDA – Oued MELLAH 	<ul style="list-style-type: none"> – Ville de Chlef – Ville d'Oued Rhiou – Ville d'Ain Defla – Ville de Médéa – Ville de Tiaret – Ville de Tissimssilt – Ville de Khemis
Bassin versant De l'oued Mekerra	<ul style="list-style-type: none"> – Oued Mekkera : – Oued Maleh 	<ul style="list-style-type: none"> – Ville de Sidi Bel Abbes – Ville de Telagh – Ville de Sfisef – Ville de Ras El Ma
Bassin versant des côtiers oranais	<ul style="list-style-type: none"> – Oued Tlelat 	<ul style="list-style-type: none"> – Ville d'oued Tlelat – Ville d'Arzew – Ville de la Senia – Oran
Bassin versant d'Oued Deffa	<ul style="list-style-type: none"> – Oued Deffa – Oued Chadli 	<ul style="list-style-type: none"> – Ville d'El Bayadh

Principaux Oueds menaçant les villes de l'ouest du pays

Oued Mekkera : situé à l'ouest d'Algérie. La superficie du bassin versant est de 350 km² et une longueur de son cours principal de 115 km. Oued Mekkera coule du sud vers le nord et traverse les villes de Sidi Bel Abbas et Sig. (Meddi, 2014)

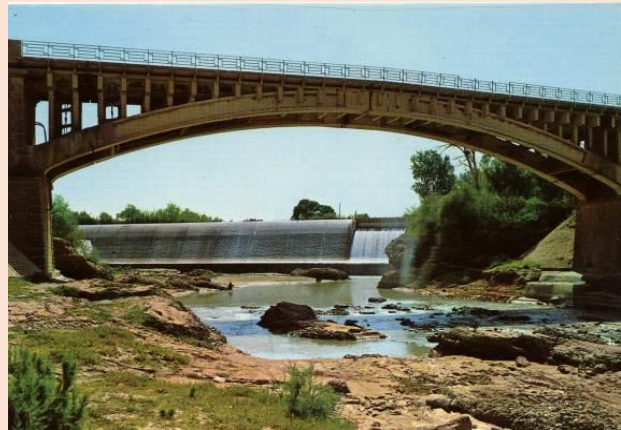


Source : www.reportage/la-mekerra-

Oued Mekekera - Sidi Bel Abbas

Oued Mina :

L'oued Mina draine à lui seul toute la partie ouest de la région. Ce cours d'eau descend du massif de l'Ouarsenis dans la région de Tiaret pour se jeter dans la vallée de l'Oued Chelif qu'elle rejoint près de Relizane. C'est l'Oued le plus long de la région qui prend sa source au Djebel sidi Youssef. (TOUAÏBIA, 2009)



Source : www.google.com/search?q=Oued+MINA

Oued Mina

Oued Tlelat : Le nom du lieu tire son nom de l'arabe Oued « rivière », et du berbère Tlelat « laurier-rose », ce qui donne « la rivière du laurier-rose », à l'origine des crues dévastatrices qui ont impacté Oran et Tlemcen dont l'inondation d'octobre 1948, provoquant la destruction partielle du Barrage de Tlelat. (Tahar, 2013)



Source : [www.google.com/ +oued+tlelat](http://www.google.com/+oued+tlelat)

Oued Tlelat

Oued Deffa : Avec oued Chadli, Oued Deffa fait partie du réseau hydrographique du bassin versant d'Oued Deffa, ce cours d'eau longe la ville d'El Bayadh du côté nord sur une longueur de 16.5 km. Il était à l'origine des inondations du 1 au 2 octobre 2011 qui ont frappé la ville. (Saouli, 2019).



Source : SAOULI Abdallah, 2019

Oued Deffa - El Bayadh

Villes vulnérables – Région du Centre (y compris l'Algérois)

Sources et bassins versants	Principaux Oueds menaçants les villes inondables	Villes inondables
Bassin versant d'Oued-Koriche Le massif de la Bouzaréah	<ul style="list-style-type: none"> – Oued koriche (ex oued M'Kacel) – Oued Beni Messous – Oued M'Kacel – Oued Kniss 	<ul style="list-style-type: none"> – Bab el oued – Bouzaréah, – Oued koriche, – El Biar
Bassin versant de l'oued hamiz (baie d'Alger)	<ul style="list-style-type: none"> – Oued El-Hamiz – Réghaïa 	Ville d'Alger au niveau de : <ul style="list-style-type: none"> – El-Hamiz – Bordj El Kiffan, – Bordj El Bahri, – Dar El Beida – Rouïba – Reghaïa
Bassin versant de l'oued Isser	<ul style="list-style-type: none"> – Oued Isser 	<ul style="list-style-type: none"> – Ville de Boumerdès la Basse vallée de l'Isser : – Bordj Menail – Leghata – Djinet
Bassin versant de l'atlas l'Atlas blidéen	<ul style="list-style-type: none"> – Oued El Harrach – Oued Ouchaiyah 	<ul style="list-style-type: none"> – Ville d'Alger (plaine orientale d'Alger) : au niveau de : – Mohamadia – El Harrach – Oued Smar – Barraki – Eucalyptus – Ville d'Alger au niveau de : - BirKhadem – Ain Naadja – Bir Mourad Rais – Hussein Dey – Bach djerrah – Kouba

Bassin versant du Hodna	Oued Boussaâda, Oued Maiter Oued Arréridj, Oued Boumergued, Oued Meredj, Oued Lachbour, Oued Lakhdar, Oued Biyata, Oued El Achir et Oued El K'Soub sud, alimentent le grand Oued El Hodna	– Msila au niveau de : – Ville de M'Sila – Ville de Bousaada – Maarif – Bord Bou Arréridj au niveau de : – BBA centre-ville, – Ras El Oued, – Khellil – Bir Kassed Ali – El Achir – El Euch. – El M'Hir
Bassin versant versant Oued El K'sob	Mahdjar, oued Karkar et oued Chartioua et oued M'hadjar versent tous dans l'oued Soummam à Béjaïa	
Bassin versant de la Soummam	Oued El Mhir	
Bassin versant de la Soummam	Oued Soummam	– Ville de Bejaia – Sidi Aich – Tala Hamza – Aït Smaïl – Chemini

Principaux Oueds menaçant les villes du Centre du pays :

Les trois Oueds du massif de Bouzaréah : situé dans la partie nord-ouest de la capitale, ce cours d'eau se prolonge en pente douce vers le plateau d'El Biar et les coteaux du Sahel donnant naissance à trois oueds : Oued Kniss qui coule vers le sud en direction d'Hydra dans un ravin encaissé. Ensuite, oued M'Kacel connu aujourd'hui sous le nom de Oued Koriche. Ce cours d'eau descend par une vallée étroite et très escarpée entre El Biar et Bouzaréah pour terminer son périple dans la mer, après avoir traversé le fameux quartier de Bab el Oued. Enfin, oued Beni Messous qui descend vers l'ouest vers Chéragas pour terminer sa course à Staouéli. (Pouget, 1983)



Source : www.wilkinnaire/oued-beni-messous
Oued Beni Messous



Source : www.bessac.com collecteur-dorages-oued-mkacel
Collecteur de l'ancien Oued M'Kacel

Oued el Harrach : La superficie du bassin hydrographique d'Oued El Harrach atteint 1250 Km² et sa longueur avoisine 67 kilomètres. Oued el Harrach prend naissance dans l'Atlas blidéen près de Hammam Melouane et se jette dans la Méditerranée, en plein milieu de la baie d'Alger. (Aroua, 2009).



Source : wikimedia.org/oued_el_harrach_

Oued El Harrach

Oued El Hamiz : situé au nord-est de la plaine de la Mitidja dans la partie avale du bassin versant El Hamiz. Ce cours d'eau prend naissance dans le Tell près de Deux Bassins, après une vingtaine de kilomètres est régulé via le barrage du Hamiz et se jette dans la Méditerranée à Bordj El Bahri. (Nezzal, 2015).



Source [www.google.com/oued el Hamiz](http://www.google.com/oued%20el%20Hamiz)

Oued El Hamiz

Oued Soumam. : Ce cours d'eau prend sa source de la confluence des oueds Sahel et Boussellam dans la commune d'Akbou. Il longe toute la région de la Soummam sur une longueur qui avoisine les 65 km. La Soummam est un fleuve de 65 km et se jette dans la mer méditerranée à Béjaïa. (Aït El Djoudi, 2018)



Source : [www.google.com/oued Soummam](http://www.google.com/oued%20Soummam)

Oued Soummam — Béjaïa

Oued Isser : est considéré comme la principale rivière, avec Oued Sébaou qui traverse la basse Kabylie de Boumerdes en traversant Bouira pour se jeter dans la Méditerranée près de la ville de Djinet, (Wikipédia, 2019).



Source : wikipedia/Oued_Isser

Oued Isser

Oued Sebaou : est considérée comme le principal cours d'eau la grande Kabylie de Djurdjura (ou l'actuelle Wilaya de Tizi Ouzou en Kabylie, Algérie), qui se jette dans la mer méditerranéenne à proximité de la ville de Dellys.



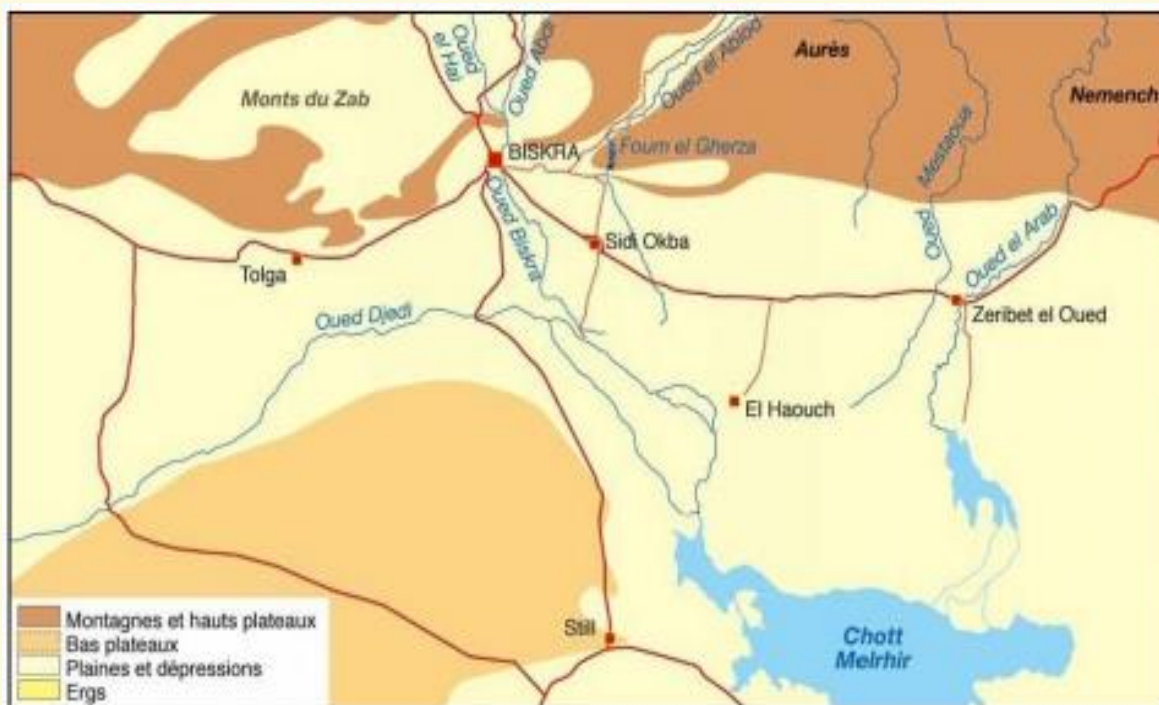
Source : dknews-dz.com/article/loued-sebaou-

Oued Sebaou

Villes vulnérables – Région du Sud

Sources et bassins versants	Principaux Oueds menaçants les villes inondables	Villes inondables
Bassin versant du chott Melrhir	<ul style="list-style-type: none"> – Oued el Abiod – Oued el Haï à El Kantara – – Oued Biskra – Oued Abdi – Oued Djedi – Oued Ittel 	<ul style="list-style-type: none"> – Ville de Hassi el KHEFIF – Vallée du M’Zab – Ville de Metlili – Ville de Guerara – Ville de M’rara
la dorsale du M’Zab	– Oued M’Zab, Oued Rmel (ou Retem), Oued Rhir et Oued En Nsa	
Essaoura	<ul style="list-style-type: none"> – Oued Mâadar – Oued Bechar – Oued Beni Abbes 	<ul style="list-style-type: none"> – Ville de Béchar – Ville de Beni Abes
Région Nord Ouest d’Assako	<ul style="list-style-type: none"> - Oued In Debiren (Oued Djanet) – Oued d’Illizi, Oued Takhemalt, Oued Ifri, Oued Tassouine, Oued Beni Ouskan, Oued Aghoum, Oued Tin Alkoum et Arkin 	<ul style="list-style-type: none"> – Ville d’Illizi – Ville de Djanet
Mont du Hoggar Et le plateau de Tidikelt	<ul style="list-style-type: none"> – Oued Amsel – Oued Tankaghali 	– Ville de Tamanrasset
Bassin versant d’Oued El Ma	– Oued El Ma	Ville de Tindouf

Principaux Oueds menaçant les villes du sud du pays :



Source : Ballais J-L., 2010

Piémont de l'Atlas saharien

Nous allons entamer notre série de cours d'eau du Sud par les oueds descendant de l'Atlas (voir la carte si-dessus) venant essentiellement des Aurès.

Oued El Abiod : Ce cours d'eau est le plus célèbre de tous les cours d'eau du Bas Sahara, particulièrement dévastateur en cas de survenance de crues soudaines exceptionnelles ne doivent pas dépasser 500 m³/s, comme celle survenue en mois de juin 1920 dont son débit a atteint 330 m³/s (M. Duquesnoy, 1949, rapporté par JL Ballais — 2010).



source : www.google.com/search+oued+abiod

Oued El Bioud

Oued El Haï : situé dans le sud-ouest des Aurès à El Kantara à mi-chemin entre Batna et Biskra. Ce cours d'eau est habituellement à sec toute l'année.



Source : Ballais J-L., 1972

Oued El Haï - El Kantra

Oued de Biskra : Est caractérisé généralement par un régime d'écoulement sec le long de l'année, mais peut surprendre la région de Biskra comme ce fut le cas du 9 mars au 12 juin 1890, soit quatre-vingt-quatorze jours de crues sans interruption (J. Dubief, 1953-b, rapporté par JL Ballais — 2010).



Source : Ballais J-L., 2000

Oued Biskra

Oued Saoura : est considéré parmi les grands oueds du sud-ouest algérien, résultant de la jonction entre l'Oued Guir et l'Oued Zouzfana. L'Oued Saoura constitue la limite ouest du Grand Erg dans sa partie occidentale. (Wikipédia, 2019).



Source : en.wikipedia.org/wiki/Oued_Saoura

Oued Saoura —Beni Abbes —

Oued Abdi : il se caractérise par l'importance du débit de ces crues qui peuvent atteindre 382 m³/s pour une crue décennale et 518 m³/s pour une crue avec période de retour de cent ans (Ballais J-L., 2010)

Oued Djedi : cet oued se démarque par ses crues qui peuvent survenir sur une longueur de 500 km. Il parcourt son itinéraire de l'Ouest vers le cote est au piémont de l'Atlas saharien.

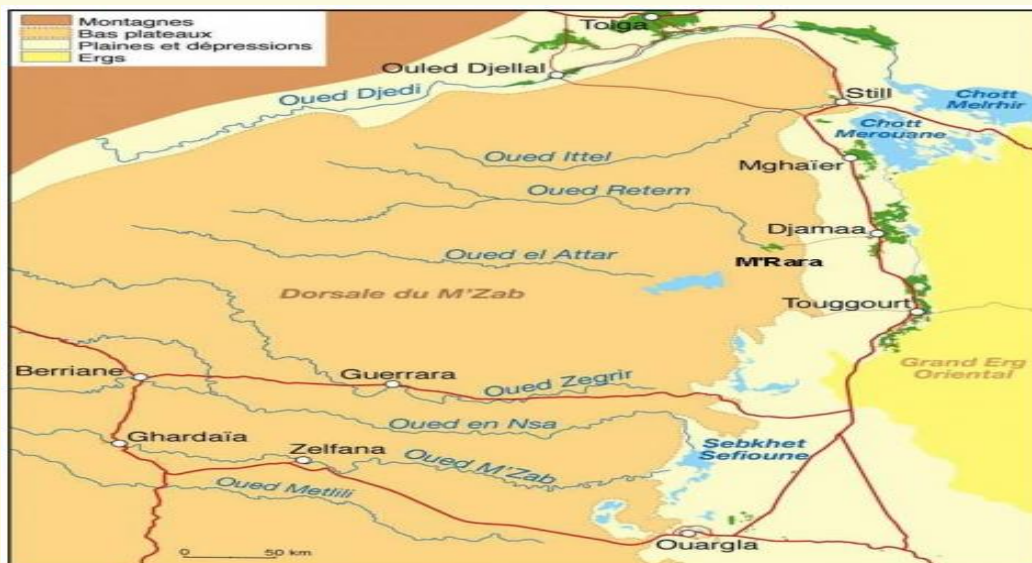
Oued Ittel : la particularité de ce cours d'eau réside dans le fait qu'il occupe une position centrale par rapport aux divers oueds traversant l'Atlas saharien et ceux descendant de la dorsale du M'Zab.

Oued Bousaada : faisant partie du grand bassin versant du hodna, Ce cours d'eau traverse la ville de Bousaada sur une longueur de 6.25 km et se démarque par un écoulement temporaire (en période de crues). (Adoui, 2013).



Source : [staticflickr.com/Oued_de_Bou Saâda.jpg](https://staticflickr.com/Oued_de_Bou_Saâda.jpg) Oued Boussaâda

Concernant les oueds de la dorsale du M'Zab et comme le montre la carte ci - après, cette dernière est constituée d'un réseau hydrographique qualifié de dense par rapport au Sud algérien. Elle comporte les cours d'eau suivant :



Source : Ballais J-L., 2010

Oueds de la dorsale du M'Zab

Oued Rmel : parmi les oueds de la dorsale du M'Zab se démarque Oued Rmel, connu aussi sous le nom de Oued Retem Ce cours d'eau a été à l'origine de plusieurs crues exceptionnelles notamment celles de 1969, 1973 et 1984 (DH — El Oued).



Source : Ballais J-L., 2000

Oued Rmel

Oued M'Zab : est considéré parmi les plus longs cours d'eau de la dorsale du M'Zab avec un lit d'écoulement qui s'étale sur 310 km.



Source : Ballais J-L., 2000

Oued M'Zab

Oued En Nsa : est qualifié de dangereux dans son tronçon traversant la région de « Hassi Khefif » où le lit de ce cours d'eau est très large nécessitant la construction d'un ouvrage de protection contre les inondations. J. Dubief (1953-b), nous a rappelé la crue importante survenue en mois d'octobre 1951 inondant sebkha Sefioune. (BALLAIS, 2010).



Source : [commons.wikimedia.org/wiki/Oued Nsa](https://commons.wikimedia.org/wiki/Oued_Nsa)
Oued En Nsa-El Guerrara-

Source : Données compilées par l'auteur selon plusieurs travaux de recherches, 2019

Ce travail de compilation a été élaboré grâce aux travaux de recherches suivants :

Aroua N, (2009). Contribution à l'étude de la vulnérabilité urbaine au risque d'inondation dans un contexte de changement climatique. Cas de la vallée d'Oued El Harrach à Alger, Fifth Urban Research Symposium.

Touaïbia B, (2009). Approche quantitative de l'érosion hydrique à différentes échelles spatiales : bassin versant de l'Oued Mina, in Hydrological Sciences Journal, Volume 46, 2001 - Issue 1

Ballais J-L, (2010). Des oueds mythiques aux rivières artificielles : l'hydrographie du Bas-Sahara algérien.

Nezzal F, (2015). Risque d'inondations dans le bassin versant de l'oued Hamiz - baie d'Alger, Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°22, Juin 2015, pp. 81-89.

Meddi M (2016). Etude des crues du bassin versant de l'oued mekerra, janvier 2014, article consulté sur : <https://www.researchgate.net/publication/272507399> .

Saouli A, (2019). Problématique du risque inondation en milieu urbain c as de la ville d'elbayadh, Master, Université Mohamed Khider –Biskra.

Bouchelaghem H, (2008). Caractérisation du peuplement Odonatologique du bassin versant des Oueds : Cherf – Seybouse », mémoire de magister, Université de Guelma, 146p.

Tahar S, (2013). Impact des inondations sur l'espace urbain-cas de la wilaya de Sidi Bel Abbes, mémoire de magistère, université d'Oran.

Beloulou L, (2008). Vulnérabilité aux inondations en milieu urbain. Cas de la ville d'Annaba, Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar-Annaba.

Cherouana L, (2017). Particularités morphologiques, géologiques et indices des instabilités dans la région d'oued Athmania », Article scientifique, Sciences & Technologie D – N°45, pp109-118.

Annexe F : Espaces verts à Batna

La ville de Batna est caractérisée par des espaces verts confinés dans des surfaces réduites et répartis comme suit :

- **Parc urbain :**

Le seul parc urbain existant au niveau de la ville Batna est réalisé en 1981, d'une superficie de 10.62 ha. Cet espace vert clôturé localisé à la cité Kchida constitue un espace de détente et de récréation très prisé par les batnéens



Source : fr.wikipedia.org/Complexe_sportif_de_Batna.jpg

Figure 8-21 : Parc urbain de la ville de Batna-Kchida

Jardins publics :

La ville de Batna abrite des jardins publics dont la plupart remontent à la période coloniale. Ces espaces extérieurs paysagés et plantés sont destinés à l'agrément du public et constituent un véritable support de lieu de repos et de promenade. Les jardins publics de Batna se distinguent par leur richesse en matière de massifs fleuris composés de plusieurs variétés végétales, fleurs et arbustes. Comme étant des espaces publics, ces jardins abritent aussi les squares plantés et les places arborées. À titre d'illustration, nous évoquer le fameux jardin des allées de Benboulaid, « sahet el chouhada », et la place du théâtre :

Jardin « Des allées Ben Boulaid » :

Fréquentées par les familles et très prisées par la population locale, les allées « Ben Boulaid » se distinguent par leur forte attractivité. Ce fameux jardin constitue un bon support d'activités socioculturelles, notamment durant la saison estivale. Un lieu très convoité abritant des aires de repos et de rencontres en plein tissu urbain. Sa date de création remonte à l'époque coloniale en 1952.



Source : www.google.com/=jardins+ben+boulaid+batna
jardin « les allées Ben Boulaid »

Jardin « Place du square » ou « place du théâtre » :

Comme son nom l'indique, ce jardin occupe la placette qui se trouve juste en face du théâtre et s'étale sur une superficie de 2940 m². La « place du square » ou « place du théâtre » aujourd'hui est créée pendant l'époque coloniale et nommée « square », occupant une position stratégique par rapport aux principaux boulevards de la ville. Cette placette ornée par des touches vertes est connue pour sa grande fréquentation lors des journées fériées.



Source : Blog Espace Algérie 2011

jardin « Place du théâtre »

Jardin « Sahat Chouhada » :

Le jardin « Sahat Chouhada » s'étale sur une superficie qui avoisine les 3030 m² et occupe une position centrale dans le noyau historique de la ville de Batna en face des « allées Ben Boulaid ». Connue pour sa richesse en matière d'espèces botaniques très variées.



Source : Rym Mebarki, (2012)

Jardin « Sahat Chuhada »

Jardin du « 1^{er} Novembre 1954 » :

Le jardin public « 1^{er} novembre 1954 » est créé en 1992 et s'étale sur une surface de presque un hectare, délaissé et dans un état physique dégradé.



Source : Lahouel Hadjer, (2009)

Jardin du « 1er novembre 54''

Jardin botanique « La verdure » :

Une structure ouverte au grand public, chargée de collecter des espèces végétales vivantes destinées, entre autres, à la recherche scientifique. Situé en plein centre-ville dans un quartier portant le même nom, le jardin de la verdure appelé également jardin des lettres ou « Hadikat El Hourouf » a été créé par un architecte paysagiste polonais. Ce jardin est accessible par les allées Menasria qui constituent l'unique entrée de cet espace vert. La particularité de ce jardin c'est qu'il forme un cône alluvial des crues générées par les oueds « Tazoult » et « Bougdane » qui se déversent dans cette cuvette.



Source : [wiki/Jardin de la Verdure \(Batna\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Jardin_de_la_Verdure_(Batna))

Jardin Botanique « La verdure »

Jardins collectifs : Ce type de jardins est souvent annexé aux sièges d'administrations et d'équipements.



Source : [https://fr.m.wikipedia.org/wiki/ Batna.jpg](https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Batna.jpg)

Exemples de jardins collectifs

Jardin résidentiel :

C'est plutôt des espaces verts aménagés et rattachés à des quartiers à vocation résidentielle :



Source K — Bendib F — Naceur, 2018

Exemples de jardins résidentiels

Jardin particulier :

Jardin attenant est annexé à une maison individuelle, généralement fermé :



Source : Lahouel H, (2012)

Jardin particulier d'une habitation individuelle à Batna

Plantations d'alignement :

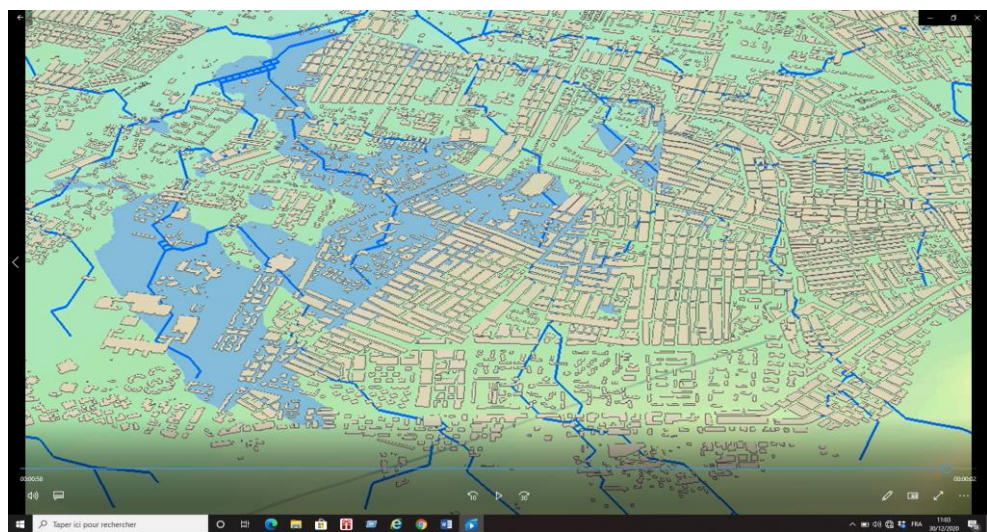
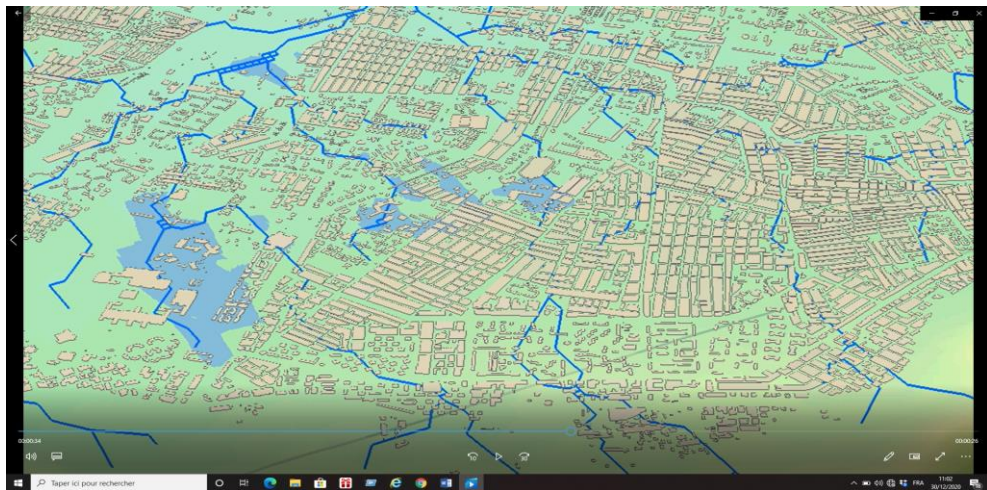
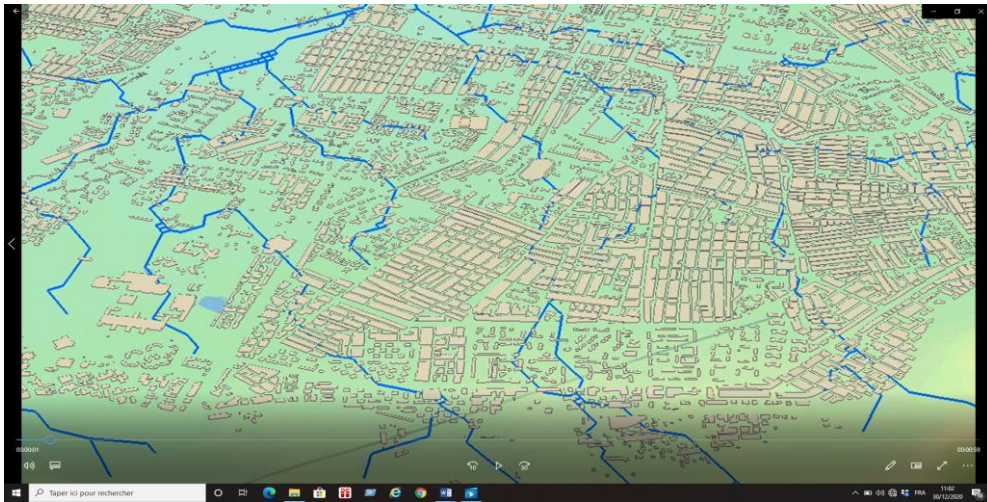
C'est l'ensemble des arbres qui meublent les grands axes routiers. Les plantations d'alignement comprennent toutes les formations arborées situées le long des boulevards importants tels que les « Allées Ben Boulaid » et les « Allées Saleh Nezar ».



Source : <https://www.facebook.com/LesAlléeBenBoulaidMonCartier/photos>
Plantation d'alignement au niveau des « Allées — Benboulaid »

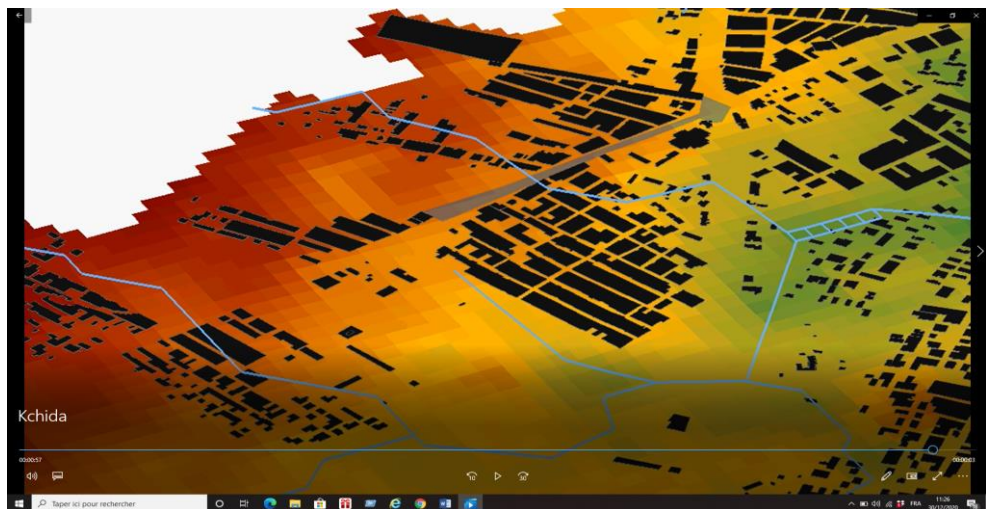
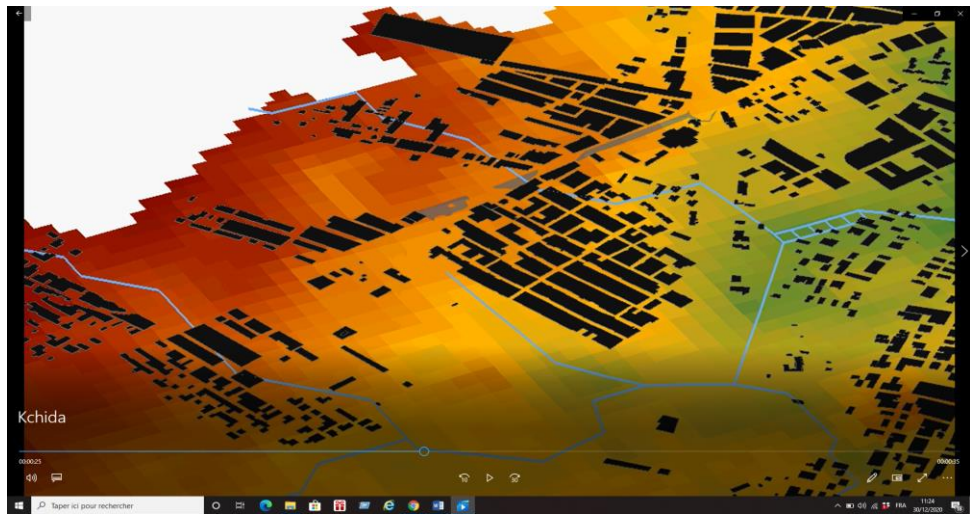
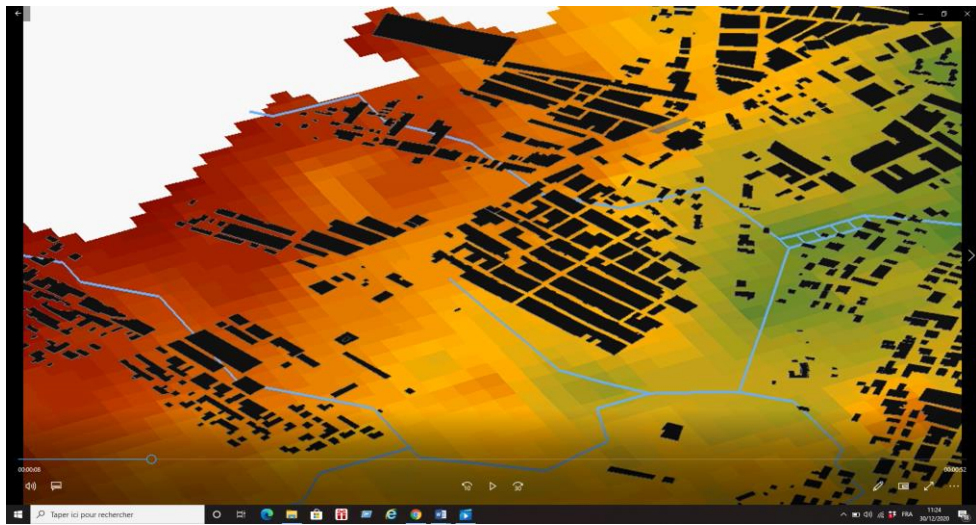
Annexe G : Simulation d'une crue centennale au niveau de Batna

Simulation d'une crue centennale –Route de Biskra et palais de justice



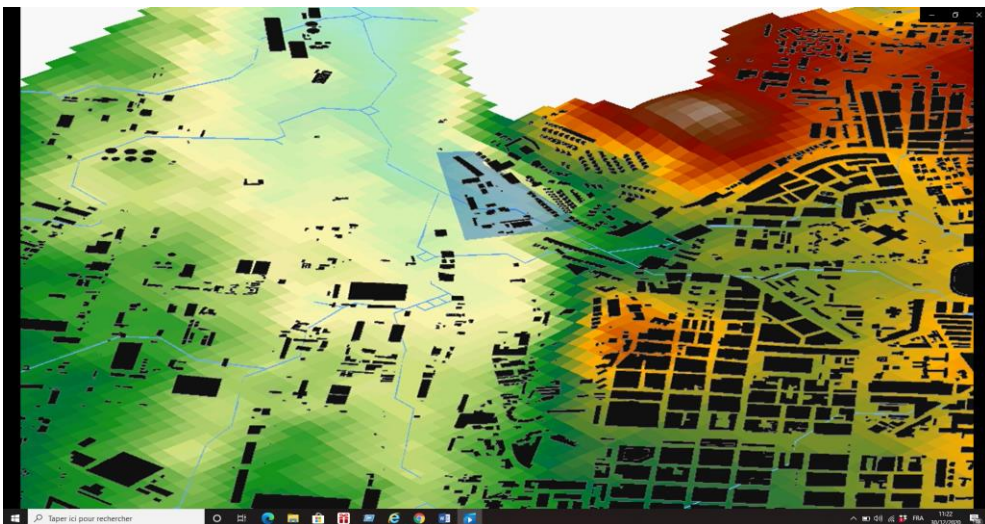
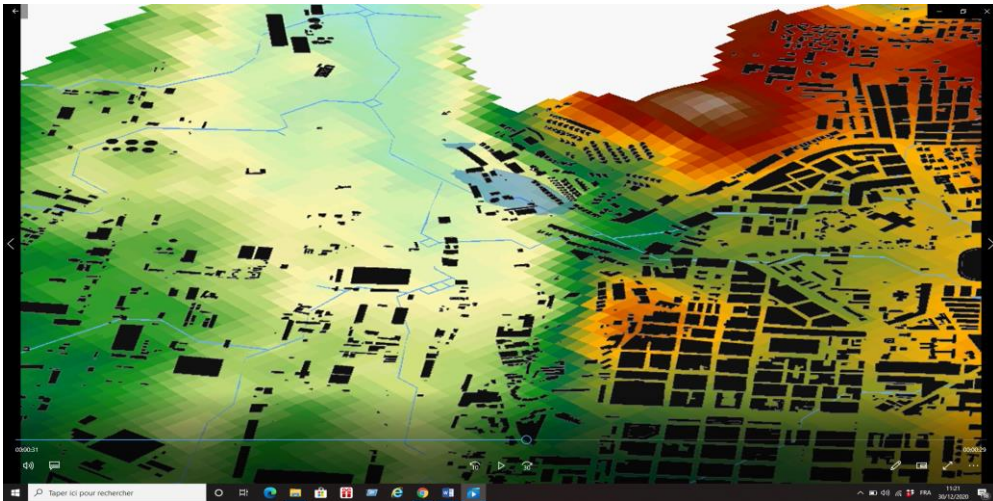
Source : Auteur, Application Arc scene sous ArcGis 10.3,2016

Simulation d'une crue centennale - Kchida -



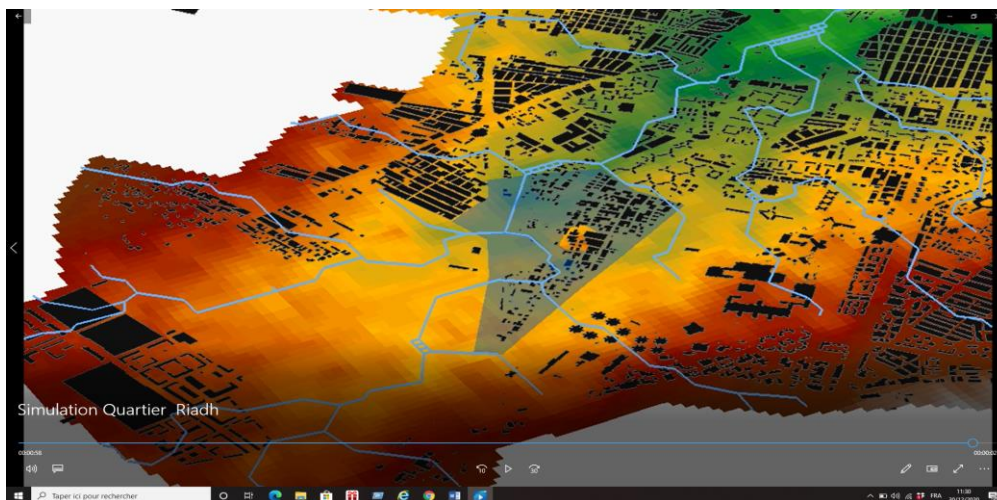
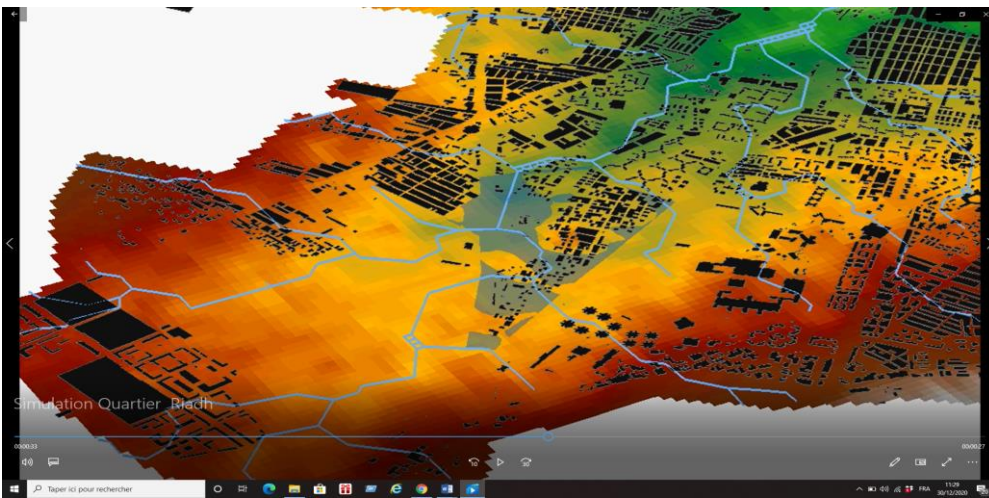
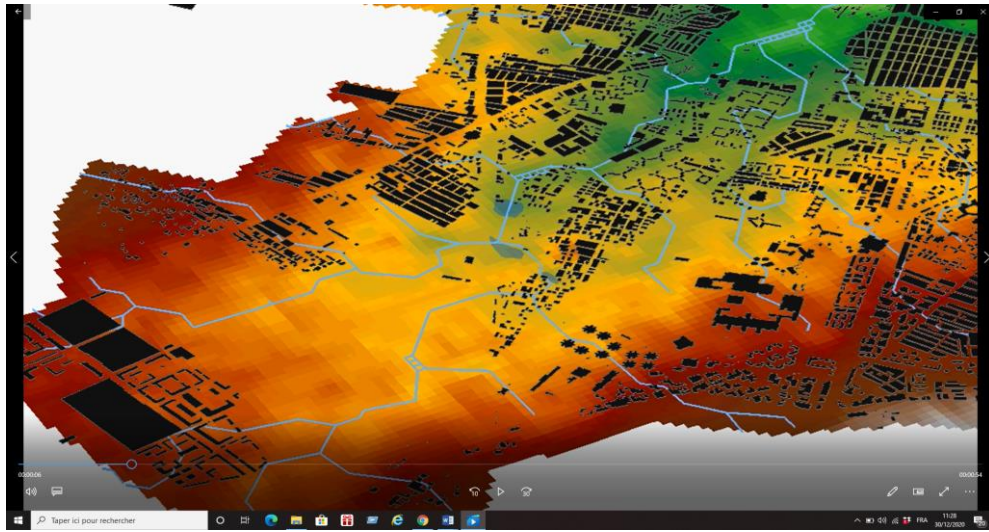
Source : Auteur, Application Arc scene sous ArcGis 10.3,2016

Simulation d'une crue centennale - Promotion Kadri à Bouzourane -



Source : Auteur, Application Arc scene sous ArcGis 10.3,2016

Simulation d'une crue centennale - Quartier Riadh -



Source : Auteur, Application Arc scene sous ArcGis 10.3,2016

Annexe H : Reportage photographique – Cours d'eau traversant les zones vulnérables

Quartier "Kchida"



Quartier "Bchina"



Source : Auteur, 2019

Quartier " Hamla "



Quartier « Parc à Fourrage »



Source : Auteur, 2019

Lotissement " Riadh "



Source : Auteur, 2019

Evitement Sud " Timchit "



Annexe I :

Loi n° 04-20 du 13 Dhou El Kaada 1425 correspondant au 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.

Art. 1. — La présente loi a pour objet d'édicter les règles de prévention des risques majeurs et de gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.

TITRE I

DISPOSITIONS PRELIMINAIRES

Chapitre 1

Des définitions et des qualifications

Art. 2. — Est qualifié, au sens de la présente loi, de risque majeur toute menace probable pour l'Homme et son environnement pouvant survenir du fait d'aléas naturels exceptionnels et/ou du fait d'activités humaines.

Art. 3. — Relèvent de la prévention des risques majeurs, la définition et la mise en œuvre de procédures et de règles visant à limiter la vulnérabilité des hommes et des biens aux aléas naturels et technologiques.

Art. 4. — Est qualifié de système de gestion des catastrophes, lors de la survenance d'un aléa naturel ou technologique entraînant des dommages au plan humain, social, économique et/ou environnemental, l'ensemble des dispositifs et mesures de droit mis en œuvre pour assurer les meilleures conditions d'information, de secours, d'aide, de sécurité, d'assistance et d'intervention de moyens complémentaires et/ou spécialisés.

Art. 5. — L'ensemble des actes relevant de la prévention des risques majeurs et de la gestion des catastrophes sont des actes d'intérêt public, et qui, à ce titre, peuvent déroger à la législation en vigueur dans les limites fixées par la présente loi.

Chapitre 2

Des objectifs et des fondements

Art. 6. — Les règles de prévention des risques majeurs et de la gestion des catastrophes visent à prévenir et prendre en charge les effets des risques majeurs sur les établissements humains, leurs activités et leur environnement dans un objectif de préservation et de sécurisation du développement et du patrimoine des générations futures.

Art. 7. — Le système de prévention des risques majeurs et de gestion des catastrophes a pour objectifs :

- 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.

Art. 8. — Afin de permettre aux établissements humains, aux activités qu'ils abritent, et à leur environnement de façon générale, de s'inscrire dans l'objectif d'un développement durable, les règles de prévention des risques majeurs et de gestion des catastrophes ont pour fondement les principes suivants :

- **le principe de précaution et de prudence** : sur la base duquel l'absence de certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures effectives et proportionnées visant à prévenir, à un coût économiquement acceptable, tout risque aux biens, aux personnes et à l'environnement d'une manière générale.

- **le principe de concomitance** : qui, lors de l'identification et de l'évaluation des conséquences de chaque aléa ou de chaque vulnérabilité, prend en charge leurs interactions et l'aggravation des risques du fait de leur survenance de façon concomitante ;

- **le principe d'action préventive et de correction par priorité à la source** : selon lequel les actes de prévention des risques majeurs doivent, autant que possible, en utilisant les meilleures techniques, et à un coût économiquement acceptable, veiller à prendre en charge d'abord les causes de la vulnérabilité, avant d'édicter les mesures permettant de maîtriser les effets de cette vulnérabilité ;

- **le principe de participation** : en vertu duquel chaque citoyen doit avoir accès à la connaissance des aléas qu'il encourt, aux informations relatives aux facteurs de vulnérabilité s'y rapportant, ainsi qu'à l'ensemble du dispositif de prévention de ces risques majeurs et de gestion des catastrophes ;

- **le principe d'intégration des techniques nouvelles** : en vertu duquel le système de prévention des risques majeurs doit veiller à suivre et, chaque fois que nécessaire, à intégrer les évolutions techniques en matière de prévention des risques majeurs.

Chapitre 3

Du champ d'application

Art. 9. — La prévention des risques majeurs et la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable constitue un système global initié et conduit par l'Etat, mis en œuvre 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 présente loi et ses textes d'application.

Art. 10. — Constituent des risques majeurs pris en charge par des dispositifs de prévention de risques majeurs au sens des dispositions de l'article 5 ci-dessus, les risques suivants :

- 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.

Chapitre 4

De l'information et de la formation en matière de prévention des risques majeurs et de gestion des catastrophes

Section 1

De l'information

Art. 11. — L'Etat assure aux citoyens un accès égal et permanent à toute information relative aux risques majeurs. Ce droit d'accès à l'information couvre : — la connaissance des aléas et des vulnérabilités de son lieu de résidence et d'activité, — l'information sur les dispositifs de prévention des risques majeurs applicables à son lieu de résidence ou d'activité ; — l'information sur les dispositifs de prise en charge des catastrophes. Les modalités d'élaboration, de diffusion et d'accès à ces informations sont fixées par voie réglementaire.

Art. 12. — Les modalités d'organisation, de promotion et de soutien de toute campagne ou action d'information sur les risques majeurs, leur prévention, et la gestion des catastrophes qui peuvent en découler, tant pour améliorer l'information générale des citoyens, que pour permettre une information particulière dans des zones présentant des risques particuliers, ou dans les lieux de travail ou les lieux publics de façon générale, sont fixées par voie réglementaire.

Section 2

De la formation

Art. 13. — Il est institué en vertu de la présente loi un enseignement des risques majeurs dans tous les cycles d'enseignement. Les programmes d'enseignement des risques majeurs ont pour objectifs de :

- fournir une information générale sur les risques majeurs ;
- inculquer une formation sur la connaissance des aléas, des vulnérabilités, et des moyens de prévention modernes ;
- informer et préparer l'ensemble des dispositifs devant être mis en œuvre lors de la survenance de catastrophes. Les modalités d'application du présent article sont précisées par voie réglementaire.

Art. 14. — L'Etat veille à relever le niveau de qualification, de spécialisation et d'expertise des institutions et de l'ensemble des corps qui interviennent dans la prévention des risques majeurs et dans la gestion des catastrophes.

TITRE II

DE LA PREVENTION DES RISQUES MAJEURS

Art. 15. — La prévention des risques majeurs est fondée sur : — des règles et des prescriptions générales applicables à tous les risques majeurs, — des prescriptions particulières à chaque risque majeur, — des dispositifs de sécurisation stratégique, — des dispositifs complémentaires de prévention. Chapitre 1 Des règles et des prescriptions générales applicables à tous les risques majeurs

Art. 16. — Pour chaque risque majeur, au sens des dispositions de l'article 10 ci-dessus, il est institué un plan général de prévention de risque majeur adopté par décret. Ce plan fixe l'ensemble des règles et procédures visant à atténuer la vulnérabilité à l'aléa concerné et à prévenir les effets induits par la survenance de cet aléa.

Art. 17. — Chaque plan général de prévention de risque majeur doit déterminer :

- le système national de veille, par lequel est organisée, selon des paramètres pertinents et/ou significatifs, une observation permanente de l'évolution des aléas et/ou des risques concernés ainsi qu'une capitalisation, une analyse et une valorisation des informations enregistrées, et permettant :

* une meilleure connaissance de l'aléa ou du risque concerné, * l'amélioration de la prévisibilité de sa survenance,

* le déclenchement des systèmes d'alerte. Les institutions, les organismes et/ou les laboratoires de référence chargés de la veille pour un aléa ou un risque majeur ainsi que les modalités d'exercice de cette veille sont fixés par voie réglementaire.

- Le système national d'alerte permettant l'information des citoyens quant à la probabilité et/ou l'imminence de la survenance de l'aléa ou du risque majeur concerné. Ce système national d'alerte doit être structuré selon la nature de l'aléa et/ou du risque majeur concerné, en :

* système national,

* système local (par aire métropolitaine, ville, village),

* système par site. Les composants de chaque système d'alerte, les conditions et modalités de sa

mise en place, de sa gestion ainsi que les modalités de son déclenchement sont précisés par voie réglementaire.

- Les programmes de simulation nationaux, régionaux ou locaux permettant de :

* vérifier et améliorer les dispositifs de prévention du risque majeur concerné,

* s'assurer de la qualité, de la pertinence et de l'efficacité des mesures de prévention,

* informer et préparer les populations concernées.

Art. 18. — Le plan général de prévention des risques majeurs doit également comporter :

- le système retenu pour évaluer l'importance de l'aléa concerné, le cas échéant.

- la détermination des régions, wilayas, communes et zones présentant des vulnérabilités particulières selon l'importance de l'aléa concerné, lors de sa survenance ;

- les mesures de mise en œuvre en matière de prévention et d'atténuation de la vulnérabilité vis-à-vis du risque majeur concerné, en précisant la gradation des mesures en matière d'établissements humains et d'occupation de l'espace, selon l'importance de l'aléa lors de sa survenance et de la vulnérabilité de la région, wilaya, commune ou zone concernée.

Art. 19. — Sans préjudice des dispositions législatives en vigueur en matière de construction, d'aménagement et d'urbanisme, sont strictement interdites, pour risque majeur, les constructions, et notamment dans les zones à risques suivantes :

- les zones de failles sismiques jugées actives,

- les terrains à risque géologique,

- les terrains inondables, les lits d'oueds et l'aval des barrages en dessous du seuil d'inondabilité fixé conformément aux dispositions de l'article 24 ci-dessous,

- les périmètres de protection des zones industrielles, des unités industrielles à risque ou de tout ouvrage industriel ou énergétique présentant un risque important,

- les terrains d'emprise des canalisations d'hydrocarbures, d'eau ou les aménées d'énergie dont l'altération ou la rupture peut entraîner un risque majeur.

Art. 20. — Chaque plan général de prévention des risques majeurs prévus par les dispositions de l'article 16 ci-dessus, fixe les zones frappées de servitude de non-aedificandi pour risque majeur ainsi que les mesures applicables aux constructions existantes avant la promulgation de la présente loi.

Chapitre 2

Des prescriptions particulières à chaque risque majeur

Section 1

Des prescriptions particulières en matière de séismes et de risques géologiques

Art. 21. — Sans préjudice des dispositions législatives en matière de construction, d'aménagement et d'urbanisme, le plan général de prévention des séismes et des risques géologiques précise la classification de l'ensemble des zones exposées à ces risques, selon l'importance du risque, afin de permettre une information adéquate et d'organiser le rééquilibrage des implantations et le redéploiement de certains établissements humains.

Art. 22. — Pour les zones exposées aux séismes et aux risques géologiques et selon l'importance du risque, le plan général de prévention des séismes et des risques géologiques peut prévoir des procédures complémentaires de contrôle ou d'expertise des bâtiments, installations et infrastructures réalisées avant l'introduction de règles parasismiques ou selon des règles parasismiques non actualisées.

Art. 23. — Toute reconstruction d'ouvrage, d'infrastructure ou de bâtiment totalement ou partiellement détruits par une catastrophe due à la survenance d'un risque sismique et/ou géologique ne peut être effectuée qu'après une procédure particulière de contrôle visant à s'assurer que les causes de destruction totale ou partielle ont été prises en charge. Les organes, les modalités et les procédures de ce contrôle sont fixés par voie réglementaire. Section 2 Des prescriptions particulières en matière de prévention des inondations.

Art. 24. — Le plan général de prévention des inondations prévu par les dispositions de l'article 16 ci-dessus doit comporter :

- une carte nationale d'inondabilité précisant l'ensemble des zones inondables, y compris les lits d'oueds et les périmètres situés à l'aval des barrages et exposés à ce titre en cas de rupture de barrage,
- la hauteur de référence pour chaque zone déclarée inondable, au-dessous de laquelle les périmètres concernés sont grevés de la servitude de non-aedificandi instituée par les dispositions de l'article 20 ci-dessus,
- les seuils, conditions, modalités et procédures de déclenchement des pré-alertes et des alertes pour

chacun de ces aléas, ainsi que les procédures de suspension des alertes

Chapitre 2

Des prescriptions particulières à chaque risque majeur

Section 1

Des prescriptions particulières en matière de séismes et de risques géologiques

Art. 21. — Sans préjudice des dispositions législatives en matière de construction, d'aménagement et d'urbanisme, le plan général de prévention des séismes et des risques géologiques précise la classification de l'ensemble des zones exposées à ces risques, selon l'importance du risque, afin de permettre une information adéquate et d'organiser le rééquilibrage des implantations et le redéploiement de certains établissements humains.

Art. 22. — Pour les zones exposées aux séismes et aux risques géologiques et selon l'importance du risque, le plan général de prévention des séismes et des risques géologiques peut prévoir des procédures complémentaires de contrôle ou d'expertise des bâtiments, installations et infrastructures réalisées avant l'introduction de règles parasismiques ou selon des règles parasismiques non actualisées.

Art. 23. — Toute reconstruction d'ouvrage, d'infrastructure ou de bâtiment totalement ou partiellement détruits par une catastrophe due à la survenance d'un risque sismique et/ou géologique ne peut être effectuée qu'après une procédure particulière de contrôle visant à s'assurer que les causes de destruction totale ou partielle ont été prises en charge. Les organes, les modalités et les procédures de ce contrôle sont fixés par voie réglementaire.

Section 2

Des prescriptions particulières en matière de prévention des inondations

Art. 24. — Le plan général de prévention des inondations prévu par les dispositions de l'article 16 ci-dessus doit comporter :

- une carte nationale d'inondabilité précisant l'ensemble des zones inondables, y compris les lits d'oueds et les périmètres situés à l'aval des barrages et exposés à ce titre en cas de rupture de barrage,
- la hauteur de référence pour chaque zone déclarée inondable, au-dessous de laquelle les périmètres concernés sont grevés de la servitude de non-aedificandi instituée par les dispositions de l'article 20 ci-dessus,

- les seuils, conditions, modalités et procédures de déclenchement des pré-alertes et des alertes pour chacun de ces aléas, ainsi que les procédures de suspension des alertes.

Art. 25. — Sans préjudice des dispositions législatives en vigueur, dans les zones déclarées inondables par le plan général de prévention des inondations et situées au dessus de la hauteur de référence, les autorisations d'occupation, de lotissement ou de construction doivent, sous peine de nullité, préciser l'ensemble des travaux, aménagements, canalisations ou ouvrages de correction destinés à réduire le risque des eaux pour la sécurité des personnes et des biens. Les modalités d'application des dispositions du présent article sont fixées par voie réglementaire.

Section 3

Des prescriptions particulières en matière de prévention des aléas climatiques.

Art. 26. — Constituent des aléas climatiques pouvant engendrer un risque majeur au sens des dispositions de l'article 2 ci-dessus :

- les vents violents,
- les chutes de pluies importantes,
- la sécheresse,
- la désertification,
- les vents de sable,
- les tempêtes de neige.

Art. 27. — Le plan général de prévention des aléas climatiques détermine :

- les zones exposées à chacun des aléas cités à l'article 26 ci-dessus ;
- les modalités de veille pour l'observation de l'évolution de chacun de ces aléas,
- les seuils, conditions, modalités, et procédures de déclenchement des pré-alertes et des alertes pour chacun de ces aléas, ainsi que les procédures de suspension des alertes,
- les mesures de prévention applicables lors de l'annonce des avis de pré-alerte ou d'alerte.

Art. 28. — Le plan général de prévention des aléas climatiques peut fixer toute règle de prévention ou de sécurité applicable aux zones exposées à ces aléas. Section 4 Des prescriptions particulières en matière de prévention des feux de forêts.

Art. 29. — Sans préjudice des dispositions de la loi n° 84-12 du 23 juin 1984, modifiée et complétée, susvisée, le plan général de prévention des feux de forêts doit :

- comporter une classification des zones forestières selon le risque encouru par les villes,

- déterminer les agglomérations ou les établissements humains implantés dans des zones forestières ou à leur proximité et pour lesquels le déclenchement d'un feu de forêt peut constituer un risque majeur au sens des dispositions de l'article 2 ci-dessus.

Art. 30. — Sur la base de la classification des zones forestières, le plan général de prévention des feux de forêts doit déterminer en outre :

— les modalités de veille et d'évaluation des circonstances climatiques prévisibles ; — le système de pré-alerte ou d'alerte ;

— les mesures de prévention applicables lors de l'annonce des avis de pré-alerte ou d'alerte.

Art. 31. — Le plan général de prévention contre les feux de forêts peut également fixer toutes mesures de prévention ou prescriptions de sécurité applicables aux zones forestières.

Section 5

Des prescriptions particulières en matière de prévention des risques industriels et énergétiques

Art. 32. — Le plan général de prévention des risques industriels et énergétiques fixe l'ensemble des dispositifs, règles et/ou procédures de prévention et de limitation des risques d'explosion, d'émanation de gaz et d'incendie, ainsi que ceux liés à la manipulation de matières classées dangereuses.

Art. 33. — Le plan général de prévention des risques industriels et énergétiques détermine : — les établissements et installations industriels concernés ; — les procédures applicables aux établissements et aux installations industriels selon leur implantation en zone industrielle, hors zone industrielle, ou dans les zones urbaines ; — les dispositifs de contrôle et de mise en œuvre des prescriptions du plan général de prévention des risques industriels et énergétiques.

Art. 34. — Sans préjudice des dispositions législatives en vigueur, le plan général de prévention des risques industriels et énergétiques comporte l'ensemble des règles et procédures applicables à des installations ou ensembles d'installations particulières et notamment les mines, les carrières, les ouvrages ou installations de traitement et de transport de l'énergie et notamment des hydrocarbures.

Section 6

Des prescriptions particulières en matière de prévention des risques radiologiques et nucléaires

Art. 35. — Sans préjudice des dispositions législatives en vigueur et sur la base des risques prévisibles, un décret précise le dispositif de prévention des risques radiologiques et nucléaires, ainsi que les moyens et les modalités de lutte contre ces sinistres lors de leur survenance.

Section 7

Des prescriptions particulières en matière de prévention des risques portant sur la santé humaine

Art. 36. — Le plan général de prévention des risques pour la santé humaine définit, pour les affections présentant un risque de contagion ou d'épidémies :

- le système de veille et le mode de détermination des laboratoires de référence chargés d'exercer cette veille ;

- les systèmes de pré-alerte ou d'alerte en la matière.

Art. 37. — Le plan général de prévention des risques pour la santé humaine détermine également les mesures de prévention pouvant être mises en œuvre en cas de survenance de ces risques. Section 8 Des prescriptions particulières en matière de prévention des risques portant sur la santé animale et végétale.

Art. 38. — Sans préjudice des dispositions législatives en vigueur, le plan général de prévention des risques pour la santé animale et végétale doit définir :

- les modalités de veille en matière zoosanitaire et de protection des végétaux ;

- les modalités de détermination des laboratoires et/ou des institutions de référence chargés d'exercer cette veille ;

- les systèmes de pré-alerte et d'alerte lors de la survenance d'une épizootie ou d'une atteinte au patrimoine végétal.

Art. 39. — Le plan général de prévention des risques pour la santé animale et végétale doit, en outre, prévoir l'ensemble des procédures et mécanismes concernant la veille, la prévention, la pré-alerte, l'alerte ainsi que la mobilisation des moyens adaptés en matière de risques d'épizootie, de zoonoses majeures ou d'atteinte au patrimoine végétal.

Section 9

Des prescriptions particulières en matière de prévention des risques dus à des regroupements humains importants

Art. 40. — Le plan général de prévention des risques dus à des regroupements humains importants doit déterminer les mesures de prévention applicables aux établissements recevant un nombre élevé de visiteurs, tels que les stades, les gares routières, portuaires ou aéroportuaires importantes, les plages ou tous autres lieux publics et nécessitant de ce fait des mesures de prévention particulières.

Art. 41. — Le plan général de prévention des risques dus à des regroupements humains importants définira en outre, selon le type d'infrastructure ou de lieu et selon la nature du regroupement, l'ensemble des moyens et/ou des personnes devant être mobilisés pour garantir la sécurité de ces regroupements humains importants.

Chapitre 3

Des dispositifs de sécurisation stratégiques

Section 1

Des infrastructures routières et autoroutières

Art. 42. — Sans préjudice des dispositions de la loi n° 01-14 du 29 Joumada El Oula 1422 correspondant au 19 août 2001 susvisée, l'Etat peut prescrire toute mesure ou ensemble de mesures destinées à assurer la sécurité du réseau routier et autoroutier lors de la survenance des risques majeurs.

Art. 43. — Les mesures prévues à l'article 42 ci-dessus doivent notamment concerner :

— la sécurisation préventive du réseau routier et autoroutier, y compris les ouvrages d'art (viaducs, ponts et tunnels) contre leur vulnérabilité aux aléas des risques majeurs identifiés par la présente loi et notamment les séismes et les risques géologiques ;

— l'expertise des ouvrages d'art n'ayant pas fait l'objet, au moment de leur réalisation, de mesures techniques de prévention des risques majeurs.

Section 2

Des liaisons stratégiques et des télécommunications

Art. 44. — L'Etat peut prescrire toute mesure ou ensemble de mesures destinées à développer un réseau national de télécommunications fiable, sécurisé et conçu pour pouvoir pallier tout dysfonctionnement ou rupture du fait de la survenance d'un risque majeur.

Art. 45. — Les mesures prévues par les dispositions de l'article 44 ci-dessus doivent notamment viser à :

- la diversification des points d'interconnexion avec les réseaux internationaux,
- la sécurisation des centres stratégiques nodaux de commutation et de transmission,
- la disponibilité en moyens de communication fiables et adéquats lors de la prévention de risques majeurs et de la gestion des catastrophes.

Section 3

Des infrastructures et bâtiments à valeur stratégique

Art. 46. — Les bâtiments à valeur stratégique ou patrimoniale des villes font l'objet de plans d'étude de vulnérabilité destinés à les préserver contre les effets des risques majeurs du fait de leur emplacement, de leur mode de réalisation ou de l'ancienneté de leur édification. Les modalités d'élaboration de ces plans, notamment les bâtiments concernés sont fixées par voie réglementaire.

Art. 47. — Sur la base des plans d'étude de vulnérabilité prévus dans les dispositions de l'article 46 ci-dessus, il est institué des plans de confortement priorités visant à préserver les bâtiments à valeur stratégique ou patrimoniale. Les modalités d'élaboration et d'exécution des plans de confortement priorités sont fixées par voie réglementaire.

Chapitre 4

Des dispositifs complémentaires de prévention

Art. 48. — Afin de garantir la protection la plus étendue des personnes et des biens face aux risques majeurs et le caractère durable des activités humaines, les plans de prévention des risques majeurs institués par les dispositions de l'article 16 ci-dessus, doivent comporter des dispositifs visant un recours systématique au système national d'assurance pour les risques assurables.

Art. 49. — Sans préjudice des dispositions de la loi n° 91-11 du 27 avril 1991 fixant les règles d'expropriation pour cause d'utilité publique, la procédure d'expropriation pour cause d'utilité publique peut être mise en œuvre lorsqu'un danger grave et permanent constitue une menace pour les personnes et les biens situés dans une zone exposée à des risques majeurs. Les modalités de l'expropriation pour risque majeur sont mises en œuvre conformément aux dispositions de la loi n° 91-11 du 27 avril 1991, susvisée.

TITRE III

DE LA GESTION DES CATASTROPHES

Art. 50. — Le système national de gestion des catastrophes est constitué par :

- une planification des secours et des interventions ;
- des mesures structurelles pour la prise en charge des catastrophes.

Chapitre 1

De la planification des secours et des interventions.

Art. 51. — Il est institué en vertu de la présente loi ce qui suit :

- une planification des secours pour la prise en charge des catastrophes, notamment celles résultant de la survenance de risques majeurs, dénommée "plans ORSEC" ;
- une planification des interventions particulières.

Section 1

Des plans ORSEC

Art. 52. — Selon l'importance de la catastrophe et/ou des moyens à mettre en œuvre, les plans ORSEC se subdivisent en :

- plans ORSEC nationaux ;
- plans ORSEC inter-wilaya ;
- plans ORSEC de wilaya ;
- plans ORSEC communaux ;
- plans ORSEC des sites sensibles.

Les plans d'organisation des secours peuvent se combiner, notamment lorsqu'il s'agit d'une catastrophe nationale. Les modalités de mise en place, de gestion et de règles particulières de déclenchement des plans ORSEC sont fixées par voie réglementaire.

Art. 53. — Chaque plan ORSEC est composé de plusieurs modules visant à prendre en charge et à gérer chaque aspect particulier d'une catastrophe. Lors de la survenance d'une catastrophe, les modules requis sont activés selon la nature du sinistre. Pour chaque catégorie de plans ORSEC, les modules la composant et les moyens mobilisés au titre de ces modules sont fixés par voie réglementaire.

Art. 54. — L'organisation et la planification des opérations de secours doivent être conçues de manière à prendre en charge par ordre de priorité les segments d'intervention suivants :

- le sauvetage et le secours des personnes ;
- la mise en place de sites d'hébergement provisoires sécurisés ;
- la gestion rationnelle des aides ;
- la sécurité et la santé des sinistrés et de leurs biens ;
- l'alimentation en eau potable ;
- la mise en place d'alimentation en énergie.

Art. 55. — Les plans ORSEC sont organisés et planifiés selon les trois phases suivantes :

- la phase d'urgence ou phase " rouge " ;
- la phase d'évaluation et de contrôle ;
- la phase de réhabilitation et/ou de reconstruction.

Art. 56. — Outre les moyens mobilisés par l'Etat au titre des plans ORSEC, lors de la survenance d'une catastrophe et en vertu du caractère d'utilité publique de la gestion des catastrophes institué par les dispositions de l'article 5 ci-dessus, l'Etat procède à la réquisition des personnes et des moyens nécessaires. Les modalités de mise en œuvre des dispositions du présent article sont fixées par voie réglementaire.

Art. 57. — L'intervention de l'Armée nationale populaire dans les opérations de secours dans le cas de catastrophes obéit aux règles fixées par la loi n° 91-23 du 6 décembre 1991, relative à la participation de l'Armée nationale populaire à des missions de sauvegarde de l'ordre public hors des situations d'exception.

Section 2

Des plans particuliers d'intervention

Art. 58. — Il est institué des plans particuliers d'intervention fixant les mesures spécifiques d'intervention en cas de catastrophes.

Art. 59. — Les plans particuliers d'intervention ont pour objet, pour chaque aléa ou pour chaque risque majeur particulier identifié et notamment en matière de pollution atmosphérique, tellurique, marine ou hydrique : — d'analyser les risques ; — de prévoir, le cas échéant, les dispositifs d'alerte complémentaires ; — de mettre en œuvre les mesures particulières requises pour maîtriser les accidents ; — d'informer les citoyens sur les mesures prises aux abords des installations concernées.

Art. 60. — Sans préjudice des dispositions de la loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003, susvisée, toute installation industrielle doit, avant sa mise en exploitation, être soumise à une étude de danger.

Art. 61. — Les plans particuliers d'intervention sont élaborés sur la base des informations fournies par les exploitants d'installations ou d'ouvrages comportant le risque concerné. Les conditions et modalités d'élaboration et d'adoption des plans particuliers d'intervention sont fixées par voie réglementaire.

Art. 62. — Outre les plans particuliers d'intervention, les exploitants d'installations industrielles doivent élaborer un plan interne d'intervention définissant, au titre de l'installation concernée, l'ensemble des mesures de prévention des risques, les moyens mobilisés à ce titre ainsi que les procédures à mettre en œuvre lors du déclenchement d'un sinistre. Les modalités d'élaboration et de mise en œuvre des plans internes d'intervention sont fixées par voie réglementaire.

Chapitre 2

Des mesures structurelles pour la prise en charge des catastrophes

Art. 63. — Les mesures structurelles pour la prise en charge des catastrophes sont :

- la constitution de réserves stratégiques,
- la mise en place du système de prise en charge des dommages,
- la mise en place d'institutions spécialisées.

Section 1

Des réserves stratégiques

Art. 64. — L'Etat constitue les réserves stratégiques destinées à assurer la gestion de la phase d'urgence consécutive à la catastrophe telle que définie dans les dispositions de l'article 55 ci-dessus.

Art. 65. — Les réserves stratégiques prévues dans les dispositions de l'article 63 ci-dessus sont constituées notamment par :

- des tentes, des chalets, ou tout autre moyen destiné à loger provisoirement les sinistrés sans abri ;

- des vivres ;

- des médicaments de première urgence et des produits de désinfection et de lutte contre la propagation d'épidémies et de maladies ;

- des citernes d'eau potable tractables ;

- de l'eau potable conditionnée sous des formes diverses.

Art. 66. — Les réserves stratégiques sont constituées aux niveaux : — national, — inter-wilayas, — wilaya. La nomenclature et les modalités de mise en place, de gestion et d'utilisation de ces réserves stratégiques sont fixées par voie réglementaire.

Section 2

De la réparation des dommages

Art. 67. — Les conditions et les modalités d'octroi des aides financières aux victimes des catastrophes sont fixées conformément à la législation en vigueur.

Section 3

Des institutions spécialisées

Art. 68. — Outre les institutions intervenant dans la mise en œuvre du système national de prévention des risques majeurs et de gestion des catastrophes et des attributions qui leur sont conférées, il est institué, sous l'autorité du Chef du Gouvernement, une délégation nationale aux risques majeurs chargée de l'évaluation et de la coordination des actions relevant du système national de prévention des risques majeurs et de gestion des catastrophes. Les missions et les modalités d'organisation et de fonctionnement de la délégation nationale aux risques majeurs sont fixées par voie réglementaire

TITRE IV

DISPOSITIONS PENALES

Art. 69. — Outre les officiers et agents de police judiciaire sont habilités à rechercher et à constater les infractions aux dispositions de la présente loi et aux textes pris pour son application, les personnes et organes de contrôle habilités par la loi, dans les conditions, formes et procédures fixées par la législation applicable aux secteurs et activités concernés.

Art. 70. — Sans préjudice des dispositions de la loi n° 90-29 du 1er décembre 1990, modifiée et complétée, relative à l'aménagement et l'urbanisme, toute infraction aux dispositions de l'article 19 de la présente loi est punie d'un emprisonnement de un (1) an à trois (3) ans et d'une amende de trois cent mille dinars (300.000 DA) à six cent mille dinars (600.000 DA) ou de l'une de ces deux peines seulement. En cas de récidive la peine est portée au double.

Art. 71. — Toute infraction aux dispositions de l'article 23 de la présente loi est punie conformément aux dispositions de la loi n° 90-29 du 1er décembre 1990, modifiée et complétée, relative à l'aménagement et à l'urbanisme.

Art. 72. — Tout exploitant d'installation industrielle qui n'aura pas élaboré un plan interne d'intervention tel que prévu à l'article 62 ci-dessus est puni d'un emprisonnement de deux (2) mois à un (1) an et d'une amende de trois cent mille dinars (300.000 DA) à six cent mille dinars (600.000 DA) ou de l'une de ces deux peines seulement. En cas de récidive la peine est portée au double.

TITRE V

DISPOSITIONS PARTICULIERES

Art. 73. — L'ensemble des plans généraux de prévention des risques majeurs, des plans ORSEC et des plans particuliers d'intervention doivent, tant pour les systèmes de veille, les systèmes d'alerte et/ou de pré-alerte que pour les mécanismes de prévention ou de gestion des catastrophes, préciser chaque intervenant, les missions et les responsabilités qui lui sont conférées.


TITRE VI

DISPOSITIONS FINALES

Art. 74. — Toutes dispositions contraires à celles de la présente loi sont abrogées. Toutefois, les dispositions régissant les aspects liés à la prévention des risques majeurs, demeurent en vigueur jusqu'à publication des textes d'application de la présente loi.

Art. 75. — La présente loi sera publiée au Journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire. Fait à Alger, le 13 Dhou El Kaada 1425 correspondant au 25 décembre 2004.

Abdelaziz BOUTEFLIKA.

	<p style="text-align: center;">Nom : HARKAT</p> <p style="text-align: center;">Prénom : Naim</p> <p style="text-align: center;">Titre : Vulnérabilité urbaine des villes algériennes face au risque d'inondations - cas de la ville de batna -</p> <p style="text-align: center;">Thèse en vue de l'Obtention du Diplôme de Doctorat en Sciences - Urbanisme -</p>
<p style="text-align: center;">Résumé :</p> <p>À l'instar de beaucoup de villes algériennes, Batna est l'une des agglomérations urbaines les plus exposées au risque d'inondation, où de fortes crues interviennent en moyenne toutes les 3 à 4 ans. La vulnérabilité de cette ville, qui concentre tant d'enjeux humains, matériels et environnementaux, semble aujourd'hui s'accroître face à ce type d'aléa qu'elle encourt. Implantée sur un site légèrement en pente, la ville de Batna est traversée par deux importants oueds et entourée par un relief très accidenté. Cette situation lui confère le statut de « ville-assiette », vulnérable au risque récurrent d'inondation.</p> <p>Plusieurs spécialistes s'accordent à dire que la plupart des méthodes actuelles d'analyse du risque lié à l'aléa « inondation » se limitent à l'hydrologie du bassin versant. Or, se limiter à ces aspects, souvent figés, risque d'induire en erreur les décideurs et constitue une entrave à la bonne gestion de ce risque majeur. C'est dans cette optique que notre recherche a tenté de clarifier en premier lieu, la relation dialectique régissant le phénomène d'urbanisation effrénée qu'a connue la ville ces derniers temps, et le risque d'inondation. Ensuite, notre recherche s'est tracé un objectif pragmatique qui consiste à éclairer une notion méconnue, jusqu'alors, qu'est la vulnérabilité urbaine et à esquisser les jalons d'une méthodologie de son évaluation.</p> <p>Une méthode basée essentiellement sur une approche combinée, selon laquelle les trois composantes du risque à savoir : « l'aléa », « les enjeux » et « la vulnérabilité », seront spatialisées par le recours à la modélisation et la cartographie numérique ; pour aboutir enfin à la confection de cartes thématiques de risque, précises et facilement exploitables par les acteurs locaux de la ville. Se prêter ainsi à un exercice méthodologique développé à partir d'un cas réel, constitue pour nous le but escompté de la présente recherche. Ainsi, l'accent est mis plutôt sur les outils méthodologiques que sur les résultats propres à la zone étudiée.</p>	
<p>Mots clés : risque - inondation - vulnérabilité - aléa - enjeux – spatialisation-Batna</p>	
<p>Directeur de Thèse : Pr. CHAUCHE Salah – Université Constantine 3</p>	
<p style="text-align: center;">Année universitaire : 2020/2021</p>	