

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة المسيلة

Université de M'Sila

Institut de la gestion des techniques urbaines



THESE

Présentée pour l'obtention du **grade de DOCTORAT 3^{ème} Cycle**

En : Génie urbain

Spécialité : Ville et risques urbains.

Par : BOUKHIAR Farida

Thème

**EVALUER LA VULNERABILITE URBAINE FACE AUX RISQUES ISSUS DES
COURS D'EAU. CAS DE LA VILLE DE BEJAIA**

Soutenue publiquement le 28 / 05 / 2025 devant le jury composé de :

M ^e / OUZIR Malika	Maître de conférences	Univ. M'sila	Présidente
M ^e / BOUTABBA Hynda	Professeure	Univ. M'sila	Rapporteuse
M/ MEDHADJ Tarek	Professeur	Univ. M'sila	Co-rapporteur
M/ DAKHIA Azzeddine	Professeur	Univ. Biskra	Examinateur 1
M ^e / HAMMOUDA Abida	Professeure	Univ. Batna	Examinatrice 2

Année universitaire 2024 -- 2025

« La civilisation urbaine est fondée sur une double brimade imposée à la nature et à l'individu ; si elle doit disparaître un jour, ce sera sous la révolte de l'une de ces deux forces, peut-être de toutes les deux à la fois. »

P. Lavedan, 1936

DEDICACES

A mes parents...

REMERCIEMENTS

Ce projet n'aurait pas pu être mené à bien sans la dévotion et l'engagement de plusieurs personnes qui m'ont accompagnée tout au long de ce processus, et que je tiens à remercier ici.

Je tiens à exprimer ma sincère reconnaissance envers mes directeurs de thèse, la professeure *Hynda BOUTABBA* et le docteur *Tarek MEDJADJ*, pour leurs conseils précieux, leur appui constant et leur patience sans faille durant cette période difficile. Ils ont contribué non seulement sur le plan intellectuel et académique, mais également moralement.

Je suis vivement reconnaissante à la professeure *Karima LAGHA*, enseignante de mathématiques à l'université de Bejaïa. Mais aussi au professeur *Abdellah FARHI* de l'université de Biskra et *M. Faudil KHALED*, maître de conférences à l'université de Constantine. Merci à tous !

Je tiens tout particulièrement à exprimer ma gratitude à *M. Hakim BOURAS*, ingénieur chez l'ONA. Son engagement envers les étudiants est une qualité louable. Durant plus d'un an, j'ai failli croire que nous travaillions conjointement sur cette thèse, tant sa disponibilité était sans pareille ! Sans les informations inestimables qu'il a apportées, ce projet n'aurait pas été exhaustif. C'est pour cette raison que je le loue pour ses compétences et je lui souhaite que du succès.

J'adresse mes remerciements à tous les organismes et institutions qui ont consenti à prendre part à nos sondages. Je tiens à exprimer ma profonde considération pour toutes les personnes que j'ai rencontrées dans les divers services administratifs de Béjaïa, du secrétaire général de la wilaya aux chefs (fes) de services, réceptionnistes, assistants (es), agents de sécurité, et ainsi de suite. Je tiens à rendre hommage à chacun d'entre eux, car sans leur contribution, ce travail n'aurait jamais été accompli.

Je remercie également tous les habitants de Béjaïa, ceux qui ont pris part à nos enquêtes ainsi que ceux qui ne l'ont pas fait.

ABSTRACT

This work is intended as a contribution to research on the vulnerability of urban environments to risk phenomena. It is a contribution to the study of terrestrial hydrological risks in the urban area of Bejaïa and a tribute to the use of the systemic and global approach in analysis.

The town of Bejaïa, which is characterized by its hydrological density, is exposed to risks from surface water streams. This is evident in the disasters and hazards that occur in this city every year or several times a year. If the most dangerous phenomenon is floods, wet slips, and erosions, which are not absent where they have been counted to date, several cases of this phenomenon have occurred. Added to that, and as otherwise, the presence of surface water can constitute a health and/or ecological hazard that occurs as a result of the degradation of these waters. In this regard, records cases of WBD and environmental degradation affecting its hydrology and hydrography.

The working method is based on the systems analysis approach. It is an approach that involves a comprehensive and integrated vulnerability analysis. It is a policy to study all factors of vulnerability, considering the interactions that occur between these elements and how they influence vulnerability. It is developed by using several methods recognized in the field. This has allowed us to build up effective dashboards or grids of indicators of vulnerability to risks from watercourses that we have spatialized on the territory studied.

The main objective of this manuscript is to build a GIS-indicators model of anthropogenic and natural urban components responsible for the vulnerability of the study area to the risks taken into account. This will serve to identify vulnerability to adapt and facilitate possible future interventions on terrestrial hydrological hazards. This model has been careful to be adaptable to all urban sectors that may have to intervene on dangerous phenomena, since it involves different urban areas.

The results obtained from this work show physical and moral human failures that influence natural hazards to increase the exposure of the city and its populations to risks from surface water courses. With good management and preparation of populations, urban vulnerability is expected to decrease; however, it cannot be permanently avoided or eliminated, because zero risk does not exist in a space where the hazard is present. In this context, we also found that hazard is the main factor of risk and that the rest of the anthropogenic elements only orient this hazard to accentuate or decrease vulnerability.

RESUME

Le présent travail se présente comme un apport dans le domaine de la recherche sur la vulnérabilité des milieux urbains face aux phénomènes de risques. C'est une contribution à l'étude des risques hydrologiques terrestres dans la zone urbaine de Béjaïa et un tribut à l'utilisation de l'approche systémique et globale dans l'analyse.

La ville de Béjaïa, qui se caractérise par sa densité hydrologique, se trouve exposée aux risques issus des cours d'eau de surface. Cet état de fait se voit dans les cas de catastrophes et de risques qui se produisent dans cette ville chaque année ou plusieurs fois par an. Si le phénomène dangereux le plus récurrent reste les crues et les inondations, les glissements humides et les érosions ne sont pas absents, où l'on compte à ce jour plusieurs cas de ce phénomène qui se sont produits. Ajouté à ça, et comme par ailleurs ; la présence de l'eau de surface peut constituer un danger sanitaire et/ou écologique qui se produit suite à la dégradation de ces eaux. À ce sujet, elle enregistre des cas de MTH ainsi que des dégradations environnementales qui touchent son hydrologie et son hydrographie.

La méthode de travail est fondée sur l'approche d'analyse systémique. C'est une approche qui consiste en une analyse globale et intégrée de la vulnérabilité. Elle a pour principe de faire une étude de tous les éléments facteurs de la vulnérabilité, en considérant les interactions qui se produisent entre ces éléments et comment ces interactions influencent la vulnérabilité. Sa mise au point est faite par l'exploitation de plusieurs méthodes reconnues dans le domaine. Ceci nous a permis de constituer des tableaux de bord ou des grilles d'indicateurs performants de la vulnérabilité aux risques issus des cours d'eau et que nous avons spatialisés sur le territoire étudié.

L'objectif principal de ce manuscrit est de construire un modèle SIG-Indicateurs des composants urbains anthropiques et naturels responsables de la vulnérabilité de la zone d'étude aux risques pris en compte. Ceci servira à identifier la vulnérabilité pour adapter et faciliter les éventuelles interventions futures sur les phénomènes de risques hydrologiques terrestres. Ce modèle a pris soin d'être adaptatif à tous les secteurs urbains qui peuvent avoir à intervenir sur les phénomènes dangereux, puisqu'il implique différents domaines urbains.

Les résultats obtenus de ce travail montrent des défaillances anthropiques physiques et morales qui influent sur des aléas naturels pour augmenter l'exposition de la ville et de ses populations aux risques issus des cours d'eau de surface terrestres. Avec une bonne gestion et une bonne préparation des populations, la vulnérabilité urbaine est appelée à diminuer. Néanmoins, elle ne peut pas être définitivement évitée ou supprimée, car le risque zéro n'existe pas, dans un espace où l'aléa est présent. Dans ce contexte, nous avons aussi constaté que l'aléa est le principal facteur des risques et que le reste des éléments anthropiques ne fait qu'orienter cet aléa pour accentuer ou diminuer la vulnérabilité.

SOMMAIRE

Page de garde	
Dédicace	
Remerciement	
Abstract	
Résumé	
Sommaire	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des schémas	
Liste des graphiques	
Liste des photos	
Liste des acronymes	
CHAPITRE D'INTRODUCTION	
Introduction générale	2
Problématique	6
Hypothèses	7
Objectifs	7
Méthodologie de la recherche	8
Motivations du choix du thème	13
Motivations du choix du site	13
Originalité de la recherche	14
Structure de la thèse	14
PARTIE THEORIQUE	
Introduction de la partie	18
CHAPITRE 1 – URBANISATION : LA VILLE COMME UNE ENTITE COMPLEXE ET DYNAMIQUE	
Introduction du chapitre	21
I. L'aspect conceptuel et théorique de l'urbanisation	22
I.1. Signification des concepts	22
I.2. Origines ambiguës d'apparition et étapes significatives d'évolution	24
II. La ville comme un système en dynamique permanente	32
II.1. Urbanisation et société : dualisme de représentation	33
II.1.1. D'un premier point de vue ; la ville représente des idéaux suprêmes.	33
II.1.2. Sous un autre angle de vision ; la ville est réprimée de l'Homme.	34
II.2. Urbanisation et territoires : de la ville à l'urbain	38
II.3. Urbanisation et nature : des dérives aux conséquences parfois irréversibles	41
II.3.1. L'imperméabilisation des sols	44
II.3.2. La pénurie des eaux	46
II.3.3. L'effet d'îlot de chaleur urbain	47
II.3.4. Les pollutions diverses	49
Conclusion du chapitre	53
CHAPITRE 2 – LA PLACE EMBLEMATIQUE DES COURS D'EAU DANS LE MILIEU URBAIN : DE LA COHABITATION, AU RENIE, AUX TENTATIVES DE RECONCILIATION	
Introduction du chapitre	55
I. Aspect conceptuel et théorique des cours d'eau	56

I.1.	Généralités sur les cours d'eau de la planète	56
I.2.	Le cours d'eau : un écosystème naturel complet et complexe	57
I.2.1.	La morphologie du cours d'eau	58
I.2.2.	L'hydrologie du cours d'eau	59
I.2.3.	La biologie du cours d'eau	59
II.	Villes et rivières : du renie à la prise de conscience	60
II.1.	L'ère préindustrielle : ville et cours d'eau entre attrait et rejet	60
II.2.	L'ère industrielle : hygiénisme et modernisme contre les cours d'eau	62
II.2.1.	Le mouvement hygiéniste anti eau	63
II.3.	L'ère poste industrielle : vers un penchant tertiaire	68
II.4.	L'ère anthropocène : problématiques environnementales et conscience écologique	71
II.4.1.	Les interventions établies directement sur les cours d'eau	74
II.4.2.	Les interventions établies indirectement sur les cours d'eau	78
III.	Les étapes d'évolution des liens entre cours d'eau et urbanisation dans le reste du monde	86
	Conclusion du chapitre	89
CHAPITRE 3 – RISQUES ET VULNERABILITES : DES PHENOMENES DANGEREUX ET DES MILIEUX AFFECTES		
	Introduction du chapitre	92
I.	Aspect conceptuel et théorique	92
I.1.	Définition des concepts	92
I.1.1.	Le concept d'aléa : le risque comme phénomène naturel	94
I.1.2.	Le concept de vulnérabilité : le risque comme phénomène anthropique	95
I.2.	Catégorisation du risque	99
I.3.	Occurrence des risques dans le monde	104
II.	Risques rivulaires en milieux urbains : ville et rivière comme espaces en ample vulnérabilité	105
II.1.	Le risque des crues et inondations	106
II.2.	Les risques hybrides ou risques associés aux risques hydrologiques terrestres	110
II.2.1.	Le risque mouvements de terrains	110
II.2.2.	Le risque sanitaire : la dégradation de la qualité des eaux en cause	114
II.2.3.	Le risque écologique et environnemental : dégradation d'écosystème naturel du cours d'eau, et répercussions sur l'écosystème anthropique de la ville	116
	Conclusion du chapitre	123
CHAPITRE 4 – ETAT DE L'ART ET POSITIONNEMENT EPISTEMOLOGIQUE		
	Introduction du chapitre	125
I.	Approches et méthodes de recherche en évaluation de la vulnérabilité	126
I.1.	Evaluation de la vulnérabilité : la genèse des approches	127
I.1.1.	L'approche segmentée : sectorielle et empirique	127
	Limites des approches segmentées	130
I.1.2.	L'approche systémique : intégrée et alternative	131
	Limites de l'approche systémique	135
I.2.	Evaluation de la vulnérabilité : l'étymologie des méthodes	136
I.2.1.	La méthode quantitative	136
	Limites de la méthode quantitative	137

I.2.2.	Méthode qualitative	138
	Limites de la méthode qualitative	140
I.2.3.	Méthodes mixtes	140
	Limites des méthodes mixtes	142
I.2.4.	Méthodes rétrospectives / prospectives	142
	Limites des méthodes rétrospectives / prospectives	144
II.	Techniques et outils d'évaluation de la vulnérabilité, les outils d'aide à la prise de décision	145
II.1.	Les indicateurs	145
II.2.	L'analyse multicritère	149
II.3.	Les SIG et télédétection	151
III.	Positionnement épistémologique	153
III.1.	Etat de l'art et travaux antérieurs : l'étude de la vulnérabilité aux risques	153
III.2.	Méthodologie d'approche : évaluation systémique de la vulnérabilité globale aux risques	155
	Conclusion du chapitre	157
	Conclusion de la partie	178
PARTIE PRATIQUE		
	Introduction de la partie	161
CHAPITRE 5 – ETAT DE FAIT DES ESPACES ARTIFICIELS ET NATURELS BOUGIOTES		
	Introduction du chapitre	164
I.	Bejaïa comme entité anthropique	165
I.1.	Situation administrative et géographique	165
I.2.	Aperçu sur l'origine de la population et sur la toponymie du lieu	166
I.3.	Historique d'évolution de la ville : plusieurs étapes de développement, deux villes	167
I.3.1.	La ville historique : de l'époque antique jusqu'à la fin de la deuxième moitié du 19 ^e siècle	168
I.3.1.a.	Les origines numides de la fondation de la ville	168
I.3.1.b.	La cité médiévale et la renaissance de Bejaïa	169
I.3.1.c.	L'époque d'occupation étrangère et le déclin de la ville de Bejaïa	171
I.3.2.	Les interventions coloniales dans l'ancienne ville à partir de 1833 : la ville qui s'ouvre sur un autre type d'urbanisme	171
I.3.3.	La ville postindépendance : une urbanisation rapide plus ou moins maîtrisée	174
I.3.3.a.	L'urbanisation planifiée postindépendance, des thématiques locales et des approches étrangères	175
I.3.3.b.	L'urbanisation économique et industrielle de 1964 à 1979 : l'industrialisation sans l'urbanisation	175
I.3.3.c.	L'urbanisation sociale et démographique de 1980 à 1999 : l'urbanisation inachevée	176
I.3.3.d.	L'urbanisation dans le contexte de l'économie du marché de 2000 à aujourd'hui : métamorphose économique sans transition urbaine	177
I.3.3.e.	L'urbanisation spontanée postindépendance : l'urbanisation sans urbanisme	179
I.4.	Aperçu sur les populations et les activités	182
I.4.1.	Les populations	182
I.4.2.	Les activités	185

II.	Bejaïa comme entité naturelle	186
II.1.	Des caractéristiques naturelles favorables à la formation des cours d'eau	186
II.1.1.	La topographie : plaine et montagnes en cohabitation	187
II.1.2.	Les caractéristiques hydro-climatiques : source d'alimentation des cours d'eau	188
II.1.2.a.	Les températures	188
II.1.2.b.	Les précipitations	189
II.1.2.c.	Les vents	190
II.2.	L'aperçu hydrologique	191
II.2.1.	Le bassin versant de la Soummam : un élément atout et à risques	192
II.2.2.	Le bassin versant du Cap-Sigli : le bassin versant qui abrite la ville	193
II.2.3.	Lacs et mares : espaces naturels de convivialité en ville et une solution de rétention d'eaux contre les crues	195
	Conclusion du chapitre	196
CHAPITRE 6 – BEJAIA : UNE VILLE A L'EPREUVE DES RISQUES HYDROLOGIQUES TERRESTRES		
	Introduction du chapitre	198
I.	Bejaia et ses cours d'eaux : évolution dans le temps de liens controversés	199
I.1.	La ville à l'époque antique : des liens symbiotiques avec les cours d'eau	199
I.2.	Début des altérations anthropiques sur les cours d'eau : une action au lendemain de la colonisation française	201
I.3.	Altération substantielle des cours d'eau : planification urbaine post indépendance pointée du doigt	202
I.3.1.	L'urbanisme industriel : le paradoxe des liens avec les cours d'eau	203
I.3.2.	L'urbanisme socio-démographique : aménagements excessifs peu soucieux des milieux naturels des cours d'eau	206
I.3.3.	L'urbanisme spontané : banalisation de la construction sur les berges des cours d'eau	208
I.3.4.	Autres altérations	210
I.3.4.a.	L'assainissement urbain	210
I.3.4.b.	Activités limitrophes des cours d'eau	212
I.3.4.c.	L'imperméabilisation des sols	214
II.	Bejaïa et les risques issus des cours d'eau terrestres : une ville exposée	215
II.1.	Les inondations et crues : la plaine est naturellement disposée aux inondations	216
II.2.	L'érosion des berges et glissements des sols : le cours d'eau comme facteur principal de l'aléa	219
II.3.	Le risque sanitaire : la ville n'est pas à l'abris	222
II.4.	Risque environnemental : la dégradation qualitative du système écologique du cours d'eau	225
II.5.	Risque environnemental : dégradation quantitative par rétrécissement, assèchement et disparition des cours d'eau	230
	Conclusion du chapitre	232
CHAPITRE 7 – GRILLES D'INDICATEURS DE LA VULNERABILITE GLOBALE AUX RISQUES HYDROLOGIQUES TERRESTRES		

	Introduction du chapitre	234
I.	Présélection d'une grille d'indicateurs potentiels de la vulnérabilité globale aux risques rivulaires	235
I.1.	La recherche des données : détermination des concepts à partir de données brutes	235
I.2.	Le traitement des données : sélection des indicateurs potentiels	242
II.	Désignation et hiérarchisation des grilles d'indicateurs : description de la vulnérabilité globale	251
II.1.	Les indicateurs d'aléas et des enjeux : des données préexistantes à exploiter	252
II.2.	Les indicateurs de gestion et des représentations	253
	Conclusion du chapitre	267
CHAPITRE 8 – TRAITEMENT DES DONNEES : EVALUATION DES GRILLES D'INDICATEURS DE LA VULNERABILITE GLOBALE AUX RISQUES HYDROLOGIQUES TERRESTRES		
	Introduction du chapitre	269
I.	Evaluation des indicateurs : des valeurs quantifiables de la vulnérabilité	270
I.1.	Définition de l'échelle de travail : l'échelle locale favorisée	271
I.2.	Définition des unités des indicateurs : la nature qualitative, quantitative ou semi qualitative des indicateurs	273
I.3.	Quantification et classement des indicateurs de vulnérabilité	282
I.4.	La normalisation ou standardisation des indicateurs	293
I.5.	Agrégations : des indicateurs aux indices	296
I.6.	Cartographie des indices de la vulnérabilité globale	299
I.7.	Les outils techniques utilisés	300
I.8.	Résultats obtenus pour l'aléa inondations	301
	Conclusion du chapitre	304
	Conclusion de la partie	305
CHAPITRE DE CONCLUSION		
	Résultats	308
	Limites	311
	Perspectives	314
	Conclusion	317
	BIBLIOGRAPHIE	320
	ANNEXES	341

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE D'INTRODUCTION		
1	Occurrence des phénomènes de risques naturels dans le monde entre 1994 et 2013	3
PARTIE I.		
CHAPITRE 1.		
I.1.1	Impacts de l'imperméabilisation des sols sur les eaux urbaines	45
I.1.2	Impacts de l'urbanisation sur le chenal d'un cours d'eau	45
I.1.3	Images satellitaires montrant la disparition de la mer d'Aral : à gauche en 1964, à droite en 2014	46
CHAPITRE 2.		
I.2.1	La part des cours d'eau terrestres dans la répartition des eaux sur la planète	56
I.2.2	Le lit mineur et le lit majeur d'un cours d'eau	58
I.2.3	Les quatre dimensions d'un hydrosystème de rivière	59
I.2.4	La composition floristique d'un système de cours d'eau en état naturel	60
CHAPITRE 3.		
I.3.1	Exemples de zones sensibles à l'érosion dans un cour d'eau	112
PARTIE II.		
CHAPITRE 5.		
II.5.1	Situation de Bejaïa	166
II.5.2	Essaie de restitution du tracé de la ville antique de Bejaïa (entre 33 av. J.-C. et 1510)	170
II.5.3	Essaie de restitution du tracé de la ville de Béjaïa au moyen âge (entre 1510 et 1833)	171
II.5.4	Essaie de restitution du tracé urbain de la ville de Béjaïa entre 1833 et 1962	173
II.5.5	L'extension urbaine entre 1962 et 2022	178
II.5.6	L'urbanisation planifiée et spontanée postindépendance	180
II.5.8	Densité des populations	184
II.5.9	Localisation des activités en ville de Bejaia secteurs de la ville par type d'activités	185
II.5.10	Topographie du site	187
II.5.11	Les vents dominants dans la ville de Bejaia	191
II.5.12	Unités hydro-géomorphologiques de la Soummam	192
II.5.13	Réseau hydrographique de la ville	193
II.5.14	Sous-bassins versants de la ville de Bejaia	194
CHAPITRE 6.		
II.6.1	Déviation de la rivière <i>Serrir</i>	202
II.6.2	Points des rejets liquides vers les cours d'eau	206
II.6.3	Altérations physiques des cours d'eau urbains	208
II.6.4	Secteurs de la ville	210
II.6.5	STEP et organisation des rejets couvrant la zone d'étude	212
II.6.6	Occupation du sol au voisinage du delta de la Soummam	213
II.6.7	Occupation du sol au voisinage du lac Imzayen et de la mare Tamelaht	214
II.6.8	Carte des aléas dans la ville de Bejaia	215

II.6.9	Historique des zones inondables	217
II.6.10	Historique des glissements dans la ville de Bejaia	220
II.6.11	Zones instables susceptibles aux glissements	222
II.6.12	Zones à haut risque sanitaire en ville de Bejaia	224
II.6.13	Sources de nuisances environnementales	225
II.6.14	Niveaux d'accumulation des dépôts dans les cours d'eaux de Bejaia	226
II.6.15	Risque de contamination des eaux de surface	227
II.6.16	Rétrécissement du lit mineur de la <i>Soummam</i> entre 2004 et 2023	231
PARTIE III.		
	CHAPITRE 8.	
III.8.1	Carte de l'aléa inondation	301
III.8.2	Carte des enjeux	301
III.8.3	Carte des représentations	302
III.8.4	Carte de la gestion	302
III.8.5	Carte de la vulnérabilité globale au risque d'inondation	303

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE D'INTRODUCTION		
1	Acteurs impliqués dans la gestion des risques à Bejaia	6
PARTIE I.		
CHAPITRE 1.		
I.1.1	Chronologie des cycles pré urbanisation	26
I.1.2	Les technologies émergentes de la quatrième révolution urbaine	29
I.1.3	Composants de l'espace urbain	32
I.1.4	Effets des éléments de la nature sur l'être humain	42
I.1.5	Activités pouvant produire des effets sur les milieux	43
I.1.6	Facteurs de la pollution	52
CHAPITRE 2.		
I.2.1	Les interventions anthropiques sur les cours d'eau	66
I.2.2	Services des eaux en milieux urbains	73
I.2.3	Services des cours d'eau selon s'ils sont naturels ou artificialisés	73
I.2.4	Types des hydrosystèmes urbains et leurs contributions à la production des services écosystémiques	76
I.2.5	Les fonctions attendues du nouveau réseau d'assainissement	83
I.2.6	Différence de concentration des substances polluantes selon le type du réseau	83
CHAPITRE 3.		
I.3.1	Comparaison entre les approches : probabiliste, qualitative et déterministe	94
I.3.2	Formes de la vulnérabilité	96
I.3.3	Facteurs de la vulnérabilité	97
I.3.4	Les éléments vulnérables (les enjeux)	97
I.3.5	Échelle de gravité des événements de risques naturels	99
I.3.6	Répartition des principaux phénomènes de risques selon la nature de l'évènement déclencheur	101
I.3.7	Phase de mise en place d'une crise	104
I.3.8	Typologie des inondations	106
I.3.9	Principales maladies à transmission hydriques	115
I.3.10	Conséquences de la pollution sur la qualité écologique et urbaine	122
CHAPITRE 4.		
II.4.1	Différences entre l'approche systémique et l'approche segmentée	127
II.4.2	Les éléments vulnérables (les enjeux), perçus par l'approche analytique	128
II.4.3	Qu'est-ce qu'un système ?	132
II.4.4	Éléments de mobilisation de la méthode systémique de Throuet et D'Ercole	134
II.4.5	Techniques de la méthode qualitative	139
II.4.6	Facteurs de la vulnérabilité	139
II.4.7	Les méthodes mixtes	141
II.4.8	Étapes de la prospective	143
II.4.9	Étapes de la rétrospective	143
II.4.10	Exemples de modèles d'indicateurs	147
II.4.11	Méthodes multicritères	150

PARTIE II		
CHAPITRE 5.		
II.5.1	Principaux monuments historiques de l'ancienne ville	174
CHAPITRE 6.		
II.6.1	Cours d'eau qui traversent la zone industrielle et qui sont touchés par les altérations	204
II.6.2	Principales unités industrielles les plus polluantes en ville de Bejaia	205
II.6.3	Cours d'eau qui traversent des quartiers planifiés et qui sont touchés par les altérations	207
II.6.4	Nature des immeubles non respectueux des servitudes	209
II.6.5	Cours d'eau qui traversent les quartiers illicites, qui sont touchés par les altérations	209
II.6.6	Débits des crues selon différentes périodes de retour	218
II.6.7	Lieux et facteurs des glissements	221
II.6.8	Lieux et facteurs du risque sanitaire d'après la DSP de Bejaia	223
II.6.9	Maladies à transmission hydrique enregistrées à Bejaia	224
II.6.10	Caractéristiques physico-chimiques des eaux de surface à Bejaia	227
II.6.11	Caractéristiques physico-chimiques de la <i>Soummam</i> (embouchure)	228
CHAPITRE 7.		
III.7.1	Données recueillies	236
III.7.2	Gestionnaires urbains sollicités	239
III.7.3	Les indicateurs d'aléas présélectionnés	245
III.7.4	Les indicateurs potentiels d'enjeux	246
III.7.5	Les indicateurs potentiels de gestion	248
III.7.6	Les indicateurs potentiels des représentations	250
III.7.7	Facteurs de la faisabilité	254
III.7.8	Exemple des réponses données par un des répondants	255
III.7.9	Faisabilité totale des indicateurs de la gestion	257
III.7.10	Facteurs de la faisabilité des indicateurs des représentations	257
III.7.11	Exemple des réponses données par un des répondants	258
III.7.12	Faisabilité totale des indicateurs des représentations	258
III.7.13	Facteurs d'évaluation de l'utilité	259
III.7.14	Utilité totale des indicateurs de gestion	259
III.7.15	Utilité totale des indicateurs des représentations	260
III.7.16	Faisabilité totale des indicateurs de la gestion	261
III.7.17	Faisabilité totale des indicateurs des représentations	261
III.7.18	Utilité totale des indicateurs de gestion	261
III.7.19	Utilité totale des indicateurs des représentations	262
III.7.20	Fiabilité des réponses sur la faisabilité des indicateurs de gestion	262
III.7.21	Fiabilité des résultats de l'utilité	263
III.7.22	Evaluation de la performance des indicateurs faisables et utiles	264
III.7.23	Evaluation de la performance des indicateurs de gestion	264
III.7.24	Evaluation de la performance des indicateurs des représentations	265
CHAPITRE 8.		
III.8.1	Les échelles retenues pour les indicateurs	273
III.8.2	Unités de mesure des indicateurs d'aléas	274
III.8.3	Unités de mesure des indicateurs d'enjeux	275
III.8.4	Unités de mesure des indicateurs de gestion	279

III.8.5	Unités de mesures des indicateurs des représentations	281
III.8.6	Mesure des indicateurs d'aléas	285
III.8.7	Appréciation des indicateurs d'enjeux	287
III.8.8	Mesure des indicateurs de gestion	291
III.8.9	Appréciation des indicateurs des représentations	293
III.8.10	Classification et attribution de scores aux indicateurs d'aléa	294
III.8.11	Classification et attribution de scores aux indicateurs d'enjeux	295
III.8.12	Classification et attribution de scores aux indicateurs de gestion	295
III.8.13	Classification et attribution de scores aux indicateurs des représentations	295
III.8.14	Coefficients de pondération des critères	297
III.8.15	Classes des critères (aléas, enjeux, représentations)	299
III.8.16	Résultats de la vulnérabilité des aléas et des enjeux	299
III.8.17	Résultats de la vulnérabilité des représentations	300
III.8.18	Résultats de la vulnérabilité de la gestion	300

LISTE DES SCHEMAS

CHAPITRE D'INTRODUCTION		
1	Méthodes de gestion des phénomènes de risques à Bejaia	5
2	Le système étudié dans le présent travail	9
PARTIE I.		
CHAPITRE 1.		
I.1.1	Les trois principales révolutions urbaines	28
I.1.2	Interactions entre éléments urbains et environnement extérieur	32
I.1.3	Les systèmes d'un territoire	38
I.1.4	Liens entre l'espace urbain et son territoire	39
I.1.5	Actions de l'urbanisation sur l'environnement	44
CHAPITRE 2.		
I.2.1	Les trois processus de démantèlement des ouvrages d'art aux USA	78
I.2.2	La place des cours d'eau dans le cycle hydrologique urbain	79
I.2.3	Gestion intégrée des eaux urbaines	82
I.2.4	Différences entre l'économie linéaire (classique) et l'économie circulaire basée sur le recyclage	84
CHAPITRE 3.		
I.3.1	Représentation simplifiée de la notion du risque	93
I.3.2	Typologie du risque selon son intensité et sa probabilité d'occurrence	100
I.3.3	Phénomènes de risques selon leur origine	103
I.3.4	Typologie des mouvements de terrain	111
I.3.5	Activités génératrices de pollution en milieu urbain	118
I.3.6	Mécanismes de transfert des polluants vers les cours d'eau urbains	119
I.3.7	Risques causés par les différentes altérations des cours d'eau	121
CHAPITRE 4.		
II.4.1	Exemples d'interactions entre éléments urbains	133
II.4.2	Synthèse des méthodes prospective et rétrospective	144
II.4.3	Étapes de développement d'une grille d'indicateurs	147
II.4.4	Etapes de construction d'un indicateur	148
II.4.5	Principales étapes de l'analyse multicritères	150
PARTIE II		
CHAPITRE 6.		
II.6.	Gestion hydraulique des eaux urbaines à Bejaia	211
CHAPITRE 7.		
III.7.1	Composants de la vulnérabilité systémique	242
CHAPITRE 8.		
III.8.1	Influences des facteurs de la vulnérabilité globale	283
III.8.2	Appréciation des grilles d'indicateurs et de la vulnérabilité	284
CHAPITRE DE CONCLUSION		
1.	Eléments extérieurs au système qui influent sur son fonctionnement et sa structure	315

LISTE DES GRAPHIQUES

PARTIE I.		
CHAPITRE 1.		
I.1.1	Évolution du phénomène d'urbanisation dans les régions du monde	31
I.1.2	Effet d'îlot de chaleur urbain	48
CHAPITRE 2.		
I.2.1	Distribution des plus grands bassins versants dans le monde	57
CHAPITRE 3.		
I.3.1	Occurrence des risques et des enjeux dans le monde entre 1900 et 2012	104
I.3.2-3	Les inondations par régions et dans le monde au cours du dernier siècle	107
I.3.4	Victimes corporelles des inondations dans différentes régions du monde (1926 – 2022)	109
I.3.5	Evolution du nombre des mouvements de terrains dans différentes régions et dans le monde, au cours du dernier siècle	113
I.3.6	Les victimes corporelles des mouvements de terrains dans le monde (1922 – 2021)	113
I.3.7	Evolution du nombre des risques biologiques (MTH non chimiques) dans différentes régions et dans le monde au cours du dernier siècle	115
PARTIE II.		
CHAPITRE 5.		
II.5.1	Croissance urbaine de la ville de Bejaia	174
II.5.2	Typologie du logement en ville de Bejaia	182
II.5.3	Tranches d'âges des populations résidentes	183
II.5.4	Températures mensuelles moyennes (1967 à 1997) - (1998 à 2005)	189
II.5.5	Précipitations moyennes mensuelles à Bejaia (1967 à 1997) - (1998 à 2005)	190
CHAPITRE 6.		
II.6.1	Nombre des unités disposant d'unité d'épuration et les taux des eaux usées industrielles épurées (d'après la DIM de Bejaia)	204

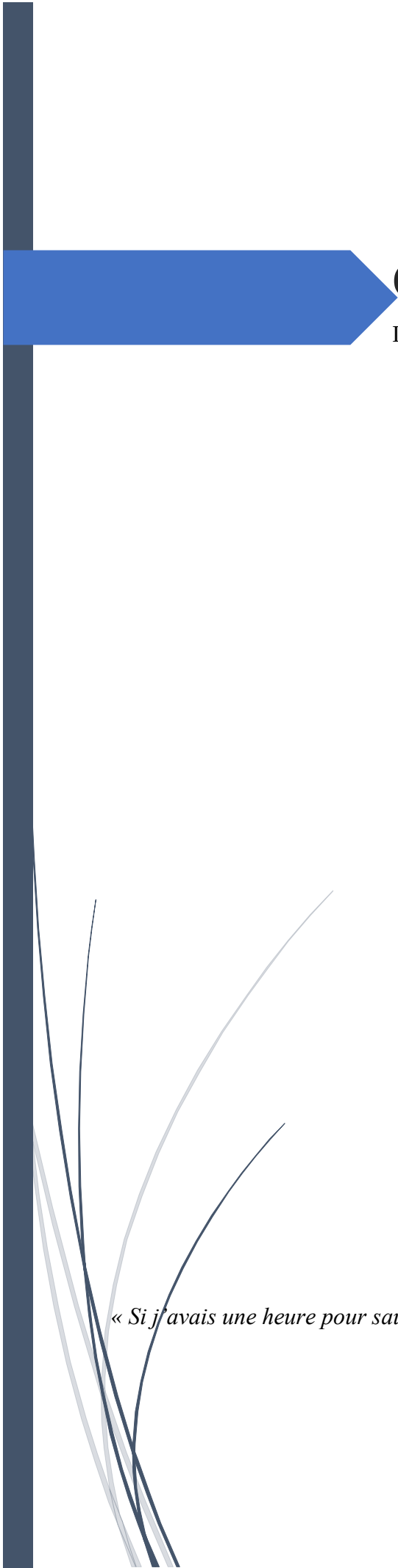
LISTE DES PHOTOS

PARTIE I.		
CHAPITRE 2.		
I.2.1	Unités industrielles implantées sur les abords du fleuve <i>Irwell</i> au 18ème siècle	64
I.2.2	Aménagement du water front de la rivière Chicago aux USA	69
I.2.3	Iconographie faisant référence à l'urbanisation intensive (gratte-ciels) aux abords des rivières	71
I.2.4	Rivière urbaine restaurée : la <i>Cheong Gye Cheon</i> dans la ville de Séoul en Corée du sud. Enterrée et transformée en autoroute en 1967, elle est restaurée en 2005	77
PARTIE II.		
CHAPITRE 6.		
II.6.1	Inondations de 2022 à Bejaia	219
II.6.2	Pollution des eaux de la Soummam et mort de poissons	229

LISTE DES ACRONYMES

ABH	Agence des Bassins Hydrographiques
ADEME	Agence De l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie
AEP	Alimentation en Eau Potable
AGRCQ	Association des Gestionnaires Régionaux des Cours d'eau du Québec
AIE	Association Internationale pour l'Environnement
AIGI	Association Internationale de la Géologie de l'Ingénieur
ANR	Agence Nationale de la Recherche
ANRH	Agence Nationale des Ressources Hydriques
APC	Assemblée Populaire Communale
ARMA	Atlas du Risque de Malaria en Afrique
ASB	Annuaire Statistique de Bejaia
ASEF	Association Santé et Environnement de France
ATC	Applied Technology Council
BNS	Bureau National des Statistiques
CEPRI	Centre Européen de Prévention du Risque d'Inondation
CFSI	Comité Français pour la Solidarité Internationale
CICCH	China Institute of City Competitiveness in Hongkong
CNCRE	Conseil National Consultatif des Ressources en Eau
CNTC	Centre National des Technologies et du Consulting
COCORISCO	COnnissance, COmprehension et gestion des RISques COtiers
CSQ	Centrale des Syndicat du Québec
DCE	Directive Cadre pour l'Eau
DEFRA	Department for Environment, food & Rural Affairs
DGUHC	Direction Générale de l'Urbanisme, d'Habitat et de la Construction
DHP	Domaine Hydraulique Public
DIM	Direction de l'Industrie et des Mines
DPC	Direction de la Protection Civile
DPSB	Direction de la Programmation et Suivi Budgétaires
DSP	Direction de la Santé Publique
DUC	Direction d'Urbanisme et de la Construction
EEA	European Economic Area (EEE : Espace Économique Européen)
EM-DAT	International Disaster Database
GIEC	Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
GRAIE	Groupe de Recherche Rhône Alpes sur les Infrastructures et l'Eau
HOP	Hazard-Of-Place
IBGE	Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement
IDNDR	International Decade for Natural Disasters Reduction
IRC	Institute for Research in construction
ISDR	International Strategy for Disaster Reduction
ISO	International Organisation for Standardisation
LEESU	Laboratoire Eau Environnement et Systèmes Urbains
MDDEFP	Ministère du Développement Durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs
MTH	Maladies à Transmission Hydrique
CRED	Centre for Research on the Epidemiology of Disasters

OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Economiques.
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONA	Office National d'Assainissement
OND	Office National des Déchets
ONM	Office National de la Météorologie
ONS	Office National des Statistiques
ORSEC	Organisation de la Réponse de la Sécurité Civile
PAR	Pressure And Release
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
RGPH	Recensement Général des Populations et de l'Habitat
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des eaux
UNDHA	United Nations Department of Humanitarian Affairs
UNDRR	United Nations office for Disaster Risk Reduction
WWAP	World Water Assessment Program

A thick dark blue vertical bar runs down the left side of the page. A blue arrow points from this bar towards the right, containing the chapter title.

CHAPITRE D'INTRODUCTION

Introduction générale et formulation de la problématique

« Well begun is half done »

Aristotle, s. d.

« Si j'avais une heure pour sauver le monde, je passerais 59 minutes à définir le problème et une minute à trouver des solutions. »

Einstein, s. d.

INTRODUCTION GENERALE

1. Généralités sur les villes et les cours d'eau de surface

Depuis l'an 2015, la population mondiale urbaine a dépassé le seuil de 50%, d'ici 2030, ce ratio dépassera les 60% (ONU-Habitat 2018). Les zones mondiales les plus urbanisées sont l'Amérique du Nord avec un taux 82%, suivie de près par la région des Caraïbes et l'Amérique Central et l'Amérique du Sud avec le taux 80%, l'Europe arrive en troisième position avec le ratio 73% (ONU-Habitat 2018).

Certains pays de ces régions comme Monaco et Gibraltar ont 100% d'urbanisation, et la Belgique 98% (Banque Mondiale 2021).

Les zones mondiales avec moins d'urbanisation sont l'Asie et l'Afrique, avec le taux ne dépassant pas 45% (ONU-Habitat 2018). En Asie, l'Inde compte le nombre le plus élevé de populations rurales sur terre, suivie par la Chine. En Afrique, c'est le Nigeria qui occupe la première position sur le continent et la troisième au monde, après les deux pays asiatiques mentionnés (ONU-Habitat 2018), tandis que le Niger affiche le taux d'urbanisation le plus faible du continent.

Un tableau synthétisant les ratios d'urbanisation de chaque pays est attaché aux annexes¹ de ce travail.

Si ce phénomène est figé dans les pays développés, il est appelé à augmenter rapidement dans les pays en développement. 2,5 milliards de personnes supplémentaires devraient vivre dans des zones urbaines en 2050 (ONU-Habitat 2018). Les villes les plus concernées sont les petites et moyennes villes, dont le nombre d'habitants ne dépasse pas 500 000 résidents.

En principe, cette augmentation aura lieu par étalement urbain sur les zones naturelles. Cela mettra l'urbanisation et l'environnement naturel en communication, y compris les cours d'eau de surface.

Le contact entre ces deux éléments n'est pas sans conséquences. L'urbanisation affecte l'environnement naturel en modifiant sa morphologie initiale, elle affecte les facteurs du

¹ Voir les annexes

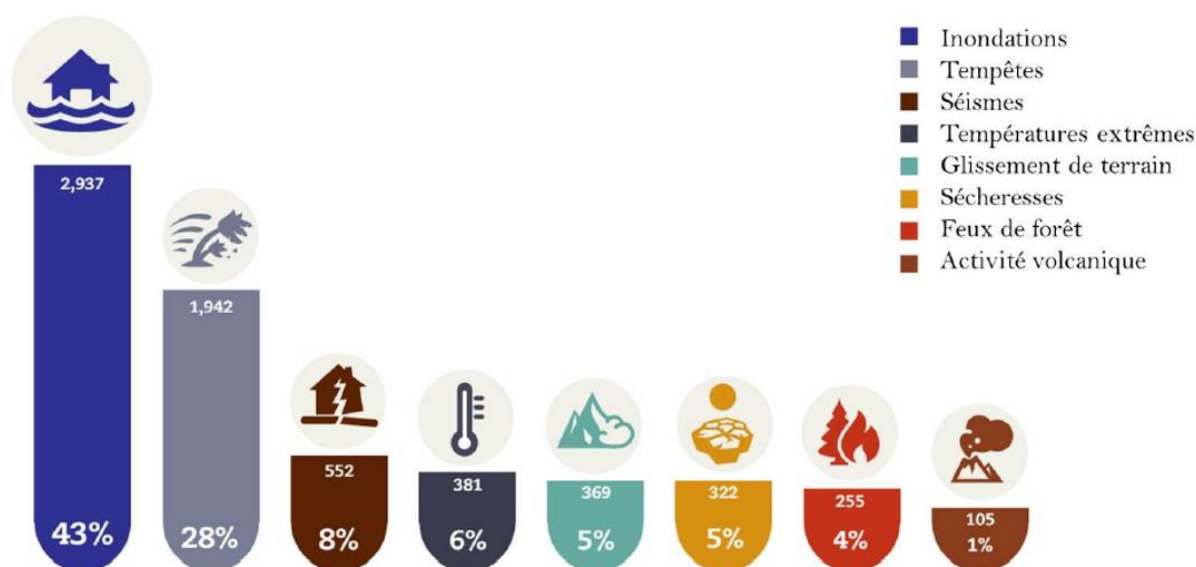
climat, les caractéristiques du sol et l'hydrologie. Les sociétés et leurs activités affectent la qualité du sol, de l'air et de l'eau. Déjà en 1986, Stallybrass et White iront jusqu'à avancer en que :

« La nature est opposée [...] à l'urbanisation » (Stallybrass et White 1986).

Ajouté à ça, la croissance urbaine survient à la santé, les conséquences environnementales et les progrès spectaculaires des phénomènes de risques, qu'ils soient naturels ou anthropiques. Une corrélation positive entre urbanisation et les phénomènes de risque a été observée dans le monde depuis la seconde moitié du 20^e siècle où l'accroissement urbain a connu son apogée. (figure 1).

Ces phénomènes de risque sont constatés davantage dans les pays en voie de développement, où les conséquences de l'urbanisation sont plus visibles, sachant que les catastrophes naturelles sont encore plus significatives dans ces zones.

Figure 1 – Occurrence des phénomènes de risques naturels dans le monde entre 1994 et 2013



Source – D'après (CRED 2015)²

Dans notre région méditerranéenne et d'après le GIEC³ (2007), cette zone est confrontée à une exposition accrue aux risques (GIEC 2007) en général et aux risques hydrologiques en particulier. Les catastrophes d'ordre hydrologique représentent (35 %) du total des phénomènes

² Centre for Research on the Epidemiology of Disasters

³ Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

naturels de risque qui ont frappé cette zone pendant les trois dernières décennies (EM-DAT 2023). Cela témoigne de la gravité de ce phénomène et de l'urgence qu'il y a à en prendre conscience et à en chercher des solutions.

La ville méditerranéenne de Béjaïa est également confrontée à ces phénomènes. Par son taux de pluviométrie important et les nombreux cours d'eau de surface qui constituent son territoire, elle fait constamment face à des phénomènes de risques hydrologiques tels que les inondations, les glissements de terrains humides, ainsi qu'à la dégradation des eaux de surface qui est à la fois une source de risques sanitaire et environnemental.

2. La vulnérabilité de la ville de Béjaïa aux risques issus des cours d'eau (risques hydrologiques terrestres) :

Les constats des dernières années ont montré une montée des phénomènes de risques dans la ville de Béjaïa. En raison de nombreux facteurs aussi nombreux, complexes qu'interconnectés, la ville fait face à des phénomènes dangereux pour ses composantes humaines ou écologiques. Si le changement climatique est associé à l'aggravation de la récurrence des phénomènes de risques (GIEC 2007), il n'en est pas la seule cause. Les caractéristiques naturelles de la ville ainsi que ses caractéristiques artificielles affectent autant, si ce n'est plus, l'exposition de cette dernière aux phénomènes dangereux.

Dans la ville de Béjaïa, la densité du réseau hydrologique, la morphologie façonnée par un terrain plat ainsi que la situation de la ville au bord de la mer sont tous des facteurs naturels contribuant à la rendre fragile aux phénomènes des risques hydrologiques terrestres.

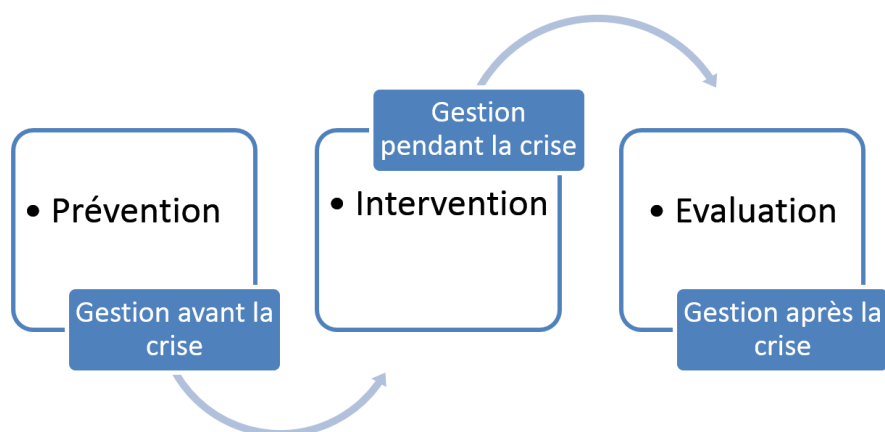
D'autre part, Béjaïa ne fait pas exception à la règle qui convient que le phénomène d'urbanisation est, en tout cas, source de perturbations de l'environnement. Les caractéristiques urbanistiques de Béjaïa qui connaît une urbanisation rapide, souvent spontanée et avec une densité très élevée, la rendent préparée à être vulnérable. Les activités humaines jouent un rôle similaire. Qu'elles-mêmes soient : domestiques, commerciales, municipales, semi-industrielles, industrielles... etc., elles affectent la ville en augmentant son exposition à différents risques hydrologiques terrestres.

Finalement, tous les systèmes de gestion et les moyens financiers, humains et techniques ou juridiques mis à la disposition de la ville pour lutter contre les phénomènes de risques montrent des limites qui rendent la ville loin d'être à l'abri des risques hydrologiques terrestres.

3. Limites des méthodes de gestion de la vulnérabilité aux risques hydrologiques terrestres à Bejaia :

Face à son exposition ardue aux différents phénomènes de risques issus des cours d'eau de surface, la ville de Béjaïa réagit ! La gestion est effectuée en trois étapes comme figurant dans le schéma suivant (schéma.1).

Schéma 1 – Méthodes de gestion des phénomènes de risques à Bejaia



Source – Auteure, 2023 ; d'après la direction de la protection civile de Bejaia

Les méthodes de gestion sont principalement basées sur le travail du secteur de la protection civile. Le travail de cet organisme est fondé en premier lieu sur l'intervention et la prévention.

Par ailleurs, d'autres organismes sont concernés directement ou indirectement par la gestion des risques. Les services de la wilaya et de la mairie interviennent à une échelle « *stratégique* », c'est-à-dire de supervision et de définition des grandes lignes à suivre dans la gestion. Elles servent aussi à relier entre eux les différents services sectoriels pendant la crise dans le cadre des plans ORSEC. Les administrations sectorielles n'interviennent pas directement sur les risques. Ces différents services de gestion de la ville interfèrent de manière indirecte dans la gestion des domaines environnementaux, urbanistiques, économiques ou sociaux. Leur intervention est dite « *tactique* ».

Tableau 1 – Acteurs impliqués dans la gestion des risques à Bejaia

Indicateur	Niveau	Rôle
Protection civile	Opérationnel	Intervention, prévention, évaluation
Wilaya	Stratégique	Supervision, liaison
Administrations sectorielles de la wilaya	Opérationnel – tactique	Prévention, liaison
Mairie	Stratégique	Supervision

Source – Auteure, 2023

Les méthodes de gestion sont, principalement, basées sur l'intervention au moment du risque. La prévention et la prévision ou l'évaluation restent limitées. Tout d'abord, elles sont limitées par le nombre des domaines qui participent à ces étapes de gestion. Si, au moment du risque, plusieurs acteurs urbains interviennent directement ou indirectement, la protection civile est le seul organisme considéré comme un acteur direct de la gestion des risques, avant et après le phénomène dangereux. Elle s'occupe de la prévention par des interventions sur les espaces ou sur les populations, et elle est la seule à intervenir après la crise pour l'évaluation de l'ampleur des dégâts laissés par le phénomène.

Cela ouvre la voie sur d'autres limites, à savoir l'absence du caractère systémique dans la gestion. Les acteurs cités dans le tableau précédent sont sollicités lors de l'avènement d'un phénomène de risque et non pas avant ou après. Ceci limite le travail concerté entre tous les acteurs urbains où chacun décide de ses stratégies de gestion indépendamment des autres acteurs urbains.

A une exception près, où la protection civile est assistée par d'autres secteurs lorsqu'elle en trouve la nécessité de les solliciter.

4. Problématique

4.1. Question de la problématique

La relation entre l'urbanisation et la nature a toujours été marquée par la domination, l'exploitation ou l'exclusion. Les cours d'eau présents en milieux urbains ont constamment été affectés par l'urbanisation, pendant que les milieux urbains sont également influencés par les fluctuations des cours d'eau de surface qui les sillonnent. Dans ce contexte, divers phénomènes

de risque émergent en raison de ces effets mutuels, ce qui rend toutes les composantes urbaines vulnérables, qu'elles soient écologiques, humaines ou urbaines.

Les composantes urbaines qui interagissent entre elles et engendrent des phénomènes de risques forment un système complexe et intégré. Dans cette étude, nous visons à analyser ce système en le décomposant en ses divers facteurs de risque. Ces facteurs naturels ou anthropiques vont nous renseigner sur les éléments déclencheurs de la vulnérabilité et sur les influences, favorables ou défavorables, qui peuvent l'affecter.

C'est pourquoi nous allons tenter de répondre à la question suivante :

Quels sont les indicateurs naturels et anthropiques responsables de l'exposition de la ville de Béjaïa aux risques issus des cours d'eau de surface ?

Autrement dit :

Dans quelles mesures la vulnérabilité aux risques issus des cours d'eau de surface en ville de Béjaïa constitue-t-elle un fait anthropique ou naturel ?

4.2. Hypothèses

Ainsi, nous proposons les hypothèses suivantes :

- 1) Les indicateurs urbains, sociaux et de gestion accentuent –ils l'exposition de la ville de Bejaia aux risques issus des cours d'eau de surface ?
- 2) Les indicateurs naturels hydrologiques accentuent-ils l'exposition de la ville de Bejaia aux risques issus des cours d'eau de surface ?

5. Objectifs

Dans le contexte général de ce thème, l'objectif principal s'articule autour de la mise au point d'une méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité globale et systémique aux risques hydrologiques issus des cours d'eau de surface dans la zone géographique de la ville de Béjaïa.

Il s'intéresse à la quantification, à la mesure, à la pondération et à la spatialisation des caractéristiques naturelles et artificielles de la vulnérabilité globale de la ville de Bejaia aux

risques issus des cours d'eau de surface. Ces caractéristiques sont nommées ici « indicateurs » de la vulnérabilité globale aux risques issus des cours d'eau de surface dans la ville de Bejaia.

6. Méthodologie de la recherche

Pour se fixer sur un choix, nous avons été inspirés par certains auteurs. Il convient de mentionner, entre autres, (Cardinal et Morin 1993 ; Brunner et Ernst 1986 ; Prélaz-Droux 1995 ; Ait-Aoudia 2006 ; Kientga 2008) dont les recherches ont toutes visé l'étude intégrée d'un problème complexe et composite, et dont les solutions adoptées ont comporté l'établissement de grilles d'indicateurs.

Du fait que la question de la problématique s'interroge sur la responsabilité des composantes naturelles ou anthropiques sur la vulnérabilité et que le problème étudié a pour objectif de définir et de mesurer plusieurs indicateurs urbains de la vulnérabilité, nous avons suivi une méthodologie qui approche le phénomène comme un système.

Le système d'étude comprend deux dimensions qui représentent les éléments composants naturels et anthropiques, spatiaux et sociaux. Notre mission implique l'identification et le catalogage de ces composantes, via une revue de la littérature, un travail pratique sur le terrain, suivi d'une sélection et d'un traitement technique des indicateurs obtenus.

Cette approche rassemble un ensemble de techniques et de méthodes, fondées sur l'élaboration de grilles d'indicateurs, et s'exprime à travers les méthodes de collecte de données, d'analyse statistique et multicritère ainsi que par l'instrument technique SIG. Le processus épistémologique s'est déroulé selon les étapes suivantes :

6.1. Recherche bibliographique et collecte des données : introduction à l'approche de travail

Dans toute recherche académique, cette phase méthodologique revêt une importance capitale. On ne peut aborder la partie conceptuelle de la thèse sans une analyse approfondie des travaux précédents dans le même domaine étudié. Suivant le même raisonnement, il est inconcevable d'accomplir les chapitres analytiques sans initialiser la quête de toutes les données et informations existantes concernant la zone d'étude qui s'inscrit dans le cadre de la recherche.

Ainsi, cette phase, qui représente une initiation à l'approche du travail sous ses deux aspects théorique et pratique, a été dédiée à la définition aussi précise que requis :

6.1.a. Le positionnement conceptuel et méthodologique de l'étude

L'étude des précédentes recherches nous a aidés à définir le problème, à organiser notre thèse et à soutenir notre travail par des références tirées de travaux passés. En examinant les notions essentielles de la problématique de recherche, nous avons réussi à situer notre position dans un cadre conceptuel et méthodologique spécifique à cette étude. Le schéma numéro 2 ci-après illustre l'idée simplifiée du contexte de recherche.

Schéma 2 – Le système étudié dans le présent travail

S/Système naturel	S/Système artificiel	S/Système socio-économique	S/Système de la gestion
•Eau; •Sol; •Faune; •Flore; •...	•Cadre bati; •Cdre non bati •Foncier; •...	•Activités; •Démographie; •Comportements et cultures; •...	•Législation et droit; •Cdre politique et institutionnel; •....

Source – Auteure, 2023

Cette étape nous a également permis de rédiger la première partie de la thèse, communément appelée « partie théorique ». Nous avons donc associé deux méthodes, à savoir l'approche géo-historique et narrative, pour dresser un inventaire des savoirs théoriques en lien avec notre sujet.

6.1.b. Le positionnement spatial anthropique et naturel du système étudié

L'analyse des documents écrits, des données statistiques et des cartes les plus actuelles ou historiques, recueillies auprès de diverses sources locales et nationales, nous a permis en partie de déterminer notre positionnement spatial. Nous avons réussi à comprendre l'état spatial, à la fois humain et naturel, de la zone d'étude et le processus de son évolution. De plus, nous avons défini un rayon spatial de connectivité qui détermine les zones urbanisées près des rivières affectées par des activités pouvant avoir un impact sur celles-ci.

La détermination conceptuelle et spatiale du système urbain dans la zone d'étude, par conséquent, le choix initial (pré-choix) des indicateurs pertinents à retenir, ainsi que ceux qui sont négligeables, grâce à l'argumentation tirée de la riche bibliographie consultée.

Il nous renseigne également sur la méthode choisie.

6.2. Le travail de terrain de vérification et rectification des données collectées : une étape indispensable de contact direct avec la zone d'étude

Cette phase de la démarche implique la correction, l'examen et l'enrichissement des documents collectés auprès des autorités. Cela est dû à la carence de la qualité des données (Ait Aoudia 2006). D'après notre analyse des dossiers rassemblés, nous avons relevé des discordances dans les informations fournies sur certains documents, en fonction de l'entité d'origine ou du bureau d'étude ayant effectué l'analyse. Les incohérences concernent les données géographiques relatives à la distribution et à la limitation des sous-bassins versants, ainsi qu'à la dénomination des quartiers, rues, sous-bassins versants et rivières, sans oublier les informations statistiques.

Et dans certains cas, il arrive que les renseignements et données nécessaires soient totalement absents ou partiels, ce qui impose de mener soi-même la recherche sur le terrain. Je fais référence aux dépôts illégaux de déchets ménagers dans les cours d'eau qui ne sont pas tous identifiés par les autorités, ou encore aux emplacements géographiques des installations industrielles polluantes. Afin de pallier ce manque, nous avons été contraints d'entreprendre ce travail indépendamment.

Ces données citées ne sont pas les seules recueillies par le biais de l'observation réelle du milieu.

6.3. Le travail d'enquête sur le terrain auprès des acteurs locaux : l'approche par acteurs pour la structuration des indicateurs

Cela consiste à engager le dialogue avec les acteurs locaux impliqués dans la gestion des risques et à établir une communication avec eux. L'interaction avec les acteurs urbains, tels que les représentants locaux de l'État ou les habitants locaux, est cruciale pour l'acquisition de diverses connaissances (Le 2016).

Cet aspect du travail sera divisé en deux éléments en fonction des acteurs ciblés par l'enquête :

La première phase de l'étape sera dédiée aux acteurs publics des autorités locales qui sont d'une manière ou d'une autre concernés par la gestion des cours d'eau et des phénomènes à risques associés.

Nous avons entamé notre travail en identifiant tous les acteurs étatiques impliqués dans la gestion des risques urbains issus des cours d'eau, indépendamment de leur portée et de leur domaine d'action. Nous avons rapidement réalisé que la maîtrise des cours d'eau ne relève pas d'un unique secteur, mais implique plusieurs administrations locales et sectorielles distinctes par leurs méthodes d'intervention, leurs intérêts, leurs objectifs et leurs perspectives. Cette enquête nous aidera à déterminer le rôle dévolu à chacun, leurs buts individuels, leurs méthodes et ressources d'intervention, et à établir s'il y a des coopérations ou des dissensions entre eux. La démarche adoptée dans les enquêtes consiste à mener des entretiens directs avec les personnes concernées.

En deuxième étape et pour comprendre les relations des résidents avec la vulnérabilité des milieux et leurs attitudes positives ou négatives envers ceux-ci, nous concevrons un questionnaire destiné aux foyers situés à une distance de connectivité des cours d'eau.

Les données collectées via un questionnaire représentatif ne sont pas moins significatives que celles obtenues auprès des diverses administrations dans la première section du travail. En effet, le questionnaire, qui cible directement les résidents concernés, ouvre la voie à l'obtention d'informations et de connaissances qui sont absentes des archives administratives.

Ces données subjectives sont cruciales car elles aident à saisir les traits et principes des habitants, la variété de leurs comportements quotidiens individuels et communautaires, les obstacles auxquels ils font face lors de la mise en œuvre des politiques urbaines, ainsi que leur savoir et niveaux de préparation en cas d'apparition de risques associés aux cours d'eau.

6.4. Le travail de traitement et d'évaluation des données : le fondement de la recherche

Pour ce faire, nous avons employé des techniques et des instruments de traitement de données recueillies lors de la première et de la seconde étape. Dans un premier temps, nous

avons eu recours aux instruments d'analyse statistique des données brutes recueillies lors des sondages. Cela nous a permis d'établir des tableaux d'indicateurs.

Par la suite, une fois les indicateurs définitivement établis, vient le moment d'évaluer ces derniers. Pour cela, nous avons dû faire appel aux techniques d'analyse multicritères des données descriptives recueillies lors de l'étape précédente.

Le choix de travailler avec des indicateurs revient au fait que ces derniers sont une représentation complète du territoire (Ait Aoudia 2006) et des interactions entre ses éléments.

6.5. Le travail de cartographie et de schématisation : les résultats de l'étude

L'étude vise essentiellement à établir un SIG des indicateurs de vulnérabilité. Le but de la création du « SIG des indicateurs urbains de la vulnérabilité globale » est de fournir un instrument d'appui à la prise de décision pour le suivi de la vulnérabilité globale dans la zone étudiée.

Toutefois, tout au long de ce projet, un travail de cartographie sera effectué en fonction des exigences de l'étude, et cela dans deux directions différentes :

La première section se focalise sur la cartographie préalable à l'élaboration du SIG-indicateurs de la vulnérabilité. Dans le cadre de la composante analytique de notre thèse, nous prévoyons de créer des cartes thématiques :

- Les points de rejets des déchets domestiques solides ;
- La corrélation entre l'expansion urbaine et la condition des rivières ;
- Les catégories d'urbanisme qui contribuent aux modifications affectant les cours d'eau ;
- La relation entre la densité de population et l'urbanisation avec les rivières ;
- Les classifications économiques et leur impact sur les cours d'eau ;
- ...etc.

Pour ce qui est de la seconde section, elle sera enrichie d'une base de données regroupant toutes les informations assimilées lors des phases antérieures de l'étude. L'association des cartes

thématiques aux données provenant des enquêtes sur le terrain et à la documentation bibliographique nous donnera la possibilité de créer une base de données cartographique pour chaque indicateur de vulnérabilité retenu.

7. Motivations du choix du thème

L'importance de la sélection du sujet découle du fait que les risques associés aux cours d'eau de surface sont présents dans l'environnement urbain étudié et que ce dernier y est constamment exposé.

En plus de cela, les données et la compréhension des phénomènes de risques et de l'exposition de la ville sont pratiquement inexistantes ou défailtantes. Cela est attribué au fait que l'analyse des phénomènes de risques se concentre souvent sur l'examen des données associées aux aléas, en délaissant les données liées à la vulnérabilité.

En définitive, la sélection des risques hydrologiques terrestres est étroitement associée aux spécificités de la zone d'étude, qui dispose d'une abondance en eaux de surface et se situe sur le littoral.

8. Motivations du choix du site : pourquoi la ville de Bejaïa ?

La ville de Bejaïa a été sélectionnée comme sujet d'étude en raison de sa situation à la jonction des deux bassins versants, celui de la Soummam et celui du Cap-Segli. Sa richesse en cours d'eau de surface et la proximité entre les quartiers résidentiels et les zones hydrologiques de surface rendent les possibilités d'exposition plus importantes et plus pénibles pour les populations et pour les composantes écologiques, structurelles et fonctionnelles de la zone urbaine.

Il est manifeste qu'une expérimentation des résultats obtenus à Bejaïa dans d'autres zones urbaines présentant différentes spécificités (naturelles, sociales, urbanistiques, ...) est une nécessité pour parvenir à des conclusions scientifiques indiscutables.

9. Originalité de la recherche

Cette recherche, qui adopte une approche holistique et intégrée, prend pour la première fois en compte un grand nombre de facteurs, principalement en ce qui concerne les éléments sociaux, souvent négligés dans l'analyse de la vulnérabilité aux risques sur le territoire de Bejaia. Jusqu'à présent, les études réalisées ont uniquement pris en compte l'évaluation des aléas ou des risques sans se préoccuper des « enjeux » comme étant le seul aspect de la vulnérabilité. Peu d'études ont considéré l'aspect social de la vulnérabilité, et cela partiellement, en ne s'intéressant qu'à un nombre limité de critères. En revanche, intégrer les dimensions socio-économique et managériale dans l'évaluation de la vulnérabilité semble être exclusivement le cas dans cette étude.

Par ailleurs, toujours dans le cadre de notre zone d'étude, jamais un nombre aussi élevé d'indicateurs n'a été rassemblé dans une seule recherche. Grâce à cette démarche, l'identification des indicateurs de vulnérabilité sous ses diverses formes sera plus aisée pour les chercheurs et les gestionnaires.

Enfin, cette analyse se penche sur la vulnérabilité de la ville face à tous les risques rivulaires, et non pas uniquement sur un seul risque. C'est donc la première étude de ce genre appliquée à la zone d'étude en question.

10. Structure de la thèse

La thèse comprend deux parties, en plus du chapitre d'introduction et du chapitre de la conclusion :

Chapitre d'introduction : Ce dernier comprend deux éléments majeurs, à savoir « *l'introduction générale* » et « *la problématique* ». Dans le premier élément, nous avons présenté le contexte global de la thèse. Quant au second élément, nous détaillons le cadre de la problématique, formulons sa question centrale et énonçons les hypothèses de notre recherche.

Partie I – Théorique :

Intitulée « *Études bibliographiques et fondements conceptuels* », cette partie se concentre sur l'éclaircissement, la délimitation et la contextualisation de la terminologie théorique de ce travail. Elle présente le cadre méthodologique et détaille l'orientation épistémologique en lien

avec la thématique étudiée. Cela permet donc de s'assurer que les lecteurs comprendront la terminologie employée dans la partie suivante et que l'approche du travail sera définie.

Cette partie repose sur une méthode géo-historique, qui utilise, comme références, des documents écrits officiels et non officiels ([Boukhiar, Boutabba et Medjadj 2024](#)).

Elle se compose de quatre chapitres, chacun abordant un des aspects mentionnés dans l'intitulé de la thèse :

Chapitre 1 intitulé « *Urbanisation : la ville comme une entité complexe et dynamique* ». Son objectif est de clarifier et d'interpréter toute la terminologie liée au phénomène de l'urbanisation dans une perspective générale. Il se penche davantage sur les déséquilibres susceptibles de se manifester dans les milieux urbains, en particulier ceux qui affectent les zones urbaines traversées par des cours d'eau de surface.

Chapitre 2 intitulé « *La place emblématique des cours d'eau en milieu urbain : entre coexistence, reniement et efforts de réconciliation* ». Il englobe la terminologie relative aux cours d'eau en général, tout en mettant l'accent sur les cours d'eau dans les environnements urbains. Il retrace les liens entre les rivières et les zones urbaines à travers différentes étapes temporelles.

Chapitre 3 intitulé « *Risques et vulnérabilités : des phénomènes dangereux et des milieux affectés* ». Ce chapitre se consacre à détailler l'ensemble des connaissances actuelles liées aux phénomènes de risques et de vulnérabilités. Après la définition des concepts, il se concentre sur des données statistiques concernant les risques dans le monde, en mettant particulièrement l'accent sur les risques liés aux rivières, ainsi que sur la vulnérabilité des environnements urbains face à ces phénomènes de risques.

Chapitre 4 intitulé « *Etat de l'art et positionnement épistémologique* ». L'objectif principal de ce chapitre est de fixer une méthode de travail à suivre lors de la partie pratique. Pour y parvenir, ce chapitre fait la synthèse des méthodes utilisées dans le domaine de l'évaluation de la vulnérabilité.

Partie II – Pratique

Intitulée : « *Evaluation de la vulnérabilité globale aux risques hydrologiques terrestres à Bejaia* ». Répartie en quatre chapitres, elle traite de l'application de la méthode de travail sur la zone d'étude.

Chapitre 5 intitulé « *Etat de fait socio-spatial et naturel à Bejaia* ». Dans ce chapitre, nous entamons l'analyse de la zone d'étude. Il propose une étude globale de la ville de Béjaïa. Autrement dit, il examine la réalité de la ville à travers les dimensions urbanistiques, sociales, économiques et environnementales. L'analyse est effectuée tout en restant ancrée dans le contexte des risques issus des cours d'eau de surface, sans toutefois les mentionner explicitement.

Chapitre 6 intitulé « *Béjaïa à l'épreuve des risques hydrologiques terrestres* ». C'est un chapitre complémentaire du chapitre précédent. Il fait aussi l'analyse de la zone d'étude. Contrairement au chapitre précédent, ce présent chapitre s'intéresse exclusivement à l'exposition de la ville aux phénomènes de risques en rapport avec les cours d'eau de surface.

De même que pour la partie théorique, les chapitres cinq et six exploitent la méthode d'analyse géo-historique, qui se base sur l'exploitation de données écrites issues de sources certifiées et non certifiées (Boukhiar, Boutabba et Medjadj 2024). Ajouté à cela, une méthode d'observation directe du terrain est aussi utilisée pour vérifier certaines informations obtenues grâce à la documentation officielle ou officieuse.

Chapitre 7 intitulé « *Description de la vulnérabilité globale de Bejaia aux risques hydrologiques terrestres* ». Il recourt aux entretiens directs et à l'enquête par questionnaire auprès des acteurs urbains, en plus des outils de traitements statistiques de données pour le traitement des données issues des enquêtes par entretiens et questionnaires. Le chapitre se propose de décrire la vulnérabilité aux risques rivulaires dans la ville de Bejaia.

Chapitre 8 intitulé « *Evaluation de la vulnérabilité globale de Bejaia aux risques hydrologiques terrestres* ». Ce chapitre est une continuité du chapitre précédent. Il use des méthodes d'analyse multicritères, qui vont nous permettre d'évaluer les grilles d'indicateurs retenues dans le chapitre précédent.

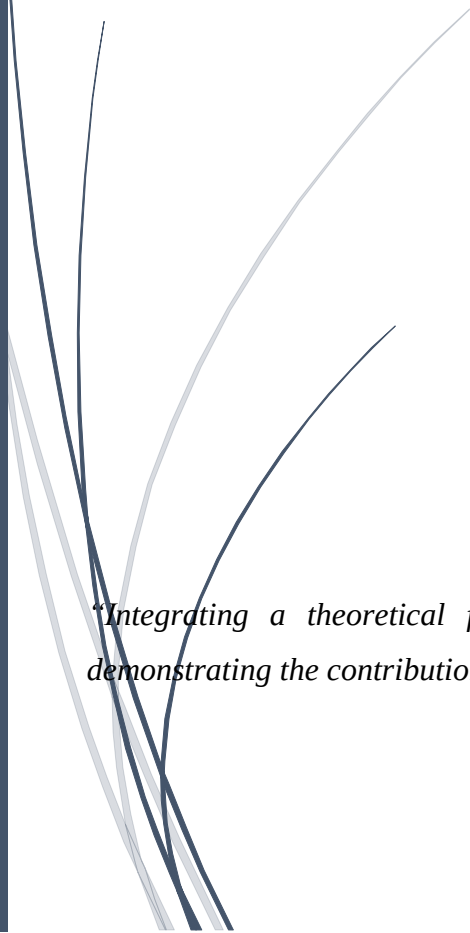
Partie de conclusion : intitulée « *Conclusion générale, limites et perspectives* » : Elle comporte la conclusion générale, les limites de la méthode de travail et ses perspectives. Elle fait la synthèse de tout le travail avancé dans les parties précédentes, expose les résultats obtenus, les manques existants et les perspectives d'avenir.

A dark blue vertical bar runs down the left side of the page. A blue arrow points to the right from the bar, containing the text 'PARTIE I.'

PARTIE I.

THEORIQUE

Etude bibliographique et fondements
conceptuels

Several thin, curved lines in shades of blue and grey sweep upwards from the bottom left corner of the page.

“Integrating a theoretical framework into research is crucial for understanding and demonstrating the contribution of the research to knowledge”

Nobel, 2019

INTRODUCTION DE LA PREMIERE PARTIE

Tout travail académique commence par un travail de contextualisation conceptuelle et théorique, et de positionnement épistémologique. Ce travail va se limiter exclusivement à la terminologie et aux méthodologies d'approche qui seront utilisées tout au long de la thèse. Les trois premiers chapitres de cette partie sont tirés du titre de la thèse, chacun pour un des principaux termes du titre : l'urbanisation, les cours d'eau et les vulnérabilités. Le quatrième chapitre se focalise sur le cadrage méthodologique.

Le premier chapitre aborde la terminologie liée à l'urbanisation. Selon Saidouni (2000), les modifications de l'homme dans les villes sont si intensifiées qu'elles peuvent donner lieu à des conflits (Saidouni 2000). C'est dans ce contexte de conflictualité dans les villes que nous avons, donc, jugé que c'est un ajout intéressant à ce travail de consacrer un chapitre à l'explication de la genèse, du développement et des caractéristiques principales du phénomène d'urbanisation à l'échelle mondiale.

L'objectif de ce chapitre est de rendre ce phénomène aussi simple que possible pour le lecteur, en décomposant sa complexité conceptuelle.

Il existe plusieurs liens entre les cours d'eau et le processus d'urbanisation. Premièrement, l'urbanisation naît souvent à proximité des rivières et des cours d'eau en surface, car celle-ci requiert la présence de l'eau pour se développer. En retour, ces mêmes cours d'eau peuvent représenter un risque pour les zones déjà urbanisées. D'autre part, l'urbanisation est un facteur qui contribue à la dégradation et à l'élimination des cours d'eau.

C'est ce que nous développerons dans le second chapitre, suite à l'examen de la terminologie associée aux rivières de surface dans les environnements urbains.

Les interactions entre l'urbanisation et les cours d'eau se transforment en sources de phénomènes périlleux. Ces phénomènes menaçants affectent à la fois les éléments anthropiques des zones urbaines et les aspects écologiques des rivières. Cela implique que les phénomènes dangereux sont des phénomènes de nature humaine, matérielle et écologique.

Au troisième chapitre, notre attention se portera sur les phénomènes de risques à l'échelle mondiale et la vulnérabilité des environnements urbains.

Cette partie vise à expliquer la terminologie associée au sujet de l'étude, pour le destinataire expert ou profane. Il est essentiel de préciser cela, car ça permettra au lecteur de situer sa perspective par rapport au sujet étudié.

Le chapitre quatre récapitule les méthodes et approches clés pour évaluer la vulnérabilité. Si la pratique sans la théorie est aveugle, la théorie sans la pratique demeure inefficace (Guay 2001). Identifier les méthodes pratiques à associer à l'aspect théorique permettra de cerner le sujet dans ces deux dimensions : théorique et pratique.

Pour y parvenir, ce chapitre vise à combiner des techniques et des méthodes pratiques avec l'aspect théorique dans ce travail en cours, et à justifier les décisions concernant le positionnement épistémologique.

Ce chapitre est indispensable car sans lui, nous ne pouvons pas passer directement de la partie théorique à la partie pratique. C'est ce qui confère à ce chapitre un rôle de passerelle entre les chapitres théoriques et les chapitres pratiques.

A dark blue vertical bar runs down the left side of the page. A blue arrow points to the right from the bar, containing the text 'PARTIE I.'

PARTIE I.

CHAPITRE 1.

Urbanisation : la ville comme une entité complexe et dynamique

Several thin, curved lines in shades of blue and grey sweep upwards from the bottom left corner of the page.

« La persistance des problèmes urbains donne à penser que notre compréhension actuelle des villes est incomplète et inefficace ».

OCDE, 1997

Introduction du chapitre

Depuis la seconde moitié du 20^e siècle, nous sommes entrés dans l'ère de l'anthropocène, où l'urbanisation s'affirme comme le phénomène prédominant à l'échelle mondiale. Ce phénomène, une fois répandu sur les territoires et dans l'existence humaine, illustre une influence considérable exercée sur la planète et ses éléments, qu'ils soient naturels ou créés par l'homme. Cette influence semble complexe à la fois pour l'être humain d'une part et pour les territoires et les environnements naturels d'autre part.

Avant d'aborder le point central du sujet et pour assurer une meilleure compréhension, la première section du chapitre se limitera à exposer succinctement les notions relatives à l'urbanisation. Il nous paraît indispensable de retracer l'origine et le développement du phénomène pour bien comprendre notre thème. En fin de compte, une grande partie du chapitre actuel se focalisera sur l'exposition des relations entre le processus d'urbanisation et les éléments principaux sur lesquels il exerce son influence, à savoir : les populations humaines, les territoires et l'environnement naturel.

Dans le but de mieux appréhender les interactions et les impacts entre l'urbanisation et les éléments naturels et anthropiques de l'espace, nous chercherons à souligner la valeur des éléments naturels pour les zones urbanisées ainsi que les services qu'ils procurent à ces espaces. En revanche, nous mettrons en lumière les impacts défavorables de l'urbanisation sur les composantes naturelles des régions.

Premièrement, l'urbanisation constitue un outil d'amélioration de la qualité de vie pour les individus, en rendant l'accès aux services et aux besoins quotidiens plus aisé. En revanche, en ce qui concerne les environnements naturels, l'urbanisation entraîne la destruction de la nature et de la biodiversité, provoquant ainsi divers déséquilibres, surtout lorsque cette urbanisation est faite de manière irrégulière. Finalement, l'urbanisation est un facteur créateur de territoires dynamiques et pas toujours favorables.

I.

L'ASPECT CONCEPTUEL ET THEORIQUE DE L'URBANISATION

Dans les items qui suivront, nous allons brièvement définir le concept de l'urbanisation et retracer succinctement la naissance et l'évolution dans le temps du phénomène urbain.

I.1. Signification des concepts

On définit le terme « *urbanisation* » comme l'ensemble des interventions humaines qui entraînent des changements sur l'expansion de l'environnement urbain existant ou sur l'environnement naturel et provoquent, ainsi, l'extension ou la mise en place de nouveaux espaces urbains. Selon Merlin et Choay (1988), le terme désigne les actions de construction entreprises par l'homme dans les villes et les agglomérations (Merlin et Choay 1988). Il est l'opération de croissance des villes en surface, nombre d'habitants, mais aussi en mode de vie (George et Verger 1970). Pour Peng et al. (2010), il s'agit de la transformation d'un milieu rural, naturel à un milieu artificiel anthropisé (Peng et al. 2017). Les transformations et les interventions anthropiques incluent toutes les activités humaines à l'exception de l'agriculture.

Dans le contexte urbain, l'urbanisation peut s'opérer de deux façons : par la densification et/ou l'accroissement du nombre d'habitants et d'activités économiques (hors secteur agricole) dans une partie précise d'une ville existante, ou bien par l'érection d'une nouvelle cité via l'expansion spatiale des infrastructures, la colonisation par des habitants et l'installation des activités.

L'urbanisation englobe également les relations établies entre les individus ou les communautés. En raison des activités, des propositions de service et des exigences des habitants qui se renouvellent chaque jour, une dynamique propre à l'environnement urbain s'établit. C'est alors qu'un nouveau style de vie issu de cette dynamique émerge pour différencier les zones urbaines des zones non urbaines. Le concept d'urbanisation fait référence aussi à la diffusion de ce mode de vie spécifiquement urbain à travers d'autres territoires. Cela entraîne la propagation de comportements, d'attitudes et de principes de conduite qui diffèrent de celles des campagnes, et qui présentent des similitudes d'une ville à l'autre, même lorsqu'elles sont physiquement éloignées. À ce sujet, Mardiansjah (2013) met au point un autre aspect de définition pour le concept « *urbanisation* » et affirme qu'une propagation partielle des habitudes urbaines vers les milieux ruraux n'est pas une action d'urbanisation, mais renvoie à un autre concept dit de : « *Civilisation urbaine* » (Mardiansjah 2013).

Suite à l'avènement du troisième millénaire, lorsque l'urbanisation a pris une ampleur significative en termes d'impact sur les environnements et les espèces, y compris l'homme ; la définition de l'urbanisation ne peut plus se restreindre aux concepts du 19^e siècle (Pinson 2004).

Actuellement, l'urbanisation est caractérisée en fonction de ses impacts sur les populations ainsi que sur l'environnement local, éloigné ou à l'échelle mondiale. Il convient de noter les risques naturels et anthropiques, environnementaux ou sociaux qu'elle peut engendrer ou exacerber. Inversement, l'importance du développement économique et industriel, des avancées technologiques et scientifiques ainsi que de l'amélioration des conditions de vie des populations est à prendre en compte. Pour cela, la définition du phénomène d'urbanisation pour Wenger et collaborateurs, par exemple, est élargie pour renvoyer à l'ensemble des activités humaines non agricoles, et toutes les installations humaines, avec une densité dépassant une habitation par deux hectares (Wenger et al. 2009). Leur argument se base sur le fait que même une légère densité peut avoir de l'impact sur les écosystèmes naturels (IDEM).

Le deuxième concept lié à celui de l'urbanisation est ; de loin ; le concept de la ville. La définition de la ville n'est pas aussi simple qu'elle en a l'air et elle peut recevoir plusieurs définitions. Il existe autant de définitions de la ville que de pays dans le monde (ONU-Habitat 2018). Dans ce sens, chaque entité ou pays lui accorde une définition différente. Pour Paulet (2009), une ville est une :

« Zone géographique relativement peuplée, dotée d'équipements collectifs variés, dans laquelle se concentre la plupart des activités humaines » (Paulet 2009).

Selon Edjossan-Sossou (2015), quatre aspects définissent une ville : sa dimension, ses fonctions, ses limites administratives et des composantes naturelles en interaction constante et qui maintiennent un équilibre (Edjossan-Sossou 2015). C'est un environnement naturel façonné par l'homme pour répondre à son besoin d'habitat (Toussaint et Vareilles 2013). Un lieu, habituellement positionné dans des sites stratégiques (Richard et Laclemece 2013), comme à proximité de l'eau par exemple. Selon Baumont et al. (1996), c'est un lieu où se regroupent divers composants, hétérogènes et en constante interaction (Baumont, Béguin et Huriot 1996). Selon Graindorge (2012), elle désigne une entité géographique constituée de nombreux éléments, dotés de modes opératoires spécifiques et qui évoluent à la fois dans le temps et dans l'espace (Graindorge 2012). Elle est définie par la taille des populations : définition démographique, par les activités exercées : définition économique, par la continuité urbaine :

définition urbanistique, ou la présence des administrations officielles en son enceinte : définition juridique.

Ce qui distingue les villes, ce sont divers facteurs tels que les activités qu'elles proposent, leur localisation géographique, la densité de leur population, leurs systèmes de transport, l'étendue de leur influence ainsi que les aspects naturels comme le climat et le relief. D'autres éléments comme le système politique en place ou les habitudes de vie des citoyens et leurs structures sociales, culturelles ou spirituelles jouent aussi un rôle. Enfin, la question de la richesse ou de la pauvreté d'une ville est également prise en compte. Dans la définition formelle d'une ville, les pays tiennent compte d'un ou deux critères au maximum en fonction de leurs circonstances locales. Cela signifie que la définition d'une ville varie d'un pays à l'autre et d'une institution à l'autre.

I.2. Origines ambiguës d'apparition et étapes significatives d'évolution

Un courant de chercheur fait remonter l'urbanisation jusqu'à l'époque néolithique. La révolution agricole du néolithique de 8 500 à 3 000 avant J.-C., a conduit l'humanité vers sa première révolution urbaine en passant d'un mode de vie nomade caractérisé par la vie sauvage à la sédentarisation dans les premières cités de l'histoire. Selon cette perspective, l'urbanisation commence à se manifester avec l'initiation de la sédentarisation des humains et l'émergence de leurs premiers regroupements fixes, fondés sur : l'agriculture. Les communautés basées sur l'hydraulique et l'agriculture (Rifkin 2011) qui ont prospéré grâce à une production agricole abondante, ont vu l'émergence de nouveaux métiers nécessitant des compétences physiques et intellectuelles.

Cette mutation socio-économique représente, d'après eux, le premier pas vers l'urbanisation de la société humaine et c'est ainsi que les premières villes de l'histoire, à l'instar de *Jéricho* et *Çatal Hüyük*, étaient apparues. Kenyon (1956) et Wheeler (1956) revendiquent le nom de ville pour l'établissement de Jéricho, daté du néolithique (Huot 1970). Bucha et Mellaart (1967) considèrent *Çatal Hüyük* comme la plus ancienne ville d'Anatolie et une des plus anciennes au monde (Bucha et Mellaart 1967). *Jéricho* remonterait à environ 6 000 ans avant J.-C. d'après (Merlin et Choay 1988), tandis que *Çatal Hüyük* serait daté à 5 600 ans avant J.-C. selon (Bairoch 1988).

Un autre courant défendu principalement par Childe, considéré comme le principal urbaniste du 20^e siècle pour son ouvrage « *La révolution urbaine* » paru en 1950, considère que la première révolution urbaine débute avec la création des premières villes post-néolithiques. Pour le même auteur, la « *révolution néolithique* » provoque, selon lui, les assembléments humains et invente l'agriculture.

Pour Childe (1950), la révolution néolithique a précédé la révolution urbaine. Elle reflète l'augmentation du nombre et de la densité de personnes vivant ensemble, et partageant une même zone bâtie (Childe 1950). Des personnes distinguées par des caractéristiques communes comme descendre d'un ancêtre commun, parler la même langue ou avoir les mêmes coutumes et croyances (Childe 1950). Pendant que la « *révolution urbaine* » vient après, avec près de 7 siècles d'écart.

Selon Bairoch (1988), on pourrait considérer ces cités néolithiques, qui comptent au maximum 400 habitants, comme des « *villes périurbaines* » ou même des « *villages* » (Bairoch 1988). Selon le même auteur, ces établissements encore rudimentaires ne possédaient pas les attributs d'une cité, tels que la présence d'un temple ou d'une muraille, et l'activité prédominante demeurait l'agriculture. Cependant, il est à noter que quelques sites néolithiques étaient déjà fortifiés, comme Jéricho (Huot 1970), par exemple. Néanmoins, la présence d'un mur d'enceinte n'est pas toujours propre aux cités, car dans certaines situations, des villages en possédaient et des villes pouvaient en être dépourvues (Huot 1970).

Pour Huot (1970), les partisans des villes néolithiques reconnaissent eux-mêmes l'absence de traces de planification urbaine visible sur les cités de Jéricho ou de Çatal Hüyük (Huot 1970). Ceci au contraire des villes post-néolithiques, qui disposaient de plans visibles de villes et des réseaux de voiries pré-pensés selon les besoins de l'époque (Huot 1970).

Selon Childe (1950), Bairoch (1988), la véritable première révolution urbaine date du 3^e millénaire avant notre ère. La première ville créée dans l'histoire aurait été en Mésopotamie sur les rives de l'Euphrate et du Tigre et fut le premier établissement urbain réunissant les critères nécessaires pour être qualifié de ville. Il s'agit, pour Childe, de la ville d'Ur datée de plus de 3 000 ans av. J.-C. (Childe 1950) et pour Bairoch, de la ville l'Urdu fondée il y a 3 200 ans avant notre ère (Bairoch 1988).

De son côté, Benevolo (1983) considère la ville sumérienne d'Ur du 3^e siècle avant J.-C. comme la première ville de l'histoire (Benevolo 1983). C'est dans cette ville qu'ont été

initialement concentrées et développées des activités distinctes de l'agriculture, réalisées par des artisans autres que les agriculteurs. Elle couvre une superficie d'environ cent hectares et abrite des dizaines de milliers de résidents, dont un grand nombre provenant de l'immigration. Pour la première fois, le milieu naturel et l'environnement artificiel sont séparés par un mur d'enceinte et un fossé, créés dans le but de protéger la ville (Benevolo 1983).

Les hypothèses qui désignent Jéricho, Ur ou l'Urdu comme les premières cités de l'histoire demeurent relatives. L'éventualité de trouver d'autres villes plus anciennes n'est pas théoriquement à écarter !

Tableau I.1.1 – Chronologie des cycles pré-urbanisation

Années	Périodes historiques	Cycle d'urbanisation
9000 à 4500	Domestication	Gobekli Tepe, Jéricho, Çatal Hüyük
4000 à 3000	Epoque proto-urbaine	Fondation d'Uruk, Suse et Nagar ; Colonies urukéennes
3000 à 2550	Période dynastique archaïque (révolution urbaine)	Fondation de Mari ; Villes circulaires de Haute Mésopotamie

Source – D'après (Butterlin 2021) ; complété par l'auteure, 2025

L'incertitude entourant l'origine de la ville est essentiellement due à la vague définition de celle-ci et au désaccord concernant les critères qui distinguent une ville d'un village. Bien que les deux écoles divergent sur la date de l'émergence des cités, elles s'accordent toutes les deux sur le fait que la civilisation urbaine a vu le jour près des eaux.

Au Royaume-Uni, la seconde grande révolution de l'urbanisation a eu lieu à la fin du 18^e siècle. Cette révolution urbaine est survenue simultanément avec la révolution industrielle et culturelle des sociétés de cette époque. Elle a été perçue comme une cause et un effet du progrès économique, industriel (Manirakiza 2015) et culturel.

La progression de l'urbanisation durant cette révolution s'est poursuivie jusqu'à la fin du 19^e siècle et le commencement du 20^e siècle. On peut classer les zones du globe en deux groupes selon leur niveau d'urbanisation. La première transformation a été vécue par les pays développés d'Europe, d'Amérique du Nord ou d'Australie et s'est produite entre 1750 et 1950. Pendant cette période, la population urbaine de ces régions est passée de 15 millions à 423 millions, ce qui représente une augmentation de 10% à 52% de la population totale (ONU 2014). La seconde transformation se concentre sur les nations en voie de développement d'Afrique, Asie, Amérique centrale et du Sud et n'a vu le jour qu'un siècle après l'émergence

de la première catégorie. La transformation urbaine dans ces régions commence à partir de 1950.

Cette période est surtout caractérisée par les nombreux problèmes qui ont émergé sur différents fronts. À cette période, la ville abandonne ses prévisions antérieures de sécurité et de commodité pour se transformer en un centre de nuisances et d'inconvénients pour les habitants et les lieux.

Pour les nations développées ayant traversé la révolution industrielle, les enjeux concernent principalement l'hygiène, la propreté de l'environnement et la surpopulation des cités. Cette période a également été marquée par l'émergence de diverses méthodes et philosophies urbaines cherchant à atténuer les problèmes survenus dans la ville industrielle. Pour les pays en développement qui ont tardé à participer à cette révolution, les enjeux étaient de nature différente. Ces pays, confrontés à un contexte socio-économique inadapté à la transition urbaine, sont tombés dans le sous-développement, une situation encore observable de nos jours.

Au 3^e millénaire de notre ère, le monde rentre dans l'époque anthropocène, qui annonce la troisième révolution urbaine. Une révolution qui se fonde sur le développement spectaculaire de la technologie dans ses différentes formes.

La principale marque de la révolution technologique est l'incitation à l'accélération et à la propagation du processus d'urbanisation à travers le monde. Le taux d'urbanisation à l'échelle mondiale, qui était seulement de 5,1% en 1800, de 6,3% en 1850 et de 13,3% en 1900, a connu une croissance rapide depuis la seconde moitié du XX^e siècle : il a été multiplié par trois pour s'établir à 37,2% en 1975. Depuis 2008, la vie sur terre est dominée par l'urbain avec plus de la moitié de la population mondiale vivant dans des villes ([ONU-Habitat 2018](#)). Selon l'ONU-Habitat en 2018, leur population a approximativement atteint 3,3 milliards de personnes cette même année. On estime qu'en 2050, 6,4 milliards de personnes, soit 70% de la population mondiale, résideront en milieu urbain ([ONU-Habitat 2018](#)). L'urbanisation persistera encore pour les décennies à venir, principalement dans les pays en développement ([PNUD 2016](#)).

Les villes existantes ont connu une expansion spectaculaire et de nouvelles émergent quotidiennement à travers le monde. On invente de nouveaux termes pour décrire ces mutations récentes. On évoque maintenant des mégalofoles et des métropoles globales dont l'impact transcende les frontières de la ville pour toucher celles des régions, des nations, et parfois même

du monde entier. Des métropoles abritant chacune des dizaines de millions de résidents et faisant office de pôles économiques et politiques à l'échelle mondiale.

En parallèle, de nouvelles technologies de communication et d'information ont vu le jour durant la même période. Ces technologies ont radicalement transformé la structure urbaine mondiale existante jusqu'à présent. Grâce aux technologies de l'information et de la communication, ces grandes villes ainsi que les cités du monde entier sont interconnectées dans divers domaines, formant ainsi une unique : « *Masse en réseau* ». À tel point que le monde est considéré comme un unique village global interconnecté, d'un point de vue économique, politique, social et environnemental.

Cela dit, la troisième révolution technologique ne se limite pas à l'industrie de la communication qui a connu des progrès extraordinaires au cours des dernières décennies. Une ville de la troisième révolution combine les caractéristiques d'une ville intelligente fortement interconnectée et respectueuse de l'environnement. Elle repose sur « *trois piliers* » définis par Rifkin (2011), à savoir : les énergies renouvelables, les technologies de stockage et les réseaux d'énergie intelligente (Rifkin 2011).

Les principaux temps d'évolution du phénomène urbain sont comme dans le schéma (Schéma. 1) suivant.

Schéma I.1.1 – Les trois principales révolutions urbaines



Source – Auteure, 2023

Actuellement, cette urbanisation s'efforce de résoudre les problèmes urbains cumulés depuis la révolution industrielle. Dans les pays développés, ce sont des anomalies liées au climat, à la gestion des déchets, à la mobilité, aux diverses pollutions et à la non-durabilité des ressources qui font défaut à la ville.

Cependant, les efforts de résoudre ces problématiques ont largement négligé la question de l'eau en milieu urbain qui n'a pas bénéficié du même degré d'attention que les « *trois piliers* »

mentionnés par Rifkin (2011). En raison de cette omission, l'eau de surface et souterraine, qu'elle soit continentale ou océanique, est sous l'influence des conséquences de l'urbanisation. Elle subit une surexploitation et une dégradation tant en termes de qualité que de quantité. Nous aborderons ce sujet en détail dans ce chapitre.

Si beaucoup de chercheurs limitent l'évolution du phénomène urbain à la troisième révolution. Certains, à l'instar de Schwab (2016), soutiennent l'idée d'une quatrième révolution urbaine. Schwab (2016) caractérise cette révolution par le biais de technologies qui dépassent les limites physiques, biologiques et numériques de nos villes (Schwab 2016). Les technologies définissant la quatrième révolution sont synthétisées dans le tableau ci-dessous (tab.2).

Tableau I.1.2 – Les technologies émergentes de la quatrième révolution urbaine

Intelligence artificielle et robotique	Développement de machines capables de remplacer l'humain, dans les tâches associées à la réflexion, et à la motricité fine
Nouvelles technologies des ordinateurs	Nouvelles architectures pour le matériel informatique, telles que l'informatique quantique, l'informatique biologique ou le traitement de réseaux neuronaux, ainsi que l'expansion novatrice des technologies informatiques actuelles
Réalités virtuelles	Interfaces entre humains et ordinateurs, impliquant des environnements immersifs, des affichages holographiques et des superpositions produites numériquement
Les impressions 3D	Progrès dans la fabrication additive, en utilisant une gamme élargie de matériaux et de méthodes ; les innovations comprennent la bio-impression 3D de tissus organiques
Matériaux avancés et nanomatériaux	Création de nouveaux matériaux et de nanostructures pour le développement de propriétés de matériaux bénéfiques, telles que l'efficacité thermoélectrique, la rétention des formes et de nouvelles fonctionnalités
Capteurs omniprésents	liés Aussi appelé « Internet des objets » (IoT) ; l'utilisation de capteurs en réseau pour connecter, suivre et gérer à distance les produits, les systèmes et les grilles
Géo ingénierie	Intervention technologique dans les systèmes planétaires, généralement pour atténuer les effets du changement climatique en éliminant le dioxyde de carbone ou en gérant le rayonnement solaire
Neuro-technologies	Médicaments intelligents, neuroimagerie et interfaces bioélectroniques qui permettent de lire, de communiquer et d'influencer les activités cérébrales
Biotechnologies	Innovations dans le génie génétique, le séquençage et la thérapeutique, ainsi que les interfaces biologiques informatiques et la biologie synthétique
Technologies spatiales	Développements permettant un accès et une exploration accrues de l'espace, y compris les microsattellites, les télescopes avancés, les fusées réutilisables et les moteurs à réaction intégrés.

Captage, stockage et transmission d'énergie	Percées dans l'efficacité des batteries et des piles à combustible ; énergie renouvelable grâce aux technologies solaires, éoliennes et marémotrices ; distribution d'énergie grâce au réseau intelligent
--	---

Source – D'après (Kim 2017), tiré du (WEF 2017)¹ ; traduit de l'anglais par l'auteure, 2023

Tout le monde n'a pas été convaincu par la théorie de la quatrième révolution présentée par Schwab lors du EWF. Selon J. Rifkin, l'auteur de « *The Third Industrial Revolution* », les technologies récentes mentionnées par le EWF ne sont que des extensions de la troisième révolution urbaine (Rifkin 2016). Ces technologies ne semblent pas provoquer des modifications profondes et notables qui pourraient engendrer une quatrième révolution citadine.

Autre contexte de l'évolution du phénomène urbain

Il est à noter que l'urbanisation a évolué à l'échelle mondiale en suivant des trajectoires propres à chaque société. Dans certaines entreprises, cette progression s'est faite rapidement, tandis que dans d'autres, elle a été lente. Par ailleurs, son apparition a eu lieu tôt dans certaines sociétés, tandis qu'elle s'est produite tardivement dans d'autres. Ces divergences sont déterminées par des éléments économiques, industriels, culturels, intellectuels, sociaux et historiques, qui ont contribué à façonner les contextes de l'urbanisation dans diverses régions du globe.

Les phases d'urbanisation mentionnées dans les sections précédentes sont propres au monde occidental dit développé et ne couvrent pas toutes les zones du globe. L'urbanisation a suivi un parcours complètement différent dans les pays en développement et émergents.

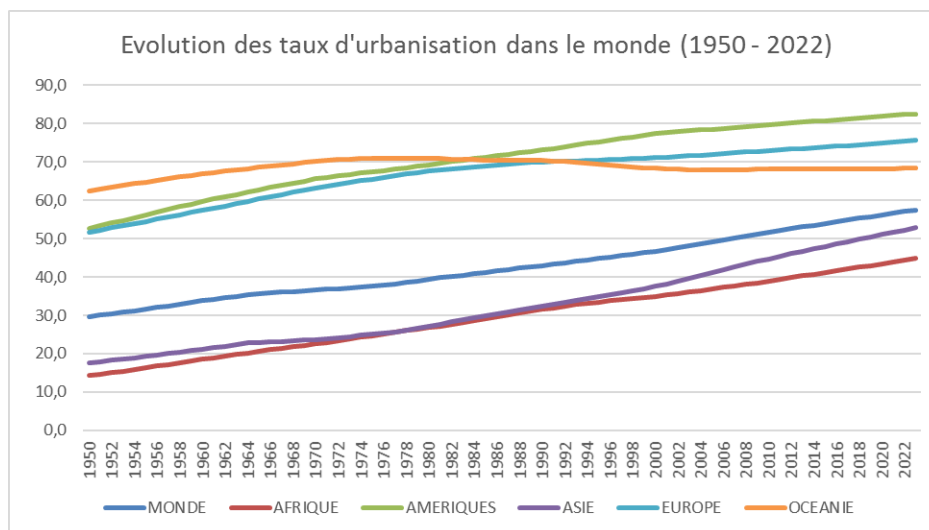
Le contexte urbain dans les pays en voie de développement est associé à divers défis. Bien que certaines d'entre elles aient connu l'urbanisation depuis les temps anciens, les sociétés urbaines ont toujours été en minorité et la progression de l'urbanisation a demeuré lente. L'urbanisation dans le tiers-monde a été relancée à partir de la seconde moitié du 20^e siècle, lorsque ces nations ont obtenu leur indépendance à la fin des années 1950. Depuis cette date, on observe une croissance spectaculaire des villes africaines, par exemple (Manirakiza 2015). De 1946 à 1980, les nations africaines et du tiers monde ont connu une quadruple augmentation de leur population urbaine, soit un taux de croissance annuel de 4,5%, comparativement à 2,4% pour les pays développés durant la période où l'urbanisation était à son apogée entre 1860 et 1900

¹ World Economic Forum

(Bairoch 1988). Cela reflète un processus d'urbanisation, par croissance démographique extrêmement rapide.

Dans ces pays, le redressement urbain est confronté à des défis principalement liés aux ressources économiques et industrielles qui n'ont pas réussi à suivre le rythme de l'urbanisation.

Graphique I.1.1 – Evolution du phénomène d'urbanisation dans les régions du monde



Source – D'après les données de (ONU-Habitat 2023)

Le haut niveau d'urbanisation est donc un trait commun aux pays développés, où le taux d'urbanisation a largement dépassé 50% bien avant 1950. Ce phénomène est particulièrement marqué dans les pays d'Océanie, notamment l'Australie et la Nouvelle-Zélande, avec un taux atteignant les 100%, comme nous pouvons le voir dans le graphique suivant (graphique.1). L'essor rapide de l'urbanisation dans les nations en développement est relativement récent et remonte aux années 1960, suite à l'obtention de leur indépendance politique. Elle découle d'une croissance démographique significative et de la pauvreté des zones rurales (André 2004), qui ont incité les populations à se déplacer vers les villes. Dans ces nations, une grande partie de la population prétendument urbaine réside en fait dans des taudis précaires et malsains, résultants d'initiatives individuelles spontanées et anarchiques. En réalité, cette urbanisation va au-delà de toutes les normes et limites établies par les instruments d'urbanisme et d'aménagement actuellement utilisés à travers le monde (Agharmiou 2013). Cependant, l'architecte britannique Turner (1976) propose que les bidonvilles pourraient constituer une réponse pour un logement décent aux individus les plus pauvres, s'ils sont associés à des aménagements appropriés (Turner 1976).

II.

LA VILLE COMME UN SYSTEME EN DYNAMIQUE PERMANENTE

L'espace urbain comprend des composantes physiques et abstraits, naturelles et humaines : des éléments spatiaux artificiels et naturels, ainsi que des aspects économiques et socio-culturels.

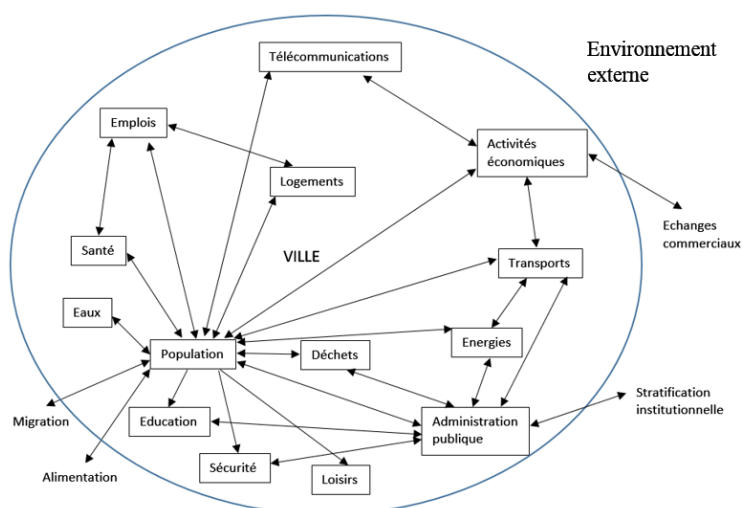
Tableau I.1.3 – Composants de l'espace urbain

Espace artificiel	Espace naturel	Fonctions socio-économiques
Cadre bâti : Immeubles, équipements construits, Cadre non bâti : espaces publics Infrastructures techniques : réseaux divers, éclairage public, stations d'épuration des eaux, centre d'enfouissement technique de déchets, chemins de fer.	Espaces verts naturels : forêts, flore non exotique ; Eaux : corridors rivulaires, côtes et littoraux ; Faune : oiseaux, poissons, insectes	Population : démographie, mode de vie, comportements individuels et collectifs. Activités : Primaires (agriculture), secondaires (industries), Tertiaires (services)

Source – Auteure, 2023

Ces éléments constitutifs établissent des interactions tant entre eux qu'avec l'environnement extérieur, tout en maintenant un équilibre global dans leur fonctionnement. Ils sont constamment en mouvement, ce qui confère à la ville son aspect dynamique, multidimensionnel et complexe (Lussault et Levy 2003). La ville, avec la complexité, la multiplicité et la dynamique de ses composants, est appropriée pour être envisagée comme un système.

Schéma I.1.2 – Interactions entre éléments urbains et environnement extérieur



Source – D'après (Edjossan – Sossou 2015)

II.1. Urbanisation et société : dualisme de représentation

L'accélération du mouvement urbain suscite à la fois des préoccupations et des espoirs (Damon 2009).

II.1.1. D'un premier point de vue ; la ville représente des idéaux suprêmes

L'une des motivations derrière la création des premières cités était une réaction rationnelle aux périls auxquels était confronté l'Homme vivant encore éparpillé dans la nature. La cité s'est instaurée en tant que réponse aux attaques extérieures auxquelles étaient confrontés les hommes. Des attaques provenant de leur environnement, telles que des animaux sauvages ou d'autres personnes hostiles. Son but était de fournir un refuge et de rassembler un grand nombre d'hommes en un même lieu, afin de renforcer leur capacité à résister au danger. Dans ce contexte, la ville représente un bastion de sécurité pour les sociétés. Elle s'oppose à la vie sauvage éparpillée, du fait qu'elle rassemble et parce qu'elle est dotée d'équipement. Dotée d'une muraille, d'un rempart délimitant ses frontières face à l'extérieur.

Le rempart est perçu comme l'élément crucial d'une cité, et ce jusqu'à l'époque médiévale. Lorsqu'un mur d'enceinte est plus solide et sophistiqué, une ville se trouve dans une situation de plus grande sécurité et résilience. En effet, dans plusieurs langues, le mot « ville » renvoie au mur d'enceinte et à ce qui constitue une protection pour la cité (Bourdeau-Lepage 2019).

Ces regroupements d'humains fortifiés et en sécurité se tournent vers la régulation interne. Dans un cadre urbain, la résolution des conflits se déroulait de façon civilisée et selon des règles établies et déterminées préalablement. C'est de cette manière que les premières instances politiques et judiciaires, ainsi que des lois, voient le jour. Par l'apparition de la réglementation, la ville devient un lieu où la rationalité des Hommes impose un ordre qui devient sa limite morale avec la nature, après sa limite physique du rempart (Bourdeau-Lepage 2019). Ces règles concernent tous les citoyens de la ville, créant ainsi un sentiment de justice associé à la vie urbaine. Ce qui contraste avec l'existence dans l'environnement naturel, perçue comme sauvage et cruelle, étant donné qu'elle échappait à toute maîtrise ou régulation. Grâce à ces principes de sécurité et de rationalité, la ville est considérée comme un espace supérieur à la nature, et qui domine cette dernière. En s'appuyant sur la ville, l'Homme a réussi à minimiser les impacts de la nature sur lui. Il a imposé sa propre logique et son raisonnement aux véritables lois naturelles qu'il n'a pas su transformer. Au fil du temps, les caractéristiques urbaines qui confèrent à la ville un avantage sur les milieux naturels se sont progressivement intensifiées et

perfectionnées. Par rapport aux environnements naturels, la ville voit l'émergence des premières occupations, des premières cultures, des doctrines et philosophies, ainsi que des études et sciences.

L'émergence de la pensée et l'évolution des différentes sciences ont toutes eu lieu au sein des cités. La ville qui a initié l'épanouissement des cultures est actuellement un centre de multiculturalisme, rassemblant des communautés internationales cohabitent dans un espace commun. Caractéristique des environnements urbains où différentes cultures coexistent et échangent mutuellement. Cette qualité rend la ville plus séduisante pour y vivre et moins monotone. Elle assure une animation continue entre les diverses cultures avec des interactions qui tendent à générer un citoyen cosmopolite standard pour toutes les villes.

La ville offre à ses résidents d'autres atouts tels que la domination financière et des conditions de travail optimales. Elle propose une chance de vie plus confortable et plus simple, sans impliquer de travail ardu. En milieu urbain, le travail est principalement intellectuel, et son impact peut largement transcender l'espace où il est effectué. Bien que ce travail intellectuel puisse paraître moins ardu que le travail manuel de la campagne, il demeure cependant le mieux rémunéré et gratifié. La ville offre un confort associé à l'habitat, à l'éducation, aux services administratifs, commerciaux, de transport, de divertissement, de communication et ainsi de suite. Pour ses résidents, elle représente un espace de bien-être économique et social ([Mardiansjah 2013](#)).

L'une des caractéristiques les plus passionnantes de l'urbanisation est l'évolution de la médecine et l'amélioration de la santé. La médecine a constamment évolué dans les environnements urbains, où se rassemblent chercheurs, scientifiques et médecins. Les villes, de plus, regroupent des ressources matérielles et financières qui favorisent l'essor de centres de recherche, d'hospices et d'hôpitaux. L'histoire urbaine et les villes contemporaines témoignent d'un progrès phénoménal dans le domaine médical.

II.1.2. Sous un autre angle de vision ; la ville est réprimante de l'Homme.

La ville incarne certaines nuisances qui affectent les sociétés ou les individus. La cité conçue pour garantir la sécurité de l'Homme et structurer la vie en société présente néanmoins des imperfections. L'émergence de la ville industrielle a commencé à révéler les imperfections de la ville. Cette image demeure longtemps dans divers lieux et cités à travers le monde. De nombreux problèmes demeurent non résolus et de nouveaux défis émergent.

Aujourd'hui, elle est à l'origine de nombreuses difficultés qui ne se trouvent que dans les milieux urbanisés. Si, comme nous l'avons souligné précédemment, la ville semble initialement destinée à garantir la sécurité de ses résidents, il est désormais évident que son rôle s'est inversé et se trouve en contradiction avec cette première impression (Chaline et Dubois-Maury 1994). La croissance remarquable des villes en termes de superficie et de nombre de population crée un environnement chaotique qui dépasse toute possibilité de contrôle. Cela favorise l'émergence de problèmes propres aux villes qui n'existaient pas auparavant.

L'aspect démographique soulève des questions concernant les modes de vie individuels et collectifs, les relations entre individus et communautés, ainsi que la fiabilité des lois et de l'organisation que la ville est supposée respecter. L'exode rural et la migration conduisent les individus à se regrouper dans les villes. Quand ce niveau de concentration est atteint, ces deux phénomènes engendrent des déséquilibres dans les sphères socio-économiques, environnementales, sécuritaires, sanitaires et politiques, entre autres. Des problèmes liés à la limitation d'accès à l'eau, à l'assainissement, à l'éducation, à l'énergie, au travail, aux services de santé, ou à l'insécurité persistent dans le milieu urbain.

L'incapacité à accueillir dignement ces nombreux nouveaux arrivants, compte tenu de leur provenance rurale, a en quelque sorte contribué à la ruralisation de ces villes d'accueil et entraîné leur transformation en bidonvilles. Cela est particulièrement vrai dans les zones urbaines défavorisées des pays en développement en Afrique, en Asie ou en Amérique centrale et du Sud (ONU-Habitat 2018) où divers services n'ont pas réussi à suivre l'expansion rapide de la population. Afin de contrer l'exode rural, ces pays ont choisi de se concentrer sur la construction à grande échelle de logements, sans que d'autres domaines ne bénéficient du même niveau d'engagement et de promptitude. Les débouchés professionnels sont restreints et les villes manquent d'équipements, d'infrastructures fondamentales et de toutes les commodités indispensables à la vie urbaine. Dans ces villes, l'assainissement n'est que partiel, tout comme les réseaux d'AEP, d'électricité, de gaz, etc. Les services publics liés aux soins ou à l'éducation souffrent d'une pénurie et font face à une surcharge. La production de logements peine à suivre le rythme de l'accroissement démographique, ce qui entraîne une surpopulation de certains logements et l'émergence de bidonvilles dans les zones urbaines et périphéries. Selon les rapports des Nations unies (2018), plus d'un habitant urbain sur sept réside dans un bidonville à travers le monde, principalement en Asie et en Afrique (ONU-Habitat 2018).

De plus, il est bien connu que la croissance démographique naturelle en milieu urbain est souvent lente et restreinte. Les chercheurs ont établi un lien entre la reproduction

démographique et le niveau socio-économique ainsi que l'intellectuel. La vie urbaine repose sur le travail intellectuel et l'excès de consommation. Ces deux éléments contribuent à la baisse de la fertilité humaine en raison du désir d'ascendance sociale et de l'appétence pour le luxe (Landry 1936) parmi les habitants des villes. C'est ainsi que Guillaume (1985) désigne la ville comme responsable de cette diminution excessive des naissances naturelles (Guillaume 1985).

L'urbanisation est également une cause de la rupture des liens sociaux (Johnson 2001). C'est au sein de la ville que la famille traditionnelle se dissipe et que les attaches sociales se détériorent. Cela a conduit à l'émergence d'orphelinats, de sans-abri, de la prostitution et à l'isolement des personnes âgées. Une fois de plus, Guillaume (1985) voit la ville comme responsable de l'augmentation des naissances hors famille (Guillaume 1985).

La pauvreté chez les communautés les plus vulnérables est entre autres, le résultat de l'accumulation d'injustices et de l'exclusion. La pauvreté, aggravée par des migrations anarchiques et des discriminations, constitue l'un des principaux enjeux auxquels sont confrontées les villes contemporaines. Ce phénomène affecte fréquemment les villes des pays en développement où l'expansion démographique rapide n'est pas accompagnée d'une croissance économique et industrielle adéquate, comme indiqué. D'autre part, il concerne les communautés vulnérables et minoritaires dans les pays développés. Qui sont généralement celles qui s'établissent tardivement en milieu urbain. Des problèmes sociaux tels que la dépendance ou le crime, ainsi que des troubles et violences sociales découlent de la pauvreté.

L'évolution rapide et incontrôlée des villes donne lieu à des inégalités, de l'injustice et de l'exclusion sociale. La spécialisation des espaces urbains peut aussi entraîner une ségrégation sociale (Charmes 2005). La ségrégation touche principalement les catégories les plus vulnérables de la société, les pauvres ou les minorités culturelles, ethniques, religieuses, les enfants, les femmes, les handicapés. D'où la classification de la société au sein de la même ville en classes sociales, communautaires, ethniques ou religieuses. Ce phénomène peut provoquer plusieurs autres problématiques comme le taux de la criminalité élevé et les excès de violences, ou encore les difficultés socio-économiques et la pauvreté.

Ces problèmes qui surgissent en milieu urbain entraînent une diminution de l'éthique et des valeurs morales, une érosion de l'enseignement religieux, ou encore l'effacement des cultures originelles des peuples.

Les villes regroupent plusieurs cultures mais finissent par les assimiler toutes dans une nouvelle culture urbaine. L'élimination des cultures primaires est défavorable si l'on considère la diversité et l'abondance culturelle mondiale. Une disparition qui englobe la perte de savoirs ancestraux utiles d'un point de vue écologique, en guise d'illustration.

L'émergence de pathologies propres aux zones urbaines. La détérioration de la santé physique, par exemple, les cancers provoqués par des méthodes de production et de consommation non biologiques. L'hypertension et les affections cardiaques sont des conséquences des tensions liées à l'abondance de stimulants urbains. Les décès violents dus à des accidents de circulation, ou des accidents professionnels, et la liste continue de s'allonger. Les soucis liés aux allergies et aux troubles respiratoires, associés à une mauvaise hygiène, et provoqués par différentes pollutions. D'après une étude de Lapoix (1991), la pollution sonore est responsable de 80% des migraines, 52% de troubles de mémoire et 50% de troubles de caractère (Lapoix 1991). Les troubles psychiques et mentaux, tels que le stress et l'anxiété, sont induits par la carence de nature en milieu urbain. Ces exemples représentent tous des maladies propres à la ville.

Dans le même contexte, l'urbanisation a un impact sur la psychologie humaine, modifiant les comportements en fonction de l'environnement physique et humain qui les entoure (Goffman 1973). Les individus vivant à proximité d'environnements naturels montrent moins de méfiance, sont plus ouverts, plus empathiques et affichent une meilleure humeur. Ceux qui résident dans des environnements artificiels sont l'antithèse de ce qui a précédé. En toute connaissance de cause, l'Homme développe une sensibilité écologique, qui se manifeste par une conscience environnementale poussant à l'intégration de la nature en milieu urbain.

En effet, la ville regroupe tous les maux imaginables. Elle perd de sa moralité et de ses principes intellectuels, pourtant nés en elle. Elle est lieu d'insalubrité environnementale, de misère socio-économique et d'anarchie spatiale. Beaucoup d'auteurs ont souligné les tourments qui s'établissent en milieux urbains. Depuis 1762, Rousseau écrivait déjà :

« Les villes sont le gouffre de l'espèce humaine. Au bout de quelques générations, les races périssent ou dégénèrent » (Rousseau 1762).

En revanche, la campagne est perçue comme étant salubre, saine, paisible et propice au repos. C'est ce qui explique le phénomène où les personnes riches et de la bourgeoisie choisissent de fuir les centres urbains pour s'établir en périphérie, voire à la campagne. Ce phénomène engendre l'étalement urbain qui à son tour génère d'autres irrégularités territoriales et urbaines, que nous allons examiner dans ce qui suit.

II.2. Urbanisation et territoires : de la ville à l'urbain

Ici, le territoire se réfère à l'appropriation de l'espace vécu, qui est soumis à une autorité politique et judiciaire (Paus 2001). Il s'agit du fondement matériel qui accueille les interventions humaines et l'élaboration des cités. Il représente également diverses interprétations humaines de l'espace.

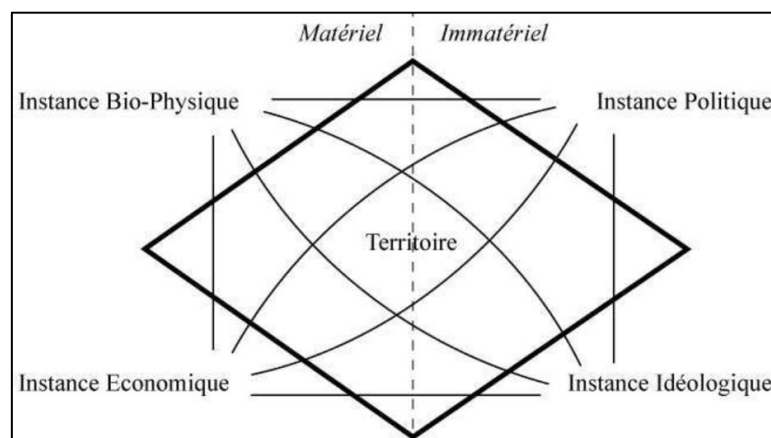
Di Méo fournit une définition plus claire et décrit le territoire comme la façon dont on s'approprie moralement ou physiquement l'espace (Di Méo 1996). De la même manière, Raffestin le présente comme l'espace auquel les humains confèrent un sens par leurs actions (Raffestin 1986). Il est un support pour (Bonnemaison, Lasseur et Thibault 2000).

La définition de Raffestin, 1981 illustre le territoire avec l'équation suivante :

$T = A r E$ (Raffestin 1986). Où : T : territoire ; A : acteurs du territoire ; E : l'espace physique ; r : les systèmes d'action.

Ainsi, l'idée de territoire implique la présence d'un espace physique et des intervenants qui y œuvrent à travers des mécanismes d'action. Ces derniers peuvent être des actions sociales, économiques et politiques destinées à administrer, structurer et habiter l'espace. Le système social est celui qui établit les concepts, les standards et les idéologies qui contrôlent le territoire. Le système politique se présente comme le régulateur des relations sociales, déterminant les résolutions concernant la gestion de l'espace. Enfin, le système économique englobe toutes les activités liées à la production, au transport et à la distribution de biens et services.

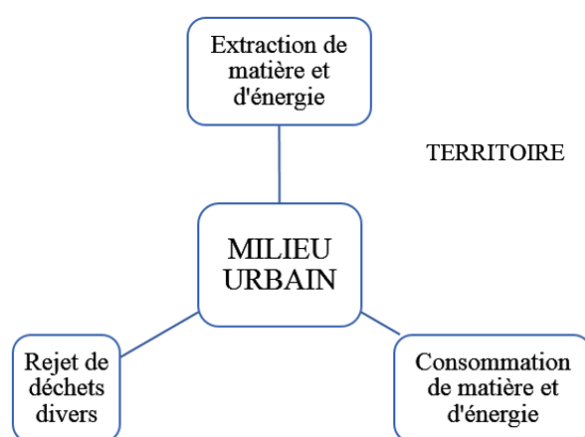
Schéma I.1.3 – Les systèmes d'un territoire



Source – D'après (Di Méo 2005)

L'étude des liens entre le territoire et l'action urbaine revient à étudier les ressources et les flux de matières et d'énergies. Ces flux suivent un processus basé sur une logique : d'extraction, de consommation et de rejet. Par conséquent, les territoires remplissent trois rôles : ils sont des zones d'extraction de ressources et d'énergies, de transformation et d'exploitation de ces ressources et énergies, ainsi que des sites destinés à recevoir les déchets résultant de ces ressources et énergies.

Schéma I.1.4 – Liens entre l'espace urbain et son territoire



Source – Auteure, 2023

L'urbanisation influence les territoires en causant l'artificialisation des espaces et une consommation démesurée de ressources peu ou pas renouvelables, qu'elles soient animales, végétales, minérales ou fossiles. Elle est également responsable des émissions de matières extraites et utilisées qui deviennent des déchets. Qu'il s'agisse de maintenir la même forme ou de passer d'une forme physico-chimique à une autre.

Le phénomène principal par lequel ces actions urbaines sont effectuées sur le territoire est l'étalement urbain. Décrite par plusieurs termes tels que : ville éparpillée (Bauer et Roux 1976), périurbanisation (Newman et Kenworthy 1999), ville étalée (Bochet, Gay et Pini 2004), ville éclatée (Berger et Nouhaud 2004), ou encore, ville émietée (Charmes 2011), elle désigne l'expansion de la ville au-delà de ses frontières géographiques pour s'implanter sur les terrains limitrophes ou plus ou moins adjacents, souvent des terres agricoles productives. C'est pour cette raison que Huriot et Bourdeau-Lepage le décrivent comme étant « *la diffusion de l'urbain dans le rural* » (Bourdeau-Lepage et Huriot 2009).

L'étalement est un des principaux phénomènes du 20^e siècle. Il fut provoqué par les citadins qui fuyaient les désagréments de la ville pour rechercher la nature et ses vertus. Un cercle vicieux s'installe où les gens qui fuient la ville, emmènent la ville avec eux dans la nature et

les terres agricoles, qu'ils exploitent et artificialisent. L'étalement urbain ne se limite pas à un développement physique de la ville, elle inclut également une croissance de la population urbaine et des changements dans sa distribution sur les territoires (Antoni 2010). Lorsque l'expansion d'une ville se produit, les résidents délaissent le centre-ville pour s'établir dans les zones périphériques, au-delà du périmètre initial de la ville. Le processus s'initie par des actions dispersées dans l'espace, tels que des résidences de campagne. Par la suite, des activités industrielles et des services sont transférés des centres urbains vers les zones périphériques (Mora 2008). Au fil du temps, ces interventions deviennent de plus en plus fréquentes, conduisant à une transformation extensive des espaces naturels ou agricoles.

L'expansion urbaine engendre des désagréments concernant la qualité de vie humaine et celle des composantes naturelles telles que les sols, l'eau et la biodiversité. Il évoque également d'autres problèmes liés au territoire tels que la détérioration de l'environnement et le gaspillage de ressources naturelles, l'épuisement des réserves foncières, la réduction de l'agriculture due à l'occupation de ses terres (Vanier 2008). Il entraîne la dénudation des terrains en vue de les aménager pour l'urbanisation en supprimant les éléments végétaux et les zones humides, en rendant les sols imperméables ou en amplifiant la chaleur des lieux. Toujours en termes d'espace, l'étalement entraîne une dégradation de la qualité esthétique des lieux lorsqu'il est anarchique. En plus de cela, l'expansion de la ville entraîne des trajets prolongés, ce qui conduit à une augmentation de la consommation d'énergie (Newman et Kenworthy 1999). Une énergie généralement fossile, qui émet des gaz à effet de serre. L'émission de gaz polluants est plus élevée lorsque la ville s'étale. L'étalement est aussi un fait économique, où nombre d'entreprises s'installent dans des régions de campagne et attirent d'autres activités ainsi que d'autres habitants. Ainsi, des contaminations du sol, de l'air et de l'eau, dues à l'accumulation de déchets solides, liquides et gazeux, se produisent à l'intérieur des zones urbaines ainsi qu'à leur périphérie. La portée de ces effets, considérés comme insignifiants à l'échelle mondiale, est perceptible et problématique à des niveaux locaux (Gubry 1996). Particulièrement, quand des terres agricoles d'une grande fertilité sont détériorées (IDEM).

Face à cette situation et dans le but de réduire au minimum les incidences de ce phénomène, diverses initiatives voient le jour, principalement dans les grandes métropoles. L'étalement provoque une résistance orchestrée par des intervenants urbains (Potier 2007) et des militants écologiques. Organisés au sein de groupes ; des militants écologistes et environnementaux tentent de contrer l'étalement urbain par des initiatives visant à revitaliser la nature en milieu urbain. De nombreux exemples l'illustrent : les toits et murs verts, les espaces écologiques et

aquatiques, l'agriculture urbaine, l'essor des théories du développement durable et de l'économie circulaire ou la sauvegarde de la biodiversité animale et végétale.

Dans ce cadre, la campagne ou le milieu rural n'est plus perçu comme un lieu d'approvisionnement en matières premières agricoles, mais plutôt comme un lieu offrant une vie de qualité. On fait ainsi la transition de la notion de « *campagne ressource* » à celle de « *campagne cadre de vie* » (Perrier-Cornet 2001). Tout comme pour la nature en général où une prise de conscience de sa valeur est en train de se développer chez les experts ainsi que chez les profanes.

II.3. Urbanisation et nature : des dérives aux conséquences parfois irréversibles

Nous entendons par nature l'ensemble des espèces minérales, végétales et animales qui n'ont pas été modifiées par l'homme (Bourdeau-Lepage 2019), ainsi que la qualité environnementale, la sauvegarde des lieux biosphériques et les potentialités écologiques (Sénecal 1996).

Les processus urbains et naturels coexistent de façon interalliée et entrent en collision lors des actions humaines sur les espaces (Hough 1984). L'environnement intra-urbain et extra-urbain influencent l'urbanisation, tandis que l'urbanisation a un impact sur l'environnement à la fois proche et éloigné. Ces interactions sont bidirectionnelles.

L'influence de l'environnement sur l'urbain est confirmé par Matsuora et Kaplan (2008), lors d'analyse d'une dizaine d'articles publiés dans "*Landscape and Urban Planning*" entre 1991 et 2006. Ils sont arrivés à la conclusion que tous les travaux confirment le rôle positif de la nature. Que la nature soit à l'intérieur ou à l'extérieur de l'espace urbain. Elle a de nombreuses répercussions sur les environnements urbains (Matsuora et Kaplan 2008).

D'abord, de nombreuses villes voient le jour en raison de leur position géographique (Gubry 1996). C'est l'environnement naturel qui détermine l'emplacement d'une ville ou les directions de son développement. Par ailleurs, la configuration du terrain a un impact sur l'exposition de la ville aux dangers naturels ; un sol accidenté est souvent associé à des glissements de terrain, tandis qu'un sol plat favorise les inondations. D'un point de vue technique, certaines normes de planification urbaine et de construction des bâtiments sont également dictées par l'environnement naturel. À titre d'exemple, nous citons, l'adaptation des villes aux climats.

Dans les déserts, les rues et les maisons sont interposées de manière à diminuer les températures en ville. Le cas des villes du Moyen Âge en Afrique du Nord peut servir d'exemple. Dans les zones tropicales, ce sont les maisons qui sont surélevées pour diminuer les risques d'inondations. L'adaptation des constructions aux tremblements de terre ou aux marées des littoraux est un autre exemple significatif.

En plus de cela et de façon générale, la nature embellit l'esthétique tout en adoucissant le climat urbain. Elle joue un rôle socio-économique en développant les activités de services et de loisirs. Elle fonctionne comme un instrument thérapeutique réduisant le stress et l'anxiété tout en encourageant la relaxation et le repos. Sur ce point, Ulrich (1984) défend l'idée qu'il existe un lien significatif entre le temps de rétablissement d'un patient et sa capacité à contempler la nature pendant sa convalescence (Ulrich 1984). Certains mettent l'accent sur l'importance pour les salles de classe d'avoir une vue sur la nature pour aider à résoudre les problèmes de comportement hyperactif chez les enfants (Kuo et Faber Taylor 2004).

Tableau I.1.4 – Effets des éléments de la nature sur l'être humain

Elément naturel	Ses effets
Végétations	
Par leur présence et leur proximité (arbres, plantes, espaces verts...)	Diminue le stress et la fatigue mentale. Améliore l'état de santé. Diminue le sentiment de solitude et augmente les contacts sociaux. Favorise les rassemblements et les fonctions récréatives. Augmente le niveau de bien-être. Réduit le niveau de la criminalité. Diminue l'effet de l'îlot de chaleur urbain, protège la biodiversité et régule les eaux de pluies. Réduit les pollutions atmosphériques. Préviend l'érosion des sols.
Par leur contact (jardinage, promenade...)	Diminue la fatigue mentale. Accroît la productivité et réduit le stress. Augmente le bien-être physique et psychologique. Améliore les relations sociales. Favorise la prévenance envers autrui.
Par leur vue (extérieure, intérieure)	Accélère la convalescence. Réduit l'hyperactivité et augmente la concentration. Favorise la détente et diminue l'anxiété. Augmente la prise en considération d'autrui.
Eaux	
Par leur présence	Diminue l'effet de l'îlot de chaleur en ville ; utilisée à des fins domestiques, industrielles, commerciales ; maintien de la flore et de la faune ; fonction écologique ; assure des fonctions touristiques, de loisir et patrimoniales ; améliore la valeur esthétique de la ville
Par leur vue (promenade, ...)	Diminue le stress et l'anxiété ; diminue le trouble d'hyperactivité ; favorise les relations sociales ;
Par leur contact (natation, ...)	Assure des fonctions touristiques, de loisir et bien-être ;
Autres éléments naturels (soleil, son, température, vent...)	

L'ensoleillement favorise l'altruisme et les relations sociales. Un niveau sonore désagréable/élevé diminue l'aide à autrui et nos interactions sociales. Le calme, un niveau sonore ambiant agréable favorise nos relations sociales et notre intérêt pour autrui. Les sons naturels réduisent l'anxiété.

Source – D'après (Bourdeau-Lepage 2019) ; modifié et complété par l'auteure, 2023

En revanche, l'urbanisation transforme les espaces naturels minéraux et biologiques en zones urbaines artificielles, ce qui signifie que des terres agricoles productives, des forêts et des régions humides regorgeant de biodiversité sont modifiées. L'opération d'artificialisation est réalisée grâce à diverses activités, comme illustré dans le tableau ci-dessous (tab.5). Ces actions peuvent entraîner des conséquences défavorables pour l'environnement, en raison des processus accélérés et non naturelles mises en œuvre pour leur réalisation.

Tableau I.1.5 – Activités pouvant produire des effets sur les milieux

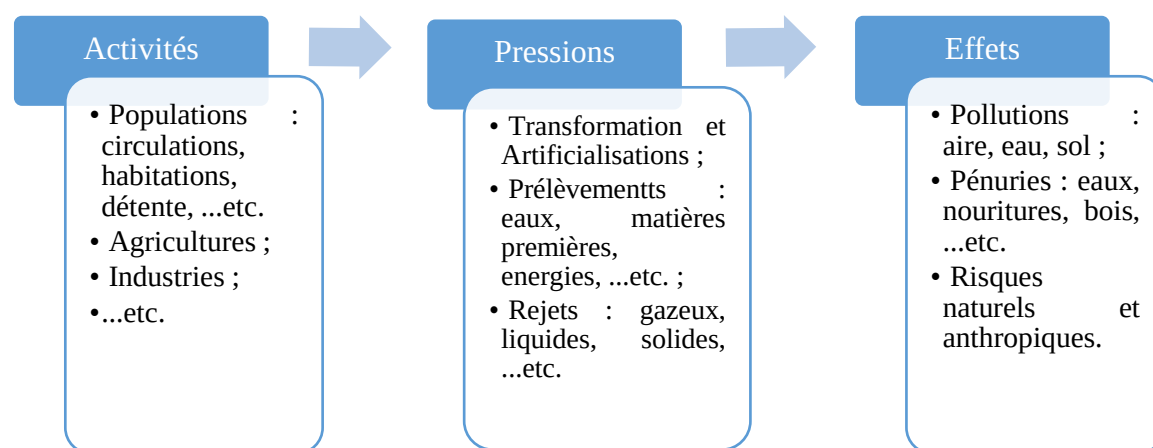
Domaine d'activité	Exemples
Utilisation et transformation des sols	Milieu urbain, industriel, agricole ; aéroports, transports, lignes de communication ; installations en mer.
Exploitation des ressources	Forage ; industrie minière, dynamitage ; exploitation forestière ; pêche et chasse commerciales.
Renouvellement des ressources	Reboisement ; traitement de la faune, amendement du sol ; recyclage des déchets ; lutte contre les inondations.
Procédés agricoles	Agriculture ; élevage ; industrie laitière ; cultures fourragères ; irrigation.
Procédés industriels	Forges et aciéries ; industrie pétrochimique ; fonderies ; usines de pâtes et papiers.
Moyens de transport	Chemins de fer ; avions ; automobiles, camions ; navigation ; oléoducs.
Énergie	Lacs artificiels ; barrages ; centrales au mazout, au charbon et centrales atomiques.
Éliminations des déchets et épuration de l'eau	Immersion en mer ; enfouissement ; contaminants et substances toxiques ; emmagasinement souterrain ; émanations biologiques.
Répressions chimiques :	Lutte contre les insectes (pesticides) ; destruction des mauvaises herbes (herbicides).
Activités récréatives :	Chasses autorisées ; parcs ; centres de villégiature ; véhicules tout terrain.

Source – D'après (Peña et Sanguin 1986)

Les impacts de l'urbanisation sur le plan environnemental sont nombreux et plus significatifs à long et à moyen terme.

Le schéma (schéma.5) illustre le mécanisme d'intervention de l'urbanisation sur l'environnement. Comme nous pouvons le constater, les activités engendrent des tensions sur l'environnement qui, à leur tour, entraînent des répercussions.

Schéma I.1.5 – Actions de l'urbanisation sur l'environnement



Source – Auteure, 2023

✚ Dans ce qui suit, nous mettons la lumière sur certains des principaux effets de l'urbanisation sur la nature.

II.3.1. L'imperméabilisation des sols

L'imperméabilisation des sols est un phénomène urbain créé en recouvrant artificiellement le sol naturel avec des matériaux imperméables tels que l'asphalte ou le béton. L'imperméabilisation est une cause majeure de dégradation des terres et contribue aux catastrophes naturelles telles que les inondations, les glissements de terrain, les pénuries d'eau, le réchauffement climatique et la pauvreté écologique.

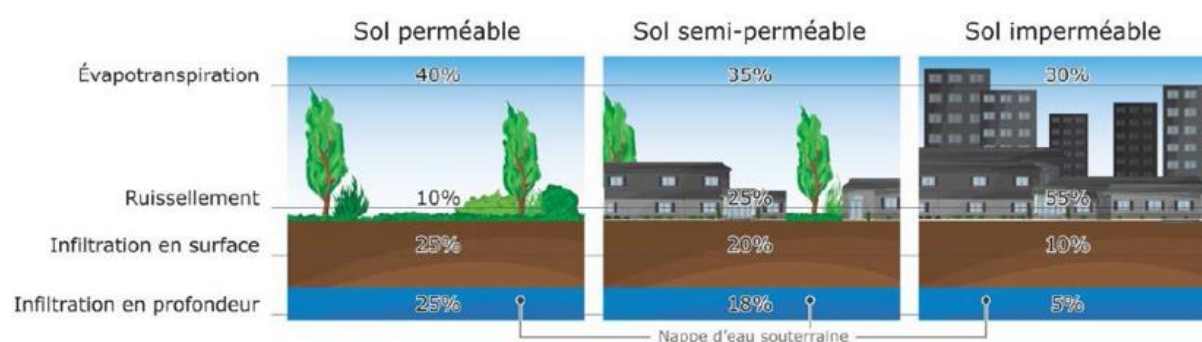
En empêchant l'eau de s'infiltrer dans le sol, les débits des rivières et des réseaux d'égouts sont considérablement augmentés. Un exemple est la rivière Saint-Charles au Québec, où l'imperméabilisation des sols a augmenté le débit de 0,03 m³/s pour atteindre 93,5 m³/s, selon un rapport de la ville de Québec² (AGRCQ 2016).

L'excès d'eau des sols imperméables se déplace à travers les zones urbaines par le biais du ruissellement. Le phénomène augmente de 45% en milieu urbain. Voir (fig.3). Ce phénomène s'accroît avec les fortes précipitations, notamment dans les pays au climat humide.

² AGRCQ : Association des Gestionnaires Régionaux des Cours d'eau du Québec

L'augmentation du débit des eaux de surface entraîne une surcharge des réseaux d'assainissement et des débordements des cours d'eau. Le phénomène de ruissellement s'accroît à mesure que la quantité et la vitesse de l'eau augmentent. Il suit également des risques d'inondation, encore plus dangereux dans les espaces les plus imperméables et à fort volume de ruissellement (Leopold 1968). Il en va de même pour l'érosion des sols et la perte de terres (Leopold 1968).

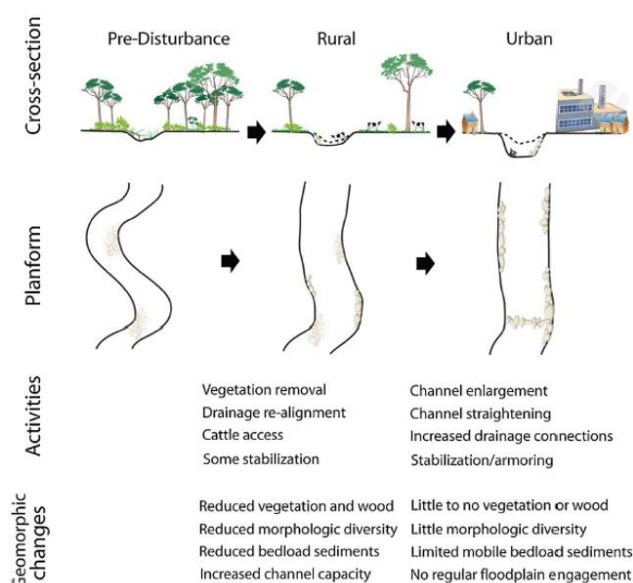
Figure I.1.1 – Impacts de l'imperméabilisation des sols sur les eaux urbaines



Source – D'après (AGRCQ 2016)

L'imperméabilisation des sols modifie le cycle naturel des eaux, qui n'ont plus le même débit, la même vitesse ou le même cheminement. Les eaux de ruissellement donnent lieu à la modification morphologique du chenal du cours d'eau, qui devient moins sinueux que de nature. Sur le plan écologique, cette modification est la première cause de l'appauvrissement et de la modification écologiques.

Figure I.1.2 – Impacts de l'urbanisation sur le chenal d'un cours d'eau



Source – D'après (Vietz, Walsh et Fletcher 2016)

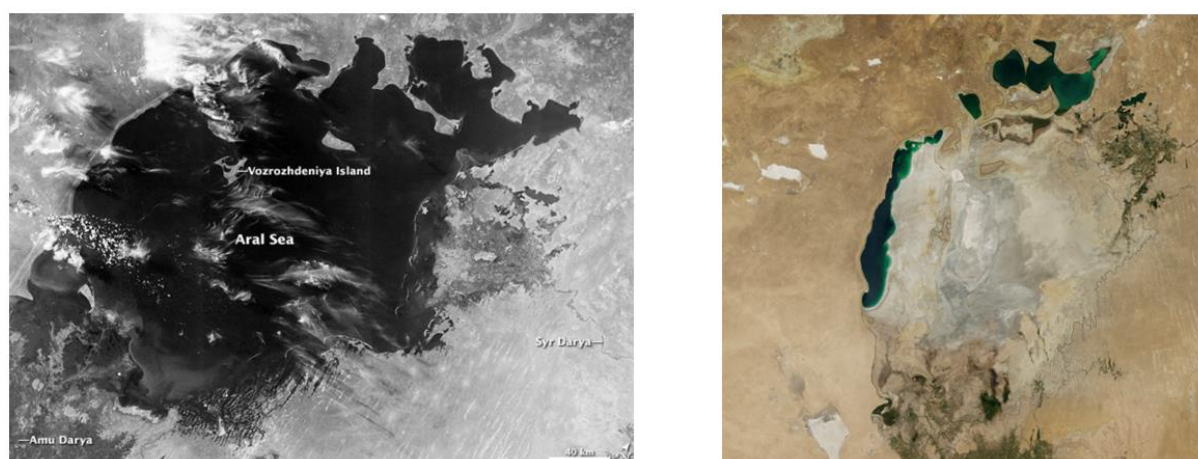
Le cycle naturel de l'eau est modifié par l'imperméabilisation et d'autres activités tels que le drainage, le dénudement du sol et l'aménagement des éléments tampons : haies, berges, étangs. Sachant que la suppression ou toute modification apportée au système d'eau risque d'effacer la source d'eau ou de réduire son débit.

II.3.2. La pénurie des eaux

À mesure que les niveaux des eaux de surface augmentent par l'imperméabilisation des sols, les eaux souterraines diminuent par limitation de l'infiltration et de la recharge des nappes phréatiques. Celles-ci finiront par disparaître, avec de graves conséquences sur la vie humaine et la qualité de l'environnement.

Depuis 1900, 50% des zones humides de la planète ont disparu, alors que le rapport des nations unies (UN-Water 2018) suggère que ce seuil se situe à environ 64% ou 71% des zones humides disparues à cause de l'activité humaine. La perte est de 87% depuis 1700 (Davidson 2014). La qualité de l'eau restante laisse beaucoup à désirer, avec 2 millions de tonnes de déchets rejetés chaque année dans les eaux du monde (Chocat 2013). Les zones humides touchées sont situées à l'intérieur ou à proximité des villes.

Figure I.1.3 – Images satellitaires montrant la disparition de la mer d'Aral : à gauche en 1964, à droite en 2014



Source – <https://earthobservatory.nasa.gov>, consulté le 24/08/2022

Les exemples de disparition de la mer d'Aral et du lac Tchad après exposition à des interventions (Gurby 1996) confortent les théories concernant la gravité des changements anthropiques sur les eaux. La mer d'Aral, formée par la confluence de deux fleuves, le Syr-Daria et l'Amou-Daria, est la quatrième plus grande mer du monde en termes de superficie,

occupant un bassin de 690 000 km² de superficie en 1964. À la suite du détournement d'eau, la mer a perdu près de 90% de sa superficie (<https://earthobservatory.nasa.gov>)³. Le lac *Tchad* qui avait une superficie de 25 000 km² en 1960, perd presque 90% de sa superficie et fait désormais moins de 2 000 km² (Pham-Duc et al. 2020).

Depuis les 30 dernières années, le réchauffement climatique devient la première cause de la disparition des zones humides, urbaines et non urbaines. Le réchauffement étant une des principales conséquences des interventions urbaines sur la nature.

II.3.3. L'effet d'îlot de chaleur urbain

Dans les zones urbaines où le cycle de l'eau est altéré, les activités sont concentrées et les émissions de gaz accumulées, leurs microclimats connaissent un réchauffement. C'est ce que nous appelons : l'effet d'îlot de chaleur urbain. La définition de l'effet de l'îlot de chaleur urbain (ICU) peut se donner par l'augmentation de la température au centre-ville par rapport à la périphérie urbaine et à l'environnement rural et naturel.

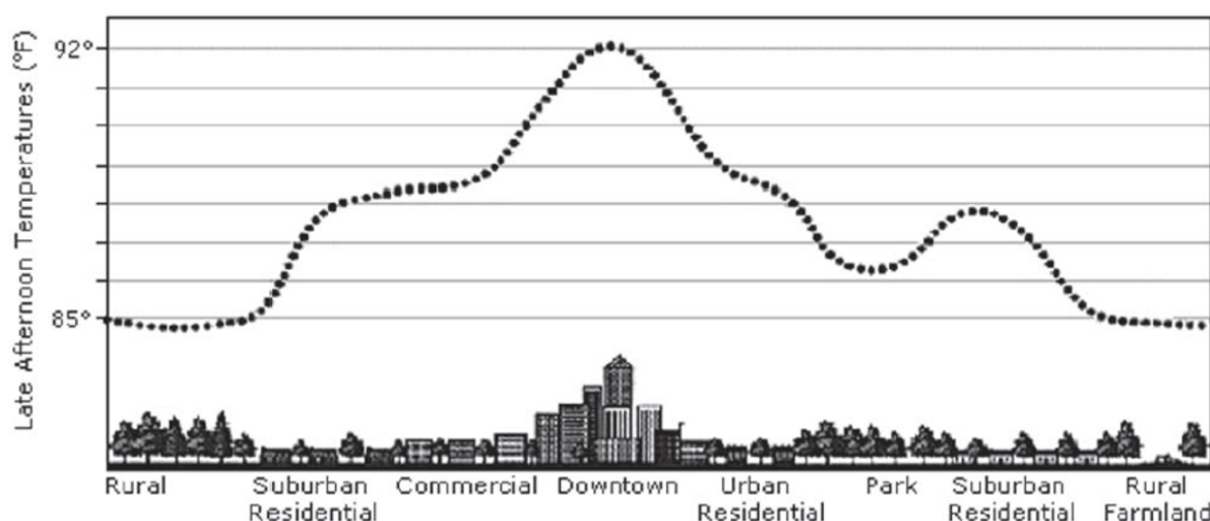
Les sols urbains sont constitués de matériaux dont les caractéristiques géothermiques sont différentes de celles des sols naturels (Pickett et al. 2001). Ces matériaux synthétiques imperméables et dénudés, absorbent plus de radiations solaires et donc plus de chaleur. Dans l'absence de l'évapotranspiration des sols naturels et des végétations, les sols artificiels concentrent la chaleur pendant des périodes plus longues. En conséquence, les températures sont élevées de jour comme de nuit. Plus il y a de surfaces artificielles, plus la chaleur s'accumule et est difficile à dissiper, augmentant ainsi les températures ambiantes. Le graphique suivant ([graphique.1](#)) résume ce phénomène. Ajouté à ça, ces villes dépourvues de techniques de planification urbaine permettant l'aération naturelle par le vent concentrent d'autres sources de chaleur autres que le soleil.

Les différentes activités urbaines comme le transport mécanique ; les activités agricoles ; les installations industrielles ainsi que le chauffage et la ventilation des bâtiments contribuent à l'augmentation des températures en ville. Par un enchaînement logique, comme les moyens humains de produire et de consommer de l'énergie non propre sont concentrés dans les villes, les zones urbaines deviennent automatiquement des îlots de chaleur.

³ Consulté le : 24/08/2022

Depuis le début de la révolution industrielle, les activités anthropiques sont une source de gaz comme : le dioxyde de carbone CO_2 , le monoxyde de carbone, le méthane et le protoxyde d'azote. Selon l'AIE⁴, 1998 ; le trafic mécanique constituait en 1998, un taux de 24% de la production du CO_2 , dans le monde, et aux USA, cette proportion s'élevait à 32% (AIE 1998). Etant sur-concentrés dans des environnements restreints et imperméables, ils augmentent les températures de ces derniers, et provoquent des ilots de chaleur urbains. A cause de ces gaz, les températures enregistrées dans les zones urbaines sont toujours plus élevées qu'en dehors des villes (Collins et al. 2000). En étudiant les températures de la ville de Shanghai, Escourrou (1991) a constaté que les températures augmentaient de 5 °C au centre de l'agglomération, par rapport à ses périphéries, moins urbanisées (Escourrou 1991).

Graphique I.1.2 – Effet d'îlot de chaleur urbain



Source – D'après (Klinenberg 2003)

Les effets du réchauffement anthropique provoqué au niveau local par chaque ville s'étendent au-delà de leur espace géographique d'origine, provoquant le réchauffement climatique tel que nous le connaissons aujourd'hui (Pinson 2004). A une plus grande échelle que celle des villes, ces gaz à effet de serre sont responsables en majeure partie du réchauffement climatique que connaisse notre époque (Adams et Klobodu 2017). A ce jour, les problèmes climatiques restent de loin les plus graves causés par l'urbanisation. Le réchauffement climatique est à la source d'un autre phénomène naturel tout aussi grave : les changements climatiques. Il s'aperçoit par les modifications des saisons, les événements météorologiques extrêmes comme les vagues de

⁴ Association Internationale pour l'Environnement

chaleur et de froid. Des concentrations excessives de ces gaz toxiques entraînent également une détérioration de la qualité de l'environnement, notamment du sol, de l'air et de l'eau.

À l'image des actions d'imperméabilisation, ces activités urbaines induites accélèrent le transport des sédiments et augmentent leur volume. Ces derniers provoquent des pollutions locales et diffuses.

II.3.4. Les pollutions diverses

La civilisation humaine moderne, caractérisée par un mode de vie consumériste, a généré des déchets de tous types et de toutes natures. À partir de la révolution industrielle, les sociétés ont connu des bouleversements dans les modes de consommation et les activités humaines jusque-là rudimentaires et produisant peu de déchets, principalement des déchets organiques et biodégradables. Pour donner un aperçu du double dynamique urbaine de consommation et de rejet, à notre époque, une étude d'Athanassiadis (2010) sur la ville de Bruxelles, conclut à l'influence de celle-ci sur les ressources naturelles et sur le rejet des déchets. La capacité d'exploitation du milieu environnant est de 408 fois la surface de la ville (Athanassiadis et Carette 2010). Dans les deux cas, la ville dépasse ses limites physiques pour exploiter massivement les espaces environnants.

La quantité de déchets solides générée chaque année par les villes du monde entier est de 2,01 milliards de tonnes/an (Banque Mondiale 2021) et 70 tonnes de déchets sont générés chaque seconde et les chiffres montrent une tendance à la hausse (Banque Mondiale 2021).

Leur nature et composition physico-chimique et biologique dépendent de l'activité elle-même, des matières premières et des procédés utilisés pour accomplir l'activité souhaitée. L'utilisation de pesticides dans l'agriculture, de produits chimiques dans l'industrie, d'emballages en papier ou en plastique, de divers matériaux de construction, de moyens de transport mécaniques, d'extraction de matières premières métalliques, minérales et fossiles sont toutes des activités qui génèrent des déchets qui s'accumulent dans le sol, les eaux et les airs.

Pendant des décennies, les déchets solides et liquides rejetés en dehors des établissements humains ont causé des problèmes d'hygiène pour la société humaine et pour l'environnement naturel. Quant aux déchets gazeux, leurs dangers ne sont connus qu'avec la découverte des gaz à effet de serre, révélés à des périodes plus récentes après l'apparition des perturbations climatiques, le trou dans la couche d'ozone, les pollutions hydriques et de l'air, et les maladies

qui s'en suivent. Ajouté aux menaces sur la diversité écologique de disparition faunique et floristique, et de la disparition des ressources en eau douce.

Outre les gaz à effet de serre, les activités menées en milieu urbain génèrent des substances chimiques nuisibles et polluantes (Perugini et al. 2011). Par exemple, les eaux et les sols sont contaminés par des métaux lourds provenant de l'agriculture, de l'industrie et du trafic routier. Leur impact intensifiant est la propagation de la pollution en dehors de la zone urbaine, ainsi que le passage de ces polluants des sols et de l'air vers les êtres vivants, y compris les humains. De ce fait, ils deviennent une source de risques sanitaires.

On observe ensuite d'autres risques naturels et environnementaux : les incendies de forêt, les crues, les glissements de terrain, les tsunamis, la dégradation des glaciers polaires, l'élévation du niveau des mers et océans, ainsi que l'émergence de nouveaux phénomènes météorologiques tels que le brouillard toxique et les précipitations chargées en métaux.

L'urbanisation engendre d'autres formes de pollution. La pollution sonore, visuelle et olfactive altère les environnements urbains et entraîne une détérioration de la santé et de la qualité de vie des êtres vivants. L'expansion des communications à distance a conduit à la généralisation de l'installation d'antennes diffusant des ondes électromagnétiques à travers le monde. Concernant ce thème, les chercheurs lancent un cri d'alerte sur les risques de santé liés à la pollution par les rayons (Kostoff et al. 2020). Différents types de pollution portent atteinte aux environnements naturels, aux systèmes écologiques, à la diversité biologique et à la santé des êtres humains. Toutes les formes de pollution, combinées à l'artificialisation des espaces, conduisent à deux effets : la modification et/ou l'appauvrissement écologiques.

L'urbanisation s'accompagne toujours de l'appauvrissement de la biodiversité (McKinney 2002). Toute fragmentation de l'espace naturel, conduit à la destruction de la continuité écologique des espèces, à l'isolement des habitats naturels, par la fragmentation de la continuité végétale, et à la diminution des sources de nourriture (Seress et Liker 2015), par conséquent, l'appauvrissement de la biodiversité s'en suit.

Selon les experts, y compris McKinney (2002), on observe une réduction de cinquante pour cent de la biodiversité animale et végétale dans les régions les plus urbanisées (McKinney 2002). Les espaces subissent également des influences, car les méthodes et les décisions de production sont ajustées en fonction de la demande de biens de consommation urbaine. Ces espèces vulnérables aux changements cèdent la place à des espèces envahissantes exotiques, qui ont su perdurer, ou à de nouvelles espèces mieux adaptées aux transformations du milieu.

L'accroissement des températures en milieu urbain entraîne la mortalité des poissons dans les eaux urbaines, la détérioration des espaces végétaux et la réduction des habitats terrestres pour la faune. Certaines modifications génétiques de diverses espèces animales et végétales, ainsi que l'élimination d'autres espèces, sont également attribuables à différentes formes de pollution.

Les aspects de la biodiversité et de la nature en tant qu'écosystèmes ne sont pas pris en compte dans l'élaboration des plans urbains ; au contraire, ils sont souvent délaissés ou même maltraités, par le biais d'aménagements qui favorisent les espèces exotiques au détriment des espèces indigènes et sauvages. Cela conduit à de nombreuses perturbations dans les environnements urbains. Cela pourrait inclure, entre autres, l'accroissement des niveaux de dioxyde de carbone dû à une réduction de son absorption, la dégradation de la qualité de l'air, de l'eau et du sol, ainsi que des perturbations du climat local et mondial conduisant à des inondations et des érosions (Pickett et al. 2001).

Notamment durant les périodes d'inondation, toutes les eaux de ruissellement ne sont pas traitées par les stations d'épuration. Elles gagnent les milieux récepteurs à l'état brut et pollué, chargées de sédiments et pollueurs divers. La qualité de l'eau se dégrade, et la biodiversité animale et végétale, notamment celle qui prospère dans les cours d'eau, s'amenuise tant en volume qu'en qualité.

L'industrie est à l'origine de la pollution des trois espaces de la biosphère et cause des pollutions qui peuvent être ponctuelles comme diffuses et permanentes comme temporaires. La pollution industrielle peut, selon son ampleur, être un simple bruit généré par les machines de production, ou elle peut engendrer le réchauffement climatique qui perturbe l'ensemble du système environnemental mondial, sans négliger les contaminations par produits chimiques, hydrocarbures ou gaz à effet de serre. En ce qui concerne les pollutions d'origine agricole, elles se réfèrent à l'utilisation de pesticides en tant qu'engrais. Les pollutions urbaines correspondent aux nuisances sonores, aux ondes électromagnétiques, aux perturbateurs endocriniens, aux nanotechnologies ainsi qu'aux résidus solides, liquides et gazeux produits par les activités urbaines.

Les pollutions sont elles-mêmes réparties selon plusieurs aspects, que ce soit leurs origines, donc les activités qui les engendrent : l'industrie, l'urbanisation, l'agriculture, le milieu naturel récepteur de la pollution : l'air, l'eau, le sol, l'intensité de la pollution : qu'elles soient diffuses ou ponctuelles ou bien, permanentes ou temporaires.

Tableau I.1.6 – Facteurs de la pollution

Dimensions, qualité et types des réseaux	Qu'ils soient unitaires ou séparés, les réseaux saturés finissent par débordés les eaux usées à l'extérieur des égouts. Celles-ci qui sont chargées de tous types de polluants ; prennent leur chemin vers les cours d'eau.
La sécheresse et pics de chaleur	Les périodes sèches de l'année s'accompagnent par la diminution de niveau des eaux dans les rivières, d'où la concentration plus importante des substances polluantes.
Le réchauffement climatique	Il provoque l'augmentation de la température des eaux et des modifications dans les conditions de vie des espèces d'où des conséquences sur la nature, le genre, le nombre des espèces.
La vitesse du transfert des polluants	Certaines caractéristiques du milieu : la pente, l'imperméabilisation, la nature du pavage des sols, le poids du polluant, ... affectent plus que d'autres la vitesse du transfert du polluant

Source – Auteure, 2023

Conclusion du chapitre

L'urbanisation joue un rôle crucial dans la modernisation et l'évolution des sociétés humaines. Elle est aussi aux conséquences nuisibles pour la qualité de l'environnement et des espaces naturels. Dans les zones où l'urbanisation est contrôlée, certains de ses impacts néfastes peuvent être minimisés et elle parviendra à optimiser la qualité de vie des résidents, de l'environnement naturel et des espaces urbains. Sinon, cela pourrait avoir de graves conséquences sur les conditions de vie des résidents, la propreté de l'environnement urbain et la qualité écologique du milieu naturel.

Un équilibre entre l'urbanité et la nature est de plus en plus reconnu grâce à une sensibilisation croissante à l'écologie urbaine, à l'importance de la nature en milieu urbain et aux impacts de l'urbanisation sur l'environnement naturel. Les choix se sont orientés vers l'intégration de la nature en ville. Une prise de conscience qui affirme que la solution réside dans la construction en harmonie avec la nature plutôt que dans l'exploitation de celle-ci (Bourdeau-Lepage 2019).

En conséquence, la ville a dessiné un parcours dans ses efforts pour s'adapter à son environnement. Les critères « *qualité de l'environnement* » et « *écologie urbaine* » s'imposent désormais comme des éléments essentiels pour évaluer la qualité de vie en milieu urbain. D'autres concepts émergent après l'écologie urbaine. L'objectif du « *développement durable* » est de trouver un équilibre entre l'expansion économique et urbaine, d'une part, et la durabilité de l'environnement, des matières premières et des sources d'énergie, d'autre part. Il est essentiel de noter que l'avenir des villes ne se limite pas à la vie urbaine, mais englobe également toutes les dimensions naturelles et humaines de notre planète ainsi que les générations actuelles et futures dans tous les aspects de leur existence. Les notions de la « *ville forêt* » et de la « *ville biomimétique* » tentent d'imiter les processus et lois de la nature pour faire l'urbain, ...etc.

Toutefois, lors des efforts de l'urbain pour s'adapter et se renouveler, nous remarquons souvent que l'aspect hydraulique est négligé dans les concepts et méthodes d'urbanisation. L'hydrologie urbaine est généralement assimilée au reste des éléments urbains et ne bénéficie pas d'une attention spécifique. Cela, en dépit de l'importance de cette ressource et des impacts significatifs qu'elle a subis au fil de l'histoire urbaine.

A dark blue vertical bar runs down the left side of the page. A blue arrow points to the right from the bar, containing the text 'PARTIE I.'

PARTIE I.

CHAPITRE 2.

La place emblématique des cours d'eau en milieu urbain
: entre coexistence, reniement et efforts de
réconciliation

Abstract line drawing consisting of several thin, curved lines in dark blue and light grey, resembling stylized reeds or grass, located in the bottom left corner.

« L'eau : une des matières premières de l'urbanisme. Sans eau, pas de vie ni de ville. Mais trop d'eau empêche ou dilue l'assise de ces fondations. »

CDU, 1984

Introduction du chapitre

Depuis de nombreuses années, les rivières urbaines constituent le point focal de recherches menées par divers experts provenant de domaines variés. Dans cet élan, le présent chapitre se penchera également sur ce même thème. Nous procéderons à une conceptualisation des connaissances concernant les cours d'eau en général, et plus précisément sur ceux se trouvant dans les milieux urbains. Ces informations nous aideront à comprendre la situation actuelle des cours d'eau en milieu urbain et la valeur qui leur est accordée dans les villes.

Le présent chapitre est composé de trois principales sections :

- En premier lieu, nous allons définir des concepts clés en rapport avec les cours d'eau à l'état naturel.
- La seconde section se penchera sur l'emplacement des rivières en milieu urbain et sur l'impact des actions humaines à leur égard. À travers une approche géo-historique, nous souhaitons mettre en évidence l'évolution chronologique des interactions entre les rivières et l'urbanisation.
- Dans la troisième section, nous aborderons le même sujet que dans la section antérieure, mais en mettant l'accent sur les cours d'eau dans les pays en voie de développement.

Grâce à ce chapitre, nous parvenons à aborder la question des cours d'eau urbains de manière globale et intégrée. Nous considérons diverses perspectives sur les rivières. Elles sont des sources d'eau douce, mais aussi celles d'inondations. Des atouts écologiques tout comme des vecteurs de maladies hydriques. Des espaces récréatifs avec une valeur paysagère pour la ville, mais également des obstacles pour la planification urbaine.

I.

ASPECT CONCEPTUEL ET THEORIQUE DES COURS D'EAU

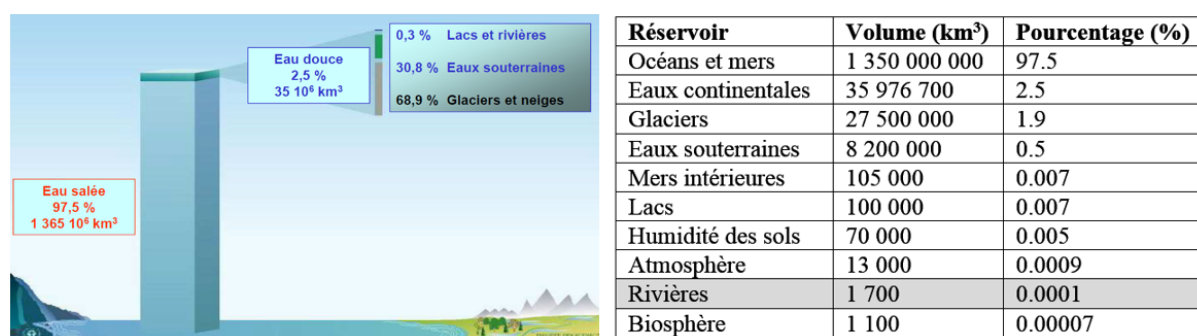
L'objectif de cet item est de permettre au lecteur urbaniste avec peu de connaissances sur les cours d'eau, de se constituer une idée générale sur l'écosystème des cours d'eau terrestres en tant que composante naturelle de l'espace l'urbain.

I.1. Généralités sur les cours d'eau de la planète

Selon le dictionnaire « Larousse en ligne », un cours d'eau fait référence à un : « *nom très général donné à toutes les eaux courantes de quelque importance qui soit (rivières, fleuves)* » (Larousse en ligne). D'après George et Verger (1970), ce sont toutes les eaux continentales courantes à l'intérieur d'un canal, peu importe leurs surfaces, dimensions ou débits, qu'elles soient des : ruisseaux, rivières, fleuves, grands fleuves...etc. (George et Verger 1970).

Ce sont des eaux douces et localisées dans des zones continentales, maritimes ou océaniques. Les cours d'eau continentaux sont les plus accessibles à l'utilisation et ne représentent qu'un pourcentage insignifiant dans la part des eaux de la planète (fig.1).

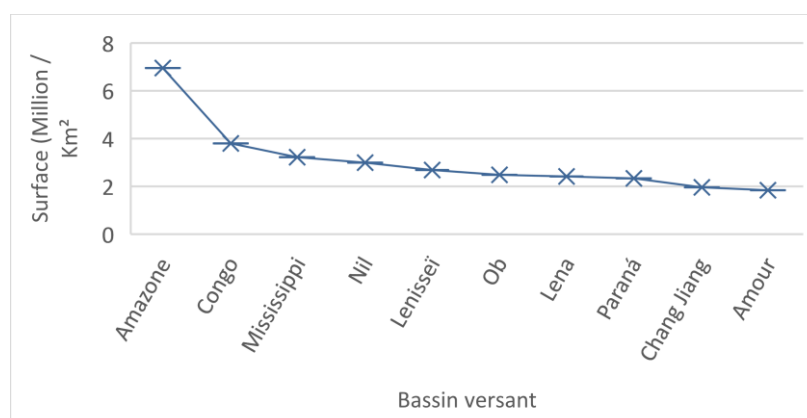
Figure I.2.1 – La part des cours d'eau terrestres dans la répartition des eaux sur la planète



Source – D'après (UNESCO 1999)

Malgré la quantité insignifiante qu'ils constituent, les cours d'eau continentaux sont depuis des millénaires, la source d'eau douce principale pour les êtres humains et plusieurs autres espèces vivantes. Par leur accessibilité, ils ont attiré les établissements humains, depuis des temps lointains et bien avant l'émergence de la notion de la ville. La distribution des principaux cours d'eau continentaux de la planète est comme indiqué dans le graphe suivant (Graphique.1).

Graphique I.2.1 – Distribution des plus grands bassins versants dans le monde



Source – Auteure, d'après (Bethemont 2002)

✚ La quantité de l'eau sur terre est constante depuis l'apparition de cette dernière. Ce qui change est la répartition du liquide entre les continents et les régions du monde. Quant à sa qualité, elle peut se trouver altérée du fait des interventions humaines, par la salinisation ou les pollutions diverses qui altèrent principalement, les cours d'eau urbains.

I.2. Le cours d'eau : un écosystème naturel complet et complexe

Un cours d'eau est constitué de deux composantes principales qui sont le « *biotope* » et la « *biocénose* », qui composent chacun : le contenant et le contenu.

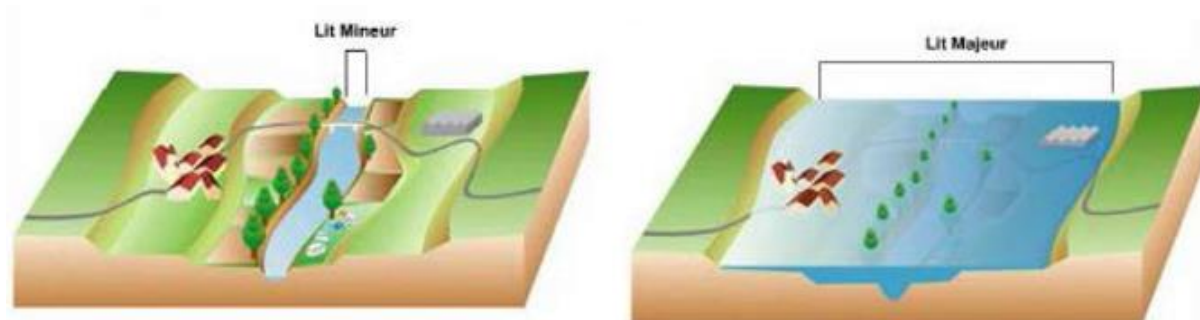
Le biotope englobe l'eau, le lit et les rives, tandis que la biocénose inclut la faune : poissons et micro-organismes ainsi que la flore : ripisylve. Le biotope fait référence à l'aspect minéral et morphologique du cours d'eau, soit le « *contenant* ». La biocénose représente la dimension biologique du cours d'eau, c'est-à-dire le « *contenu* ». Ces deux éléments sont en interaction. L'eau courante favorise la vie des créatures aquatiques, semi-aquatiques et même terrestres. En retour, une végétation saine et abondante contribue à l'amélioration de l'habitat en protégeant les milieux aquatiques et en régulant la température de l'eau (AGRCQ 2016), tout en préservant les rives de l'érosion.

Les cours d'eau représentent des écosystèmes composés de divers sous-écosystèmes aquatiques interconnectés par le transfert de matières et d'énergies (Villeneuve 2016). Ce dispositif est constitué de :

I.2.1. La morphologie du cours d'eau

La morphologie se réfère aux propriétés physiques du cours d'eau : le profil du lit, les matériaux du fond, la composition des rives. Elle est régie par la géologie et l'hydrologie de celui-ci (AGRCQ 2016). Il se compose de plusieurs strates de lits : le lit mineur, majeur et certains identifient un lit intermédiaire qui se trouve entre le premier et le second : le lit moyen. Le lit mineur est la partie du cours d'eau qui est submergée d'eau en permanence, ou lors des crues annuelles, dans le cas des cours d'eau temporaires. Le lit moyen est constitué de chaque côté du lit mineur, il abrite la ripisylve de la rivière et peut s'étaler sur des dizaines ou centaines de mètres. En ce qui concerne le lit majeur, il correspond aux zones qui sont inondées lors des crues exceptionnelles. Ces lits sont distincts grâce à la berge qui constitue l'espace séparateur entre les lits mineur et majeur, ainsi que la rive, un espace semi-aquatique qui connecte l'environnement terrestre et l'environnement aquatique.

Figure I.2.2 – Le lit mineur et le lit majeur d'un cours d'eau



Source – (Biron et al. 2013)

Les caractéristiques morphologiques d'un cours d'eau sont : la dimension (longueur, largeur, sinuosité) ; la rive ; le relief du lieu ; l'inclinaison ; la rapidité du flot ; la profondeur ; la taille des particules qui composent le lit.

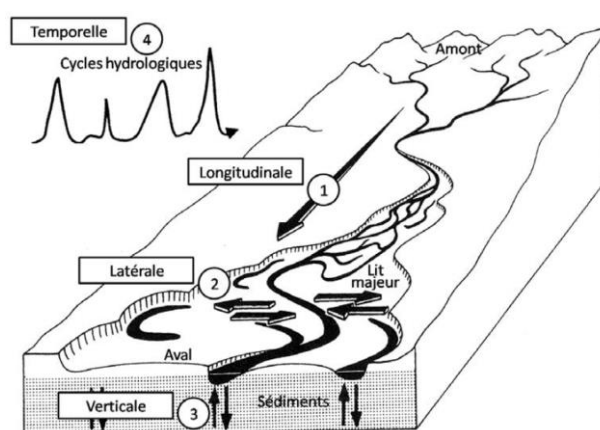
La qualité morphologique d'un cours d'eau s'évalue en fonction de l'état de ses propriétés physiques : le lit mineur et le lit majeur ; la ripisylve et les rives ; les attributs physiques de l'eau tels que la vitesse de courant et la turbulence ; ainsi que la continuité écologique. La qualité morphologique qui est influencée par le système hydrologique du cours d'eau influence à son tour la qualité biologique et écologique de celui-ci. Elle est responsable du bon état des habitats fauniques, de la quantité et du débit des eaux nécessaires au développement des espèces fauniques et floristiques.

I.2.2. L'hydrologie du cours d'eau

Les composants hydrauliques d'un cours d'eau sont : le chenal principal, les bras morts, les lacs ou marais, qu'ils soient sur la surface ou souterrains, naturels ou artificiels (Villeneuve 2016). L'hydrosystème est influencé par les périodes de crues et les types d'écoulements, la géomorphologie, l'exposition au soleil et la température (Richardson et Moore 2010).

Quatre dimensions définissent le système hydrologique : temporelle, longitudinale, latérale et verticale (fig.3). Ceci signifie qu'à l'état naturel, le système hydrologique d'un cours d'eau est influencé par les indicateurs naturels du temps, de la topographie et de la géologie. Après artificialisation, il est influencé par des facteurs anthropiques que nous allons voir au cours de ce travail de recherche.

Figure I.2.3 – Les quatre dimensions d'un hydrosystème de rivière



Source – D'après (Villeneuve 2016)

Les cours d'eau sont en premier lieu, le résultat des précipitations. Mais ils se chargent à partir de sources souterraines ou de surface, comme la montée des eaux des nappes souterraines ou les fontes des neiges et des glaciers.

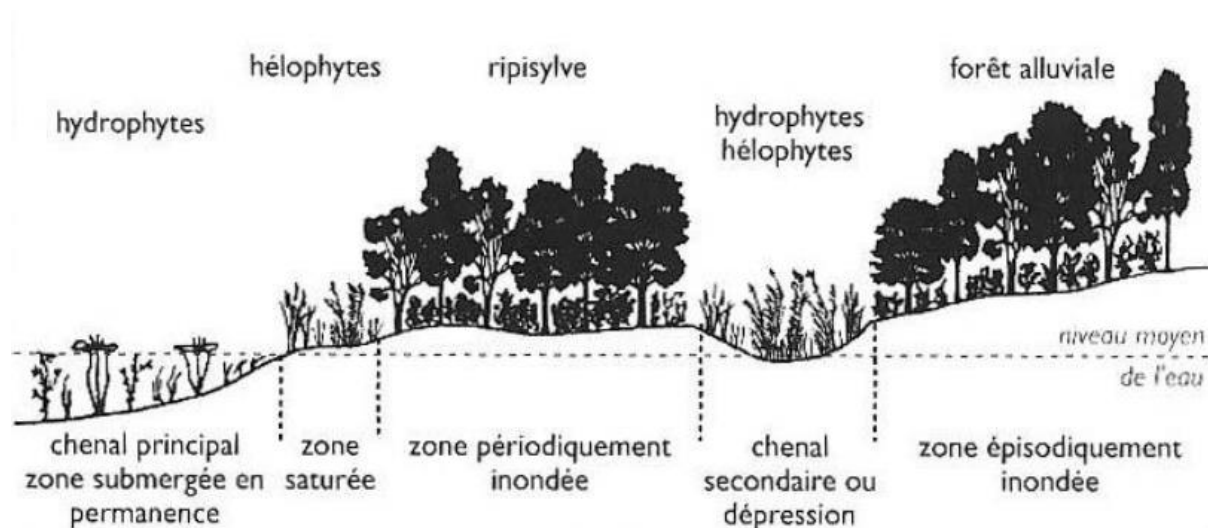
I.2.3. La biologie du cours d'eau

La biologie d'un cours d'eau se compose de deux éléments : la faune et la flore. Ce qui décide de la composition biologique d'un cours d'eau sont les caractéristiques hydromorphologiques et physico-chimiques : le rang du cours d'eau dans le classement de Strehler, sa largeur, son débit, la température des eaux, le taux d'oxygène dans l'eau ou la pente du bassin. La composante physico-chimique du cours d'eau détermine sa composition

biologique. Ces derniers représentent à leur tour des indicateurs de la qualité du système du cours d'eau.

Les caractéristiques écologiques d'un système de cours d'eau regroupent toutes les caractéristiques morphologique, hydrologique, physico-chimique et biologique mentionnées (Villeneuve 2016).

Figure I.2.4 – La composition floristique d'un système de cours d'eau en état naturel



Source – (Barnaud et Fustec 2007)

II.

VILLES ET RIVIERES : DE L'IGNORANCE À LA CONSCIENTISATION

L'évolution de la perception des cours d'eau en milieux urbains a connu trois étapes principales : avant l'ère industrielle, l'ère industrielle, l'ère post industrielle et l'ère contemporaine.

II.1. L'ère préindustrielle : ville et cours d'eau entre attrait et rejet

Les ressources hydriques sont fondamentales dans la création des villes. De nombreuses grandes cités et civilisations ont émergé près des rivières et doivent leur naissance et expansion à celles-ci. Toutes les premières cités mésopotamiennes, égyptiennes, chinoises et indiennes ont en commun leur situation géographique près des rivières Euphrate et Tigre, Nil, Huang He

et Indus. L'attrait humain pour les cours d'eau n'est pas le fruit du hasard. Les cours d'eau accomplissent des fonctions dont :

Avant tout, le fleuve est un vecteur de vie, car il procure de l'eau potable, permet la pêche, l'irrigation, facilite les tâches ménagères et l'accès aux matériaux de construction les plus accessibles à l'être humain. C'est pourquoi l'établissement près des sources d'eau a toujours séduit les divers groupes humains, bien avant l'émergence de la notion de ville ou cité. Les bienfaits de l'eau transforment les petits villages en grandes cités grâce à la révolution agraire.

Néanmoins, l'image du fleuve est constamment liée à celle de la puissance dévastatrice de l'eau. La vie à proximité de la rivière est marquée par la peur permanente du moment où le cours d'eau change d'humeur, sort de son lit et détruit tout sur son passage. L'héritage historique ancien de l'humanité repose sur le mythe du « Déluge », qui entraîne la destruction totale de l'humanité, ou encore sur la submersion de l'Atlantide par les flots. Les Hommes avaient peurs de la rivière au point de lui faire des offrandes humaines pour implorer son calme. Dans plusieurs mythologies, les rivières étaient associées à des divinités qui gouvernaient l'eau et en étaient également les créatrices.

La révolution agraire a amené l'Homme à s'élever spirituellement et à s'inventer d'autres occupations et activités techniques, économiques, culturelles et intellectuelles. Cette circonstance engendre la vocation morale, sentimentale, culturelle et spirituelle du fleuve. Dans presque toutes les religions et cultures de l'Antiquité et du Moyen Âge, l'eau est considérée comme sacrée.

Bien que les divinités associées à l'eau aient disparu dans de nombreuses traditions et croyances, le cours d'eau demeure un lieu sacré pour la purification de l'âme, la renaissance et la suppression des péchés. Certains fleuves comme le Gange en Inde sont des lieux sacrés de pèlerinage et de purification. Dans le christianisme, l'eau est essentielle pour la transition d'un état d'impureté vers un état de pureté. De même, l'Islam exige la purification corporelle par l'eau pour l'accomplissement de ses rites.

Par ailleurs, la particularité des rivières qui sont des voies parcourant de vastes régions et favorisant la communication et les interactions (Locatelli 2013), conduit à leur valeur économique. La proximité des rivières stimule les transactions commerciales grâce à la facilité de transport que permet la navigation fluviale. Depuis les civilisations les plus anciennes, les rivières ont généralement été pourvues de ports destinés au transit de biens et d'individus.

Jusqu'à présent, l'eau, source de vie, d'activités économiques, de transport et de pratiques religieuses, a toujours été reléguée à l'extérieur des agglomérations humaines en raison du sentiment d'inquiétude qu'elle suscite. Elle était insoumise, capable de se révolter sur la volonté et le contrôle humain pour devenir source d'inondations destructrices et tueuses. C'est pour ça que garder l'eau à l'extérieur des établissements humains fut la coutume pour les villes antiques (Dournel, Franchomme et Sajaloli 2011).

Cette propriété d'imprévisibilité des rivières et la terreur qu'elles suscitent ont poussé les hommes à les exploiter comme un moyen de protection contre les attaques provenant de l'extérieur de la ville qui s'abattent sur elle et sur ses résidents. C'est la cité médiévale qui intègre l'eau dans son enceinte (Dournel, Franchomme et Sajaloli 2011), comme un moyen de sécuriser la ville. Durant la période médiévale, les murs fortificateurs des cités étaient cernés par des eaux stagnantes, servant de barrière naturelle pour défendre la cité. D'où la valeur défensive attribuée à la rivière.

Selon Dournel, Franchomme et Sajaloli (2011), à partir du 12^e siècle, l'eau commence à être reconnue pour sa valeur en matière de production d'énergie (Dournel, Franchomme et Sajaloli 2011). Les évolutions technologiques au fil du temps ont de nouveau modifié les relations entre les cours d'eau et les environnements urbains. Dans la poursuite humaine de l'utilisation de la nature, des innovations telles que les moulins à eau ont vu le jour. Ces articles destinés à simplifier l'existence des citadins ont induit des changements dans les liens avec les eaux. Les barrages qui font leur apparition à partir du 15^e siècle (Le 2016) pour retenir les eaux dans le but de leur exploitation énergétique, agraire et l'alimentation des villes en eau potable. Mais surtout pour contrôler les crues et les inondations. Cela a modifié considérablement les rapports des villes aux eaux. Les barrages ont apporté des transformations sur l'hydrologie, la morphologie et l'écologie des systèmes des cours d'eau.

II.2. L'ère industrielle : hygiénisme et modernisme contre les cours d'eau

L'émergence de l'industrie en Europe de l'Ouest a marqué une transformation dans le processus d'urbanisation et ses relations avec les cours d'eau. En cette période de bouleversements socio-économiques dans l'histoire humaine, les cités industrielles ont acquis la réputation d'être synonymes de surpopulation et de détérioration des conditions d'existence,

surtout en matière de santé, résultat du développement rapide et désordonné de la ville. Cela avait des retombées sur la qualité de vie, sur la perception des cours d'eau et sur la vocation fonctionnelle qui leur ait été attribué au sein de l'espace urbain.

II.2.1. Le mouvement hygiéniste anti eau

Chaque phase de développement urbain a laissé son empreinte sur l'espace fluvial. Ces environnements ont été le plus durement affectés par l'ère industrielle. Durant cette période, l'implantation d'unités industrielles aux alentours des cours d'eau a été particulièrement marquante. La sélection de ces sites, dictée par les exigences en matière d'eau de ces secteurs, a provoqué des répercussions catastrophiques sans précédent. Outre l'extraction des eaux, diverses pollutions causées par les rejets liquides, solides, visqueux et gazeux, issus des déchets industriels ont parfois de manière irréversible dégradé les rivières.

La locomotive de la ville industrielle fut son activité industrielle qui a débuté par l'invention du moteur à vapeur. Cette invention a révolutionné le transport fluvial le rendant plus rapide et moins coûteux (Le 2016). Bien que le transport ferroviaire, issu de l'innovation du chemin de fer, ait surpassé le transport fluvial en interne, certaines rivières des cités européennes et occidentales se sont transformées en carrefours mondiaux pour les échanges internationaux. Les actions menées par les ports fluviaux dans ces cités ont favorisé leur rapide prospérité et leur connexion avec le monde entier.

Au fil du temps, le transport fluvial a été l'une des activités majeures ayant influencé les cours d'eau de façon continue (Pelletier 1990). Toutefois, la valeur économique des rivières de l'ère industrielle dépasse le simple transport. Les unités industrielles ont toujours été établies à proximité et sur les rives des rivières. Cela entraîne la pollution de ces derniers. L'image prédominante des rivières durant l'ère industrielle était celle de la pollution causée par les activités industrielles et le transport fluvial. Il convient de noter qu'à cette période, les ports commerciaux et de transport ainsi que les installations industrielles, ne sont plus localisés en périphérie des villes mais constituent une composante essentielle du paysage urbain (Pelletier 1990).

Les rejets domestiques, industriels et les digestifs humains et animaux qui causent diverses pollutions affectent la qualité de vie dans les zones populaires des cités industrielles. Rapidement, un problème de santé survient et les eaux sont mises en cause. Au contact de l'eau,

les polluants dégradent sa pureté et la transforment en agent pathogène. Par conséquent, elle devient nocive et ne peut plus remplir ses fonctions initiales comme la consommation, l'irrigation, la pêche et la baignade. Cela s'ajoute à ses rôles esthétiques et paysagers au sein de la ville.

Photo I.2.1 – Unités industrielles implantées sur les abords du fleuve Irwell au 18^e siècle



Source – <http://paulamartinpotpourri.blogspot.com/2012/06/thursday-tour-river-irwell.html> , consulté le 26/08/2022

L'émergence de maladies hydriques dans les cités de cette époque a propulsé l'eau au rang d'élément central du concept du risque sanitaire, alors qu'auparavant, elle n'était qu'un des nombreux facteurs de risque (Locatelli 2013). L'eau est de plus en plus perçue négativement, une situation problématique et dangereuse qu'il convient de résoudre en cherchant à éliminer l'eau urbaine. Faire disparaître définitivement et globalement l'eau en ville, telle était la nouvelle volonté de gestion dans les villes industrielles.

C'est à partir de ce constat que le mouvement dit « hygiéniste » porté par des ingénieurs et médecins fait son apparition. Le mouvement hygiéniste né à la fin du 18^e siècle et début du 19^e siècle, montre les eaux stagnantes comme une source de maladies et de dangers, donc un ennemi à supprimer de l'espace urbain. Cet état d'esprit s'est généralisé pour concerner toutes les eaux en ville, stagnantes ou courantes. L'eau en ville, et dans toutes ses formes usée, pluviale, cours

d'eau, est enterrée dans des tuyaux, d'où l'apparition d'un nouveau système d'assainissement. Suite à ça, la ville prend une nouvelle notion de « *la ville système* » (Locatelli 2013) qui se réfère au nouveau système d'assainissement qui sillonne la ville. Ce nouveau système d'évacuation des eaux est sensé régler le problème des épidémies à origine hydrique qui ne causent plus des problèmes sanitaires chez les citadins.

C'est par ce processus que les rivières gagnent leur valeur principale de cette période. Cette valeur se rapporte au « *cours d'eau égout* ». Le réseau d'assainissement récemment établi qui collecte toutes les eaux usées et de pluie de la ville est relié aux cours d'eau adjacents. Cela a donné lieu à d'autres problèmes et risques qui n'étaient pas présents auparavant. Ces anomalies continuent à se propager à persister jusqu'à nos jours dans certaines zones du monde.

Par ailleurs, les rivières ont rapidement été ciblées par crainte des inondations et des crues qu'elles pourraient engendrer. Les conséquences des inondations ne se résument pas seulement aux dommages corporels, matériels et économiques immédiats suite à l'événement, elles s'étendent également pour engendrer une pollution des milieux aquatiques sur le long terme. Cette pollution affecte la qualité de vie humaine en restreignant l'accès à certaines activités telles que la baignade, la pêche, et même pire si l'eau potable est contaminée.

Tout comme pour le risque sanitaire, l'idée d'inondations, qui était perçue comme un résultat de divers facteurs avant l'ère industrielle, acquiert une signification extrême et devient synonyme de la simple présence de l'eau dans la ville industrielle. Cette pensée entraîne des mesures radicales qui ont conduit à la suppression de la présence de l'eau dans les structures urbaines à travers des interventions physiques. Interventions produites par des méthodes de génie civil, telles que la construction de différentes infrastructures (CEPRI 2015). Sans oublier la couverture totale des cours d'eau qui est fréquemment mise en œuvre dans les environnements urbains. Ainsi, seuls les plus importants fleuves ont su perdurer et continuent de couler dans les milieux urbains.

Le modernisme et la ville tout en béton : le bannissement des cours d'eau urbains

Le modernisme est un courant de pensée scientifique qui voit le jour à partir des années 1950 dans le monde occidental avant de se propager dans le reste du monde. Il se traduit par l'avènement d'un modèle rationnelle et global de la planification urbaine (Douay 2008). Sa démarche a donné lieu à des transformations hydromorphologiques sur les cours d'eau urbains. Ils ont été convertis en routes et aires de stationnements, ou encombrés par des structures

hydrauliques telles que digues et ponts. Ces modifications visaient à favoriser l'activité industrielle et le transport, mais bien qu'elles aient eu des conséquences bénéfiques sur le plan socio-économique, on ne peut pas en dire autant pour ce qui est de l'environnement et des risques.

Les principales interventions sur les cours d'eau de cette ère sont comme dans le (tab.1) suivant.

Tableau I.2.1 – Les interventions anthropiques sur les cours d'eau

L'intervention	Ses effets
Intervention de modification physique	
La canalisation (la couverture)	C'est l'intervention la plus tragique pour les cours d'eau puisqu'elle signifie la disparition totale de ce dernier. La couverture complète se fait lorsque le cours d'eau traverse un milieu urbain. La canalisation d'eau engendre des altérations sur le régime hydrologique et l'écosystème de la rivière. A cause des modifications physique, hydrologique, écologique, le milieu naturel devient transformé ce qui induit des effets sur sa biodiversité. Par exemple, le mouvement des poissons devient limité, et la flore diminue ; et une discontinuité écologique est créée entre le tronçon couvert et celui qui ne l'est pas, ce qui est une complication à la continuité du système écologique.
La déviation (le déplacement)	Le déplacement d'un cours d'eau de sa trajectoire naturelle est incité par les besoins d'exploiter leurs eaux pour l'utilisation domestique, économique ou agricole. Elle peut être aussi en réponse à une volonté de libérer un espace autrefois occupé par le cours d'eau pour le consacrer à une autre occupation. C'est aussi une forme d'exclusion du cours d'eau de l'espace urbain, pour protéger ce dernier des inondations. Les dysfonctionnements qui résultent du déplacement d'un cours d'eau sont d'ordre hydromorphologique et écologique, telle la modification des relations entre les nappes et les cours d'eau.
La rectification	Elle consiste en la suppression des sinuosités du cours d'eau pour le rendre rectiligne, cela modifie la longueur du cours d'eau en la diminuant, il modifie aussi les caractéristiques morphologiques (augmentation de la pente), hydrologiques (homogénéisation de l'écoulement, assèchement de certains bras du cours d'eau), écologiques (destruction des habitats).
La protection des berges	Les protecteurs de berges sont aménagés dans les zones urbaines, périurbaines ou rurales dans le but gagner de l'espace et contre le phénomène naturel d'érosion. Elle appauvrit la biodiversité des berges et la qualité écologique des rives et favorise l'incision des lits.
L'enrochement	Pose de roches sur la berge du cours d'eau pour prévenir son érosion. Des blocs de granite posés ou enfoncés sur les berges. La végétation sur les rives disparaît et les espèces aquatiques, semis aquatiques et terrestres qui utilisent l'eau ou les habitats fauniques du cours d'eau trouvent des difficultés face à la présence des pierres.
Le recalibrage	Il consiste à augmenter le débit et accélérer l'écoulement du cours d'eau par des travaux d'élargissement ou d'approfondissement. Il a pour but de faire office d'exutoire pour les collecteurs de drains. Ces conséquences sont très graves et touchent à l'ensemble des caractéristiques : physique, écologique, hydrologique, du cours d'eau. Il provoque le réchauffement des eaux, l'eutrophisation du milieu, la détérioration des habitats aquatiques, la réduction des jonctions entre les annexes aquatiques.
L'implantation des étangs	Une intervention réalisée généralement dans un but halieutique, mais qui peut avoir des conséquences plus ou moins graves, comme la modification des débits

	et les déplacements de composantes biologiques, ou encore l'augmentation des températures des eaux.
L'endiguement	Il a pour objectifs de prévenir les inondations dans les milieux urbains ou des terrains cultivés. Et pour conséquences, la déconnexion entre les lits mineur et majeur du cours d'eau. Ainsi, il empêche la continuité écologique et biologique transversales.
Le curage	Il consiste à enlever tous les éléments organiques ou inorganiques qui se trouvent dans le cours d'eau : les branches, les sédiments, les déchets. Il est utilisé, généralement une fois par an, dans les cours d'eau où il y'a un barrage ou plus pour lutter contre les sédiments qui s'accumulent en amont. Le but initial du curage est le nettoyage du cours d'eau et du barrage, mais les techniques et matériaux utilisés peuvent avoir des conséquences négatives qui s'ajoutent aux désordres causés par le barrage lui-même. Il détruit les habitats, la granulométrie, les espèces en faune et flore.
Implantation d'ouvrages d'art	Ils sont construits pour servir de réservoirs d'eau, pour les différentes activités humaines : prévenir les inondations, production d'électricité, eaux potables, eaux d'irrigation, ouverture de canaux de loisir. Leurs effets diffèrent selon le type de l'ouvrage et la nature du besoin à tirer. Ils ont pour conséquences de modifier le débit, la profondeur et l'écoulement des eaux, d'empêcher la continuité écologique des espèces et des sédiments.
Interventions d'extraction	
Le prélèvement d'eau	Pour l'utiliser dans divers domaines : eaux potables, agriculture, production d'énergie. Il change le débit et les quantités des eaux, ce qui influe sur l'état biologique et écologique.
L'extraction de sable et granulats	Les granulats extraits sont destinés à être utilisés comme matériaux de construction ou de finitions, ...etc. Les effets de l'extraction excessive sont parfois très graves au point d'abaisser les nappes phréatiques ou d'assécher les rivières, la déconnexion du lit majeur de son lit mineur, la disparition définitive et irréversible des milieux naturels de la plaine alluviale tel les prairies humides. Des effets sur les ouvrages d'arts comme les ponts qui traversent le cours d'eau qui sont confrontés aux déchaussements.

Source – Rassemblé par l'auteure, 2023

Toutes ces démarches entreprises ont conduit à une artificialisation significative des plans d'eau en milieu urbain. Ces interventions d'artificialisation transforment la morphologie des lits et des rives, tout comme la biologie de la faune et de la flore. Avec le temps, elles peuvent entraîner la disparition des cours d'eau.

Faire disparaître le cours d'eau urbain fut banalisée, principalement pour les petits cours d'eau faciles à enterrer sous le béton. Les deux tiers des cours d'eau de Londres ont été enfouis sous le béton et le taux s'élève à 82 % dans la ville de Montréal (Mahaut 2016). Cette mesure est la plus extrême appliquée aux rivières urbaines, où seuls les fleuves de grande taille ont réussi à y survivre. Les cours d'eau en milieu urbain sont complètement recouverts par des dalles de béton qui soutiennent des routes, des aires de stationnements, des espaces verts et parfois même des édifices. Ils sont considérés comme partie intégrante du système d'assainissement et n'ont plus aucun rôle fonctionnel.

✚ Étant donné la nature destructrice de ces actions, comme le montre l'évanescence des rivières ou la dégradation de leurs environnements, une conscience collective et individuelle à la préservation des cours d'eau semble s'installer progressivement parmi les personnes concernées. Hélas, l'importance cruciale de l'eau dans la vie de tous les jours et dans le progrès économique freine la transition vers des considérations plus préservatrices des rivières.

II.3. L'ère poste industrielle : vers un penchant tertiaire

Le post-industriel est un adjectif défini dans *La Rousse*, par : « *une forme de société appelée, selon certains sociologues, à remplacer la société industrielle et caractérisée par la prédominance du secteur tertiaire* » ([La Rousse en ligne](#)).

A cette époque, les transformations sur les cours d'eau ont connu trois principales voies :

Dans un premier temps, les rives ont été modifiées et aménagées pour être utilisées comme zones de loisirs et de tourisme. Les installations de l'ère précédente sont déplacées pour être substituées par des sentiers de promenade paysagère agrémentés d'arbres plantés et de massifs fleuris. Il s'agit de corridors verts qui sont adjacents à des corridors bleus. Des mobiliers urbains destinés à la détente sont disposés pour servir de lieu de loisir : les bancs, les terrasses, les ombrelles. Par la suite, les travaux sont finalisés par le nettoyage des eaux en vue de les rendre aptes à la baignade. Les eaux nettoyées et les quais désinfectés dans le but d'éliminer toutes marques de l'ère industrielle et de ses conséquences. Les berges des rivières sont désormais utilisées comme zones de promenade et de relaxation. Pelletier mentionne en 1990 que toutes les rivières dans les cités occidentales ont connu une ou plusieurs interventions urbanistiques destinées à changer les attributions des usages des rivières ([Pelletier 1990](#)). Par exemple, des opérations de purification de l'eau ont été menées et les rivières sont devenues propices à la baignade ([Pelletier 1990](#)).

Dès lors, vivre près des rivières urbaines semble être un privilège qui ne séduit que les classes supérieures et les entrepreneurs. L'émergence de la nouvelle valeur économique des rivières, matérialisée par la conversion des fleuves en *Water front*, est née. L'urbanisation des rives des cours d'eau urbains en parcs et espaces récréatifs bleus et verts, agrémentés de résidences et

d'hôtels de luxe, s'impose comme la tendance actuelle. Cette pratique, qui débute dans le monde occidental, se répand progressivement à l'échelle mondiale.

Les premières initiatives dans ce domaine ont été entreprises aux États-Unis. Le port de *Boston* sur la *Charles River* a été le premier lieu à être transformé en espace *water front*, dans les années 1960. Dans le contexte américain, la réutilisation est réalisée par la rénovation des édifices existants, toutefois avec un changement d'usage, passant des activités industrielles et portuaires à celles liées au tourisme et à la navigation de plaisance. Les aménagements présentent un attrait esthétique et paysager, avec des zones dédiées aux loisirs tels que les sentiers de promenade, les théâtres en plein air, les golfs et aires de jeux. Pour illustrer : la ville d'*Ohio* a vu le jour grâce à ces actions sur les cours d'eau. Ce lieu a été une accumulation d'usines, et de voies ferrées, pour être transformées en ce qui s'appelle aujourd'hui le *Golden Triangle* où s'enchaînent des activités tertiaires et de plaisance. Depuis la deuxième moitié du 20^e siècle, l'*Indian Band* à *Scottsdale* transforme les rives de la rivière du même nom en attrayantes promenades verdoyantes, en bureaux et petites industries de haute technologie, en logements de haut de gamme, en restaurants et centres commerciaux, ainsi qu'en hôtels affiliés aux plus grandes chaînes hôtelières internationales.

Photo I.2.2 – Aménagement du water front de la rivière Chicago aux USA



Source – <https://www.flickr.com/photos/solarwind-chicago/2715966781/> consulté le 23/09/2022

Après l'Amérique du Nord, le mouvement se propage dans le monde pour atteindre le royaume uni, l'Europe, l'Australie et la Nouvelle-Zélande. Plus tard les pays asiatiques dont ceux émergents comme la chine. En commentant le phénomène de la *water front*, Prelorenzo (1996) parle d'une « *ville bleue* » qui remplace la ville verte des CIAM (Prelorenzo 1996). A cette époque, l'expression de la « *ville bleue* » se popularise de plus en plus parmi les acteurs urbains.

En deuxième lieu, et dans le même contexte de renforcement des activités tertiaires aux abords des cours d'eau, les ports de commerce laissent place à des ports de plaisance.

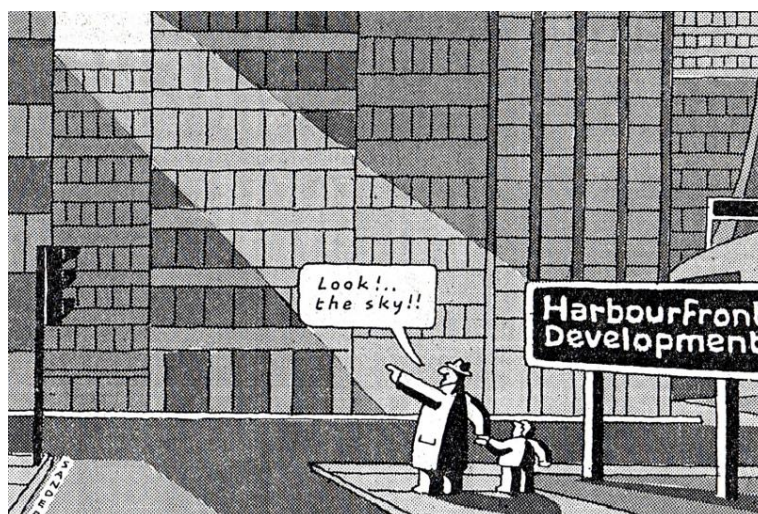
Dans plusieurs nations, on a vu l'émergence de bateaux habitables le long des rivières ou de restaurants flottants. Le transport de biens cède la place au transport touristique et de loisirs. Les quais où des yachts sont amarrés prennent le pas sur les ports de commerce et industriels.

Le tourisme en bateau prend le pas sur l'activité traditionnelle de transport fluvial. Les ports marchands ont quitté la ville pour faire place aux ports dédiés au tourisme. Ces mesures constituent la solution optimale pour compenser les bénéfices financiers devenus inaccessibles suite à la délocalisation des opérations commerciales. Par ailleurs, ils contribuent à maintenir une dynamique socio-économique dans les centres-villes et préviennent ainsi leur dévitalisation.

En troisième position, l'augmentation des détournements d'utilisation des cours d'eau en milieu urbain est accélérée par la conversion des berges en voies routières et autoroutières. Cet outil permet non seulement de trouver des résolutions pour les mouvements mécaniques, de gérer les congestions routières qui peuvent survenir en milieu urbain, mais aussi de réduire au minimum l'impact des inondations qui ne touchent que les voies routières. Étant donné que ces installations sont parfois situées au-dessus du niveau des rives pour prévenir les inondations, et qu'elles peuvent également être fermées en cas d'événement imprévu. En ce qui concerne ce contexte, des villes telles que Londres, Paris ou Valence voient une floraison sur les voies « *sur-berges* » (Pelletier 1990).

Ces décisions concernant les interventions urbaines sur les cours d'eau et leur utilisation ont de nouveau provoqué des critiques. La photographie suivante (photo.3), publiée dans un journal canadien, illustre une nouvelle inquiétude ressentie par les citoyens face au fléau tertiaire des cours d'eau.

Photo I.2.3 – Iconographie faisant référence à l'urbanisation intensive (gratte-ciels) aux abords des rivières



Source – D'après (Eidelman 2013)

Avec cette nouvelle perception que le cours d'eau acquiert, tant chez les spécialistes que chez les profanes, certaines théories se sont consolidées dans le but de préserver les systèmes fluviaux. A partir de là, d'autres actions qui définissent les rapports avec les cours d'eau en villes font leur apparition. C'est ce que nous allons voir dans ce qui suit.

II.4. L'ère anthropocène : problématiques environnementales et prise de conscience écologique

Ce terme formé en deux mots grecs « *Kainos* – nouveau » et « *anthropos* - être humain », est popularisé avec (Rifkin 2011). A cette époque, l'Homme pour Rifkin (2011) est devenu un « *homo urbanus* » (Rifkin 2011). Cette ère est caractérisée par la généralisation de l'urbanisation où plus de la moitié de la population humaine est devenue citadine. Les conséquences de l'urbanisation se sont largement répandues, devenant ainsi la source de nombreux dysfonctionnements. En même temps, une prise de conscience de ces effets dévastateurs tente de les réduire.

L'impact de l'activité humaine sur les eaux douces a démontré leur valeur et leur importance plus que jamais. Elle s'est imposée comme l'une des préoccupations majeures, si ce n'est la plus grande préoccupation de cette époque, en raison de sa rareté et de la détérioration de sa qualité.

Suite à l'apparition de problèmes environnementaux qui ont eu un impact sur les êtres humains (Nedelcu et al. 2007), à l'aube du troisième millénaire, les réflexions concernant l'impact des actions humaines sur l'environnement franchissent les frontières du monde scientifique pour toucher les décideurs politiques et le grand public (Bourdeau-Lepage 2019). Cette prise de conscience influe sur l'image des cours d'eau urbains, qui acquièrent plusieurs valeurs.

Parce que confronté au mode de vie malsain de la ville moderne, l'Homme devient vite un « *homo qualitus* » (Bourdeau-Lepage et Vidal 2012) qui veut renouer avec la qualité de vie que lui offrent les éléments de la nature. Des éléments dont la ville moderne ne peut pas offrir. C'est comme ça qu'il développe une « *sensibilité écologique* » (Abdmouleh 2011), et une prise de conscience sur la valeur de la présence de la nature en ville.

Cette prise de conscience conduit à considérer les eaux comme un moyen d'évaluation de la qualité de vie dans les cités (Le 2016). Depuis, l'eau a gagné sa valeur écologique en tant que moyen de combattre l'appauvrissement de la biodiversité, ainsi que les modifications climatiques du réchauffement global et du réchauffement des microclimats urbains. En plus de son efficacité thérapeutique pour améliorer la santé face aux maux urbains moraux et physiques tels que le stress, l'épuisement mental ou les dépressions et finalement ses qualités esthétiques et paysagistes qui atténuent la monotonie des paysages urbains.

Plusieurs aspects caractérisent les cours d'eau en ville : aspect hydrologique, aspect écologique, aspect économique, aspect social, aspect paysagiste, aspect urbanistique. Le cours d'eau peut être considéré comme un patrimoine naturel du milieu urbain et un réservoir de vie pour les espèces en flore et faune qui s'en servent d'habitat. C'est un système écologique à part entière, parce qu'il se compose d'une biodiversité propre (Holota 2016). Comme écosystème, il est un espace de transition entre le milieu aquatique et le milieu terrestre, et ses caractéristiques écologiques dépassent ses limites physiques pour atteindre les écosystèmes terrestres de surface et souterrains et les écosystèmes aquatiques des mers et océans (AGRCQ 2016).

Ils sont aussi, des lieux de loisir, d'activités récréatives et d'intérêt socio-économique. Ils régulent le microclimat de la ville en diminuant les températures en son enceinte et ils offrent détente et relaxation, en plus d'une image soignée de l'espace urbain.

Tableau I.2.2 – Services des eaux en milieux urbains

Catégorie de services	Types de services	Biens et bénéfices produits
Service de support	Productivité primaire – production d'oxygène – pédogenèse – cycle de l'eau – fourniture d'habitats – formation des sols – cycle des éléments nutritifs – photosynthèse	Leur rôle dans le maintien d'autres services
Service d'approvisionnement	Nourriture – eaux – Energie renouvelable – biodiversité – ressources génétiques – ressources minérales – ressources en fibres et matériaux végétaux divers	Denrées alimentaires animales et végétales – eaux potables et non potables – énergie hydraulique
Service de régulation	Régulation climatique – régulation hydrologique – purification de l'eau – contrôle de l'érosion – régulation des risques (inondation) – régulation biologique	Biodégradation des polluants – limitation des températures urbaines – stabilisation des sédiments – limitation des vitesses de ruissellement
Services à caractère socio-culturel	Valeur spirituelle – valeur éducative (classes d'eau) – esthétique – récréatif – sportif – religieux	Bien-être mental et physique – augmentation des valeurs environnementale et foncière

Source – D'après (Lundy et Wade 2011) ; complété par l'auteure, 2023

Dans le tableau présenté par Maughan (2014), ce dernier illustre à travers d'une comparaison, les prestations fournies par les cours urbains, lorsqu'ils sont dans leur état naturel et restauré, ou lorsqu'ils sont dans un état artificiel et altérés par les interventions humaines.

Tableau I.2.3 – Services des cours d'eau selon s'ils sont naturels ou artificialisés

Catégorie de services écosystémiques	Type de services écosystémiques	Cours d'eau chenalisés	Cours d'eau « naturels » ou restaurés	Lacs et étangs	Réservoirs et zones humides construites
Support	Production primaire	–	+	+	–
	Production d'oxygène	–	+	+	–
	Pédogenèse	–	+	+	–
	Cycle de l'eau	+	+	+	+
	Fourniture d'habitat	+	+	+	+
Approvisionnement	Nourriture – eau	+	+	+	+
	Énergie renouvelable	+	+	+	+
	Biodiversité	+	+	–	+
	Ressource génétique	+	+	+	+
Régulation	Régulation climatique	+	+	+	+
	Régulation hydrologique	+	+	+	+
	Contrôle de l'érosion	+	–	+	+
	Purification de l'eau	–	+	+	+
A caractère socio-culturel	Valeur spirituelle	–	+	+	+
	Valeur éducative	–	+	+	+
	Valeur récréative	–	+	+	+
	Valeur esthétique	–	+	+	+

Source – D'après (Maughan 2014)

Cette vision renouvelée des eaux en milieu urbain découle d'un nouveau paradigme de gestion des cours d'eau. Comme nous allons le démontrer dans ce qui suit, deux aspects caractérisent ce paradigme. Ces interventions ciblent principalement les cours d'eau et ont pour but de restaurer ou d'optimiser leur qualité en milieu urbain. Ensuite, il s'agit d'interventions affectant divers éléments naturels et humains de la ville, mais dont les effets bénéfiques peuvent se répercuter sur le rôle des cours d'eau en milieu urbain.

Depuis la fin du 19^e siècle jusqu'à la seconde moitié du 20^e siècle, des mesures anti-cours d'eau en milieu urbain ont été mises en place. Cependant, ces dernières ont été progressivement remplacées par des actions contraires telles que le déterrement des cours d'eau enterrés, la renaturation des rives artificialisées et la démolition d'infrastructures entravant la continuité biologique des cours d'eau. En plus de promouvoir une gestion durable des eaux de ruissellement par l'augmentation des surfaces perméables en milieu urbain. L'émergence de méthodes économiques et sociales de gestion est également encouragée dans le but de préserver les espaces naturels des cours d'eau. Ces efforts visent à lutter contre la disparition, la pollution et l'engorgement des eaux qui entraînent de plus en plus d'inondations et de crues.

Si toutes les actions menées sur les rivières urbaines étaient basées sur la quête de sécurité pour les résidents et leurs infrastructures, sur une durée dépassant 150 ans, les récentes initiatives qui vont à l'encontre des précédentes sont axées sur la naturalisation des cours d'eau et le maintien de leur qualité et volume, suite aux enjeux environnementaux émergents qui posent de véritables risques pour l'humanité (Nedelcu et al. 2007). Des initiatives politiques, scientifiques et sociales se sont unies dans le but de préserver et d'établir des zones naturelles vertes et bleues au sein des environnements urbains.

II.3.1. Les interventions établies directement sur les cours d'eau

II.3.1.a. Des théories écologiques pour intervenir sur les cours d'eau

Elle peut être définie comme un transfert des méthodes des sciences naturelles vers les sciences sociales et considère la ville comme un mécanisme à étudier par la méthode d'observation et de mesure (Sénecal 1996). Elle veut s'inspirer des lois de la nature pour intervenir sur les cours d'eau urbains en imitant le fonctionnement des cours d'eau dans leur état naturel. La ville est pensée comme un organisme vivant semblable à un organisme biologique humain ou animal.

Dans ce cas, le réseau d'assainissement fait office de circulation sanguine et l'Etat celui du cerveau qui dirige.

Le problème avec cette théorie est que le mécanisme d'un organisme vivant ne correspond pas nécessairement à celui d'une rivière. Le flux sanguin chez les êtres humains ou les animaux opère selon une séquence préétablie fondée sur les éléments d'entrée "inputs" et de sortie "outputs", respectivement vers et de l'organisme : des éléments extérieurs absorbés et expulsés hors de l'organisme. En observant attentivement, nous pouvons aisément constater que les cours d'eau ne suivent pas le même fonctionnement. Les cours d'eau ne consomment pas d'éléments externes et n'émettent pas de déchets. C'est pourquoi le biomimétisme envisage le cours d'eau comme un écosystème. Dans ce contexte, le biomimétisme perçoit l'eau non pas en tant qu'entité biologique, mais comme un système écologique. Il héberge des entités biologiques, des sous-écosystèmes, tous en interaction et son équilibre est tributaire de l'équilibre de chacune de ses composantes. Il est influencé par ces composantes et les influence également. Il constitue également un composant de l'écosystème général du bassin versant.

L'idée est de reproduire les processus naturels dans les actions et les opérations humaines liées à la production et à l'utilisation d'énergie, à l'agriculture, à la gestion des déchets et de l'eau, afin d'assurer qu'elles n'altèrent pas négativement le cours naturel de ces éléments. Dans une ville biomimétique, on doit s'efforcer de refléter les écosystèmes naturels pour l'agriculture et l'habitat. De plus, au sein de l'industrie, toutes les activités doivent être menées en harmonie avec le processus naturel, en suivant les mêmes principes que ceux des écosystèmes naturels. Selon les partisans de cette théorie, c'est en étudiant et observant le fonctionnement des écosystèmes naturels puis en les reproduisant dans les innovations humaines agricoles, technologiques, industrielles et énergétiques qu'il sera possible de réduire la dégradation de la nature par les activités humaines tout en permettant à l'humanité de bénéficier de la modernité et des avantages de l'urbanisation.

II.3.1.b. Les techniques de l'ingénierie végétale pour renaturation des cours d'eau

Les experts se sont orientés vers les méthodes du génie végétal pour atténuer les impacts anthropiques de l'ère précédente sur les cours d'eau. S'appuyant sur la re-végétalisation des rives ou des zones amont des cours d'eau, ainsi que sur le démantèlement des infrastructures hydrauliques, en fonction de l'état actuel du cours d'eau et des buts visés par la restauration.

L'initiative de restauration des rivières urbaines a débuté dans les années 1970. Ces méthodes visent, entre autres, à restaurer l'état naturel des rivières, stabiliser les sols, protéger et renforcer le système biologique en créant des habitats. Elles cherchent également à améliorer la qualité de l'eau en favorisant la fonction d'autoépuration des cours d'eau par la filtration des particules en suspension, ainsi qu'à rétablir la continuité écologique. Ces actions contribuent à l'amélioration de l'état physico-chimique, hydromorphologique et biologique des rivières, visant un retour vers leur état naturel qui n'est pas nécessairement leur état initial ou du moins à améliorer l'état des systèmes écologiques des rivières.

Dans le tableau (tab.4) suivant, nous pouvons constater l'efficacité de la restauration dans la remise en bon état écologique du cours d'eau altéré.

Tableau I.2.4 – Types des hydrosystèmes urbains et leurs contributions à la production des services écosystémiques

Catégorie de services écosystémiques	Type de services écosystémiques	Cours d'eau chenalisés	Cours d'eau « naturels » ou restaurés
Support	Production primaire	–	+
	Production d'oxygène	–	+
	Pédogenèse	–	+
	Cycle de l'eau	+	+
	Fourniture d'habitat	+	+
Approvisionnement	Nourriture – eau	+	+
	Énergie renouvelable	+	+
	Biodiversité	+	+
	Ressource génétique	+	+
Régulation	Régulation climatique	+	+
	Régulation hydrologique	+	+
	Contrôle de l'érosion	+	–
	Purification de l'eau	–	–
A caractère socio-culturel	Valeur spirituelle ;	–	+
	Valeur éducative ;	–	+
	Valeur récréative	–	+
	Valeur esthétique	–	+

Source – D'après (Maughan 2014)

Depuis les années 1990, la restauration a gagné en importance et s'efforce d'évoluer de simples interventions ponctuelles vers des opérations de réhabilitation à l'échelle des bassins versants (Vigier et Caudron 2007). En dépit de ces tentatives, elle demeure actuellement limitée, conceptuelle et dispersée (Maughan 2014). Toutefois, nous avons des exemples de restaurations intégrées qui ont bien réussi. Le projet de réhabilitation de la rivière *Cheong Gye Cheon* en Corée du Sud illustre les bénéfices que peut apporter une telle initiative à la ville et à ses

habitants. Selon une recherche réalisée par les autorités locales de Séoul, la température dans la ville a baissé de (36.3 C°) avant la rénovation de *Cheong Gye Cheon*, à (32.7 C°) après sa réhabilitation (Lee 2006). Quarante et une espèces d'insectes, dix-huit espèces d'oiseaux et quatorze espèces de poissons ont réintégré le territoire, témoignant d'une biodiversité retrouvée (IDEM). Cependant, comme nous pouvons l'observer sur la (photo.4) suivante, la rivière a retrouvé ses rôles socio-récréatifs et pédagogiques (IDEM).

Afin de préserver les objectifs réalisés, des mesures de gestion intégrée ont été mises en place suite aux opérations de restauration et de désartificialisation des cours d'eau. Ces dernières s'appuient sur les principes de la gestion participative à l'échelle du bassin versant et de la valorisation monétaire de l'usage de l'eau.

Photo I.2.4 – Rivière urbaine restaurée : la *Cheong Gye Cheon* dans la ville de Séoul en Corée du sud. Enterrée et transformée en autoroute en 1967, elle est restaurée en 2005

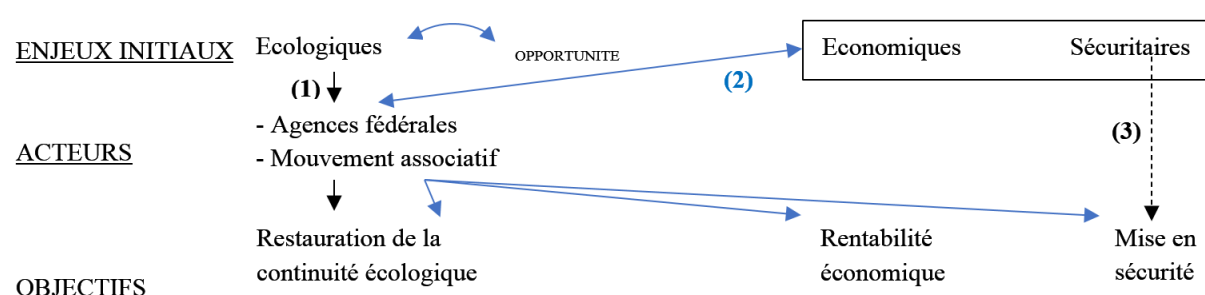


Source – D'après <https://urbabillard.wordpress.com/>, consulté le 04/08/2022

Les actions de la restauration sont renforcées par un mouvement de démantèlement des infrastructures, nommé « *River Continuum* ». Ce courant est initié aux États-Unis par des militants associatifs et scientifiques, dans les années 1950 et s'est étendu en Europe à partir des années 1990. C'est un mouvement qui a critiqué les infrastructures sur les cours d'eau, parce qu'elles sont perçues comme entravant la continuité écologique. L'initiative est soutenue par des organisations non gouvernementales, telles que les ONG américaines : *Trout Unlimited*, *River Alliance* et *American Rivers*, avant d'être approuvée par des chercheurs comme l'*Institut Aspen*, entre autres.

Le but du démantèlement des structures est de restaurer le mouvement naturel des cours d'eau, en revenant à un état naturel des conditions hydrologiques, la récupération des lits mineurs par l'amélioration des habitats et de la continuité écologique, ce qui revient à diminuer les dangers environnementaux. Il vise également à minimiser les risques technologiques liés à la rupture des barrages. C'est ce qui est appelé la « *gestion physique* » des cours d'eau. Elle traite de la gestion des composantes physiques qui forment la rivière, dans le but d'assurer la continuité et la qualité écologiques. On ne considère plus les composantes du cours d'eau sous un angle physico-chimique, mais plutôt sous un aspect physique où l'on se concentre sur la structure des rivières.

Schéma I.2.1 – Les trois processus de démantèlement des ouvrages d'art aux USA



Source – D'après (Drapier, Germaine et Lespez 2018)

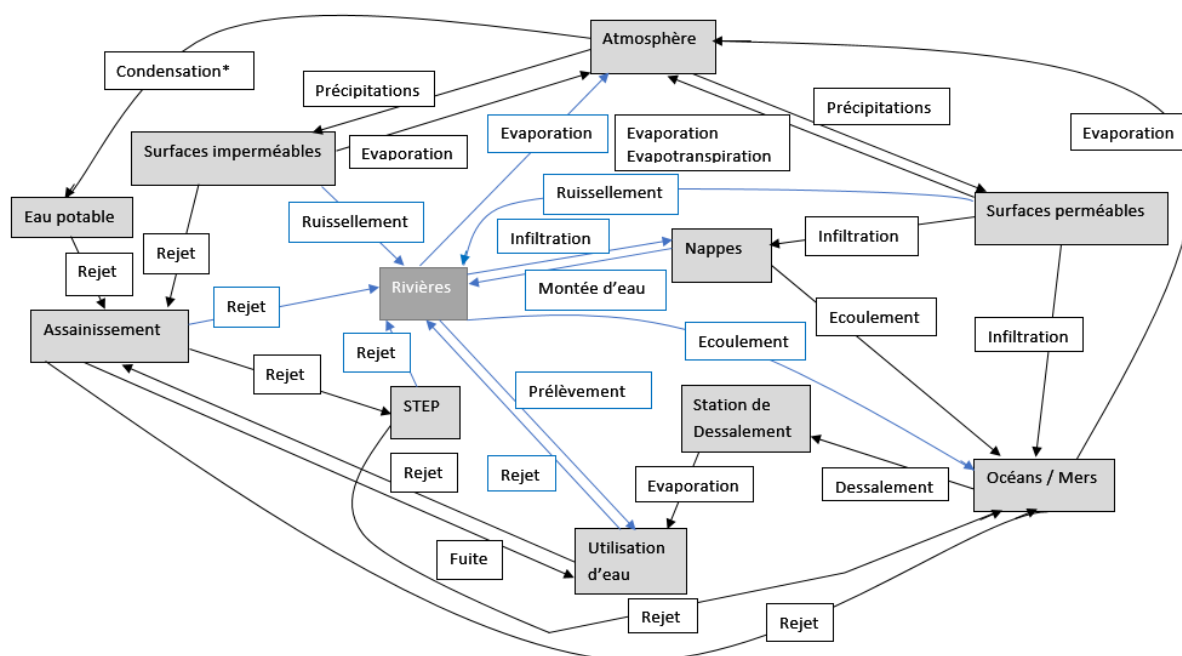
L'effacement d'ouvrage compte des impacts sur de nombreuses activités humaines liées aux cours d'eau : la pêche, les pratiques de canoë, la protection contre les inondations, l'hydroélectricité et sur la qualité du cours d'eau lui-même : la qualité paysagiste, la répartition des quantités des eaux et la continuité écologique (Perrin 2018).

II.3.2. Les interventions établies indirectement sur les cours d'eau

Cette période est vue comme celle qui brise les perspectives individuelles restreintes dans le temps et l'espace. Le but ainsi que les méthodes et techniques d'intervention évoluent vers de nouvelles approches multicritères et multi-acteurs qui encouragent la collaboration et les interactions. Depuis le développement de ces idées dans les années 1980, un cours d'eau n'est plus perçu comme une simple eau urbaine, mais plutôt comme un système riche en écologie, hydrologie et biologie. Ce dernier possède des impacts directs sur la qualité de vie humaine, notamment concernant leur santé physique et mentale, ainsi que sur la qualité du climat et la pérennité de la vie sur notre planète.

Les théories ont évolué vers l'analyse du cours d'eau en tant que système écologique interconnecté à tous les composants de l'environnement urbain et naturel. Selon Linton (2010), le principe du « cycle hydrologique urbain » constitue le fondement sur lequel devrait s'appuyer la gestion intégrée (Linton 2010). Le cycle hydrologique en milieu urbain englobe toutes les eaux de la ville et requiert donc une gestion qui tient compte de toutes les formes et fonctions de ces eaux. Les eaux des cours d'eau interagissent avec l'ensemble des eaux urbaines. Elles sont également sujettes à diverses manipulations où elles sont captées, extraites, employées ou consommées, modifiées, traitées et épurées avant d'être finalement renvoyées à la nature. Voir le cycle de vie du (schéma 2).

Schéma I.2.2 – La place des cours d'eau dans le cycle hydrologique urbain



* Plusieurs technologies existent pour la production de l'eau à partir de l'humidité de l'atmosphère. L'application de ces technologies reste récente et limitée.

Source – Auteure, 2023

L'efficacité de la gestion se manifeste lorsqu'elle est intégrée. La gestion intégrée est mise en œuvre de façon à coordonner divers domaines dans un esprit de collaboration et de consultation entre les acteurs urbains, les intervenants et les utilisateurs. Cela signifie des interventions intersectorielles, participatives et concertées. Dans ce contexte, la gestion des cours d'eau n'est pas effectuée indépendamment de la gestion des sources de dégradations ou des risques urbains. La préservation des rivières implique la gestion des facteurs qui contribuent à leur dégradation.

Par exemple : la gestion des déchets à la source, la rationalisation de la production agricole et industrielle, la consommation d'énergies, la planification spatiale, le trafic mécanique grâce au recyclage, à l'épuration, à l'usage de matériaux durables et écologiques. Ces actions sont renforcées par un arsenal législatif qui conserve les milieux des agressions provenant des populations et des acteurs urbains et économiques. Elles comprennent aussi le suivi et la prévention de l'état du milieu géré.

Ces efforts ont pour objectif de préserver l'environnement et les ressources naturelles et les modes de vie au quotidien. Par ce paradigme, d'autres concepts et méthodes font leur apparition comme le transport doux, l'économie circulaire, l'agriculture écologique, les énergies propres et renouvelables et la planification urbaine durable.

II.3.2.a. Une planification urbaine adaptée aux eaux

La planification spatiale s'opère selon une logique écosystémique où « *rien n'est isolé, tout est relié à tout le reste* » (Crombie 1992), ce qui signifie que toute action sur et dans la ville a forcément des répercussions sur les cours d'eau. A ce sujet, les orientations vont dans le sens de minimiser l'étalement urbain et de le remplacer par la densification des espaces urbains déjà existants. Le but d'une telle action est de minimiser les impacts sur les écosystèmes naturels dont ceux des cours d'eau.

La gestion spatiale, qui vise à augmenter les surfaces perméables dans les zones urbanisées, est associée à la gestion des eaux. L'augmentation des surfaces perméables se réalise par le biais de méthodes paysagistes. Réduire les surfaces imperméables en transformant les zones non bâties, auparavant imperméables, en zones perméables. Par exemple : l'accroissement des surfaces des zones vertes, la perméabilisation des parkings, des sentiers de marche, des zones de stationnement et d'autres lieux publics qui étaient jusqu'à présent totalement imperméables. Une autre méthode d'aménagement paysager et hydraulique consiste à concevoir des zones de rétention pour les eaux de ruissellement, dans le but de valoriser ces eaux tout en atteignant les objectifs liés à la protection des cités et des espaces naturels où coulent les cours d'eau.

Ces aménagements visent à améliorer la sécurité, à protéger l'environnement et à renforcer l'attrait esthétique du milieu urbain. Réduire le ruissellement des eaux vise à diminuer le risque d'inondations et de débordement des réseaux par saturation. Il préconise également d'éliminer les eaux stagnantes, qui sont vectrices de maladies. Face à la puissance du ruissellement qui peut entraîner l'érosion et le glissement des sols, l'imperméabilisation offre un moyen pour

atténuer ce danger. Elle facilite l'infiltration de l'eau dans le sol plutôt que son écoulement en surface. Les sols agissent également comme des filtres naturels pour les contaminants présents dans les eaux. L'infiltration offre la possibilité de supprimer ces particules en suspension dans l'eau, tout en réduisant leur pollution et leur impact sur l'environnement. D'un point de vue biologique, plus les eaux sont dépourvues de polluants, plus elles sont capables d'accueillir la vie en termes de faune et de flore. La perméabilité des sols participe également à l'alimentation des nappes phréatiques souterraines, au réapprovisionnement des zones humides naturelles telles que les lacs, ce qui contribue à la régulation naturelle du cycle de l'eau. D'un point de vue économique et en matière de sécurité d'accès à l'eau, l'infiltration représente la collecte naturelle des eaux pluviales, sans nécessité d'efforts ou de dépenses supplémentaires et sans impact négatif sur l'environnement.

II.3.2.b. Les activités humaines : écologiques et durables

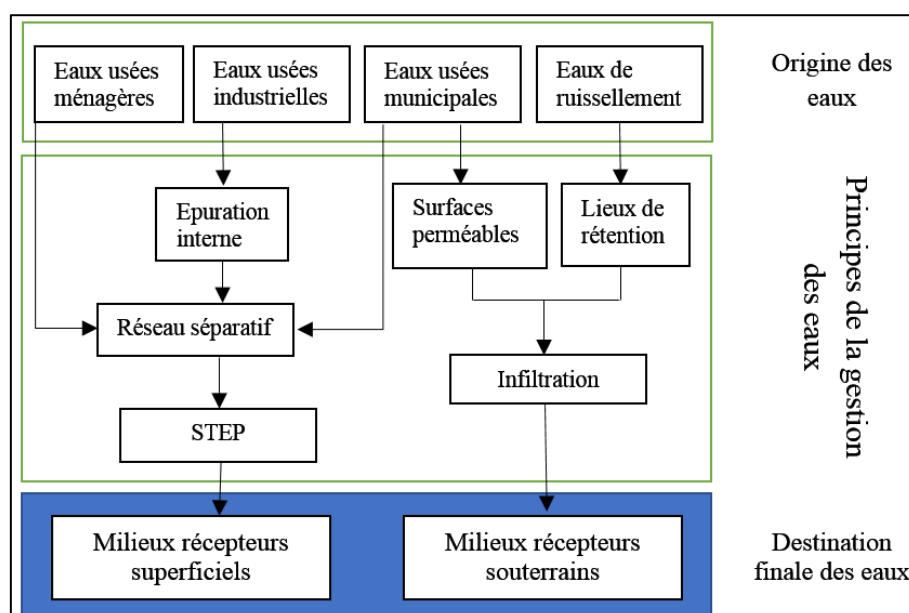
Elle fait référence à la gestion des actes d'extraction, de rejet et d'utilisation des énergies et produits dans l'espace. Ceci se fait par la gestion des eaux et des ressources, la gestion des déchets solides et liquides et la gestion de la production par la maîtrise des méthodes de production qui maintiennent des méthodes écologiques et garantissent la durabilité.

La gestion des déchets pour minimiser leurs effets sur les milieux récepteurs

La gestion des déchets se subdivise en deux branches : la gestion des déchets liquides et la gestion des déchets solides. Les déchets liquides englobent les eaux usées provenant de diverses sources : les eaux de ruissellement, les eaux usées domestiques, municipales et industrielles ainsi que celles provenant des stations d'épuration. Quant aux déchets solides, ils comprennent les résidus domestiques, municipaux et industriels, qu'ils soient inertes ou dangereux.

La gestion intégrée a souhaité se démarquer de la gestion classique en développant des méthodes capables de résoudre les défaillances portées sur le réseau d'assainissement unitaire, communément appelé « le tout à l'égout ». Ces nouvelles méthodes de gestion des eaux en milieu urbain ont considéré l'idée d'extraire le cours d'eau du réseau d'égouts de la ville. Il est essentiel que les eaux urbaines déversées vers les milieux naturels récepteurs soient le plus pures possible afin de préserver l'intégrité des écosystèmes. Le second aspect de cette gestion est de réduire le ruissellement et de favoriser l'infiltration.

Schéma I.2.3 – Gestion intégrée des eaux urbaines



Source – Auteure, 2023

Comme le montre le schéma ci-dessus, les intentions reposent sur trois principes fondamentaux : l'intervention sur le système d'assainissement ; l'intervention sur les eaux, et l'intervention sur les sols urbains.

À l'inverse du système « *unitaire* », le système d'assainissement « *séparatif* » rend possible la distinction entre les eaux usées contenant des éléments polluants et les eaux de ruissellement, moins contaminées. Dans le cas des eaux usées ménagères, elles sont purifiées au sein de stations d'épuration, tandis que les eaux usées industrielles sont traitées à l'intérieur des unités industrielles. La gestion des eaux de ruissellement et des eaux dites municipales se fait de manière différente. La gestion de ces deux types d'eau en milieu urbain est assurée par des modifications apportées à la planification urbaine. Elles sont orientées soit vers l'infiltration en profondeur, soit vers la conservation dans des espaces naturels et artificiels aménagés spécifiquement à cet effet.

Le nouveau système d'assainissement ne vise plus simplement à évacuer les eaux urbaines pour prévenir les risques sanitaires qu'elles pourraient engendrer. Il s'agit plutôt d'assurer de meilleures conditions de vie pour les êtres humains, ainsi que pour les écosystèmes, qu'ils soient naturels ou artificiels. Ce système d'assainissement est supposé assurer les fonctions mentionnées dans le tableau ci-après (tab.5).

Tableau I.2.5 – Les fonctions attendues du nouveau réseau d'assainissement

La fonction	Sa définition
Protéger la santé des personnes	Evacuer les résidus de l'activité humaine sans risque sanitaire.
Protéger les personnes contre les inondations	Protéger les personnes, les structures, les biens et les infrastructures des inondations.
Préserver le milieu naturel	Protéger le milieu naturel contre les pollutions aiguës et chroniques.
Permettre la rétention des eaux de pluies	Séparer les eaux usées et de ruissellement, permet de rediriger les eaux de pluies vers des espaces de rétention ou vers l'infiltration. Ceci augmente les quantités des eaux exploitables et ce de manière écologique.
Préserver les usages du milieu aquatique	Ne pas affecter les usages actuels ou désirés du milieu aquatique : pêche, baignade, promenade, prélèvements pour l'eau potable, etc.
Eviter les nuisances induites par le système d'assainissement et risques divers	Les nuisances et risques divers à prendre en compte correspondent aux odeurs, aux bruits, aux pollutions visuelles, aux effondrements, aux perturbations du trafic urbain, etc. Ils peuvent apparaître durant les phases de construction, d'exploitation, de maintenance ou de réhabilitation des ouvrages ou être associés à son fonctionnement.
Garantir un coût acceptable	Deux types de coûts sont à considérer : le coût de construction et le coût d'exploitation (incluant le coût de réhabilitation).
Diminuer les quantités d'eau à épurer	Plus les quantités d'eau à épurer sont inférieures, plus les coups d'épuration sont réduits.
Garantir une exploitation facile	Le système d'assainissement doit être facile à réhabiliter et à rénover, son exploitation doit être optimisée.
Préserver la santé du personnel	Limiter les risques pour le personnel pendant les interventions (asphyxie, inhalation, chute, maladie, explosion, ...) sur le système d'assainissement.
Eduquer à la gestion des eaux urbaines	Informar sur le système d'assainissement et éduquer à la gestion et à l'utilisation de l'eau.
Maximiser la capacité d'adaptation du système d'assainissement	Utiliser les technologies permettant au système d'assainissement de s'adapter en fonction d'un changement d'objectif, d'un changement local ou d'un changement à plus large échelle (exemple : changement climatique).
Valoriser l'eau en ville	Valoriser l'eau sous toutes ses formes : ressource, paysage, support d'usages et d'activités, capacité à climatiser, à favoriser la biodiversité.

Source – Réuni par l'auteure, 2023

L'assainissement séparatif est une méthode qui propose des résolutions aux problèmes que pose le réseau unitaire. Au cours d'une analyse comparative des niveaux de contaminants dans divers systèmes d'assainissement, Trabuc (1989) a obtenu les conclusions indiquées dans le tableau ci-dessous (tab.6).

Tableau I.2.6 – Différence de concentration des substances polluantes selon le type du réseau

	Concentration moyenne (mg/l)		
	MES	DBO ₅	DCO
Eaux après épuration	20 – 30	20 – 30	60 – 90
Eaux du réseau unitaire	200 – 1000	70 – 150	200 – 600
Eaux du réseau séparatif (Eaux pluviales)	100 – 1000	10 – 100	50 – 600

Source – D'après (Trabuc 1989)

✚ Face à la dégradation provenant de diverses activités, des initiatives astucieuses de production écologique et durable sont mises en œuvre.

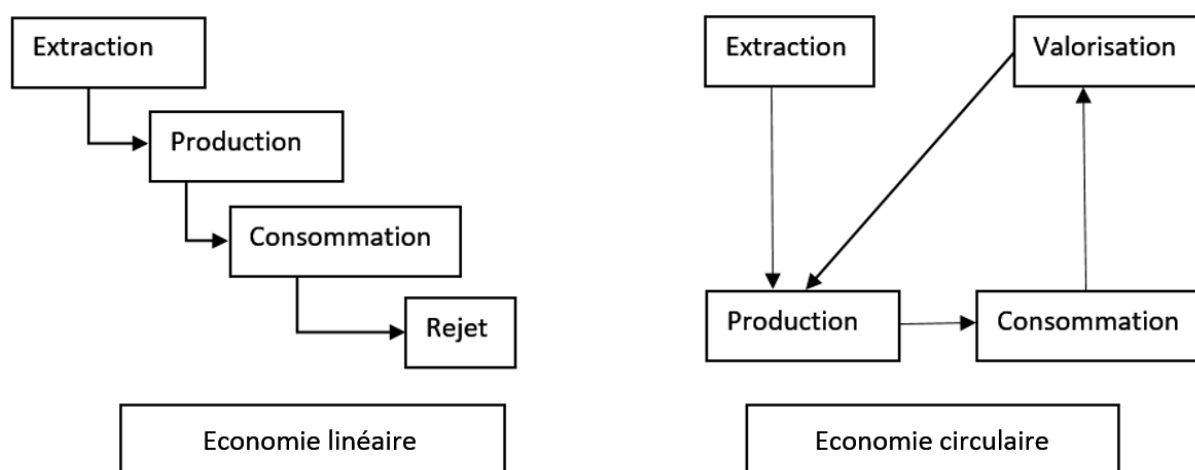
Un mode de vie avec une prise de conscience écologique :

De nouvelles idées dérivées des principes du développement durable prennent forme. Des expressions comme « *l'économie circulaire, l'énergie durable, l'agriculture éco-responsable, le transport propre* » visent toutes à la préservation des milieux naturels tels que les cours d'eau et apparaissent comme des solutions applicables.

Dans le contexte industriel, le concept consiste à transformer les déchets en ressources, autrement dit en matière première prête à être utilisée pour produire des biens destinés à l'usage quotidien. C'est ce qu'on désigne sous le terme « *d'économie circulaire* ». On définit le terme par la capacité à faire fonctionner la production et la consommation dans un cycle fermé et non linéaire, basé sur les étapes traditionnelles d'extraction, de production, de fabrication et d'élimination. Elle puise ses origines dans le concept de « L'écologie industrielle » (Frosch et Gallopoulos 1989).

Cette méthode permettra de régler les soucis liés à la non durabilité de certaines matières premières et à l'entassement des déchets dans l'environnement, ainsi que tous les problèmes qui pourraient en découler.

Schéma I.2.4 – Différences entre l'économie linéaire (classique) et l'économie circulaire



Source – Auteure, 2023

Dans le domaine agricole, plusieurs concepts voient le jour dès le début du 20^e siècle : « *l'agriculture écologique, l'agriculture éco-responsable, l'agriculture biologique,*

l'agriculture durable ». Tous ces termes s'opposent à l'agriculture traditionnelle dite « *conventionnelle* », fondée sur l'exploitation intense des ressources et sur l'industrialisation des moyens de production.

De nombreuses méthodes, instruments et procédures cherchent à se démarquer de l'agriculture conventionnelle intensive afin d'instaurer une production écologique qui respecte l'environnement. Les fertilisants écologiques cherchent à substituer ceux de nature chimique. Les résidus agricoles sont convertis en compost et en fumiers, puis utilisés comme fertilisants. Il en va de même pour les pesticides qui proviennent de la ferme elle-même où les déjections d'animaux et les déchets végétaux sont employés. On utilise également les déchets pour générer de l'énergie (du biogaz), ce qui réduit les nuisances liées à l'usage des énergies conventionnelles. Les méthodes d'irrigation privilégient l'emploi minimal des ressources en eau : le goutte-à-goutte, tout en veillant à préserver autant que possible leur qualité et leur volume.

Ce genre d'agriculture place les objectifs du développement durable au cœur de ses préoccupations. Alors que l'agriculture conventionnelle repose sur une exploitation intensive des terres, notamment par la déforestation, l'agriculture écoresponsable vise à réduire les impacts sur les sols en évitant l'extension vers les forêts. C'est pour cette raison que l'idée de développer l'agriculture au cœur même des villes est envisagée parmi les diverses théories proposées. En revanche, alors que l'agriculture conventionnelle repose sur l'importation de denrées alimentaires sur des milliers de kilomètres, l'écoagriculture vise à minimiser l'impact environnemental du transport. Elle promeut une production alimentaire à petite et moyenne échelle, située près des lieux de consommation.

Dans le secteur de l'énergie et des transports, le style de vie humain actuel basé sur l'utilisation d'énergies qui alimentent nos moyens de transport, nos équipements industriels ou nos appareils électroménagers et de communication, entre autres, est en constante expansion. Ces sources d'énergie sont essentiellement des énergies fossiles et carbonées, qui ne sont ni durables, ni respectueuses de l'environnement. Au contraire, elles sont les principales sources de pollution par les gaz à effet de serre. Voilà pourquoi il est essentiel de chercher des sources d'énergie plus propres et plus durables. Par conséquent, des sources d'énergie telles que le solaire, l'éolien, l'hydraulique, la géothermie, l'énergie marine et la bioénergie sont mises en œuvre dans divers secteurs industriels, de transport ou de construction.

Même si la généralisation de ces solutions reste limitée, leur développement est d'importance majeure pour maintenir une bonne qualité des cours d'eau. Toutes ces initiatives sur les activités ont des retours sur la qualité et la quantité des cours d'eau, du moment que les espaces sont considérés comme des systèmes.

III.

LES ETAPES D'EVOLUTION DES LIENS ENTRE COURS D'EAU ET URBANISATION DANS LE RESTE DU MONDE

En fonction de l'évolution progressive de l'urbanisation et de la création des villes, les rôles attribués aux villes situées sur les rivières ont progressivement changé, passant d'une vocation commerciale et piscicole à une vocation industrielle, pour finalement aboutir à une vocation tertiaire. Actuellement, l'accent est mis sur la conservation écologique des rivières urbaines, en tenant compte de toute la biodiversité qu'elles hébergent ainsi que des services qu'elles fournissent à la ville et à ses résidents. Ces étapes de développement évoquées ne s'appliquent pas nécessairement à toutes les régions du monde. Elles illustrent plutôt la progression des relations « cours d'eau – ville » dans les nations occidentales développées.

Par exemple, dans un pays en développement comme la Chine, le fleuve n'a pas acquis autant d'importance dans la ville des hommes. Dans ce pays, l'organisation urbaine repose principalement sur un système administratif plutôt que commercial, ce qui explique le rôle secondaire attribué aux cours d'eau (Lin 2011). Toutefois, le bassin versant du Yangzi, qui couvre 15 % du territoire national, abrite 38 % de la population et génère 40 % du PIB du pays (Sanjuan 2004). Le transport de marchandise entre différentes villes, fut marquée par l'utilisation des cours d'eau (Lin 2011). Des ports sont établis sur les rives et embouchures de ces cours d'eau. Des marchés étaient organisés le long des rivières, qui étaient approvisionnées par les marchandises transportées par des porteurs depuis diverses régions (Blache 1959). Que ce soit du 10^e au 14^e siècle, période où le commerce international s'est intensifié entre les pays de l'Asie du Sud-Est et le reste du monde, ou par la suite, lorsque des restrictions commerciales ont été imposées (Lin 2011). Toutefois, c'est principalement avec l'arrivée des Européens occidentaux dans cette partie du monde que les cours d'eau deviennent source des changements significatifs dans les villes, à l'image de ce qui se passe dans les villes occidentales.

D'autres pays en voie de développement et sous-développés connaissent d'autres parcours de liens entre cours d'eau et milieux urbains. Si nous nous livrons au jeu de la comparaison avec l'occident, ces derniers se trouvent toujours à l'étape de conflits entre cours d'eau et urbanisation.

Le fleuve est principalement une ressource d'énergie, d'eau potable et de denrées alimentaires. Depuis les temps anciens, l'agriculture est au cœur du lien entre l'homme et le bas du Nil, qu'il s'agisse de l'agriculture de crue ou de l'agriculture irriguée. Même face à des bouleversements géopolitiques dans la région, cette dynamique ne change pas, avec un accroissement de l'agriculture irriguée.

Sur ce continent sec, le Nil se transforme en un terrain de tensions géopolitiques. Des tensions se manifestent entre trois nations du Nil (Ethiopie, Soudan, Égypte) qui peinent à convenir d'un consensus concernant l'usage du fleuve. Pour l'Égypte, le fleuve représente l'élément crucial de sa survie, étant la seule source d'eau potable et d'irrigation. Depuis les années 1970, l'exploitation s'est intensifiée grâce à la création de voies navigables et la construction de barrages, réservoirs et lacs artificiels pour le stockage et le transport de l'eau vers des zones reculées. L'Ethiopie, pour sa part, a initié un grand projet « *Barrage de la renaissance Ethiopienne* » en vue de produire de l'énergie hydraulique. Cela s'applique aussi au Soudan qui construit d'autres barrages pour contrôler ses territoires, promouvoir l'agriculture et maîtriser les inondations. Dans les années 1970, des inondations ont été employées comme instrument de guerre dans le conflit entre le Soudan et le Sud-Soudan.

Dans de telles circonstances, nous ne pouvons pas soutenir que le fleuve a eu un impact significatif directe sur la ville. Les rives du Nil et des autres rivières africaines ne sont pas occupées par des résidences et hôtels de luxe, mais plutôt par des barrages hydroélectriques, des ports de pêche et des champs agricoles irrigués par les eaux de la rivière. Depuis l'ère moderne, et dans certaines situations spécifiques, les villes riveraines du Nil se sont mises à effectuer le transport interne de biens et de personnes par voie d'eau, puis plus tard, à développer le tourisme grâce au transport de plaisance. Des villes qui se développent du plus en plus aux berges du Nil au détriment des terres agricoles fertiles. Actuellement, la partie aval du Nil en Egypte est extrêmement densément peuplée par des communautés urbaines exclusivement. Elle représente 95% de la population totale égyptienne, occupant 33% de la superficie totale du pays, avec une des densités de population les plus élevées au monde 1540 habitants/km² (Leman et

[Auvet 2013](#)). Le bassin du Nil abrite environ 50% des populations des pays traversés par le fleuve, soit près de 200 millions d'habitants.

L'agriculture, les infrastructures et l'urbanisation sont toutes des activités qui ont un impact négatif sur les cours d'eau des pays en développement, qui sont tous affectés par la pollution et la dégradation croissantes. Par exemple, la rivière de la *Soummam*, qui est l'une des plus importantes en Algérie, subit depuis plusieurs années une pollution croissante attribuable aux opérations industrielles.

Si le système de gestion n'est pas performant, les cours d'eau deviennent plus susceptibles de subir diverses formes de dégradation. Cela se manifeste lorsqu'on compare les systèmes hydrologiques des pays développés, dotés de processus de gestion sophistiqués, à ceux des pays en développement qui sont dépourvus de tels mécanismes ([Gubry 1996](#)). Cela dit, les cours d'eau dans les pays développés ont traversé une période industrielle qui a eu des conséquences désastreuses pour eux, et pourtant c'est dans les cours d'eau des nations en voie de développement que l'on constate un niveau élevé de pollution. Cette observation offre un aperçu de l'importance des choix de la gestion dans le maintien de la qualité des espaces.

Conclusion du chapitre

Les ressources en eau constituent l'élément originelle dans la fondation des villes. Depuis l'aube de l'humanité, de nombreuses grandes cités et civilisations ont émergé à proximité des rivières et tirent leur essence et leur expansion de celles-ci. Ce qui a évolué, c'est l'étendue de l'exploitation des rivières par l'urbanisation, qui les a mises à contribution dans tous les aspects de la vie, d'abord de manière rudimentaire et primitive, puis avec des méthodes plus ingénieuses et raffinées par la suite. Cela avait évidemment des conséquences pour ces derniers.

Depuis le commencement de l'ère anthropocène, du moins en ce qui concerne les villes occidentales, c'est plutôt l'effet inverse qui se manifeste. Ces écosystèmes, perçus comme des vitrines pour juger la qualité et l'état des milieux naturels et anthropiques, sont vulnérables et requièrent des conditions spécifiques pour s'épanouir. On observe donc une intention de préserver les cours d'eau urbains dans le but de sauvegarder les sociétés, ainsi que les territoires artificiels et naturels. Avec une gestion appropriée qui englobe tous les éléments des écosystèmes aquatiques, de nombreuses rivières en milieu urbain ont retrouvé leur vitalité, alors qu'elles étaient au seuil de l'extinction.

D'autre part, la rivière en milieu urbain demeure une source d'appréhension pour les sociétés humaines, qui continuent de rechercher des stratégies pour se prémunir contre les dangers liés à la rivière. Ce que nous examinerons dans le prochain chapitre.

A thick dark blue vertical bar runs along the left edge of the page. A blue arrow-shaped banner points to the right from this bar, containing the text 'PARTIE I.'. In the bottom left corner, several thin, curved lines in shades of blue and grey sweep upwards and to the right.

PARTIE I.

CHAPITRE 3.

Risques et vulnérabilités : phénomènes dangereux et milieux exposés

«The hazard exists because humans or their activities are constantly exposed to natural forces»

Tobin & Montz, 1997

Introduction du chapitre

Depuis les temps les plus reculés, l'homme a toujours porté un intérêt à la compréhension des phénomènes liés aux risques. Initialement considérés comme naturels, ils étaient perçus comme une fatalité ou un châtiment divin. Par la suite, l'homme finira par dominer la nature et imposer sa volonté réfléchie et civilisée à ses lois. Par conséquent, d'autres dangers d'origine humaine mettent à l'épreuve la sécurité de l'individu, celle de son environnement et son style de vie.

Eau, sol, air, activités humaines, toutes ces composantes sont à l'origine de phénomènes à risques, tout en étant eux-mêmes susceptibles d'y être exposés. Les eaux, y compris les rivières et les fleuves, ont toujours suscité inquiétude et risque. Ces dernières sont à la source des dangers d'inondations, de glissements, ou de risques de santé, entraînant chaque année d'importants dommages corporels et matériels. Par ailleurs, la qualité et la quantité de l'eau se dégradent, ce qui engendre des dangers sur le plan sanitaire, environnemental, ainsi que social et économique.

Dans ce chapitre, réparti en trois items, nous allons étudier l'état de l'art des risques et catastrophes, avec un intérêt porté sur les risques hydrologiques terrestres. Ceci selon les éléments suivants :

- Dans un premier temps, nous procéderons à une revue de la littérature concernant les risques et les catastrophes en général, en définissant les concepts essentiels et en clarifiant les notions de base associées à ces deux termes.
- Par la suite, nous présenterons des statistiques sur les risques et leurs conséquences dévastatrices à l'échelle mondiale.
- Pour conclure, notre attention se portera sur les concepts, les principes et les données statistiques concernant les risques liés aux rivières à l'échelle mondiale. Pour mettre en évidence la fragilité des collectivités humaines et de l'environnement face aux risques.

Ce chapitre vise à éclaircir le sujet analysé et à préparer le lecteur à aborder les chapitres suivants avec une compréhension plus précise. Ceci sera réalisé grâce à des explications sur la terminologie liée aux risques, aux risques hydrologiques ainsi qu'à la terminologie associée à la vulnérabilité des sociétés et des territoires.

I.

ASPECT CONCEPTUEL ET THEORIQUE

Une bonne définition de l'évènement auquel il faut faire face est le premier pas vers sa maîtrise (Denis 1993). Il est donc crucial de comprendre chaque terme associé aux événements liés aux risques et vulnérabilités.

I.1. Définition des concepts

L'évolution de la définition, de l'étude et de l'analyse du risque a suivi un parcours qui a commencé par percevoir le risque comme une fatalité divine. A partir du 18^e siècle, elle devient synonyme du pur hasard sur lequel l'Homme n'a aucune influence. Quand des accidents d'origine anthropique frappent des zones différentes du monde, les consciences s'orientent vers la réflexion que le risque peut être provoqué ou influencé positivement et négativement par l'Homme.

Au début, la définition du risque est restreinte à sa composante physique de l'aléa, qui est étudiée par les sciences dures. Plus tard, les sciences sociales s'intéressent aux phénomènes dangereux et intègrent la dimension sociale à la définition du risque. Cette approche représente le risque comme étant un aléa naturel qui affecte une société, car sans la présence des enjeux de la société, nous ne pouvons parler d'un risque. D'après les géographes anglo-saxons à l'origine de cette approche, le risque ne se limite pas à l'aléa, il implique également les enjeux qui sont exposés à cet aléa. C'est cette présence des enjeux qui transforme l'aléa, qui est un phénomène naturel, en un phénomène dangereux et catastrophique (Fara 2000).

La gravité d'exposition des enjeux ne se définit pas seulement par l'intensité de l'aléa, mais aussi par la préparation de la société et par sa réponse face à l'aléa. Donc, les risques sont le résultat des interactions entre la nature et la société humaine (Kates et White 1978). Avec ces deux dimensions, le risque devient un domaine d'étude pluridisciplinaire, impliquant des sciences techniques, sociales et humaines. C'est ainsi que se multiplient des définitions du risque (Ayrat et Griot 2001).

Entre autres, le risque est défini comme étant la présence dans un site donné, d'un phénomène problématique, à savoir l'aléa, avec une intensité et une probabilité d'occurrence évalués et des

enjeux exposés et vulnérables (Aryal et Griot 2001). L'UNDHA (1992) le définit comme des pertes attendues : de vies, de personnes blessées, de biens endommagés et de l'activité économique perturbée, dues à un danger particulier dans une zone et pour une période de référence, données (UNDHA 1992). Pour Stenchion (1997) c'est la probabilité d'arrivée d'un événement indésirable ou la probabilité d'avènement d'un danger contribuant à un désastre potentiel (Stenchion 1997). Weichselgartner (2001) donne deux définitions : celle qui considère le risque comme la probabilité d'avènement d'un aléa, et celle d'un événement menaçant ou la probabilité d'occurrence d'un phénomène potentiellement dommageable dans une période et une zone, données (Weichselgartner 2001).

Un risque est résumé par (Granger et al. 2014) par la formule suivante : $Risque = P.I.V.E.$

Où :

P : probabilité : d'apparition de l'aléa (la nuisance)

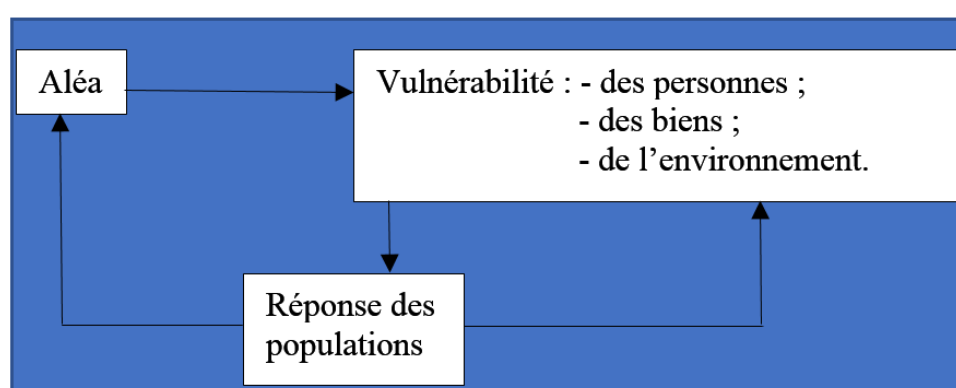
I : intensité : de l'aléa

V : vulnérabilité : propension à subir des dommages

E : Enjeu : quantification des enjeux

Même si la définition de la notion du risque est aussi large que diversifiée, beaucoup de définitions font la liaison entre les deux concepts de l'aléa et de la vulnérabilité comme étant les deux principales composantes du risque (D'Ercole 1994).

Schéma I.3.1 – Représentation simplifiée de la notion du risque



Source – D'après (Estrada Díaz 2017)

C'est pourquoi, nous allons nous intéresser à l'explication de la terminologie en lien avec ces deux notions caractéristiques du risque, à savoir : l'aléa et la vulnérabilité.

I.1.1. Le concept d'aléa : le risque comme phénomène naturel

L'aléa fait référence à l'existence d'un phénomène naturel provocateur de dégâts et qui affecte des enjeux humains et/ou matériels, se produisant dans une zone et à un moment, déterminés (Thouret et Ercole 1994), ainsi qu'à l'intensité de ce phénomène, sa fréquence, sa répétitivité, et sa durée sans l'intervention humaine. Tamru (2009) quant à lui, parle d'un phénomène naturel, d'un accident technologique ou d'un ennui social, qui se rapporte à l'avènement probable d'un danger (Tamru 2009). Nous pouvons constater que Tamru inclut les dimensions technologique et sociale dans la définition de l'aléa, contrairement à ses prédécesseurs qui se limitent à la dimension naturelle.

Les approches qui analysent l'aléa pour évaluer le risque visent à comprendre et à contrôler les phénomènes en postulant que le risque est indépendant d'autres éléments hormis l'aléa lui-même. Ces approches considèrent les aléas comme le seul facteur des risques et des catastrophes. Les risques sont traités comme des manifestations exogènes à leur milieu. Ils sont considérés séparément du reste des phénomènes naturels et anthropiques, économiques ou sociaux qui les entourent (Gralepois 2008).

L'étude de l'aléa se base sur la mesure de l'intensité du phénomène et de sa probabilité d'occurrence pour définir les zones à risques dans les espaces correspondant aux zones géographiques où le phénomène naturel a eu lieu (Metzger et d'Ercole 2011).

L'aléa naturel ou technologique peut être étudié à l'aide d'approches dites : déterministe, qualitative et probabiliste (Beck, Weber et Granet 2007). Voir le tableau (tab.1) suivant.

Tableau I.3.1 – Comparaison entre les approches : probabiliste, qualitative et déterministe

Approche probabiliste	L'aléa s'explique par la probabilité d'avènement d'un phénomène à risque. Seuls les aléas sont actifs, les sociétés humaines sont toujours et en tous cas, supposées être passives. Elle utilise les statistiques pour évaluer l'éventualité des dommages, la probabilité d'avènement, et les populations qui peuvent être affectées.
Approche qualitative	C'est une méthode basée sur les avis d'experts, tirés de l'observation et de l'expérience. L'aléa est exprimé de manière qualitative selon qu'il soit : faible, moyen ou fort, ce qui permet de délimiter des zones homogènes selon le niveau d'exposition. Elle est intégratrice et peut s'appliquer lorsque le volume des données est limité. Convenable aux petites et moyennes échelles (1/10000 et moins). Cette approche n'est pas moins performante que la méthode déterministe.

Approche déterministe	L'aléa est exprimé sous forme quantitative, avec possibilité de conversion en forme qualitative. Elle crée des modèles physique et mathématiques pour reproduire la réalité. Elle pose des problèmes de qualité des données, d'où son utilisation de manière ponctuelle, sur des territoires à extension limitée (1/10000 et plus). Ces résultats sont plus précis que ceux des approches précédentes.
------------------------------	--

Source – Rassemblé par l'auteure, 2023

L'étude de l'aléa a longtemps dominé l'étude du risque. Initialement, il était le domaine des sciences naturelles pour analyser les phénomènes naturels à l'origine des risques. Dans la conception de mesures pour la gestion, la prévention et l'intervention face aux risques, seul le facteur de l'aléa a été pris en compte. L'inclusion de l'aléa dans les sciences humaines et sociales est survenue plus tard, en même temps que l'émergence des risques artificiels. Ces modifications conduisent à l'émergence du concept de la vulnérabilité.

I.1.2. Le concept de vulnérabilité : le risque comme phénomène anthropique

Terme issu du latin « *vulnerabilis, vulnerare* », qui veut dire « *blessar* » (Provitolo 2007). La vulnérabilité représente le second élément composant du risque (Rifai, Khattabi et Rhazi 2014). Comparé au concept d'aléa, la vulnérabilité est un concept qui ne fait son apparition dans la littérature que tardivement (Lutoff 2003). Il est développé par des géographes anglo-saxons, dans les années 1940 (White 1945) et utilisé pour la première fois par (O'keefe, Westgate, et Wisner 1976), dans leur article intitulé “*Taking the naturalness out of natural disaster*”, avant d'être repris par d'autres auteurs. C'est un terme qui remplace des appellations diverses et abjectes comme : la susceptibilité, la sensibilité ou la fragilité (Veyret et Reghezza 2006).

Le terme comprend plusieurs définitions, il est la caractéristique des individus et des groupes de personnes qui habitent un espace naturel, économique et social, au sein duquel ils se différencient selon leur exposition plus ou moins forte (Cannon 1994). C'est la perte potentielle qui englobe les contextes socio-territoriaux (Blaikie et al. 2014) ou la disposition d'une société quelconque à subir des dégâts lors d'avènement d'un phénomène naturel ou anthropique dangereux (D'Ercole et Pigeon 1999). Il peut avoir le sens de l'intensité et la gravité des dommages que l'aléa peut avoir sur les enjeux (Hostache 2006), ou le taux d'atteinte des enjeux exposés (Veyret et Reghezza 2006). Pour Léone et Vinet (2006), la vulnérabilité fait référence

à un « système dynamique » basé sur un groupe de facteurs directs et indirects et en interaction complexe (Leone et Vinet 2006). Il est « la réponse territoriale à l'aléa » (Rebotier 2012).

Grosso-modo, la vulnérabilité fait référence à la fragilité d'un système et à sa sensibilité face aux phénomènes dangereux, naturels ou anthropiques. Un système fragile et sensible englobe la sensibilité et la fragilité humaine, matérielle, politique, économique et technique lors de leur exposition à un aléa.

La vulnérabilité est un concept plurivoque. Sa définition fait appel à l'association de visions sectorielles et spécifiques, mais aussi globale. Pigeon (2005) souligne l'abondance des définitions, toutes différentes les unes des autres, au point qu'il est difficile de se mettre d'accord sur une définition commune (Pigeon 2005).

La terminologie liée aux événements catastrophiques reste plutôt confuse à cause de sa pluralité (Dautun 2007). Dans le même contexte, un glossaire publié par l'ONU, confirme les difficultés qu'il y'a à cerner une définition globale et définitive du concept de la vulnérabilité (Thywissen 2006). Pour cette raison, certains auteurs optent pour l'établissement de « catalogues de définitions » (Liégeois, Arnould et Wicherek 2005), où chaque définition peut être utilisée selon le contexte d'approche du concept de la vulnérabilité.

A ce sujet, la vulnérabilité se présente sous deux formes : la vulnérabilité physique et la vulnérabilité sociale (D'Ercole 1996) et elle est composée de deux éléments qui sont : les facteurs de vulnérabilité et les éléments vulnérables (les enjeux) (Provitolo 2007).

Tableau I.3.2 – Formes de la vulnérabilité

Vulnérabilité physique	Vulnérabilité sociale
Impact physique d'un aléa sur des enjeux physiques quantifiables : populations, infrastructures, ...etc. (D'Ercole 1996).	Sensibilité de la société à faire face à un aléa (D'Ercole 1996).
Elle porte sur la capacité à donner des valeurs quantifiables aux dommages causés, que ce soit en nombre de décès, nombre de constructions effondrées, montants des pertes économiques. (Quillet et al. 2019). Elle prend le sens de l'évaluation monétaire des dégâts.	Elle est fondée sur les dimensions : sociodémographique, socioculturelle, politico-administrative et institutionnelle (Lillouch 2018). Elle se base sur les caractéristiques : la capacité d'adaptation (adaptive capacity) et sa capacité de réponse (coping capacity) (Reghezza 2006).
Prise en compte seule lors de l'évaluation de la vulnérabilité aux risques, bien avant l'intégration de la vulnérabilité sociale.	Intégrée récemment dans la littérature par des géographes et sociologues (Veyret 2004). Prise en compte avec la vulnérabilité physique

Source – Auteure, 2023

Les facteurs de la vulnérabilité se définissent comme l'ensemble des éléments qui influent sur l'intensité et la gravité des éléments exposés (les enjeux) et contribuent à diminuer ou accentuer la vulnérabilité. Le tableau (tab.3) suivant fait la synthèse des principaux facteurs de la vulnérabilité d'après (Dautun 2007), adapté par l'auteure.

Tableau I.3.3 – Facteurs de la vulnérabilité

Socio-démographiques et économiques (Thouret et D'Ercole 1996)	– l'expérience antérieure face aux crises ; – la nature du tissu social ; – le type de société ; – le type d'intégration des populations ; – l'information préventive et la culture du risque ;
Fonctionnels et techniques	– localisation des infrastructures en zone à risques (McEntire 2003) ; – construction inadéquates des bâtiments (IDEM) ;
Institutionnels, et organisationnels	– l'expérience antérieure face aux crises ; – le degré de complexité du réseau organisationnel ; – le type d'infrastructure dédié à la gestion des crises ; – le niveau de préparation ; – l'incapacité à utiliser efficacement des équipements d'alerte et de communication (IDEM).
Politico-administratifs	– Absence ou apathie envers des politiques de prévention et de préparation (McEntire 2003).
Géographiques, évènementiels	– le lieu de la crise ; – la localisation de la source de danger ; – le moment de survenue de l'évènement ; – la cinétique ; – la gravité ; – la présence d'effet domino dans le cas d'évènements industriels ou terroristes ; – la simultanéité d'évènements similaires ou non ; les conditions météorologiques.
Structurels	– dysfonctionnements des infrastructures essentielles.

Source – D'après (Dautun 2007) ; adapté par l'auteure, 2023

Les éléments vulnérables sont les éléments exposés à un aléa. Ils peuvent être : humains, environnementaux (naturels), matériels (structurels et fonctionnels). Ils peuvent aussi être répartis comme dans le tableau suivant (tab.4).

Tableau I.3.4 – Les éléments vulnérables (les enjeux)

Nature d'enjeu	Exemples
Structural	Les infrastructures physiques (bâti, réseaux physiques, ouvrages d'arts, etc.)
Corporel	Les personnes physiques (dommages corporels)
Humain ou social	Les populations (approches sociale ou psycho-sociales)
Institutionnel	Les institutions
Environnemental	Les différents composants du milieu naturel (végétation, ressources en eau, etc.)
Fonctionnel	Les fonctions et activités diverses (économiques notamment) supportés par les éléments précédents.

Source – D'après (Leone et Vinet 2006)

Initialement, l'analyse de la vulnérabilité était centrée sur le champ médical, où les médecins examinaient les vulnérabilités humaines face à diverses pathologies. Les sciences sociales introduisent le concept dans l'étude des risques où son étude renvoie à l'étude de l'occupation du sol (Rifai, Khattabi et Rhazi 2014). C'est-à-dire, l'étude de toutes les dimensions aménagistes, socio-culturelles, économiques, institutionnelles, sanitaires et environnementales. Même si les dimensions matérielles et environnementales sont souvent exclues et seule la dimension corporelle est prise en compte (Renard et Soto 2015).

Comparée à l'aléa, l'étude de la vulnérabilité est plutôt négligée dans l'analyse des risques (Veyret et Reghezza 2006). Cela est dû à la faiblesse qu'affiche le concept en lui-même, en raison de cette plurivocité qui le caractérise (Veyret et Reghezza 2006). Toutefois, un nombre croissant d'auteurs jugent que la vulnérabilité est essentielle pour une étude exhaustive et multidisciplinaire des risques (Adger 2006). Cette prise de conscience permet à la vulnérabilité de gagner de plus en plus en importance, suite à une lutte menée par des auteurs revendiquant moins de marginalisation et plus d'intégration de la vulnérabilité dans l'étude des risques (D'Ercole et Metzger 2009).

Les auteurs portent leur attention sur la capacité de la vulnérabilité à traiter le risque dans un cadre local et propre au territoire affecté par le phénomène aléatoire. En plus du fait que les attributs anthropiques et naturels de la vulnérabilité sont en constante évolution et non statiques, ce qui confère à cette dernière une dimension dynamique et en perpétuel changement. C'est pour cette raison que certains auteurs préconisent de plus en plus de privilégier une approche axée sur la vulnérabilité plutôt que sur l'aléa dans l'étude des risques (Barroca, Hubert et Diab 2006). L'étude des risques accorde de plus en plus d'importance à la vulnérabilité. Lors de la conférence de Yokohama¹ en 1994, elle a été présentée comme un élément clé des études sur les catastrophes et les risques naturels (Reghezza 2006).

Par son caractère actif, la vulnérabilité n'est plus vue comme l'exposition des enjeux, mais aussi comme leur capacité à faire face au danger (Woloszyn et Quenault 2013). Ainsi, la vulnérabilité ne change pas selon l'intensité de l'aléa, c'est l'exposition des enjeux qui change et qui influe sur l'ampleur de la catastrophe (Fuchs, Kuhlicke et Meyer 2011). Par son caractère évolutif, la vulnérabilité est la composante du risque qui influe sur l'ampleur de ce dernier. Le risque n'est pas grandement affecté par le facteur d'aléa qui change lentement. Cependant, la vulnérabilité

¹ Conférence tenue dans le cadre de l'IDNDR (International Decade for Natural Disasters Reduction)

dépend de l'étendue et de la nature de l'aléa quand le risque est envisagé à une échelle réduite. (Ledoux 2006). Dans le cas d'une grande échelle, la vulnérabilité ne change pas en fonction de l'aléa, mais en fonction des facteurs de la vulnérabilité et des éléments vulnérables. La dynamique de la vulnérabilité se détermine dans la littérature par le concept de la « résilience ».

I.2. catégorisation du risque

De nombreuses classifications du risque existent. Ils peuvent être classifiés selon des échelles de gravité de leur effets destructeurs. Dans ce sens, des auteurs font le classement selon le nombre des enjeux corporels, économiques ou environnementaux. la désignation du risque est faite selon une terminologie graduée : accident, désastre, catastrophe, catastrophe majeure ou super catastrophe (Dauphiné 2001), ou encore : risque, danger, catastrophe, désastre, incident, accident majeur (Dautun 2007), incident, accident, catastrophe, risque, ...etc.

L'échelle européenne des accidents technologiques fait une gradation en utilisant le seul terme de « grave », mais en six niveaux : le niveau 1/peu grave, ..., le niveau 6/très grave. (tab.5).

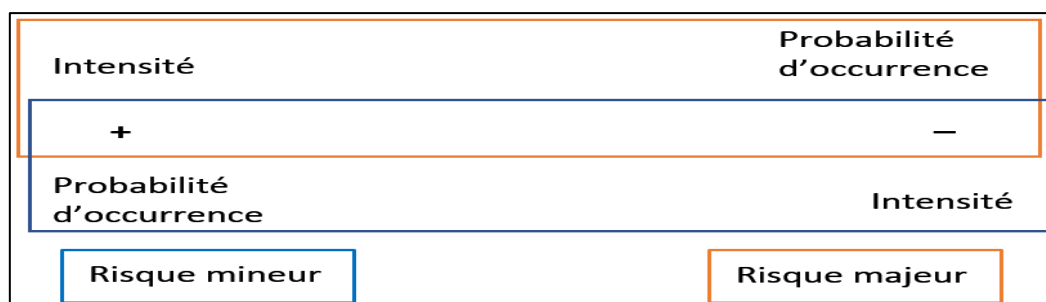
Tableau I.3.5 – Echelle de gravité des évènements de risques naturels

Organisation	Catastrophe majeure	Catastrophe moyenne	Catastrophe mineure
CRED	Nbre. Morts ≥ 50 Nbre. Touchés $\geq 150\ 000$ Dégâts matériels ≥ 200 millions USD	Non défini	Nbre. Morts = 5 Nbre. Touchés ≤ 1500 Dégâts matériels ≥ 8 millions USD
OFAD	Nbre. Morts ≥ 50 Nbre. Touchés $\geq 100\ 000$	Non défini	Non défini
Sheenan et Hewitt, 1969	Nbre. Morts et Nbre. Touchés > 100 Dégâts matériels ≥ 1 million USD	Non défini	Non défini
Michaelis, 1973	Nbre. Morts ≥ 1 million	Nbre. Morts < 1 million	Nbre. Morts < 1000
Fonds monétaire International, 2003	Nbre. Morts $\geq 10\ 000$ Nbre. Touchés $\geq 50\ %$ de la population totale du pays Dégâts matériels $\geq 50\ %$ du PIB du pays	Non défini	Non défini
Insurance Service Office, 2004	Dégâts matériels ≥ 25 millions USD	Non défini	Non défini
Alexander (s. d.)	Dégâts matériels ≥ 5 millions USD	Non défini	Non défini
Dombrowsky, 1998	Nbre. Morts ≥ 1000 Dégâts matériels $\geq 500\ 000$ USD	Non défini	Non défini

Source – D'après (Guha-Sapir, Hargitt et Hoyois 2004)

Le risque peut être classé selon son intensité et son occurrence. Dans ce cas, il peut être mineur, moyen ou majeur. Il est mineur, quand le phénomène est caractérisé par une faible intensité et une probabilité d'occurrence élevée. Il est majeur, dans le cas inverse. Voir le schéma suivant (Schéma.2).

Schéma I.3.2 – Typologie du risque selon son intensité et sa probabilité d'occurrence



Source – Auteure, 2023

En troisième lieu, le risque peut être classé selon son origine, c'est-à-dire, la nature de l'évènement déclencheur. Dans ce contexte, le dénominateur du risque, regroupe des phénomènes naturels, d'autres technologiques (industriels), et d'autres sociaux (Pigeon 1996). Dans ce cas, on parle de trois types de risques selon l'évènement déclencheur : les risques naturels, les risques technologiques et les risques intentionnels. Dauphine, (2001), ajoute les risques du vivant aux trois types mentionnés (Dauphiné 2001). D'autres font le classement selon que le risque soit environnemental (naturel et technologique), risque social et risque économique. Cette dernière répartition coïncide avec le classement anglo-saxon (Estrada Díaz 2017).

Durant une longue période, le risque a gardé son aspect de phénomène destructeur naturel, jusqu'à ce que l'expansion de l'urbanisation et des industries modifie la nature à tel point qu'elle engendre des risques non déclenchés par des événements naturels. A partir des années 1980, il y'a eu introduction dans la littérature du concept du « *risque technologique* », par le géographe (Lagadec 1980). Le risque n'est plus qu'un phénomène naturel, mais anthropique aussi. Suite aux accidents technologiques survenus à l'époque (Tchernobyl), les intéressés par l'étude du risque ont compris que les actions anthropiques peuvent être source de danger, autant que les aléas naturels.

Les risques technologiques, ou anthropiques sont liés à l'activité humaine. Ils sont ceux déclenchés par des défaillances de fonctionnement, de maintenance ou de fabrication des infrastructures industrielles, technologiques et urbaines, et qui donnent lieu à des accidents

dangereux. Dans cette sphère, nous pouvons citer des risques comme : les explosions, les incendies, les pollutions, ...etc. D'autre part, les maladies et pandémies, les guerres et conflits armés, les accidents des transports collectifs, ...etc., sont tous des événements sociaux dangereux impliquant des actions sociales et entraînant des catastrophes. Certains de ces risques anthropiques peuvent être accidentels et d'autres intentionnels comme les risques du terrorisme.

Plusieurs classifications du risque selon l'origine existent, le tableau (tab.6) suivant reprend une sélection des types de risques d'après le bureau des nations unies pour la réduction des risques de catastrophe (UNDRR).

Tableau I.3.6 – Répartition des principaux phénomènes de risques selon la nature de l'événement déclencheur

Catégorie	Source de danger	Aléa
Naturels	Phénomènes hydrologiques	Inondation et crue
		Avalanche
		Affaissement, effondrement, écoulement, éboulement, coulée de boue
	Phénomènes géologiques	Glissement et érosion
		Tremblement de terre et séismes
		Volcan
	Phénomènes météorologiques (climatologiques)	Canicule (chaleur ou froid)
		Sécheresse
		Feux de forêts
	Phénomènes extraterrestres	Tempête et tornade
Impacts de météorites		
Anthropiques	Phénomènes industriels et technologiques	Explosion
		Incendie
		Dispersion atmosphérique, aquatique et terrestre
		Accident collectif
	Phénomènes sanitaires (biologique)	Pandémies, épidémies, pollutions des eaux, des sols, des aliments, ...etc.
Intentionnels		Famines
	Phénomènes socio-organisationnels	Contamination nucléaire, biologique, chimique, ...etc.
		Guerres et conflits armés, violences sociales
		Fléaux sociaux

Source – Auteure, 2023 ; adapté d'après (Gruzelle et Lebaut 2019)

Faire un classement des risques sur la base de l'origine du phénomène semble de plus en plus contestable. Les mêmes aléas naturels peuvent survenir dans les zones urbaines que dans les zones non urbaines, et pourtant, c'est dans les zones urbaines que des dégâts ont lieu. Dans ce

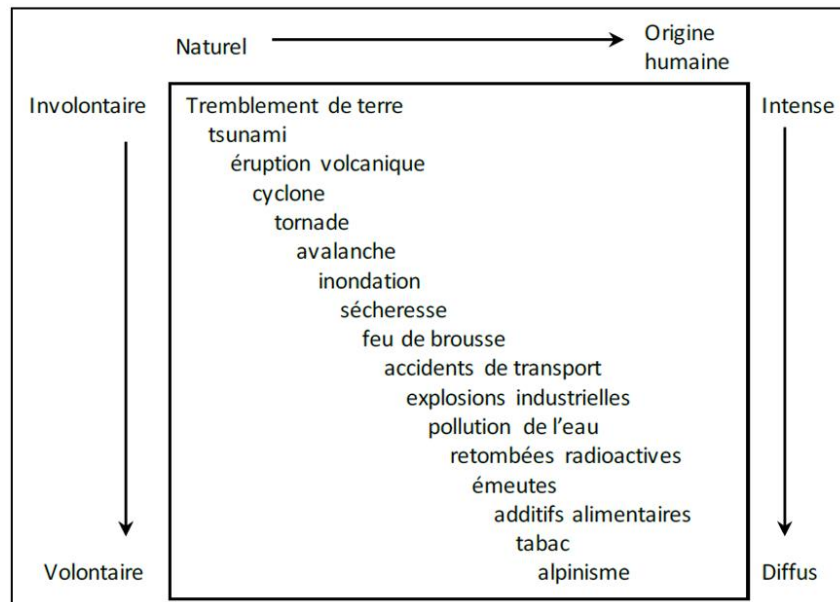
cas de figure, le phénomène naturel ne peut provoquer la catastrophe en lui-même. Les risques naturels sont de plus en plus enclenchés à cause d'interventions anthropiques et dans de nombreux cas, plusieurs facteurs interagissent ensemble ou appuient l'élément principal pour causer le phénomène à risque. L'implication de la dimension sociale et la présence d'enjeux, donnent au phénomène naturel banal son caractère dangereux. La présence d'enjeux et des stimulants sociaux, comme l'occupation des sols joue un rôle dans le déclenchement des risques et dans leur fréquence et leur intensité (Estrada Díaz 2017).

Les aléas géologiques et hydrologiques (tremblements de terre, inondations, les glissements de terrains, ...etc.), deviennent des risques qui provoquent des dégâts humains et matériels quand ils sont survenus dans les zones urbanisées. Lorsqu'ils surviennent dans des zones naturelles, ces phénomènes restent des phénomènes naturels sans conséquences graves. Les aléas climatologiques (feux de forêt, canicules de chaleur et de froid, ...etc.), sont des phénomènes destructeurs qui se produisent en majorité des cas dans les milieux naturels, mais suite à des altérations humaines de la nature. Leurs conséquences peuvent atteindre les milieux urbains et provoquer des dégâts.

Dans cette même logique, certains risques nommés « *risques naturels* » sont liés à la ville dans la mesure où des événements naturels affectent le fonctionnement équilibré des milieux urbains. De par leur caractère naturel, ils sont aperçus comme des éléments exogènes et perturbateurs d'une ville sensée être opposée à la nature. Dans ce cas, nous parlons de « *risques naturels-urbains* ».

Bien que ces dangers existent aussi en dehors de la ville, ils sont associés à cette dernière par l'impact significatif qu'ils engendrent et leur fréquence avérée. Autrement dit, le risque ne se limite pas à l'environnement urbain, il y est davantage ressenti en raison de la densité humaine et structurelle des zones urbaines. C'est dans ce sens que la terminologie du « *risque urbain* » est employée (Reghezza 2006).

Schéma I.3.3 – Phénomènes de risques selon leur origine



Source – D'après (Smith 1996)

A partir de l'ère industrielle, certains risques du passé sont plus ou moins maîtrisés et d'autres font à peine leur apparition. Les risques technologiques et industriels apparaissent et deviennent des risques urbains par excellence. Bien que l'industrie soit une source de risques en raison des aléas technologiques, elle est néanmoins considérée comme un moteur de développement pour la ville et un symbole de sa dominance par rapport aux zones non urbaines (Reghezza 2006).

Les risques dits urbains sont des risques qui ne se produisent que dans les villes, ou bien des risques dont les effets s'intensifient dans les villes. On parle alors de trois types de risques, qui sont qualifiés de risques urbains. Il s'agit en premier lieu des risques industriels et technologiques, qui sont nés dans les villes industrielles et restent rattachés à la ville, dans l'imaginaire des profanes et les classements des spécialistes. En deuxième lieu, ce sont les risques sanitaires et environnementaux qui sont considérés comme typiques à la ville, car liés aux modes de vie urbains. Techniquement, on parle de « pathologies urbaines », lorsqu'on parle des pollutions diverses (visuelle, olfactive, sonore, écologique), du stress et des anxiétés, de la dégradation écologique, paysagère et environnementale. Au final, ce sont les risques sociaux qui sont considérés comme attachés à la ville. Ceci s'explique par le fait que c'est dans les villes que se produisent des événements provoquant des fractures dans le corps social. Nous citons l'insécurité liée aux émeutes, aux violences ou aux fléaux sociaux (pauvreté, criminalité, stupéfiants, terrorisme).

Une situation de risque se produit à travers plusieurs phases : avant la crise, durant la crise et postérieurement à la crise. Le tableau (tab.7) suivant expose les différentes étapes d'avènement d'une situation de crise.

Tableau I.3.7 – Phases de mise en place d'une crise

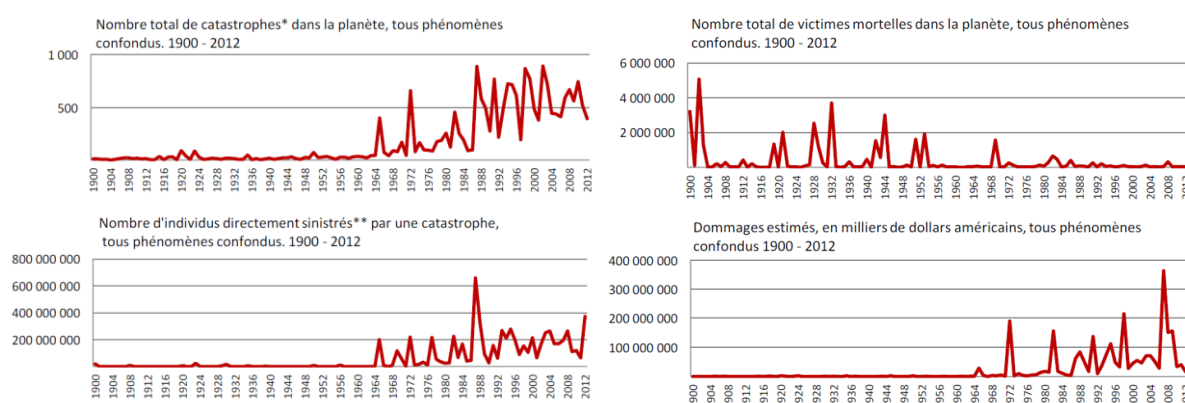
Etape	Description
1	Phase de fonctionnement normal
2	Période d'incubation, de signes avant-coureurs, de prodrome
3	Evènement déclencheur
4	Début de la crise, ou phase de la catastrophe
5	Secours et sauvetages : premières étapes d'ajustement
6	Retour à la situation normale
7	Réajustement managériaux et culturels

Source – D'après (Dautun 2007)

I.3. Occurrence des risques dans le monde

Le nombre des catastrophes dans le monde est en augmentation depuis les années 1950 (EM-DAT 2023). L'accroissement se fait en termes d'intensité et de probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux.

Graphique I.3.1 – Occurrence des risques et des enjeux dans le monde entre 1900 et 2012



*les phénomènes pris en compte sont ceux dépassant les capacités locales et nécessitant une assistance nationale ou internationale.

**les sinistrés sont les individus dans un besoin immédiat d'assistance lors d'une crise.

NB : la base EM-DAT prend en compte deux catégories de risques : naturels et technologiques.

Source – D'après les données de (EM-DAT 2023)

Les catastrophes provoquent des préjudices sur des enjeux corporels, matériels, fonctionnels, structurels et économiques. A partir de la fin des années 2000, cette augmentation devient plus marquante sauf pour les enjeux corporels. Ce qui est dû aux avancées médicales et techniques en matière de sauvetage, d'intervention et de soins. Les pertes économiques, quant à elles sont en augmentations avec le temps. Elles sont évaluées entre 2000 et 2012 à 130 milliards de dollars (EM-DAT 2023).

Les milieux urbains concentrent plus d'enjeux humains et matériels, ce qui les rend plus vulnérables. Ces enjeux diminuent avec la diminution du taux d'urbanisation et d'artificialisation de la zone concernée. L'artificialisation des espaces peut, ainsi, conditionner l'ampleur des dégâts causés. De plus, un risque qui se manifeste dans un espace urbain clos tel qu'un tunnel peut intensifier la situation périlleuse en amplifiant le danger en raison du confinement de la source de la menace (Dautun 2007). Le même phénomène dangereux peut avoir des conséquences dangereuses atténuées lorsqu'il se produit dans un lieu ouvert.

L'ampleur du danger est influencée par le moment où la catastrophe se déclenche. Les enjeux humains sont moins attentifs pendant la nuit, ce qui les rend plus vulnérables pour certains aléas, comme les séismes. Ils affichent une densité et une concentration plus élevées à certains endroits au cours de la journée, surtout aux heures de pointe, ce qui les rend également plus exposés à d'autres aléas.

II.

RISQUES ISSUS DES COURS D'EAU EN MILIEUX URBAINS : VILLE ET

RIVIERE COMME ESPACES EN AMPLE VULNERABILITE

Le risque issu des cours d'eau est un risque hydrologique provoqué par la présence, la mobilité ou la distribution des eaux douces ou salées, qu'elles soient de surface ou souterraines (EM-DAT 2023), qu'elles soient sous la forme liquide (pluies) ou solide (glaciers et neiges). Le risque issu des cours d'eau peut être un risque naturel, urbain, anthropique ou intentionnel. Etant un risque urbain, des aléas associés peuvent être attribués aux risques issus des cours d'eau, il s'agit du risque : environnemental ou du risque sanitaire.

II.1. Le risque des crues et inondations :

C'est un phénomène naturel ou non provoqué par la submersion temporaire d'un espace donné par des quantités importantes d'eau à l'état liquide. Dans une inondation, les eaux couvrent des endroits qu'elles ne couvrent pas en l'absence d'inondation. Il peut s'agir d'une ville côtière ou de quartiers limitrophes d'une rivière, ou simplement des espaces urbains avec des caractéristiques naturelles ou artificielles favorisant l'accumulation des eaux lors d'intempéries. Les crues ont pour causes plusieurs facteurs naturels, techniques, urbanistiques, gestionnaires, sociaux, etc.

En principe les inondations sont dues à des facteurs naturels déclencheurs des inondations comme des vagues de pluies intenses ou légères qui durent dans le temps, la montée des eaux des mers, des nappes et des rivières ou la fonte des neiges et des glaciers. Certains facteurs anthropiques peuvent aussi être en cause du déclenchement des inondations. Une rupture accidentelle ou intentionnelle d'un ouvrage hydraulique comme un barrage est un bon exemple d'un facteur déclencheur anthropique. Les inondations sont amplifiées par des facteurs aggravants dus à une urbanisation peu consciencieuse ou anarchique qui entraîne l'imperméabilité des sols et l'implantation des constructions dans des zones inondables (Dauphiné 2001). Ajouté à la dégradation des réseaux d'évacuation des eaux urbaines qui peut aussi être en cause de l'inondation des villes.

D'autre part, Il est démontré que l'étalement des territoires urbains entraîne une augmentation de l'imperméabilité des sols, ce qui accroît leur susceptibilité aux inondations. Deuxièmement, l'implantation de constructions dans des zones sujettes aux inondations telles que les rives et les lits de rivières ou les plaines inondables près des côtes a un impact similaire sur la vulnérabilité face aux inondations.

Tableau I.3.8 – Typologie des inondations

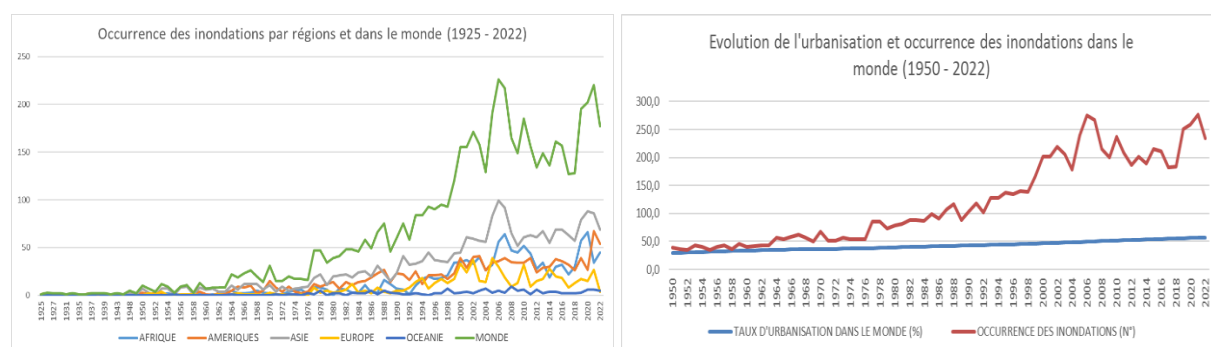
Inondation fluviale et de plaine	Inondation pluviale urbaine	Inondation estuarienne et côtière
Les inondations fluviales sont provoquées lorsque le cours d'eau déborde suite à des quantités élevées d'eau de ruissellement, que le cours d'eau ne peut évacuer.	Ce sont des crues causées par des pluies torrentielles intenses, ou des précipitations qui s'accumulent pendant des jours. L'inondation est provoquée car les réseaux d'évacuation des eaux de pluie deviennent	Ce sont des inondations provoquées par l'élévation de la hauteur du niveau des eaux de la mer, dont l'origine est une tempête, un tremblement de terre ou un volcan.

Les débris de déchets ou les terres érodées, ou les embâcles de glace causent l'obstruction du chenal du cours d'eau, et donc le débordement des eaux.	insuffisants pour contenir toute l'eau. L'imperméabilité des sols urbains augmente le débordement des cours d'eau, et des réseaux d'assainissement.	
Inondation par remontée de nappe phréatique	Inondation par rupture accidentelle d'ouvrages de retenue d'eaux	Inondation subite ou éclair
Ces inondations sont dues aux pluies légères qui perdurent dans le temps. Par leur légèreté, ces pluies ne provoquent pas d'inondations pluviales, mais par successivité elles provoquent le rechargement jusqu'à saturation des nappes phréatiques et la montée des eaux.	Elles ont pour cause la combinaison d'un phénomène naturel extrême, comme des inondations pluviales ou maritimes et estuariennes, des séismes ou glissements de terrains, avec un défaut anthropique de fonctionnement, de conception, ou/et d'entretien des ouvrages de rétention des eaux.	Des inondations spécifiques aux bassins versants de surfaces inférieures à cent kilomètres carrés. Elles ont pour cause, des pluies orageuses et intenses, qui peuvent atteindre des centaines de millimètres en intervalle de quelques heures seulement.

Source – Réuni par l'auteure, 2023

L'augmentation de l'occurrence des inondations depuis les années soixante est corrélée à l'expansion du processus d'urbanisation à l'échelle mondiale. L'histoire de cette époque est caractérisée par la décolonisation qui a eu lieu dans diverses régions d'Afrique, d'Asie, d'Amérique centrale et du Sud et dans les Caraïbes. Ces nations récemment établies connaissent une croissance de la population citadine sans précédent, comparable ou surpassant celle des pays développés observée il y a un siècle. À l'opposé des pays développés, l'urbanisation dans les pays en développement se faisait souvent de manière désordonnée et improvisée, ce qui en faisait un élément propice au risque d'inondations. Le graphique (Graphique.2-3) suivant, montre l'occurrence des inondations en parallèle avec l'évolution du taux d'urbanisation dans le monde.

Graphique I.3.2.-3 – Les inondations par régions et dans le monde au cours du dernier siècle



Source – D'après les données statistiques de la base EM-DAT (2023) et de l'ONU (2018)

La fréquence et la gravité des inondations diffèrent d'un endroit à l'autre, en fonction des divers éléments déclencheurs, des mesures d'atténuation mises en place et de l'échelle des dommages matériels et humains engendrés. Selon les données d'EM-DAT, les régions les plus impactées se situent en Asie, en Afrique et en Amérique du Sud et centrale, qui sont des zones en développement. Les zones développées du monde ne sont pas exemptes d'inondations, cependant les dommages corporels et matériels qu'elles subissent sont moindres.

En effet, les conséquences de ce risque sont colossales où entre 1922 et 2022, les inondations ont causé près de 7 millions de victimes corporelles et près de 4 milliards de personnes affectées dans le monde, en plus des pertes économiques dépassant 1.6 Billions de dollars américains. (EM-DAT 2023).

Les répercussions des inondations varient en fonction de leur type. Durant une inondation de type fluvial et de plaine, les dommages corporels liés à la montée des eaux sont rarement observés, sauf quand l'eau est suffisamment chargée en matières solides pour devenir boueuse, particulièrement lorsque le délai d'alerte, bref, ne permet pas l'évacuation. Toutefois, en raison de la lenteur de la décrue, des problèmes de santé et des maladies d'origine hydrique peuvent survenir. Dans ce type d'inondation, les pertes économiques et matérielles sont souvent conséquentes.

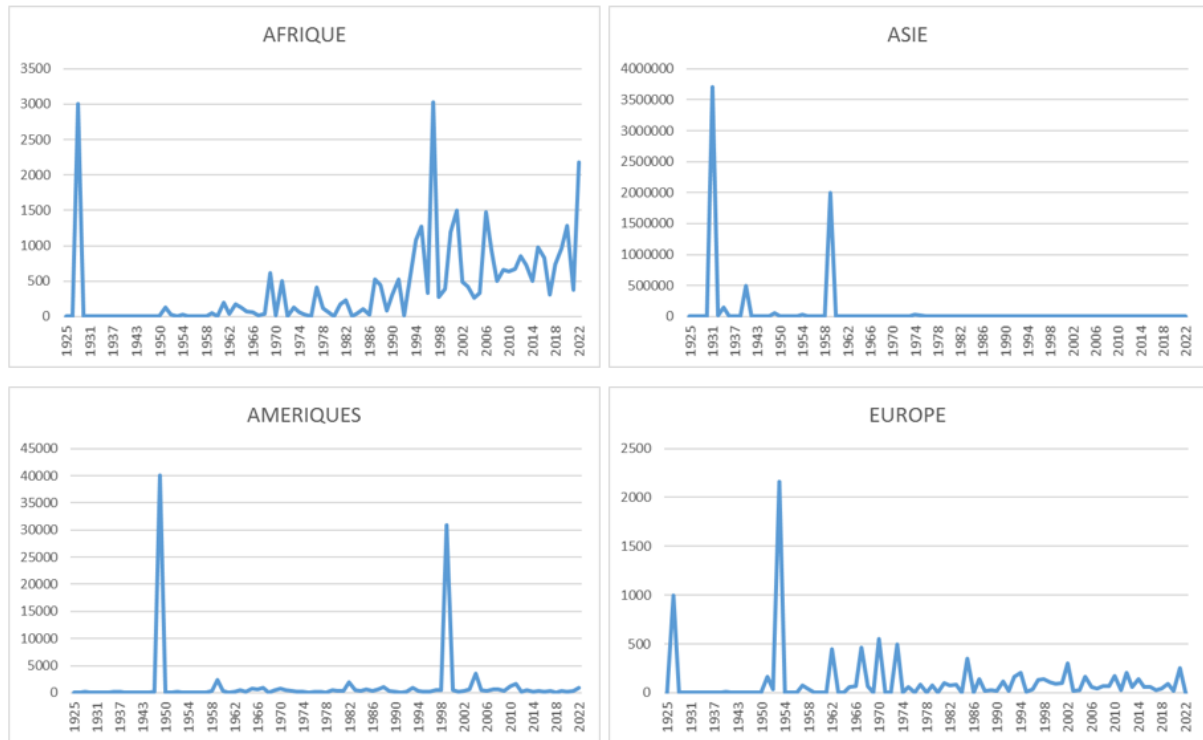
Les inondations urbaines pluviales, qui se manifestent par des niveaux de submersion dépassant plusieurs mètres, une rapidité de la montée du niveau de l'eau et une eau généralement chargée de débris divers et caractérisée par un fort courant, entraînent des dommages considérables sur les plans humain, matériel et économique, ainsi que sur le plan structurel et fonctionnel.

Les inondations sur les estuaires et les côtes sont peu fréquentes, cependant leurs conséquences matérielles et financières sont importantes, car elles affectent des zones côtières souvent fortement anthropisées. De plus, les pertes en vies humaines sont moindres, du fait de la lenteur de ces crues et du délai d'alerte qui favorise l'évacuation des individus.

Pour les inondations par remontée de nappe phréatique ; les enjeux corporels sont faibles, pendant que les enjeux économiques et matériels peuvent être lourds de conséquences. La rupture d'un ouvrage de rétention des eaux a pour conséquence le déversement par surprise d'une quantité importante d'eau, qui engloutit les espaces voisins. Sa dangerosité réside dans

son effet de surprise, la rapidité de son courant et dans les substances que l'eau peut emporter avec elle. Les enjeux humains et matériels sont grands dans ce cas. C'est aussi de même pour les inondations subites ou éclaires vu les volumes considérables d'eau et la vitesse élevée du courant.

Graphique I.3.4 – Victimes corporelles des inondations dans différentes régions du monde (1926 – 2022)



Source – D'après les données statistiques de la base EM-DAT, 2023

La différence entre les périodes passées et modernes en termes d'exposition aux catastrophes ne se limite pas seulement à la répétition des désastres et aux destructions qui ont considérablement augmenté. Elle concerne également les résistances que les catastrophes suscitent face à toute rationalisation ou régulation, qui pourrait les rendre acceptables, comme fut le temps par le passé (Fabiani et Theys 1987).

II.2. Les risques hybrides ou risques associés aux risques hydrologiques terrestres

Les inondations sont un facteur des glissements et d'érosion des berges, un facteur de pollution des cours d'eau et un facteur des pathologies transmissibles par les eau et d'aléas anthropiques dans un certain cas. C'est ce que nous appelons, les risques associés ou les risques hybrides au risque d'inondation.

II.2.1. Le risque mouvements de terrains :

Les glissements sont classés comme humides² lorsqu'ils se produisent sous l'effet de l'eau, et comme secs lorsqu'il n'y a pas d'implication de l'eau dans le processus déclencheur. Par conséquent, l'érosion du sol humide fait référence à la séparation des particules du sol causée par l'impact de l'eau, le transport de ces particules par écoulement et les modifications morphologiques de la surface (Bou-Kheir et al. 2008). Cela se produit lorsqu'il y a un manque de résistance au cisaillement, sur la surface superficielle ou les couches profondes d'un sol (Varnes 1958).

Le glissement humide se produit lors d'événements météorologiques tels que la pluie ou lorsque les cours d'eau débordent. Cela peut résulter de facteurs naturels tels que la lithologie propice au glissement, des rives peu végétalisées, dépouillées de leur flore, ou avec une végétation peu résistante aux glissements, ainsi que la morphologie du terrain, surtout dans le cas de fortes pentes. L'hydrologie est un élément clé dans les glissements humides. Un glissement se déclenche lorsque de grandes quantités d'eau se stockent dans le sol sur une durée prolongée. La sensibilité des sols à l'eau et leur composition lithologique déterminent la survenue des glissements. Un glissement peut se déclencher par les actions de l'eau suivantes³ :

- L'augmentation du poids volumique des sols, qui suit une forte teneur en eau ;
- Le passage du sol d'un état solide vers un état visqueux, suite à une forte teneur en eau ;
- La déstabilisation du versant, suite à une augmentation du niveau de la nappe ;
- L'érosion externe due aux écoulements superficiels (ruissellement) des eaux ;

² L'érosion sèche qui se produit dans l'absence de l'eau ne nous intéresse pas dans ce travail.

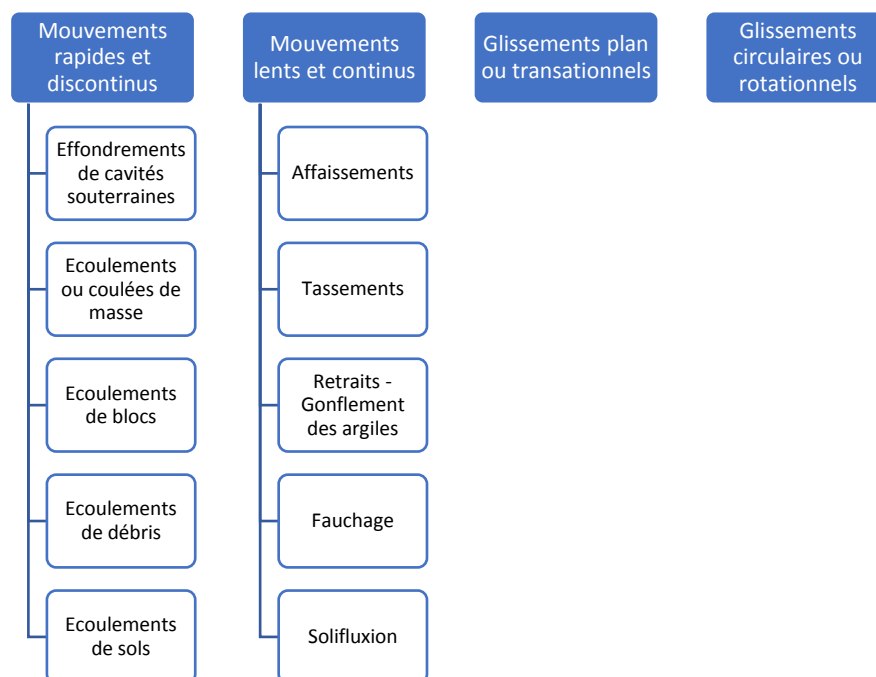
³ Dans le cas des glissements secs, des facteurs déclencheurs non hydrologiques peuvent intervenir.

- L'affaiblissement des forces de cohésion et de frottement des sols, suite à une forte infiltration des eaux ;
- Le colmatage des terrains par dépôts de matières suspendues dans l'eau et les pressions liées aux forces d'écoulements, provoquées par l'écoulement des eaux souterraines.

En plus des éléments naturels, les facteurs anthropiques tels que l'urbanisation et l'intervention sur le sol peuvent influencer la stabilité des terrains. Les édifices augmentent la charge qui s'exerce sur le sol, ce qui peut compromettre sa stabilité. L'altération de la configuration naturelle des pentes, par la création de pentes et terrasses artificielles, peut également agir comme un élément diminuant la résistance des sols aux glissements. Les flux d'eau artificiels et modifiés de leur cours naturel, qu'ils proviennent du ruissellement, de l'irrigation ou de l'arrosage, produisent un effet similaire. Les déboisements volontaires ou involontaires qui entraînent la disparition des racines végétales réduisent autant la stabilité des sols.

Les glissements humides sont de différents types, selon la nature et la structure des sols et selon les mécanismes initiateurs (Ameur 2014). Ils sont lents et progressifs ou rapides et brusques, localisés au niveau d'un talus, ou diffus sur l'ensemble d'un versant, superficiels sur la couche supérieure du sol, ou profonds sur un mètre jusqu'à des dizaines de mètres (Schéma.4).

Schéma I.3.4 – Typologie des mouvements de terrain

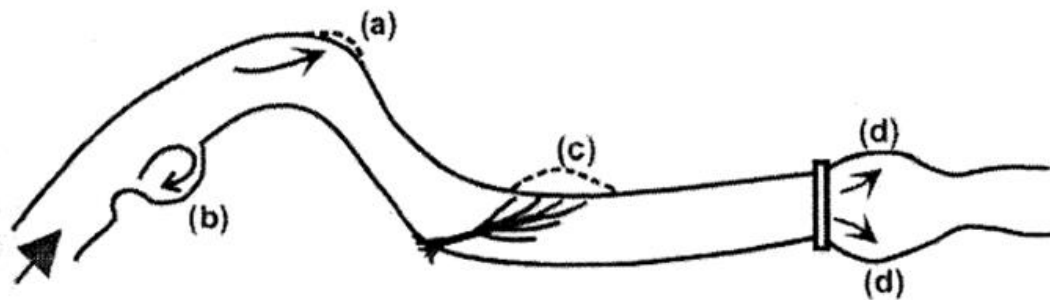


Source – Réuni par l'auteure, 2023

Les mouvements de terrains, lorsqu'ils se produisent sur les berges d'un cours d'eau, sont dits : érosion des berges. L'érosion des berges est un mouvement de terrain qui se produit par un processus naturel ou anthropique où les sols des berges sont arrachés et transportés par le courant. Il est provoqué soit par le courant des eaux de la rivière ou bien par les eaux de ruissellement et de pluies en cas d'intempéries ou par la présence d'obstacles à l'écoulement des eaux comme un tronc d'arbre (figure.1).

L'érosion donne lieu à des coulées boueuses qui affectent le cours d'eau de plusieurs façons : la sédimentation, la modification de la morphologie du cours d'eau (ex : pente, largeur), de son hydrologie (ex : débit) et de son écologie (ex : habitats). D'autre part, elle transforme les espaces urbains proches des rives en élargissant certains et en rétrécissant d'autres. Lors d'une érosion, les aménagements présents sur les rives peuvent être dégradés.

Figure I.3.1 – Exemples de zones sensibles à l'érosion dans un cour d'eau



(a) : érosion dans une courbe ; (b) : érosion par courant de retour ; (c) : érosion par courant réfléchi dû à un arbre tombé ; (d) : érosion par dissipation d'énergie à l'aval d'un seuil.

Source – D'après (Degoutte 2006)

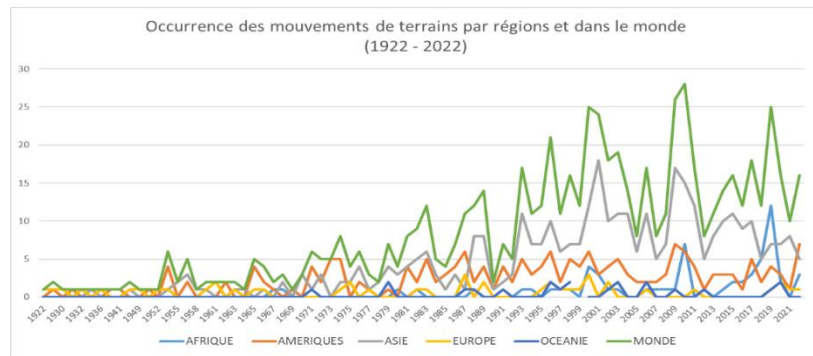
De même que pour l'aléa inondation et d'autres aléas naturels et humains, on a observé une accélération de l'occurrence des mouvements de terrains à partir des années 1960. Cette période coïncide avec une accélération du processus d'urbanisation à l'échelle mondiale.

On note une tendance similaire pour les victimes physiques de ce risque, où le nombre de personnes touchées a manifestement augmenté à partir de la seconde moitié du 20^e siècle en comparaison avec les époques antérieures. Des cas exceptionnels sont notés pendant les périodes de conflits et de guerres, lorsque le nombre de victimes excède toutes les fourchettes répertoriées. Voir le (graphique 6) qui suit.

Au cours du dernier siècle, le nombre des victimes corporelles enregistrées avoisine les 100.000 victimes (EM – DAT 2023). La commission sur les mouvements de terrain, rattachée à

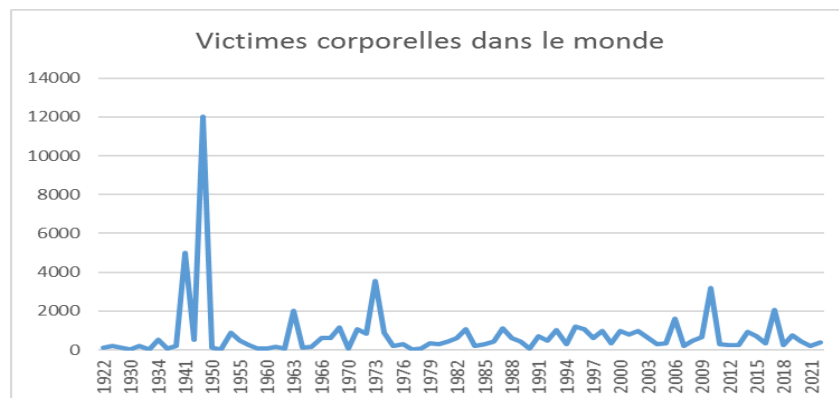
l'association internationale de la géologie de l'ingénieur (AIGI), a estimé dans une étude que la part des victimes corporelles attribuées aux mouvements de terrain dans le monde correspond à 14 % du total des victimes causées par les catastrophes naturelles.

Graphique I.3.5 – Evolution du nombre des mouvements de terrains dans différentes régions et dans le monde, au cours du dernier siècle



Source – D'après les données statistiques de la base (EM-DAT 2023)

Graphique I.3.6 – Les victimes corporelles des mouvements de terrains dans le monde (1922 – 2021)



Source – D'après les données statistiques de la base (EM-DAT 2023)

Selon leur typologie, les mouvements de terrains ont de graves conséquences sur les sociétés, leurs habitants et leurs infrastructures fonctionnelles et structurelles. Les mouvements de type rapide engendrent des conséquences corporelles. Les mouvements de type lent, engendrent quant à eux des conséquences d'ordre économique et d'intérêt général (Ameur 2014). Les glissements superficiels ont des conséquences matérielles sur les infrastructures, qui se manifestent sous forme de fissures sur les murs ou les chaussées. Les glissements profonds donnent lieu à des mouvements sous terrains des masses, ce qui rend leur danger plus grave, du

fait de la difficulté qu'il y'a à détecter ces mouvements. Cet aléa engendre chaque année des victimes corporelles pouvant atteindre 1000 décès/an, en plus des dégâts matériels, économiques structurels et fonctionnels (EM – DAT 2023).

II.2.2. Le risque sanitaire : la dégradation de la qualité des eaux en cause

L'organisation mondiale de la santé (OMS) définit les maladies à transmission hydrique comme des altérations de l'état de santé⁴ d'individus exposés directement ou indirectement à des eaux potables ou non potables, de qualité médiocre (OMS en ligne).

Les MTH⁵ sont principalement causées par la pollution de l'eau potable dans les puits ou dans les conduites contenant des substances nuisibles pour la santé. Au cours de ses recherches et après avoir établi le rapport entre les maladies et la consommation d'eau polluée, Louis Pasteur affirma en 1881 : « *Nous buvons 90 % de nos maladies* ». Cependant, la présence d'eau non potable contaminée est également une cause de MTH. Cette contamination affecte les eaux non traitées et sauvages des cours d'eau, des mers ou des océans à cause de la pollution provenant de l'industrie, des ménages ou de l'agriculture. Par exemple, les réseaux d'eau usées peuvent contaminer les eaux potables et les eaux non potables, qu'elles soient de surface ou souterraine. La contamination peut se produire par le biais de contacts direct ou indirect avec les réseaux d'eaux potables ou les eaux souterraines et superficielles. Lorsque l'eau usée s'infiltre dans le sol ou déborde à la surface, elle devient un facteur de MTH.

Le facteur de la planification urbaine n'est pas étranger à la propagation des MTH. L'urbanisation spontanée et anarchique caractérisée souvent par l'absence ou la médiocrité des réseaux d'assainissement et d'eau potable, fait que les eaux usées se mélangent aux eaux potables. Ajouté aux réseaux défectueux, les zones urbaines anarchiques sont souvent caractérisées par l'absence ou le manque d'hygiène et l'accumulation des décharges sauvages qui donne lieu à la pollution des eaux et à la prolifération des rongeurs et des moustiques porteurs de virus pathogènes dans des zones de stagnation des eaux (ex : fosses, mares). D'autre part, le plus souvent, les quartiers anarchiques sont sous-équipés en infrastructures de santé. Les populations qui y habitent font partie des classes pauvres, ce qui rend la possibilité de contamination par les

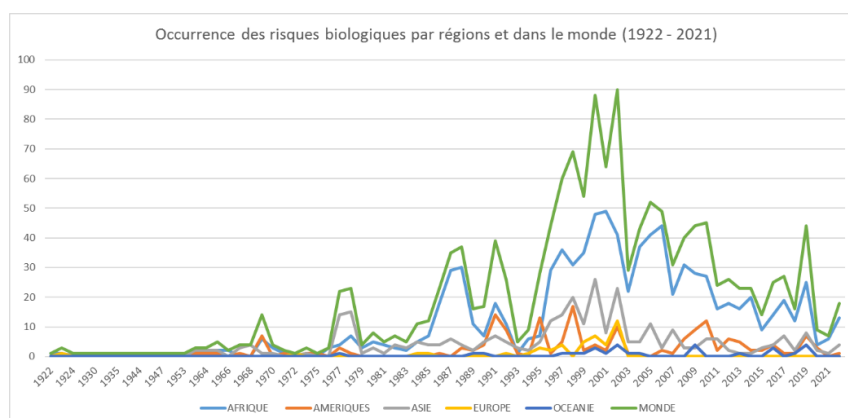
⁴ L'OMS définit la santé comme étant le bien-être physique, mental et social qui dépasse l'absence des maladies.

⁵ Maladies Transmissibles par l'Eau

ustensiles de ménages contaminés ou des aliments insalubres très probable. Au final, la densité très élevée dans ces zones ne fait qu'aggraver la possibilité d'exposition aux MTH.

Du même que pour d'autres risques, nous constatons que l'occurrence des risques de MTH a connu une hausse à partir des années 1960, période qui correspond à l'accélération du phénomène d'urbanisation dans diverses zones du globe. Au cours du dernier siècle, les MTH ont touché toutes les régions du monde. Plus précisément, les régions les plus pauvres sont les plus touchées, avec des foyers se déclarant d'une période à une autre dans les régions riches du monde (graphique.7).

Graphique I.3.7 – Evolution du nombre des risques biologiques (MTH non chimiques) dans différentes régions et dans le monde au cours du dernier siècle



*Dans ces statistiques, la différence entre le risque hydrologique lié à la rivière et celui qui est non rivulaire n'est pas prise en compte.

Source – D'après les données statistiques de la base (EM – DAT 2023)

Les MTH regroupent une multitude de maladies qui ont toutes pour point commun l'origine de la contamination, à savoir : l'eau. Ces maladies peuvent être d'origine bactérienne, parasitaire, virale ou chimique, comme nous pouvons constater dans le tableau (tab.9) qui suit.

Tableau I.3.9 – Principales maladies à transmission hydrique

Origine	Type	Maladie	Voie de transmission
Biologique	Bactérienne	Choléra	Ingestion d'eau polluée, d'aliment ou de boissons souillés.
		Fièvres typhoïdes, paratyphoïdes	Eau de boisson ou d'aliment souillés
		Shigelloses ou Dysenteries bacillaires	Eau ou les mains souillées des déjections des malades, ou par les mouches

Chimique	Virale	Poliomyélite	Ingestion d'eau ou d'aliments contaminés.
		Hépatites A et E	Voie digestive par l'eau, les matières fécales et la consommation de fruits de mer
	Parasitaire	Schistosomiasis	Eau souillée par des excréments contaminés
		Dracunculose	Absorption de l'eau d'étang de mare, de ruisseau contenant des cyclops
		Gastro-entérites	Se transmet tel quel d'un individu malade à un individu sain.
	Nitrate	Méthémoglobinémie	Contamination de l'eau brute ou traitée ou transportée.
Chimique	Fluorose	Fluorose aiguë, chronique, dentaire et osseuse.	Taux élevé de fluore dans l'eau et les aliments.
	Métaux lourds	Maladie de Minamata	Accumulation dans les poissons, suite aux rejets industriels et transport d'eau

Source – Réuni par l'auteure, 2023

Ces maladies engendrent d'énormes enjeux corporels. Selon l'OMS, 30 % des individus contaminés perdent la vie chaque année en raison de contaminations biologiques ou dues à diverses pollutions de l'eau (OMS en ligne). Selon la même source, on attribue environ 1,7 million de morts aux MTH à travers le monde chaque année (IDEM). L'année 1990 a comptabilisé à elle seule 5 millions d'enfants décédés de causes liées à la MTH (IDEM).

II.2.3. Le risque écologique et environnemental : dégradation de l'écosystème naturel du cours d'eau et impacts sur l'écosystème anthropique de la ville

Troll (1939) est le premier à introduire le concept d'écologie, qui a ensuite évolué en écologie urbaine dès les années 1980 grâce à diverses recherches. L'expression fusionne l'aspect spatial des sciences humaines (comme l'urbanisme, la géographie et l'architecture) avec l'aspect fonctionnel des sciences naturelles (telles que l'écologie, la zoologie ou la botanique) (Bourgeois 2015). Elle repose sur l'analyse des interactions entre les activités humaines et le paysage naturel (Turner et al. 1989). Son objectif est de rechercher des solutions pour favoriser la cohabitation entre les espèces naturelles et les êtres humains dans les environnements urbains (Marzluff et al. 2008).

La ressource en eau reste le maillon faible des interactions entre l'urbanisation et l'environnement naturel. Les cours d'eau de surface sont les plus exposés aux dysfonctionnements écologiques et aux dégradations biologiques, hydrologiques et

morphologiques. De multiples pressions telles que la pollution et les modifications physiques entraînent des dysfonctionnements (Villeneuve 2016).

Aujourd'hui, l'un des principaux défis auxquels sont confrontés les cours d'eau est la pression qu'ils subissent en raison de leur pollution. Depuis l'aube de la révolution industrielle, les communautés urbaines ont subi des transformations majeures dans leurs habitudes de consommation et dans les activités anthropiques qui étaient jusqu'à présent rudimentaires et produisaient principalement des déchets organiques et donc biodégradables et en petite quantité. Actuellement, la société humaine moderne, marquée par un style de vie à forte consommation, produit des déchets divers et variés sous toutes ses formes. L'agriculture, l'industrie, la construction, l'extraction des matières premières, les transports mécaniques, ...etc., sont toutes des activités génératrices de déchets. Ces derniers s'accumulent dans les sols, les aires, et les milieux aquatiques.

La question de la pollution à laquelle on a commencé à prêter attention après les années 1950 suite à la relance économique, sociale et urbaine post-Seconde Guerre mondiale (Heimer 1988), a pris une autre dimension avec l'essor industriel et urbanistique qui s'est produit sur tous les continents et dans tous les pays depuis la seconde moitié du 20^e siècle. Les quantités des déchets solides générées chaque année par les villes du monde entier sont de (2.01 milliards de tonnes/an) (Banque Mondiale 2018), ce qui renvoie à (70 tonnes) de déchets rejetés chaque seconde et les chiffres montrent une évolution croissante (Banque mondiale 2018).

Les déchets peuvent avoir les trois formes physiques de la matière : gaz, liquide, et solide, et être d'une origine naturelle ou artificielle. Leurs compositions physico-chimiques et biologiques dépendent de l'activité génératrice, de la matière première dont est issu le déchet, et des processus utilisés lors de l'accomplissement de l'activité.

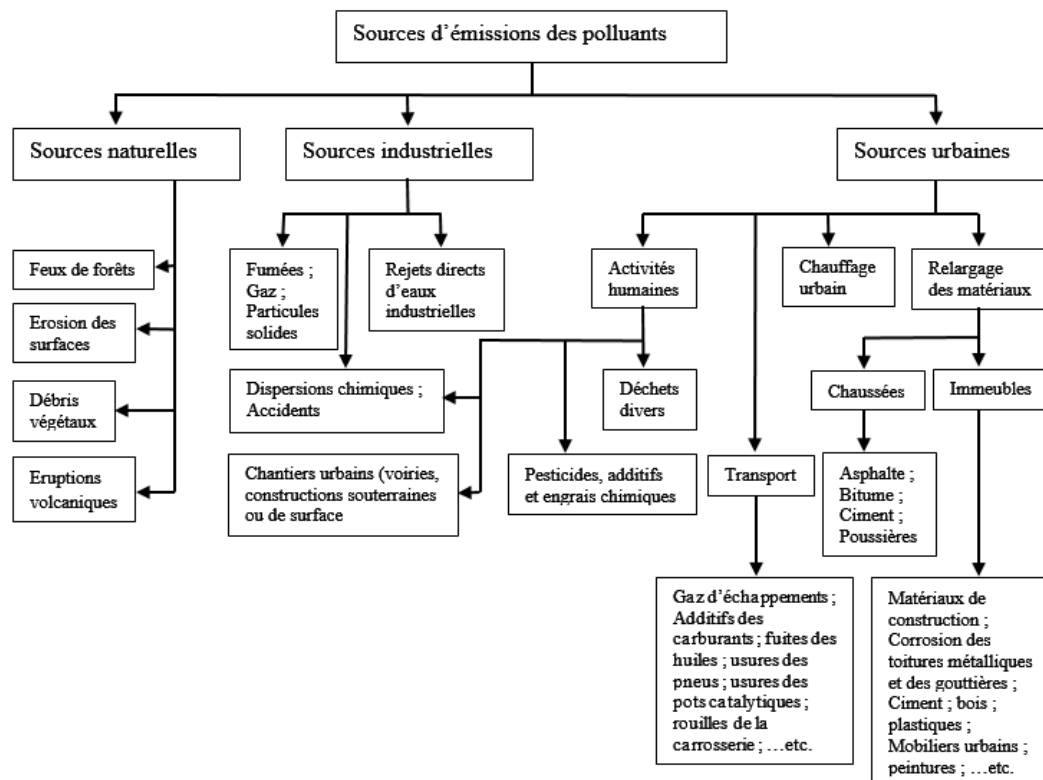
Les principales sources de pollution par les activités urbaines sont comme définies par (Thierry et al. 2001), qui ont spécifié cinq grandes catégories d'occupations des sols qui jouent un rôle important dans les processus de production et de migration des polluants : les voiries, les zones agricoles, les zones de loisir, les zones naturelles non entretenues et les milieux construits (Thierry et al. 2001).

Parmi les activités urbaines génératrices de pollutions ; nous pouvons citer à titre d'exemples : les stations d'épuration, le lessivage des surfaces, les constructions, les espaces construits et

non construits, les rejets ponctuels solides, les décharges publiques contrôlées ou non contrôlées et les sites d'enfouissement, les biogaz, le trafic motorisé (terrestre, nautique, aérien), les établissements de soins, les laboratoires de recherche, les médicaments, les sels déglacant pendant l'hiver, les réseaux d'assainissement en fuites ou en débordements, qui résultent du vieillissement du réseau ou des accidents de travail sur le réseau lui-même ou sur d'autres éléments de la ville.

Les activités industrielles ont généralement recours à des substances chimiques nocives et génèrent également des déchets tout aussi préjudiciables. Les déchets industriels sont variés et abondants, et ils varient d'un secteur industriel à un autre, ils sont gazeux, liquides, visqueux ou solides. Les secteurs industriels qui polluent le plus incluent les hydrocarbures, les centrales nucléaires, les produits chimiques et pesticides, le textile, les matériaux de construction et bâtiment, l'agroalimentaire, entre autres. Les sites contenant des substances toxiques et polluantes peuvent subir de graves contaminations en cas d'incendie ou d'explosion.

Schéma I.3.5 – Activités génératrices de pollution en milieu urbain



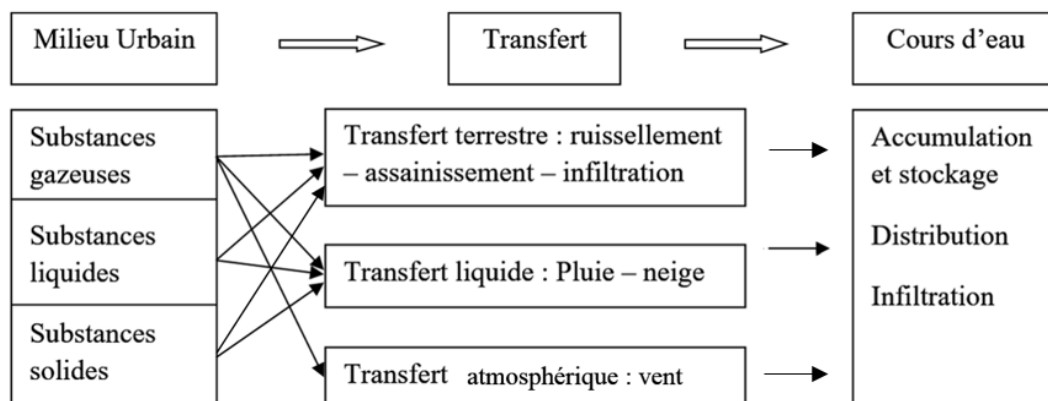
Source – D'après (Zgheib 2009) ; modifié et complété par l'auteure, 2023

En outre, la contamination peut provenir des surfaces naturelles et agricoles situées en milieu urbain ou à ses alentours. Dans ce contexte, les rejets peuvent être soit des rejets verts inertes constitués de résidus végétaux tels que les feuilles d'arbres, les restes de légumes et de fruits, ou encore les résidus animaux ; soit des résidus minéraux qui englobent les déchets solides, ou encore des résidus gazeux tels que les gaz émis lors d'éruptions volcaniques. Les déchets naturels, qui sont similaires aux déchets domestiques et municipaux inertes, ne posent pas de risques spécifiques pour l'environnement ou les organismes vivants.

Les rejets chimiques provenant des terres agricoles, constitués de pesticides et d'engrais chimiques, deviennent très nuisibles lorsqu'ils sont appliqués à des taux élevés. Les déchets agricoles peuvent présenter un risque lorsqu'il s'agit de produits chimiques tels que les fertilisants. En effet, lorsqu'ils sont exposés à l'eau d'irrigation et aux pluies, ces résidus chimiques peuvent ruisseler ou se frayer un chemin dans le sol, entraînant la contamination des eaux superficielles et souterraines. Cela a de lourdes conséquences sur la perte de biodiversité.

Ces polluants sont transférés vers les milieux récepteurs des cours d'eau par voie terrestre, liquide et atmosphérique, selon la nature de la matière polluante, qu'elle soit solide, liquide ou gazeuse. Le transport des polluants solides s'effectue soit par le déversement direct de ces polluants dans les rivières ou à proximité, soit lors du déplacement de ces polluants par les eaux de ruissellement vers les cours d'eau. Les déchets liquides arrivent aux cours d'eau par voie de ruissellement ou de rejets ponctuels directs. Quant aux déchets gazeux issus des fumées, le transfert se fait par voie atmosphérique et liquide, où les substances s'accrochent aux gouttes d'eau de pluie pour s'abattre sur les surfaces terrestres avant d'être ruisselées vers les cours d'eau et les eaux souterraines.

Schéma I.3.6 – Mécanismes de transfert des polluants vers les cours d'eau urbains



Source – Auteure, 2023

Les rejets liquides modifient la physico-chimie des eaux par leur réchauffement, entraînant des problèmes tels que l'eutrophisation, la diminution de la biodiversité et l'évaporation de l'eau. Les particules en suspension qui teintent l'eau d'une couleur sombre empêchent la lumière solaire de traverser l'eau, ce qui entrave le processus de photosynthèse et par conséquent la production d'oxygène dans cet environnement (désoxygénation des eaux). L'appauvrissement en oxygène dû à la pollution par les matières en suspension qui arrivent dans le cours d'eau par ruissellement ou rejets ponctuels des eaux usées et des eaux municipales et pluviales. La pollution par les gaz dissouts provoque aussi l'asphyxie des espèces de poissons dans les rivières et même des maladies à transmission hydrique. Le réchauffement du microclimat de la ville est un aléa qui inclut aussi le réchauffement des eaux de surface. Des eaux chaudes sont des eaux polluées et le système écologique, dans ce cas, est entièrement dégradé. Les eaux sont aussi désoxygénées et la biodiversité asphyxiée.

Les pollutions ne sont pas les mêmes et n'impactent pas les cours d'eau de la même manière. Certaines pollutions sont permanentes et d'autres sont temporaires ou causées suite à des événements dangereux limités dans le temps et l'espace (ponctuels et éphémères). La pollution des eaux (cours d'eau et autres) est permanente lorsque la source du rejet est ininterrompue dans le temps, et elle est temporaire quand le rejet ne se produit que pendant une période de temps avant de s'arrêter. Elle est diffuse lorsque le polluant est dispersé sur des surfaces considérables : de l'amont du cours d'eau à son aval ; du réseau d'assainissement au cours d'eau jusqu'à la mer ; ou du poisson à l'être humain, ...etc. La pollution peut être ponctuelle lorsqu'une substance polluante contamine un milieu limité spatialement et lorsque les effets de la pollution sont limités aussi. Les substances pollueuses rejetées sauvagement sur des zones diffuses ou ponctuelles ont des effets toxiques sur les trois composantes du système cours d'eau (Villeneuve 2016).

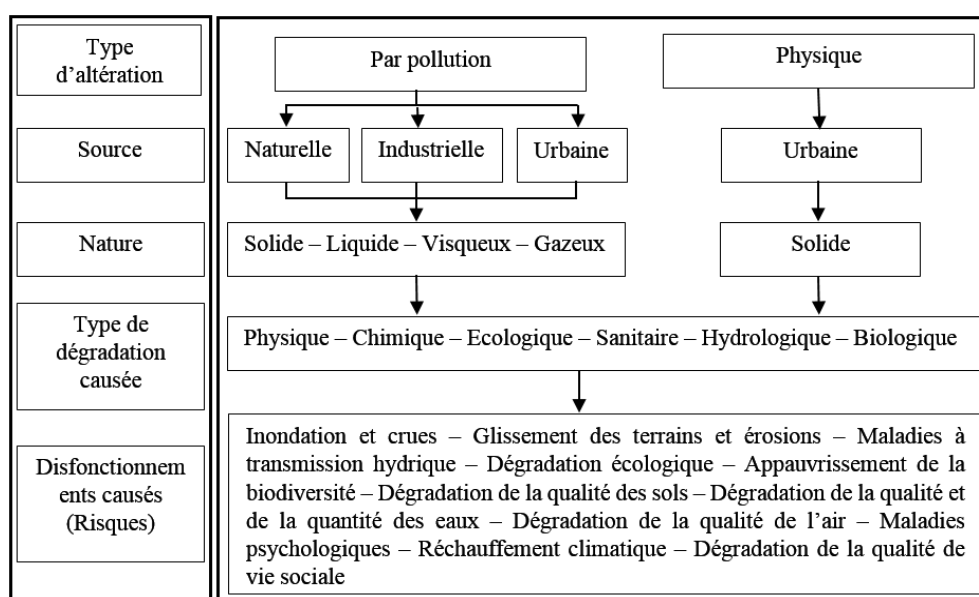
La contamination par polluants peut être réversible ou irréversible, selon la nature de la dégradation causée. Elle est réversible lorsqu'il y'a possibilité de dépollution et de retour à l'état normal de la qualité des systèmes contaminés. Elle est irréversible dans le cas contraire où le retour à une bonne qualité écologique est impossible.

Les modifications physiques sur les cours d'eau altèrent ces derniers. L'artificialisation des cours d'eau signifie la perturbation de la vie biologique, la modification de la continuité écologique et l'appauvrissement de la biodiversité du système aquatique. La dégradation est

causée par des aménagements comme les constructions des digues et des barrages ou bien lors des interventions de prélèvements de sables et des eaux ou par la suppression de la végétation des berges ou par l'imperméabilisation des sols dans le bassin versant.

Les interventions physiques modifient les caractéristiques morphologiques des cours d'eau ; après construction d'une digue, un cours d'eau à faible profondeur et à courant rapide devient une sorte de lac à forte profondeur et à courant faible. Cela implique la modification de tout le système écologique comme les espèces de poissons et la végétation. La faune et la flore adaptées aux eaux courantes ne pourront pas prospérer en eaux stagnantes, tout comme les poissons migrateurs seront incapables de terminer leur cycle de vie qui implique des déplacements réguliers entre l'intérieur et l'extérieur du cours d'eau. Certains aménagements augmentent la température des eaux ; font rétrécir la largeur du lit ; augmentent ou diminuent le débit ou la pente ; déplacent les chenaux d'eau, ce qui influe sur la faune ; la flore ; la qualité et l'existence des habitats ; la continuité écologique et sur l'intensité et l'occurrence des inondations du cours d'eau.

Schéma I.3.7 – Risques causés par les différentes altérations des cours d'eau



Source – Auteure, 2023

Ajouté à la qualité écologique, certaines altérations physiques peuvent faire atteinte à l'existence du cours d'eau en provoquant ou en accélérant son assèchement. L'assèchement des cours d'eau et la suppression des zones humides sont dus à plusieurs facteurs liés aux altérations

physiques : les aménagements sur les cours d'eau ; l'imperméabilisation des sols ; la surexploitation des rivières ou des eaux souterraines. L'imperméabilisation des sols empêche l'infiltration de l'eau et le renouvellement des nappes phréatiques. Des exemples d'assèchement des zones humides superficielles à cause des interventions humaines existent. L'assèchement peut être définitif, saisonnier ou temporaire.

Tableau I.3.10 – Conséquences de la pollution sur la qualité écologique et urbaine

Conséquences sur les cours d' eau	Hydrologie	Augmentation de l'intensité des inondations dans le temps et dans l'espace. -Diminution du temps de réponse des bassins ; -Diminution de la ressource locale en eau en période d'étiage par effet de drainage des réseaux d'assainissement et par dérivation de tout ou partie des eaux de pluie par les réseaux d'assainissement unitaires par temps de pluie normale et en corollaire limitation des apports solides à la rivière.
	Géomorphologie	Incisions des cours d'eau de tête de bassin (ordre 1 à 2) ; induites par une élévation des forces tractrices et des puissances spécifiques (augmentation des débits de pointe et augmentation temporaire de la pente de la ligne d'eau pendant les phases de montée des eaux), élargissement des chenaux incisés par érosion des berges consécutive à l'incision. -Ensablement des branches principales du réseau hydrographique, où la pente est plus faible qu'à l'amont, qui résulte en partie du déstockage sédimentaire amont lié aux incisions. -Le rétrécissement du lit du cours d'eau -Contamination et érosion des sols ;
	Physico-chimie de l' eau	-Altération mécanique due au rejet de boues et de particules ; -Altérations trophiques par la matière organique et les éléments fertilisants (sels d'azote et phosphore) rejetés par le réseau ; -Réduire ou menacer la capacité de la régénération naturelle des eaux -Dérégler l'écoulement naturel des eaux -Augmentation des risques d'inondations par l'accumulation des déchets ou l'eutrophisation. -Changement du régime hydraulique du cours d'eau récepteur ;
	Biocénose	Accumulation des polluants dans les chaînes alimentaires ;
Conséquences sur la ville	Biodiversité	-Augmentation de la mortalité de certaines espèces animales ou végétales jusqu'à parfois les faire disparaître ; -Altérer les capacités physiologiques des espèces en faune et flore ;
	Microclimat	Réchauffement du microclimat de la ville.
	Economiques	-Problèmes esthétiques suite à la dégradation visuelle du cours d'eau ; -Conséquences sur le côté esthétique de la ville ; -Conséquences sur le tourisme, le transport maritime, la pêche, l'agriculture ;
	Sanitaires	La pollution n'affecte pas seulement la faune et la flore aquatique mais aussi la santé et la vie humaine ; ⁶ -Maladies causées par le contact direct (baignade) ou indirect (pêche) ; -Victimes corporelles dans le cas d'inondations provoquées par la pollution.

Source – Réuni par l'auteure, 2023

⁶ D'après une étude, il y'a 8 millions de décès par an et dans le monde dû à la pollution de la qualité des eaux. (Chocat 2013).

Conclusion du chapitre

On ne peut qualifier un phénomène naturel ou anthropique comme étant à risque, à moins qu'il ne cause un dommage quelconque à la santé humaine ou à l'harmonie de sa vie. Dans ce chapitre, nous avons observé que l'être humain représente à la fois un enjeu et une source de nombreux risques. La même chose est vraie pour les espaces urbanisés d'un point de vue structurel ou fonctionnel. Il en est de même pour les milieux naturels des cours d'eau. En considérant ces trois facteurs mentionnés et le réchauffement climatique, les dangers liés aux cours d'eau deviennent de plus en plus fréquents et intenses.

Les inondations deviennent de plus en plus dévastatrices et entraînent des conséquences graves sur le plan humain et socio-économique. Cet événement peut fréquemment être la cause d'autres dangers naturels ou artificiels. Les inondations sont souvent accompagnées de glissements de terrain, d'érosions et de pollutions qui engendrent des risques pour la santé publique et l'environnement.

Les glissements de terrain humides ne causent pas autant de dommages que les crues, néanmoins, ils demeurent un phénomène périlleux qui touche de nombreuses régions à travers le monde. Les diverses formes de pollution constituent des risques anthropiques et naturels qui touchent les zones urbaines. Ils sont à l'origine de maladies, de troubles sociaux et environnementaux et leur impact ne se limite pas aux zones géographiques où ils sont déclenchés. Leurs impacts peuvent être occasionnels et temporaires, mais ils revêtent fréquemment une dimension régionale en ce qui concerne la contamination de l'eau et du sol, et globale lorsqu'il s'agit de la pollution atmosphérique et de la propagation des gaz à effet de serre.

Il est nécessaire de réfléchir à ces risques qui menacent les environnements naturels et urbains afin de réduire leurs impacts sur le climat, la biodiversité, la santé des hommes et la qualité des milieux urbains. Par ailleurs, certains risques non perçus à cause de l'ignorance, du manque de savoir ou de la non-prise en compte des risques émergents doivent être rendus perceptibles (Mériat et al. 2018). Les rendre visibles permet une meilleure compréhension, une prévention et une prise en charge améliorées, ainsi qu'une adaptation et une résilience accrues.

CHAPITRE 4.

Etat de l'art et positionnement épistémologique

Several thin, curved lines in shades of blue and grey sweep upwards from the bottom left corner of the page.

« Il serait mal venu d'attribuer à une théorie l'échec dans le traitement d'un problème si la théorie choisie ne convient pas au type de problème considéré »

Arnold, 1984

Introduction du chapitre

Toute recherche scientifique débute par l'acquisition de connaissances relatives aux domaines et principes méthodologiques, ainsi que par une prise d'information sur les diverses méthodes et approches scientifiques employées dans le cadre du sujet analysé. Cela implique une revue de la littérature et l'analyse des travaux antérieurs qui explorent diverses méthodologies d'étude. Ce chapitre est donc capital, car il s'efforcera de répondre à une question fondamentale inhérente à tout travail académique, pouvant être formulée comme suit :

Quelle(s) est (sont) la (les) méthode(s) et (les) approche(s) à appliquer au présent thème de recherche ?

Sur cette base, le chapitre en cours s'efforce d'éclaircir les diverses techniques reconnues et les méthodes analytiques applicables à l'étude des liens entre urbanisation et cours d'eau dans un cadre de risques et de vulnérabilité.

Les sujets de recherche portant sur l'évaluation de la vulnérabilité aux risques sont nombreux et variés. L'analyse de ces phénomènes exige des méthodes aptes à appréhender leur complexité ainsi que la diversité et la multiplicité des composantes qui les constituent. En d'autres termes, une méthode d'analyse qui aspire à être multidisciplinaire et variée, en phase avec l'étendue et la diversité du sujet.

Ce type de sujets nécessite une analyse binaire : en termes d'espace et de société. Par contexte spatial, nous faisons référence aux aspects physiques : urbanisme et environnement, qui constituent l'espace analysé. Nous entendons par le contexte social les activités, les comportements sociaux, les pratiques politiques et les méthodes de gestion appliquées à l'espace. On appelle également ces deux pôles : élément anthropique et élément naturel.

Par conséquent, le chapitre présente les méthodes considérées appropriées à ce sujet, soutenues par des arguments issus de travaux précédents comparables. Après avoir identifié les options méthodologiques, le chapitre situe le sujet analysé sur le plan épistémologique et présente les détails de la démarche à adopter pour la suite (partie II : Pratique).

L'objectif de ce chapitre est d'établir le cadre méthodologique le plus approprié pour aborder scientifiquement le problème soulevé ([Boutabba 2013](#)) dans l'introduction de cette étude.

I.

APPROCHES ET MÉTHODES DE RECHERCHE EN EVALUATION DE LA VULNERABILITE

Jusqu'à des temps récents, les dangers et les catastrophes étaient perçus dans une perspective de puissance divine et de volonté suprême à laquelle on devait se conformer. Les premières recherches académiques sur les risques ont émergé dans les années 50 aux États-Unis, puis ont gagné le reste de l'Amérique du Nord. Ces études se concentraient initialement sur les dangers liés à la guerre froide, avant de s'étendre à l'examen des risques naturels (Robert 2013). Au départ focalisées sur le contexte physique des événements, c'est-à-dire les aléas, les études ont par la suite intégré la dimension sociale des risques, à savoir la vulnérabilité, grâce au travail des géographes.

Si l'étude des aléas a reçu l'intérêt nécessaire dans la littérature, nous ne pouvons pas dire autant de la vulnérabilité, qui ne suscite d'intérêt que récemment et dont la connaissance reste encore modeste (Provitolo 2007). C'est à la fin du dernier siècle que des géographes et sociologues se penchent sur l'étude de la vulnérabilité (Provitolo 2007). Parmi eux, nous citons, à titre d'exemple : (Fabiani et Theys 1987; Thouret et D'Ercole 1996; Patrick Pigeon 1996; Lalo 1999; Bourrelrier, Deneufbourg, et de Vanssay 2000; Veyret 2004) ; ...etc.

Avec le développement théorique, technique et numérique, de nouvelles perspectives offrent une vision plus large et inclusive du risque, le présentant comme un ensemble d'éléments naturels et humains qui sont inextricablement liés et en interaction constante. En d'autres termes, il découle des connexions entre les environnements naturels et les communautés qui les habitent et les modifient. Par conséquent, l'analyse des risques correspond à l'examen des interactions : nature et anthropisation. Dans ce contexte, la conception déterministe du risque est en contraste avec la conception traditionnelle qui se limite aux deux composantes : l'aléa et la vulnérabilité (les enjeux) (November 2002), ce qui donne lieu à de nouvelles approches qui illustrent mieux la complexité de ces interactions physiques et morales.

Dans ce travail ; nous allons nous concentrer sur l'étude de la vulnérabilité et sur ses interactions avec l'aléa. Ainsi, ce chapitre se focalisera exclusivement sur l'exposition des approches et les méthodes d'étude de la vulnérabilité aux risques.

L’état de l’art présenté ici est principalement basé sur les travaux de : (D’Ercole 1996 ; Thouret et D’Ercole 1996) à propos des approches d’évaluation de la vulnérabilité.

I.1. L’évaluation de la vulnérabilité : la genèse des approches

La multitude des définitions que prend la vulnérabilité et la divergence des domaines concernés par son évaluation imposent une diversité d’approches. Dans cette sous-section nous allons exposer deux types de catégorisation des approches d’évaluation de la vulnérabilité.

La première traditionnelle segmentée, basée sur la séparation du risque en deux composantes qui sont l’aléa, qui est un phénomène naturel, et la vulnérabilité qui se base sur la mesure des pertes potentielles des éléments exposés (enjeux). La deuxième dite « *intégrée* », qui est une approche systémique et globale, qui traite la vulnérabilité comme un système composé d’éléments dynamiques, complémentaires et conflictuels. Ce qui exige une étude intégrée et dynamique et non isolée et figée (Chardon et Thouret 1994 ; Thouret et D’Ercole 1996 ; Weichselgartner et Bertens 2000 ; Cutter, Boruff, et Shirley 2003 ; Liverman 2013 ; Blaikie et al. 2014).

Un résumé des différences entre les deux approches est exposé dans le tableau qui suit.

Tableau I.4.1 – Différences entre l’approche systémique et l’approche segmentée

Approche segmentée	Approche intégrée
Le principe d’évidence : les résultats sont universels ;	Le principe théologique : le système n’est pas détachable de ses objectifs ;
Le principe de vérité : les résultats sont faux ou corrects ;	Pour chaque objectif donné, un résultat peut être pertinent ou non pertinent ;
L’étude des problématiques par le découpage en éléments ;	Le tout n’est pas égal aux parties, il est plus que les parties ;
L’influence des éléments environnants n’est pas considérée ;	Le système est en interaction avec son environnement ;
L’aléa est un élément exogène du domaine économique et urbain	L’aléa est un élément exogène du domaine économique et urbain

Source – D’après (Ait-Aoudia 2006) ; complété et modifié par l’auteure, 2023

I.1.1. L’approche segmentée : sectorielle et empirique

Cette approche fonctionne par le principe analytique de décomposition d’un élément complexe en éléments simples pour les étudier séparément. Elle applique le principe de

Descartes (1637) qui stipule qu'un problème difficile se résout par la décomposition de chacune des difficultés observées au maximum de parties nécessaires pour les résoudre (Descartes 1637). Les difficultés à décomposer sont soit des éléments physiques, soit des éléments fonctionnels ou bien des processus naturels ou artificiels.

Dans ce cas, les difficultés à décomposer représentent des facteurs qui peuvent entraîner de manière directe ou indirecte, une situation de crise (Leone 2007). Ils reposent sur des tests pratiques, des évaluations, des retours d'expérience et des savoirs accumulés auparavant.

Cette méthode peut être considérée comme « *rétrospective* » ou « *prospective* » (Rifai, Khattabi, et Rhazi 2014). Autrement dit, elle repose sur des analyses d'expériences passées ou sur l'observation de la progression de la vulnérabilité au fil du temps grâce à la création de scénarios diachroniques (Rifai, Khattabi, et Rhazi 2014). De plus, elle peut être « *qualitative* » ou « *quantitative* » (Leone 2007). Dans tous les cas, les résultats recherchés sont des représentations cartographiques à une échelle globale ou spécifique (Hammadi 2011).

Cette approche considère la vulnérabilité de deux manières. Sous l'angle de la quantification des enjeux, ou bien celui de la classification des espaces selon leur tolérance ou résilience aux aléas (Ledoux 2006). Autrement dit, elle entame la vulnérabilité par la nature des enjeux. Elle identifie les enjeux susceptibles de subir les dommages lors d'un événement catastrophique et évalue les pertes que subi chaque enjeu après le passage d'un aléa (Provitolo 2007). La nature des enjeux est définie par une classification sectorielle (tab.2).

Tableau I.4.2 – Les éléments vulnérables (les enjeux), perçus par l'approche analytique

Nature d'enjeu	Exemples
Structurel	Les infrastructures physiques (bâti, réseaux physiques, ouvrages d'arts, etc.)
Corporel	Les personnes physiques (dommages corporels)
Humain ou social	Les populations (approches sociale ou psycho-sociales)
Institutionnel	Les institutions
Environnemental	Les différentes composantes du milieu naturel (végétation, ressources en eau, etc.)
Fonctionnel	Les fonctions et activités diverses (économiques notamment) supportés par les éléments précédents.

Source – D'après (Leone et Vinet 2006)

Dans ce cas, nous parlons alors de vulnérabilité sélective, qui fait une répartition sectorielle des enjeux, on dit ainsi : vulnérabilité fonctionnelle, vulnérabilité structurelle, vulnérabilité

humaine, vulnérabilité matérielle, ...etc., ou vulnérabilité biophysique et vulnérabilité sociale (Reghezza 2006).

C'est-à-dire qu'elle approche la vulnérabilité aux risques naturels ou anthropiques selon plusieurs perspectives sectorielles. Il s'agit, entre autres, d'approcher la vulnérabilité selon une perspective sectorielle : biophysique, socio-écologique, politico-économique :

Perspective biophysique : les éléments physiques du risque sont ceux qui façonnent l'exposition à un événement dangereux. Parmi ces éléments, on trouve : la fréquence, la durée, l'occurrence, la magnitude, etc. De ce fait, cette approche considère les quantités et les taux de dommages causés par un risque. La vulnérabilité est alors décrite en fonction du nombre de victimes physiques, des dépenses financières ou des dommages à l'environnement. Dans ce cadre, les impacts sociaux sur la catastrophe sont exclus de l'analyse de la vulnérabilité (Veyret et Reghezza 2006).

Cette perspective d'approche connaît encore des applications dans l'évaluation de la vulnérabilité aux risques naturels, principalement ceux liés aux changements climatiques (McLaughlin et Dietz 2008).

Perspective socio-écologique : Elle souligne l'impact que la société a sur l'environnement et les répercussions de l'évolution de la nature sur les êtres humains et leurs actions (Cardona et al. 2012). Par conséquent, elle propose de prendre en compte les éléments sociaux, humains et naturels dans l'analyse de la vulnérabilité (Birkmann et al. 2013). De ce fait, elle adopte une définition qui intègre cette interaction entre les deux éléments mentionnés.

Perspective politico-économique : ce sont les facteurs socio-économiques et politico-administratifs qui décrivent la vulnérabilité. Elle intègre les composantes de l'organisation politique, institutionnelle et administrative qui sont le produit des activités et des actions humaines.

La vulnérabilité dans ce cas est approchée par trois types de facteurs qui sont : les causes de la vulnérabilité, les pressions qui influent sur ces causes et enfin, les conditions d'insécurité socio-politiques, économiques et environnementales (Tanguy 2016).

Limites des approches segmentées :

Les approches segmentées sont chaque jour un peu plus critiquées (Estrada Díaz 2017). C'est une approche marquée par les principes déterministes de causalité et d'effet (November 2002). C'est-à-dire que c'est une approche figée et non évolutive ou dynamique. Cette approche est figée dans le temps, l'espace et les processus d'application, elle manque de flexibilité qui est pourtant une des principales caractéristiques des phénomènes en milieux urbains.

Cette approche est considérée comme restrictive à cause de l'absence de compatibilité entre les résultats sectoriels qui peuvent être obtenus (Héran 2011). Ses limites résident dans son incapacité à cerner tous les facteurs qui subissent les dommages et ceux qui influencent la capacité de la réponse sociale face au danger (Provitolo 2007). Par exemple, ces études négligent la recherche sur les réseaux de la communication et du trafic, pourtant des éléments indispensables pour minimiser l'ampleur du risque (Provitolo 2007). Dans son contexte, la vulnérabilité ne dépasse pas les facteurs des éléments vulnérables (enjeux) définis par un classement sectoriel, souvent physique. L'étude des risques s'est basée sur l'étude des aléas avec une négligence de la vulnérabilité qui ne reçoit d'intérêt que récemment.

Même quand les deux composantes du risque (l'aléa et les enjeux) sont étudiées, l'étude ne prend pas en compte les liens entre elles et néglige les rapports de la vulnérabilité avec l'aléa, ou les rapports entre les éléments de la vulnérabilité : entre enjeux humains et naturels, humains et financiers, ...etc. Cette approche cartésienne ne prend pas en compte les divergences des systèmes urbains, ni les interrelations entre leurs éléments, elle ne répond pas aux questions sur le fonctionnement et les dynamiques urbaines (Barroca 2017), puisque cette notion de dynamisme n'est pas reconnue dans ce cas. L'absence du dynamisme serait responsable des limites que cette approche montre vis-à-vis des changements climatiques qui se produisent et l'intensification des aléas qui s'en suivent (Woloszyn et Quenault 2013). Sachant que cette approche repose davantage sur le contrôle des aléas et la diminution des vulnérabilités, souvent physiques.

En plus de ça, l'application de cette approche fait appel à des facteurs de vulnérabilité locaux et spécifiques à l'espace étudié. Ainsi, son utilisation est heurtée à la difficulté qu'il y a à généraliser son application dans différents terrains de la recherche (Provitolo 2007).

Il est impossible de définir une grille de facteurs standards utilisables sur tous les espaces vulnérables. Chercher à appliquer les mêmes facteurs sur plusieurs espaces, revient à fausser les résultats de l'étude.

Au final, cette approche souvent empirique (Leone et Vinet 2006) fait appel à des pratiques expérimentales basées sur des solutions matérielles, avec un désintérêt paralysant de l'abstrait et de la raison. Cette caractéristique donne lieu à la négligence des composantes morales des espaces, comme les représentations sociales, dont les comportements socio-culturels psychologiques.

🌈 Cette dernière limite est rattrapée par l'approche systémique que nous allons voir dans ce qui suit.

I.1.2. L'approche systémique : intégrée et alternative

Un système est défini comme une collection d'éléments qui sont connectés entre eux et constituent un tout cohérent (Stoner, Freeman et Gilbert, 1996). Il est aussi un ensemble qui peut être décomposé en parties, chacune étant reliée et en interaction (Vilmin 1999). Il s'agit d'un ensemble d'éléments, tels que des composants matériels, humains ou procéduraux, qui interagissent et sont interconnectés (Villemeur 1988). C'est un regroupement de composants disposés en fonction d'un but et en interaction dynamique (De Rosnay 1975).

Les caractéristiques d'un système, les données qu'il fournit ainsi que les rôles et buts qu'il remplit diffèrent de ceux des éléments qui le composent. Des éléments similaires, regroupés de plusieurs manières, créent divers systèmes avec des rôles distincts, même si les fonctions de chaque composant, lorsqu'elles sont considérées individuellement, demeurent identiques et constantes.

Ce qui détermine les changements dans un système sont les interactions entre les éléments composants et celles entre le système et son environnement. Les interactions entre les éléments d'un système sont des liens et relations entre eux qui sont sous forme d'influence ou d'échange (Mérian et al. 2018). Ces interactions sont linéaires et forment un système dit simple, ou bien elles sont complexes et forment un système complexe. Si les interactions stables sont linéaires, les interactions complexes sont : dynamiques, globales et présentent simultanément des situations d'ordre et de désordre. Selon la complexité des interactions, un système est : « *simple, compliqué, complexe ou chaotique* », d'après un modèle de classement proposé par (Snowden

et Boone 2007). Toujours selon les interactions, le système peut être « ouvert » ou « fermé ». Il est ouvert lorsqu’il transforme son environnement, ou lorsqu’il se transforme par son environnement extérieur. Il est fermé lorsque les interactions se limitent aux éléments internes du système.

Tableau I.4.3 – Qu’est-ce qu’un système ?

Caractéristiques d’un système	Le tout du système est plus ou moins que la somme de ses parties composantes ; Les parties composantes sont inséparables de l’ensemble du système ; Les composantes sont interdépendantes et en interaction ; La possibilité d’apparition de caractéristiques nouvelles qui affectent le tout et les parties (la complexité en nombre et en caractéristiques des composantes du système)
Composition d’un système	Un système est inclus dans un système plus global et en même temps composé de sous-systèmes et tous (système global, système et sous-système) peuvent être des systèmes horizontaux et/ou parallèles ; Des éléments de différentes natures et de différentes structures ; Des interrelations et interactions non linéaires et non toujours rationnelles (avec une part d’intuition), entre éléments ou entre sous-systèmes ; Une organisation et un équilibre (structurel et fonctionnel) ; Des finalités et objectifs

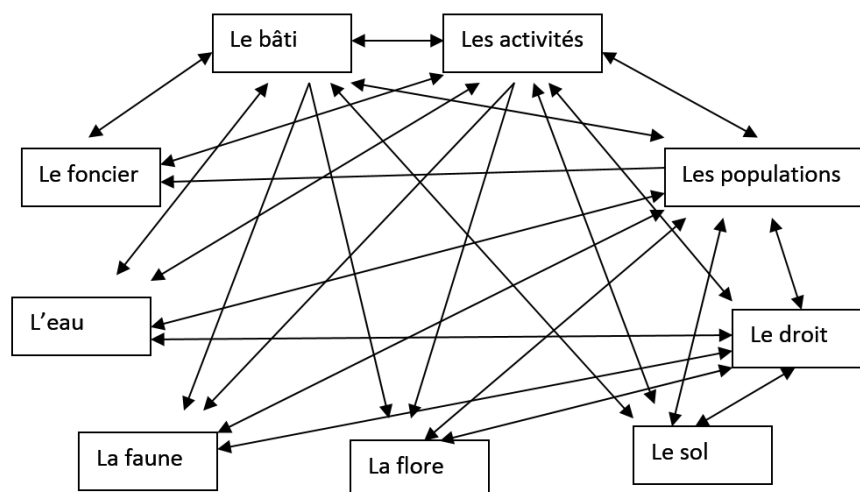
Source – Réuni par l’auteure, 2023

L’approche systémique considère les phénomènes comme constitués d’éléments en interaction constante, qui ne peuvent pas être analysés isolément. Elle examine les enjeux urbains avec une perspective globale et cohérente, en prenant en compte l’ensemble des éléments qui forment le phénomène, ainsi que les relations et les interactions entre eux (Ait Aoudia 2006). Ou comme formulé par l’ADEME (2016), elle envisage les phénomènes comme un système unit où les interactions entre des composants techniques, humains ou organisationnels sont prises en considération (ADEME 2016). De Rosnay (1975) la considère comme une nouvelle approche qui rassemble et organise les données pour une meilleure efficacité d’intervention (De Rosnay 1975), pour Kientga (2008), elle est la méthode qui traite les thématiques dans un cadre de globalité, complexité et dynamique (Kientga 2008).

La vision systémique des phénomènes et des objets, qu’ils soient naturels ou artificiels, commence à émerger après 1945. Elle fait son apparition pour la première fois en 1951 aux États-Unis, grâce au travail fondamental de Von Bertalanffy Ludwig, un biologiste allemand, intitulé, intitulé « *General system theory* ». Ce dernier définit l’approche systémique comme un champ de pensée qui réunit un ensemble de démarches « *théoriques, pratiques et méthodologiques* » (Laurent 2015). Appliquée au début en biologie, l’approche se propage à

partir des années 1970 sur d’autres domaines. Ses champs d’application sont variés, et comptent parmi d’autres : l’informatique ; la biologie ; l’économie ; la cybernétique ; l’évaluation de la vulnérabilité ; ...etc.

Schéma I.4.1 – Exemples d’interactions entre éléments d’un système urbain



Source – Auteure, 2023

C’est une approche utilisée pour sa capacité à répondre à des problématiques complexes et pluridisciplinaires. Elle vient pour rectifier les failles des approches segmentées qui avaient pour méthode de fonctionnement de décomposer les éléments pour les étudier séparément, en toute négligence des liens dynamiques dans le système étudié (Héran 2011). Cette approche renoue avec la loi d’Aristote « *Le tout est plus que la somme des parties* » (Aristote 350 av. j.-c.) et prend en considération l’implication des interactions entre les éléments dans la dynamique du système.

Les interactions rendent les processus physiques des phénomènes actifs, et ces derniers influent sur les éléments de la vulnérabilité (Pigeon 2005). Simplement parlant, l’approche systémique consiste à relier entre aléa et vulnérabilité (Provitolo 2007). Pour cette approche, les risques (aléas et vulnérabilités) sont des phénomènes endogènes et non exogènes aux systèmes urbains et ils font partie intégrante de ces derniers (Gralepois 2008).

Contrairement à l’approche segmentée, l’approche systémique ne se base pas sur l’évaluation des enjeux mais sur l’évaluation des espaces selon leur propension à subir les dégâts. Dans ce cas, la vulnérabilité se définit comme un système réunissant des variables humaines et des variables naturelles, en permanente dynamique spatio-temporelle qui peuvent provoquer des

situations de danger pour les enjeux (D’Ercole 1994). Dans ce contexte, la vulnérabilité n’est plus définie comme l’exposition au danger, mais la capacité du système à maîtriser et à dompter une situation de crise (Provitolo 2007). Elle garde néanmoins, sa définition d’une composante active du système du risque (Gilbert 2006).

Tableau I.4.4 – Eléments de mobilisation de la méthode systémique

Facteurs	Catégories
Structurels	Facteurs sociodémographiques et économiques ; Facteurs socioculturels ; Facteurs physiques, techniques et fonctionnels ; Facteurs institutionnels et politico-administratifs.
Géographiques	Caractéristiques de l’aléa
Conjoncturels	
Réponses sociales	Absorption passive de l’endommagement répété (absence de conscience de risque et/ou absence de préparation à la crise), Acceptation de l’endommagement (prise de conscience du risque acquis), Réduction de l’endommagement (atténuation individuelle ou collective), Modification radicale <i>a priori</i> du comportement social en cas de crise (le seuil de refus dépassé).

Source – D’après (Throuet et D’Ercole 1996)

La mise en place d’une analyse globale de la vulnérabilité exige la réunion de nombreuses informations sur les enjeux humains, matériels et environnementaux. Cette étape d’inventaire des enjeux est suivie par la détermination pour chacun d’eux, des facteurs de la vulnérabilité. Ces facteurs doivent, ensuite, être agrégés pour constituer un zonage intégral qui exprimera la vulnérabilité globale d’un territoire (D’Ercole 1994). Les facteurs de la vulnérabilité sont : structurels, conjoncturels et géographiques, en plus des réponses sociales (Throuet et D’Ercole 1996).

L’approche systémique relève de méthodes qualitatives et semi quantitatives (D’Ercole 1998), rétrospectives, prospectives, explicatives ou prédictives (Barroca et Hubert 2008), diachroniques ou dynamiques (Bouchon 2007). Sa finalité étant une évaluation globale de la vulnérabilité et du risque pour atténuer de manière opérationnelle et/ou prévisionnelle les effets de la catastrophe à trois niveaux : avant, pendant et après l’aléa (Throuet et D’Ercole 1996).

Appliquée à tous les systèmes sociotechniques, les outils de l’approche systémique se varient entre les recherches bibliographiques, les entretiens et les questionnaires à l’intention des acteurs urbains ou le travail de terrain qui consiste à la recherche des données directement de

l'espace source (Combe 2007). Elle combine des outils comme la télédétection, les systèmes d'information géographiques (SIG), les techniques hydrogéologiques (Cisse Faye, Wade, et Niane 2009), l'écologie, l'hydrologie urbaines, ...etc.

Limites de l'approche systémique :

Malgré son efficacité confirmée par de nombreux travaux, l'approche systémique montre des limites dans l'étude de la vulnérabilité des systèmes urbains face aux risques.

Souvent perçue comme une méthode complexe et difficile à mettre en œuvre, cette complexité découle du volume des éléments et du nombre des séquences d'enchainements entre les éléments à considérer en même temps lors de l'étude. D'autre part, le nombre important des éléments qui composent les systèmes rend difficile l'établissement de frontières précises de ces derniers. Cela entraîne l'obtention de résultats divergents en fonction des modifications sur les éléments utilisés (Estrada Díaz 2017). Les modifications peuvent être temporelles, spatiales et dans le type des éléments utilisés.

Cette faiblesse débouche sur un manque de la flexibilité nécessaire pour adapter les résultats d'un cas d'étude validé sur d'autres espaces et à d'autres échelles d'analyse (Mili 2018). En plus du fait que les résultats obtenus restent loin d'être des solutions crédibles et rigoureuses pour la réduction de la vulnérabilité (D'Ercole 1998).

En revanche, l'approche systémique considère tous les composants du système à analyser tout en omettant d'examiner l'évolution diachronique des risques, tels que l'émergence de nouveaux dangers ou la diminution d'autres en fonction de l'émergence de nouvelles activités ou de techniques permettant de gérer certains risques, voire d'adapter les sociétés humaines à coexister avec. Sur ce point, nous pouvons dire que cette approche fait des études aveugles basées sur la définition du système et de son étude et ne prête pas attention à l'évolution dans le temps des risques. Elle ne prend pas en compte le fait que certaines composantes du système, ne sont pas un produit immédiat, mais le résultat d'une accumulation d'évènements et de processus qui évoluent dans le temps.

I.2. Evaluation de la vulnérabilité : l’étymologie des méthodes

Tandis que l'approche est un domaine étendu qui établit les principes théoriques pour traiter une problématique, la méthode se rapporte aux procédures, moyens et règles employés pour parvenir à la solution de ladite problématique.

Plusieurs méthodes d’études de la vulnérabilité existent. Dans chacune de ces méthodes, la vulnérabilité prend un sens différent. Le sens change selon l’angle par lequel on approche les éléments de la vulnérabilité. Il peut s’agir de l’identification, de la détermination de la qualité, de la quantification, de la localisation, de l’analyse des effets de l’aléa sur les éléments vulnérables...etc. (Barroca, Hubert, et Diab 2006).

Pour D’Ercole (1996) les méthodes de l’évaluation de la vulnérabilité sont réparties en trois principales catégories : la méthode quantitative, la méthode qualitative et la méthodes semi-quantitative (D’Ercole 1996). Nous ajoutons les méthodes rétrospectives et prospectives.

I.2.1. La méthode quantitative :

Les méthodes quantitatives utilisent des données de nature mathématique et statistique pour mesurer, expliquer, prédire l’évolution ou décrire un phénomène. L’étude se fait via des sondages ou des questionnaires destinés à un échantillanant représentatif du thème étudié, ou bien via le codage de dossiers d’archives ou de documents administratifs, ou d’autres sources d’informations comme sonores ou visuelles...etc. Le choix du cheminement à suivre et du raisonnement à utiliser, exige que les données soient standardisées. C’est-à-dire que les individus ou les situations de l’étude offrent tous des informations de nature et de modalités de codage exactement identiques (Martin 2021).

Les données produites sont des informations en : chiffres, ratios, pourcentages, ...etc. Ces données chiffrées sont exploitées pour expliquer des phénomènes, répondre à des problématiques posées ou appuyer une hypothèse hissée.

Cette méthode est employée depuis longtemps dans les pays industrialisés, notamment par certains économistes dont le but est d'aider les décideurs à formuler et à chiffrer leurs politiques de prévention. Suivant des techniques d'évaluation parfois complexes, la méthode quantitative vise à mettre en balance les répercussions économiques des dégâts occasionnés par une catastrophe potentielle et les coûts entraînés par la réalisation de mesures visant à en limiter les

effets. Il s'agit là d'analyse de vulnérabilité économique stricto sensu, associée à des analyses coûts-bénéfices.

La vulnérabilité dans ce cas, prend le sens des enjeux, aussi dits « *éléments vulnérables* » ou « *éléments exposés* ». Les enjeux sont les éléments susceptibles de subir un endommagement dans une zone à risque quelconque. L'approche quantitative mesure l'endommagement potentiel des éléments, le plus souvent celui des hommes et des biens, afin d'aboutir à un indice de perte ou de valeur des dommages potentiels (Provitolo 2007). Donc, cette méthode se fonde essentiellement sur l'élément vulnérable à partir duquel il s'agit de mesurer les conséquences en cas de survenue d'un phénomène dangereux.

Elle se base sur le traitement statistique des éléments vulnérables en s'appuyant sur des critères de vulnérabilité, qu'ils soient de nature qualitative ou quantitative. Quand les critères de vulnérabilité sont de nature qualitative, ils sont pondérés, pour permettre leur évaluation quantitative. Elle peut faire une hiérarchisation des éléments vulnérables selon la probabilité de leur exposition, suite à ça, une échelle de vulnérabilité peut être mise en place (D'Ercole et al. 1995).

La vulnérabilité est ici conçue comme le pourcentage ou comme une valeur numérique de ce qui peut être perdu en cas de sinistre (D'Ercole et al. 1995). Les résultats sur la vulnérabilité d'un espace sont exprimés comme des indices de vulnérabilité ou des indices de perte (D'Ercole et al. 1995). L'évaluation de la vulnérabilité peut être « *à priori* », c'est-à-dire qu'elle consiste à faire des estimations potentielles des pertes ou alors « *à posteriori* », lorsqu'elle admet des estimations de pertes historiques (Hubert et Ledoux 1999).

Limites de la méthode quantitative

Bien que chercher des données via des questionnaires ou sondages reste utile, la qualité des données recueillis ne reflète pas forcément une exactitude et une précision élevées. Les données de ce type sont souvent issues d'opinions personnelles ou des données administratives, non pas toujours actualisées et vérifiées sur le terrain. Elles peuvent aussi être des opinions qui ne reflètent pas forcément la pensée du répondant, ce qui risque de fausser les résultats. La qualité est plus compromise lorsque la taille de l'échantillon n'est pas assez représentative. Un échantillon représentatif nécessite une taille suffisamment importante de participants au sondage ou de répondants au questionnaire.

Ensuite, c'est une méthode qui manque de flexibilité. Une fois engagé dans la phase d'administration du questionnaire, le chercheur ne peut plus revenir en arrière pour insérer des modifications (Moretti 2018).

Finalement, les résultats issus de cette méthode se limitent à définir les classes des phénomènes et négligent les conditions et les causes derrière les variations de ces classes, ni la fragilité des enjeux (Grivault et Barczak 2007), ou les représentations sociales des populations étudiées. Autrement dit, cette méthode arrive à décrire un phénomène et à exposer un résultat sans prendre en compte d'expliquer le pourquoi ou le comment du phénomène, en plus de prendre l'individu comme un facteur social passif complètement dominé par les effets du phénomène.

I.2.2. Méthode qualitative

La méthode qualitative se réfère à l'ensemble des techniques d'investigation connues en vue d'accueillir des données subjectives d'une population cible sur un thème donné. Elle utilise les entretiens et l'observation pour recueillir des données et des opinions d'un public profane ou érudit.

C'est à partir des années 1980 que cette méthode s'impose. Elle s'intéresse à l'étude des phénomènes dynamiques et évolutifs d'où sa légitimité qu'elle s'est procurée dans l'étude de la complexité et de la diversité des phénomènes influencés par le vécu des populations ciblées par l'étude. Dans la perspective de cette méthode, l'individu est un être conscient et actif.

C'est une méthode qui ne nécessite pas beaucoup de données de terrain et utilise les dires d'experts « *méthode par expertise* » et les lois empiriques pour délimiter des espaces touchés par l'aléa, tout en faisant un classement du niveau de l'aléa. Un classement exprimé sous forme qualitative, par exemple : fort, moyen et faible (Hammadi 2011).

L'objectif de cette méthode est de comprendre les comportements et agissements des populations cibles, non pas en réunissant une quantité importante d'informations, mais en réunissant des informations de qualité, par des techniques d'entretien, d'observation ou de focus groupe (tab.5).

Tableau I.4.5 – Techniques de la méthode qualitative

Observation	Entretien	Focus groupe
Recueil d’informations auxquelles le chercheur assiste en tant qu’observateur. L’observation peut être participante ou non participante	Questions verbales ou écrites entre des interviewers et des interviewés. L’entretien peut être directif, semi-directif ou non directif	Observation des interactions entre des individus observés dans un environnement et des conditions spécifiques

Source – D’après <https://www.scribbr.fr/methodologie/etude-qualitative/>; consulté le 07/03/2024

D’autres techniques peuvent être utilisées dans le cadre de la méthode qualitative : collecte d’informations par recueil documentaire, collecte d’informations par analyse de discours ou par analyse de politiques publiques. Cela la rend importante dans l’évaluation des phénomènes, y compris la vulnérabilité aux risques.

La vulnérabilité dans le cas de la méthode qualitative, prend le sens de la proportion d’une société à subir les dommages émanant d’un phénomène à risque (D’Ercole 1996). C’est pourquoi, l’évaluation de la vulnérabilité se fait par l’analyse de ses facteurs structurels, conjoncturels et géographiques. Le plus souvent, les facteurs de la vulnérabilité sont de nature socio-économique, démographique, technique et géographique, mais ils peuvent être de nature législative, politico-administrative ou encore psychologique. L’analyse des facteurs détermine leur poids (D’Ercole et al. 1995), selon leur influence sur les réponses sociales et spatiales face à l’aléa (Barroca, Hubert, et Diab 2006). Des réponses sociales variées entre le refus radical et l’acceptation complète à subir les pertes (Hammadi 2011).

Tableau I.4.6 – Facteurs de la vulnérabilité

Nature des facteurs	Elément d’enjeux
Structurale	- physiques (infrastructures) ; - corporels
Humaine et sociale	- sociaux ; - psycho-sociaux
Institutionnelle	- institutionnels ;
Environnementale	- composantes naturelles : eau, faune, flore, sol, climat, ...etc.
Fonctionnelle	- activités économiques diverses

Source – D’après (Leone et Vinet 2006)

Certains facteurs sont utilisés plus souvent : facteurs urbains, démographiques, socio-économiques ou technico-fonctionnels ; plutôt que d’autres : réglementaires et législatifs, institutionnels et politico-administratifs ou psycho-sociologiques (D’Ercole et al. 1995). Le choix des facteurs est déterminé par la disponibilité des données et par la qualité d’informations

qu'elles offrent au chercheur. Ce qui rend cette méthode plus convenable aux petites échelles ne dépassant pas 1/10 000 (Hammadi 2011).

Par sa simplicité technique et sa focalisation géographique, cette approche est plus utilisée en Amérique centrale, en Amérique du sud et dans les pays en développement.

Limites de la méthode qualitative

Les principaux ouvrages qui ont traité les méthodes de la recherche qualitative et quantitative comme « *l'enquête et ses méthodes : l'entretien* » (Blanchet 2007) ; ou « *la méthode en sociologie* » (Combessie 1998) montrent une négligence affirmée de la méthode qualitative comparée à la méthode quantitative. Ce qui signifie que, pour plusieurs raisons, cette méthode n'est pas aussi utilisée que la méthode qualitative.

Tout d'abord, l'approche qualitative se distingue par sa tendance à s'appuyer sur l'expertise des spécialistes, ce qui la rend subjective (Ameur 2014), empreinte d'émotion et parfois spéculative. Étant donné que les questions d'entretiens, parfois mal formulées, pourraient ne pas être saisies correctement par les participants, ce qui pourrait fausser les résultats.

D'autre part, c'est une méthode qui se caractérise par l'absence de données numériques tout au long des étapes de son application ce qui nécessite une standardisation et une quantification de toute information obtenue. Cette caractéristique de faiblesse liée à l'absence du caractère quantifiable des données était vue par les chercheurs comme un handicap qui défavorise cette méthode selon le principe que « *ce qui ne se compte pas ne compte pas* » (Boucherf 2016).

I.2.3. Méthodes mixtes

Gerard (1998) considère les méthodes qualitatives et quantitatives comme étant complémentaires et loin d'être en opposition, c'est pourquoi, il serait judicieux de les combiner (Gérard 1998) afin d'obtenir une méthode mixte des deux. Dans la même posture, Bryman (1984), compare les inconvénients et les avantages de chacune des méthodes qualitatives et quantitatives et soutient l'intérêt pour la recherche de combiner les deux dans une seule méthode mixte (Bryman 1984). Il est donc rare de recourir exclusivement à l'une des méthodes, qualitative ou quantitative, sans intégrer des éléments de l'autre méthode. C'est ce qui est expliqué par Groulx (1997) lorsqu'il affirme l'abondance de l'usage combiné des deux méthodes dans les projets de recherche (Groulx 1997).

Ainsi, la méthode est mixte est une méthode intermédiaire entre les deux méthodes précédemment citées. Elle peut se passer de données numériques telles que les informations économiques et s'appuie sur des données quantitatives pour obtenir des résultats qualitatifs. Ses résultats sont donnés de façon relative et approximative et non par des valeurs exactes. Autrement dit, c'est une méthode qui n'est pas basée sur la précision mais sur la corrélation approximative. C'est pourquoi elle est utilisée dans les cas où les mesures directes ne sont pas possibles.

Cette méthode a des applications dans les sciences sociales comme dans les sciences naturelles. Les travaux illustratifs de cette méthode dans le domaine de l'évaluation de la vulnérabilité sont, entre autres, les travaux de (Lavigne et Thouret 1994 ; Chardon 1994 ; ...etc).

Tableau I.4.7 – Les méthodes mixtes

1.Explicative	2.Exploratoire	3.Triangulation	4.Encastrement	5.Encastrement
Plus quantitative que qualitative	Plus qualitative que quantitative	Aussi quantitative que qualitative	Qualitatif avec des traits quantitatifs	Quantitatif avec des traits qualitatifs

Source – Auteure, 2023 ; d'après (Creswell et al. 2003)

La vulnérabilité dans le contexte de cette méthode a la même signification que dans le contexte de la méthode qualitative. C'est-à-dire la disposition des milieux à subir des pertes. Ce qui diffère entre les deux est l'appréciation de la société. Dans ce cas des méthodes mixtes, la société n'est pas prise comme un tout global (D'Ercole et al. 1994), mais comme des éléments exposés et hiérarchisés soit socialement ou spatialement (IDEM). Donc, elle étudie les éléments vulnérables et les facteurs de vulnérabilité par une évaluation relative à leurs valeurs en utilisant des indices. Leurs valeurs peuvent être de deux catégories : individuelle ou globale.

La finalité des méthodes mixtes est d'arriver à l'élaboration de cartes de vulnérabilité (D'Ercole et al. 1994), à une échelle locale variant de 1/10000 à 1/25000. Pour cela, des instruments méthodologiques et techniques peuvent être exploités, à savoir la méthode multicritère ou la méthode factorielle (Propeck-Zimmermann 2003), ainsi que les SIG ou la télédétection.

Limites des méthodes mixtes

C'est une méthode qui a pour objectif de combiner les forces des deux méthodes qualitative et quantitative. Elle est sensée offrir moins de précisions numériques que la méthode quantitative et plus de fidélité des opinions que la méthode qualitative.

L'intégration des deux méthodes qualitative et quantitative dans une même étude peut être confrontée à des contraintes épistémologiques. Ainsi, la méthode mixte exige de ne pas fausser la logique du fonctionnement épistémologique des deux méthodes mixées.

✚ S'ajoutent aux trois méthodes précédentes les méthodes rétrospectives et prospectives qui approchent la vulnérabilité d'un point de vue diachronique.

I.2.4. Méthodes rétrospectives / prospectives

C'est une analyse diachronique des phénomènes ou une analyse dans des périodes saisonnières ou biologiques du temps. Elle fait l'étude de l'évolution dans les temps des phénomènes. Elle est le regard scientifique sur l'avenir (prospectif) et sur le passé (rétrospectif) (Valaskakis 1975).

Une analyse prospective fait référence à l'exploration des futurs possibles pour une situation ou un phénomène actuel (Remy et Pichault 2011), elle est pour Scouarnec et Yanat « *l'ordre de temps humain* » (Scouarnec et Yanat 2003), ce qui signifie qu'elle prend en compte la dimension humaine et ne se limite pas à la dimension physique du temps. Pour Berger, la prospective est une discipline qui repose sur les cinq principes de « *Voir loin, voir large, analyser en profondeur, prendre des risques et penser à l'homme* » (Berger 1964).

Elle est introduite dans la littérature pour la première fois, au 20^e siècle, par un romancier dit Wells, qui signale l'importance de savoir ce qui peut se produire à l'avenir (Scouarnec 2008).

Les méthodes prospectives concernent l'étude des possibilités de l'évolution future des phénomènes. Dans ce cas, les phénomènes étudiés ne sont pas connus auparavant, mais ils sont à déterminer par l'utilisateur de cette méthode. La méthode prospective consiste à proposer des évolutions futures possibles et non pas de faire la prédiction (Aguilera, Valenzuela, et Botequilha-Leitão 2011). Les méthodes prospectives utilisent des outils de simulation qui nécessitent l'utilisation de paramètres qui ont influencé le phénomène déjà en place pour essayer de définir les futures orientations probables de la croissance de ce dernier. Ces outils de

simulation donnent des résultats théoriques (Mitsova, Shuster, et Wang 2011) réalistes, ou des documents d’aide à la prise de décision élaborés par les autorités de la zone étudiée pour les choix des évolutions futures.

Tableau I.4.8 – Etapes de la prospective

Etape	Explication
Appréhension contextuelle	Entretiens semi-directifs
Pré-formalisation	Questionnaires à l’intention des acteurs experts
Construction	Analyse des questionnaires en groupes de travail
Validation	Modèle général intégrant les résultats des groupes de travail

Source – D’après (Boyer et Scouarnec, 2002)

Quant aux approches rétrospectives, elles font la comparaison des transformations survenues selon des dates différentes dans le passé et le présent. Les transformations en question sont multi-dimensionnelles : des comportements sociaux, des phénomènes naturels ou des rapports institutionnels.

Calculer l’évolution d’un phénomène entre deux dates ou plus peut se faire par l’exploitation de données numériques, géographiques ou statistiques collectées et traitées grâce aux différents logiciels tels que : des images satellitaires, les bases de données vectorielles et les statistiques, ceux pour les dates considérées. L’intégrité des résultats exigent que les données soient techniquement identiques. Par exemple : les images satellitaires doivent avoir une même résolution et les bases de données établies d’une manière semblable (Bourgeois 2015). Certaines méthodes d’études rétrospectives diachroniques peuvent être de base et n’utilisent que des opérations simples comme, à titre d’illustration : celles de calcul des surfaces bâties entre différentes dates.

Tableau I.4.9 – Etapes de la rétrospective

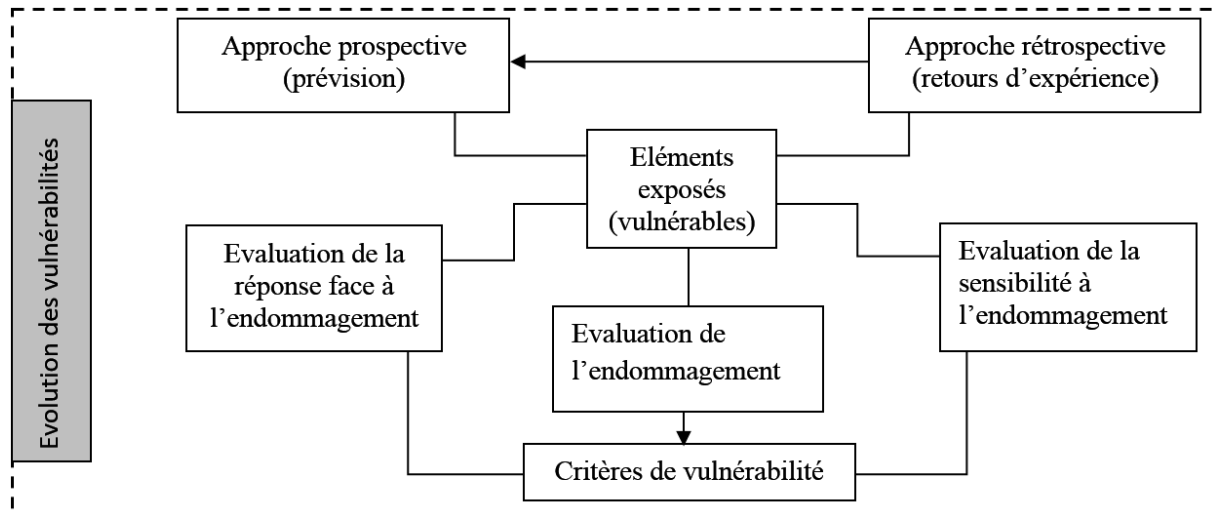
Etape	Explication
Cadrage	Entretiens et analyse documentaire
Collecte de données	Entretiens semi-structurés, questionnaires et groupes de discussion
Analyse de données	Triangulation des données et rédaction des résultats

Source – D’après l’(UNESCO 2022)

La distinction entre l’approche prospective et l’approche rétrospective se manifeste par le fait que la première s’avère plus complexe à mettre en œuvre en raison de l’incapacité à prédire avec précision comment le phénomène évoluera dans le futur. Cela exige l’emploi de diverses

méthodes pour examiner la progression des phénomènes (Bourgeois 2015). Par ailleurs, ces méthodes sont complémentaires. La première (rétrospective), qui repose sur l'analyse des expériences passées, constitue une base de données pour l'application de la seconde (prospective), qui anticipe les probabilités et les scénarios futurs des phénomènes (Ameur 2014).

Schéma I.4.2 – Synthèse des méthodes prospective et rétrospective



Source : D’après (Ameur 2014)

Limites des méthodes rétrospectives / prospectives

L'approche rétrospective repose sur l'exploitation de données historiques qui, bien que parfois incomplètes, peuvent omettre des précisions et des renseignements susceptibles d'altérer les résultats finaux. Par ailleurs, certaines données statistiques cruciales ne sont pas mesurables, ce qui affecte la qualité des résultats. La vulnérabilité n'est plus alors bien connue puisque tous les facteurs de vulnérabilité ne sont pas entièrement et correctement identifiés.

De l’autre côté, on reproche à la méthode prospective son insuffisance opérationnelle due à l'absence d'instruments adaptés aux pratiques managériales (Scouarnec 2008).

Il convient de signaler que, malgré les lacunes inhérentes à chaque méthode, les conclusions tirées des approches prospectives sont généralement plus acceptables que celles dérivant des approches rétrospectives.

II.

TECHNIQUES ET OUTILS D'EVALUATION DE LA VULNERABILITE, LES OUTILS D'AIDE A LA PRISE DE DECISION

La mise en œuvre des méthodes et approches exposées dans un projet de recherche nécessite l'utilisation d'outils techniques. Il existe une grande variété d'entre eux, tant du point de vue de leur composition que de leurs procédures opérationnelles. Ces outils sont parfois utilisés de manière indépendante ou en complémentarité, en fonction du problème traité, des hypothèses formulées et des objectifs recherchés.

Dans ce qui suit nous allons nous intéresser à des outils spécifiques. La sélection de ces outils, par rapport à d'autres existants, s'explique par les exigences du présent travail.

II.1. Les indicateurs

Tout comme pour l'ensemble du vocabulaire relatif à la vulnérabilité, les indicateurs manquent d'une définition précise. Toutefois, Gallopín (1997), enrichi par Birkmann (2006), leur attribuent la définition des variables qui représentent opérationnellement une caractéristique ou une qualité d'un système, fournissant ainsi des informations sur la résilience, la capacité de réponse et la sensibilité. (Gallopín 1997 ; Birkmann 2006). Ait-Aoudia (2006) définit les indicateurs comme des instruments d'aide pour la prise de décision, la communication et la médiation (Ait-Aoudia 2006). Ils servent à représenter, suivre l'évolution ou comparer des systèmes complexes qui comportent plusieurs niveaux et différentes échelles décisionnelles (IDEM).

Ils peuvent être de nature qualitative, ordinale ou quantitative (Gallopín 1997) et ils constituent une unique variable autonome ou plusieurs variables agrégées dans un ou plusieurs indicateurs (Kaufmann, Kraay et Mastruzzi 2008).

En leur qualité d'outils simples et claires de diagnostic, de communication, d'intermédiation et de représentation des systèmes complexes dont les systèmes urbains ; le rôle des indicateurs vise à porter une information simple et compréhensible pour les récepteurs (Cherared, 2012). Ils permettent de clarifier la présence ou non de dysfonctionnements dans une zone urbaine, et de les définir et classer selon leur importance et priorité : ce sont des instruments de

diagnostique urbain ([Ait Aoudia 2006](#)). En plus, ils servent au suivi de l’évolution dans le temps de la vulnérabilité d’un territoire à comparer la fréquence et l’occurrence de la vulnérabilité d’un territoire à un autre ([Quillet et al. 2019](#)).

Dans l’absence de règles qui standardisent le choix, le développement, et l’utilisation des indicateurs de la vulnérabilité, chaque travail peut disposer d’indicateurs proprement établis. Le choix de ces derniers est une affaire délicate qui doit prendre en compte les différentes facettes du système de la ville qu’ils soient physiques (naturel et anthropique), et socio-économiques. La construction d’indicateurs peut se faire à partir d’un travail original du chercheur, en utilisant des données qualitatives, quantitatives ou mixtes, ou d’un travail préexistant, mis au point par des organisations internationales, des entreprises ou des projets de recherche.

Divers organismes internationaux, qu’ils soient gouvernementaux ou non, se consacrent à l’étude des systèmes urbains et de leurs indicateurs. Ils ont déjà élaboré des grilles d’indicateurs urbains adaptées à divers contextes. Nous pensons à titre d’illustration :

- Aux indicateurs de la commission des nations unies du développement durable (Agenda 21) ;
- Aux indicateurs de l’organisation de la coopération et du développement économiques (indicateurs urbains, sociaux et environnementaux) ;
- Aux indicateurs de la commission de développement durable (CDD – NU)
- Aux indicateurs de l’agence "HABITAT" des Nations Unies (Agenda Habitat) ;
- Aux indicateurs de l’organisation pour la Coopération et le Développement Economique. (OCDE, 2008) ;
- Aux indicateurs de l’agence européenne de l’environnement ;
- Aux indicateurs de l’Agence Européenne de l’Environnement AEE ;
- Aux indicateurs de la directive cadre européenne sur l’eau (DCE : 2000/60/CE) ;
- ...etc.

L’utilisation des indicateurs est banalisée ces dernières années grâce à divers travaux dans différents secteurs urbains. Certains travaux sont des lignes directrices établies par certains auteurs dont ([Maclaren 1996](#)), modifiés et adaptés au domaine de la vulnérabilité par ([Crawford 2002](#) ; [Adger et al. 2004](#) ; [Díaz-Balteiro et Romero 2004](#) ; [Birkmann 2006](#)).

De tous ces travaux sont issus des modèles d’indicateurs dont les plus utilisés sont comme synthétisés dans le tableau (tab.10) suivant :

Tableau I.4.10 – Exemples de modèles d’indicateurs

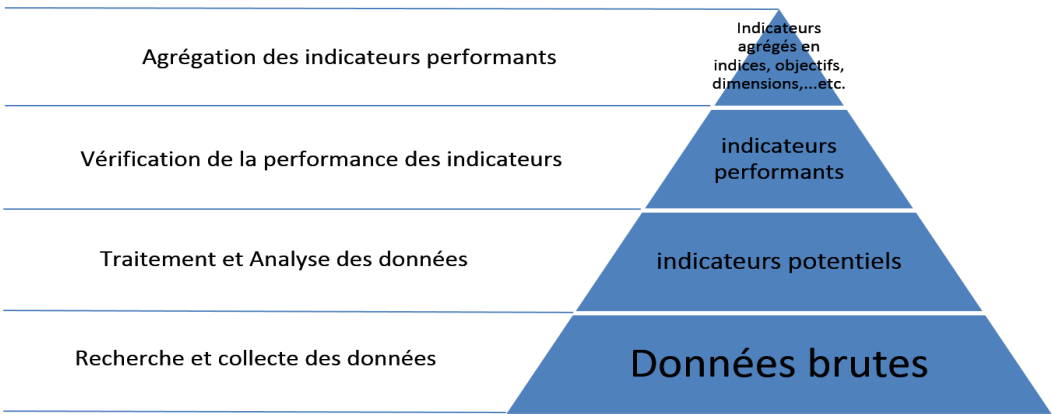
Modèle	Référence
P-R (Pressure and Release)	Blaikie et al., 1994
P-S-R (Pressure-State-Response)	OCDE, 2001
D-S-R (Driving forces-State- Responses)	Dérivé du P-S-R
D-P-S-I-R (Driving forces-Pressure-State-Impact-Response)	EEA, 2003

Source – Réuni par l’auteure, 2023

A l’origine, les indicateurs sont des données brutes non concluantes pour donner des informations sur le phénomène étudié. Leur développement nécessite un travail organisé en étapes, qui commence par la recherche de la donnée brute et se termine par la définition des grilles d’indicateurs définitifs. Pour y parvenir, le passage des données primaires brutes aux données analysées nécessite un traitement selon un processus qui permet leur vérification et tri. À ce niveau, seules les données répondants aux objectifs tracés et aux critères sélectionnés sont conservées, tandis que les autres données sont abandonnées. Ensuite, les données gardées sont encore traitées et triées pour arriver à des données performantes dites indicateurs.

La sélection des indicateurs se fait par la prise en compte de deux facteurs : les informations disponibles au départ (autrement dit : les input), qui feront office de matière première à exploiter et les objectifs souhaités à atteindre (les output) qui doivent répondre aux interrogations de la problématique. Entre les deux se trouvent les données agrégées, qui sont le résultat de l’analyse des données primaires. (Voir le schéma.3).

Schéma I.4.3 – Etapes de développement d’une grille d’indicateurs



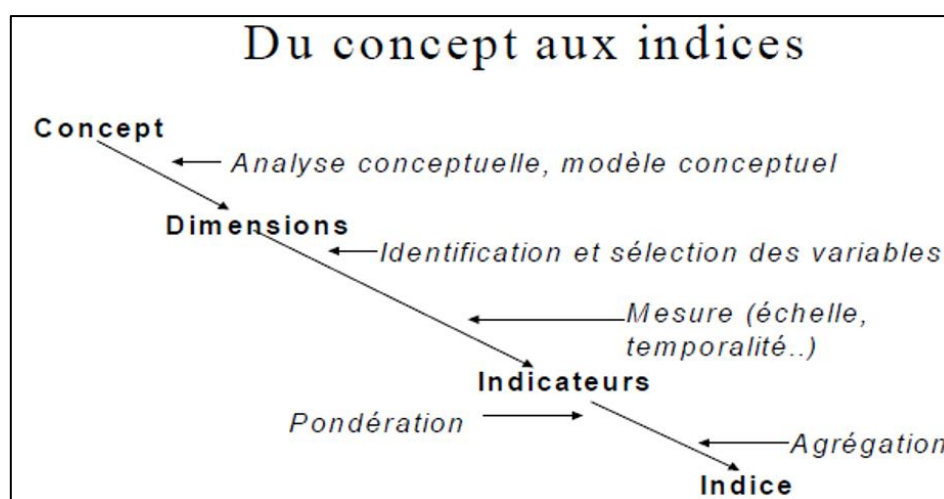
Source – Auteure, 2024

Le choix des indicateurs doit répondre à des critères, dont : la spécificité, la simplicité, la clarté, la précision, l’accessibilité, la pertinence, la délimitation géographique (Ait Aoudia 2006), l’utilité, la mesurabilité technique, la validité scientifique (Cherqui 2005), et les conditions de divergence, de convergence et de redondance (Desthieux et Joerin 2004). Sans quoi ils ne peuvent être considérés comme performants et recevables auprès d’un public spécialiste ou profane.

Ajouté à ces conditions, pour rendre les indicateurs utilisables, un processus de standardisation, de pondération et d’agrégation des données doit suivre. Toutes ces étapes de traitement sont nécessaires, car un indicateur n’est jamais utilisé seul, mais dans le cadre d’un ensemble d’indicateurs dit : « *tableau de bord ou grilles d’indicateurs* ». Le nombre important des indicateurs fait appel à un traitement adéquat facilitant l’utilisation des informations issues de ces derniers. Pour que ce soit fait, les données brutes doivent être analysées et vérifiées, ensuite, les données analysées sont standardisées en les ramenant à une même nature et une même échelle, pondérées où chaque indicateur est quantifié et agrégé en regroupant les indicateurs dans un nombre limité ou un seul objectif ou indice. Voir le schéma (Schéma.3).

Lazarsfeld (1958), un des premiers pionniers de l’utilisation des indicateurs, résume les étapes de la construction d’indicateurs comme dans le schéma suivant (Schéma 4).

Schéma I.4.4 – Etapes de construction d’un indicateur



Source – D’après (Lazarsfeld 1958)

🌈 Le traitement des indicateurs par la pondération et l’agrégation fait appel à l’utilisation de différentes méthodes, entre autres, l’analyse multicritère.

II.2. L’analyse multicritère

Un critère est une propriété humaine ou naturelle qui aide à émettre des estimations ou des jugements, ou de faire la distinction entre phénomènes (Hassaine et Farhi 2014).

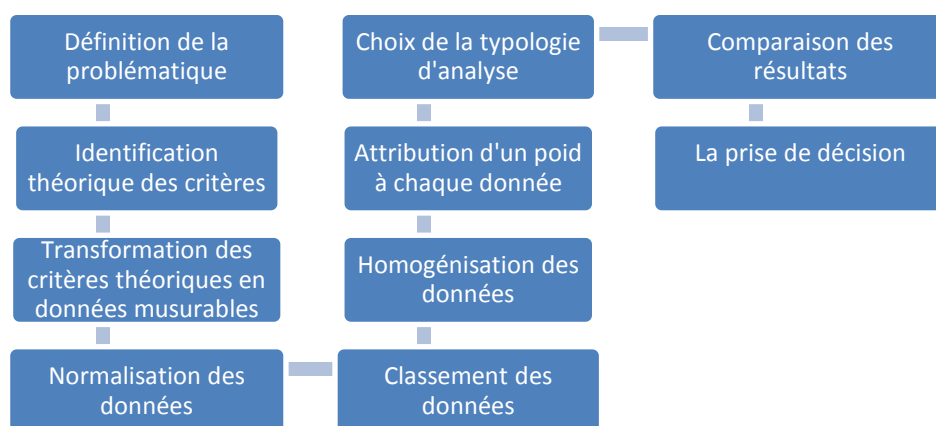
Les méthodes d’analyse multicritère retrouvent leurs origines dans les premières générations des méthodes d’aide à la prise décision (Hubert 2000). Elles se sont développées dans les années 1960 et se sont affirmées dans les années 1970 où elles sont devenues un outil scientifique à part entière. Elles sont mises en avant par Saaty (1980) par l’analyse hiérarchique des procédés (AHP) (Saaty 1980), et par Roy (1991) lors du développement d’une nouvelle méthode (ELECTRE) (Roy 1991) qui en sont les deux principaux pionniers.

D’après Mendoza et al. (1999) les méthodes d’analyse multicritères représentent un outil d’aide à la prise de décision pour des problématiques complexes (Mendoza et al. 1999). Elles s’intéressent à l’étude des problèmes complexes et composés, pour arriver à la mise au point de facteurs d’aide à la prise de décision. Elles permettent le traitement de problématiques : de choix, de tri, de classement ou de description (Roy 1985), d’interactivité, de sur-classement, (Brans 1983) et d’interprétation (Auberger et al. 2016). Elles peuvent également être des méthodes : descendantes basées sur l’utilisation de données préexistantes ou ascendantes s’appuyant sur des données récentes collectées sur le terrain (Le 2016).

Elles ont pour finalité, l’arrivée à des compromis (Simos 1990) par la fourniture de critères susceptibles d’aider à la prise de décision (Moussouni 2010). Les critères à prendre en compte sont ceux qui peuvent influencer sur la décision (Behnassi et al. 2019). Ils doivent respecter des conditions : d’exhaustivité, de cohésion, et de non redondance (El Amraoui et al. 2017).

Initialement concentrées sur les secteurs financier, économique et d’aménagement du territoire (Aouadi et al. 2018), ces dernières sont désormais en pleine expansion, leur emploi devenant de plus en plus courant et s’étendant à divers domaines de recherche. La littérature regorge de travaux académiques ayant adopté l’approche multicritère comme approche d’analyse. Nous citons (Liu et al. 2007) par la mise au point de scénarios de gestion de bassins versants ; (Felpeto, Martí, et Ortiz 2007), pour l’étude des risques volcaniques ; (Yahaya, Ahmad, et Abdalla 2010) pour l’identification des zones vulnérables aux inondations ; ...etc.

Schéma I.4.5 – Principales étapes de l’analyse multicritères



Source – D’après (Ben Mena 2000)

Selon l’échelle, nous pouvons différencier trois principales méthodes d’analyse multicritères : celles à agrégation complète, à agrégation partielle ou à agrégation locale (Ait Aoudia 2006). Les méthodes d’analyse multicritère à agrégation complète représentent l’école américaine portée principalement par Saaty, et Roy, et celle dite d’agrégation partielle représente l’école européenne, mise en avant, principalement, par d’autres modèles moins utilisés. Le tableau (tab.11) suivant fait la synthèse des méthodes d’analyse multicritères et de certains modèles correspondants.

Chacune de ces méthodes présente des inconvénients et des avantages. Leur utilisation dépend des objectifs de l’étude et de la disponibilité et de la qualité des données, en plus du temps et des compétences techniques requises.

Tableau I.4.11 – Méthodes multicritères

Méthode d’agrégation	Méthode de pondération	Modèle	Référence
Critère unique de synthèse/agrégation complète/Ecole américaine	Attribution de scores	MAUT	Keeny et Raiffa, 1976
	Comparaison successive	SMART; UTA; TOPSIS	Churchman et Ackoff, 1954
	Comparaison par paire	AHP; MACBETH	Saaty, 1977 ; Bana e Costa et al., 2003
	Addition linéaire	/	Roy, 1993
	Somme pondérée	ELECTRE ; ELECTRE III	Roy, 1985 ; Hokkanen, 1994
Sur-classement de synthèse classement ou agrégation	Analyse de jugement	PROMETHÉE ; ORESTE ; QUALIFLEX	Brans, 1986
	Méthode des valeurs attendues	/	Janssen, 1992

partielle/Ecole européenne)	Technique du jeu de cartes	/	Simos, 1990
	Arbre des pondérations	/	/
Méthodes interactives (jugement local interactif ou agrégation locale)		STEM ; POINT DE MIRE	Geoffrion,1972 ; Zions,1983 ; Vincke, 1976

Source – Réuni par l'auteure, 2024

L'emploi de l'analyse multicritères peut se combiner avec d'autres méthodes et instruments tels que : les systèmes d'information géographique (SIG) ou les démarches d'évaluation des risques et des impacts environnementaux (Ben Mena 2000). Pour faciliter le processus décisionnel, la grille d'indicateurs analysée par une approche multicritères est incorporée dans un SIG (Lutoff 2003) ou tout autre outil statistique ou cartographique tel qu'Excel ou SPSS, à titre d'exemples.

🌈 A noter que ce tableau n'est pas exhaustif et que d'autres modèles et références peuvent y être joints.

II.3. Les SIG et télédétection : outils simples et experts

Les définitions données aux SIG sont nombreuses et diversifiées selon les aspects qui sont mis en avant. Certaines les présentent comme des outils d'aide à la prise de décision (Molines 2003), d'autres comme un moyen de gestion et d'organisation des données spatiales (IDEM). Dueker et Kjerne (1989) leurs donnent la définition suivante :

« Un système de matériel, logiciel, données, personnel, organisations et structures institutionnelles, pour collecter, stocker, analyser et diffuser de l'information sur la surface terrestre » (Dueker et Kjerne 1989).

Les systèmes d'information géographique servent à illustrer les indicateurs sur une carte après leur approbation via l'analyse multicritères. Ils consentent la spatialisation, la visualisation, l'exploration, la manipulation, le croisement, l'interrogation et l'analyse des phénomènes spatiaux, ce de la manière la plus simple et aisée pour l'utilisateur expert ou profane.

Efficaces dans l'étude des espaces urbains et ce pour les informations spatiales détaillées et précises qu'ils peuvent fournir. Les SIG, grâce à leur capacité d'analyse spatiale, ils complètent les données fournies par les indicateurs avec des informations supplémentaires. Tout d'abord, la position géographique, ainsi que l'utilisation de calculs visant à exploiter efficacement les informations fournies par les indicateurs. Par exemple : Les zones géographiques présentant

une densité semblable sont illustrées par des nuances de couleurs reflétant divers niveaux de densité urbaine. Ils servent ainsi à la mise au point d'une banque de données géographiques, socio-économiques, naturelles ou artificielles sur les indicateurs et sur leur évolution dans l'espace et dans le temps et de stocker ces données pour leur utilisation antérieure.

Les Systèmes d'Information Géographique permettent de rassembler, traiter et transformer des données provenant de diverses sources et formats afin de les unifier dans un même format compatible avec toutes les données initiales (Moussouni 2010). Ils reconnaissent également une communication efficace entre les représentations des données d'entrée (Input) et des données de sortie (résultats - Output) (Moussouni 2010).

C'est un outil incontournable dans le suivi de la dynamique spatio-temporelle des phénomènes puisqu'il offre la possibilité d'une actualisation permanente et en temps réel des données d'entrée et des données de sortie. Les SIG permettent la modélisation temporelle des données, en plus de leur modélisation spatiale.

D'autre part, les SIG servent à faciliter la communication et la concertation entre les acteurs urbains et la compréhension de leur travail par les profanes (Siret et al. 2006). Grace à la simplicité des représentation offertes par les SIG, l'explication des indicateurs devient plus recevable par les profanes, qui peuvent ainsi être en mesure de participer à la gestion de leurs territoires et d'instaurer le principe de participation des populations dans la gestion de l'espace urbain.

Au final, il n'y a pratiquement pas de domaine dans les sciences naturelles ou humaines où les systèmes d'information géographiques ne peuvent pas servir, ce qui fait la force de ces derniers. Les SIG sont utilisés dans des thématiques vastes et divergents domaines comme l'aménagement du territoire et l'occupation du sol, les activités, la démographie, le climat, les risques, les pollutions, l'écologie, l'environnement, la biologie, ...etc.

Même si ces outils sont perçus comme une réponse aux défis de la prise de décision et de la performance pour les acteurs urbains, il est important de souligner qu'ils présentent des désavantages et des contraintes techniques ou méthodologiques.



D'autres outils d'aide à la prise de décision existent : les réseaux de neurones, les réseaux bayésiens, l'intelligence artificielle, ...etc.

III.

POSITIONNEMENT ÉPISTÉMOLOGIQUE

Les disciplines de recherche qui possèdent des champs théoriques vastes et variés nécessitent l’usage de méthodes appropriées à la diversité des éléments qui les composent. Ce qui a précédé a éclairé les diverses méthodes potentielles à employer dans ce travail. Le choix de la méthode d’analyse dépend des objectifs visés par l’étude, ainsi que de la disponibilité et de la qualité des données à utiliser (Ameur 2014).

Étudier la vulnérabilité aux risques hydrologiques terrestres revient à considérer l’espace urbain comme un système (Gralepois 2008). Étant un système composé et régulé, le milieu urbain est adapté à l’analyse systémique (IDEM). Dans notre cas d’étude, nous sommes face à un système qu’il faut envisager comme tel. Cela nécessite ainsi, l’étude de plusieurs éléments composants du domaine « *anthropique urbain* » et des éléments composants de « *l’écosystème naturel des cours d’eau* », ajouté aux « *interactions qui les unissent* ».

- ✚ Dans l’élaboration d’une approche systémique, on tiendra compte de contributions issues de plusieurs domaines de recherche tels que la télédétection, les SIG, les études qualitatives ou quantitatives, entre autres. Le choix se détermine en fonction de l’évolution possible de la recherche, des buts fixés et des hypothèses émises.

III.1. Etat de l’art et travaux antérieurs : l’étude de la vulnérabilité aux risques

Depuis les années 1990, le domaine des risques devient un champ de recherche bien cerné (Leone et Vinet 2006), même si la plupart des travaux porte sur les études d’aléas, l’étude de la vulnérabilité prend de plus en plus de terrain. La vulnérabilité la plus étudiée est celle dite structurelle et corporelle, donc, ce sont les enjeux humains et du bâti qui sont étudiés. Nous citons à titre d’exemple les travaux du *Applied Technology Council* (ATC) aux USA, les travaux de l’université de *Cambridge* en Grande-Bretagne ou l’*Institute for Research in construction* (IRC) au Canada. Ensuite, viennent les autres types de vulnérabilités : sociale, fonctionnelle, institutionnelle ou environnementale. La vulnérabilité sociale est surtout portée

par l’école française initiée par le géographe Robert D’Ercole dans ces nombreux travaux (D’Ercole, 1991, 1994, 1996, ...). Cette vulnérabilité est plus étudiée dans les pays en développement comme dans le programme de l’*International Strategy for Disaster Reduction* (ISDR), lancé par l’ONU et qui réunit les pays d’Éthiopie, Chili, Équateur, Mexique, Indonésie, Turquie, Ouzbékistan et la Chine et développent des indicateurs de vulnérabilité (Birkmann 2005). La vulnérabilité institutionnelle est étudiée dans des pays francophones (France, Belgique), des pays asiatiques (Japon ou philippines) et d’Amérique (Colombie, Salvador, Equateur). La vulnérabilité environnementale est prise en charge par des organismes de recherches universitaires ou gouvernementaux du monde anglophone occidental, dont américains ou britanniques *Department for Environment, food & Rural Affairs* (DEFRA) qui réalisent des études de vulnérabilité environnementale et agricole. Quant à la vulnérabilité fonctionnelle, des études sont menées pour évaluer les effets des événements catastrophiques sur les différentes activités. Dans ce sens, le travail de (Mazzocchi et Montini 2001) sur le tourisme italien en est un exemple constituant, mais pas que, d’autres travaux sont menés aux USA, au Japon ou en Russie.

Toutes ces démarches sont courantes dans la littérature qui regorge de l’abondance des travaux utilisant l’approche analytique. Entre autres : (Chardon 1994 ; Cutter 1996 ; Gilard 1998; Weichselgartner 2001 ; Blaikie et al. 2014) ; ...etc. Dans leurs travaux, des modèles de vulnérabilité sont conçus : le modèle *Hazard-Of-Place* (HOP) proposé par (Cutter 1996), basé sur la perspective socio-écologique ; le modèle *Pressure And Release* (PAR), développé par (Blaikie et al. 2014), établi sur la perspective politico-économique de la vulnérabilité. Ce dernier modèle amélioré par le modèle *Access* (Blaikie et al. 2014) dans le but de remédier aux limites du premier qui est concentré sur les échelles globales et nationales et néglige les échelles locales (Tanguy 2016).

L’étude de la vulnérabilité systémique reste plus limitée, néanmoins, les travaux effectués dans ce contexte se concentrent sur différents risques naturels ou anthropiques : (Liverman 1990 ; Wisner 1998 ; Barrère-Lutloff 2000 ; Weichselgartner et Bertens 2000 ; Cutter, Boruff, et Shirley 2003 ; Hardy 2003 ; Ait-Aoudia 2006 ; Hellequin et al. 2013 ; Quillet et al. 2019 ; Meur-Ferec et al. 2020)...etc.

L’évaluation systémique de la vulnérabilité s’est penchée sur le développement d’indices et d’indicateurs applicables à des zones aux caractéristiques semblables (Balica et Wright 2009). Une étude réalisée par (Opach et Rød 2013) au Norvège, s’inscrit dans ce contexte. Le projet

européen *ARMONIA* fait une étude multirisque de la vulnérabilité où les effets de différents aléas associés sont étudiés dans un même projet. Par exemple, les effets de la sécheresse, de l'érosion et de la pollution dans l'étude des inondations (CE 2004-2007). Le projet européen *ARAMIS* pour l'évaluation des risques industriels s'inscrit dans la même catégorie d'étude systémique.

Dans le cas algérien, l'étude de la vulnérabilité aux risques se concentre sur des études segmentées, basées sur les facteurs d'aléas et rarement sur ceux de la vulnérabilité et encore moins sur la vulnérabilité globale et systémique. Entre autres : des études sur le risque sanitaire résultant des maladies à transmission hydrique (Baziz et al. 2015), le risque de la dégradation écologique de (Mouni et al. 2009 ; Zouggaghe et Moali 2009 ; Hamenni 2011 ; Zouggaghe, Mouni, et Tafer 2014) et d'autres qui ont pris la *Soummam* comme cas d'étude. Ces études sont menées par des hydrauliciens, des biologistes, des chimistes ou des urbanistes.

Cependant, ces dernières décennies ont vu une intégration croissante de l'étude de la vulnérabilité globale dans la recherche sur les risques. Menad (2019) a analysé les risques hydrologiques en adoptant une démarche holistique qui a donné lieu à un modèle d'approche globale applicable aux côtes méditerranéennes (Menad 2029). Cette méthode n'a tout de même considéré que les « aléas » et les « enjeux ». il en est de même pour l'étude des risques sismiques réalisée par (Lillouch 2018).

Toutes ces études ont exploité des indicateurs naturels ou anthropiques. Qu'ils soient des modèles d'indicateurs existants ou mis en place par les chercheurs eux-mêmes.

III.2. Méthodologie d'approche : évaluation systémique de la vulnérabilité globale aux risques

Une démarche d'évaluation ne peut se baser sur une unique méthode d'approche. Combiner deux ou plusieurs méthodes est indispensable pour l'évaluation de la vulnérabilité (Pictet 1996), dans l'objectif de parvenir à surmonter les contraintes posées par les approches ainsi que les divergences sociales et spatiales du cas d'étude. Il faut ainsi une étude transdisciplinaire, qui combine l'étude du monde physique et du monde social. C'est-à-dire, une méthode qui combine « aléa » et « vulnérabilité », non pas comme deux composantes séparées, mais comme un système où l'aléa sera un élément de la vulnérabilité.

La méthode que nous avons retenu dans ce travail est principalement basée sur les travaux de : (Lazarsfeld 1958) pour la méthode d’obtention des indicateurs recherche et les travaux de (D’Ercole 1994 ; Meur-Ferec 2006 ; Meur-Ferec et al. 2020) pour le choix des composants de la vulnérabilité globale et pour la méthode de traitement des grilles d’indicateurs.

Pour entamer le travail d’évaluation de la vulnérabilité aux risques issus des cours d’eau de surface dans la zone urbaine de Bejaia, nous procédons comme suit :

1. Recherche de données par une méthode d’analyse qualitative :
 - 1.a. Phase préparatoire : basée sur l’observation documentaire de la littérature locale et universelle, ajouté à l’observation directe du terrain ;
 - 1.b. Phase de vérification des données : basée sur les entretiens avec des experts et des profanes.
2. Traitement des données par des outils d’aide à la prise de décision :
 - 2.a. Mise au point d’une grille d’indicateurs performants ;
 - 2.b. Traitement statistique des données ;
 - 2.c. Traitement multicritère des données.
3. Cartographie des résultats.

Conclusion du chapitre

Ce chapitre nous a éclairés sur le fait que chaque méthode présente ses propres avantages et inconvénients, et que ce qui constitue une faiblesse pour l'une peut s'avérer être une force pour une autre (Groulx 1997). Il serait idéal de s'accorder sur une ou plusieurs méthodes qui puissent rassembler le plus grand nombre possible de forces tout en réduisant au maximum les faiblesses.

Conformément à ce qui a été convenu, ce chapitre nous a permis de nous situer sur le plan épistémologique et de déterminer l'approche d'étude ainsi que les méthodes et outils techniques à utiliser dans la partie pratique.

Le choix s'est fixé sur la méthode d'analyse systémique, qui présente l'avantage d'être une approche holistique rassemblant le plus grand nombre possible d'informations pour une étude complète et des résultats au plus près de la réalité. Cette méthode est mise en œuvre grâce aux instruments techniques et méthodologiques d'enquêtes par questionnaires et entretiens, soutenus par les outils SIG, de télédétection et de traitement statistique et multicritères des données.

Utiliser les enquêtes par entretiens et questionnaires est approuvé scientifiquement. Les indicateurs et les SIG sont des outils de traitement des données et des méthodes d'aide à la prise de décision très utilisés dans le domaine d'urbanisme et d'évaluation de la vulnérabilité.

L'objectif principal de cette méthode étant de déterminer les indicateurs de la vulnérabilité globale et systémique face aux risques hydrologiques terrestres. L'autre but est de géolocaliser ces indicateurs dans la zone d'analyse. En d'autres termes, il s'agit de les adapter à une portée géographique spécifique. Dans ce contexte, l'aire géographique de la ville de Bejaïa.

L'issue sera exposée sous forme de cartes thématiques identifiant les zones de la ville de Bejaïa les plus exposées et les moins exposées aux risques considérés.

CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE :

L'analyse théorique et conceptuelle a permis d'éclaircir toute la terminologie à utiliser dans les prochains chapitres. Grâce à cette étape, nous saisissons le sens de « urbanisation, des cours d'eau, du risque ou de la vulnérabilité ». Nous connaissons leur signification, leur provenance et leur évolution, ainsi que leur état actuel. Nous cernons les défis qu'ils posent, les obstacles auxquels ils font face et les avantages qu'ils procurent. Plus que tout, cette partie nous a aidés à déchiffrer les relations entre deux éléments essentiels qui coexistent dans l'environnement : les cours d'eau et le phénomène d'urbanisation, et comment leurs interactions influencent l'émergence des phénomènes de risques.

À la suite de cette étude, nous avons identifié les conséquences dévastatrices de l'urbanisation sur les rivières, ainsi que les conséquences négatives des rivières sur les zones urbaines. Nous avons établi que la qualité de l'environnement et l'urbanisation ont toujours été en contradiction ([Gubry, 1996](#)).

Cependant, nous avons démontré l'évolution de la perception des cours d'eau au fil du temps, suite à des mesures d'exclusion, des opérations d'intégration et d'ajustements mises en œuvre. Depuis plus de cent ans, des méthodes et des idées d'urbanisme visant à minimiser les effets réciproques et à diminuer les désastres qui en résultent, ont été initiées.

Après avoir contextualisé ce travail sur le plan théorique, la suite était de l'insérer dans son cadre méthodologique et épistémologique. Dans chaque domaine de recherche, plusieurs écoles de pensée scientifique interagissent, voire se confrontent ([Boutabba, 2013](#)), et elles sont également en constante évolution et progression. Cela s'applique au domaine de la vulnérabilité face aux risques, dont l'étude repose principalement sur deux approches : segmentée et systémique.

L'approche segmentée, dépassée et inefficace, a poussé les chercheurs à trouver de nouvelles techniques pour remédier aux insuffisances de la méthode précédemment mentionnée. La recherche systémique a émergé pour prendre en compte la complexité des phénomènes dans les environnements urbains et les analyser dans leur globalité plutôt que séparément.

Comme illustré dans cette partie, l'évaluation systémique de la vulnérabilité face aux risques implique l'examen des relations entre l'urbanisation et les milieux naturels. Bien que

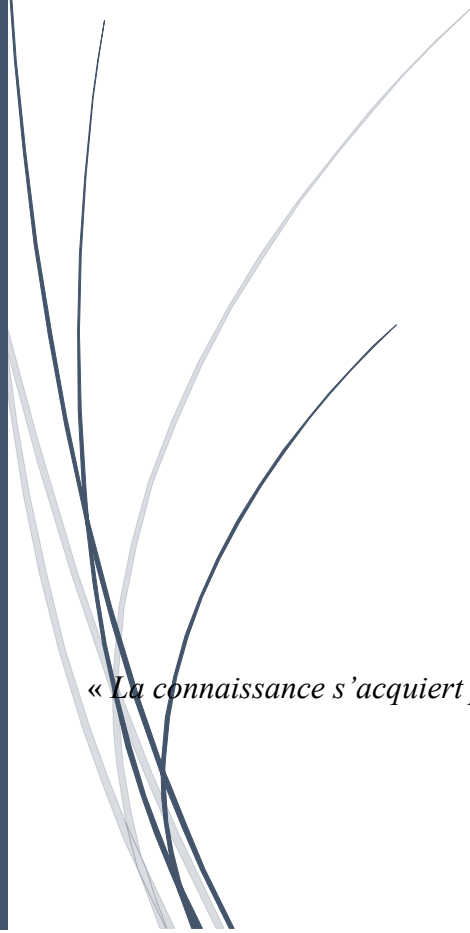
l'urbanisation soit censée améliorer la qualité de vie humaine, elle se transforme en un phénomène dévastateur pour les milieux naturels en général et les milieux humides en particulier. De même, les liens entre urbanisation et risques sont rythmés par deux idées : la ville favorise les risques et favorise en contrepartie l'identification et la bonne gestion des risques (Pigeon, 2005).

A dark blue vertical bar runs along the left edge of the page. A blue arrow points to the right from this bar, containing the text 'PARTIE II.'

PARTIE II.

PRATIQUE

Evaluation de la vulnérabilité globale aux
risques hydrologiques terrestres

Several thin, curved lines in shades of blue and grey originate from the bottom left and sweep upwards and to the right, creating a sense of movement or flow.

« La connaissance s'acquiert par l'expérience, tout le reste n'est que de l'information »

Einstein, 1989

INTRODUCTION DE LA DEUXIÈME PARTIE

La compréhension des phénomènes d'exposition aux risques nécessite une approche systémique qui saisit la combinaison des facteurs naturels, artificiels, socio-économiques, culturels, mentaux et historiques de l'environnement dans lequel ils se manifestent (Gruzelle et Lebaut 2019). L'approche systémique adoptée dans le chapitre quatre est une approche interdisciplinaire qui englobe aussi bien les sciences sociales que naturelles, et qui intègre l'analyse de toutes les composantes du système urbain, tout en soulignant les relations structurelles et fonctionnelles qu'elles maintiennent.

Des méthodes de recherche et d'analyse de données, ainsi que des outils techniques pour la cartographie et la visualisation, seront utilisés pour mettre en œuvre l'approche systémique. En fonction des objectifs de l'étude et de ses postulats, nous avons structuré cette partie en quatre chapitres, chacun abordant les points suivants :

Chapitre 5. Son but est d'analyser la zone d'étude et de présenter l'état actuel des éléments du système urbain. On cible les éléments liés à une potentielle vulnérabilité aux risques rivulaires. Nous allons concentrer notre attention sur les trois aspects suivants : l'aspect physique artificiel, l'aspect humain et socio-économique, et l'aspect naturel.

Chapitre 6. Il se focalise sur la description et l'analyse des phénomènes de risques qui touchent la zone d'étude avec un intérêt pour les risques hydrologiques terrestres.

Chapitre 7. Dans ce chapitre, nous allons déterminer les grilles d'indicateurs efficaces pour mesurer la vulnérabilité. Pour cela, nous allons adopter deux approches d'enquête qualitative et quantitative. En réalisant des interviews avec les acteurs de la ville, nous serons en mesure de générer des données qualitatives concernant les indicateurs de la vulnérabilité politique et institutionnelle aux risques hydrologiques terrestres à Bejaia. Puis, grâce à des enquêtes menées auprès d'un échantillon représentatif des résidents de la ville, nous allons collecter des informations socio-psychologiques relatives à l'expérience de ces derniers face aux phénomènes à risque visés.

Ces données recueillies seront traitées à l'aide d'outils d'analyses statistiques de données. A ce stade, nous sommes dans la phase de description de la vulnérabilité globale face aux risques hydrologiques terrestres à Bejaia.

Chapitre 8. Après identification des grilles d'indicateurs performants, la suite consiste à analyser ou évaluer ces indicateurs. L'analyse se fera par l'application de méthodes d'analyse multicritères de données. Ces méthodes consistent à donner des valeurs quantifiables à chacun des indicateurs. Les valeurs quantifiées pourront ; ainsi, être associées à une dimension géographique, contrairement aux données qualitatives initiales.

Nous sommes à une phase d'évaluation des données. Une évaluation qui aura comme output, des informations spatialisées sur la vulnérabilité globale et systémique de la zone d'étude.

CHAPITRE 5.

Etat de fait socio-spatial et naturel à Bejaia

« ... Bejaia [...] se caractérise par sa situation par rapport à son environnement riche en ressources de toute nature indispensable à l'établissement d'une ville »

Feraud, 1869

Introduction du chapitre :

Basé sur une étude des relations entre les cours d'eau et l'urbanisme ainsi que de la vulnérabilité urbaine face aux risques provenant des cours d'eau superficiels. La ville de Béjaïa a été choisie comme zone d'étude pour ce travail. En raison de l'abondance de cette ville en cours d'eau et des effets réciproques de l'urbanisation sur ces ressources en eau, et vice versa. Des influences mutuelles qui naissent de la proximité entre les deux éléments urbains et qui finissent par provoquer des déséquilibres dans le fonctionnement du système urbain.

Dans ce chapitre, servant d'introduction pour aborder la partie pratique de notre projet de recherche, nous procéderons à une analyse fondamentale de la zone d'étude en considérant ses éléments naturels et anthropiques. Tout en mettant l'accent sur le contexte spécifique du sujet traité et de ses exigences. En d'autres termes, il s'agit d'étudier les changements anthropiques dans l'utilisation des sols ainsi que les caractéristiques naturelles et sociales. L'objectif du chapitre est de clarifier la situation urbanistique, sociale et environnementale dans le bassin versant de la ville de Béjaïa. Cela implique de déterminer les incohérences spatiales, qu'elles soient d'origine humaine ou naturelle, ainsi que les incohérences sociales existantes sur le lieu.

Nous commencerons le chapitre par une présentation historique et toponymique de la ville, dans le but de mettre en lumière cette région urbaine ainsi que les conditions de sa création et de son développement.

Par la suite, il est nécessaire d'analyser la circonstance actuelle en matière d'urbanisme et de nature, tout en mettant l'accent sur l'aspect hydrologique.

Dans ce cas de figure, le chapitre sera structuré en deux sections, qui contiendront chacune des sous-sections :

- La lecture anthropique de la ville : L'analyse anthropique implique l'examen des dimensions spatiale et sociale, en observant les changements urbanistiques, démographiques, économiques et sociaux qui ont eu lieu, comme les phénomènes d'urbanisation anarchique et légale, la croissance démographique, la densité urbaine, la position de la zone industrielle et les diverses activités qui y sont menées.
- Dans le cadre du contexte naturel, nous détaillerons les attributs naturels constituant la zone de recherche, en mettant l'accent sur l'aspect hydrologique et la condition qualitative et quantitative actuelle de ses cours d'eau.

I.

BEJAÏA COMME ENTITE ANTHROPIQUE

Toute étude d'une ville débute par la lecture urbaine, facilitant ainsi la compréhension de l'intégralité de ses éléments constitutifs (Thierry et al. 2001). Dans la section suivante, nous avons opté pour une lecture du contexte anthropique de la cité. Nous visons à cerner les phases de son développement et les facteurs régulateurs de sa transformation, en étudiant ses deux dimensions fondamentales : la dimension sociale et l'aspect spatial, conformément à ce qui a été proposé par Le (2016), selon lequel les transformations provoquées par l'expansion urbaine sur les environnements naturels sont caractérisées par deux dimensions fondamentales, spatiale et sociale (Le 2016).

I.1. Situation administrative et géographique :

L'Algérie, qui se trouve dans la région nord-africaine sur la côte sud de la mer Méditerranée, est constituée de trois zones géographiques distinctes allant du nord au sud : le littoral, la steppe et le désert. Sur le plan géologique, l'Algérie est composée de quatre domaines géologiques dont l'Atlas tellien délimité par la Méditerranée au nord, l'Atlas saharien au sud, et s'étend jusqu'au Maroc à l'ouest et à la Tunisie à l'est.

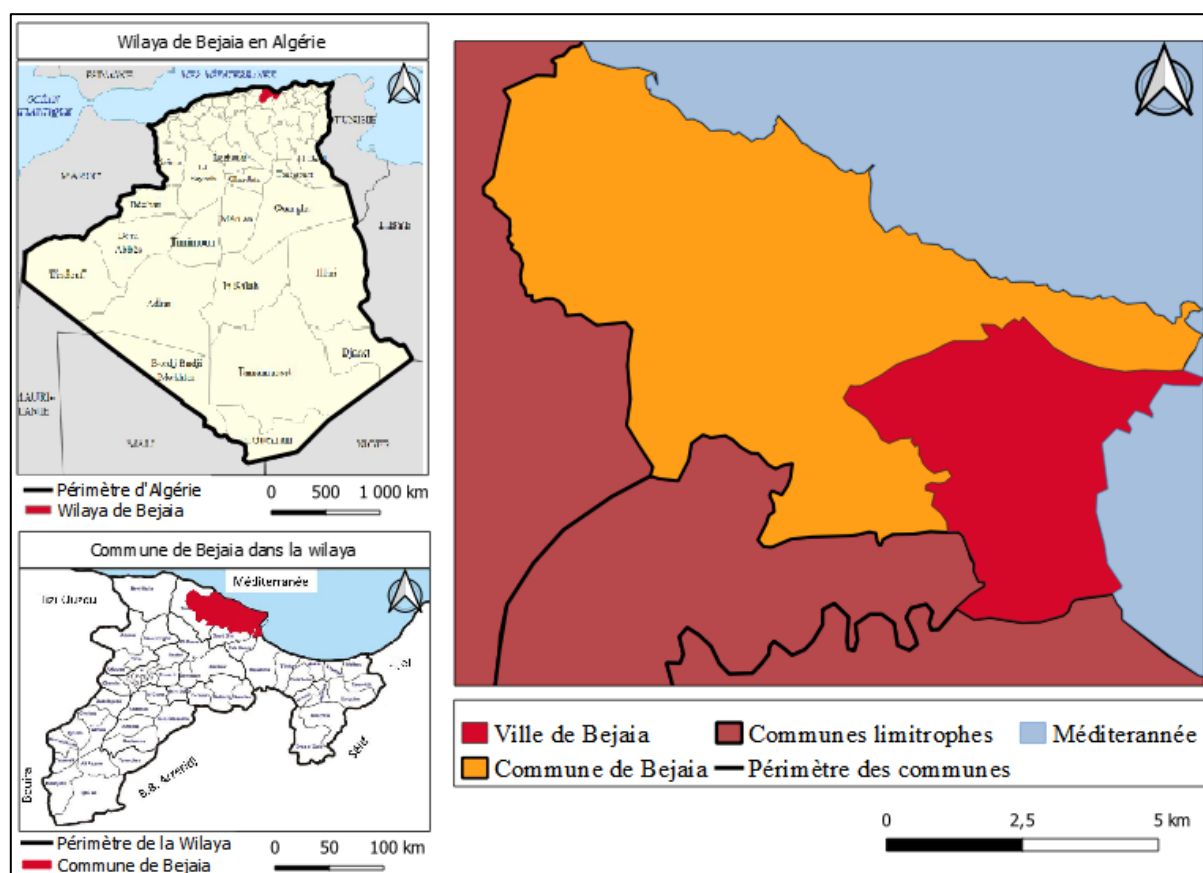
Sur le plan administratif, la bande du littoral, qui s'enfonce sur 80 km à 190 km dans l'intérieur du pays représente 114 255 km², ce qui équivaut à 4,7 % de la surface totale du pays. Il compte treize wilayas qui se partagent une côte méditerranéenne de 2148 km occupée par plus de 13 millions d'habitants en 2008, à savoir 38 % de la population totale du pays (ONS 2008). Le littoral est réparti en trois principales régions administratives : le Centre, l'Ouest et l'Est.

Une de ces treize wilayas est celle de Béjaïa, qui fait partie de la région kabyle, située au centre-est du littoral. Elle fait partie du domaine géologique des Kabyliques, de l'Atlas tellien. Elle est limitée par la Méditerranée au nord, les crêtes du Djurdjura à l'ouest, le massif des Bibans au sud et celui des Babors à l'est. Le territoire de la wilaya représente quelques plaines maritimes en forme circulaire ou rectangulaire sur la frange littorale, et des reliefs accidentés qui couvrent (3/4) de sa surface totale et dont la pente peut atteindre (25 %).

Elle est pénétrée par le couloir de la vallée de la Soummam du sud vers le nord sur une longueur de 80 km et une largeur maximale de 4 km, créant une frontière naturelle entre les massifs du Djurdjura et des Bibans avec celui des Babors, et forme un delta du golfe de Béjaïa où il se jette dans la mer.

Promue chef-lieu de wilaya lors du découpage administratif de 1974, la ville de Béjaïa est distante de 180 km à l'est de la capitale Alger. Elle est limitée par la mer Méditerranée à l'est, le mont Gouraya au nord, le mont Boudarhem à l'ouest et les communes Tala Hamza et Oued-Ghir au sud et au sud-ouest.

Figure II.5.1 – Situation de Bejaia



Source – Conception de l'auteure, 2024, sur fonds de cartes de Google Maps, 2024

I.2. Aperçu sur l'origine de la population et sur la toponymie du lieu

Depuis l'époque antique, les habitants de Bejaia constituaient une tribu connue sous le nom d'Ait Vega (ⵓⵙⵉⵔⵉⵏ ⵏ ⵓⵙⵉⵔⵉⵏ) ou [Ait Bega] (Gaid 1991). Actuellement, on qualifie sa population de kabyle. Selon les recherches, les Kabyles sont reconnus comme le premier groupe qui s'est

établi en Afrique du Nord et qui se désigne lui-même sous le terme : (Amazigh ou Mazigh), signifiant : (homme libre ou homme noble). Ce terme est également lié à la toponymie de : (Libous : Libyques), (Maxyes), (Mazices) et, depuis le Moyen Âge, par : (Berbères) (Gaid 1991). En ce qui concerne ce sujet, Iben Khaldoun fait le récit suivant :

« En 1067-1068, [le prince hammadide] s’empara de la montagne de Biḡāya. Cette montagne abritait une tribu berbère du même nom [...]. Il fonda une ville [...] que les gens appellent Biḡāya, du nom de la tribu » (Ibn Khaldoun 1377 ; traduit par Mac Guckin de Slane 1863).

La même source associe les habitants de Bejaïa à la branche « Ketama » du clan « Sanhadja ».

Pour ce qui est de l’étymologie du terme, le nom de la ville : (Begayet - ⵜⴰⵔⴰⵖⴰⵢⵜ) est expliqué par Haddadou (2012) comme étant un terme amazigh issu du mot (Tabgayet - ⵜⴰⵔⴰⵖⴰⵢⵜ) qui à son tour est dérivé de (Tabegga - ⵜⴰⵔⴰⵖⴰⵢⵜ) ou (Tabeyayt - ⵜⴰⵔⴰⵖⴰⵢⵜ) dont le sens réfère à « ronces et mûres sauvages » (Haddadou 2012).

I.3. Historique d’évolution de la ville : plusieurs étapes de développement, deux villes

Les études qui ont traité la ville de Béjaïa se sont majoritairement intéressées aux événements politiques qui ont marqué la ville d’une période historique à une autre, et non au développement urbanistique de la ville en lui-même (Benazzouz 2009). La documentation sur les étapes de son développement urbanistique est limitée. Seules quelques indications de construction d’édifices ou de la planification de la ville ont été signalées lors des récits historico-politiques qui se font par des historiens, des voyageurs, des hommes politiques ou des officiers militaires.

Comme le présent travail est orienté vers l’étude des interactions entre urbanisation et eaux de surface, ce qui nous intéresse n’est pas de réciter les étapes politiques du développement de la ville, mais de nous pencher sur le développement urbanistique de la ville et ses rapports avec les ressources en eaux de surface.

✚ Elle est aujourd’hui composée de deux entités que nous allons appeler : la ville historique et la ville étalée.

I.3.1. La ville historique : de l'époque antique jusqu'à la fin de la deuxième moitié du 19^e siècle

Des preuves de l'existence humaine sur le site de la ville actuelle de Bejaia datent de l'antiquité la plus reculée (Valérian 2000). La nature du sol sur lequel se dresse la ville actuelle témoigne d'une grande profondeur historique et d'une antiquité ancienne (Laporte 2004). Des vestiges archéologiques datés de plus de 200 000 ans à 10 000 ans ont été découverts sur ce même emplacement.

La création de la ville remonte à la préhistoire. Son histoire antique reste méconnue pour raison de manque de sources écrites ou archéologiques. Néanmoins, les sources disponibles, dont Laporte (2004), s'accordent sur l'ancienneté et l'importance que la ville a atteinte (Laporte 2004). Une importance caractérisée par des moments de stabilité, de gloire et de rayonnement, mais interrompue par des étapes de discrétion, de guerres et de rechutes. Par son évolution endogène, elle représente la jonction de deux empreintes architecturales et urbanistiques : l'une autochtone et l'autre coloniale.

I.3.1.a. Les origines numides de la fondation de la ville

La ville de Béjaïa a été fondée durant l'époque numide, qui s'étend du 6^e siècle avant J.-C. jusqu'à 33 avant J.-C. On lie souvent son nom au territoire du royaume numide *masaesyle*, jusqu'à l'unification des deux *Numidies* (*Massaessyle* et *Massyle*) orchestrée par le roi *massyle* « *Massinissa* » vers 201 av. J.-C. Ce dernier a intégré les terres de son voisin, y compris la ville de Béjaïa, à ses propres territoires. Après cette date, le site a été intégré comme province de la dynastie des *Massyles* (Aouni 2014). Elle faisait partie des huit ateliers monétaires de ce royaume (Mazard et Babelon 1955), jusqu'à l'occupation romaine en 33 av. J. C. (Feraud 2001).

À cette période où l'Afrique du Nord était en proie à des affrontements incessants entre la Numidie, qui demandait des tributs financiers à Carthage, les Romains s'immiscèrent dans la zone et prirent possession de la baie de Bejaia en l'an 33 av. J.-C. Elle a donc été la cité numido-romaine de *Saldae* jusqu'à 429 après J. C. (Feraud 2001). Elle était une cité de stature modeste, possédant quelques installations : le forum, l'aqueduc, les thermes, ainsi qu'une muraille de 3000 mètres (Kheladi 1993). Ces résidents, en grande partie indigènes, ont atteint une population importante de 6000 personnes (Kheladi, 1993).

Sur le plan urbanistique, la position préromaine de la ville sur un terrain accidenté et non une plaine a influencé les lois d'urbanisme romaines et la rigueur géométrique qui les caractérisaient. À Béjaïa, le Decumanus et le Cardo ont été ajustés en fonction de la topographie accidentée du lieu. Ils constituaient deux rangées de plusieurs segments progressant dans des directions distinctes et formant un angle aigu à leur point de rencontre.

I.3.1.b. La cité médiévale et la renaissance de Bejaïa

La période du 5^e siècle jusqu'au 10^e reste aussi obscure que l'histoire antique de la ville. Si les événements politico-historiques durant ces siècles sont connus, les chroniqueurs ne semblaient pas être intéressés par l'aspect urbanistique de la ville. Non pas sans raison, mais parce que la ville n'a connu aucune intervention architecturale et urbanistique importante. Au contraire, cette époque a connu la destruction de l'ensemble des traces héritées des périodes précédentes. Dans leurs descriptions de la ville, le voyageur Ibn-Hawkal (977) et le géographe El-Bakri (1068) n'ont pas parlé de ville ou de cité à Béjaïa, mais de localité pour le premier et de port pour le deuxième (Ibn Hawqal 1938 ; El-Bakri 1992). Cela laisse comprendre qu'à cette ère, il n'y avait pas de ville propre, mais des habitations plus ou moins dispersées.

Passant d'un port à une cité provinciale de l'empire Ziride, son destin prend un tournant avec la dynastie des Hammadides, qui refondent la ville. Poussé par le désir d'étendre son horizon sur la côte, le prince hammadide *Nacir* déplace sa capitale de *Msila* à *Bejaia*. Elle a connu sa grandeur et son éclat dans divers domaines, atteignant une position de leader en Méditerranée et dans le monde. Sa superficie a été agrandie et son architecture ainsi que sa planification ont été développées.

Comme pour toutes les villes de l'époque, Béjaïa est fondée autour de la mosquée avec son minaret de 40 m qui marque le centre de la ville. La mosquée est côtoyée par des palais du roi et de sa cour, des forteresses de défense, des édifices à fonction économique et d'industrie, des marchés, des entrepôts de stockage, des maisons de l'industrie, de l'enseignement et des sciences, des écoles et des instituts. Les habitations construites en brique de pierre viennent autour de ces institutions, sur la périphérie. Le tout est relié par les rues sinueuses et en arborescence qui sillonnent le tissu urbain organique. La surface de la ville a atteint 45631 m² et son périmètre 5000 m, percé par de nombreuses portes¹ (Korichi 2011). Le nombre des

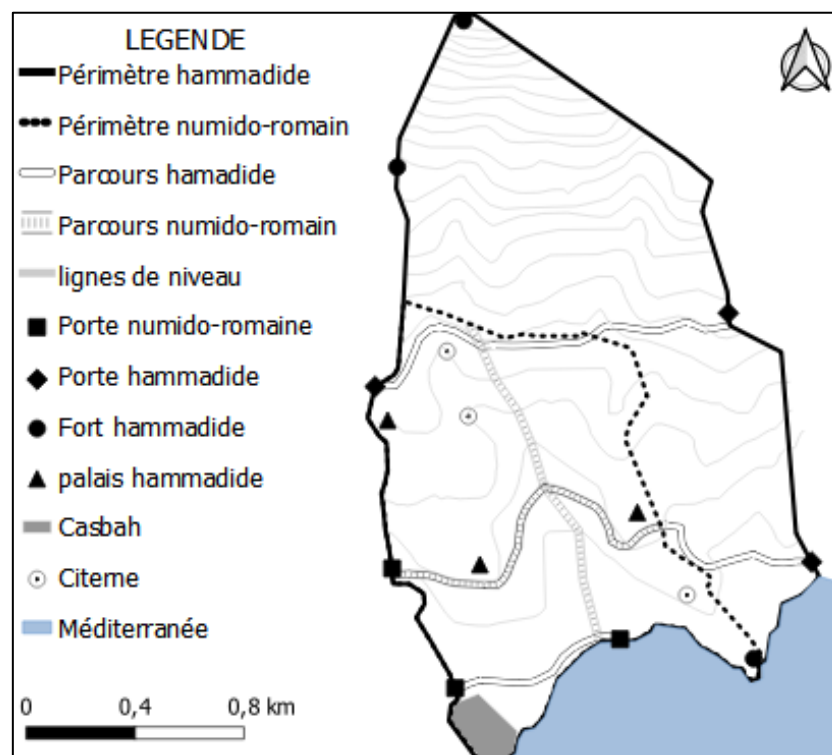
¹ Le nombre reste difficile à définir avec certitude (Korichi 2011)

habitants a atteint un chiffre très important pour une ville de l'époque en dépassant le nombre de 100 000 habitants (Cote 1991).

La production d'espace dans la ville s'est faite selon des éléments structurants naturels, à savoir les cours d'eau et la topographie, et des éléments fonctionnels, à savoir les tracés agricole et viaire. Elle fut marquée par une production d'espace moins défensive et plus ouverte (Aouni 2014), ce qui lui a valu la prospérité des échanges économiques, commerciaux, industriels et scientifiques avec les villes méditerranéennes et du monde.

De 1152 jusqu'à 1236, la ville a connu aussi la domination de la dynastie des Almohades qui construisait la casbah ; un fort de plus de 20 000 m² composé de plusieurs édifices dont une mosquée, une école et sa propre porte, et la dynastie des Hafsides (1236 – 1510) dont les traces ont disparu après les invasions étrangères.

Figure II.5.2 – Essaie de restitution du tracé de la ville antique de Bejaïa (entre 33 av. J.-C. et 1510)

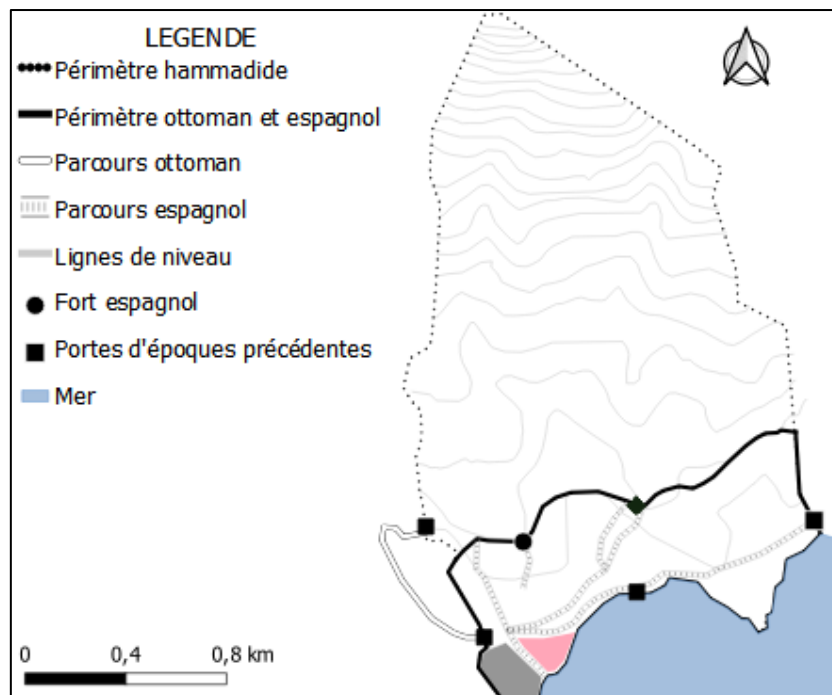


Source – Conception de l'auteure, 2024, sur base de fond de carte de Bejaïa d'après (Gsell 1911)

I.3.1.c. L'époque d'occupation étrangère et le déclin de la ville de Bejaïa

À partir du début du 16^e siècle, qui marqua la chute des dynasties autochtones et le début de la présence étrangère : espagnole (1510 – 1555) et ensuite ottomane (1555 – 1833), la ville entre dans des siècles sombres de sous-développement et de marginalisation. Elle se transforme en une ville en ruines et ne connaît aucun étalement ni interventions urbanistiques importantes si ce n'est la restauration de quelques forts à vocation défensive déjà existants ou la construction d'un nombre restreint de forts, toujours à vocation défensive : *Fort Moussa*. Quelques quartiers habités par des populations majoritairement autochtones et composés de maisons individuelles : *Acherchour*, *Karamane* et *Bab-l'Ouz*. La ville a vu sa superficie réduite au tiers de sa surface de l'époque hammadide, ses monuments détruits et le nombre de ses populations décroître à 4000 habitants, voire 2000 habitants, selon (Feraud 2001).

Figure II.5.3 – Essaie de restitution du tracé de la ville de Béjaïa au moyen âge (entre 1510 et 1833)



Source – IDEM

I.3.2. Les interventions coloniales dans l'ancienne ville à partir de 1833 : la ville qui s'ouvre sur un autre type d'urbanisme

La deuxième entité visible aujourd'hui dans l'ancienne ville de Bejaia, représente la ville coloniale française fondée par étapes :

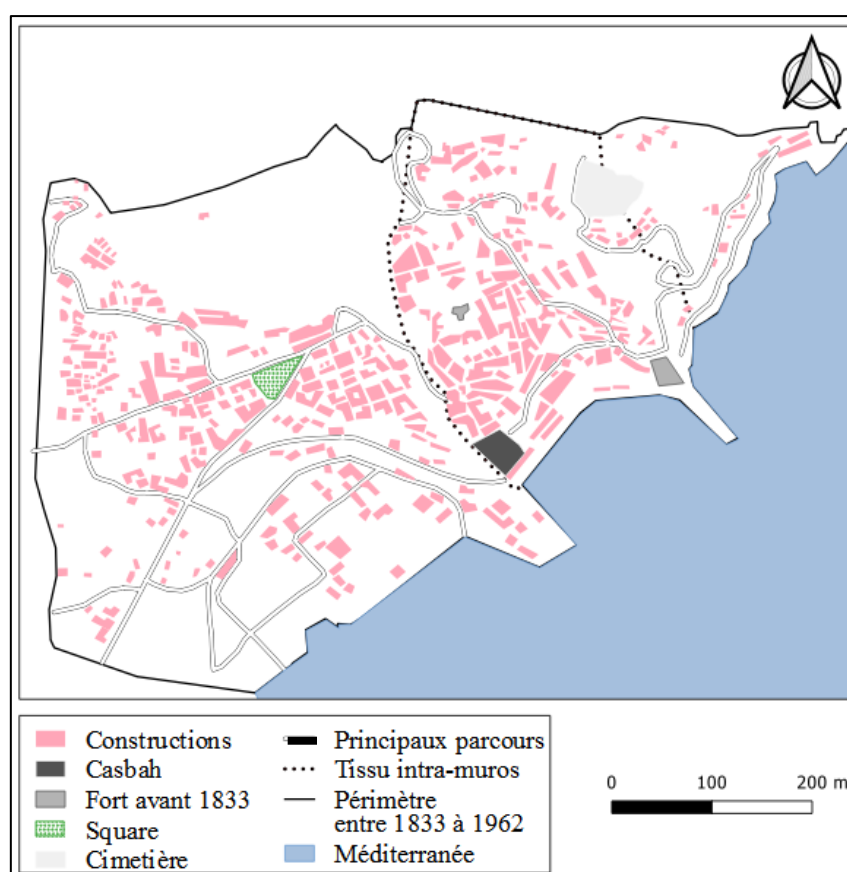
- Entre 1833 et 1848, un renforcement défensif de la ville a été entrepris par le biais de travaux de restauration des bâtiments déjà existants. Cela évoque une continuité des pratiques établies depuis le 16^e siècle.
- La seconde phase, qui s'étend de 1848 à 1891, a été marquée par une densification interne de la ville existante. Ainsi, la structure de la ville occidentale a assimilé le maillage urbain de la cité autochtone. À la suite d'une série de travaux de réaménagement axés principalement sur le tracé des voies, désormais en lignes droites, de l'installation des infrastructures publiques et de la création du quartier Mangin destiné aux colons européens établis dans la région comme mesure punitive suite à l'insurrection de 1871.
- Après 1891, une autre phase d'intervention urbaine a été marquée, pour la première fois de son histoire, par l'élargissement au-delà de ses remparts historiques en direction de la plaine. Ce qui donne naissance à la ville étalée que nous allons voir dans ce qui va suivre.

La ville de Bejaia, qui a connu une expansion à l'intérieur de ses murs pendant 3000 ans, a commencé à dépasser ses frontières historiques dès le vingtième siècle. L'expansion vers la plaine a été initiée suite à la démolition de la section sud du mur d'enceinte historique. Elle a été orientée par trois éléments principaux : le schéma agricole, le tracé routier de l'axe *Biziou* considéré comme un axe de croissance, et la création d'un nouvel espace vert, appelé le *square* (Korichi 2011). Une fois que les terres marécageuses ont été remblayées, la plaine a vu l'érection d'un port et d'une gare maritime, ainsi que la mise en place de dépôts pétroliers et des premières installations industrielles. Outre les ensembles de logements situés le long de l'actuelle rue de la *Liberté* et sur le plateau *Amimoun*.

L'année 1958, avec le début du « plan de Constantine », a marqué les premières indications de l'expansion de la ville au-delà de ses limites historiques. Le « plan de Constantine » incarne toutes les caractéristiques d'un plan d'urgence à visée politique.

Cette période marque la transition entre la cessation de l'ère historique urbaine et l'initiation d'une nouvelle époque en matière d'aménagement de l'espace. Depuis, l'expansion de la ville sur la plaine et les piémonts dans les deux sens (Sud et Ouest) est déterminée par sa topographie et son emplacement géographique (le mont Gouraya, la mer Méditerranée).

Figure II.5.4 – Essaie de restitution du tracé urbain de la ville de Béjaïa entre 1833 et 1962



Source – Conception de l’auteure, 2022, sur base de fond de cartes cadastrales de Bejaia (1891, 1920, 1962)

Cette zone de la cité appelée centre historique abrite divers édifices historiques illustrant son développement urbanistique et architectural. Ces édifices remontent aux différentes époques historiques que la ville a connue.

Tableau II.5.1 – Principaux monuments historiques de l’ancienne ville

Site	Période historique	Classement	Institution tutelle
Abris des Aiguades	Préhistorique (Néolithique)	Recensé	Ministère de la culture
Remparts numido-romains	Numido-romaine	Recensé	Ministère de la culture
Pont aquaduc Tihnaine			
Tunnel Habel			
Allée Ibarissen			
Remparts : ouest, est, sud	Hammadide	1987	Ministère de la culture
Porte sarrasine		1968	
Porte Bounoud (Fouka)		1968	

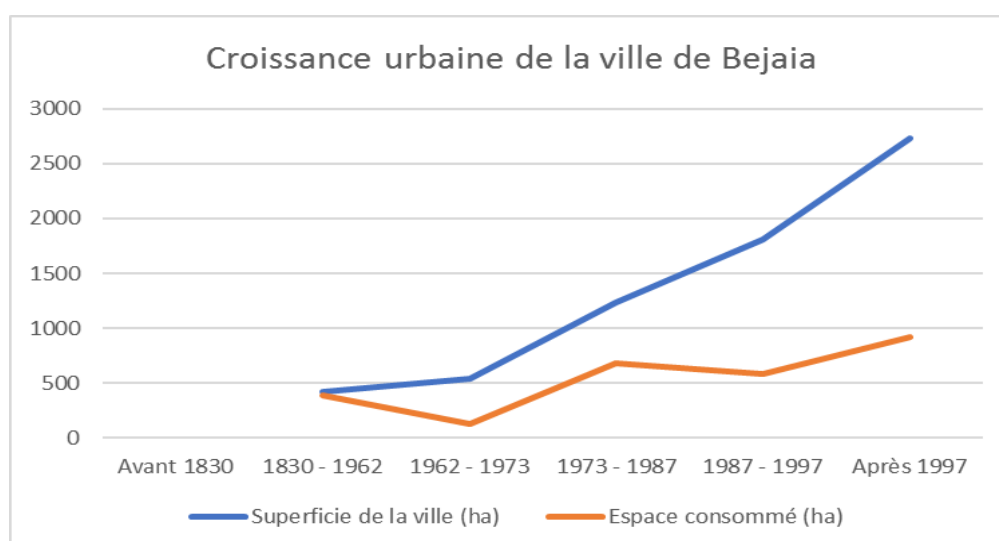
Porte Gouraya		Recensé	Parc de Gouraya
Porte Mersa			Ministère de la culture
Fort Abdelkader		2009	Ministère de la défense
Casbah	Almohade	1968	Ministère de la culture
Fort Moussa	Espagnole	1968	
Fort Gouraya		Recensé	
Porte Amesioum	Ottomane		
Porte El-Barr			
Fort Clauzel	Coloniale française		Domaine forestier
Fort Lemerrier			

Source – Réuni par l’auteure, 2024 ; d’après les données fournies par la direction de la culture et le parc de Gouraya, 2023

I.3.3. La ville postindépendance : une urbanisation rapide plus ou moins maîtrisée

À l’instar des autres villes algériennes, cette extension était caractérisée par une architecture et un urbanisme dépourvu de cohérence, de repères, de modèle reconnu ou de stratégie visible (Boutabba 2013). L’urbanisation à cette époque était rapide et incontrôlée et avait deux aspects qui se sont développés en parallèle. Le premier planifié et exécuté par l’État, le second spontané, auto-réalisé par les habitants. Dans ce contexte, Béjaïa a vu sa surface se multiplier par sept en quelques décennies seulement. (Graphique 1).

Graphique II.5.1 – Croissance urbaine de la ville de Bejaia



Source – D’après les données de (APC de Bejaia 2015)

I.3.3.a. L'urbanisation planifiée postindépendance, des thématiques locales et des approches étrangères

Les caractéristiques du phénomène urbain planifié à Bejaia, ne sont pas différentes de celles de l'ensemble des villes du pays. Du fait que ce type d'urbanisme formel relève de l'ordre public, il est similaire sur tout le territoire national. La planification de cette époque a rompu avec l'urbanisme de l'îlot d'avant l'indépendance. Depuis, elle se distingue par une interruption fonctionnelle, structurale et morphologique (Aouni 2014). Caractérisée par le manque « *d'un schéma urbain et d'une référence architecturale* » (Aouni 2014), ou de démarches d'aménagement spatial et économique (Belkhiri 2009).

On retient trois étapes principales d'urbanisation :

- La première est incarnée par la volonté d'industrialisation accélérée et intense du pays entre (1964 – 1979) ;
- La deuxième, focalisée sur la construction rapide de logements (1980 – 1999) ;
- La troisième concerne une organisation de l'espace guidée par les principes de l'économie du marché, depuis le début du siècle jusqu'à aujourd'hui.

I.3.3.b. L'urbanisation économique et industrielle de 1964 à 1979 : l'industrialisation sans l'urbanisation

Entre la fin des années 1960 et le début des années 1980, soit les premières décennies suivant l'indépendance, les stratégies de développement mises en œuvre par le gouvernement central ont principalement visé à favoriser l'essor économique du pays à travers une industrialisation lourde et rapide. Les interventions étaient une continuité des prévisions du plan de Constantine avec une focalisation sur le secteur des industries lourdes. À l'instar de toutes les villes algériennes, Bejaia a été destinée à accueillir des unités industrielles, ce qui a permis l'établissement d'une zone industrielle dans la plaine maritime, près du port et en plein centre du tissu urbain.

La ville se caractérise désormais par le manque de toute zone sécurisée séparant la zone industrielle du quartier urbain destiné au logement et aux activités tertiaires. Ce constat expose la ville à des dangers industriels tels que les explosions, les incendies ou les pollutions qui se produisent par les déversements de liquides et de gaz dans l'air, l'eau et le sol.

Pour illustration, les tracés du gazoduc et de l'oléoduc parcourent la ville sur une distance excédant 4 km, allant de *Bir-Slam* à la frontière sud jusqu'à l'intersection des *quatre-chemins* où se rejoignent toutes les voies nationales menant à la ville par voie terrestre. L'oléoduc s'étend à travers la zone portuaire jusqu'au terminal pétrolier. En ce qui concerne la trajectoire du gazoduc à travers la zone urbaine, nous remarquons une violation des servitudes de gaz, particulièrement dans le contexte des quartiers informels.

✚ Si jusqu'à aujourd'hui aucun incident n'a été enregistré, le risque reste présent et s'il venait de se produire, les dégâts seraient préjudiciables, autant sur le plan humain que matériel et environnemental.

I.3.3.c. L'urbanisation sociale et démographique de 1980 à 1999 : une urbanisation inachevée

Sous l'égide d'une politique d'urbanisme de zonage inspirée du modèle soviétique, qui a donné naissance à des zones fonctionnelles distinctes : zone industrielle (ZI), zone administrative (ZA) et zones résidentielles urbaines nouvelles (ZHUN). Elle se matérialise à travers les instruments d'urbanisme : les plans d'urbanisation directeurs (PUD) entre 1970 et 1990, puis les plans directeurs d'aménagement et d'urbanisme (PDAU) et les plans d'occupation du sol (POS) après cette période. Bien que ces plans existent, leur application concrète sur le terrain ne commence qu'à partir des années 2000.

La logique du zonage provoque la perte de la notion d'espace public concrètement défini. Dans ces espaces, les liaisons reliant les composants internes au sein d'une zone fonctionnelle ou entre différentes zones fonctionnelles telles que les rues, les boulevards, les trottoirs, etc. sont inexistantes. Les aménagements de récréation et de détente sont quasiment effacés du paysage urbain. Les ZHUN négligent les infrastructures de base, les équipements de proximité : les commerces, les annexes administratives, les écoles, ...etc.), les espaces extérieurs bâtis et non bâtis : trottoirs, parkings, espaces de jeux, espaces verts, places, ...etc. Ces derniers se caractérisent par une simplicité fonctionnelle et esthétique (Bouaifel 2010) ainsi que par la piètre qualité de l'environnement de vie imposé à leurs utilisateurs. Cela entraîne donc des désordres et des perturbations au sein de la cité.

Toutefois, les développements résidentiels individuels ou collectifs effectués dans la plaine durant la période (1980 – 1990) offrent des conditions de vie supérieures étant donné leur intégration au nouveau centre urbain de la ville (Belkhiri 2009), qui hébergeait le centre

administratif et les activités tertiaires. La zone administrative a pris la place du centre historique, désormais considéré comme le nouveau cœur de la ville, et remplaçant ainsi le centre historique situé dans l'ancienne ville.

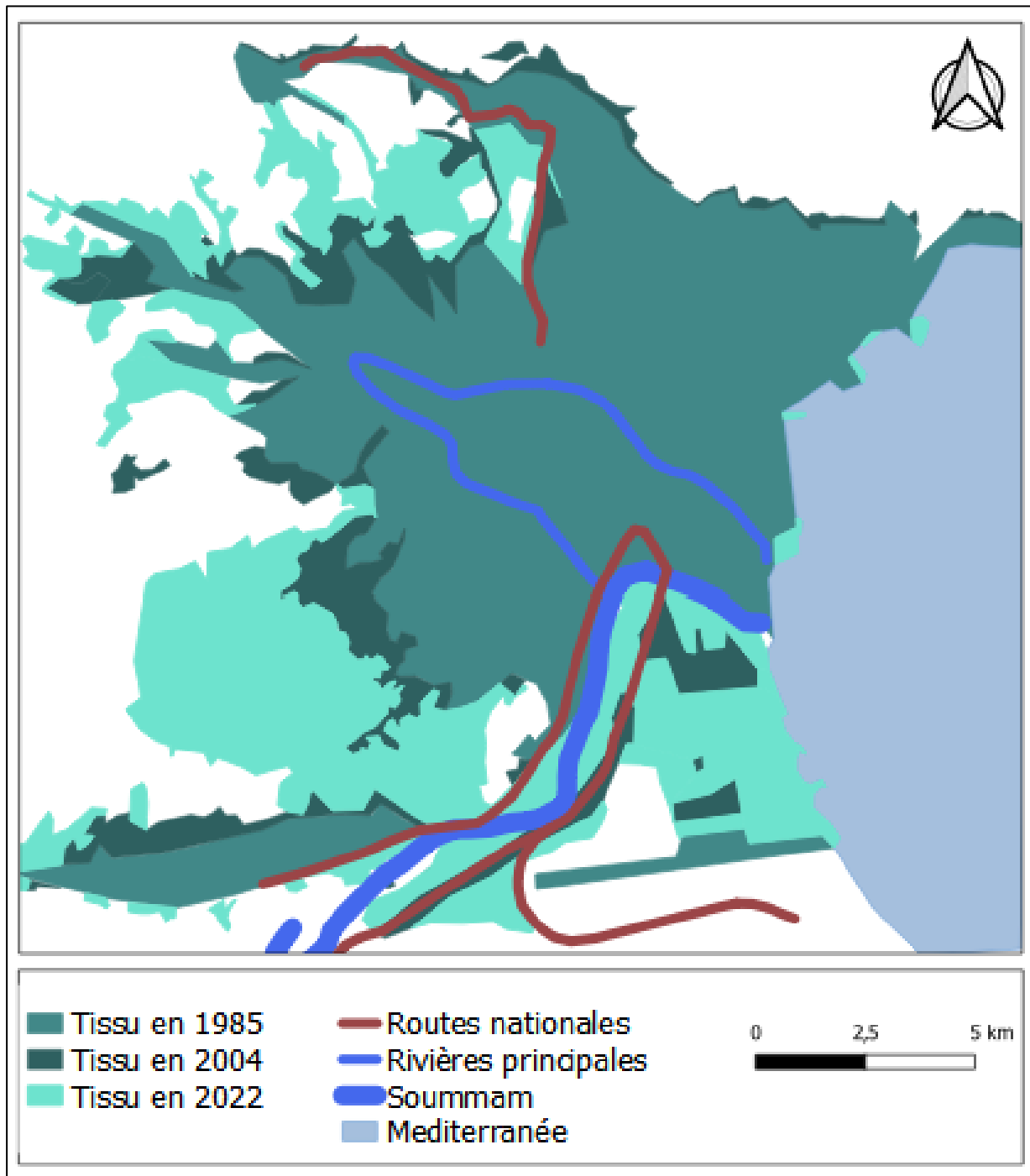
Par ailleurs, et dans tous les cas, l'urbanisme de cette période semble omettre les dispositions de sécurité concernant les bâtiments, qu'ils soient destinés à la résidence ou aux activités. Nous remarquons le manque d'issues de secours, qui seraient utiles pour l'évacuation. On observe la même chose pour les mesures de sécurité contre les inondations. La nouvelle ville de *Sidi-Ali-Labher*, dont la construction a commencé après 1990, constitue une exception. Dans cette cité côtière et située sur le delta de la *Soummam*, tous les bâtiments se dressent au-dessus du sol d'un mètre ou davantage.

I.3.3.d. L'urbanisation dans le contexte de l'économie du marché de 2000 à aujourd'hui : métamorphose économique sans transition urbaine

Depuis le début des années 2000, l'Algérie a décidé d'embrasser l'économie de marché, mettant ainsi fin à l'économie dirigée qui était en place depuis l'accession à l'indépendance. Afin de parvenir à ses objectifs, le pays a mis en place une panoplie de ressources organisationnelles, institutionnelles, législatives, réglementaires et financières pour l'aménagement du territoire. Ces outils sont censés garantir un équilibre entre les régions et les villes tout en valorisant leurs atouts et potentialités (Nezla 2012).

La loi (29/90) du (1^{er} Décembre 1990), définit les nouvelles orientations de planification urbaine et promulgue les instruments d'urbanisme et d'aménagement du territoire, dits (PDAU et POS). Ils sont à l'échelle de la commune et des parcelles. A cause de la situation sécuritaire et politique du pays, pendant les années 1990, cette loi n'a été appliquée sur le terrain qu'à partir des années 2000. Avec ces deux plans ci-dessus cités, la planification a rompu avec l'urbanisme autocratique et centralisé pour un urbanisme participatif et de concertation (PDAU 2009). En ouvrant le champ de la planification urbaine à de divers acteurs dont les citoyens, les conseils municipaux et ceux de wilaya, les acteurs techniques, les associations, les acteurs économiques...etc. Tous les intervenants forment conjointement des comités pour l'élaboration et l'approbation de ces plans qui servent de fondement à toutes les actions menées dans l'espace urbain.

Figure II.5.5 – L’extension urbaine entre 1962 et 2022



Source – Conception de l’auteure, 2023, sur fond de cartes Google Earth, consulté le 13/03/2023

Toutefois, même si le statut de l’ élu local et du citoyen est élevé au niveau de décideur et d’habitant qui ne devraient plus supporter leur ville, mais la vivre et la planifier, ces projets sont néanmoins restés relativement conventionnels et n’ont pas su s’ajuster aux particularités des zones ou des municipalités (PDAU 2009). Ces projets offrent une stratégie d’urbanisme axée sur la création de logements en collaboration avec des entités immobilières publiques ou

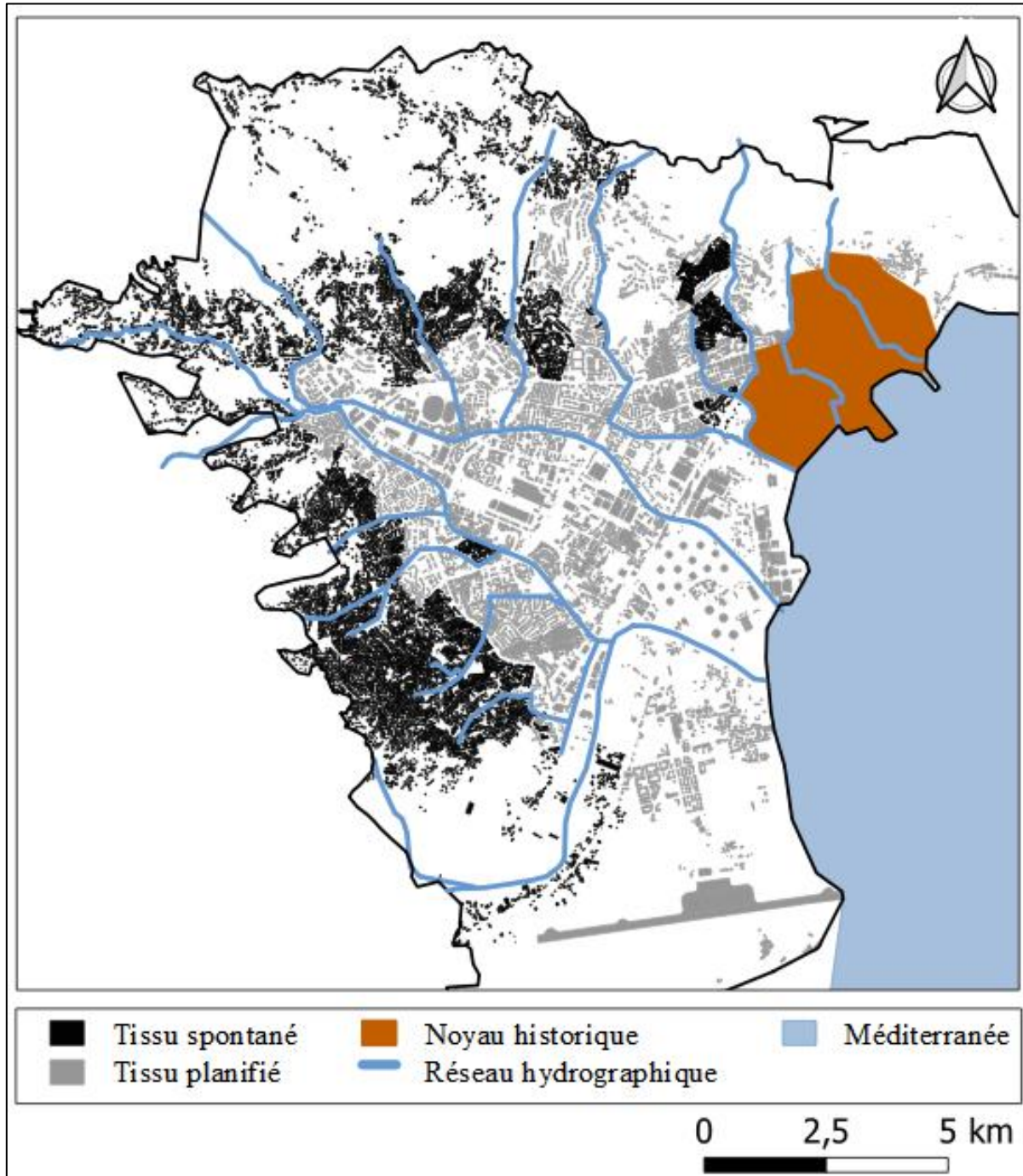
privées. Outre la mise en place d'unités d'équipements, d'activités et de services, conformément aux directives des deux plans mentionnés. Après l'indépendance, les priorités économiques de l'État se sont déplacées de l'industrie lourde vers des secteurs tels que le tourisme, ainsi que la petite industrie et l'artisanat qui encouragent les petites et moyennes entreprises.

D'autres projets à l'échelle nationale et régionale soutiennent les PDAU et les POS. La planification se distingue par une modification des méthodes et procédures, sans toutefois changer les buts et les aspirations qui demeurent pratiquement identiques à ceux de l'ère précédente. La planification fait preuve de timidité et les buts visés ne vont pas au-delà de la construction massive de logements, sans prendre en considération les nouveaux concepts liés à la durabilité, à la sauvegarde des environnements naturels et à l'adaptation du développement urbain aux conditions naturelles ou techniques actuelles. Aucune initiative audacieuse d'aménagement (agrandissement du port) ou de sécurisation et d'organisation : relocalisation de la zone industrielle, incorporation de la rivière de la Soummam dans l'urbanisme. Ni dynamiser la ville ou résoudre les problèmes de nature spatiale, sociale, économique et environnementale, tels que la séparation de la ville de la mer et de l'arrière-pays, son insuffisance écrasante en équipements variés, son manque d'attractivité dû à l'absence d'un centre névralgique et d'une fonction dominante. Ou de numérisation de la ville pour améliorer sa gestion, son contrôle et l'observation de son développement, dans le but de prévenir les risques importants (fig. 5).

I.3.3.e. L'urbanisation spontanée postindépendance : l'urbanisation sans urbanisme

Dans ce contexte, l'urbanisation est définie comme une occupation pacifique et tolérée dans le temps (Estrada Díaz 2017). Une partie importante du parc du logement est en fait de nature spontanée réalisée par des particuliers sans avoir à recourir en aucun moment aux services officiels. Répartie en deux formes d'urbanisation différentes, la première illustre l'urbanisation spontanée et non précaire qui s'étend sur une vaste portion du territoire de la ville. Le second type illustre une urbanisation spontanée et précaire. Bien que ce groupe soit minoritaire en termes de nombre d'habitations et de superficie occupée, il soulève des questions concernant les conditions de vie des résidents, la qualité des espaces verts et l'image propre de la ville.

Figure II.5.6 – L’urbanisation planifiée et spontanée postindépendance



Source – IDEM

Le caractère anarchique dans le premier cas implique l'absence de titres de propriété pour les terrains sur lesquels les constructions sont érigées et le caractère non réglementaire de leur acquisition. D'autre part, cela renvoie à l'absence de procédures architecturales, techniques et urbaines requises pour la mise en place de nouveaux quartiers résidentiels : manque d'organisation des espaces extérieurs, insuffisance ou médiocrité des différents réseaux tels que les routes et les systèmes d'assainissement, absence d'études techniques sur les terrains,

inexistence de plans de lotissement, insuffisance d'espaces publics et récréatifs, absence de services locaux. L'urbanisme pratiqué ici consiste à l'implantation arbitraire des habitations sans se soucier de l'orientation, de l'alignement, de la continuité, de la valeur esthétique de la ville ou de sa sécurité et résilience.

« Les maisons individuelles cubiques poussent comme des champignons. [...] Le mitage dévore l'espace à l'horizontale et à la verticale. L'architecture est un fait social : chacun construit sa maison, sans tenir compte des règles d'urbanisme. » (Berki 2004)

Plusieurs pôles spontanés² généralement inachevés, de type individuel et avec une densité extrêmement élevée, font leur apparition sous forme de pavillons, de villas, ou de grandes maisons. Les zones concernées par ce type de développement de la ville sont toutes situées dans les régions périphériques de la ville et le tissu peut être qualifié de périurbain ou de rural.

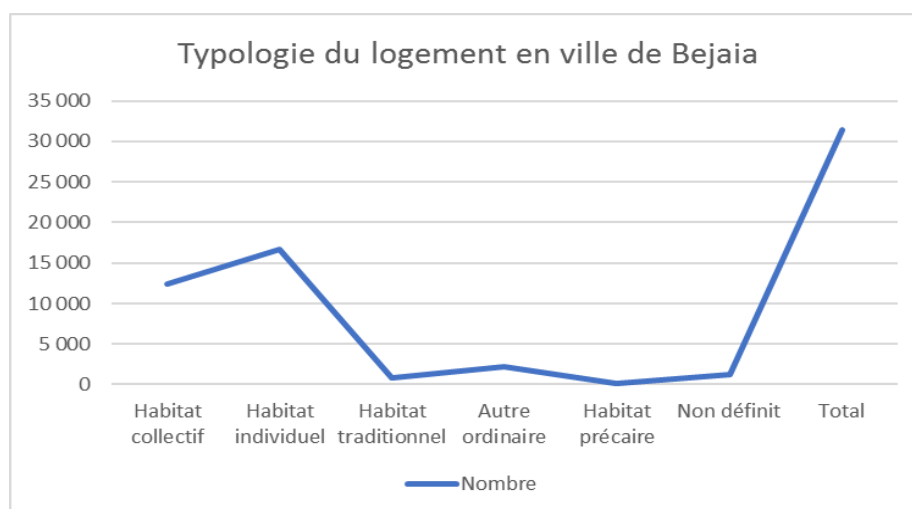
Ces constructions poussent sur le littoral, principalement sur la côte ouest, et sur le plateau de *Sidi-Bouadarham*. Dans ce sens, dix-neuf constructions illégales ont été réalisées, rien qu'en 2015 (DUC de Bejaia 2015).

A Bejaia, la typologie du logement est différente entre les zones planifiées et celles qui sont spontanées. Les logements de type collectif sont souvent reliés à l'urbanisme planifié, pendant que la plus grande part des logements spontanés est de nature anarchique. Le graphique (1) ci-après illustre le nombre de logements en fonction de leur type individuel ou collectif dans la ville de Bejaia.

On peut observer que le nombre des résidences individuelles surpasse tous les autres types de logements, ce qui souligne l'importance de la proportion du parc de logement spontané dans la ville. Le logement collectif, issu d'une planification urbaine réglementaire, occupe le deuxième rang, avec une différence d'environ 5000 unités par rapport au premier type.

² Amtik, Amtik-N'tafat, Boukhama, Ibouassen, Ighil-Ouamriw, Ighil-Ouatou, Ighil-Ouazoug, Iheddaden, Imehdiene, Taassast, Taghzouit, Takhribt, Takhrouit-N'Cham, Taklait, Tala-Markha, Tala-N'savone, Targua-Ouzemour, Tazeboudjt, Tizi ...etc.

Graphique II.5.2 – Typologie du logement en ville de Bejaia



Source – (ONS 2008)

I.4. Aperçu sur les populations et les activités :

L'étude des populations et des activités permet de constituer une image sur la dynamique socio-économique de la zone d'étude. Cette dynamique étant un facteur important du système urbain et de sa vulnérabilité face aux risques issus des cours d'eau de surface.

I.4.1. Les populations

La ville, de taille intermédiaire, comptait 191 936 résidents à la fin de l'année 2019 ([Annuaire statistique de Bejaia 2020](#)). Elle fait face à une croissance démographique rapide due à l'émergence de nouveaux espaces urbains, fréquemment d'ordre spontané ([Lillouch 2018](#)), sous forme de projets privés, depuis le début des années 2000.

Elle accueille également un grand nombre de personnes non résidentes, dont le nombre estimé tourne autour de 50 000 visiteurs quotidiennement³. Le nombre de visiteurs se multiplie au cours des trois mois de la saison estivale. Les visiteurs sont présents en ville pendant la journée ou la nuit et pendant les semaines et les week-ends selon le motif de leur visite : le travail, les études, les visites médicales, les achats, le divertissement...etc. Ils sont issus des zones urbaines et rurales voisines, ou des régions les plus éloignées du pays. Certains séjournent dans les hôtels

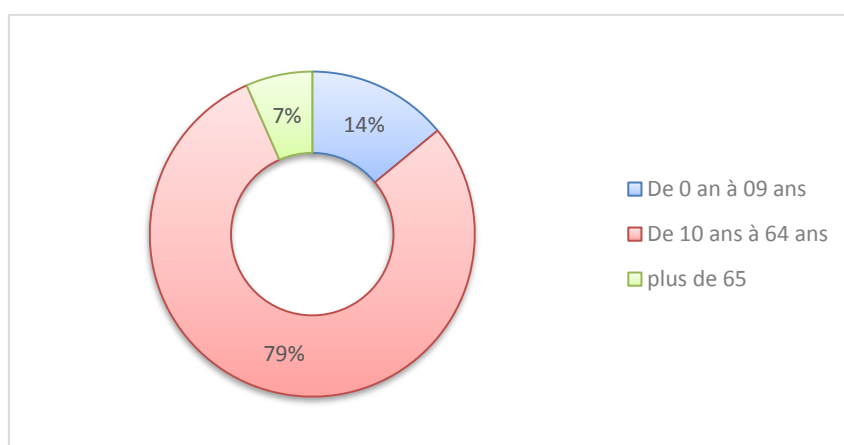
³ Ce chiffre indique le nombre de visiteurs qui se rendent en ville par le biais de transports routiers collectifs (bus). Cela ne comprend pas d'autres types de modes de transport : automobile personnelle, taxi, train, aéronef

ou auberges proposés par la ville, d'autres disposent de maisons et d'appartements en ville. Les autres font la navette quotidiennement et quittent la ville pendant la nuit.

La population de Béjaïa se caractérise par une majorité de jeunes, avec 14 % du total de la population ayant moins de 10 ans. En ce qui concerne les personnes âgées de plus de 65 ans, elles constituent approximativement 7 % du pourcentage total de la population résidente. Ces deux groupes représentent les segments sociaux les plus exposés lors d'une situation périlleuse. Les enfants en raison de leur fragilité physique et de leur immaturité intellectuelle, et les personnes âgées pour leur fragilité physique et leurs difficultés de mobilité. Dans les deux catégories, les concernés se heurtent à des difficultés à réagir face à l'évènement de risque. Outre ces catégories, d'autres groupes sociaux qui ne sont pas moins vulnérables sont également concernés, tels que les patients hospitalisés, les femmes enceintes et les personnes handicapées. Dans ce contexte, la vulnérabilité peut être de nature permanente ou passagère.

Le graphique suivant fait la synthèse des tranches d'âges des populations résidentes de la ville de Bejaia.

Graphique II.5.3 – Tranches d'âges des populations résidentes

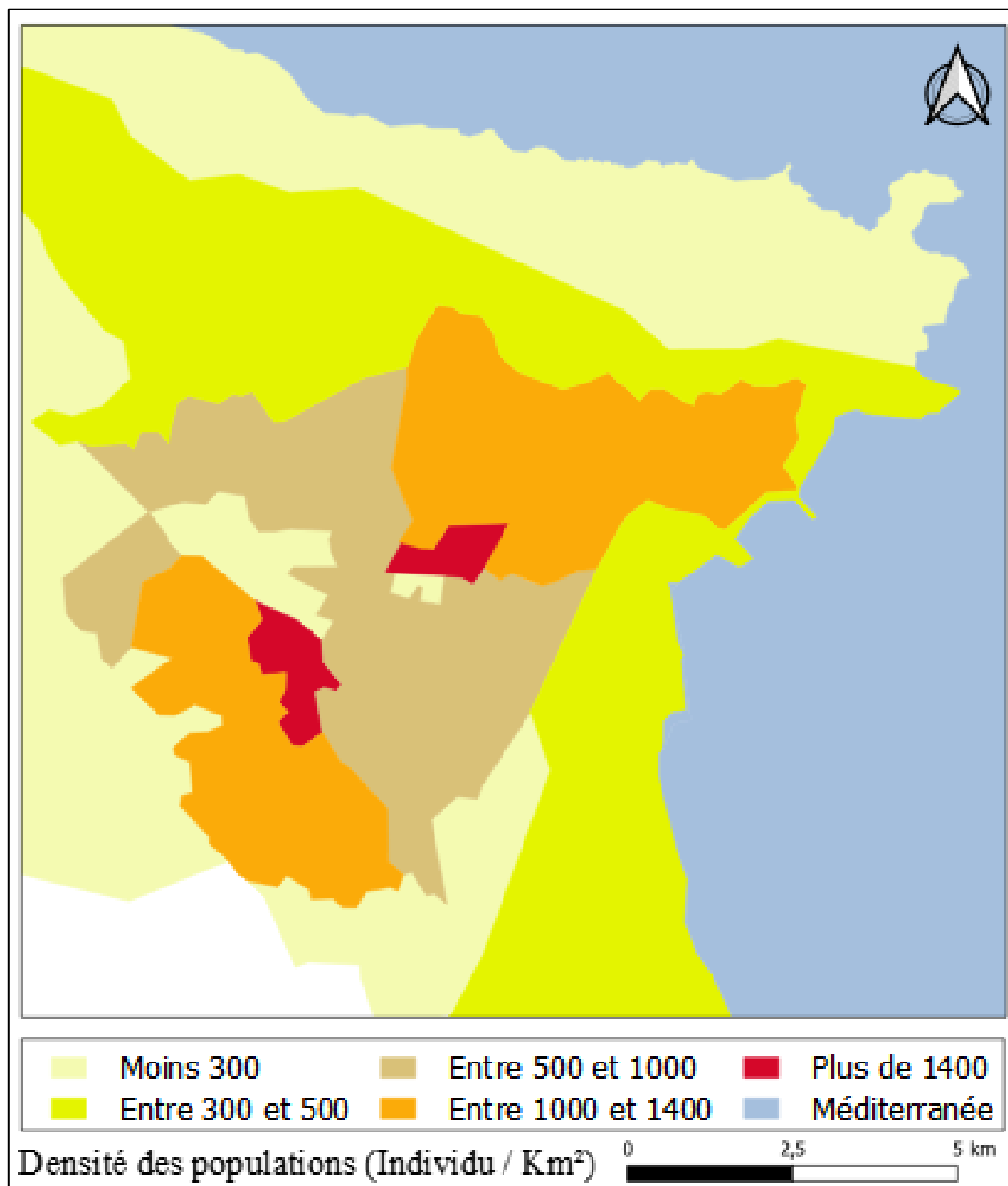


Source – D'après (Annuaire statistique de Bejaia 2020)

En ce qui concerne les visiteurs, ils sont principalement des adultes, dont l'âge varie de 19 ans pour les étudiants à 65 ans pour les travailleurs. Cela désigne une catégorie qui n'inclut pas les individus hautement vulnérables. Des visiteurs plus jeunes ou plus âgés, donc potentiellement plus exposés, représentent une part moins significative en termes de nombre. Par ailleurs, en se basant sur notre expérience personnelle et les interviews réalisées dans le cadre de ce travail, l'analyse de la répartition des visiteurs par sexe révèle une quasi-parité entre les genres masculin et féminin.

Selon l'[Annuaire statistique de Bejaia \(2020\)](#), la ville de Bejaïa est caractérisée par une densité de population qui s'élève à 1500 habitants au kilomètre carré. Ces chiffres sont considérés comme élevés en comparaison avec les villes voisines et la majorité des villes algériennes. Selon [Lillouch \(2018\)](#), 99 % des populations résidentes sont établies dans le chef-lieu de la commune. Il en va de même pour les destinations principales des visiteurs. La figure ci-dessous, résume la densité des populations selon les différents secteurs de la ville ([fig. 8](#)).

Figure II.5.8 – Densité des populations

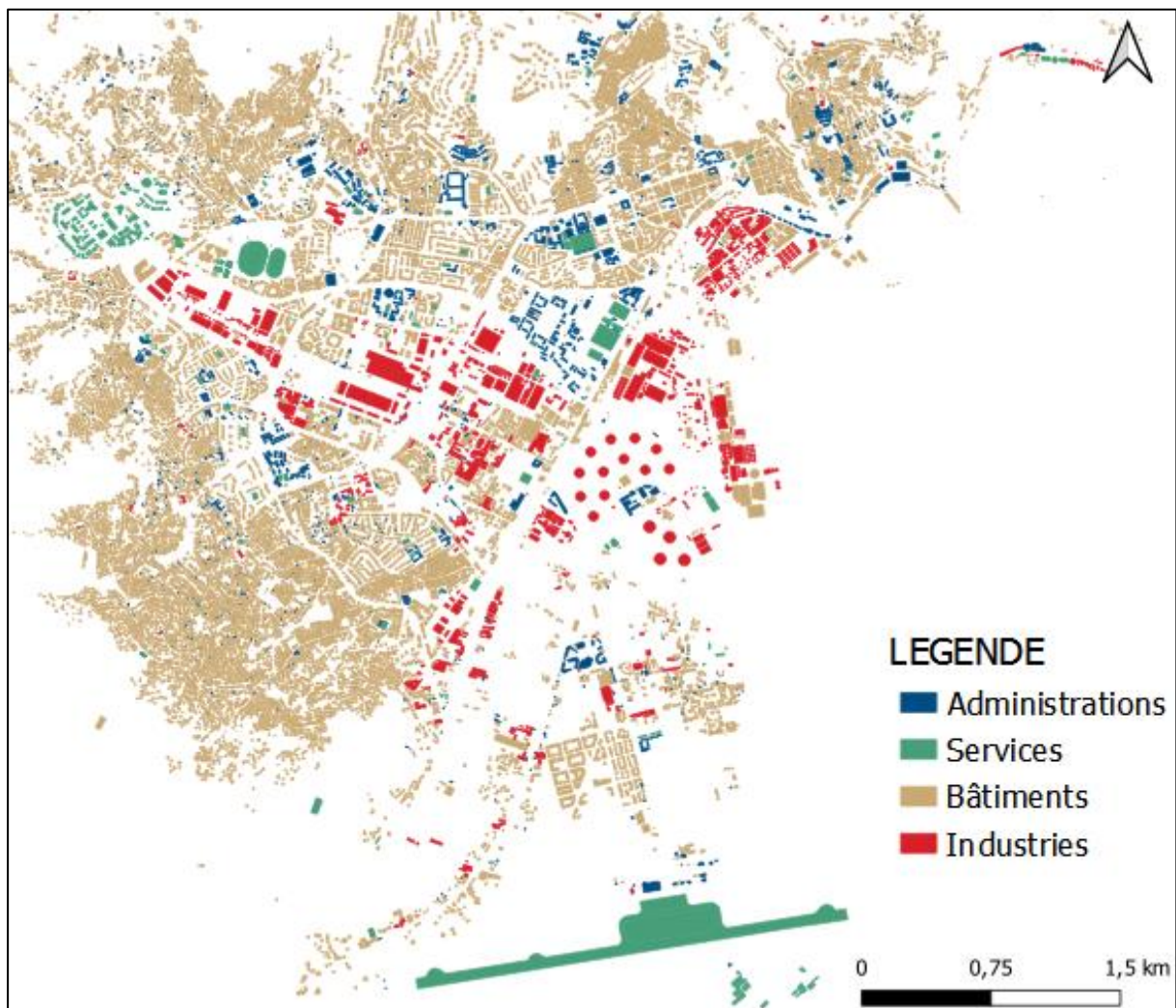


Source – Conception de l'auteure, 2023 ; d'après les données de de la DPSB, 2023

I.4.2. Les activités

Des services de proximité sont localisés dans les rez-de-chaussée des constructions individuelles dans les zones à urbanisation spontanée (Bouchama 2017), et dans les lotissements et les promotions immobilières des zones planifiées. Les logements collectifs non attribués à l’habitation sont exploités pour des activités libérales, où des professionnels exercent leurs fonctions. Les principales activités administratives sont regroupées dans la zone du même nom, au long de la rue de *La liberté*. Des annexes de l’état civil, des bureaux de postes, des banques, des hôtels ou centres commerciaux, ...etc., sont éparpillés dans différents secteurs de la ville, dans le but de rapprocher ces services aux citoyens.

Figure II.5.9 – Localisation des activités en ville de Bejaia secteurs de la ville par type d’activités



Source – Conception de l’auteure, 2023 ; d’après une carte de Bejaia de (ONA 2017)

Les principales activités industrielles et commerciales sont localisées dans la zone industrielle et dans le port. La force économique de Bejaia réside dans son port qui est le deuxième en matière de transport de marchandises au niveau national, après le port d'Alger. Les principaux domaines d'activités exercés dans la zone industrielle sont : les hydrocarbures, l'agro-alimentaire, la construction et le bâtiment.

L'état de la zone industrielle en matière d'aménagement urbain peut être qualifié de moyen. En raison de la densité très élevée et du manque accru du foncier industriel, la zone connaît aussi des problèmes liés aux embouteillages que causent le transport de marchandises à partir et vers le port. Le mobilier et les réseaux représentent des défaillances en certains endroits, ce qui rend accru l'exposition de cette région aux risques.

Pour ces raisons, et à la suite de la conscience croissante des risques liés à la localisation de la zone au centre du tissu urbain ainsi qu'aux déchets produits par les activités et à l'absence de systèmes de gestion des déchets chez les producteurs⁴ ; l'idée de transférer les activités vers les municipalités voisines d'Oued-Ghir et Toudja, ou vers la municipalité d'El-Kseur, se précise de plus en plus.

II.

BEJAÏA COMME ENTITE NATURELLE

Étudier l'état naturel du site d'étude est indispensable pour connaître les aléas existant dans la région. Cette section a pour objectif de mettre la lumière sur les caractéristiques naturelles du site où nous allons nous focaliser sur les rivières et sur les caractéristiques climatiques et hydrologiques de la ville. Ceci se justifie par le fait que les risques rivulaires sont en lien direct avec ces deux éléments naturels du climat et de l'hydrologie.

II.1. Des caractéristiques naturelles favorables à la formation des cours d'eau

Certains composants de la nature comme le climat ou la morphologie d'un site peuvent rendre ce dernier plus ou moins favorable à la présence d'eau de surface.

⁴ Ce point sera traité dans le chapitre suivant.

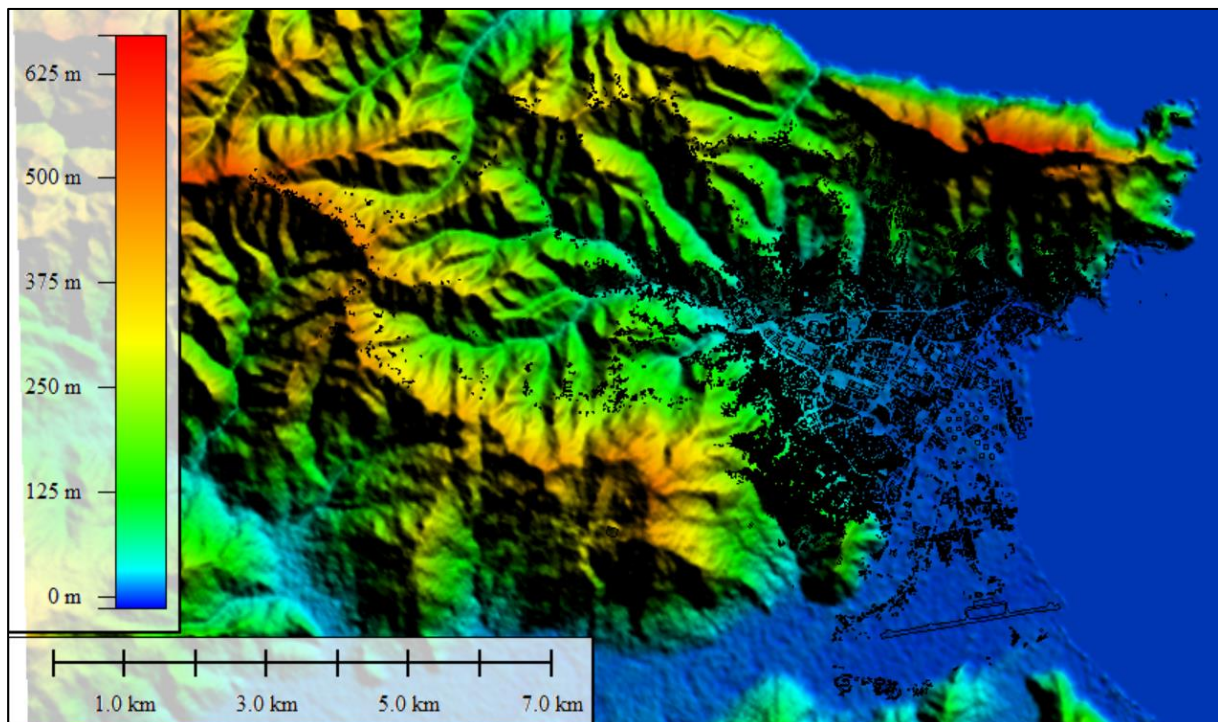
II.1.1. La topographie : plaine et montagnes en cohabitation

La baie de Bejaia se trouve sur la côte méditerranéenne, s'étendant sur une longueur de 7,5 kilomètres. La ville s'étend sur une superficie de 120,22 km² et présente une configuration en amphithéâtre, sa largeur et sa longueur étant approximativement de 5 km.

Elle est entourée de montagnes, *Sidi-Bouharham* 384 m, *Gouraya* 670 m et *Boukhantouche* 400 m, respectivement à l'ouest, au nord et au sud, tandis qu'elle s'ouvre sur le littoral par une plaine maritime à l'est. Au nord, la montagne de *Gouraya* avance sur 700 mètres dans la mer, donnant naissance aux caps *Carbon* et *Bouak*. Ces derniers assurent la défense de la ville face aux rafales puissantes de la mer. D'après Von Habsbourg (1899), ces attributs naturels accordent à la ville le titre de l'unique port naturel en Méditerranée (Von Habsbourg, 1899).

Constituée de deux sortes de reliefs distincts. Les terrains accidentés couvrent une superficie de 45 km², où la pente peut fluctuer entre 5 % et 55 %. La plaine maritime couvre une surface de 75 km², avec une pente qui oscille entre 0 % et 5 %. La topographie est donc caractérisée par la discontinuité due à la diversité entre un espace accidenté et un autre plat, et par le réseau hydrographique qui traverse les deux types d'espaces.

Figure II.5.10 – Topographie du site



Source – Conception de l'auteure, 2023 ; sur fond de carte Global Mapper 21.0

La configuration géographique de la ville impacte la circulation des rivières ainsi que leurs débits, leurs attributs hydrographiques et leurs formes, tout en influençant le comportement des eaux de ruissellement. Elle affecte les traits du bassin versant, tout en jouant un rôle dans le risque de crue et de débordement des rivières. Grâce à son relief, la plaine se trouve naturellement adaptée pour accueillir des inondations. En revanche, la zone montagneuse est conçue pour un écoulement rapide de l'eau, ce qui a des conséquences sur le transport des déchets de la partie amont vers la partie aval.

 En plus des éléments liés à l'emplacement et aux caractéristiques du terrain qui impactent le climat et par conséquent les rivières, les conditions météorologiques jouent également un rôle dans la formation du climat et, de ce fait, des cours d'eau.

II.1.2. Les caractéristiques hydro-climatiques : source d'alimentation des cours d'eau

La compréhension des ressources en eau dans une zone dépend de la connaissance des facteurs qui affectent ces eaux, qu'elles soient de surface ou souterraines. Le climat constitue un des facteurs principaux qui fixe le fonctionnement d'un réseau fluvial (APC de Bejaia 2015). Pour leur impact sur les rivières, les facteurs climatiques pris en compte sont : les températures, les précipitations et les vents. Ces facteurs ont un effet sur les réserves d'eau ainsi que sur les régimes des rivières. Ils sont eux-mêmes influencés par la situation géographique et la topographie, et ils sont liés et agissent entre eux

Dotée d'un climat méditerranéen humide. Ce dernier est défini par un régime saisonnier composé de quatre saisons : Automne, Hiver, Printemps et Eté, caractérisées par des taux de pluviométrie, températures, d'humidité, d'évaporation et des vents, divergents d'une saison à une autre.

II.1.2.a. Les températures :

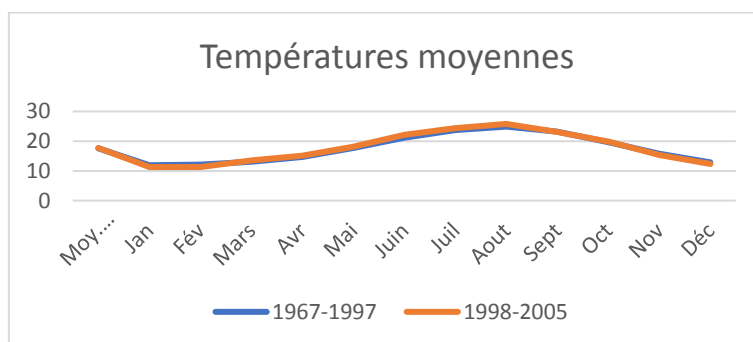
Les températures les plus élevées enregistrées en ville sont observées en août, atteignant 46.0 C°, tandis que les plus basses sont relevées durant l'hiver, avec une valeur minimale de -1.0 C°. À l'instar de toute la région méditerranéenne, cette ville subit des changements climatiques, marqués par une hausse des températures moyennes. Entre les périodes de (1967 – 1997) et de (1998 – 2005), on note une augmentation de 0.1 C° des températures moyennes (passant de 17.6 C° à 17.7 C°). En 2022, les températures moyennes ont atteint 19 °C, ce qui

représente une hausse de 1.3 °C par rapport à la période antérieure, illustrant un réchauffement préoccupant et rapide qui frôle le seuil de 1.5°C défini par l'Accord de Paris (UN-HABITAT 2023). Ce seuil correspond à l'augmentation des températures moyennes dans le monde, mais sur des décennies à venir (UN-HABITAT 2023).

Pour les modifications dans les saisons, on constate que les températures sont plus élevées tout au long de l'année, sauf entre les mois de Novembre à Février, où il y a une légère diminution des températures. On remarque aussi que la plus importante augmentation des températures est enregistrée pendant la saison d'été. Ceci signifie que l'hiver est devenu plus froid et l'été, le printemps et l'automne, plus chauds (Graphique.4).

Les températures influent sur les taux de l'humidité et de l'évapotranspiration et par conséquent sur les eaux de surface.

Graphique II.5.4 – Températures mensuelles moyennes (1967 à 1997) - (1998 à 2005)



Source – Auteure, 2023 ; d'après les données statistiques de (ONM 2022)

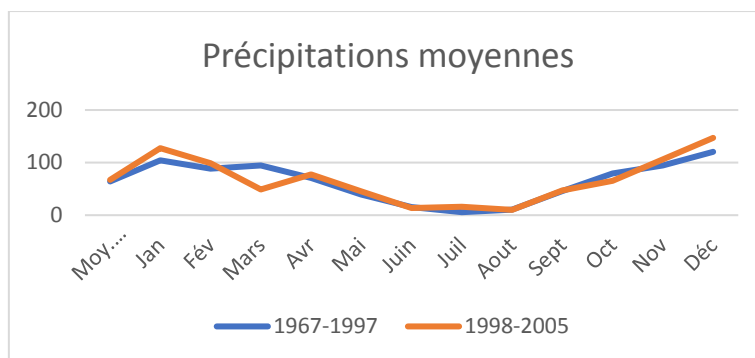
II.1.2.b. Les précipitations :

La ville est une des plus humides dans le pays et concentre des quantités importantes de précipitations moyennes annuelles qui ont dépassé la valeur exceptionnelle de 1 373 mm en 2012. La proximité de la mer représente une source d'humidité qui s'abat sur la ville pendant toute l'année et les montagnes font office d'obstacle contre le déplacement des averses vers l'extérieur de la ville.

A la suite des changements climatiques auxquels la méditerranée et le monde font face, nous constatons une diminution de la moyenne des précipitations annuelles de (2.9 mm/an) entre 1967 et 2005. La moyenne annuelle était de (883 mm) entre (1967 – 1997), contre (784 mm) entre (1998 – 2005), contre (762 mm) entre (2008 et 2022), sachant que certaines années connaissent une sécheresse accrue, d'où la moyenne de (367 mm) enregistrée en 2022.

D'autre part, on remarque une modification dans la dynamique saisonnière des précipitations. Entre Novembre à Février, et Juin à Août, on remarque une augmentation des précipitations entre (1998 – 2005), contre leur diminution entre Février à Avril et Septembre à Octobre, pour la même période. Ceci signifie que l'hiver et l'été sont devenus plus humides, pendant que le printemps et d'automne, plus secs (Graphique.5). A partir de 2008, toutes les saisons deviennent plus sèches.

Graphique II.5.5 – Précipitations moyennes mensuelles à Bejaia (1967 à 1997) - (1998 à 2005)



Source – Auteure, 2023 ; d'après les données statistiques de (ONM 2022)

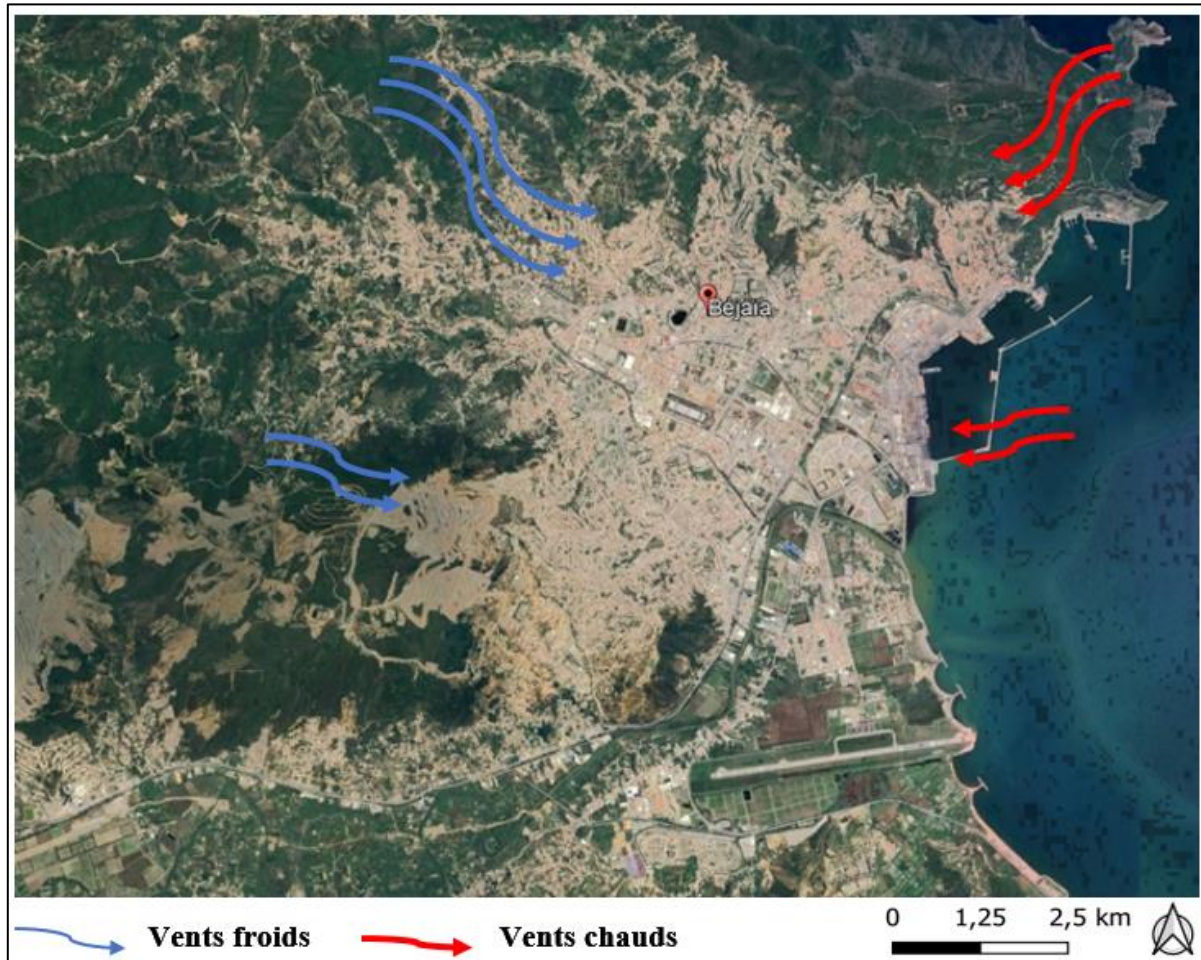
II.1.2.c. Les vents :

Deux types de vents dominant la ville. Les vents du Nord-Ouest caractéristiques d'hiver et ceux du Nord-Est caractéristiques d'été. La vitesse moyenne des vents était de (57 km/h) durant la période (1967-1997), (36 km/h) enregistrée entre (1996-2005), contre (11 km/h) pour la période de (2008-2022).

Le vent comme élément du climat est favorable à l'augmentation des quantités des eaux présentes sur le territoire. Néanmoins, la diminution de la vitesse des vents va dans le même sens de réchauffement climatique et de sécheresse observés dans la ville.

Une vitesse de vent de 57 km/h enregistrée entre 1967 et 1997 est plus susceptible d'apporter des précipitations qu'une vitesse de 11 km/h, enregistrée dans la dernière décennie, ce qui est compatible avec les valeurs des précipitations et des températures enregistrées pour les mêmes périodes. Ainsi, nous pouvons déduire que le climat de la ville de Béjaïa tend vers un réchauffement et une baisse des niveaux d'eau, y compris pour les cours d'eau de surface.

Figure II.5.11 – Les vents dominants dans la ville de Bejaia



Source – Conception de l’auteure, 2023 ; sur fond de carte Google Earth, consulté le 26/07/2023

II.2. L’aperçu hydrologique :

L’étude du système hydrologique d’une région se fait par l’étude des bassins versants⁵ qui la composent. Le territoire de la wilaya de Bejaia se trouve réparti entre le côtier algérois au centre et le côtier constantinois à l’est. La ville draine deux bassins versants, le *Cap-Sigli* et la *Soummam*, qui dépendent des bassins du côtier algérois pour le premier et de ceux de la Soummam-Hodna, pour le second.

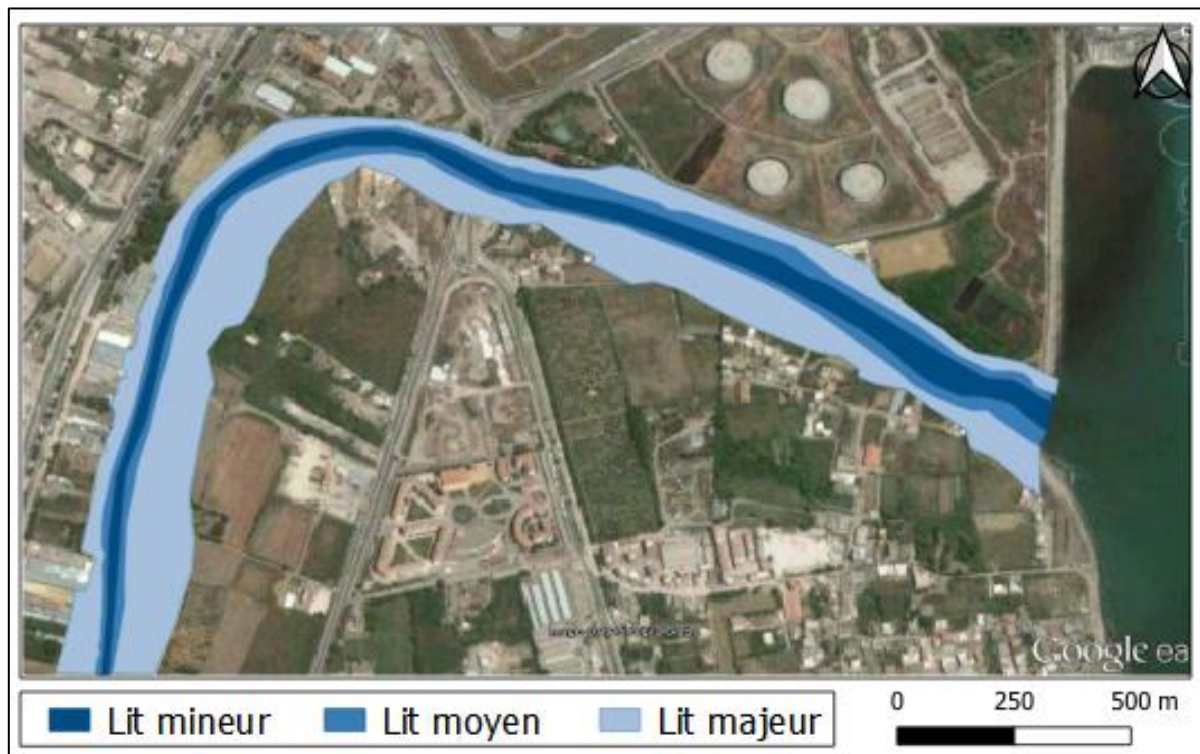
⁵ Un bassin versant est défini comme l’espace qui couvre un réseau hydrologique fermé, composé d’effluents qui s’écoulent vers un seul exutoire et qu’aucun écoulement ne vient de l’extérieur de ce système séparé hydrologiquement des systèmes hydrologiques voisins.

II.2.1. Le bassin versant de la Soummam : un élément atout et à risques

La *Soummam* prend naissance à la confluence de deux rivières notables, la *Sahel* et la *Bou-Sellam*, qui se joignent dans les montagnes des *Bibans*, en amont de la ville d'*Akbou*. Ce cours d'eau est le principal collecteur d'un réseau dense de rivières, parmi lesquelles figurent les plus significatives : *Seddouk*, *Imoula*, *Amassine* et *Amizour* sur la rive droite ainsi qu'*Illoula*, *Tifrit*, *Nchâa*, *Amokrane*, *Remila* et *El-Kseur* sur la rive gauche. Elle représente le cours d'eau majeur qui traverse la ville sur une distance de 04 km et constitue le delta de la *Soummam* à son embouchure où elle se jette dans la mer Méditerranée.

La *Soummam* constitue un atout à la fois écologique et paysager significatif pour la ville. Cependant, elle est essentiellement utilisée comme décharge pour les déchets liquides et solides provenant des foyers et des industries. Depuis 2009, le PDAU a suggéré l'idée de développer un parc de loisirs sur les deux rives de la *Soummam* (PDAU 2009), mais aucune réalisation tangible n'a été effectuée jusqu'à présent.

Figure II.5.12 – Unités hydro-géomorphologiques de la Soummam



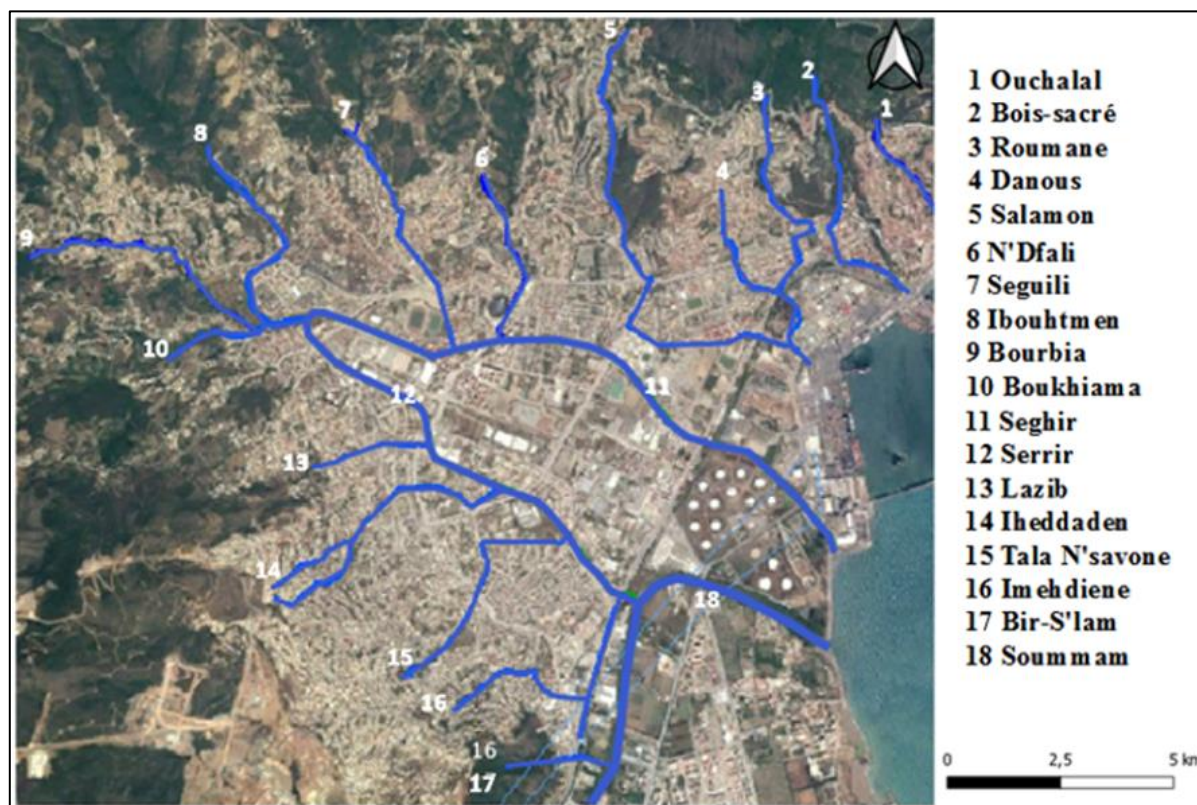
Source – Conception de l'auteure, 2023 ; d'après Khaled, 2015

Elle représente également une cause d'inondations qui touchent la ville, surtout durant l'hiver. Cette situation est aggravée par l'urbanisation sur les rivières de la Soummam, comme mentionné précédemment et illustré dans la figure (fig. 12).

II.2.2. Le bassin versant du Cap-Sigli : le bassin versant qui abrite la ville

Le réseau fluvial de la zone analysée forme un bassin versant d'une superficie de 73,53 Km² et d'une longueur totale des rivières de 31,75 Km (APC de Bejaia 2015). Ce réseau est dense et présente des similitudes entre les rivières qui le composent. Par contre, deux cours d'eau se distinguent par leur longueur, leur largeur et par leur caractère de rivières permanentes et servent d'exutoire aux autres cours d'eau : la Serrir et la Seghir (fig.13).

Figure II.5.13 – Réseau hydrographique de la ville

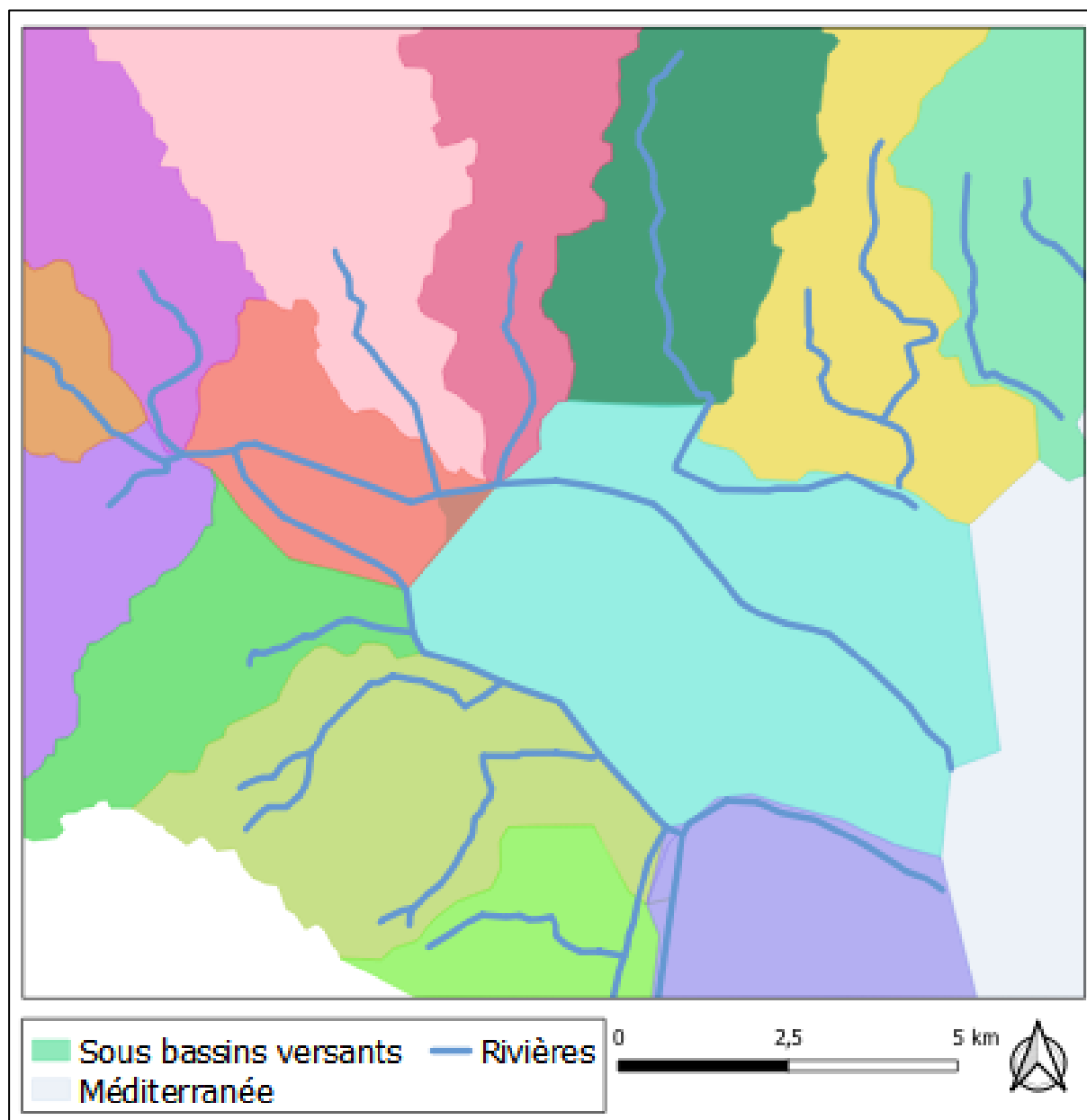


Source – Conception de l'auteure, 2023 ; sur fond de carte Google Earth, consulté le 14/03/2023

En suivant les lignes de crête de partage des eaux et en prenant en considération les principaux cours d'eau, la définition des sous-bassins versants est présentée dans l'illustration ci-après (fig. 14). Le nombre de sous-bassins versants peut changer d'une illustration à une autre en fonction

des informations prises en compte et des objectifs visés. Cette fluctuation est également impactée par les modifications opérées dans l'environnement au fil du temps.

Figure II.5.14 – Sous-bassins versants de la ville de Bejaia



Source – Conception de l’auteure, 2023 ; sur fond de carte Google Earth, consulté le 26/07/2023

II.2.3. Lacs et mares : espaces naturels de convivialité en ville et une solution de rétention d'eaux contre les crues⁶

Le lac *Imzayen*, situé dans le centre de la plaine est une richesse écologique, urbanistique, paysagiste et hydraulique pour la ville. L'apparition du lac est relativement récente (1950) et est le fruit d'un pur hasard. Lors d'extraction d'argile sur le site par une briqueterie de la région, des eaux ont jaillit des profondeurs vers la surface pour constituer le lac. Par la suite, diverses espèces de faune et de flore ont été introduites sur ce site. Son importance écologique lui a permis d'être intégré au parc national de Gouraya en 2001. À l'heure actuelle, il est légalement la propriété de la direction de la conservation des forêts et est administré par la municipalité dans le cadre du parc d'attractions.

Comme tous les lacs situés dans les milieux urbains qui sont des générateurs d'écosystèmes naturels en ville, *Imzayen* s'inscrit dans la même dynamique. Il a un rôle multifonctionnel en tant qu'espace naturel en ville, lieu de loisir et de relaxation pour les habitants, point d'intérêt esthétique, ainsi qu'un habitat écologique pour de nombreuses espèces de plantes et d'animaux, tout en étant une source d'attraction économique pour la municipalité.

En ce qui concerne la mare de *Tamelaht*, il s'agit d'une retenue naturelle d'eau de pluie, qui est temporaire et se forme durant la période humide. Elle est située à un kilomètre de l'embouchure de la Soummam, à la limite sud de la ville. Sa superficie et son volume d'eau fluctuent en fonction des précipitations.

⁶ Voir les annexes pour plus d'informations sur les caractéristiques du lac *Imzayen*, de la mare *Tamelaht* des bassins de *Cap-Sgli* et de la *Soummam*

Conclusion du chapitre

Que l'urbanisation soit planifiée ou spontanée, Béjaïa a connu une expansion sans respecter les normes d'urbanisme, ni la sauvegarde des espaces naturels ou la prévention contre les risques d'origine naturelle ou humaine.

Les éléments industriels et d'urbanisation non planifiée sont ceux qui ont le plus d'impact sur la qualité de vie et des espaces urbains, ce qui conduit à une détérioration générale des systèmes écologiques, y compris les cours d'eau.

En tant qu'entité naturelle, la ville de Béjaïa bénéficie d'un large éventail de ressources en eaux de surface et souterraines. En effet, le vaste réseau de cours d'eau qui la traverse alimente une nappe phréatique significative encore peu explorée ([Zouggaghe et al. 2014](#)). Toutefois, l'expansion urbaine demeure souvent en opposition à la sauvegarde de l'environnement ([Le Corbusier 1933](#)), comme le démontre la situation à Béjaïa.

Les caractéristiques naturelles et urbanistiques de la ville sont à l'origine de plusieurs nuisances et participent de manière significative aux risques naturels et d'origine humaine. Ce sujet sera abordé dans le chapitre suivant.

A thick dark blue vertical bar runs along the left edge of the page. A blue arrow-shaped banner points to the right from this bar, containing the word 'CHAPITRE'. In the bottom left corner, several thin, curved lines in dark blue and light grey sweep upwards and to the right.

CHAPITRE

CHAPITRE 6.

Bejaia à l'épreuve des risques hydrologiques
terrestres

« La rivière semble dormir, mais il lui arrive de sortir de son lit »

Latini, 1265

Introduction du chapitre

Toute ville est une combinaison de multiples interventions anthropiques sur un site naturel et la ville de Bejaia ne fait pas exception à cette définition. Comme d'autres villes, dans celle de Bejaïa, l'homme a façonné l'espace naturel pour l'adapter à ses besoins. Toutefois, ces modifications peuvent générer des conflits avec l'être humain, l'environnement naturel ou les deux. Ci-après, vous trouverez une clarification concernant les relations entre le réseau hydrologique et l'urbanisation dans la ville de Bejaia, ainsi que les situations à risque que ces relations ont pu engendrer.

La première section du chapitre met l'accent sur la définition des interactions complémentaires ou conflictuelles entre la composition humaine, tant spatiale que sociale, de la zone d'étude et sa composition naturelle en hydrologie de surface. Nous allons définir l'état des lieux dans lequel se trouvent actuellement les cours d'eau de la zone d'étude ainsi que l'ensemble des dysfonctionnements qu'ils représentent, tout en essayant de comprendre ce qui rattache ces dysfonctionnements au phénomène urbain dans cette ville.

La deuxième section s'intéresse à l'exposition de la ville et de ses habitants aux phénomènes de risques en rapport avec les cours d'eau de surface. Dans cette partie, nous avons identifié quatre catégories de risques : les inondations, les glissements et érosions des rives, les menaces sanitaires liées aux maladies transmissibles par l'eau et les dangers environnementaux et écologiques liés à la dégradation qualitative et quantitative des eaux superficielles et de leurs écosystèmes.

I.

BEJAIA ET SES COURS D'EAUX : EVOLUTION DANS LE TEMPS DE LIENS

CONTREVERSES

Partant du principe que l'urbanisation a un profond impact sur l'environnement naturel (Moggridge, Hill et Wood 2014), nous allons nous intéresser aux altérations causées par les interventions humaines sur les cours d'eau de surface dans la ville de Béjaïa.

Bien qu'il ne soit pas toujours facile de distinguer les altérations d'origine naturelle de celles d'origine humaine (Mouni et al. 2009). Trois sortes de modifications artificielles peuvent être rapportées. On parle ici des modifications écologiques : émissions ponctuelles ou diffuses de déchets, altérations physiques : bâtiment sur les lits, détournement, aménagements, recouvrement, ainsi que des altérations urbanistiques : non-intégration des cours d'eau dans l'environnement urbain.

Ces diverses actions entraînent des anomalies qui affectent la qualité hydrologique, écologique et biologique des systèmes de rivières.

I.1. La ville aux époques antique et médiévale : des liens symbiotiques avec les cours d'eau

La ville à l'époque antique :

En raison du manque de sources, nous avons peu d'informations sur l'importance de l'eau dans les périodes antiques de la cité. Toutefois, nous présumons que l'approvisionnement en eau s'effectuait par l'exploitation de sources et rivières situées sur le territoire de la cité. En plus de recourir à une méthode traditionnelle utilisée en Méditerranée, qui impliquait la collecte individuelle des eaux pluviales dans des citernes privées situées à l'intérieur de chaque résidence (Djermoune 2018). Dans la ville de *Saldae*, on peut encore observer aujourd'hui des vestiges archéologiques hydrauliques datant de cette période (Idirène 2002).

L'eau a été positionnée à l'extérieur des murs de la cité, et non à l'intérieur ; cela était le cas pour le port, par exemple. Concernant l'eau publique qui approvisionne les bains et les fontaines à l'intérieur de la cité, elle était stockée dans des citernes, approvisionnées par les

sources et les cours d'eau, y compris la rivière *Ouchaalal*. Par la suite, des aqueducs sont construits pour acheminer l'eau à l'intérieur de la ville.

Dans la perspective urbanistique de cette période, les cours d'eau étaient l'élément central de l'urbanisation de la ville. Effectivement, d'après (Gsell 1911), si le « *Cardo Maximus* » était dessiné en parallèle aux lignes de niveau de la cité, le « *Documanus* » était aligné sur son principal oued. Il en va de même pour les réservoirs d'eau, tous situés à proximité des cours d'eau, principalement celui d'*Ouchaalal*. Par ailleurs, des ouvrages hydrauliques sont optimisés grâce à un système d'élimination des eaux usées. Ce canal a été élaboré à proximité d'un autre conçu pour l'évacuation des eaux limpides. Ces dispositifs avaient pour but de protéger la ville contre les dangers d'inondation et sanitaires.

La ville à l'époque médiévale :

A l'image des cités médiévales dans la région, la structure urbaine sinueuse et compacte de Bejaia se conformait parfaitement au parcours de ses cours d'eau. Ces derniers étés pris comme tracé régulateur, essayant au mieux, de respecter la logique des surfaces cultivables. Cette forme d'urbanisation en adéquation et respect avec les cours d'eau demeura forte dans la ville Hammadide et avec les dynasties qui suivirent, notamment celles des *Almohades* et de leurs héritiers *Hafsides*.

Le lien de la ville avec ses eaux fut plus visible à cette époque, la cité était une ville portuaire où le port représentait la pièce maitresse de son ouverture sur l'extérieur. Dans le port on construisait des navires avec des matériaux naturels rapportés des régions montagneuses de l'arrière-pays. Les textes de la période médiévale mentionnent également le fleuve de la Soummam comme un cours d'eau destiné au transport par voie navigable (El-Bakri 1992). Outre le transport par voie maritime et fluviale, l'eau avait des fonctions fondamentales connues jusqu'à présent et qui, des siècles auparavant, incluaient : l'irrigation des cultures, l'aménagement des fontaines dans les cours et les palais, ainsi que l'entretien des nombreux jardins de la cité.

En matière d'évacuation des eaux, une méthode astucieuse qui intègre le système d'évacuation des eaux directement au sein des constructions a été mise au point. En intégrant la préservation des eaux de surface et souterraines par l'emploi de matériaux appropriés lors de l'édification des canalisations, bassins et réservoirs, qui sont étendus au-delà des limites de la ville pour prévenir les nuisances liées aux odeurs.

Plus tard, entre 1510 et 1833, la décadence urbaine qui a marqué cette époque s'était reflétée sur l'usage et la bonne exploitation des eaux urbaines. Les réalisations urbaines et hydrauliques furent reléguées au second plan, puisque la raison d'être de la ville qui jadis assurait son rayonnement économique : le port, fut abandonnée. Le rôle de ce dernier se limitait à l'hivernage de la marine du pacha d'Alger (Aouni 2014). Les fameux aqueducs qui alimentaient la ville et les fontaines publiques étaient délaissés. Les nombreuses citernes, bains publics, et le système d'irrigation, avaient connu le même sort.

I.2. Début des altérations anthropiques sur les cours d'eau : une action au lendemain de la colonisation française

À partir du XX^e siècle, date qui marqua le passage de l'humanité à l'époque de l'anthropocène, les effets de l'Homme sur les cours d'eau urbains s'intensifièrent par l'obsession de vouloir supprimer les eaux de surface en ville, considérées comme dangereuses. Ainsi, un nouveau système d'assainissement des eaux usées, différent du système traditionnel, fit son apparition.

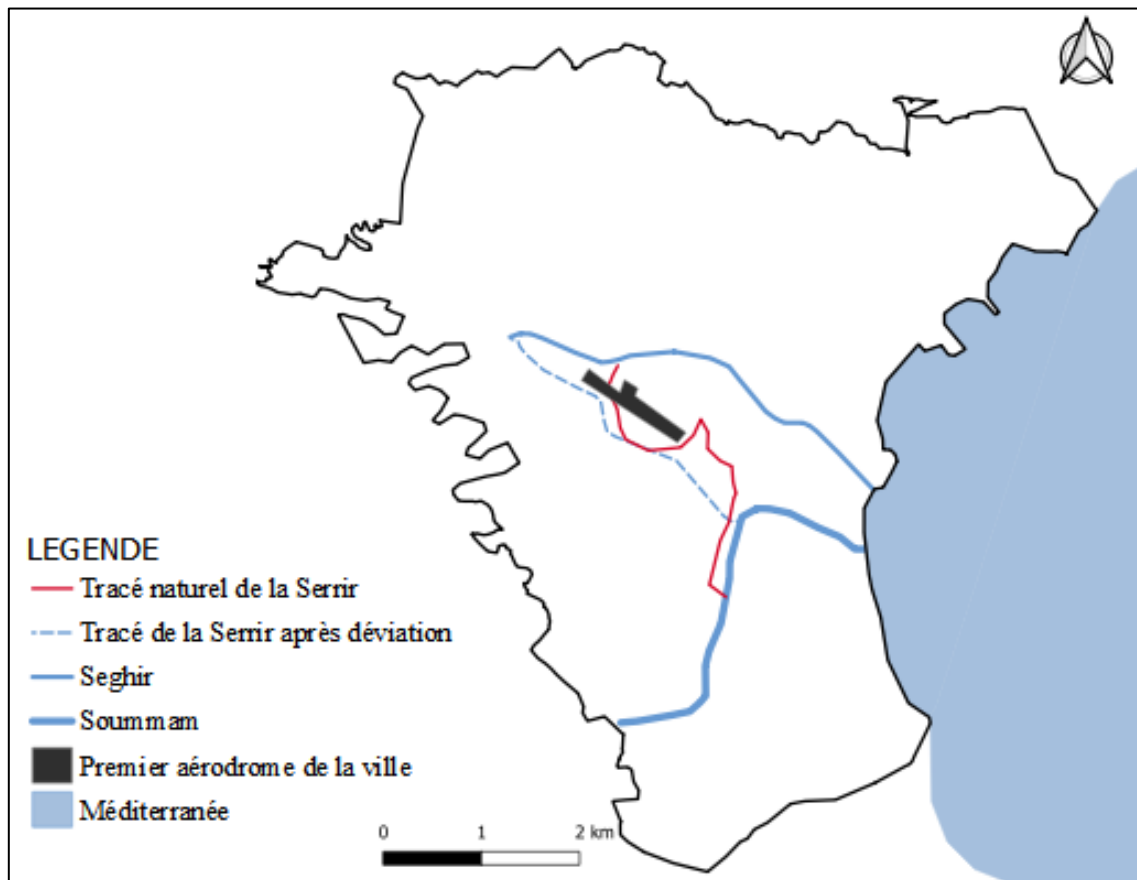
Le nouveau système d'assainissement aux motivations hygiéniques qui visait la protection de la ville contre le risque des maladies à transmission hydrique (MTH) transforma les rivières en exutoires des eaux chargées de substances polluantes organiques et minérales diverses. Tel est le cas de la rivière *Ouchaalal*, qui constituait le déversoir des quartiers *Amimoun*, *Lacifa*, *Karaman* et *Bab-L'ouz*. Pour contrer les gênes sanitaires, comme c'était couramment le cas à cette époque, ces cours d'eau étaient altérés encore davantage par une intervention physique, plus marquante. Ainsi, *Ouchaalal*, qui est la principale rivière de l'ancienne ville, a fait l'objet d'un enterrement.

Par ailleurs et afin de libérer le foncier au profit de la réalisation de grands projets urbains, certaines interventions de recalibrage et de déviation des cours d'eau ont eu lieu. La rivière *Serrir*, la plus grande rivière de la plaine après la *Soummam*, a fait ainsi l'objet de déviations en vue d'aménager le premier aéroport de la ville. La déviation a consisté à dérouter la *Serrir* et à réorienter son cours vers le lit de la rivière *Laazib*, aux deux emplacements de l'actuelle cité de *Laazib-Oumamar* au nord et *Bir-S'lam* au sud, sur une distance avoisinant 1,8 km. Le tracé naturel de la *Serrir* a donc été asséché sur environ 1,3 km

de distance. Désormais, elle rejoint la rivière *Seghir* à l'embranchement du quartier spontané de *Targua-Ouzemour* au nord-ouest, et la rivière de la *Soummam* à *Bir-S'lam* au sud.

Selon la norme, les rivières sont généralement sinueuses à l'état naturel, et tout tracé droit indique une influence humaine (Bravard et Malavoi 2010), ce que nous pouvons observer dans le profil de la rivière avant et après l'intervention qui a été faite : par cette déviation, le cours de la rivière *Serrir* est devenu plus linéaire.

Figure II.6.1 – Déviation de la rivière *Serrir*



Source – Conception de l'auteure, 2023, par superposition des fonds de cartes de Bejaia, d'après le ministère de l'agriculture et du développement rural (2005) ; carte d'état-major, (1985)

I.3. Alteration substantielle des cours d'eau : planification urbaine post indépendance pointée du doigt

Cet étalement urbain en tache d'huile a fini par atteindre les bordures des lits des cours d'eau. Aujourd'hui, ces derniers sont, dans la plupart des cas, exploités comme des exutoires pour les rejets, ou comme des espaces banals à urbaniser, alors qu'ils sont loin d'être adaptés

à ces vocations qui leur sont imposées par une urbanisation rapide, incontrôlée et qui ne semble pas avoir la conscience qu'il faut vis-à-vis de la valeur de ces milieux naturels au sein de la ville.

Selon Estrada Díaz (2017), la manière dont une ville est gérée joue un rôle déterminant dans sa vulnérabilité et sa résilience (Estrada Díaz 2017). De même, le simple choix de l'emplacement d'une ville peut affecter sa capacité à réagir lors de l'émergence d'un risque, renforçant ainsi soit sa vulnérabilité, soit sa résilience face à cette situation. Le premier choix du site pour l'implantation de la ville sur une colline et non sur la plaine d'à côté a renforcé ses capacités à éviter d'éventuels risques naturels liés à l'eau comme : les inondations maritimes ou fluviales. Comparée à la colline où le noyau historique est implanté, la plaine maritime est considérée comme un territoire à risque, principalement les risques hydrauliques : inondations, montée du niveau des eaux de la mer, tsunamis, débordement des rivières.

L'amplification d'aléas naturels (inondation, érosion de berges, sécheresse hydrique) et anthropisés (pollution, dégradation de l'environnement) risque de devenir irréversible.

I.3.1. L'urbanisme industriel : le paradoxe des liens avec les cours d'eau

Si l'industrialisation avait une retombée positive sur le secteur économique de la ville et de sa région (Bouder et Tacherift 2007), nous ne pouvons pas dire autant pour ses retombées urbanistiques et environnementales.

La vulnérabilité de la ville aux risques de contamination des eaux, qu'elles soient de surface ou souterraines, continentales ou maritimes, a été influencée par l'emplacement de la zone industrielle. En outre, le secteur a besoin d'eau, qu'elle soit présente dans les nappes phréatiques ou à la surface. L'industrie prélève un volume d'eaux de 17 243 444 m³/an fourni par les services de l'ADE, ajouté à 21 857 m³/j provenant des puits et forages spécifiques à chaque installation industrielle.

Après leur utilisation, les eaux industrielles se transforment en eaux résiduelles. On définit ces eaux comme des eaux polluées pouvant contaminer les milieux récepteurs par des rejets physiques, chimiques et biologiques. Beaucoup d'installations industrielles éliminent illégalement leurs eaux en les déversant non traitées dans les rivières avoisinantes.

Bien que la loi exige des industriels qu'ils purifient leurs eaux usées avant de les déverser, la réalité sur le terrain révèle une autre vérité.

Tableau II.6.1 – Cours d'eau qui traversent la zone industrielle et qui sont touchés par les altérations (+ = Oui ; - = Non)

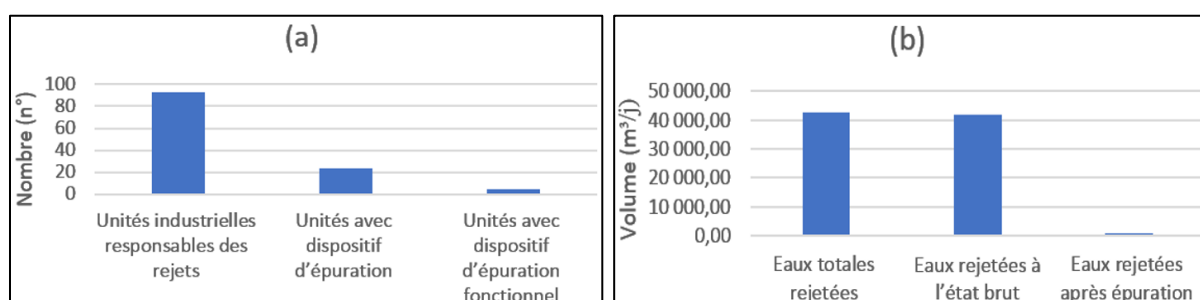
Domaine d'altération	Physique			Ecologique		Urbanistique	
	Action d'altération	Aménagement	Construction sur le lit	Artificialisation de la rivière	Rejets liquides	Rejets solides	Attractivité socio-économique
Salamon		+	+	+	+	+	-
Seghir		-	-	+	+	+	-
Serrir		-	-	+	+	+	-

Source – Auteure, 2025

Seules 20 unités, au total, sont équipées d'un système de traitement des eaux usées industrielles. Seules 4 unités sont opérationnelles. Les autres secteurs déversent les eaux contaminées non traitées directement dans le système d'assainissement public, la mer et les rivières avoisinantes. La quantité totale d'eaux industrielles déversées sous toutes ses formes s'élève à (65 868 128 m³/j).

Le schéma ci-dessous établit le taux global des usines qui contribuent au problème du rejet des eaux usées dans les rivières. Les rejets sont effectués soit directement dans les cours d'eau, soit de manière indirecte via le système d'assainissement unitaire de la ville.

Graphique II.6.1 – Nombre des unités disposant d'unité d'épuration et les taux des eaux usées industrielles épurées (d'après la DIM de Bejaia)



Source – Auteure, 2023 ; sur la base de données fournies par la DIM de Bejaia, 2020

A ce sujet (28) points de rejet industriels vers les cours d'eau sont recensés. Les rivières les plus touchées sont : *Serrir* et *Seghir*, situées au centre du tissu urbain.

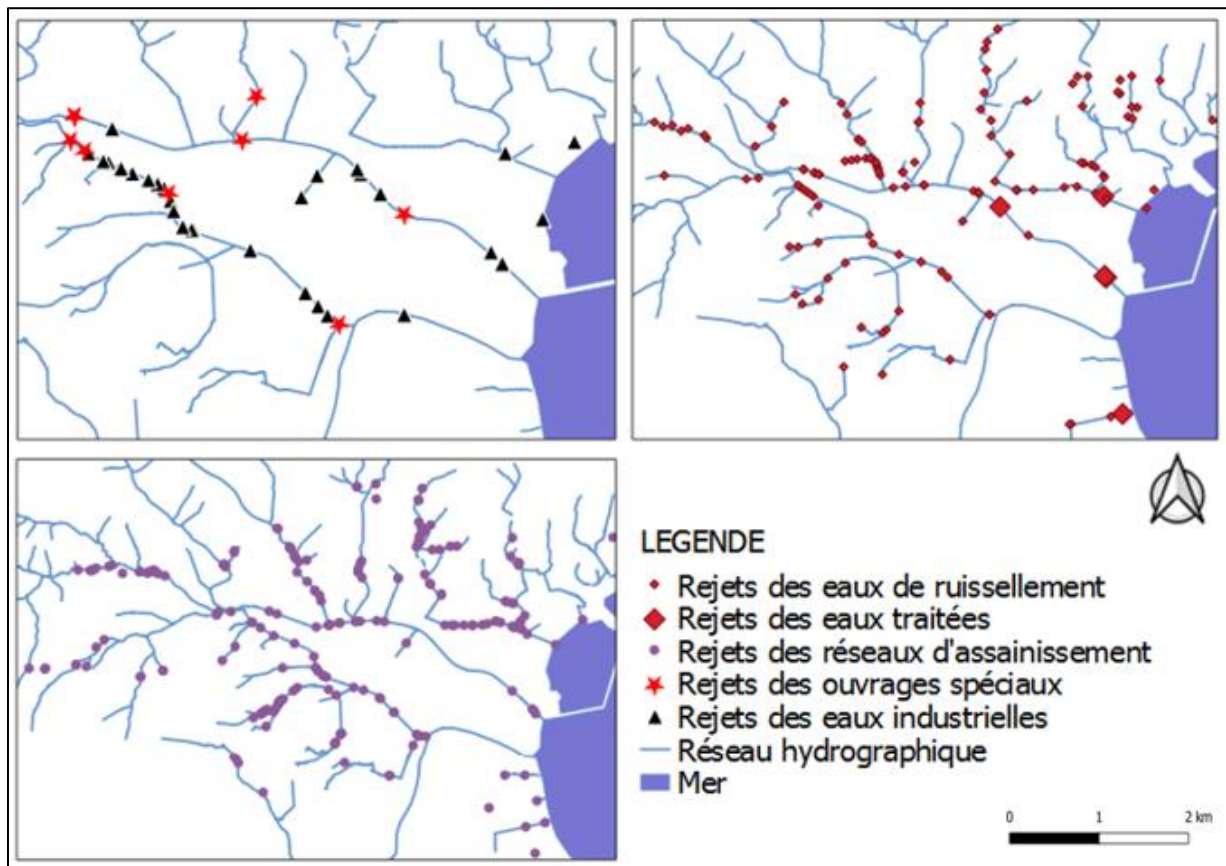
Tableau II.6.2 – Principales unités industrielles les plus polluantes en ville de Bejaia

Unité	Pollution générée	Mode de traitement et d'élimination	Milieu récepteur
COGB : UP 06 Complexe corps gras Est « ZI »	Eau usée chargée d'acide sulfurique, arômes, colorants, carton, fût métallique, ...etc.	STEP (fonctionnement occasionnel) ; Mise en décharge	Seghir ; Mer ; Décharge
COGB : UP 07 Unité Margarine « ZI »	/	STEP (fonctionnement occasionnel) ; Mise en décharge ; Néant	Seghir ; Mer ; Décharge ; air
COGB : UP 08 Raffinerie savonnerie « ZI »	Eau usée chargée d'acide phosphorique, citrique, soude, chlorhydrique, sulfurique, arômes, colorants, ...etc.	Décantation ; Mise en décharge ; Néant	Soummam ; Mer ; Décharge ; Air
CEVITAL Port de Bejaia	Eau usée chargée d'huile, graisse et acide ; PET ; Cellophane ; terre décolorante ; ...	STEP (fonctionnement occasionnel) ; Mise en décharge ; Néant	Mer ; Décharge ; Air
ENATB Port de Bejaia	Ecorce de bois, poussière de bois, autres poussières	Néant ; Mise en décharge	Décharge
ENL Transformation de liège	Eaux usées nauséabondes ; poussière de liège	Néant ; Mise en décharge	Seghir ; Mer ; Décharge
ICOTAL Industrie cotonnière Port de Bejaia	Eaux de Javel ; tissus, emballage en carton et plastique	Dégrillage ; Déchets valorisés ; Néant	Mer ; Air
ALCOST Industrie textile	Tissu, fumée de gaz des chaudières	Récupéré par l'Inditex Remila ; Néant	Air
TCHIN-LAIT Boisson gazeuse	Rejet d'eau usée	Néant	Mer

Source – D'après (Bouchama 2017)

D'autre part, les activités socioéconomiques de la cité exercent un impact significatif sur les cours d'eau par l'évacuation de déchets, qu'ils soient solides ou liquides. Il est incontestable que tous les cours d'eau de la ville sont affectés par les raccordements illégaux d'eaux usées (ONA, 2017). Cette démarche est adoptée tant par les individus dans le contexte de l'urbanisation informelle que par les intervenants urbains, économiques et gestionnaires, qu'ils soient publics ou privés. Effectivement, ces cours d'eau sont considérés comme de simples décharges pour divers types de déchets domestiques, industriels et municipaux (fig. 2).

Figure II.6.2 – Points des rejets liquides vers les cours d'eau



Source – Conception de l'auteure, 2023, sur la base de données numériques de l'ONA (unité de Bejaia), 2017.

I.3.2. L'urbanisme socio-démographique : aménagements excessifs peu soucieux des milieux naturels des cours d'eau

À cette période, les relations de la ville avec ses eaux se manifestent par une multitude d'interventions variées sur les cours d'eau. Au cours des opérations urbaines, les cours d'eau ont subi de nombreuses modifications, principalement de nature physique et morphologique : revêtement, aménagement, déviation ou construction sur les rives ou les lits.

Les dépassements à signaler dans ce contexte concernent les trois types d'altérations et y sont résumés dans le tableau suivant.

Tableau II.6.3 – Cours d'eau traversant les quartiers planifiés et touchés par les altérations (+ = Oui ; – = Non)

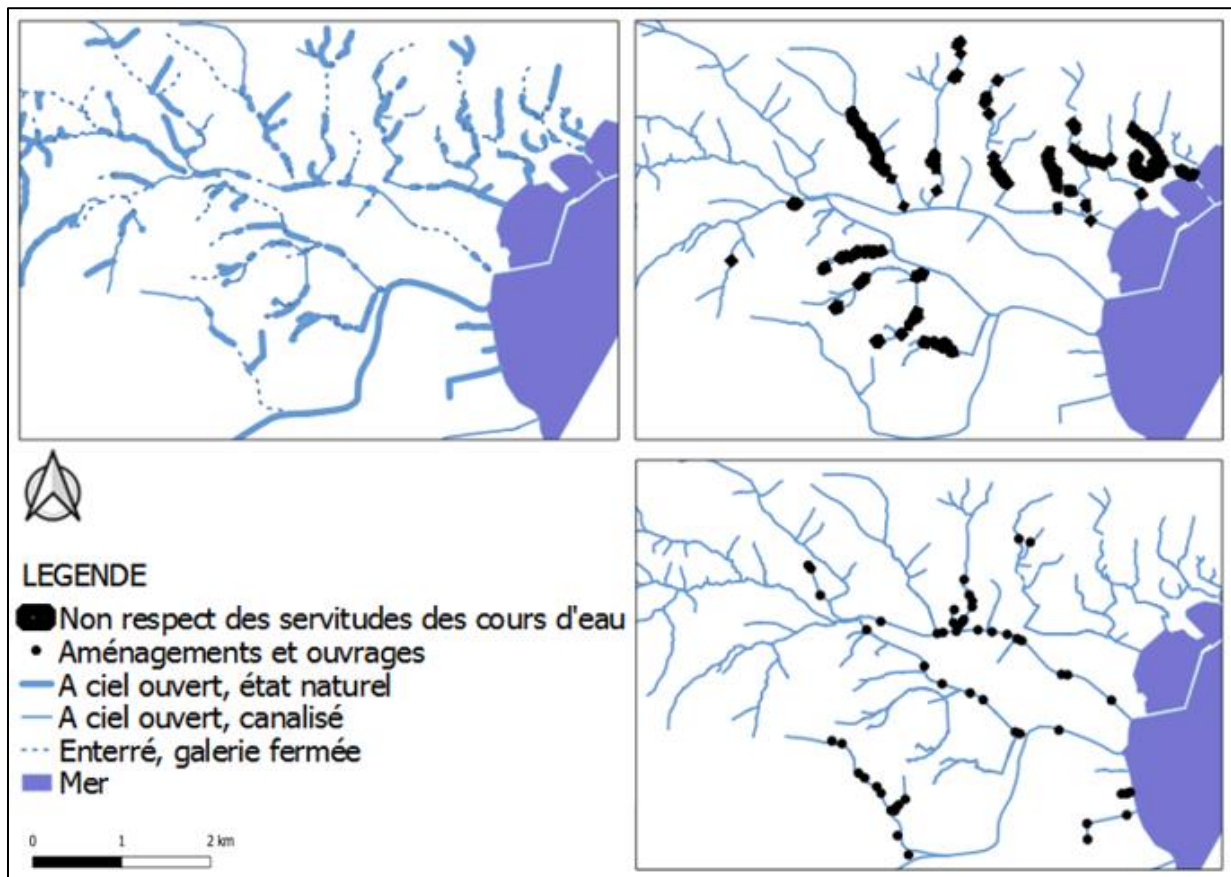
Domaine d'altération	Physique			Ecologique		Urbanistique	
Action d'altération	Urbanisation du DHP	Aménagements d'ouvrages	Artificialisation de la rivière	Rejets solides	Rejets liquides	Attractivité socio-économique	Intégration dans le tissu urbain
Ouchaalal	+	+	+	+	+	–	–
Roumane	+	+	+	+		–	–
Danous	+	+	+	+	+	–	–
Salomon	+	+	+	+	+	–	–
N'Dfali	+	+	+	+		–	–
Seguil	+	+	+	+		–	–
Tala N'Savon	+	+	+	+	+	–	–
Bois Sacré	+	+	+	+		–	–

Source – Auteure, 2025

La mise en implantation du bâti, qui n'est pas soumise à des règles d'urbanisme de préservation des espaces naturels ou de sécurité humaine, a conduit à des intrusions physiques sur les cours d'eau.

Bien que le processus de construction sur les rives soit davantage associé à l'urbanisme informel, les actions menées par l'État n'ont pas préservé le domaine public hydraulique des cours d'eau, notamment à travers la transformation des rives. Les autorités locales ont régulièrement agi sur les cours d'eau dans le cadre de diverses initiatives d'aménagement telles que : la couverture complète, la construction de digues, l'artificialisation des lits et des rives.

Figure II.6.3 – Altérations physiques des cours d'eau urbains



Source – Conception de l’auteure, 2023, sur la base de données numériques de (ONA 2017).

I.3.3. L’urbanisme spontané : banalisation de la construction sur les berges des cours d’eau

L’impact de ce genre d’urbanisme sur les cours d’eau se focalise principalement sur les décharges ponctuelles et continues des eaux usées et des ordures ménagères, ainsi que sur les constructions érigées sur les rives.

Des recherches dans d’autres zones urbaines ont démontré que la pratique des branchements illégaux est plus répandue dans ces zones auto-construites par rapport aux zones régulières (Baziz et al. 2015), une tendance qui se vérifie également dans la ville de Béjaïa. Si les réseaux d’électricité et de gaz sont le fruit de programmes minutieusement élaborés par la seule compagnie étatique de distribution (SONELGAZ), ceux liés à l’assainissement et aux routes ont été en partie exécutés par les citoyens eux-mêmes. Le problème est que l’eau usée ménagère est soit connectée à une fosse septique non conforme, susceptible de contaminer les eaux superficielles et souterraines, soit directement raccordée et à l’état brut au cours d’eau le plus proche.

Tableau II.6.4 – Nature des immeubles non respectueux des servitudes (+ = *Oui* ; – = *Non*)

Habitation			Equipement				Comme rce	Industrie
Individuel	Promotionnel	Administration	Scolaire	Santé	Religieux	Autre (Cimetière)	Gros et détail	Agro- alimentaire
+	+	+	–	+	+	+	–	+

Source – Auteure, 2025

On observe d'autres conséquences néfastes de l'urbanisme illégal. La construction dans les zones du DHP est devenue si courante et répandue qu'aucun cours d'eau n'y échappe. Cette situation entraîne de sérieuses répercussions sur la stabilité des rives et le changement du régime hydrologique des cours d'eau (Pierdet 2007), ce qui induit des dangers pour l'effondrement des structures d'un côté, l'accumulation de substances polluantes et la perte de la rivière ainsi que de sa biodiversité.

Tableau II.6.5 – Cours d'eau qui traversent les quartiers illicites et qui sont touchés par les altérations (+ = *Oui* ; – = *Non*)

Nature d'altération	Physique			Ecologique		Urbanistique	
Action d'altération	Aménage ment	Constructi on sur le lit	Artificialisati on de la rivière	Rejets liquides	Rejets solide s	Attractivité socio- économique	Intégration dans le tissu urbain
Danous	+	+	+	+	+	–	–
Roumane	+	+	+	+	+	–	–
Seguil	+	+	+	+	+	–	–
Ibouhatmen	+	+	+	+	+	–	–
Bourbiaa	+	+	+	+	+	–	–
Boukhiam	+	+	+	+	+	–	–
Laazib	+	+	+	+	+	–	–
Iheddaden	+	+	+	+	+	–	–
Tala N'Savon	+	+	+	+	+	–	–
Tizi Imehdiene	+	+	+	+	+	–	–
Bir S'lam		+	+	+	+	–	–

Source – Auteure, 2025

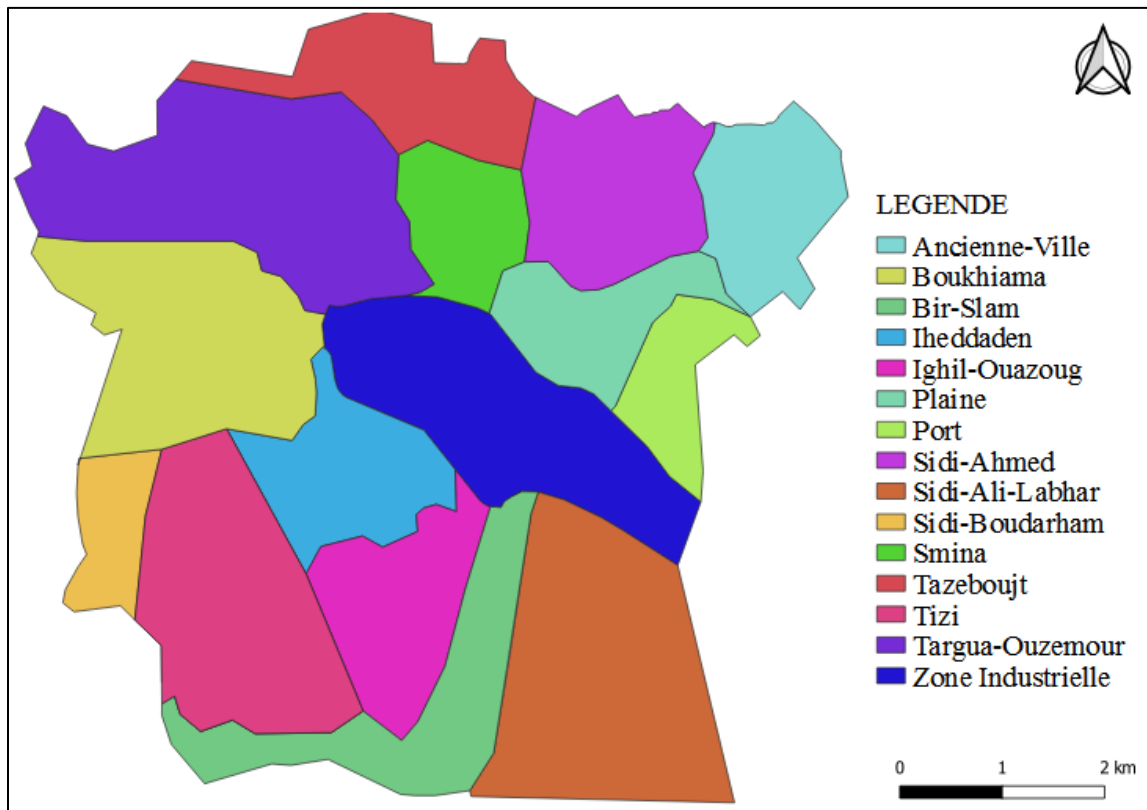
Dans ce modèle d'urbanisme, les activités socioéconomiques menées sans considération des risques environnementaux qu'elles peuvent provoquer ont affecté les cours d'eau en contribuant à leur pollution par les rejets solides et liquides.

I.3.4. Autres altérations :

I.3.4.a. L'assainissement urbain :

L'organisation du service d'assainissement par l'Office National d'Assainissement et le Service d'Hygiène de la municipalité repose sur des zones qui correspondent géographiquement aux sous-bassins versants de la ville. Cette distribution offre une vue sur le rôle d'exutoires assigné aux rivières et cours d'eau. (Voir le chapitre précédent).

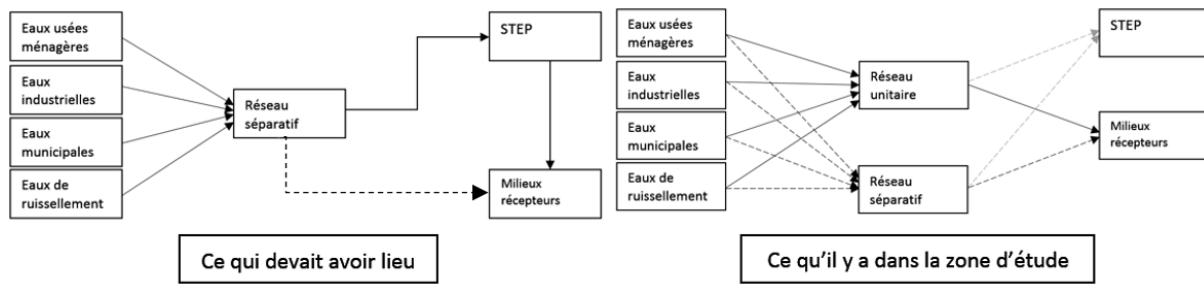
Figure II.6.4 – Secteurs de la ville



Source – Conception de l'auteure, 20245

A Bejaïa, le réseau d'assainissement quasi-unitaire a fait passer les cours d'eau au statut d'espaces répulsifs et marginaux, où plus de (90 %) des eaux usées y arrivent à l'état brut et sans aucun traitement préalable (ONA 2017).

Schéma II.6.1 – Gestion hydraulique des eaux urbaines à Bejaia



Source – Auteure, 2025

Toutes les eaux usées de la ville sont raccordées aux cours d'eau (fig.5). Les seules exceptions à signaler sont celles de la nouvelle ville de SAL, et la ZI, qui sont toutes les deux raccordées partiellement aux deux stations d'épuration de SAL et celle dite du *Centre-Ville*.

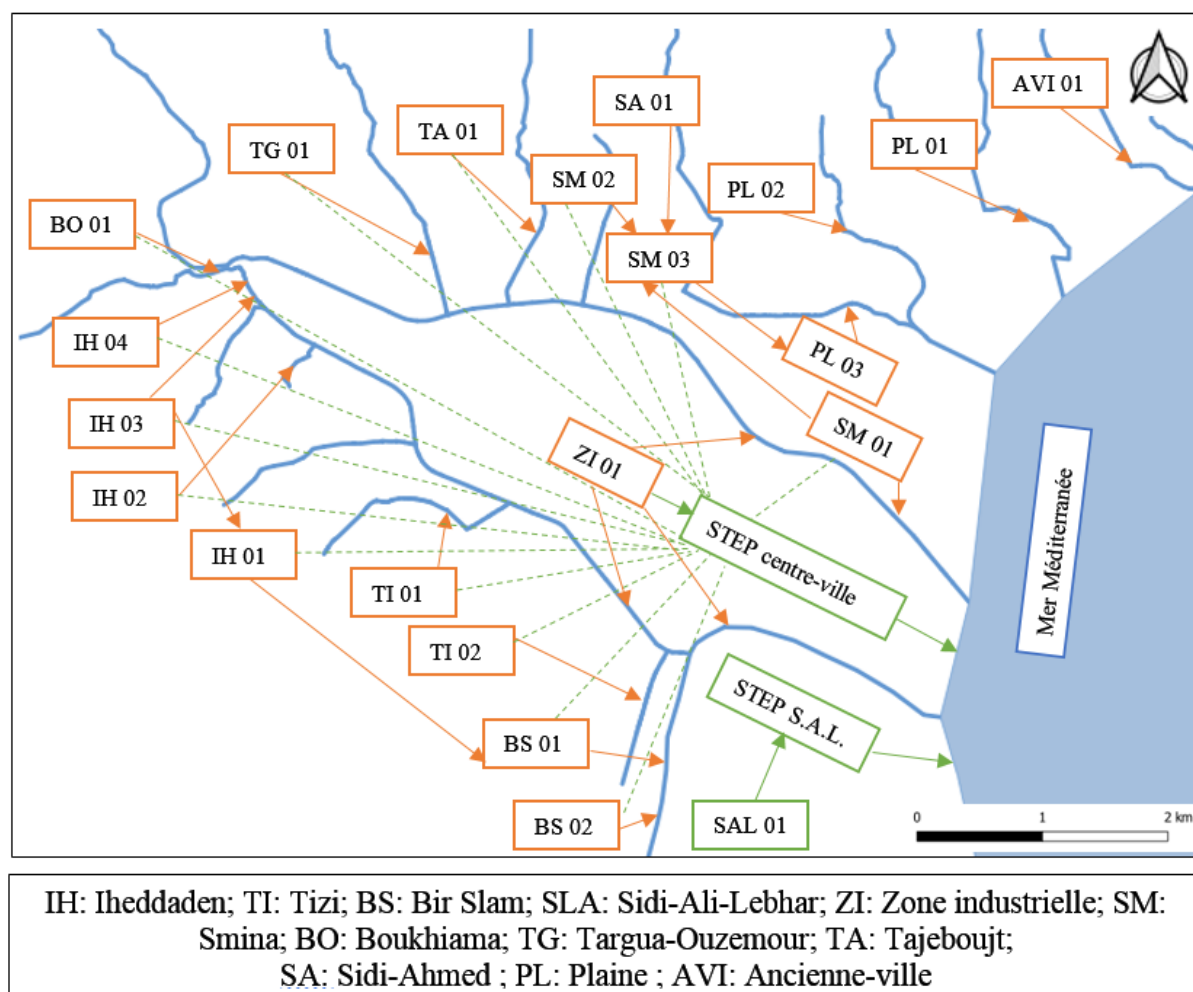
La STEP dite du *Centre-ville* est aménagée en 1983, restée à l'arrêt pendant plusieurs années, et réhabilitée entre 2007 et 2008. Elle est destinée à couvrir tous les secteurs de la ville, à l'exception de SAL qui dispose de sa propre STEP. Elle reçoit partiellement les eaux des secteurs de *Smina (SM)*, *Tazeboujt (TA)*, *Targua Ouzemour (TG)*, *Boukhiam (BO)*, *Iheddaden (IH)*, *Tizi (TI)* et *Bir-Slam (BS)*, et sa capacité est de 13 000 m³/j, ce qui équivaut à 80 000 équivalent-habitants.

La STEP de SAL est en fonction depuis 2013. Elle est aménagée exclusivement pour couvrir la zone du même nom, en plus des zones limitrophes rattachées administrativement aux communes voisines d'*Ait Boumasud (Tala-Hamza)* et *Oued-Ghir*. Sa capacité est de 3 000 m³/j, soit 25 000 équivalent-habitants (fig.5).

D'après les données de l'ONA, les eaux traitées dans la STEP du *Centre-Ville* avoisinent 13 000 m³/j, et dans la STEP de SAL 3 000 m³/j. Sachant que la STEP du *Centre-ville* n'est pas toujours en service (ONA 2017).

Même quand ces STEP fonctionnent à plein régime, le nombre de population de la commune de Bejaia indique que leur capacité de traitement est insuffisante par rapport à l'équivalent d'habitants, d'autant plus que la STEP de SAL est conçue pour traiter les eaux usées des autres régions limitrophes de Bejaia.

Figure II.6.5 – STEP et organisation des rejets couvrant la zone d'étude



Source – Conception de l'auteure, 2024 ; d'après les données de (ONA 2017).

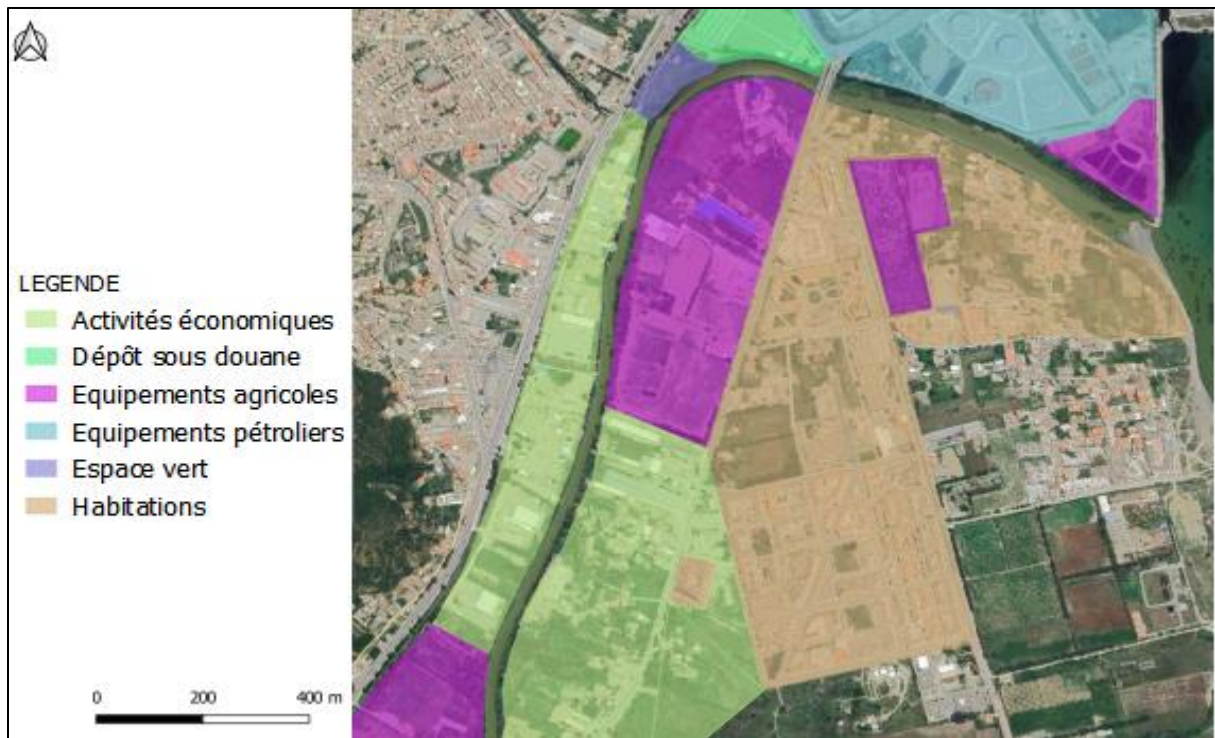
I.3.4.b. Activités limitrophes des cours d'eau :

La *Soummam* est le seul cours d'eau de Bejaia à échapper à l'enterrement complet ou partiel (fig.3). Son maintien elle le doit à son volume et à sa taille. Par ailleurs, elle n'a pas échappé aux autres altérations, dont la construction sur les berges (fig.3).

Les activités majeures établies sur les rives du delta de la *Soummam* sont des opérations économiques qui se concentrent essentiellement sur le stockage et le dépôt ou la production industrielle. Le long de sa rive gauche, on trouve des parcs dédiés au tri des déchets domestiques et semi-industriels, d'autres qui sont liés au port et qui font office de lieux d'entreposage pour les marchandises, et certains qui hébergent des engins de travaux publics et de construction. En outre, il existe des ateliers dédiés à la fabrication, à la transformation et à la vente de matériaux de construction, ainsi que des activités secondaires telles que la

restauration rapide, destinée à alimenter les employés sur place. Avant d'atteindre la mer, des installations pétrolières s'étendent sur plus de cinq cents mètres le long de son parcours. Sur la rive droite, on retrouve principalement des terres agricoles dominantes, ainsi que des terrains vagues non utilisés et des résidences collectives récemment édifiées dans la nouvelle ville de *Sidi-Ali-Lebhar*.

Figure II.6.6 – Occupation du sol au voisinage du delta de la Soummam

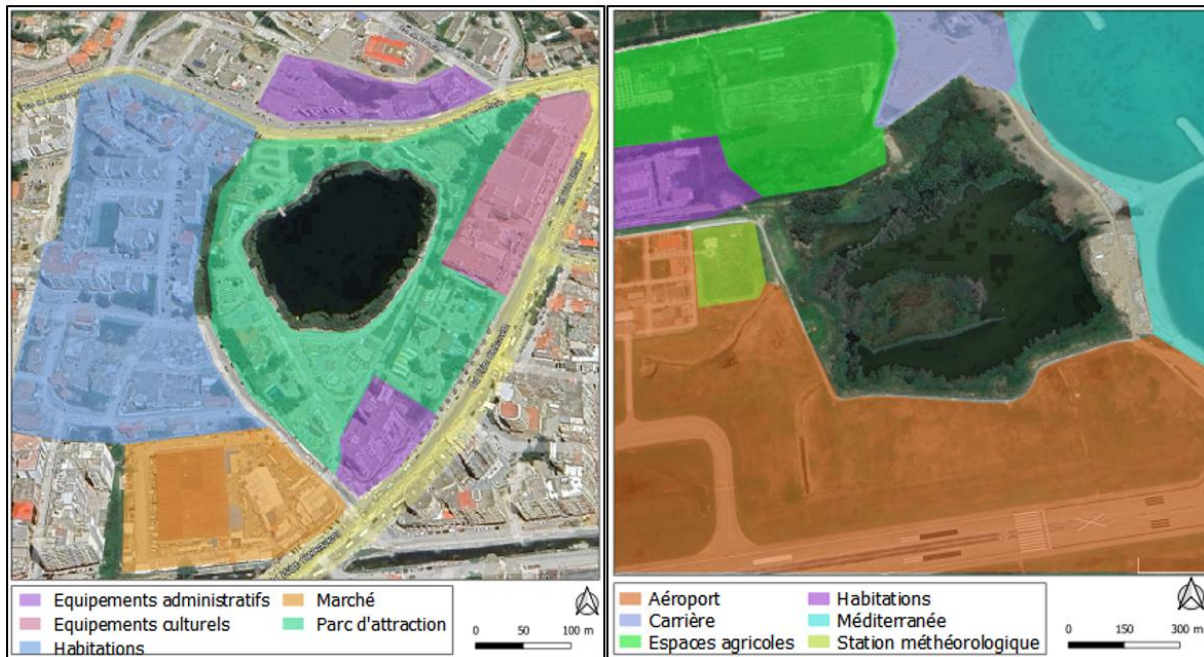


Source – Conception de l’auteure, 2023 ; sur fond de carte Google Earth

La création du parc portant son nom tire ses origines du lac d'*Imzayen*, qui en est également l'attraction principale. Le lac, qui se trouve au cœur du parc, est entouré d'attractions, de zones de relaxation et d'aires de jeux. En dehors du parc, on y trouve des installations culturelles, administratives et résidentielles. (fig.7).

La mare naturelle de *Tamelaht* donne sur la mer à l'Est, elle est bordée par l'aéroport au Sud et à l'Ouest et est entourée d'espaces cultivés et d'une carrière au Nord. Parmi toutes les étendues d'eau en surface, elle demeure la moins modifiée par l'homme. (fig.7).

Figure II.6.7 – Occupation du sol au voisinage du lac *Imzayen* et de la mare *Tamelaht*



Source – Conception de l’auteure, 2023 ; sur fond de cartes Google Earth

I.3.4.c. L’imperméabilisation des sols :

L’imperméabilisation des sols signifie l’absence d’échanges biophysiques entre les couches souterraines et les couches superficielles du sol.

Bejaia qui est une ville à l’urbanisation dense, voire extrêmement dense par endroits, présente donc un caractère plutôt imperméable. La proportion des zones imperméables par rapport aux zones perméables est supérieure à 90 % de sols imperméables, ce qui constitue un facteur majeur du ruissellement et de l’absence d’infiltration des eaux dans le sol (Hammadi 2011). Un ruissellement fort, signifie aussi une augmentation des débits de cours d’eau, ce qui peut renforcer l’exposition aux risques naturels issus des cours d’eau de surface.

Par ailleurs, cette ville fortement urbanisée est encadrée par des régions boisées telles que le parc national de *Gouraya* et les forêts de *Sidi-Bouderhem* et le *Bois-Sacré*. Cette répartition des terrains où les forêts sont en amont favorise l’infiltration des eaux pluviales et, par conséquent, la réduction du ruissellement. Toutefois, la topographie accidentée de la ville facilite le mouvement de l’eau des zones urbaines de l’amont vers l’aval, c’est-à-dire des hauteurs vers la plaine. Les eaux de ruissellement transportent des particules en suspension et des sédiments polluants.

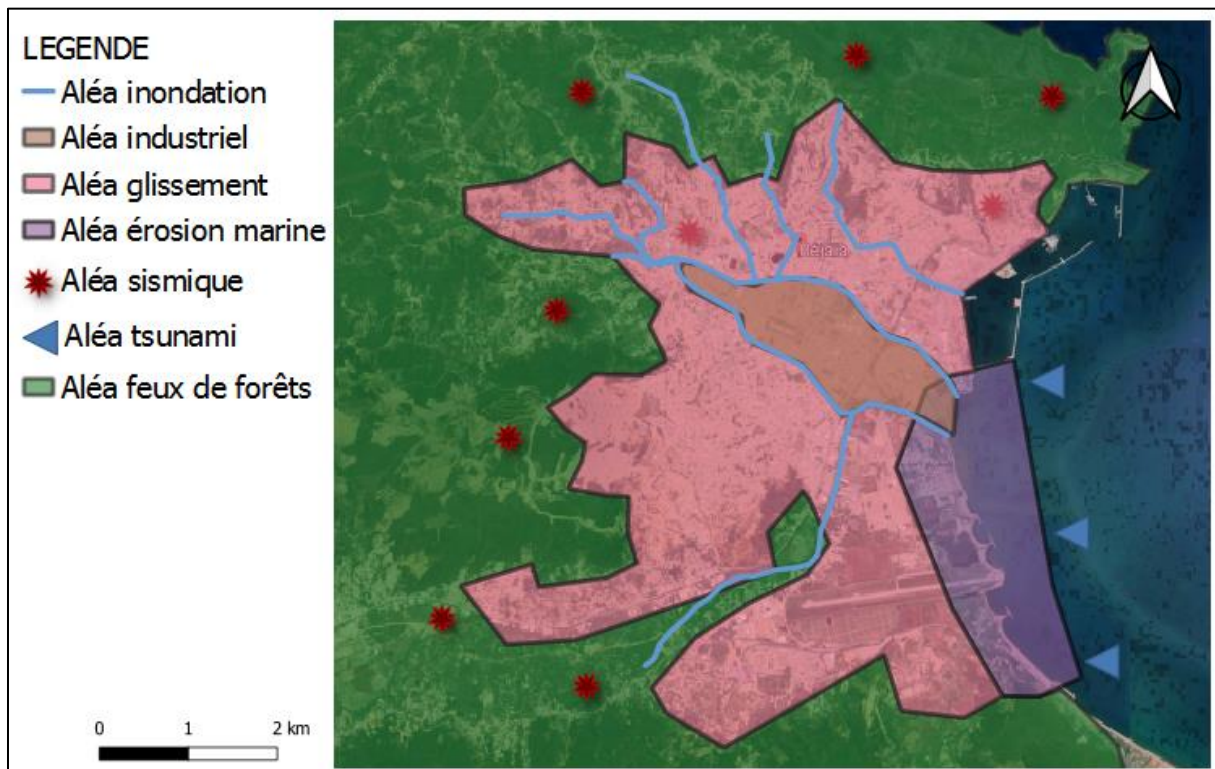
II.

BEJAÏA ET LES RISQUES ISSUS DES COURS D'EAU TERRESTRES : UNE VILLE EXPOSEE

Bejaïa est une ville exposée à divers risques naturels et humains, parmi lesquels on note : les tremblements de terre, les inondations, les incendies de forêt, les glissements de terrain, l'érosion marine, les tsunamis, les vagues de chaleur, le risque industriel et le risque environnemental. La figure (fig. 8) résume les risques qui existent dans la ville de Béjaïa. Sachant que le risque sismique représente la menace la plus sérieuse pour la ville et ses résidents et qu'il accroît les dangers liés aux inondations et aux glissements de terrain.

Elle est aussi exposée aux risques liés à la criminalité et au terrorisme.

Figure II.6.8 – Carte des aléas dans la ville de Bejaia



Source – Conception de l'auteure, 2024, d'après un travail de terrain

✚ Ce qui nous intéresse dans ce travail sont les risques issus des cours d'eau de surface et qui se produisent dans la ville.

II.1. Inondations et crues : la plaine est naturellement soumise

La ville de Bejaia qui est une des villes les plus pluvieuses en Algérie connaît des précipitations répétitives et fortes, principalement dans la saison des pluies. Si des précipitations de 30 mm par jour peuvent entraîner des inondations sur les sols imperméables (APC de Bejaia 2015), la ville de Bejaia peut enregistrer des niveaux excédant les 60 mm par heure. Outre les précipitations, le dense réseau hydrographique et la configuration de la plaine, conçue comme un réservoir, favorisent naturellement l'accumulation des eaux.

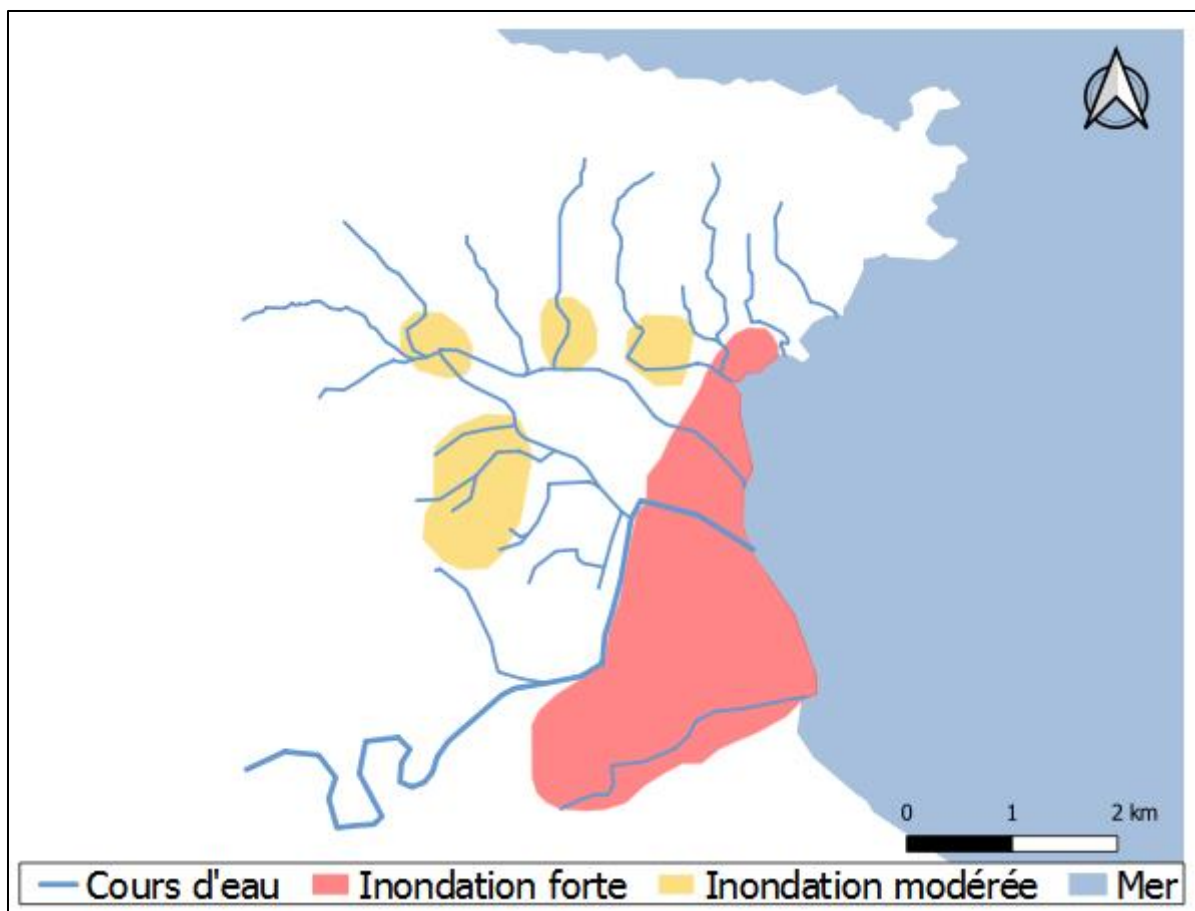
Dans cette ville, les inondations sont de deux types : d'abord, des inondations dites de « *refoulement* » causées par la dégradation ou le débordement du réseau d'assainissement. Elles se produisent dans les différents quartiers de la ville, après des pluies torrentielles, et suite à l'accumulation des macrodéchets dans le réseau d'assainissement, par manque d'entretien de ce dernier. Selon une étude menée par Bouzidi (2012), il y a au minimum 1 point noir sur chaque kilomètre du réseau d'assainissement de la ville (Bouzidi 2012), ce qui s'élève à un total de 370 points noirs recensés sur le territoire de la ville. Ces points noirs sont des endroits problématiques nécessitant des interventions fréquentes de curage (Bouzidi 2012), pour empêcher les crues.

Si les inondations sont un phénomène naturel à l'origine, elles peuvent être accentuées par des facteurs anthropiques liés à l'urbanisation de la ville. À Béjaïa, l'aménagement de la plaine n'a fait qu'accentuer le phénomène : l'imperméabilité des sols, la mauvaise gestion des déchets, la défectuosité du réseau d'assainissement ou les aménagements mal réalisés sur les cours d'eau. Tout ça encombre la circulation fluide des eaux, rétrécit les capacités de drainage des cours d'eau et favorise les inondations et les débordements des cours d'eau et du réseau d'assainissement. D'après des témoignages des populations en place, Bejaïa connaît au moins deux inondations par année (Hammadi 2011).

Le second genre d'inondations est dit « *estuarien* », ce qui signifie qu'elles se produisent par une submersion marine causée par la houle empêchant l'écoulement de l'eau des rivières vers la mer. Lors des intempéries, c'est généralement l'inverse qui se produit : l'eau de mer est transportée vers le sol et dans les rivières, ce qui entraîne leur débordement dans la plaine maritime. Ce phénomène affecte les cours d'eau qui se jettent dans la mer, notamment la *Soummam*, la *Seghir* et la *Serrir*.

Dans les deux types d'inondations, la montée des eaux de la nappe à la surface est un facteur important dans l'aggravation du phénomène d'inondation. La nappe dans la ville de Béjaïa n'est pas profonde : l'eau la plus profonde se trouve à moins de 2 m sous terre. C'est pourquoi, et principalement en saison hivernale, les eaux affleurent à la surface. Ainsi, les facteurs des inondations sont soit d'origine naturelle, soit d'origine anthropique. Les facteurs naturels sont : la topographie, les précipitations, la houle, la nappe phréatique et la densité du réseau hydrographique. Les facteurs anthropiques sont : la présence des macrodéchets, l'urbanisme non conforme et les aménagements hydrauliques non adéquats.

Figure II.6.9 – Historique des zones inondables



Source – Conception de l'auteure, 2024 ; d'après l'historique des inondations dans la ville

Les inondations à Bejaia se produisent principalement en hiver, mais pas que, parfois, des intempéries fortes en automne ou au printemps provoquent le débordement des trois principaux cours d'eau et la submersion des zones qui les avoisines. La fréquence des

inondations va d'une fois par année, jusqu'à une fois par saison. La hauteur des eaux peut atteindre ou dépasser 2 mètres, comme fut le cas lors des inondations de 2002 et 2003.

Les débits enregistrés pour différentes périodes de retour sont comme synthétisées dans le tableau suivant (tab.6).

Tableau II.6.6 – Débits des crues selon différentes périodes de retour

Période de retour (années)	10	25	100	200	1000
Débit de la crue (m ³ /s)	3000	4200	6000	6400	8000

Source – (PDAU 2009)

La plaine côtière est la région la plus exposée aux inondations (Hammadi 2011) : le delta de la Soummam et sa vallée, et les rives des cours d'eau, sont des zones inondées quasi annuellement. Les quartiers les plus souvent inondés sont ceux situés dans la plaine ; du quartier Lekhmis jusqu'à Remla, en passant par la rue de la Liberté, les cités Tobbal, Naceria, Seghir et les routes de K. Belkacem et des Aurès, le rond-point Aamriw, la zone de la Briquetterie, la Pépinière et le quartier Targua-Ouzemmour où s'inonde la route menant vers l'université. Dans ces régions, des équipements comme des blocs administratifs, le siège de la wilaya et ceux de l'APC et de la daïra, le siège du groupement de la gendarmerie ou des habitations sont inondés à plusieurs reprises. Plus significativement, les zones au bord de la mer sont exposées à un fort risque d'inondations. Les quartiers comme : Bir Slam, Sidi Ali Lebhar, les 4 chemins, Ireyahen, l'Arrière port, où des équipements d'importance majeure comme le port, l'aéroport, la gare routière, la gare ferroviaire, la gare maritime, le campus universitaire Aboudaw et des unités industrielles, s'inondent.

D'autres quartiers situés dans des zones terrassées sur les hauteurs forment des plateaux de rétention des eaux : Boukhama, Sidi-Ahmed, Ighil Ouazoug, en plus de certaines zones de l'ancienne ville, comme : Amimoun.

Photo II.6.1 – Inondations de 2022 à Bejaia



Source – D'après *dknews-dz*, publié le : 21/11/2022, consulté le 26/06/2024

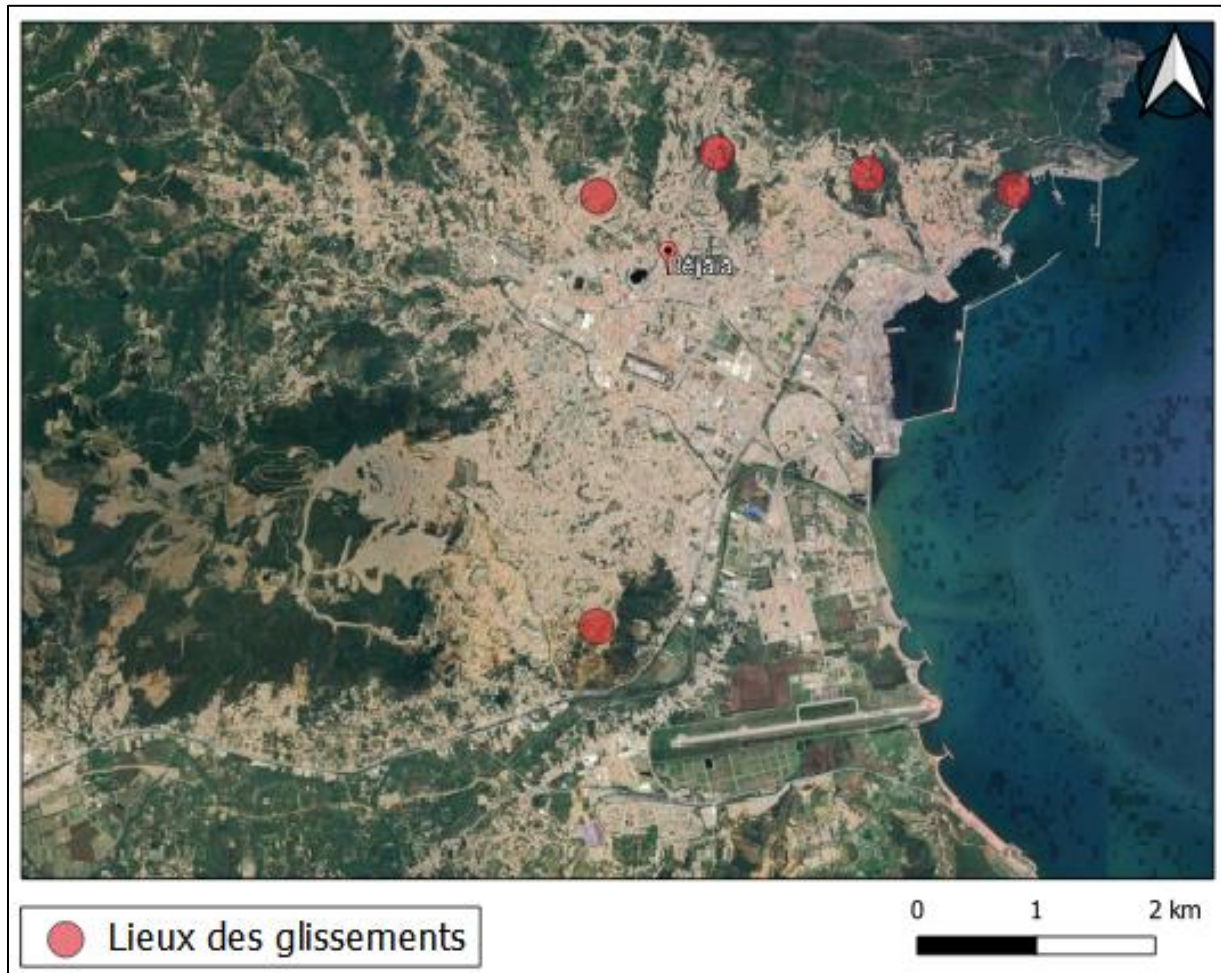
- ✚ Les inondations peuvent être à l'origine d'autres risques issus des cours d'eau, à savoir l'érosion des berges, les maladies à transmission hydrique, et la pollution par transport des sédiments. C'est ce que nous appelons des risques hybrides ou associés aux inondations.

II.2. L'érosion des berges et glissements des sols : le cours d'eau comme facteur principal de l'aléa

L'érosion n'est pas un phénomène qui se produit suite à un seul facteur agissant seul (Hammadi 2011). Elle est souvent le résultat d'une action conjointe de plusieurs facteurs naturels et anthropiques. A Bejaïa comme ailleurs, l'érosion est étroitement liée à la présence de l'eau. L'eau est le facteur principal derrière l'érosion des berges. Les autres facteurs sont la géologie des terrains, ajouté à l'urbanisation.

Dans l'histoire de Bejaia, cinq grands glissements ont eu lieu : la *Brise de mer*, la Cité *Smina*, la cité *Sidi-Ouali*, le quartier *Sidi-Ahmed*, et la carrière d'*Ighil Ouazoug*. Ces lieux sont tous situés dans des zones accidentées, à l'exception de la *Brise de mer*, qui est une zone du littoral.

Figure II.6.10 – Historique des glissements dans la ville de Bejaia



Source – Conception de l'auteure, 2024 ; sur le fond de carte Google Earth

Les facteurs des glissements se résument en premier lieu aux facteurs naturels des eaux et de la géologie. En deuxième lieu, ce sont les facteurs anthropiques de terrassements et fuites des canalisations qui influent sur le phénomène. La couverture végétale que procure la ripisylve pour les berges constitue un moyen de stabilisation des sols contre l'érosion.

En conséquence, l'érosion augmente la largeur du cours d'eau et réduit la superficie des terrains sur les deux rives des cours d'eau. C'est la situation dans les glissements de terrain superficiels (jusqu'à 5 m de profondeur) ou semi-profonds (jusqu'à 15 m de profondeur), qui sont déclenchés par le mouvement des eaux à des vitesses importantes et en présence d'une

topographie accidentée (pente supérieure à 20 %) (Hammadi 2011), comme est le cas à Bejaia.

Tableau II.6.7 – Lieux et facteurs des glissements

Date	Lieu	Facteurs	Géologie
1993	ZHUN de Sidi Ahmed	Rivière souterraine à 3 m de profondeur	Argile marneux, calcaire, sable grisâtre, substratum calcaireux
1998	Sidi Ouali	Cours d'eau de surface : rivière <i>Roumane</i>	Janvier remblai, marne, schiste)
/	Tizi	/	Éboulis
/	Smina	Talweg	Marnes
2009	Brise de mer		Remblais, schiste limoneux

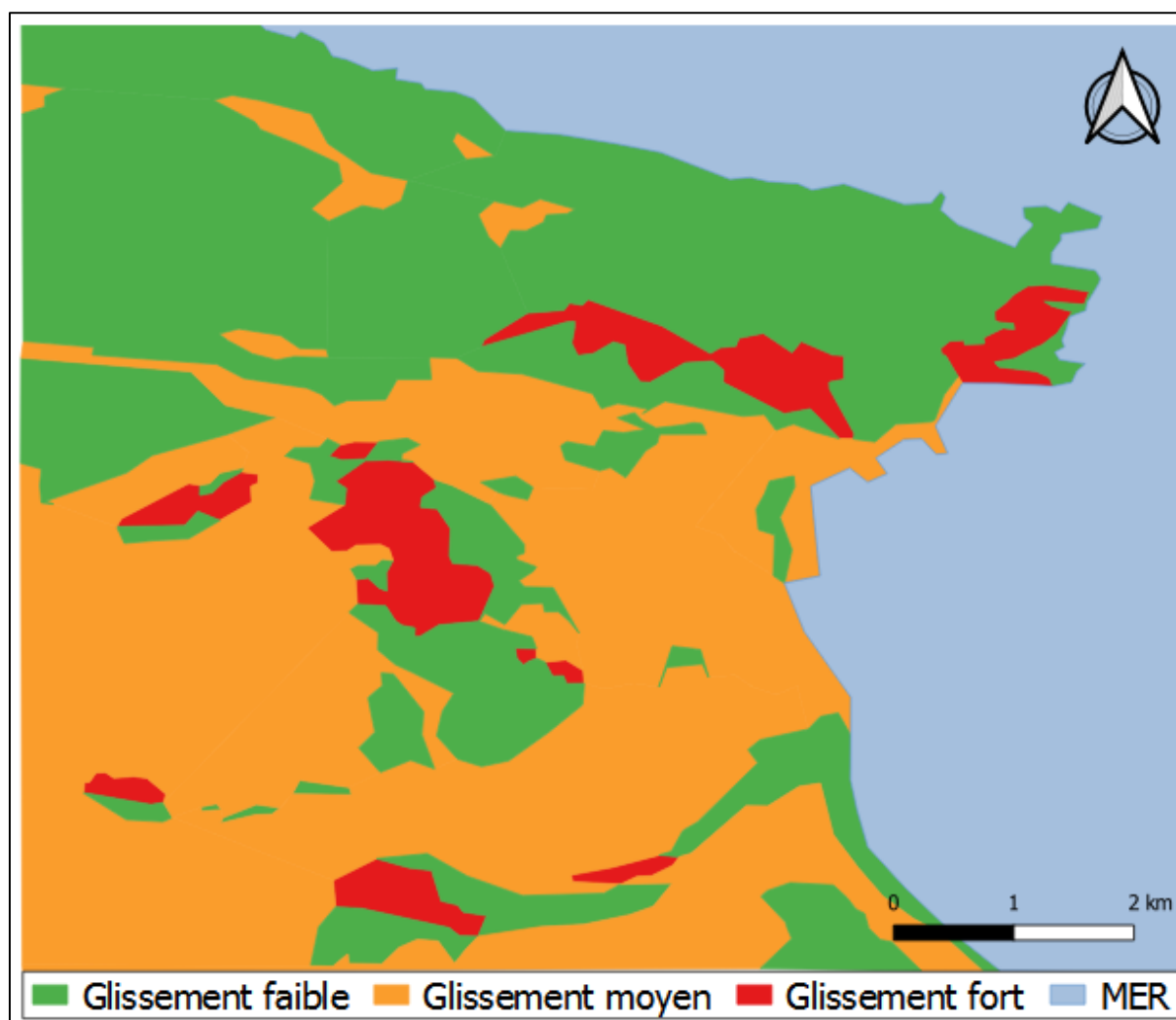
Source – Auteure, 2023 ; d'après Bendadouche et Hammadi, 2014

D'après un travail réalisé par l'ONA, 2017, les rivières touchées par les érosions des berges sont : *Ouchalal*, *Roumane*, *Iheddaden*, *Tizi* (effluent d'*Iheddaden*), *Imehdienne* (ONA 2017). Ces cours d'eau se partagent la caractéristique d'avoir des berges à l'état naturel dans certains endroits. Ces endroits sont ceux où les érosions se produisent. Les berges artificialisées ne posent pas ce problème, ce qui signifie que ce phénomène n'est pas généralisé sur les cours d'eau de la ville, puisque leurs berges sont dans la plupart des cas, artificialisées. Voir la figure (Fig. 2).

Selon la carte élaborée à partir des superpositions des cartes géologique, de pente et de densité de population (Bendadouche et Hammadi 2014), nous pouvons observer que les rives de la Soummam présentent une vulnérabilité limitée aux glissements, à l'exception des zones où la géologie est propice. C'est également vrai pour les montagnes qui entourent la ville. Bien que les glissements de terrain soient favorisés par la pente, la densité des populations est faible et la géologie présente une compacité modérée, ce qui réduit le risque de déclenchement de cet aléa. La plaine maritime, dotée d'un réseau hydrographique dense, d'une forte densité de population et d'une géologie relativement compacte, est néanmoins exposée à un risque modéré. En revanche, certains lieux où tous les éléments sont réunis présentent des risques d'exposition élevés.

Nous pouvons conclure que l'eau de surface n'est pas le facteur central dans l'exposition de la ville à ce risque d'érosion.

Figure II.6.11 – Zones instables susceptibles aux glissements



Source – Conception de l’auteure, 2023 ; d’après (Bendadouche et Hammadi 2014)

II.3. Le risque sanitaire : la ville n’est pas à l’abris

Dans certaines circonstances, lorsque certains critères sont présents, une ville dotée de nombreuses ressources en eau de surface, à l’instar de Bejaia, est inévitablement exposée au danger des maladies véhiculées par l’eau. La pollution peut survenir par le biais d’un contact direct ou indirect avec les eaux. Les principales causes des maladies hydriques sont la pollution des eaux de surface ou de l’eau potable par les eaux résiduaires, ou par des éléments infectés d’origine animale. Dans cette situation, divers endroits sont identifiés comme étant éventuellement exposés au risque d’épidémies de maladies hydriques (MTH) par les autorités sanitaires de Bejaia. Le tableau ci-après (tab.8) résume cela.

Tableau II.6.8 – Lieux et facteurs du risque sanitaire d'après la DSP de Bejaia

Localité	Facteurs du risque
Sidi-Ali-Lebhar	Vide sanitaire, fuite et coupure d'eau potable, eaux usées
Tizi	Constructions illicites
Soummari	Coupures d'eau potables fréquentes
Bab Elfouka	Réseau d'assainissement défectueux
Sidi Ahmed	Vide sanitaire, fuite et coupure d'eau potable, eaux usées
Tala-Ouriane	Vide sanitaire, fuite et coupure d'eau potable fréquente
Haute ville, Babelouze	Vétusté du réseau d'AEP
Boukhama	Réseau d'assainissement défectueux
Taklait	Réseau d'assainissement défectueux
Taghzouit	Constructions illicites, puits non déclarés et non conformes
In Skhoun	Constructions illicites
Pépinière, EDIMCO	La Seghir : parallèle au réseau AEP, rejets des eaux d'assainissement à ciel ouvert
Iheddaden	Vides sanitaires
Ireyahen	La Soummam emporte des déchets de toutes natures chimiques ou organiques (déchets d'usines, cadavres d'animaux, ...etc.)

Source – D'après (DSP¹ de la wilaya de Bejaia 2023)

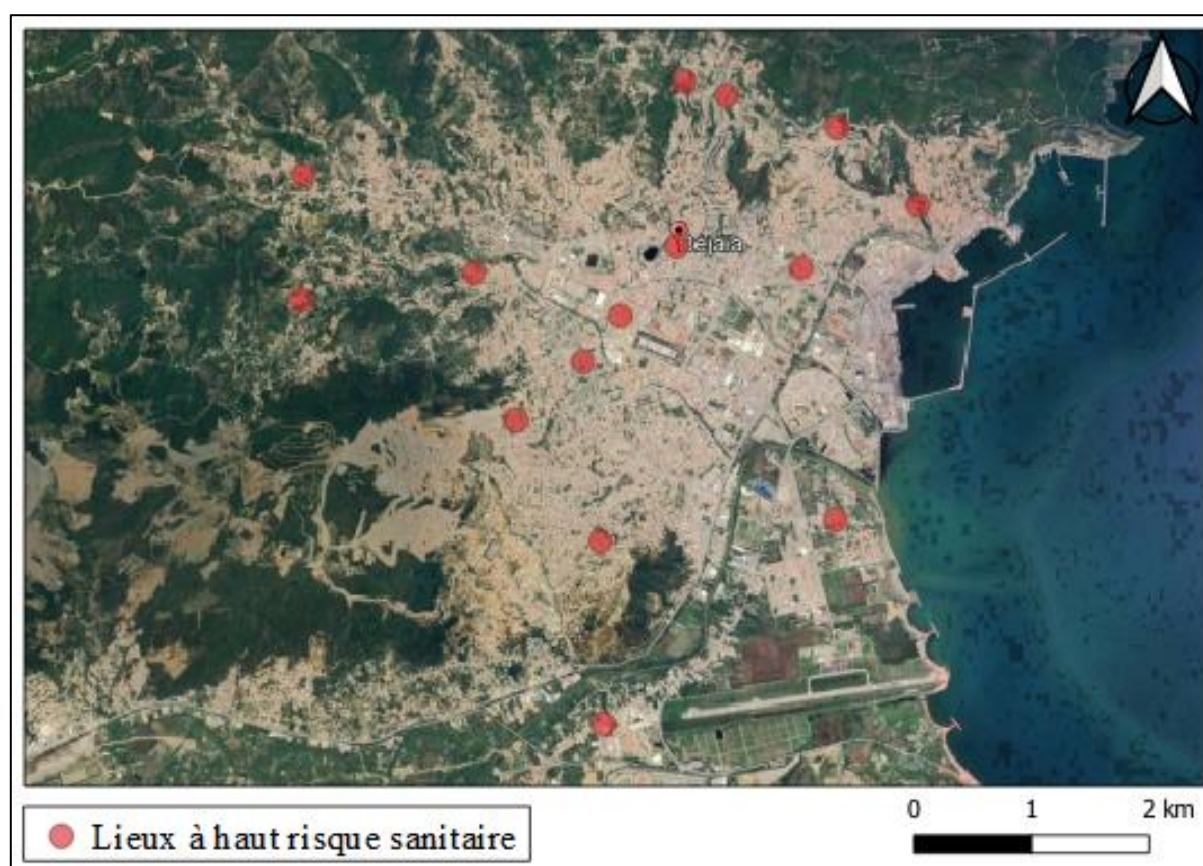
Comme l'illustre le tableau, les éléments clés du risque pour la santé sont liés à la gestion des systèmes d'assainissement et d'eau potable, ainsi qu'à leur absence ou dysfonctionnement. Ajouté à cela, les comportements des citoyens concernant le déversement illégal de leurs déchets et des eaux usées dans les rivières et les environnements naturels sont également pris en compte. On considère que le genre de tissu anarchique peut être un élément déclencheur de risques pour la santé. Comme le tableau l'indique, les quartiers anarchiques de *Soummari* et à *S.A.L.* posent ce problème des maladies transmissibles par l'eau.

Le rejet des eaux usées non épurées, la présence d'un réseau d'assainissement unitaire et les rejets sauvages des déchets solides sont à l'origine de la pollution persistante des cours d'eau, créant une gêne olfactive et visuelle constante pour les habitants voisins. En ce qui concerne ce point, la pollution visible des rivières qui parcourent la ville est évidente à première vue. Une condition susceptible de provoquer différentes allergies et irritations.

L'existence de plusieurs cours d'eau (13 au total) signifie que de nombreux quartiers sont touchés par ces problèmes. Étant donné que les zones adjacentes aux cours d'eau sont essentiellement constituées de résidences.

¹ Direction de la Santé Publique

Figure II.6.12 – Zones à haut risque sanitaire en ville de Bejaia



Source – Conception de l’auteur, 2023 ; sur fond de carte Google Earth, d’après les données de la direction de la santé publique de Bejaia

Cet état de fait de pollution, ajouté à l’état de stagnation des eaux, en certains endroits, augmentent le risque de prolifération des gîtes à insectes et à rongeurs. Cela augmente le risque d’exposition aux maladies à transmission hydrique.

Tableau II.6.9 – Maladies à transmission hydrique enregistrées à Bejaia

Maladie	Cholera	Fièvre Typhoïde	Hépatite Virale A	Dysenterie	H.I.V.
2023 (De Janvier à Août)	00	00	03	00	03

Source – D’après (DSP de Bejaia 2023)

La pollution n’est pas que source de maladies à transmission hydrique, elle est aussi source de risques écologiques, comme la dégradation qualitative et quantitative des eaux de surface et du système écologique des rivières. C’est ce que nous allons voir dans ce qui suit, où nous nous intéressons au risque environnemental hydrologique à Béjaïa.

II.4. Risque environnemental : la dégradation qualitative du système écologique du cours d'eau

La présence de l'industrie pétrolière, du port et de la zone industrielle aux confins de l'agglomération, atteste des risques d'exposition de la ville à la détérioration des eaux superficielles due à la pollution. Ces sources de pollution et des polluants agricoles et urbains sont les principaux pollueurs des cours d'eau de surface à Bejaia ([Mouni et al. 2009](#)).

Figure II.6.13 – Sources de nuisances environnementales

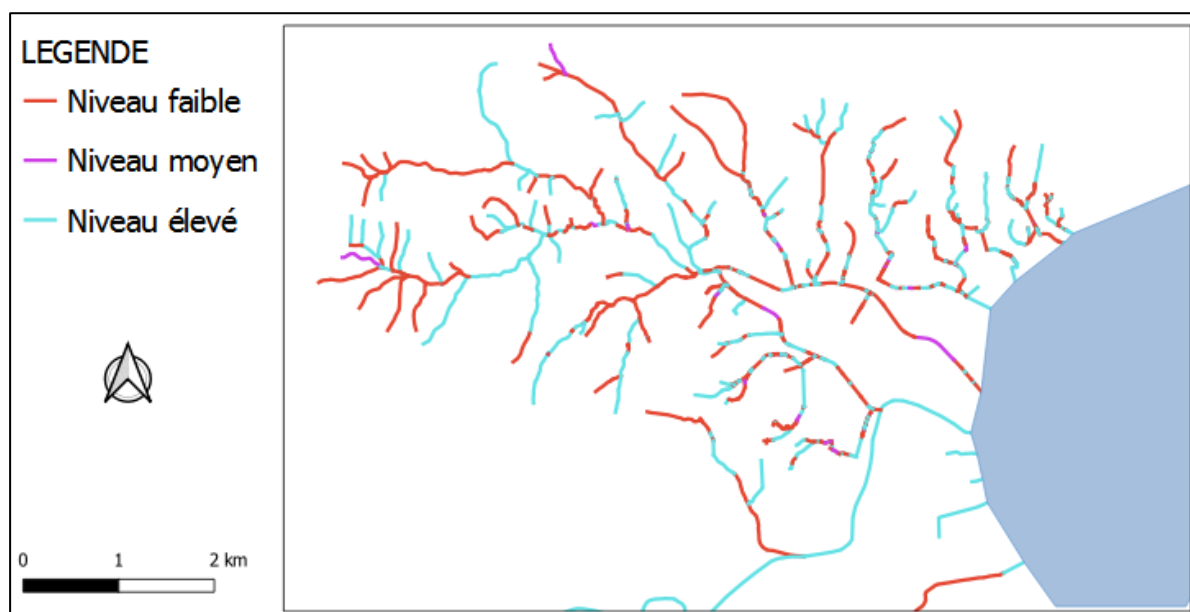


Source – Conception de l'auteure, d'après une enquête de terrain, 2023

L'expansion urbaine est perçue comme un des facteurs majeurs contribuant à la dégradation qualitative des eaux superficielles ([Witter et Nguyen 2016](#)). Dans les zones urbaines, l'une des causes majeures de la détérioration des cours d'eau due à la pollution est l'eau de ruissellement ([Lee et Bang 2000](#)). Plus les surfaces sont imperméables, plus les substances polluantes tendent à se concentrer dans les eaux de ruissellement. En plus des eaux de ruissellement, les eaux usées ménagères sont une source de pollution lorsqu'elles sont jetées directement à l'état brut dans les cours d'eau. Les eaux usées, celles du ruissellement et les macro déchets s'accumulent pour constituer des dépôts à l'intérieur des cours d'eau. Tous les cours d'eau de la ville sont concernés par ces phénomènes. Voir ([fig.14](#)).

Cela entraîne une modification tant de l'hydrographie du cours d'eau que de la physico-chimie des eaux ([Holota et Tales 2016](#)). D'après l'ONA, 2017, les eaux usées jetées aux cours d'eau représentent des caractéristiques de pollution comme un pH ou une conductivité dépassant la norme ([ONA 2017](#)).

Figure II.6.14 – Niveaux d'accumulation des dépôts dans les cours d'eaux de Bejaia



Source – Conception de l'auteure, 2023 ; d'après les données de (ONA 2017)

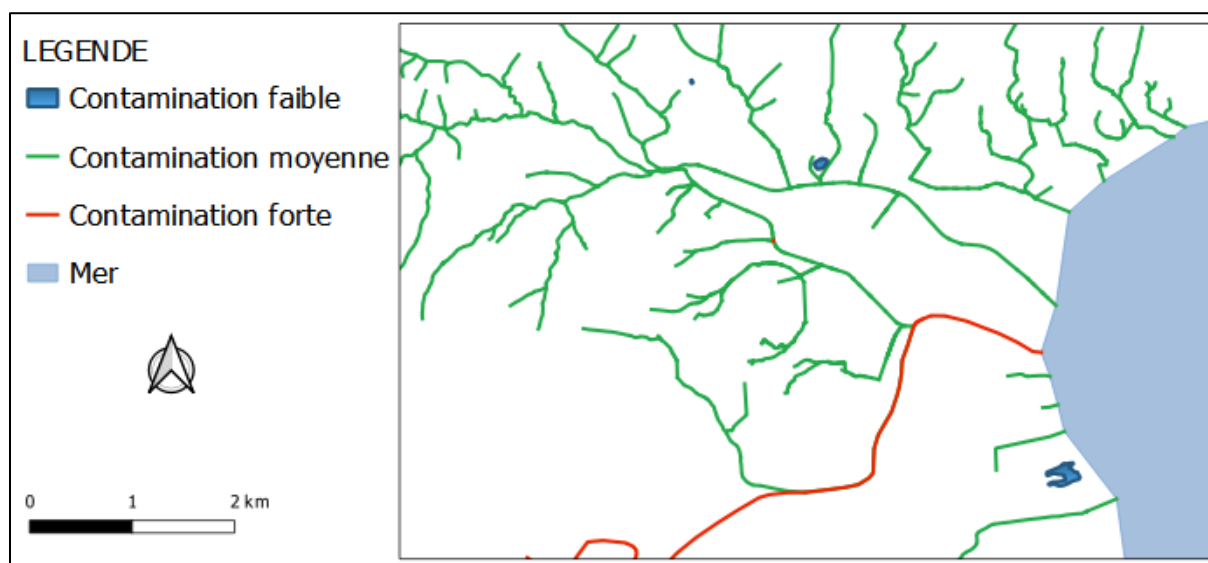
A Bejaia, la pollution des cours d'eau peut être classée comme : faible, moyenne ou forte.

Les zones à faible pollution se réfèrent aux mares et aux lacs qui ne servent pas de réceptacles pour les eaux résiduaires domestiques ou industrielles. Ces endroits ne sont affectés que par les contaminants potentiels présents dans les eaux de ruissellement, en plus des polluants de grande taille qui peuvent y parvenir via les eaux de ruissellement ou par des déversements ponctuels directs. Les rejets directs de macrodéchets dans ces endroits sont rares ou absents.

Les cours d'eau permanents ou temporaires du bassin du *Cap-Sigli* sont des cours d'eau que nous classons comme moyennement pollués. Tous ces cours d'eau sont des lieux récepteurs des eaux de ruissellement, des eaux d'assainissement ménager, en plus des macrodéchets. Voir la figure (Fig. 2).

Le cours d'eau de la Soummam reste le plus pollué, car il est, depuis des années, récepteur des rejets industriels issus des nombreuses zones industrielles de la vallée. Les unités industrielles d'*Akbou*, à 80 km de Béjaïa, restent les plus préjudiciables pour cette rivière, où la pollution a atteint des niveaux irréversibles pour son écosystème. Les pressions sur la faune et la flore du cours d'eau sont bien visibles par des vagues de mort de poissons, par exemple.

Figure II.6.15 – Risque de contamination des eaux de surface



Source – Conception de l’auteure, 2024

À Béjaïa, suite aux études de terrain menées par la direction de l'ONA ou par nous-mêmes, nous avons observé que toutes les eaux des rivières de surface sont contaminées, sans exception. D'un point de vue physico-chimique, les eaux des rivières à Béjaïa présentent une teinte grisâtre, un effluve désagréable et une certaine turbidité. Tous les cours d'eau que nous avons examinés ne sont pas affectés par l'eutrophisation. Le tableau (tab.10) suivant fait la synthèse des caractéristiques physico-chimiques des eaux de surface à Bejaia.

Tableau II.6.10 – Caractéristiques physico-chimiques des eaux de surface à Bejaia

Caractéristique	pH	Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	NH_4^+ (mg/L)	Turbidité	Couleur	Odeur	Eutrophisation
Cours d'eau du Cap-Sigli	7.09-7.27	/	/	Oui	Oui	Oui	Non/Oui
Taux à Tamehlaht	8.63	/	2.8-3.6	/	Oui	Non	Non
Taux à Imzayen	8.53	/	0.6-3.4	/	Non	Non	Non
Norme*	6.5-8.5	50-1500	<2	Absence de turbidité	Eau claire	Absence d'odeur	Absence d'eutrophisation

Source – Auteure, 2023 ; sur la base de données recueillies sur le terrain, 2017

Concernant la Soummam, des recherches réalisées par Mouni et al. en 2009 révèlent une pollution croissante des eaux et de l'écosystème globalement. La Soummam accueille quotidiennement 29 810 m³ de rejets d'eaux usées, sans compter les rejets de cinq grands sites industriels, 33 centres de nettoyage et lubrification, 58 huileries et 26 décharges incontrôlées.

(Mouni et al., 2009). Selon cette même étude, l'embouchure est la section de la rivière présentant le plus haut niveau de pollution (IDEM).

Tableau II.6.11 – Caractéristiques physico-chimiques de la *Soummam* (embouchure)

Caractéristique	pH	Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	NH_4^+ (mg/L)	Turbidité	Couleur	Odeur	Eutrophisation
Taux dans la Soummam	7.22-8.75	548-1633	1.1-1.75	Oui	Oui	Oui	Non
Norme	6.5 à 8.5	50-1500	<2	Absence de turbidité	Eau claire	Absence d'odeur	Absence d'eutrophisation

Source – D'après (Mouni et al. 2009) + travail de terrain, 2022.

Outre la dégradation physico-chimique, la dégradation biologique englobe également la détérioration de la flore et de la faune. La flore des rives des cours d'eau joue un rôle crucial, notamment dans la préservation contre l'érosion, la réduction de la sédimentation et le contrôle des crues (AGRCQ 2016). Malheureusement, son intégrité est menacée par l'urbanisation qui peut mener à sa disparition totale, en raison d'interventions physiques telles que la canalisation, la construction de digues, le revêtement, le redimensionnement ou le recalibrage.

Initialement, chaque cours d'eau présente une végétation spécifique en termes de types et de quantités, qui joue un rôle crucial dans diverses fonctionnalités. Elle protège contre l'érosion et constitue des habitats pour la faune. L'élimination de la ripisylve entraîne la destruction ou la dégradation des habitats, l'affaiblissement de la continuité écologique, le réchauffement des eaux. Cela augmente également la pollution physico-chimique et l'érosion du sol, tout en privant l'environnement de sa capacité à réguler le microclimat et d'autres fonctions liées au paysage et aux loisirs.

Aucune forme de vie aquatique n'existe dans les rivières du *Cap-Sigli*. Ces cours d'eau ne contiennent aucune vie, à l'exception de quelques rongeurs et oiseaux terrestres. En revanche, la Soummam abrite une multitude d'espèces d'invertébrés, de poissons et d'insectes. Plusieurs décès de poissons ont été causés par des incidents de pollution industrielle à maintes reprises. Voir (Photo.2).

Photo II.6.2 – Pollution des eaux de la *Soummam* et mort de poissons



Source – Photo publiée dans *Bejaia.info*, le 07/09/2019 ; site consulté le 26/06/2024

Le risque environnemental ne se limite pas à la dégradation qualitative des eaux, mais aussi à leur dégradation quantitative.

II.5. Risque environnemental : dégradation quantitative par rétrécissement, assèchement et disparition des cours d'eau

Bien qu'il soit ardu de différencier la part de responsabilité naturelle de celle d'origine humaine dans le phénomène de la disparition des cours d'eau (Mouni et al. 2009), il est incontestable que toute altération due à l'activité humaine du système hydrique pourrait entraîner la réduction ou même la disparition de la source d'eau, ainsi que son débit et sa réserve en eau.

Les éléments d'origine humaine qui contribuent à la réduction des surfaces des cours d'eau sont associés aux modifications apportées à la morphologie des cours d'eau ou à l'utilisation excessive de leurs eaux : l'édification sur les rives et le non-respect des servitudes, la déviation et l'enfouissement, la réduction intentionnelle par le biais de structures de protection des rives, les dépôts de sédiments polluants, la contamination physico-chimique par des matières organiques favorisant la prolifération de végétations envahissantes. On peut effectivement observer toutes ces actions à Béjaïa.

Bien qu'il soit complexe de dresser un bilan de l'évolution des volumes des cours d'eau au fil du temps en raison de l'insuffisance de données concernant l'ensemble des cours d'eau de la ville, les principaux d'entre eux peuvent offrir un témoignage pertinent. Pour suivre l'évolution de la situation à Béjaïa, nous concentrons notre attention uniquement sur trois rivières principales : la Serrir, la Seghir et la Soummam. Étant donné la taille significative de ces trois rivières, nous sommes en mesure de suivre l'évolution qui a eu lieu au cours du temps. De plus, l'abondance d'études centrées principalement sur la Soummam représente une source précieuse d'informations et de données à exploiter.

On constate une réduction du débit de la *Soummam* et d'autres cours d'eau, qui a progressivement diminué au fil des ans. Comme les images de Google Earth le montrent, en l'espace de vingt ans, le lit mineur de la *Soummam* s'est réduit d'environ 50 % dans certaines zones. C'est ce que nous pouvons constater dans la figure (fig.16) suivante.

Figure II.6.16 – Rétrécissement du lit mineur de la Soummam entre 2004 et 2023



Source – Auteure, 2023 ; d'après les images Google Earth, consulté le 06/04/2023

Cette circonstance entraîne des dysfonctionnements, et par conséquent, des scénarios à risque. La diminution du flux d'eau dans le lit d'un cours d'eau provoque l'effondrement des rives, ce qui produit une accumulation de sédiments, puis l'obstruction du passage de l'eau et avec le temps, la disparition du cours d'eau qui ne parvient pas à persister.

À Bejaia, en raison de la pollution physico-chimique et de l'altération morphologique, l'eau a cédé sa place à la végétation sur tout le long des rives. Les sédiments transportés par la rivière depuis l'amont se déposent sous forme de sable et de terre à l'aval. Ces sédiments forment une barrière entre les eaux du fleuve et celles de la mer, ce qui entrave le passage fluide des eaux à l'embouchure.

Ainsi, les diverses espèces fauniques qui se déplacent entre la mer et les rivières doivent aussi s'ajuster à la sédimentation de l'embouchure. Les espèces qui n'ont pas la capacité de résister finissent par s'éteindre elles aussi.

✚ Il est à noter que le rétrécissement n'est pas dû qu'à la pollution ou aux interventions physiques sur les cours d'eau. C'est également attribuable au changement climatique et aux périodes de sécheresse que la région subit.

Conclusion du chapitre

En l'absence d'instrument pour mesurer de manière objective les effets de l'urbanisation sur les cours d'eau (Holota 2016), ou pour établir la proportion des impacts d'origine humaine et naturelle (Mouni et al. 2009), nous avons tenté, dans cette étude, d'élucider et de visualiser la relation entre la ville et ses eaux.

Nous avons pu faire un suivi selon une approche diachronique rétrospective de l'évolution du phénomène urbain et son lien avec les eaux depuis la fondation de la ville jusqu'à nos jours. Il est essentiel de noter que la ville a constamment été en interaction avec ses eaux, cet élément si précieux pour elle, mais qui subit de plus en plus de négligence, voire de détérioration intentionnelle ou non.

Les relations entre l'urbanisation et les cours d'eau engendrent des événements et des scénarios de risques propres à ces deux aspects. Nous avons clairement observé que Bejaia est une ville vulnérable aux dangers liés aux cours d'eau, notamment : les inondations, les glissements humides, les risques sanitaires et environnementaux.

Ces risques peuvent entraîner des dommages de gravité variable en fonction de la combinaison de facteurs de risque anthropiques et naturels, ainsi que du type de risque lui-même. Les inondations sont le principal danger parmi ceux liés aux cours d'eau ayant des répercussions corporelles. Le risque écologique est le plus marquant, avec des effets environnementaux plus visibles. Le risque sanitaire n'a jamais eu lieu à Bejaia, jusqu'à présent, mais reste une possibilité et certaines zones propices au déclenchement de ce risque existent sur place. L'érosion des berges est le danger le moins fréquent, car les berges des rivières sont souvent artificialisées.

CHAPITRE 7.

Description de la vulnérabilité globale de Bejaia
aux risques hydrologiques terrestres

An abstract line drawing in the bottom left corner, consisting of several thin, curved lines in dark blue and light grey, resembling stylized reeds or grass.

« La connaissance s'acquiert par l'expérience, tout le reste n'est que de l'information »

Einstein, 1989

Introduction du chapitre

L'objectif de ce chapitre est de faire la description de la vulnérabilité globale. Ce, en construisant des grilles d'indicateurs performants composant la vulnérabilité globale de la ville face aux risques issus des cours d'eau terrestres à Béjaïa.

Nous allons tenter de répondre à la question suivante :

Quels sont les indicateurs performants et descriptifs de la vulnérabilité globale de la ville de Bejaia face aux risques hydrologiques terrestres ?

Il est crucial d'identifier les composants essentiels du phénomène examiné avant de démarrer toute étude (Bouzidi 2012). Dans notre étude, nous examinons le phénomène de la vulnérabilité globale face aux risques hydrologiques terrestres, que nous considérerons dans ce contexte comme un ensemble composé d'éléments physiques et éthiques. L'estimation de la vulnérabilité globale tiendra compte des facteurs naturels de risque existants sur le site en question, ainsi que des impacts humains sur les cours d'eau. Ceci inclut la gestion, les représentations, ainsi que les éléments exposés et les enjeux associés.

Cette étude, qui embrasse une approche globale et systématique de la vulnérabilité, se traduit par le choix de grilles d'indicateurs (D'Ercole 1998). L'élaboration de ces tableaux d'indicateurs pour les éléments de la vulnérabilité globale dans le cadre d'une approche systémique nécessite l'utilisation d'une ou plusieurs techniques spécifiques et adéquates (Gruzelle et Lebaut 2019). La structuration de ce chapitre se fera selon les points suivants :

- Tout d'abord, nous allons détailler notre approche et la manière dont nous envisageons de collecter ou de générer les données indispensables pour poursuivre notre travail ;
- Par la suite, nous mettrons en œuvre la méthode et choisirons les indicateurs selon le processus décrit dans le premier point ;
- Enfin, nous vérifierons performance des indicateurs présélectionnés afin d'aboutir à des tableaux finaux d'indicateurs de vulnérabilité globale.

I.

PRESELECTION D'UNE GRILLE D'INDICATEURS POTENTIELS DE LA VULNERABILITE GLOBALE AUX RISQUES HYDROLOGIQUES TERRESTRES

L'usage des indicateurs est conforme à diverses méthodes présentées dans la littérature, y compris celle de (Lazarsfeld 1958). Ce dernier distingue les phases d'élaboration des indicateurs en suivant une approche axée sur le local et s'étendant vers le global. En premier lieu, on identifie des « *concepts* » à partir de données brutes. Par la suite, ces concepts sont subdivisés en « *dimensions* ». Finalement, on sélectionne des « *variables* » basées sur les dimensions précédentes. Les variables représentent les éléments quantifiables ou les « *indicateurs potentiels* » (Quillet et al. 2019). Suite à divers tris et contrôles, certaines « *variables* » sont choisies comme étant des « *indicateurs* » (Quillet et al. 2019).

Ces indicateurs potentiels (variables) ne sont efficaces que s'ils sont justifiés par une référence ou une norme (Kerr 1994), ou par des données recueillies sur le terrain (Quillet et al. 2019). Les normes, références et informations recueillies proviennent de l'exploitation de la recherche documentaire, de l'observation active et de l'observation sur site, ainsi que via des questionnaires et des entretiens destinés aux spécialistes et au grand public.

Outre cela, le choix des indicateurs doit respecter certaines conditions ; ils doivent être explicites, quantifiables et évolutifs dans le temps (Quillet et al. 2019). Cette approche est fondée sur les recherches de (D'Ercole 1994 ; Quillet et al. 2019 ; Meur-Ferec et al. 2020), qui constituent les références majeures de l'étude actuelle.

Ce travail se déroule en plusieurs phases successives, visant à élaborer des tableaux ou des grilles d'indicateurs efficaces pour évaluer la vulnérabilité de la ville de Bejaïa face aux risques hydrologiques terrestres.

I.1. La recherche des données : détermination des concepts à partir de données brutes :

Bien que la méthode s'appuie essentiellement sur les recherches citées, les notions de vulnérabilité considérées pour la sélection préliminaire des indicateurs diffèrent de celles des

études utilisées comme référence. Nous avons été contraints d'intégrer d'autres notions issues de diverses études littéraires, ainsi que de notre propre expérience sur le terrain.

I.1.1. Observation documentaire :

L'observation documentaire se réfère à des informations tirées de bases de données de littérature universelle et locale. Cela peut inclure des travaux de recherche universitaire ainsi que des informations tirées de rapports et documents officiels (Barroca et al 2006). C'est pour cette raison que nous avons initié le processus par une revue de littérature en ligne où des thèses et articles, tant locaux qu'internationaux, nous ont fourni les premières informations concernant les indicateurs de vulnérabilité aux risques hydrologiques terrestres.

Par la suite, nous avons enrichi les informations générales de la littérature académique avec des données provenant des administrations locales et nationales. Pour ce qui est de l'Algérie, les informations peuvent être extraites des outils d'aménagement du territoire (PDAU et POS) qui établissent les directives générales et particulières concernant l'urbanisation. Outre les informations provenant d'institutions nationales telles que l'ONS, l'ANRH, l'ONM, l'ONA, etc., les données et statistiques relatives à la ville de Bejaïa sur les aspects économiques, sociaux et urbanistiques sont régulièrement compilées lors des recensements généraux de l'habitat et des populations (RGHP), qui se déroulent tous les dix ans sur l'ensemble du territoire algérien.

Il existe d'autres sources de données locales au sein des diverses administrations municipales de la ville qui pourraient nous renseigner sur le fonctionnement des services urbains ayant un impact sur la vulnérabilité de la ville face aux risques liés aux rivières. En général, les données se divisent en deux catégories : celles qui mettent en évidence la qualité des lieux et des éléments urbains, et celles qui présentent des statistiques numériques.

Tableau II.7.1 – Données recueillies

Domine	Type	Donnée
Hydraulique	Numériques écrites : rapports et statistiques	Etude des émissaires de la ville de Bejaia, 2015 Etude de l'assainissement de Bejaia, 2017
	Numériques cartographiques	Carte d'état-major, carte d'occupation du sol, carte
Urbanistique	Numériques écrites : rapports et statistiques	PDAU Intercommunal de Bejaia, 2009 Annuaire statistique de Bejaia, 2015 et 2020
	Numériques cartographiques	PDAU Intercommunal de Bejaia, 2009
Socio-économique	Numériques écrites : rapports et statistiques	Annuaire statistique de Bejaia, 2015 et 2020 Inventaire des entreprises de Bejaia, 2019
	Numériques cartographiques	

Source – Auteure, 2025

Ces documents mettent en évidence des limites inhérentes à leur caractère relatif. Étant donné qu'ils sont susceptibles de modifications temporelles et spatiales, ils ne parviennent pas à cerner l'évolution urbaine sur une longue durée (Bourgeois 2015). De plus, ils ne considèrent pas la même dimension géographique : certaines informations sont établies à partir d'une échelle de commune ou de plusieurs, comme les données du PDAU intercommunal qui regroupent la commune de Béjaïa et ses communes voisines. Des données supplémentaires sont disponibles à l'échelle de la ville ou des parcelles. L'examen des émissaires de Béjaïa se fait à cette échelle. D'autres données sont à l'échelle régionale de la wilaya. Par conséquent, ces informations ne sont pas pertinentes pour la tâche en cours, car elles concernent toutes les villes de la wilaya et non spécifiquement celle de Béjaïa. Par ailleurs, la qualité des données n'est pas toujours conforme aux exigences de l'étude. Certaines informations ne sont plus à jour depuis plus de dix ans, d'autres sont totalement incorrectes ou hors contexte. Cela peut nécessiter des vérifications, des ajustements ou des rectifications.

Par conséquent, les informations collectées sont qualifiées de données brutes et ont, de ce fait, traversé des processus qui se sont déroulés de trois manières en fonction de leur qualité et de leur ancienneté :

- Certaines des données ont dû être complétées ;
- D'autres actualisées ;
- D'autres décomposées et standardisées à l'échelle voulue ;
- Et d'autres corrigées et modifiées entièrement ou partiellement.

Pour entamer ces prétraitements sur les données, il nous a fallu recourir à :

- L'exploitation des outils de la télédétection et des SIG ;
- L'observation directe du terrain.

I.1.2. Observation directe du terrain :

Elle implique une observation directe d'un environnement sans y intervenir pour en changer le cours. Ainsi, nous avons visité la zone d'étude et examiné les rivières de surface de la ville de Béjaïa. Entre août et décembre 2019, durant une période de plusieurs mois, nous avons effectué des déplacements quotidiens afin de collecter des données précises sur la condition générale et particulière des cours d'eau. Nous avons considéré l'examen de la situation hydrologique des eaux, en nous focalisant sur la validation de leur qualité (odeur, couleur, ripisylve, faune). Par la suite, en ce qui concerne l'aspect morphologique et physique

des cours d'eau, nous avons distingué les corridors artificialisés, naturels et enterrés. Cela nous a donné la possibilité de vérifier les informations collectées au sein des instances locales de l'ONA et de l'APC. Au final, nous avons cherché à comprendre l'aspect urbanistique du cours d'eau, autrement dit, à déterminer si le cours d'eau est incorporé dans son environnement urbain et de quelle manière. C'est-à-dire : quel est le rapport entre le cours d'eau et l'espace urbain ?

I.1.3. Enquêtes par entretiens :

Le travail s'effectue à travers des échanges directs avec les administrateurs locaux de la ville de Béjaïa. L'interview des acteurs urbains locaux constitue une méthode pour valider l'application des indicateurs compilés dans les études au contexte spécifique de Béjaïa. Cette phase implique un effort de maintien et d'ajustement des concepts rassemblés lors des étapes précédentes, en tenant compte du contexte de la zone d'étude.

La présélection des indicateurs se fait en fonction de deux critères : le "besoin" et la "disponibilité des données". On a opté pour une démarche qualitative et participative qui tient compte des vérités déclarées par des spécialistes et de retours d'expérience.

Nous avons fait appel à une dizaine d'institutions liées à la gestion des risques hydrologiques terrestres. L'échantillon de cette étude qualitative se distingue par les secteurs qu'il couvre. Nous avons veillé à diversifier les domaines d'action de l'échantillon. Les intervenants lors des entretiens sont soit des cadres, ingénieurs ou ingénieurs en chef, soit des administrateurs qualifiés. Ils occupent des postes de responsabilité dans leurs domaines respectifs ou sont des responsables administratifs sectoriels. Tous détiennent une expérience de plus de cinq ans dans leurs fonctions. Le genre, l'âge ou l'origine du gestionnaire n'ont pas été pris en compte. Certains sont des femmes et d'autres des hommes, bien que nous ayons observé une prédominance masculine. Ils résident ou non dans la zone étudiée.

Au fur et à mesure de l'avancement du travail, nous avons déterminé la taille de l'échantillon, en retenant le critère de la « *saturation sémantique* » (Moretti 2018). Ce concept repose sur deux notions : d'une part, que des entretiens additionnels ne fourniront pas plus de renseignements que ceux déjà recueillis, et d'autre part, que l'échantillon est suffisamment varié pour illustrer une plus grande divergence d'opinion (IDEM).

Les interviews ont été conduites par des discussions individuelles avec chaque gestionnaire. Les interrogations sont identiques pour tous les managers, indépendamment de leur secteur

d'activité ou de la nature de leur intervention sur les risques. Les interrogations ont été formulées, comme suit :

- *Selon vous, est-ce que chacune des dimensions, objets et variables suivants permettent de rendre compte d'un niveau de vulnérabilité aux risques rivulaires ?*
- *Selon vous, est-ce que les variables suivantes permettent de rendre compte d'un niveau de vulnérabilité de la ville de Bejaia face aux risques rivulaires ?*
- *Est-ce que les variables répondent à vos attentes en termes de suivi de la vulnérabilité aux risques rivulaires ?*
- *Est-ce que vous identifiez un manque dans la manière d'aborder une des variables ?*

Tableau II.7.2 – Gestionnaires urbains sollicités

Structure	Service	Fonction
Protection civile	PC	Prévention, intervention, sauvetage, secours, évacuation
Direction d'environnement	DE	Prévention, protection de l'environnement, suivi du respect de la législation sur la protection de l'environnement
Direction de logement	DL, DUAC, DEP	Hébergement provisoire
Ressources en eaux	ONA, ADE	Prévention, Hygiène (Assainissement, curage)
Direction des travaux publics	DTP	Travaux publics
Direction d'urbanisme	DUC	Prévention, planification urbaine
Direction du commerce	DC, DASS, CRA	Solidarité, action humanitaire et approvisionnement
Mairie	ST	Administration, coordination et supervision
Direction du transport	DT	Transport et logistique
Wilaya	SW, GN, DAL, DRAG, DPSB	Expertises, évaluations et bilans Matériels et divers Communication et information
Direction des télécommunications	PTT	Liaisons et télécommunications
Direction d'énergie, d'industrie et des mines	DE, DIM, STH, SONELGAZ, NAFTAL	Energie

Source – Auteure, 2025

On a également demandé aux participants d'enrichir la liste en ajoutant d'autres variables, si cela leur semble pertinent :

- *Connaissez-vous d'autres variables qui peuvent compléter celles proposées dans le questionnaire ?*

Les réponses sont fournies sous forme de « *oui* » ou « *non* », à l'exception de la dernière question. Les intervenants urbains fourniront des réponses aux interrogations concernant les variables proposées. Ils peuvent soutenir les variables suggérées, refuser certaines autres ou proposer l'intégration de nouvelles variables (Quillet et al. 2019). Au cours des entretiens, les gestionnaires ont suggéré des reformulations pour certaines propositions, ce qui a entraîné l'ajustement et la modification de certaines variables. Ce que nous avons considéré lors des étapes prochaines. Le temps des entretiens n'était pas restreint et s'ajustait à la disponibilité du manager. Chaque entrevue s'étalait sur une à deux heures, au cours d'une ou deux sessions.

L'uniformité des réponses fournies par les spécialistes interrogés (Tanguy 2016) nous a amenés à fixer le nombre d'interviews à une dizaine, afin de prévenir les redondances superflues. Ce chiffre est adéquat pour rassembler les données requises à cette phase de travail (Tanguy 2016). Les variables sélectionnées par la suite sont celles qui ont été approuvées par les gestionnaires, c'est-à-dire celles pour lesquelles toutes les réponses étaient « *oui* ». Les variables non approuvées par des « *non* » sont rejetées. Lorsque des variables étaient approuvées par plus de 50 % des intervenants, elles étaient validées également.

En substance, d'après les responsables, les variables que nous avons suggérées (9 sur 10) reflétaient bien les éléments de la vulnérabilité face aux risques hydrologiques terrestres. Uniquement un nombre limité de variables (1 sur 10) est incorporé, reformulé ou écarté. Par exemple, concernant le risque d'inondation, notre proposition de variables n'incluait pas la variable « *houle maritime* ». Tous les responsables interrogés la mentionnent comme un élément majeur des inondations affectant la plaine de Béjaïa.

I.1.4. Enquête par questionnaire :

Les informations recueillies jusqu'à ce point n'ont pas fourni des indications sur la façon dont la société bougiote perçoit les risques issus des cours d'eau de surface. Par la suite, nous identifierons les variables de la vulnérabilité aux risques hydrologiques terrestres à Béjaïa en nous basant sur la représentation et l'appréciation des risques par les profanes.

Les profanes sont les individus qui utilisent l'espace urbain et qui sont exposés aux phénomènes de risques. Elles représentent l'antithèse des gestionnaires, puisqu'elles ne sont pas expertes en matière de gestion des risques.

Cette étape s'impose par l'absence de ce genre de données dans la ville de Bejaia, ce qui rend les traitements suivants assez difficiles, si ce n'est pas impossibles. Ces données sont absentes dans des bases de données officielles ou scientifiques, ce qui signifie qu'elles doivent être créées par enquêtes auprès des individus visés par l'étude (Meur-Ferec et al. 2020).

Nous avons mené une enquête auprès des habitants résidant à moins de 500 mètres le long des rives des cours d'eau. Au cours de l'été 2024, des interactions directes avec les habitants ont été établies par le biais de questionnaires. En tout, 100 questionnaires ont été passés. Le défi de ce type d'enquête réside dans la faible promesse d'un taux de réponse. Pour résoudre ce problème, nous avons pris le soin d'expliquer à l'échantillon ciblé l'importance de leur participation.

Le questionnaire distribué comprend vingt et une questions réparties en trois items. Nous les avons interrogés sur les attributs démographiques des ménages. Nous avons porté notre attention sur les aspects urbanistiques des résidences. Ces éléments jouent un rôle crucial dans l'exposition ou non de la famille. Qu'il s'agisse d'une exposition corporelle ou matérielle. En plus de l'aspect résidentiel, nous avons également posé des questions concernant l'usage de la résidence, les comportements individuels et sociaux vis-à-vis du risque. En fin de compte, nous avons formulé des questions qui nous aideront à mesurer la compréhension des participants concernant les phénomènes de risques, ainsi que leurs méthodes et techniques pour se prémunir contre ces derniers.

Cette étape néglige les aspects sociaux et financiers. Nous nous sommes abstenus de prêter attention au sexe ou à l'âge du participant, tout en veillant à sélectionner des adultes représentant les deux genres. Nous avons également omis de solliciter le niveau d'éducation ou les revenus des participants.

Cependant, des discussions en face à face avec les personnes interrogées, lors de l'administration ou de la collecte du questionnaire, nous ont tout de même conduit à conclure que les individus d'âge plus avancé, ayant un haut degré d'éducation et un emploi stable, semblent davantage préoccupés par la question des risques. Ils expriment une inquiétude particulière concernant leur propre exposition ainsi que celle de leurs biens et de leur communauté. On dirait également qu'elles sont plus sensibilisées aux méthodes de prévention et de protection. Ce groupe de la société s'investit dans des campagnes de bénévolat ou de sensibilisation pour réduire l'exposition. Par exemple et entre autres : elles demandent

l'intervention des autorités pour un caniveau défectueux, elles s'impliquent dans des associations de quartiers qu'elles ont créées...etc.

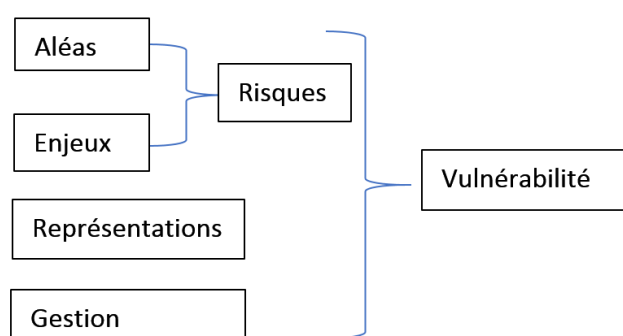
I.2. Présélection des indicateurs potentiels issus des enquêtes :

C'est la seconde étape majeure de notre approche. À cette étape, nous allons exploiter les données collectées lors de la première phase pour établir une première sélection des indicateurs de vulnérabilité. À ce point de la recherche, nous évoquons toujours des indicateurs hypothétiques ou des variables, et non pas des indicateurs établis. Cette

Pour s'y prendre, les éléments constitutifs du système de vulnérabilité sont structurés en quatre parties, à savoir : les risques, les enjeux, les représentations et les gestions (Meur-Ferec et al. 2020). Nous considérons que cette classification est la plus exhaustive de la littérature abordant la vulnérabilité face aux risques. Ainsi, elle prend en compte les deux facettes du risque, c'est-à-dire l'aléa et l'enjeu, et est complétée par deux aspects tout aussi essentiels que les précédents : les perceptions et la gestion. (Schéma 1).

Les deux premiers facteurs sont essentiels pour l'initiation d'une situation à risque. Les deux seconds représentent deux éléments déterminants quant à la sévérité des incidents et à la capacité de résistance des enjeux lors de l'émergence d'une situation à risque, mais également avant et après la période de crise. Ces deux derniers éléments, représentent le côté subjectif de la vulnérabilité.

Schéma II.7.1 – Composants de la vulnérabilité systémique



Source – Conçu par l’auteure, 2025 ; d’après (Meur-Ferec et al. 2020)

Nous commençons par définir les indicateurs potentiels « d'aléas », qui représentent les caractéristiques naturelles du site. Ensuite vient la définition des indicateurs potentiels « d'enjeux » qui représentent toutes les composantes de la ville qui sont susceptibles d'être exposées aux aléas. Après ça viennent les indicateurs potentiels des pressions anthropiques sur le site, qu'elles soient morales ou physiques, et que nous avons classées en deux catégories : les variables de « gestion » et les variables des « représentations ». Les premières concernent le volet politique et institutionnel du site, pendant que les représentations évoquent le volet social, psychologique, démographique et culturel du site.

I.2.1. Les variables d'aléas : la menace du site

Le risque et la vulnérabilité ont pour première composante l'aléa. Cela fait référence aux phénomènes naturels ou créés par l'homme présents sur un lieu géographique, susceptibles de causer des risques. En l'absence de l'aléa, d'origine naturelle ou humaine, aucun risque ou vulnérabilité ne peut avoir lieu.

Les phénomènes d'aléas majeurs associés aux risques hydrologiques terrestres incluent les aléas naturels tels que « l'inondation » et le « glissement humide / érosion de berges », ainsi que les aléas d'origine humaine « sanitaire / biologique » et « environnemental / écologique ».

L'élément d'aléa est celui qui fait l'objet du plus grand nombre d'études parmi les éléments constitutifs de la vulnérabilité, que ce soit à l'échelle locale, nationale ou mondiale. Les indicateurs des aléas hydrologiques foisonnent dans la littérature universelle et locale. Pour identifier les indicateurs potentiels d'aléas, nous avons dû nous limiter à consulter uniquement cette littérature fournie. Donc, la sélection des indicateurs possibles s'appuie sur des déclarations précédentes de différentes études littéraires. Les références sont précisées dans le tableau ci-dessous (tab. 3).

I.2.1.a. L'aléa inondation

Dans les publications scientifiques, l'aléa inondation est le plus étudié parmi les quatre aléas considérés dans le cadre des aléas issus des cours d'eau de surface. La richesse des données et des ressources que nous utilisons facilite la sélection des indicateurs. D'après cette littérature, les thèmes principaux que l'on note sont : « le climat », « la topographie » et « l'hydrologie ». Chaque sujet est constitué de variables qui expliquent ces indicateurs. (Voir le tableau suivant).

I.2.1.b. L'aléa érosion des berges :

Il s'agit du mouvement de la terre qui se produit sur les rives des cours d'eau, sous l'influence de l'eau et d'autres facteurs naturels ou liés à l'homme. Dans notre domaine d'étude, ce sont principalement les glissements qui font l'objet de recherches, et non pas les érosions des rives. Toutefois, tous les glissements de terrain survenus à Béjaïa jusqu'à présent sont de type humide, c'est-à-dire qu'ils sont provoqués par la présence d'eau. Il y a eu des incidents aux alentours des cours d'eau qui traversent la ville ([consultez la figure 10 du chapitre 6 pour plus de détails](#)).

Pour fixer les indicateurs, nous avons pris en compte les thèmes proposés par la littérature, à savoir : « la géologie », « la topographie » et « le climat ». ([Voir le tableau suivant](#)).

I.2.1.c. L'aléa sanitaire :

On considère les aspects suivants : le climat, la biologie et la condition des eaux de surface, qu'elles soient stagnantes ou en mouvement. Le climat est un élément naturel associé à la température des eaux, à l'humidité et au taux de précipitations. Une eau dont la température se situe en dessous de 18 °C est préservée contre la multiplication des anophèles vecteurs du MTH. Selon ([Martens et al. 1995](#)), une température comprise entre 22 °C et 25 °C, associée à un taux d'humidité de 60 %, crée des conditions optimales pour la multiplication de l'insecte vecteur du paludisme. Il faut noter que la température des eaux en milieu urbain n'est pas uniquement dépendante du climat. Elle est également associée aux rejets de liquides qui peuvent fortement l'accroître.

La qualité de l'eau est un élément anthropique lié à l'état des eaux modifiées par la gestion des eaux résiduaires et des déchets en milieu urbain. Le danger de contamination est accru en présence de zones où l'eau est stagnante et polluée.

En termes de facteur biologique, les déplacements des agents biologiques à l'origine du risque sanitaire sont généralement de courte portée, soit 30 mètres ou moins, bien que, pour certaines espèces, ils peuvent s'étendre jusqu'à 100 mètres ([Service 1976](#)). Cela indique que le risque le plus proche géographiquement de la source du danger est celui qui est le plus exposé et vulnérable. C'est pour cela que le thème retenu est « la distance d'une source d'infection ». ([Voir le tableau suivant](#)).

I.2.1.d. L'aléa environnemental (écologique)

Cet aléa n'affecte pas directement le système anthropique de la ville, mais nuit à l'écosystème des cours d'eau.

Plusieurs méthodes sont employées pour étudier la qualité environnementale des rivières. Toutes basées sur le choix d'indicateurs. On compte parmi ces indicateurs : physico-chimiques de l'eau, biologiques, débits des rivières, habitats physiques, ou encore les indicateurs paysagers (Gergel et al. 2002). L'approche basée sur les indicateurs paysagers est actuellement la plus couramment adoptée, du fait de sa capacité à rassembler une multitude d'indicateurs provenant de diverses composantes du système naturel (IDEM). Elle englobe divers sujets tels que : « l'hydrologie », « la morphologie », « la continuité longitudinale du cours d'eau », « la physico-chimie des eaux » et « le climat ».

Néanmoins, et suite à un manque de données actualisées sur la zone d'étude, nous nous sommes limités aux facteurs physico-chimiques des eaux. Ce choix est justifié aussi par le fait que dans le cas de la ville de Bejaia, les rivières ne sont pas directement exploitées, ni pour l'extraction des eaux, ni pour autres exploitations. Le véritable facteur de la dégradation de l'écosystème reste de loin, la pollution, et les interventions physiques d'utilisation des sols. C'est pourquoi, le volet physico-chimique des eaux semble suffisant pour s'informer sur l'état écologique des cours d'eau de surface.

Après adaptation à la zone d'étude, nous avons retenu les indicateurs potentiels qui suit :

Tableau II.7.3 – Les indicateurs d'aléas présélectionnés

Aléa	Dimension	Indicateur potentiels	Source
Inondation	Climat	Précipitations	Hammadi, 2017
	Hydrologie	Submersion marine (houle)	
	Topographie	Pente	
Erosion	Géologie	Lithologie	Morgan, 1986
	Climat	Précipitations	
	Topographie	Pente	
Sanitaire	Climat	Température (°C)	OMS, 2007
		Pluviométrie (mm)	ARMA, 1998
	Biologie	Distance d'une source d'infection	Ye et al., 2007a
Ecologique	Physico-Chimique	Turbidité (NTU)	ONA, 2017
		Température des eaux (°C)	Stewart, 2001
		pH	Hamenni, 2011

Source – Auteure, 2025

I.2.2. Les variables d'enjeux : les variables d'exposition aux aléas

L'enjeu est la deuxième composante principale du risque qui ne se base plus uniquement sur la connaissance de l'aléa (Gleyze et Reghezza 2007). Il constitue également la deuxième composante de la vulnérabilité globale que nous étudions dans ce travail. Les enjeux se réfèrent aux individus, aux espaces naturels et construits, aux infrastructures matérielles, ainsi qu'aux activités et finances susceptibles d'être affectés par un aléa. Les enjeux reflètent les valeurs corporelles, environnementales, économiques et sociales des éléments exposés aux aléas (Meur-Férec et al. 2006).

Ces enjeux ont été sélectionnés suite aux inquiétudes soulevées par les responsables locaux de Bejaia et les entités impliquées dans la gestion et la prévention des risques. Nous avons également rassemblé des préoccupations énoncées dans les documents formels de ces institutions. La liste des enjeux est enrichie par des informations tirées de la littérature scientifique internationale que nous avons étudiée durant notre revue bibliographique.

En utilisant l'ensemble de ces données, nous avons réussi à rassembler tous les facteurs qui pourraient être affectés par l'un des aléas pris en compte. En fonction des circonstances, les enjeux peuvent être de nature humaine, matérielle, structurelle, fonctionnelle, financière, environnementale. Nous avons examiné tous les éléments constitutifs du système urbain, sans omettre aucun de ses aspects. Même les éléments qui peuvent paraître insignifiants dans le champ de la vulnérabilité aux risques, tels que l'aspect paysager. Ces informations sont enrichies par le travail sur le terrain dans les cas où des données manquent, sont de mauvaise qualité ou quand l'échelle doit être adaptée.

Les indicateurs relatifs aux enjeux sont validés à travers des entrevues avec les gestionnaires, comme détaillé dans l'élément « *recherche de données par entretiens* ».

Les enjeux sont différents d'un aléa à un autre, ce qui exige l'étude d'enjeux pour chacun des aléas séparément. (Voir le tableau 4 suivant).

Tableau II.7.4 – Les indicateurs potentiels d'enjeux

Concept	Dimension	Indicateur potentiel	Aléa			
			I	G	S	E
Corporel	Résidents et visiteurs	Personnes résidentes	+	+	+	
		Personnes vulnérables (malades, femmes enceintes, personnes âgées, enfants...etc.)	+	+	+	

		Personnes en transit (dans des voitures et bus ; à l'extérieur des bâtiments)	+	+	
Matériel	Bâtiments	Bâtiments à usage résidentiel	+	+	
		Bâtiments à usage professionnel	+	+	
		Bâtiments à valeur patrimoniale	+	+	
	Infrastructures	Infrastructures de gestion des eaux (stations d'épuration des eaux, de désalinisation des eaux, châteaux d'eau, etc.)	+	+	+
		Infrastructures essentielles touchées : hôpitaux, casernes de pompiers, sièges administratifs	+	+	+
		Ouvrages d'art (ponts, murs de soutènement)	+	+	
	Réseaux	Réseaux d'eau (assainissement et AEP)	+	+	+
		Réseaux de transport (viaire, ferroviaire, aérien, maritime)	+	+	
		Réseaux d'énergies (électricité et gaz, oléoduc et gazoduc)	+	+	
		Réseaux des communications (téléphonie/internet)	+	+	
Economique	Coûts pendant l'aléa	Perte en dynamique économique (capacités de production des usines, taux d'occupation des hôtels, pertes des commerces)	+	+	+
		Coûts de gestion de la crise (interventions, sécurité, soins, ...etc.)	+	+	+
	Coûts avant l'aléa	Coûts de gestion des eaux (curage des cours d'eau, réseau d'assainissement, AEP, ...etc.)	+	+	+
		Coûts de la recherche scientifique	+	+	+
		Coûts de protection, de prévention et de sensibilisation	+	+	+
		Coûts de surveillance et suivi des milieux et des ouvrages	+	+	+
	Coûts après l'aléa	Coûts de réparation des dommages après le risque	+	+	+
		Coûts des assurances (indemnisations)	+	+	+
		Coûts de restauration écologique des milieux naturels (cours d'eau)	+	+	+
Environnemental	Eau	Dégradation hydrologique des cours d'eaux de surface : quantité diminuée, qualité physico-chimique atteinte			+
	Sol	Appauvrissement de la biodiversité des berges : faune et flore infectées			+
Socio-urbain	Socio-urbain	Enjeux d'activités récréatives liées aux rivières (promenade, pêche, baignade)	+	+	+
		Enjeux paysagistes d'esthétique de la ville	+	+	+

NOTES :

- I : inondation, G : Glissement ; S : Sanitaire (Biologique) ; E : Environnemental (écologique) ;
- + = indicateur potentiel retenu pour l'aléa

Source – Auteure, 2025



En circonscrivant les deux éléments précédents des aléas et des enjeux, nous sommes en mesure de déterminer les risques dans la zone d'étude. Pour caractériser la vulnérabilité systémique, il nous faut identifier deux autres composantes, à savoir la gestion et les représentations.

I.2.3. Les variables de gestion : le sous-système politico-administratif et institutionnel

En premier lieu, nous avons réuni environ 150 indicateurs potentiels de gestion des risques, que nous avons recueillis dans la littérature locale et internationale. Après une sélection personnelle et les entretiens avec différents gestionnaires, nous sommes arrivés à réduire le nombre à une quarantaine de variables de gestion adaptées au contexte de la zone d'étude.

Les variables (indicateurs potentiels) sont classées en deux catégories : des mesures de prévention et de remise en état, avant et après l'avènement des aléas, et des mesures d'urgence d'intervention, au moment même de la survenue des aléas. Comme il est observable dans le tableau ci-dessous (tab. 5). Il existe un plus grand nombre de mesures préventives, qui s'appliquent à divers contextes de risque. Les mesures de prévention sont multisectorielles. Elles requièrent un effort constant et structuré dans tous les secteurs et à toutes les échelles. Cela va du législateur à la sensibilisation des personnes au niveau du quartier ou de la parcelle, sans oublier l'engagement des centres de recherche scientifique et des universités dans la formation des gestionnaires. Les mesures d'intervention se résument au déclenchement des plans ORSEC mis en place par les autorités nationales, régionales ou locales.

Tableau II.7.5 – Les indicateurs potentiels de gestion

Concept	Dimension	Indicateur potentiel	Aléa			
			I	G	B	E
Mesures de prévention	Recherche scientifique	Formation continue des gestionnaires des risques (ex : abonnements aux revues scientifiques spécialisées, organisation de séminaires)	+	+	+	+
		Mise à jour les données statistiques et de suivi	+	+	+	+
	Maîtrise de l'urbanisation	Intégration des risques dans les schémas d'urbanisme	+	+	+	+
		Gestion intégrée des déchets	+	+	+	+
		Etat des eaux de surface			+	
		Qualité des eaux de surface			+	
	Sensibilisation aux risques	Sensibilisation des populations via des campagnes de sensibilisation	+	+	+	+
		Enseignement des risques dans les écoles	+	+	+	+
		Exercices réguliers de simulation des risques	+	+	+	+
	Communication, concertation entre acteurs	Mettre en place un service administratif chargé de la coordination permanente entre les acteurs avant la crise	+	+	+	+
		Mettre en place une base de données informatisée à la disposition commune des acteurs	+	+	+	+

Mesures d'urgence et d'intervention	Législation	Protéger légalement les servitudes des cours d'eau	+	+	+	+
		Combattre légalement les rejets sauvages des déchets	+	+	+	+
		Protéger légalement le patrimoine écologique				+
		Protéger légalement le patrimoine archéologique	+	+		
	Alerte à la crise	Mise au point d'un système d'alerte aux populations (textos, diffusion par les médias, sirène, hauts parleurs, ...etc.)	+	+	+	
		Mise au point d'un système d'alerte aux gestionnaires (outils de prévision et de surveillance de niveau des eaux : stations hydrométriques ; SIG ; repères de crues, ...etc.)	+	+	+	+
	Intervention sur la crise	Déclencher les plans ORSEC (des zones sensibles, commune et wilaya)	+	+	+	+
		Mettre en place des plans ORSEC (commune, wilaya) spécifiques à chaque aléa	+	+	+	+
		Actualiser les plans ORSEC	+	+	+	+
		Réunir une main d'œuvre compétente et suffisante (ex : postes de commandement avancés)	+	+	+	+
		Mettre en place des compétences matérielles, adéquates et suffisantes (ex : postes médicaux avancés)	+	+	+	+

NOTES :

- I : inondation, E : Erosion ; B : Sanitaire (Biologique) ; E : Environnemental (Ecologique) ;
- + = indicateur potentiel retenu pour l'aléa

Source – Auteure, 2025

I.2.4. Les variables des représentations : les volets psychologiques et socio-culturels

Jusqu'à récemment, les approches segmentées n'intégraient pas les représentations dans l'évaluation de la vulnérabilité (Glade 2003). Ce concept a été introduit dans la littérature par (Tversky et Kahneman 1974), puis approfondi par divers travaux : (Slovic 1987 ; Van Westen, Van Asch et Soeters 2006 ; Cutter et Finch 2008 ; ... etc.).

Les représentations se définissent par les perceptions des risques liées par les populations usagères des espaces, et aux différents comportements qu'elles expriment vis-à-vis des risques (Quillet et al. 2019). Elles font référence aux connaissances et aux savoirs partagés du sens commun (Moscovici 2015), et évoquent l'image de la représentation que se font les personnes

de leur territoire à un moment déterminé, ou l'opinion que se font les profanes en opposition à l'opinion experte.

Connaitre les représentations sociales est important pour les gestionnaires et les scientifiques intéressés par les risques (Meur-Ferec et al. 2020). Grâce à quoi, ce concept est considéré tout aussi important que l'aléa, les enjeux et la gestion, lorsqu'il s'agit d'évaluer la vulnérabilité d'un site face aux risques. Plus que ça, d'après Brunet (1974), les représentations comptent plus que les autres composantes physiques, car les décisions sont faites en fonction de l'idée qu'on se fait d'une situation et non de la réalité de la situation (Brunet 1974).

Les représentations englobent des éléments psychologiques, sociaux, culturels, de conditions d'existence et de relations avec l'environnement. Ces éléments contribuent à une compréhension approfondie des risques, car ils déterminent ce que (Moser 1998) nomme : « *la vulnérabilité perçue* ». Autrement dit, il s'agit de la conscience individuelle et collective du danger (la culture du risque), des relations que ces communautés établissent avec l'environnement naturel des cours d'eau, des opinions des citoyens concernant les décisions relatives à la gestion des environnements naturels et urbains. Outre les critères standards et universels tels que le niveau d'éducation, les revenus des familles, ... etc.

Identifier les indicateurs des représentations constitue l'étape la plus difficile parmi les quatre aspects de la vulnérabilité considérés. Le défi réside dans le caractère subjectif et immatériel des représentations. Ici, les indicateurs rassemblent des points de vue personnels et des actions individuelles et collectives : sociales et culturelles. Ils sont exclusivement basés sur la pensée, ce qui les fait varier d'une société à l'autre et d'une personne à l'autre.

Tableau II.7.6 – Les indicateurs potentiels des représentations

Concept	Dimension	Indicateur potentiel	Aléa			
			I	G	B	E
Socio-démographie	Relations et dynamiques sociales	Conscience de la qualité de l'environnement				+
		Conscience de la valeur de la présence de la rivière en ville				+
Perception	Connaissance du risque	Expérience passée de l'aléa	+	+	+	+
		Connaissance des moyens d'alerte et d'information	+	+	+	
		Connaissance des consignes de sécurité à suivre	+	+	+	+
	Psychologie	Avoir le sentiment d'être exposé à un risque (Avoir la capacité à imaginer que le danger puisse avoir lieu)	+	+	+	+

Organisation et pratiques	Organisation	Distance d'une source de danger (dans ce cas, la source de danger est le cours d'eau). Pour les MTH, la source de danger n'est pas forcément un cours d'eau, mais présence d'eau stagnante à la surface, présence de sites pollués.	+	+	+
		Distance d'une infrastructure essentielle (centre de soins, caserne de pompiers)	+	+	+
	Pratiques individuels d'hygiène et de santé	Caractéristiques de l'habitat (Rehaussement du premier planché des immeubles, adaptation des ouvertures, mise hors l'eau des installations électriques, barrières anti-inondations au niveau des portes, pompage, ...etc.)	+	+	+
		Bons comportements en matière de gestion des déchets ménagers	+		+
		Bonne utilisation de l'espace (respect des servitudes des cours d'eau)	+	+	+
	Pratiques collectives	Typologie du tissu	+	+	+
		Occupation du sol	+	+	+
		Densité des habitants	+	+	+
		Densité du bâti	+	+	+

NOTE :

- *I* : inondation, *E* : Erosion ; *B* : Sanitaire (Biologique) ; *E* : Environnemental ;
- + = indicateur potentiel retenu pour l'aléa

Source – Auteure, 2025

✚ L'identification des variables constituant un système peut parfois se heurter à une ampleur excessive en termes de nombre de variables (Loriaux 1994). Cela pourrait réduire la pertinence et la clarté attendues de l'étude en utilisant les indicateurs. Afin d'éviter ce désagrément, il est indispensable de se restreindre à un nombre limité de variables, d'où les démarches qui suivent.

II.

DESIGNATION ET HIERARCHISATION DES GRILLES D'INDICATEURS :

DESCRIPTION DE LA VULNERABILITE GLOBALE

Cette phase offre la possibilité d'effectuer de nouveaux tris sur les indicateurs potentiels et de procéder à de nouveaux traitements sur ces derniers. Nous allons systématiquement adopter une approche basée sur l'enquête qualitative et quantitative, dont les atouts et les points faibles ont été détaillés dans la section précédente.

Des méthodes statistiques sont appliquées aux données pour réduire leur nature initialement subjective. L'aspect subjectif étant un élément majeur des études par le biais d'entretiens ou de questionnaires, il est néanmoins essentiel ici d'intégrer la subjectivité. Ce travail vise à collecter les points de vue des acteurs urbains, qu'ils soient experts ou profanes, dans les deux aspects de la vulnérabilité : les représentations et les gestions. C'est précisément ces deux aspects qui reposent sur des jugements subjectifs, à l'inverse des facteurs d'aléas et d'enjeux.

II.1. Les indicateurs d'aléas et des enjeux : des données préexistantes à exploiter

La première sélection basée sur les publications scientifiques pour les aléas, ainsi que sur les publications scientifiques, la documentation officielle et les interviews pour les enjeux, est optimale pour la détermination des grilles d'indicateurs de ces deux aspects.

Ces deux dimensions d'indicateurs ne nécessitent pas des traitements supplémentaires à cause du fait que ces derniers sont déjà existants et déjà utilisés sur le terrain d'étude ou d'autres terrains, où leur performance a été confirmé. D'autre part, la constance dans le temps de ces indicateurs de la vulnérabilité font qu'il n'y a aucun intérêt à modifier ces grilles.

Par exemple : les précipitations ont toujours été un des indicateurs clés des inondations, que ce soit dans la zone d'étude ou ailleurs. Cela ne peut pas se modifier au fil du temps, sauf en cas de phénomènes climatiques extrêmes, ce qui n'est pas la situation actuelle. L'enjeu corporel est un aspect évident et constant qui ne peut changer avec le temps. L'exposition aux risques représente un enjeu crucial pour l'homme. Il s'agit du premier indicateur des enjeux qui fait l'objet d'étude.

Dans ces conditions, les tableaux 3 et 4 de ce chapitre contiennent les grilles d'indicateurs performants pour les aléas et les enjeux. (Voir : [Tableau 3](#) ; [Tableau 4](#)).

II.2. Les indicateurs de gestion et des représentations : des données absentes à créer

Ces deux critères nécessitent des traitements supplémentaires à cause de l'absence de données antérieures dans ce sens sur la zone d'étude. En fait, ce travail est le premier à s'intéresser aux dimensions de la gestion et des représentations pour évaluer la vulnérabilité aux risques dans la zone d'étude.

Dans ce contexte, le traitement des informations continue avec une troisième phase du processus qui implique une nouvelle sélection des indicateurs. Cette phase consiste à trier les variables les plus pertinentes de celles qui ne le sont pas. Ainsi, la démarche adoptée à ce stade inclut également la technique des entretiens directs avec des responsables municipaux. En d'autres termes, nous avons réinterrogé les mêmes gestionnaires pour effectuer une autre sélection des indicateurs.

Dans le but d'atteindre une sélection efficace d'indicateurs, c'est-à-dire de passer d'indicateurs potentiels vers des indicateurs finaux utilisables et qui reflètent la vulnérabilité de la gestion et des représentations. Pour ce faire, nous avons sollicité de nouveau les gestionnaires qui avaient été consultés lors de la phase précédente, afin qu'ils nous partagent leur point de vue sur « la faisabilité » et sur « l'utilité » de chacune des variables. Par la suite, seuls les indicateurs qui satisfont aux critères de faisabilité et d'utilité sont sélectionnés.

Le travail sera réalisé en se basant sur les grilles d'indicateurs potentiels sélectionnées dans les tableaux (tab. 5) et (tab. 6) de ce chapitre. Nous avons soumis ces deux tableaux aux administrateurs, leur demandant de choisir les indicateurs qu'ils estiment utiles et faisables. Cette démarche vise à réduire le nombre d'indicateurs potentiels, en ne conservant que ceux considérés comme réalisables et pertinents par les gestionnaires.

 La méthode est exposée dans les items qui suivent :

II.2.1. Vérification de la faisabilité des indicateurs potentiels

L'approche prévoit de présenter aux gestionnaires les deux tableaux d'indicateurs liés aux représentations et à la gestion, puis de leur demander d'indiquer si chaque indicateur est

considéré comme « réalisable », « non réalisable » ou « moyennement réalisable » selon leur point de vue.

Chaque gestionnaire est interviewé individuellement, dans son lieu de travail, pour une durée d'environ une à deux heures. Il arrive que l'entretien ne soit pas conclu en une seule session, c'est pourquoi une autre réunion est planifiée afin de finaliser le travail. Dans certaines situations, nous avons simplement décrit la tâche requise aux gestionnaires et les avons laissés remplir le questionnaire sans notre présence.

L'indicateur potentiel est faisable lorsqu'il peut être implémenté, que ce soit au niveau des individus ou des processus organisationnels, et à différentes échelles. Pour juger de la faisabilité des indicateurs, nous examinerons leur « niveau de technicité », le « temps et les ressources financières requises pour leur élaboration » (Quillet et al. 2019), en plus de la « disponibilité et la fiabilité des données » relatives à la variable.

Lorsque les données sont disponibles et de bonne qualité, le degré de technicité, le coût financier et le temps requis à l'application de l'indicateur potentiel sont moindres ; alors il serait facilement faisable, donc à retenir. Mais quand les données sont indisponibles ou de qualité médiocre, les compétences techniques, le coût financier et le temps nécessaires à sa mise sur pied sont conséquents ; alors l'indicateur potentiel est difficilement faisable, voire infaisable, donc à abandonner.

Pour mettre en œuvre la méthode, nous avons assigné un score à chaque indicateur, allant de « 1 à 3 ». Si le gestionnaire attribue le score « 1 » au facteur de faisabilité, cela indique qu'il considère la variable comme « non faisable ». Le score « 2 » signifie que le gestionnaire estime la variable comme étant « en réserve », c'est-à-dire potentiellement réalisable avec des défis techniques ou liés aux données, au temps et aux ressources financières. Le score « 3 » indique que la variable est perçue comme étant « faisable ».

Pour chacun des indicateurs, le gestionnaire note les quatre facteurs de la faisabilité (Tab.7).

Tableau II.7.7 – Facteurs de la faisabilité

		Difficulté		
Disponibilité des données		Elevée	Moyenne	Faible
		1 (non faisable)	2 (en réserve)	3 (faisable)

Degré de technicité	1 (non faisable)	2 (en réserve)	3 (faisable)
Temps nécessaire	1 (non faisable)	2 (en réserve)	3 (faisable)
Moyens financiers	1 (non faisable)	2 (en réserve)	3 (faisable)

Source – Auteure, 2025

II.2.1.a. La faisabilité des indicateurs de la gestion selon l'évaluation individuelle de chaque gestionnaire :

La faisabilité de chaque indicateur est déterminée en faisant la somme des points notés sur chaque facteur. Il est à noter que, dans le contexte de notre recherche, nous disposons de quatre facteurs.

$$\text{Faisabilité}_{\text{répondant}_x} = \frac{1}{4} [\text{Tech}_{\text{répondant}_x} + \text{Fnc}_{\text{répondant}_x} + \text{Tmp}_{\text{répondant}_x} + \text{Don}_{\text{répondant}_x}] \dots (\text{II.7.1.})$$

Avec :

Tech = Degré de technicité ;

Tmp = Temps nécessaire à la réalisation ;

Fnc = Moyens financiers indispensables à la réalisation ;

Don = Disponibilité et qualité des données.

Suite aux calculs, nous obtenons trois intervalles représentant respectivement la moyenne des valeurs de réponses de chaque gestionnaire concernant chaque indicateur. Les résultats peuvent fluctuer entre :

- Indicateurs dont la moyenne est « =1 » et « ≤1,50 », sont considérés comme « non faisables » ;
- Indicateurs dont la moyenne des notes est entre « >1,50 » et « ≤2 », sont qualifiés « en réserve » ;
- Indicateurs ayant une moyenne de « >2 » à « =3 » sont considérés comme « faisables ».

Tableau II.7.8 – Exemple des réponses données par un des répondants

Indicateur potentiel	Don	Tech	Tmp	Fnc	Faisabilité
Formation continue des gestionnaires des risques (ex : abonnements aux revues scientifiques spécialisées, organisation de séminaires)	3	3	2	3	2,75
Mettre à jour les données statistiques et de suivi	2	3	2	3	2,5

Intégrer les risques dans les schémas d'urbanisme	2	2	2	3	2,25
Gestion intégrée des déchets	3	3	3	3	3
Information de la population via des campagnes de sensibilisation	2	2	2	2	2
Enseignement des risques dans les écoles	2	2	2	2	2
Exercices réguliers de simulation des risques	2	2	2	2	2
Mettre en place un service administratif chargé de la coordination permanente entre les acteurs avant la crise	2	2	2	3	2,25
Mettre en place une base de données informatisée à la disposition commune des acteurs	3	3	3	3	3
Protéger légalement les servitudes des cours d'eau	3	3	3	3	3
Combattre légalement les rejets sauvages des déchets	2	2	2	3	2,25
Protéger légalement le patrimoine écologique	2	2	2	3	2,25
Protéger légalement le patrimoine archéologique	2	2	2	3	2,25
Mise au point d'un système d'alerte aux populations (textos, diffusion par les médias, sirène, hauts parleurs, ...etc.)	2	2	2	2	2
Mise au point d'un système d'alerte aux gestionnaires (outils de prévision et de surveillance de niveau des eaux : stations hydrométriques ; SIG ; repères de crues, ...etc.)	3	3	3	3	3
Déclencher les plans ORSEC (des zones sensibles, commune et wilaya)	3	3	3	3	3
Mettre en place des plans ORSEC (commune, wilaya) spécifiques à chaque aléa	2	2	2	2	2
Actualiser les plans ORSEC	2	2	2	3	2,25
Réunir une main d'œuvre compétente et suffisante (ex : postes de commandement avancés)	2	2	2	3	2,25
Mettre en place des compétences matérielles, adéquates et suffisantes (ex : postes médicaux avancés)	2	2	2	3	2,25

Source – Auteure, 2025

II.2.1.b. La faisabilité des indicateurs de gestion selon l'évaluation combinée des gestionnaires : la faisabilité totale

Une fois que nous avons établi la faisabilité individuelle des indicateurs, nous avons entrepris d'examiner leur faisabilité globale, c'est-à-dire pour tous les répondants regroupés. Pour ce faire, nous avons consolidé les résultats obtenus par l'ensemble des gestionnaires en utilisant une autre équation de calcul, qui partage le même principe que la première :

$$\text{Faisabilité} = \frac{1}{10} [\text{faisabilité}_{\text{répondant1}} + \text{faisabilité}_{\text{répondant2}} + \dots + \text{faisabilité}_{\text{répondant10}}] \dots (\text{II.7.2.})$$

En appliquant la formule précédente pour calculer la moyenne des réponses combinées, nous obtenons une gamme de résultats allant de « 1 » à moins de « 3 ». Comme nous travaillons

avec des moyennes, nous avons gardé les mêmes intervalles pris en compte dans la définition des classes de la faisabilité individuelle :

- De « >2 » à « =3 » : l'indicateur est faisable ;
- De « >1,50 » à « ≤2 » : l'indicateur est en réserve ;
- De « =1 » à « ≤1,50 » : l'indicateur est non faisable.

Tableau II.7.9 – Faisabilité totale des indicateurs de la gestion

Indicateur	Ind1	Ind2	Ind3	Ind4	Ind5	Ind6	Ind7	Ind8	Ind9	Ind10	Ind11	Ind12	Ind13	Ind14	Ind15	Ind16	Ind17	Ind18	Ind19	Ind20
F.T.	2,13	2,00	1,96	2,42	1,92	1,83	1,50	2,24	2,25	2,17	2,13	1,83	1,25	2,05	2,21	2,58	2,38	2,38	2,25	2,28

Source – Auteure, 2025

Les gestionnaires ont validé la faisabilité de tous les indicateurs suggérés. À l'exception de deux cas : l'indicateur « exercices réguliers de simulation des risques » et l'indicateur « protéger légalement le patrimoine archéologique » sont déclinés.

II.2.1.c. La faisabilité des indicateurs des représentations

Pour les indicateurs des représentations sociales, l'évaluation de la faisabilité est basée sur l'évaluation du seul facteur de la « disponibilité des données ». L'évaluation de la faisabilité se fait comme exposé dans le tableau 10 qui suit :

Tableau II.7.10 – Facteurs de la faisabilité des indicateurs des représentations

Disponibilité des données		
1	2	3
Non faisable	Discutable (en réserve)	Faisable

Source – Auteure, 2025

$$\text{Faisabilité}_{\text{Ind}} = \text{Don}_{\text{Ind}} \dots (\text{II.7.3}).$$

Ceci revient au fait que les indicateurs sociaux ; psychologiques et comportementaux ne peuvent être mesurés techniquement et financièrement et ne peuvent être cernés dans le temps.

Tableau II.7.11 – Exemple des réponses données par un des répondants

Indicateur potentiel	Données	Faisabilité
Conscience de la qualité de l'environnement	2	2
Conscience de la valeur de la présence de la rivière en ville	2	2
Expérience passée de l'aléa	2	2
Connaissance des moyens d'alerte et d'information	2	2
Connaissance des consignes de sécurité à suivre	3	3
Avoir le sentiment d'être exposé à un risque (Avoir la capacité à imaginer que le danger puisse avoir lieu)	3	3
Distance d'une source de danger (dans ce cas, la source de danger est le cours d'eau). Pour les MTH, la source de danger n'est pas forcément un cours d'eau, mais présence d'eau stagnante à la surface, présence de sites pollués	2	2
Distance d'une infrastructure essentielle : centre de soins, caserne de pompiers	2	2
Caractéristiques de l'habitat (Rehaussement du premier planché des immeubles, adaptation des ouvertures, mise hors l'eau des installations électriques, barrières anti-inondations au niveau des portes, pompage, ...etc.)	2	2
Bonne gestion des déchets ménagers	3	3
Bonne utilisation de l'espace (respect des servitudes des cours d'eau)	3	3
Typologie du tissu	2	2
Occupation du sol	2	2
Densité des habitants	3	3
Densité du bâti	3	3

Source – Auteure, 2025

La faisabilité totale est calculée de la même manière que pour les indicateurs de la gestion.

$$\text{Faisabilité} = \frac{1}{10} [\text{faisabilité}_{\text{répondant1}} + \text{faisabilité}_{\text{répondant2}} + \dots + \text{faisabilité}_{\text{répondant10}}] \dots (\text{II.7.4.})$$

On obtient les résultats synthétisés dans le tableau qui suit :

Tableau II.7.12 – Faisabilité totale des indicateurs des représentations

Indicateur	Ind ₁	Ind ₂	Ind ₃	Ind ₄	Ind ₅	Ind ₆	Ind ₇	Ind ₈	Ind ₉	Ind ₁₀	Ind ₁₁	Ind ₁₂	Ind ₁₃	Ind ₁₄	Ind ₁₅	Ind ₁₆
F.T.	1,83	1,67	2,17	1,83	2,40	2,20	2,17	2,33	2,00	2,20	2,20	1,60	2,00	2,20	2,40	2,80

Source – Auteure, 2025

II.2.2. Vérification de l'utilité des indicateurs

En ce qui concerne l'utilité, elle est jugée en attribuant une étiquette « *utile* », « *moyennement utile* » ou « *non utile* » à chacune des variables présélectionnées comme

faisables. L'indicateur faisable est considéré comme utile lorsqu'il est essentiel pour l'évaluation de la vulnérabilité « noté : 3 ». Lorsqu'il est intéressant sans être indispensable, l'indicateur est qualifié de discutable « noté : 2 ». L'indicateur est « noté : 1 » s'il ne répond pas aux attentes des gestionnaires en termes d'évaluation de la vulnérabilité aux risques (Quillet et al. 2019), le rendant ainsi inutile. On retient les indicateurs utiles, on écarte ceux qui ne le sont pas, et on considère avec réserve ceux dont l'utilité est faible ou contestable.

Tableau II.7.13 – Facteurs d'évaluation de l'utilité

Utilité		
1	2	3
Non utile	Discutable (en réserve)	Utile

Source – Auteure, 2025

Dans ce contexte, l'appréciation de chaque gestionnaire est directement obtenue à partir des réponses, sans nécessiter des traitements additionnels.

Par ailleurs, et à l'instar de l'évaluation de la faisabilité, l'utilité globale des indicateurs selon tous les répondants a été vérifiée en calculant la moyenne des valeurs des réponses données par tous les répondants selon l'équation suivante :

$$\text{Utilité} = \frac{1}{10} [\text{Utilité}_{\text{répondant1}} + \text{Utilité}_{\text{répondant2}} + \dots + \text{Utilité}_{\text{répondant10}}] \dots (\text{II.7.5.})$$

Dans ce contexte également, nous avons identifié trois catégories possibles :

- L'indicateur est « utile » lorsque la moyenne est entre : « >2 » à « =3 » ;
- L'indicateur est « en réserve » lorsque la moyenne est entre : « >1,50 » à « ≤2 » ;
- L'indicateur est « non utile » dans le cas où la valeur de la moyenne est entre : « =1 » à « ≤1,50 ».

Les résultats obtenus sont synthétisés dans les deux tableaux suivants :

Tableau II.7.14 – Utilité totale des indicateurs de gestion

Ind.	Ind ₁	Ind ₂	Ind ₃	Ind ₄	Ind ₅	Ind ₆	Ind ₇	Ind ₈	Ind ₉	Ind ₁₀	Ind ₁₁	Ind ₁₂	Ind ₁₃	Ind ₁₄	Ind ₁₅	Ind ₁₆	Ind ₁₇	Ind ₁₈
U.T.	2,33	2,67	2,67	3,00	2,50	2,83	2,83	2,83	2,50	2,50	2,67	3,00	2,33	3,00	2,83	2,83	2,83	3,00

Source – Auteure, 2025

Tableau II.7.15 – Utilité totale des indicateurs des représentations

Indicat	Ind ₁	Ind ₂	Ind ₃	Ind ₄	Ind ₅	Ind ₆	Ind ₇	Ind ₈	Ind ₉	Ind ₁₀	Ind ₁₁	Ind ₁₂	Ind ₁₃	Ind ₁₄	Ind ₁₅	Ind ₁₆
U.T.	2,83	2,67	2,67	2,83	2,83	2,33	2,67	2,83	2,83	2,83	3,00	2,80	2,80	2,80	2,40	2,80

Source – Auteure, 2025

✚ Il est essentiel de consulter les gestionnaires pour confirmer la sélection des indicateurs à utiliser, mais cette démarche s'est révélée être une simple formalité, puisqu'il n'y avait pas de grande différence entre leurs choix et ceux que nous avons déjà sélectionnés lors de la première présélection. Cela confère une plus grande crédibilité aux indicateurs que nous avons sélectionnés précédemment. D'où l'importance du travail de recherche mené.

Cependant, les gestionnaires ont tout de même suggéré des variables spécifiques à la zone d'étude qui n'étaient pas nécessairement abordées dans la littérature, ou bien ils ont modifié certaines autres. Cependant, si l'offre n'est pas présentée par tous ou par la plupart des gestionnaires, nous ne l'avons pas considérée.

II.2.3. Vérification de la qualité de la méthode : les traitements statistiques

Cette phase est totalement indépendante des points de vue des personnes interrogées par le biais de questionnaires ou d'entretiens. Elle marque une rupture avec la subjectivité des méthodes employées jusqu'à présent. Elle repose entièrement sur des règles logiques qui seront mises à profit pour évaluer la rigueur méthodologique et les résultats obtenus ce qui conférera une valeur scientifique aux conclusions tirées.

II.2.3.a. Fiabilité et pertinence des indicateurs

Tester la dispersion des réponses lors du calcul de la faisabilité et de l'utilité des indicateurs

Afin de vérifier la répartition des évaluations fournies par les gestionnaires, nous procéderons au calcul de la variance des moyennes obtenues lors de l'application des formules. (II.7.1., II.7.2 et II.7.3.). Nous utilisons la formule de la variance suivante :

$$V = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2 \quad \dots(\text{II.7.6.})$$

Avec :

V : Variance ; n : nombre des réponses ; x : numéro du répondant ; $\bar{x}$: moyenne arithmétique

Les indicateurs présentant des écarts réduits en termes de faisabilité et d'utilité sont jugés significatifs et apportent une contribution importante à l'étude. Selon les résultats, il est possible de modifier les indicateurs afin d'améliorer leur pertinence et/ou leur facilité de mesure.

Faisabilité :

Tableau II.7.16 – Faisabilité totale des indicateurs de la gestion

Ind.	Ind1	Ind2	Ind3	Ind4	Ind5	Ind6	Ind7	Ind8	Ind9	Ind10	Ind11	Ind12	Ind13	Ind14	Ind15	Ind16	Ind17	Ind18
V.	0,34	0,38	0,47	0,27	0,13	0,17	0,12	0,40	0,29	0,16	0,42	0,08	0,29	0,25	0,27	0,29	0,34	0,16

Source – Auteure, 2025

Tableau II.7.17 – Faisabilité totale des indicateurs des représentations

Ind.	Ind ₁	Ind ₂	Ind ₃	Ind ₄	Ind ₅	Ind ₆	Ind ₇	Ind ₈	Ind ₉	Ind ₁₀	Ind ₁₁	Ind ₁₂	Ind ₁₃	Ind ₁₄	Ind ₁₅	Ind ₁₆
V.	0,17	0,27	0,57	0,57	0,30	0,70	0,17	0,27	0,40	0,70	0,70	0,30	0,50	0,20	0,80	0,20

Source – Auteure, 2025

Utilité

Tableau II.7.18 – Utilité totale des indicateurs de gestion

Indi.	Ind ₁	Ind ₂	Ind ₃	Ind ₄	Ind ₅	Ind ₆	Ind ₇	Ind ₈	Ind ₉	Ind ₁₀	Ind ₁₁	Ind ₁₂	Ind ₁₃	Ind ₁₄	Ind ₁₅	Ind ₁₆	Ind ₁₇	Ind ₁₈
V.	0,67	0,27	0,27	0,00	0,30	0,17	0,17	0,17	0,70	0,70	0,67	0,27	0,67	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00

Source – Auteure, 2025

Tableau II.7.19 – Utilité totale des indicateurs des représentations

Ind.	Ind ₁	Ind ₂	Ind ₃	Ind ₄	Ind ₅	Ind ₆	Ind ₇	Ind ₈	Ind ₉	Ind ₁₀	Ind ₁₁	Ind ₁₂	Ind ₁₃	Ind ₁₄	Ind ₁₅	Ind ₁₆
V.	0,17	0,27	0,27	0,17	0,17	0,67	0,27	0,17	0,17	0,17	0,00	0,20	0,20	0,20	0,80	0,20

Source – Auteure, 2025

II.2.3.b. Vérifier la cohérence interne des indicateurs faisables et utiles

Vérifier la cohérence interne entre les réponses données aux questions par chacun des gestionnaires. Nous allons utiliser le coefficient *Alpha de Cronbach* (Cronbach 1951), ce en appliquant la formule suivante :

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_{Y_i}^2}{\sigma_X^2} \right) \dots (II.7.7.)$$

Avec :

k = le nombre d'items (acteurs questionnés) ; σ_X^2 = la variance du score total ; σ_Y^2 = la variance de l'item i .

Un score élevé ($\alpha > 0.7$) indique une solide cohérence interne. Ceci indique que les réponses sont consistantes et que les questions sont fiables. Inversement, une faible valeur peut signaler des problèmes de validité interne.

Faisabilité :

Tableau II.7.20 – Fiabilité des réponses sur la faisabilité des indicateurs de gestion

Indicateurs de gestion				
Facteur	Disponibilité des données	Degré de technicité	Temps	Finances
<i>Alpha de Cronbach</i>	0.97	0.68	0.83	0.79
Indicateurs des représentations				
Facteur	Disponibilité des données			
<i>Alpha de Cronbach</i>	0.98			

Source – Auteure, 2025

Les résultats du calcul de l'Alpha de Cronbach témoignent d'une fiabilité de la méthode de la sélection des indicateurs faisables.

Utilité :

Tableau II.7.21 – Fiabilité des résultats de l'utilité

Facteur	Indicateurs de gestion	Indicateurs des représentations
Alpha de Cronbach	0.92	0.89

Source – Auteure, 2025

Les résultats du calcul de l'Alpha de Cronbach témoignent d'une fiabilité de la méthode de la sélection des indicateurs utiles.

II.2.3.c. Vérification de la performance des résultats : les grilles d'indicateurs performants

Depuis les années 1980, de nombreux auteurs dans divers domaines ont défini la performance. Son interprétation est tributaire de l'objectif poursuivi, du point de vue d'analyse sélectionné ainsi que du domaine d'intérêt de son utilisateur (Issor 2017). Selon Bourguignon (2000), elle correspond à l'accomplissement des buts organisationnels, indépendamment de la nature et de la diversité de ces derniers (Bourguignon 2000). Selon Gosselin et Murphy (1994), la performance peut être définie de plusieurs façons en fonction du contexte et du domaine concerné (Gosselin et Murphy 1994). Dans ce contexte, la performance est l'instrument d'évaluation de l'adaptabilité et de l'efficacité des indicateurs dans le contexte du terrain de recherche.

Lors de la dernière sélection des indicateurs, les indicateurs faisables et utiles sont soumis à une évaluation de performance. La performance est évaluée à l'aide d'un tableau proposé par (Quillet et al. 2019). Ce dernier combine les deux critères de faisabilité et d'utilité afin de vérifier leur performance.

Nous avons réussi à établir la performance de chaque indicateur. Les indicateurs performants sont ceux à prendre en compte pour apprécier la vulnérabilité de la ville de Béjaïa face aux risques hydrologiques terrestres.

Initialement, nous intégrons les indicateurs choisis dans les tableaux, après avoir confirmé leur viabilité et pertinence. Par la suite, nous appliquons le tableau modifié de (Quillet et al. 2019) pour finalement choisir uniquement les indicateurs performants.

Tableau II.7.22 – Evaluation de la performance des indicateurs faisables et utiles

		Utilité (pour les gestionnaires uniquement)		
		Non utile	Discutable	Utile
Faisabilité	Faisable	Abandonné	Modifié	Conservé
	Discutable	Abandonné	Modifié	Conservé
	Infaisable	Abandonné	En réserve	En réserve

Source – D’après (Quillet et al. 2019) ; adapté par l’auteure, 2025

Tout comme pour les précédentes phases de présélection, les indicateurs d'aléas et ceux des enjeux, qui existent déjà car validés dans d'autres recherches, ne nécessitent pas de contrôle de performance. C'est pourquoi nous allons directement passer aux indicateurs des représentations et à ceux de la gestion.

Les tableaux ci-après résument cette phase de choix des grilles d'indicateurs efficaces pour évaluer la vulnérabilité aux risques hydrologiques terrestres à Béjaïa. Ces grilles d'indicateurs récentes constituent l'énumération définitive des indicateurs à employer dans les chapitres suivants de cette étude. En même temps, chacune des grilles fournit des thèmes synthétiques de la vulnérabilité, qui feront l'objet de traitements dans la suite du travail, lors de l'étape de l'évaluation qui sera effectuée dans le chapitre qui suit.

Tableau II.7.23 – Evaluation de la performance des indicateurs de gestion

Indicateur	F.	U.	Performance
Formation continue des gestionnaires des risques (ex : abonnements aux revues scientifiques spécialisées, organisation de séminaires)	3	3	A conserver
Mettre à jour les données statistiques et de suivi	2	3	A conserver
Intégrer les risques dans les schémas d'urbanisme	2	3	A conserver
Gestion intégrée des déchets	3	3	A conserver
Information de la population via des campagnes de sensibilisation	2	2	A modifier
Enseignement des risques dans les écoles	2	3	A conserver
Mettre en place un service administratif chargé de la coordination permanente entre les acteurs avant la crise	2	3	A conserver
Mettre en place une base de données informatisée à la disposition commune des acteurs	3	3	A conserver
Protéger légalement les servitudes des cours d'eau	2	3	A conserver
Combattre légalement les rejets sauvages des déchets	2	3	A conserver
Protéger légalement le patrimoine écologique	2	3	A conserver
Mise au point d'un système d'alerte aux populations (textos, diffusion par les médias, sirène, hauts parleurs, ...etc.)	2	3	A conserver

Mise au point d'un système d'alerte aux gestionnaires (outils de prévision et de surveillance de niveau des eaux : stations hydrométriques ; SIG ; repères de crues, ...etc.)	3	3	A conserver
Déclencher les plans ORSEC (des zones sensibles, commune et wilaya)	3	3	A conserver
Mettre en place des plans ORSEC (commune, wilaya) spécifiques à chaque aléa	3	3	A conserver
Actualiser les plans ORSEC	3	3	A conserver
Réunir une main d'œuvre compétente et suffisante (ex : postes de commandement avancés)	3	3	A conserver
Mettre en place des compétences matérielles, adéquates et suffisantes (ex : postes médicaux avancés)	3	3	A conserver

Source – Auteure, 2025

Tableau II.7.18 – Evaluation de la performance des indicateurs des représentations

Indicateur	F.	U.	Performance
Conscience de la qualité de l'environnement	2	3	A conserver
Conscience de la valeur de la présence de la rivière en ville	2	3	A conserver
Expérience passée de l'aléa	2	3	A conserver
Connaissance des moyens d'alerte et d'information	2	3	A conserver
Connaissance des consignes de sécurité à suivre	2	3	A conserver
Avoir le sentiment d'être exposé à un risque (Avoir la capacité à imaginer que le danger puisse avoir lieu)	2	3	A conserver
Distance d'une source de danger (dans ce cas, la source de danger est le cours d'eau). Pour les MTH, la source de danger n'est pas forcément un cours d'eau, mais présence d'eau stagnante à la surface, présence de sites pollués	2	2	En réserve
Distance d'une infrastructure essentielle (centre de soins, caserne de pompiers)	2	2	En réserve
Caractéristiques de l'habitat (Rehaussement du premier planché des immeubles, adaptation des ouvertures, mise hors l'eau des installations électriques, barrières anti-inondations au niveau des portes, pompage, ...etc.)	2	3	A conserver
Bonne gestion des déchets ménagers	3	3	A conserver
Bonne utilisation de l'espace (respect des servitudes des cours d'eau)	3	3	A conserver
Typologie du tissu	2	3	A conserver
Occupation du sol	2	3	A conserver
Densité des habitants	2	3	A conserver
Densité du bâti	3	3	A conserver

Source – Auteure, 2025

Note : F. = Faisabilité ; U. = Utilité

A ce stade, nous arriverons à définir les « *variables performantes* », ou les : « *indicateurs* » de la vulnérabilité aux risques hydrologiques terrestres dans la ville de Bejaia.

- ✚ Leur nombre est réduit au maximum, ce qui peut servir dans leur éventuelle intégration dans un outil opérationnel d'aide à la prise de décision ([Quillet et al. 2019](#)).

Conclusion du chapitre

L'identification des éléments constitutifs du phénomène à étudier nous a conduit à analyser quatre composantes distinctes. Cela concerne principalement l'espace naturel physique dans la zone urbaine, qui pour les besoins de cette étude se limite aux cours d'eau en surface. Puis vient l'espace urbain physique, comprenant tout ce qu'il contient en termes de structure construite et non construite, avec toute la complexité et les contradictions associées à l'usage de l'espace. Et pour finir, les troisième et quatrième, composantes qui illustrent les dimensions humaines et socio-psychologiques des résidents, ainsi que les actions politiques, institutionnelles, juridiques et administratives des décideurs.

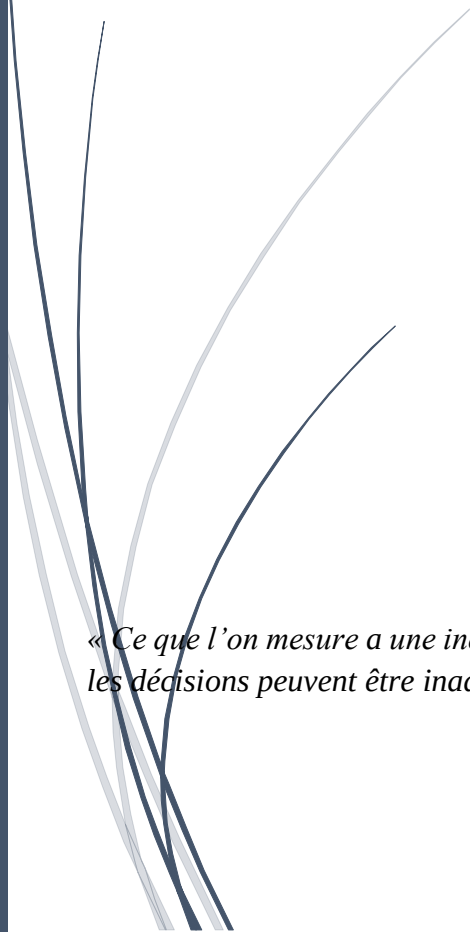
Nous avons choisi une méthode par indicateurs pour approcher ces éléments composants du phénomène de la vulnérabilité. Étant donné que ces indicateurs n'existaient pas jusqu'à présent, nous les avons élaborés en utilisant diverses techniques, y compris des entretiens avec des spécialistes et des questionnaires destinés aux profanes. Grâce à ce travail, nous avons réussi à créer des données qui n'existaient pas précédemment. Comme nous avons vérifié, actualisé et amélioré d'autres.

Les gestionnaires et les populations en interaction constante avec les risques sont les plus qualifiés pour établir les grilles d'indicateurs souhaitées. Faire appel à l'opinion des gestionnaires et des habitants permet de déterminer les divergences et les concordances de leurs points de vue sur les indicateurs pertinents pour chacun d'eux, en fonction de leurs orientations, leurs domaines d'intervention et leurs objectifs opérationnels. Ces approches sont particulièrement appropriées pour cibler en priorité les gestionnaires et les profanes, qui peuvent les utiliser comme moyen d'information ou comme instrument d'aide à la prise de décision.

À ce stade de l'élaboration des grilles d'indicateurs performants de la vulnérabilité, le travail est encore perçu comme descriptif plutôt qu'évaluatif (Barroca, Pottier et Lefort 2005). L'évaluation proprement dite débutera dans le chapitre suivant. Cependant, cette première phase consistant à renseigner les indicateurs performants de la vulnérabilité demeure la plus cruciale dans ce travail, car elle constitue la base des données sur lesquelles reposeront les travaux ultérieurs.

CHAPITRE 8.

Grilles d'indicateurs : des indicateurs non mesurables aux indicateurs mesurables

Several thin, curved lines in shades of blue and grey sweep upwards from the bottom left corner of the page.

« Ce que l'on mesure a une incidence sur ce que l'on fait ; or, si les mesures sont défectueuses, les décisions peuvent être inadaptées »

Stiglitz et al., 2008

Introduction du chapitre

Si le chapitre précédent a fait objet de description des « *indicateurs de la vulnérabilité globale* », le présent chapitre sera consacré à l'évaluation de ces derniers. Par évaluation, nous faisons référence à toutes les méthodes qui permettront de transformer la nature qualitative ou semi-qualitative des indicateurs en valeurs quantifiables et mesurables.

Ce chapitre s'appuiera sur les résultats des données recueillies dans le chapitre précédent en tant qu'input pour produire d'autres données (output), suite à un traitement approprié par le biais de techniques analytiques objectives, ainsi que d'instruments statistiques et d'équations mathématiques.

L'objectif est de transformer des valeurs abstraites en valeurs quantifiables et mesurables, ce qui faciliterait l'évaluation de la vulnérabilité de la ville. Les données numériques que nous recueillons seront localisées sur la carte de la zone d'étude, transformant ainsi les indicateurs abstraits en cartes spatiales illustrant la vulnérabilité de la ville face aux risques hydrologiques terrestres.

La première partie du chapitre va servir à homogénéiser les unités et les échelles des indicateurs. Harmoniser les indicateurs sur une échelle commune ou, à tout le moins, sur des échelles adjacentes facilitera leur mise en spatialisation ultérieure. Par ailleurs, l'établissement des unités des indicateurs est essentiel pour leur quantification et leur normalisation ultérieure.

La suite du chapitre traite de l'agencement des indicateurs dans une perspective globale, en attribuant un poids aux indicateurs choisis en fonction de leur impact sur l'exposition de la ville. Cela signifie que nous allons étudier comment chacune des quatre dimensions de la vulnérabilité globale analysées va influencer la vulnérabilité en la prévenant et en la réduisant, ou en la provoquant et en l'intensifiant.

Nous allons aussi agréger les grilles d'indicateurs dans des indices synthétiques et un indice global représentatif de la vulnérabilité. En ce qui concerne ce point, l'agrégation facilitera la spatialisation des indicateurs en attribuant à chaque indicateur une valeur pouvant être intégrée au SIG.

I.

EVALUATION DES INDICATEURS : DES VALEURS QUANTIFIABLES DE LA VULNERABILITE

L'objectif principal de cette phase est d'éliminer les disparités inhérentes aux différents types d'indicateurs. Les indicateurs que nous avons définis dans le précédent chapitre, bien qu'efficaces pour illustrer les informations liées à la vulnérabilité, demeurent des indicateurs non affinés. Ces indicateurs sont dans leur forme brute, étant donné qu'ils relèvent de différentes natures, types et unités. Quelques indicateurs sont qualitatifs, par exemple « occupation du sol », d'autres sont quantitatifs, comme « densité des habitants », et certains sont semi-quantitatifs, tels que « gestion intégrée des déchets ». Certains ont la longueur linéaire comme unité « ex : *distance d'une infrastructure de soins* », d'autres le millimètre « ex : *précipitations* », ou le degrés Celsius « ex : *températures* », ...etc. Certains sont d'une grande ou moyenne échelle « ex : *législation* », et d'autres d'une micro-échelle « ex : *densité des habitants* ».

Au cours de ce chapitre, nous allons appliquer des méthodes d'analyse multicritères de données, en plus de l'utilisation d'un outil SIG pour la visualisation des données.

Le choix d'une des méthodes d'évaluation dépend de son adaptation aux données disponibles pour le chercheur, mais aussi de sa simplicité, de son efficacité reconnue, de la clarté de ses résultats, du temps requis pour sa mise en œuvre et des objectifs visés par l'évaluation. Il est rare de recourir à une unique méthode d'évaluation, le choix se porte généralement sur l'association de plusieurs méthodes ([Pictet 1996](#)).

Cette phase de manipulation des indicateurs constitue l'étape d'évaluation de ceux-ci. Ainsi, pour passer d'indicateurs de vulnérabilité non quantifiables à des indicateurs mesurables, nous allons suivre le processus suivant : définition d'échelles et d'unités, quantification, standardisation, notation, pondération et agrégation des grilles d'indicateurs obtenues jusqu'à présent.

1.1. Définition de l'échelle de travail : l'échelle locale favorisée

L'échelle peut être de type macro, moyen ou micro. Elle peut être de nature géographique : un bassin versant majeur, moyen ou mineur, un sous-bassin versant, une rivière, ou encore un talweg, etc. Elle peut être de nature administrative : une région, une commune ou un regroupement de communes, une agglomération, un îlot ou un quartier... et ainsi de suite.

Comme constaté sur les grilles d'indicateurs performants sélectionnées, ces derniers ne se présentent pas sous une échelle homogène. Etudier un grand nombre d'indicateurs qualitatifs, quantitatifs et semi-quantitatifs, signifie la réunion d'une multitude d'échelles géographiques, administratives et temporelles. Pour pouvoir travailler avec ces indicateurs ensembles, il est important de les ramener dans une même échelle référentielle (Desthieux 2005), ou du moins dans des échelles mitoyennes.

D'après l'ouvrage de Robinson et Carson (2016), la recherche spatiale privilégie l'utilisation de l'échelle locale comme référence (Robinson et Carson, 2016). Le choix de l'échelle locale est basé sur l'utilité de cette échelle ainsi que sur sa maniabilité. Cette échelle est pratique puisqu'elle permet de rassembler aisément les informations nécessaires à l'analyse et d'atteindre les buts fixés. C'est l'échelle appropriée pour les acteurs locaux, puisqu'elle fournit des résultats sur les zones limitées de leur compétence. La même idée est applicable pour les habitants locaux, puisque cette échelle permet de répondre à leur attente sur les territoires qu'ils occupent.

Dans notre cas, l'échelle retenue dépend de la nature des données sources. Les indicateurs d'aléas sont choisis à la plus petite échelle qui est l'échelle des « *composants paysagers* » et non à l'échelle des écosystèmes (Marchand 2010). L'échelle d'utilisation des indicateurs paysagers peut être variante de celle du bassin versant à celle de la bande riveraine (Gergel et al. 2002). Les données des aléas qui obéissent à des lois naturelles sont à l'échelle du bassin versant ou du sous-bassin versant. Nous avons utilisé des données disponibles aux deux échelles citées, car nous ne pouvons pas diminuer l'échelle à celle de la zone urbaine par exemple. Ces données ont été suffisantes car elles couvrent clairement les phénomènes dans la zone d'étude. Par exemple : la pente ou la lithologie dérivées de la carte topographique ou de la carte géologique, toutes deux étant des cartes régionales fournissant l'ensemble des informations requises concernant la pente et la géologie à l'échelle de la zone étudiée. On peut obtenir des informations sur les précipitations à partir de deux stations météorologiques opérationnelles

situées dans la zone d'étude. Dans ces deux cas, il n'a pas été nécessaire de réduire l'échelle. Concernant l'aléa écologique, les éléments paysagers qui nous intéressent sont les corridors des cours d'eau, et c'est cette échelle qui a été choisie pour cet aléa.

Les données sur les enjeux recueillies dans la bibliographie couvrent diverses échelles, allant de l'unité bâtie à l'échelle régionale, en passant par le quartier ou la zone urbaine. Par exemple, l'enjeu du cadre bâti est considéré à l'échelle du quartier ou de la zone urbaine, où certains secteurs urbains sont jugés plus vulnérables que d'autres face à l'aléa d'inondation, en raison des caractéristiques de leurs constructions ou de l'historique lié à cet aléa. L'enjeu des pertes économiques est envisagé à la fois au niveau de l'unité industrielle et au niveau de la commune lorsqu'il s'agit de pertes affectant la ville. L'enjeu corporel peut être à l'échelle individuelle, zonale ou communautaire. Par exemple : certaines informations pourraient indiquer que les communautés vivant dans des quartiers informels sont plus vulnérables, tandis que d'autres se concentrent sur la condition ou l'âge de la personne. Dans ce contexte, nous avons standardisé l'échelle en la réduisant à celle du secteur urbain qui englobe un groupe de deux à trois quartiers.

Les informations de gestion proviennent de données empiriques collectées sur le terrain. Elles sont liées aux gestionnaires ayant pris part aux enquêtes, ou plus précisément, à leurs tutelles. Bien que tous les gestionnaires contactés exercent dans la ville de Béjaïa, ils ne répondent pas tous à une même échelle. Quelques indicateurs en lien avec la législation sont au niveau national, d'autres au niveau régional (wilaya) ou local (la commune). Pour résoudre ce problème, nous avons de nouveau considéré l'échelle urbaine. Cependant, lorsque le changement d'échelle n'est pas possible, nous avons adopté une autre approche, qui consiste à omettre l'indicateur lors de la phase de cartographie.¹

Tout comme pour la gestion, les représentations sont rassemblées auprès des acteurs urbains experts et non experts. Dans ce contexte, l'échelle est d'abord envisagée du point de vue de l'individu ou à une échelle communautaire et collective. Cependant, afin de simplifier la tâche et d'aligner l'échelle des trois autres critères de vulnérabilité tout en préservant une approche à l'échelle micro, nous avons décidé de ramener les indicateurs à l'échelle du secteur urbain.

¹ Nous allons mieux expliquer ceci dans les étapes qui suivent.

L'usage simultané de ces deux échelles, « *secteur urbain* et *sous-bassin versant* », simplifie la tâche sur les indicateurs étant donné que leurs délimitations géographiques se superposent. Les limites naturelles des corridors des cours d'eau « sous-bassins-versants » coïncident avec les frontières administratives et géographiques des zones urbaines. Ainsi, la méthode qui favorise l'intégration de plusieurs échelles simultanément, à savoir l'approche multiscalaire, est privilégiée (Paus 2001).

Tableau II.8.1 – Les échelles retenues pour les indicateurs

Sous-système	Indicateurs	Echelle initiale	Echelle choisie
Naturel	Aléas	Bassin versant ; sous bassin versant	Locale : sous bassin versant
Artificiel	Enjeux fonctionnels : ex : espaces bâtis	Unité d'habitation	Locale : zone urbaine (ensemble de quartiers)
	Enjeux structurels : ex : espaces non bâtis	Ilot ou espace de surface et fonction définis	
Socio-économique	Enjeux économiques	Agglomération ; zone	
Gestion	Perceptions	Individus, communauté	
	Législation	Nationale ; régionale ; locale	
	Urbanisation		

Source – Auteure, 2025

I.2. Définition des unités des indicateurs : la nature qualitative, quantitative ou semi qualitative des indicateurs

Pour parvenir à mesurer tous ces éléments complètement différents les uns des autres, nous ne pouvons que définir leurs natures respectives. Cela se réalise par l'attribution d'unités de mesure à chaque indicateur. En établissant les unités de mesure pour les indicateurs, nous déterminons leur caractère : qualitatif, quantitatif et semi-quantitatif. Une fois que nous aurons identifié la nature spécifique de chaque indicateur, nous serons en mesure de les mesurer et de les spatialiser ultérieurement. Sans la détermination d'unités, il nous sera impossible d'appliquer les indicateurs à une zone géographique !

Les indicateurs déjà présents dans la littérature possèdent parfois des unités de mesure clairement définies et universelles. Les données dépourvues d'unités, telles que les indicateurs comportementaux ou psychologiques, sont valorisées par d'autres moyens. Nous attribuons des

unités significatives spécifiquement dans le cadre de cette étude et en visant l'atteinte des objectifs définis.

I.2.1. Unités des indicateurs d'aléas :

Les indicateurs d'aléas sont des indicateurs naturels préexistants dans la littérature, possédant ainsi des unités bien définies et uniformes à travers toutes les régions du monde.

Tableau II.8.2 – Unités de mesure des indicateurs d'aléas

Indicateur	Désignation	Unité de mesure
Aléa inondation		
Pente	IndAlé1	° (Degré)
Précipitations	IndAlé2	mm (Millimètre)
Submersion marine	IndAlé3	M (Mètre)
Aléa érosion		
Lithologie	IndAlé1	Typologie
Précipitations	IndAlé2	mm
Pente	IndAlé3	°
Aléa sanitaire		
Température	IndAlé1	°C
Pluviométrie	IndAlé2	mm
Distance d'une source d'infection	IndAlé3	m
Aléa écologique		
Turbidité	IndAlé1	NTU
Température des eaux	IndAlé2	°C
pH	IndAlé3	S.U. (Sans unité)

Source – Auteure, 2025

I.2.2. Unités des indicateurs d'enjeux :

Il faut souligner que pour évaluer les indicateurs liés aux enjeux, nous avons dû tenir compte des différents secteurs de la ville, comme indiqué dans la répartition présentée à la figure 4 du chapitre 6.

Enjeux d'aléas inondations et érosions

Pour certains indicateurs nous avons pris en compte le « *nombre des éléments composants* » comme unité de mesure. Pour d'autres indicateurs nous avons pris « *le mètre – la distance du cours d'eau* », « *la densité* » pour d'autres indicateurs. Dans tous les cas, nous pouvons constater que les unités de mesure sont de nature « *quantitative* ».

Si nous considérons le « nombre d'éléments constitutants » comme unité de mesure, certains indicateurs peuvent partager la même unité. C'est pour cette raison que nous avons dû ajuster certains indicateurs en les regroupant dans une catégorie commune, par exemple.

Pour exemples : les indicateurs « réseaux d'énergies (électricité et gaz, oléoduc et gazoduc) », « réseaux des communications (téléphonie/internet) » et « réseaux de transport » sont tous inclus dans l'indicateur « VRD ». Nous avons utilisé « le nombre des infrastructures et leur importance » comme unité de mesure. Cela implique que ces indicateurs seront pris en compte une seule fois. Les deux indicateurs de « réseaux d'eau (assainissement et AEP) » et « infrastructures de gestion des eaux » partagent la même unité de mesure, ce qui fait qu'un seul est considéré. On mesure les enjeux des actions récréatives et paysagistes en fonction de leur éloignement du cours d'eau, c'est pourquoi cette distance est considérée une seule fois.

Tableau II.8.3 – Unités de mesure des indicateurs d'enjeux inondations et érosions

Enjeux d'Aléa : inondation – érosion		
Indicateur	Désignation	Unité de mesure
Personnes résidentes	IndEnj1	Densité des populations (Habitant/Km ²)
Personnes vulnérables : enfants, malades, ...etc.	IndEnj2	Nombre des établissements qui reçoivent des personnes vulnérables : écoles, hôpitaux, centres de personnes âgées.
Personnes en transit (à l'extérieur des bâtiments)	IndEnj3	Nombre des infrastructures de trafic : aéroport, gare routière ou ferroviaire, station de taxi et de bus...etc.
Bâtiments à usage résidentiel ou professionnel	IndEnj4	Densité des habitations (Bâtiment/Km ²)
Infrastructures de gestion des eaux	IndEnj5	Nombre des stations d'épuration des eaux, de désalinisation des eaux, châteaux d'eau, ...etc.
Infrastructures essentielles	IndEnj6	Nombre des hôpitaux, casernes de pompiers, sièges administratifs
VRD	IndEnj7	Présence et qualité des VRD en mètre linéaire
Perte en dynamique économique (capacités de production des usines, taux d'occupation des hôtels, pertes des commerces)	IndEnj8	Nombre des établissements économiques (usines, commerces, services) dans le secteur
Enjeux d'activités récréatives liées aux cours d'eau (promenade, pêche, baignade)	IndEnj9	Distance du cours d'eau (m)
Enjeux paysagistes d'esthétique urbaine	IndEnj10	

Source – Auteure, 2025

De l'enjeu IndEnj11 à l'enjeu 13, l'unité de mesure est liée à toutes les pertes financières des enjeux antérieurs. Dans ce contexte, évaluer ces enjeux revient à évaluer l'ensemble des valeurs des enjeux antérieurs. Dans ce contexte, il existe une corrélation positive entre les enjeux de 1 à 10 et ceux de 11 à 13. La mesure adoptée est la somme des valeurs de perte financière des indicateurs 1 à 10. Par conséquent, nous sommes également confrontés à une redondance, les trois derniers indicateurs ne fournissent pas nécessairement de nouvelles données concernant la vulnérabilité spatiale. Ce qu'ils font, c'est la monétarisation des enjeux, et ce n'est pas notre objectif ici. (Voir le tableau suivant).

Tableau II.8.3 – Unités de mesure des indicateurs d'enjeux inondations et érosions (Suite)

Enjeux d'Aléa : inondation – érosion		
Indicateur	Désignation	Unité de mesure
Coûts de gestion de la crise (pendant la crise) : intervention, logistique, relogement, soins, ...etc.	IndEnj11	Somme des valeurs des indicateurs de IndEnj1 à IndEnj10
Coûts avant la crise : recherche scientifique, prévention, sensibilisation	IndEnj12	
Coûts après la crise : surveillance et suivi des milieux et des ouvrages, maintenance, réparation des dommages, assurances	IndEnj13	

Source – Auteure, 2025

Enjeux d'aléa sanitaire

Les enjeux varient d'un aléa à un autre. Cela s'applique également aux aléas sanitaires qui ne posent pas toujours les mêmes enjeux que les aléas d'inondation et d'érosion. Pour certains enjeux liés aux aléas d'inondation et d'érosion, ils ne sont pas pris en compte ici, et pour d'autres, il a été nécessaire de modifier ou de remplacer l'unité de mesure. Certaines unités sont demeurées inchangées.

A titre d'illustration : dans le cas du risque sanitaire, l'enjeu « *résidents* » est également considéré, bien que l'unité de mesure ait été modifiée. Dans ce contexte, les individus considérés comme vulnérables sont ceux qui se trouvent « *à proximité d'une source de danger* ».

Tableau II.8.3 – Unités de mesure des indicateurs d'enjeux sanitaires

Enjeux d'Aléa sanitaire		
Indicateur	Désignation	Unité de mesure
Personnes résidentes	IndEnj1	Densité des populations

Personnes vulnérables : enfants, malades, ...etc.	IndEnj2	Nombre d'établissements recevant des personnes vulnérables
Perte en dynamique économique (capacités de production des usines, taux d'occupation des hôtels, pertes des commerces)	IndEnj3	Nombre des établissements économiques : usines, commerces, services, par secteur
Coûts de gestion de la crise (interventions, sécurité, soins, ...etc.)	IndEnj4	Milliards
Coûts de gestion des eaux (curage des cours d'eau, réseau d'assainissement, AEP, ...etc.)	IndEnj5	
Coûts de la recherche scientifique	IndEnj6	
Coûts de protection, de prévention et de sensibilisation	IndEnj7	
Coûts de surveillance et suivi des milieux et des ouvrages	IndEnj8	
Coûts de restauration des milieux naturels (cours d'eau)	IndEnj9	
Coûts des assurances (indemnisations)	IndEnj10	

Source – Auteure, 2025

Enjeux d'aléa écologique

L'aléa écologique n'affecte pas nécessairement les habitants, du moins pas de façon directe. Ses impacts directs sur l'homme se restreignent aux enjeux récréatifs et paysagistes. Dans le cas de cet aléa, les éléments environnementaux naturels des systèmes hydrologiques et hydrographiques constituent les principaux enjeux.

Les indicateurs « *Coûts de réparation des dommages après le risque* » et « *Coûts de restauration des milieux naturels (cours d'eau)* » seront fusionnés en un unique indicateur « *Coûts de restauration des milieux naturels (cours d'eau)* ». Cela est dû au fait que les dommages post-risque se restreignent aux atteintes écologiques affectant l'environnement naturel. Cela signifie que la restauration de ces éléments implique une réparation des préjudices survenus suite à un aléa.

Tableau II.8.3 – Unités de mesure des indicateurs d'enjeux écologiques

Enjeux d'Aléa écologique		
Indicateur	Désignation	Unité de mesure
Dégradation hydrologique des cours d'eaux de surface	IndAlé1	Pourcentage de diminution de la largeur du lit mineur entre des dates référentielles différentes
Appauvrissement de la biodiversité : faune et flore infectées	IndAlé2	Pourcentage des espèces disparues entre dates référentielles différentes

Coûts de gestion des eaux (curage des cours d'eau, réseau d'assainissement, AEP, ...etc.)	IndAlé3	
Coûts de la recherche scientifique	IndAlé4	
Coûts de protection, de prévention, de maintenance et de sensibilisation	IndAlé5	Milliard
Coûts de surveillance et suivi des milieux et des ouvrages	IndAlé6	
Coûts de restauration écologique des milieux naturels (cours d'eau)	IndAlé7	
Enjeux d'activités récréatives liées aux cours d'eau (promenade, pêche, baignade)	IndEnj8	Distance d'un cours d'eau
Enjeux paysagistes d'esthétique urbaine	IndEnj9	

Source – Auteure, 2025

✚ L'unité « distance d'un cours d'eau » varie d'un aléa à l'autre ; pour les aléas d'inondation et d'érosion, la menace provient du cours d'eau. Concernant l'aléa sanitaire, le point de départ du danger n'est pas nécessairement un cours d'eau, mais plutôt l'existence d'eau stagnante à la surface ou la présence de zones humides contaminées. En ce qui concerne l'aléa écologique, la menace provient d'une source de pollution susceptible de contaminer le cours d'eau. Par exemple : une décharge non régulière. La distance du cours d'eau à prendre en considération change en fonction de l'aléa.

I.2.3. Unités de mesure des indicateurs de gestion :

Au cours de nos enquêtes, nous avons remarqué que la gestion est uniforme pour toutes les sortes d'aléas. On peut évoquer une gestion standardisée pour tous les types de phénomènes à risque. Ce qui varie, ce sont les ressources financières allouées à la gestion, le temps dédié à chaque aléa ou les méthodes employées et qui sont ajustées pour chaque aléa. Dans ce travail, les indicateurs d'enjeux, et non ceux de la gestion, intègrent les caractéristiques techniques et financières propres à chaque aléa.

Nous procéderons à une division des unités des indicateurs de gestion en deux catégories distinctes. Certains que nous sommes en mesure de spatialiser et d'autres que nous ne pouvons pas spatialiser à l'échelle choisie dans cette étude. Nous ne prendrons pas en compte dans ce travail les indicateurs que nous pouvons spatialiser, c'est-à-dire ceux dont l'échelle peut être réduite à l'échelle locale ou ceux dont la plus petite échelle est celle de l'agglomération entière, voire supérieure.

Les indicateurs mesurables vont des indicateurs « *IndGes1* » à « *IndGes14* », comme le montre le tableau ci-après. Concernant ces indicateurs, nous avons eu la possibilité de sélectionner des unités de mesure applicables sur le terrain. Cela signifie que ces indicateurs seront pris en compte lors des prochaines phases d'évaluation de la vulnérabilité.

Tableau II.8.4 – Unités de mesure des indicateurs de gestion : indicateurs à spatialiser

Gestion des Aléas : inondation – érosion – sanitaire – écologique		
Indicateur	Désignation	Unité de mesure
Mise à jour les données statistiques et de suivi	IndGes1	Situation de la zone : chef-lieu, périphérie, éparsé
Intégration des risques dans les schémas d'urbanisme (PDAU POS)	IndGes2	Zone couverte par des plans d'urbanisme
Gestion intégrée des déchets	IndGes3	Nombre des points de rejets sauvages pour déchets solides et liquides
Sensibilisation des populations	IndGes4	Nombre d'associations environnementales dans la zone
Protéger légalement les servitudes des cours d'eau	IndGes5	Nombre des plaintes enregistrées contre les dépassements sur les servitudes hydrographiques dans les zones
Combattre légalement les rejets sauvages des déchets	IndGes6	Nombre des plaintes enregistrées contre les rejets
Etat des cours d'eau	IndGes7	L'état des berges
Mise au point d'un système d'alerte aux populations (textos, diffusion par les médias, sirène, hauts parleurs, ...etc.)	IndGes8	Endroits où il y a des systèmes d'alerte ; zones couvertes par les réseaux, zones proches du chef-lieu (même représentation que la mise à jour des données)
Mise au point d'un système d'alerte aux gestionnaires	IndGes9	
Déclencher les plans ORSEC (des zones sensibles, commune et wilaya)	IndGes10	
Mettre en place des plans ORSEC (commune, wilaya) spécifiques à chaque aléa	IndGes11	Le déclenchement et application des plans ORSEC fait appel à la présence de compétences humaines, techniques, financières et organisationnelles. Sur le terrain, il faut entre autres une infrastructure de déplacements de qualité, en plus de caractéristiques urbanistiques aux normes.
Actualiser les plans ORSEC	IndGes12	
Mettre en place des compétences humaines compétentes et suffisantes	IndGes13	
Mettre en place des compétences matérielles, adéquates et suffisantes	IndGes14	

Source – Auteure, 2025

Concernant les indicateurs de « *IndGes15* » à « *IndGes18* », les unités de mesure appropriées sont soit abstraites, soit déconnectées du contexte du travail actuel. Par exemple, l'indicateur « *enseignement des risques dans les écoles* » est difficilement transposable à un espace étant donné qu'il est évalué sur la base de l'unité de mesure « *piliers où les risques sont enseignés* ». Les pôles d'enseignement ne sont pas distribués sur le territoire en fonction des zones urbaines

considérées dans cette étude. Ils tiennent compte de l'âge des enfants et des adolescents. On peut indirectement spatialiser ce groupe de personnes en fonction de la densité globale de la population. Cela implique que l'unité de mesure de l'indicateur n'est pas prise en compte dans cette spatialisation.

Il faut noter que les indicateurs que nous avons décidé de ne pas spatialiser dans cette recherche ont une influence majeure sur l'exposition en milieu urbain à différents types de risques. Il est évident que l'indicateur « *enseignement des risques dans les écoles* » peut avoir un effet positif sur la perception sociale et sur l'exposition des enjeux.

Tableau II.8.4 – Unités de mesure des indicateurs de gestion : indicateurs à ne pas spatialiser (Suite)

Gestion des Aléas : inondation – érosion – sanitaire – écologique		
Indicateur	Désignation	Unité de mesure
Formation continue des gestionnaires des risques (ex : abonnements aux revues scientifiques spécialisées, organisation de séminaires)	IndGes15	Existence d'un budget pour la formation des différents gestionnaires.
Enseignement des risques dans les écoles	IndGes16	Piliers où les risques sont enseignés
Mettre en place un service administratif chargé de la coordination permanente entre les acteurs	IndGes17	Présence d'un budget et des compétences humaines
Mettre en place une base de données informatisée à la disposition commune des acteurs	IndGes18	Présence d'un budget et des compétences techniques

Source – Auteure, 2025

✚ Ces indices restent extrêmement utiles pour mesurer la vulnérabilité dans d'autres formes de recherches. La perspective envisagée pour ces indicateurs est de les exclure des prochaines étapes d'évaluation de la vulnérabilité, non parce qu'ils n'ont pas d'influence sur cette évaluation, mais parce que leur localisation géographique dans le contexte actuel n'est pas accessible.

I.2.4. Unités de mesure des indicateurs des représentations :

Représentations des aléas : inondations, érosions et sanitaires

L'obtention de la spatialisation des indicateurs des représentations se fait par l'utilisation de deux sortes d'unités de mesure. Le premier genre concerne des unités déjà employées pour

d'autres types de facteurs de vulnérabilité tels que la « densité » ou la « typologie du tissu », que nous sommes en mesure de repérer aisément sur le terrain. (Voir le tableau qui suit).

Tableau II.8.5 – Unités de mesures des indicateurs des représentations : inondation, érosion et sanitaire

Représentation pour les aléas : inondation – érosion – sanitaire		
Indicateur	Désignation	Unité de mesure
Typologie du tissu	IndRep1	Type
Occupation du sol (Activité)	IndRep2	
Densité des habitants	IndRep3	Habitant/Km ²
Densité du bâti	IndRep4	Bâtiment/Km ²
Caractéristiques de l'habitat	IndRep5	Rehaussement des immeubles, adaptation des ouvertures, mise hors l'eau des installations électriques, barrières anti-inondations, ...etc.
Bons comportements en matière de gestion des déchets ménagers	IndRep6	Respect des servitudes des cours d'eau.
Bonne utilisation de l'espace	IndRep7	Pourcentage des répondants

Source – Auteure, 2025

Le second genre d'unités, exposés dans le tableau suivant, se compose de pourcentages des réponses des populations dans chaque secteur de la ville. Nous avons défini ces pourcentages après avoir réalisé le travail d'enquête par questionnaire présenté dans le chapitre précédent.

Tableau II.8.5 – Unités de mesure des indicateurs des représentations : inondation, érosion et sanitaire (Suite)

Représentation pour les aléas : inondation – érosion – sanitaire		
Indicateur	Désignation	Unité de mesure
Expérience passée de l'aléa	IndRep8	Pourcentage des populations par secteur
Connaissance des moyens d'alerte et d'information	IndRep9	
Connaissance des consignes de sécurité à suivre	IndRep10	
Avoir le sentiment d'être exposé à un risque	IndRep11	

Source – Auteure, 2025

Représentations d'aléa écologique

Les représentations de l'aléa écologique maintiennent les mêmes unités de mesure utilisées pour les aléas précédents. Nous avons distinctement séparé le tableau des indicateurs de l'aléa écologique uniquement pour y intégrer certains indicateurs spécifiques à cet aléa.

Tableau II.8.5 – Unités de mesure des indicateurs des représentations écologiques

Représentation pour les aléas : écologique		
Indicateur	Désignation	Unité de mesure
Conscience de la qualité de l'environnement	IndRep1	Pourcentage des réponses des citoyens
Conscience de la valeur de la présence de la rivière en ville	IndRep2	
Expérience passée de l'aléa	IndRep3	
Connaissance des consignes de sécurité à suivre	IndRep4	
Avoir le sentiment d'être exposé à un risque (Avoir la capacité à imaginer que le danger puisse avoir lieu)	IndRep5	
Bons comportements en matière de gestion des déchets ménagers	IndRep6	
Bonne utilisation de l'espace (respect des servitudes des cours d'eau)	IndRep7	
Typologie du tissu	IndRep8	Type
Occupation du sol	IndRep9	
Densité des habitants	IndRep10	
Densité du bâti	IndRep11	
		Habitant/Km ²
		Bâtiment/Km ²

Source – Auteure, 2025

I.3. Appréciation de la vulnérabilité globale :

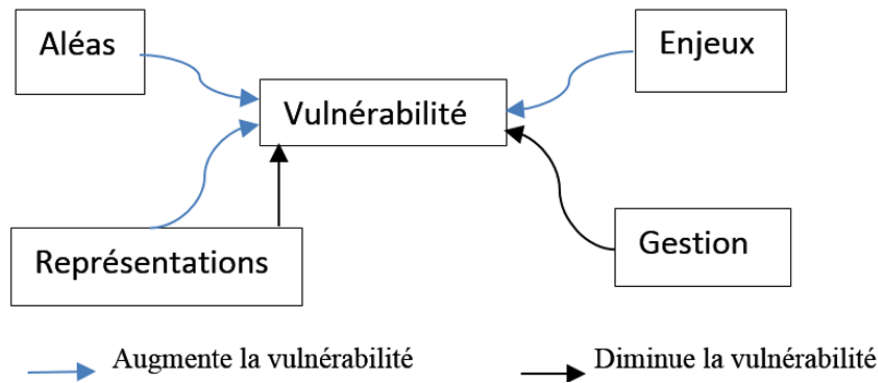
Avant de procéder à la quantification des indicateurs en leur assignant des valeurs mesurables. Nous allons d'abord commencer par faire une appréciation des quatre dimensions de la vulnérabilité. Nous allons catégoriser ces dimensions en cinq classes « Très fort, fort, moyen, faible, très faible » ou trois « Très fort à fort, moyen, faible à très faible ». Chacune des classes représentant l'intensité de l'indicateur sur la vulnérabilité. L'appréciation est essentielle pour la normalisation, où chaque valeur attribuée à un indicateur correspond à un degré d'appréciation de l'indicateur lui-même et de la vulnérabilité.

I.3.1. Appréciation des critères

Nous observons une variation d'impact que génère chacune des dimensions de la vulnérabilité, et par conséquent, chacun des indicateurs qui les composent. Les indicateurs d'aléas tendent à accroître la vulnérabilité. C'est également le cas pour les indicateurs d'enjeux. On suppose que les indicateurs de gestion devraient réduire la vulnérabilité. Quand elle est bien

menée, la gestion réduit la vulnérabilité, donc l'impact de la gestion est à double sens. Cela s'applique également aux indicateurs de représentations qui peuvent avoir un impact positif ou négatif sur la vulnérabilité.

Schéma II.8.1 – Influences des facteurs de la vulnérabilité globale



Source – D'après (Quillet et al. 2019)

Pour ces différences d'influences sur la vulnérabilité, l'appréciation de cette dernière est différente pour les quatre grilles d'indicateurs :

- L'appréciation « *très faible ou faible* » des indicateurs d'aléas et ceux des enjeux, correspond à une appréciation « *très faible ou faible* » de la vulnérabilité ;
- L'appréciation « *forte ou très forte* » des indicateurs d'aléas et ceux des enjeux, correspond à une appréciation « *forte ou très forte* » de la vulnérabilité ;
- L'appréciation « *moyenne* » des indicateurs d'aléas et ceux des enjeux correspond à une appréciation « *moyenne* » de la vulnérabilité.

Ici, « *très faible ou faible* », signifie que l'état de l'indicateur n'augmente pas la vulnérabilité aux risques hydrologiques terrestres, « *moyen* » signifie que l'état de l'indicateur peut légèrement augmenter la vulnérabilité aux risques hydrologiques terrestres, et « *forte ou très forte* », signifie que l'état de l'indicateur augmente la vulnérabilité aux risques hydrologiques terrestres.

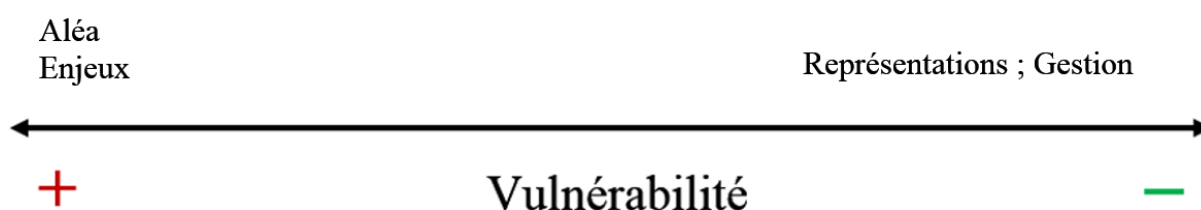
Par contre, lorsqu'il s'agit des grilles de la gestion et des représentations, l'appréciation est renversée et signifie ce qui suit :

- L'appréciation « *très faible ou faible* » des indicateurs de la gestion et ceux des représentations, correspond à une appréciation « *forte ou très forte* » de la vulnérabilité ;

- L'appréciation « *forte ou très forte* » des indicateurs de la gestion et ceux des représentations, correspond à une appréciation « *faible ou très faible* » de la vulnérabilité ;
- L'appréciation « *moyenne* » des indicateurs de la gestion et ceux des représentations correspond à une appréciation « *moyenne* » de la vulnérabilité.

Dans ce cas, « *très faible ou faible* », signifie que l'état de l'indicateur augmente la vulnérabilité aux risques hydrologiques terrestres, « *moyen* » signifie que l'état de l'indicateur peut légèrement augmenter la vulnérabilité aux risques hydrologiques terrestres, et « *forte ou très forte* », signifie que l'état de l'indicateur n'augmente pas la vulnérabilité aux risques hydrologiques terrestres.

Schéma II.8.2 – Appréciation des grilles d'indicateurs et de la vulnérabilité



Source – Auteure, 2025

I.3.2. Appréciation des indicateurs

Cette étape découle des étapes antérieures qui ont déterminé les unités de mesure et apprécié les critères. Nous allons procéder à une distribution des indicateurs, chacun étant classé selon son unité de mesure et son niveau d'appréciation.

Appréciation des indicateurs d'aléas

Dans la continuité de notre travail sur l'élaboration des grilles d'indicateurs, nous procéderons à une évaluation séparée pour chacune d'elles. Cette distinction est manifestement essentielle, car les indicateurs associés à chaque type d'aléa varient considérablement. Ainsi, nous avons établi quatre grilles distinctes d'indicateurs d'aléas, soit une pour chaque catégorie d'aléa :

- L'aléa inondations : la vulnérabilité s'accroît avec la progression de la pente, du niveau de submersion et de l'intensité des précipitations.

- L'aléa érosion : la vulnérabilité croît avec l'augmentation des volumes de précipitations et de la pente. Elle augmente lorsque la nature du sol ou l'occupation des berges, sont favorables aux glissements.
- L'aléa sanitaire : L'aléa devient fort ou très fort lorsque les températures et l'humidité sont élevées. L'aléa se réduit lorsque la température et l'humidité baissent. Inversement, plus la distance entre la source d'infection et les enjeux est grande, moins la vulnérabilité est forte.

L'état des eaux de surface est d'importance majeur dans l'évaluation de l'aléa sanitaire. Ce dernier est plus fort lorsque l'eau est stagnante et lorsqu'elle est infectée par des germes pathogènes.

- L'aléa écologique : plus les caractéristiques physico-chimiques des eaux sont éloignées des normes reconnues pour les eaux de surface, plus l'aléa est présent.

À noter que nous avons pris en compte les normes pour les eaux de surface qui peuvent être utilisées pour la baignade et comme eau potable.

Tableau II.8.6 – Mesure des indicateurs d'aléas

Indicateur	Appréciation de l'aléa				
	Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte
Aléa inondation					
Pente	>30°	30 – 20°	20 – 10°	10 – 5°	<5°
IndAlé2	<150 mm	300 mm	500 mm	650 mm	>700 mm
IndAlé3	< 1 m	1 – 2 m	2 – 3 m	3 – 4 m	4 – 5 m
Aléa érosion					
IndAlé1	<5°	5 – 10 °	10 – 20 °	>20 – 30 °	>30°
IndAlé2	Flysch	Alluvion	Argile marneuse	Marne schisteuse	Eboulis Remblai
IndAlé3	<200 mm	200 – 300 mm	300 – 600 mm	600 – 900 mm	>900 mm
Aléa sanitaire					
IndAlé1	≤ 5 °C	5 – 15 °C	15 – 25 °C	25 – 35 °C	35 – 45 °C
IndAlé2	50 mm	60 mm	70 – 80 mm	80 mm	>80 mm
IndAlé3	>80 m	80 – 60 m	60 – 40 m	40 – 20 m	<20 m
Aléa écologique					
IndAlé1	≤0,5 NTU	1 NTU	3 NTU	5 NTU	>5 NTU
IndAlé2	<15 °C	15 – 20 °C	20 – 25 °C	25 – 30 °C	>30 °C
IndAlé3	6,5 – 8,5		8,5 – 9		>9 ou <6,5

Source – Auteure, 2025

Appréciation des indicateurs d'enjeux

Les enjeux sont différents pour chacun des aléas. Les enjeux des aléas inondation, érosion et sanitaire, sont en premier lieu, des enjeux corporels, ce qui n'est pas le cas pour les enjeux de l'aléa écologique, qui sont en premier lieu environnementaux. Les enjeux artificiels du cadre bâti sont d'importance majeure dans le cas des aléas inondations et érosions, mais ils ne représentent aucun intérêt dans le cas des aléas sanitaire et écologique.

D'autre part, lorsque les enjeux sont les mêmes pour les aléas, le degré d'exposition des enjeux peut s'avérer différent d'un aléa à un autre. Cette situation nous a encore induit vers l'évaluation des grilles d'indicateurs de chacun des aléas séparément. C'est pourquoi, nous avons fixé quatre grilles d'indicateurs d'enjeux.

Enjeux d'aléas inondations et érosions

Pour quantifier ces indicateurs, nous avons pris en compte :

- Le nombre des individus : tous les individus de toutes les catégories qui seront affectées par l'aléa sont quantifiés. Nous avons spécifié quatre catégories car les personnes dites vulnérables sont plus exposées et moins capables de résister ou de s'adapter ;
- Le nombre des constructions et des infrastructures bâtis : Toutes les bâtisses résidentielles ou professionnelles dégradées entièrement ou partiellement par l'aléa sont quantifiées ;
- Les pertes financières induites par l'arrêt des activités lors de l'aléa ou des diverses dépenses associées directement ou indirectement à l'aléa, pendant, avant et après sont avènement ;
- Les infrastructures essentielles et les réseaux divers sont d'une extrême importance et leur exposition augmente l'appréciation de la vulnérabilité de tous les enjeux ;
- Les enjeux urbanistiques, à savoir les activités récréatives sont quantifiées par le pourcentage des activités touchées, c'est-à-dire, le pourcentage des activités qui ne sont plus pratiquées à cause d'un des aléas. La valeur paysagiste de la ville est quantifiée par le pourcentage des personnes qui jugent que la ville est d'une esthétique acceptable ou non.

Tableau II.8.7 – Appréciation des indicateurs d'enjeux inondations et érosions

Indicateur	Enjeux d'Aléa : inondation – érosion				
	Appréciation des enjeux				
	Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte
IndEnj1	<300 H/Km ²	300 – 500 H/Km ²	500 – 1000 H/Km ²	1000 – 1400 H/Km ²	>1400 H/Km ²
IndEnj2	1 – 5	5 – 10	10 – 15	15 – 20	>25
IndEnj3	3	6	9	12	>12
IndEnj4	> 350 B/Km ²	350 – 700 B/Km ²	700 – 1000 B/Km ²	1000 – 1400 B/Km ²	>1400 B/Km ²
IndEnj5	5	4	3	2	1
IndEnj6	1	2	3	4	5
IndEnj7	Très bon état	Bon état	Etat moyen	Mauvais état	Très mauvais état
IndEnj8	0 – 5	5 – 20	20 – 40	40 – 60	>60
IndEnj9	>30 m	30 – 20 m	20 – 10 m	10 – 5 m	0 – 5 m
IndEnj10					

Source – Auteure, 2025

Pour quantifier les trois indicateurs liés aux coûts de gestion des risques (pendant, avant et après), nous allons procéder de la manière suivante :

- La zone 1 « *appréciation très faible* » correspond à la valeur de la somme de tous les indicateurs précédents qui ont une appréciation « *très faible* » ;
- La zone 2 « *appréciation faible* » correspond à la valeur de la somme de tous les indicateurs précédents qui ont une appréciation « *faible* » ;
- La zone 3 « *appréciation moyenne* » correspond à la valeur de la somme de tous les indicateurs précédents qui ont une appréciation « *moyenne* » ;
- La zone 4 « *appréciation forte* » correspond à la valeur de la somme de tous les indicateurs précédents qui ont une appréciation « *forte* » ;
- La zone 5 « *appréciation très forte* » correspond à la valeur de la somme de tous les indicateurs précédents qui ont une appréciation « *très forte* ».

Ce choix est basé sur l'idée que les coûts financiers reflètent le taux de présence des enjeux dans un espace, où, plus la présence prolongée des enjeux est manifeste, plus les coûts associés à la gestion du risque tendent à augmenter.

Tableau II.8.7 – Mesure des indicateurs d'enjeux d'aléas inondations et érosions (Suite)

Indicateur	Enjeux d'Aléa : inondation – érosion									
	Appréciation de la vulnérabilité									
	Très faible		Faible		Moyenne		Forte		Très forte	
IndEnj11	Tous les indicateurs précédents ont une appréciation très faible		Tous les indicateurs précédents ont une appréciation faible		Tous les indicateurs précédents ont une appréciation moyenne		Tous les indicateurs précédents ont une appréciation forte		Tous les indicateurs précédents ont une appréciation très forte	
IndEnj12	IDEM		IDEM		IDEM		IDEM		IDEM	
IndEnj13	IDEM		IDEM		IDEM		IDEM		IDEM	

Source – Auteure, 2025

Enjeux d'aléa sanitaire

Les indicateurs issus des aléas sanitaires ne sont pas tous les mêmes que pour les aléas inondation et érosion. Nous avons aussi modifié l'unité de mesure, pour la rendre compatible aux caractéristiques de cet aléa. Par exemple, les indicateurs de pertes économiques ne sont pas évalués de la même façon pour les risques « *d'érosion et d'inondation* » que pour le risque « *sanitaire* ». En effet, dans les situations d'érosion et inondation, les pertes sont plus conséquentes et affectent divers domaines et secteurs d'activités. Tandis que les pertes économiques lors d'un événement sanitaire semblent être plus restreintes.

Tableau II.8.7 – Mesure des indicateurs d'enjeux d'aléa sanitaire

Indicateur	Enjeux d'Aléa sanitaire									
	Appréciation des enjeux									
	Très faible		Faible		Moyenne		Forte		Très forte	
IndEnj1	<300 h/Km ²		300 – 500 h/Km ²		500 – 1000 h/Km ²		1000 – 1400 h/Km ²		>1400 h/Km ²	
IndEnj2	0		0 – 1		1		1 – 5		>5	
IndEnj3	0 – 5		5 – 10		10 – 15		15 – 20		>20	
IndEnj4 ; IndEnj5 ; IndEnj6 ; IndEnj7 ; IndEnj8 ; IndEnj9 ; IndEnj10	0 milliard		0 – 2 milliards		2 – 5 milliards		5 – 7 milliards		>10 milliards	

Source – Auteure, 2025

Enjeux d'aléa écologique

Dans le hasard écologique, les défis sont également plus limités. Nous avons évalué les pertes économiques associées à l'entretien, à la préservation ou à la restauration des espaces naturels. Les autres sont des pertes écologiques en termes de faune et de flore, et non des pertes humaines.

Tableau II.8.7 – Mesure des indicateurs d'enjeux écologiques

Indicateur	Enjeux écologique				
	Appréciation des enjeux				
	Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte
IndEnj1	0 %	0 – 10 %	10 – 20 %	20 – 30 %	>30 %
IndEnj2	0 %	0 – 5 %	5 – 10 %	10 – 15 %	>15%
IndEnj3					
IndEnj4					
IndEnj5	0 milliard	0 – 2 milliards	2 – 5 milliards	5 – 7 Milliards	>10 milliards
IndEnj6					
IndAlé7					
IndEnj8	>30 m	30 – 20 m	20 – 10 m	10 – 5 m	5 – 0 m
IndEnj9					

Source – Auteure, 2025

Appréciation des indicateurs de gestion

Comme nous l'avons observé lors de notre travail sur le terrain avec des gestionnaires urbains, la gestion des risques est uniformément appliquée à tous les aléas. Nous avons remarqué que divers services pluridisciplinaires participent d'une manière ou d'une autre aux interventions liées aux aléas. Au cours de ces mêmes recherches, nous avons également observé la prise de conscience des gestionnaires quant à la nécessité de conserver la valeur écologique. Donc, tous les phénomènes de risques sont pris en compte dans la gestion.

L'unique distinction dans la gestion de chaque phénomène de risque est associée à la fréquence du phénomène et aux dommages qu'il est susceptible d'infliger aux personnes et aux biens. Les programmes d'intervention et de prévention liés aux aléas qui se produisent chaque saison ou chaque année sont mis à jour de manière annuelle ou saisonnière. En ce qui concerne les autres phénomènes, leur actualisation est effectuée en fonction de leur fréquence d'apparition.

A titre d'exemple, la ville actualise et réévalue ses stratégies et ses moyens contre les incendies de forêts et contre les séismes, mais il n'en est pas le cas pour l'aléa écologique ou sanitaire qui ont une occurrence d'avènement beaucoup plus réduite, comparés aux premiers phénomènes.

Ceci ne diminue en aucun cas les efforts, les moyens et le sérieux à déployer lorsqu'un aléa se produit.

C'est pourquoi nous avons décidé de rassembler les indicateurs de gestion dans un tableau commun pour tous les aléas.

L'évaluation est fondée sur l'attribution des indications « oui, non » attestant si le travail de gestion a été réalisé ou pas. En d'autres termes, si les administrateurs accomplissent une tâche, nous pensons que cela pourrait réduire la vulnérabilité. Cependant, si cette tâche n'est pas effectuée, la vulnérabilité risque de s'accroître. Quand la mission est accomplie, mais pas mise en œuvre, non conforme ou défectueuse, nous considérons l'indicateur comme étant « partiellement, modérément, occasionnellement appliqué ». Dans ce contexte, l'indicateur accroît modérément la vulnérabilité.

Pour l'appréciation, on prend en considération les caractéristiques de terrain suivantes :

- Le type d'urbanisme : planifié, spontané, anarchique ;
- La nature de la zone : chef-lieu, périphérie, zone éparse ;
- La couverture des zones par les plans d'urbanisme : PDAU, POS ;
- La présence ou non des organismes de gestion dans un secteur urbain : la wilaya, l'APC, la police, la protection civile.

Ces éléments sont utilisés pour différencier l'administration des espaces à cause de leur impact sur l'intervention et sur la compréhension de ces espaces.

A titre d'illustration : l'action sur une région planifiée, qui est incluse dans les plans d'urbanisme et se trouve au centre-ville, est plus simple et plus accessible que sur une zone non planifiée, non couverte par les plans d'urbanisme et située en périphérie de la ville. L'importance de la proximité avec les organismes de gestion est également cruciale pour déterminer les zones qui sont les mieux administrées... etc.

Finalement, nous allons analyser le nombre des entités de gestion pour classer les secteurs urbains les plus et les moins vulnérables.

Tableau II.8.8 – Mesure des indicateurs de gestion

Gestion des Aléas : inondation – érosion – sanitaire – écologique			
Indicateur	Appréciation de la gestion		
	Très faible à faible	Moyenne	Forte à très forte
IndGes1	Zone éparse	Périphérie	Chef-lieu
IndGes2	Non	PDAU	PDAU, POS
IndGes3	>10	2 – 10	0 – 1
IndGes4	>1	1	0
IndGes5	>10	5 – 10	0
IndGes6			
IndGes7	Couverte	Artificialisée	Etat naturel
IndGes8	Oui	Insuffisamment	Oui
IndGes9			
IndGes10	Absence de compétences	Présence moyenne de	Présence de compétences
IndGes11	humaines, techniques,	compétences humaines,	humaines, techniques,
IndGes12	financières, d'organisation et	techniques, financières,	financières, d'organisation et
IndGes13	caractéristiques urbanistiques	d'organisation et	caractéristiques
IndGes14	aux normes.	caractéristiques urbanistiques aux normes.	urbanistiques aux normes.

Source – Auteure, 2025

✚ Nous n'emploierons pas les indicateurs de 10 à 14 pour évaluer la vulnérabilité de la gestion ou la vulnérabilité totale, car leur spatialisation requiert diverses mesures que nous ne sommes pas en mesure d'implémenter ici.

Les indicateurs de « IndGes15 » à « IndGes18 » ont la caractéristique d'avoir une échelle qui ne peut pas être plus petite que celle de la commune ou de toute la ville. Par exemple, l'indicateur « enseignement des risques dans les écoles IndGes15 » est un indicateur à une échelle nationale. Nous ne pouvons pas spatialiser cet indicateur en différenciant les secteurs urbains de Bejaia. Dans ce cas encore, cet indicateur peut servir d'évaluer la vulnérabilité dans toute la ville sans différenciation entre les secteurs urbains.

Dans ce cas encore, ces indicateurs ne peuvent être spatialiser dans le contexte de l'étude actuelle.

Tableau II.8.8 – Mesure des indicateurs de gestion (Suite...)

Gestion des Aléas : inondation – érosion – sanitaire – écologique			
Indicateur	Appréciation de la vulnérabilité		
	Très faible à faible	Moyenne	Forte à très forte
IndGes15	Non pour tous les secteurs	Oui pour certains secteurs	Oui pour tous les secteurs
IndGes16	Aucun pilier	Oui pour certains piliers	Oui tous les piliers
IndGes17	Non	Insuffisamment	Oui
IndGes18	Non	Insuffisamment	Oui

Source – Auteure, 2025

Les indicateurs des représentations

Les représentations de la vulnérabilité face aux risques sont identiques pour les aléas qui ont des enjeux similaires. Une même série d'indicateurs illustre les aléas liés aux inondations, à l'érosion et aux problèmes de santé. L'aspect écologique du risque est illustré par une grille distincte. Cela est dû au fait que le risque écologique n'expose pas les enjeux humains ou les infrastructures. Par conséquent, la représentation de ce risque diffère de celle des risques d'inondation, d'érosion et sanitaires, dont les enjeux principaux sont liés aux êtres humains et à leurs infrastructures.

À l'instar des indicateurs de gestion qui reflètent des critères moraux plutôt que matériels, l'évaluation des indicateurs de représentation se fait selon les modalités « *oui, non, partiellement ou pas tout à fait* ». L'indicateur amplifie la vulnérabilité lorsqu'il n'est pas validé. Quand l'indicateur reçoit une validation par un « *oui* », il contribue à la réduction de la vulnérabilité. Lorsque l'indicateur est partiellement validé, on considère que la vulnérabilité est à un niveau moyen.

Les indicateurs urbanistiques sont quantifiés par le nombre des constructions ou des habitants au mètre carré. L'indicateur de « l'occupation du sol » met l'accent sur l'activité dans l'espace, dans le cas des aléas « inondation, érosion et sanitaire », et sur la nature artificielle ou naturelle des berges, dans le cas de l'aléa « écologique ». (Voir les deux tableaux qui suivent).

Tableau II.8.9 – Mesure des indicateurs des représentations

Indicateur	Représentation pour les aléas : inondation – érosion – sanitaire				
	Appréciation de la vulnérabilité				
	Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte
IndRep1	Anarchique		Spontané	Planifié	
IndRep2	Résidentiel		Professionnel	Espaces nu	
IndRep3	>1400 H/Km ²	1000 – 1400 H/Km ²	750 – 1000 H/Km ²	500 – 750 H/Km ²	< 500 H/Km ²
IndRep4	>1000 B/Km ²	750 – 1000 B/Km ²	500 – 750 B/Km ²	350 – 500 B/Km ²	< 350 B/Km ²
IndRep5					
IndRep6					
IndRep7					
IndRep8	<10 %	10 – 25 % Oui	25 – 50 % Oui	50 – 75 % Oui	>75 % Oui
IndRep9					
IndRep10					
IndRep11					

Source – Auteure, 2025

Tableau II.8.9 – Appréciation des indicateurs des représentations de l'aléa écologique

Indicateur	Représentations pour l'aléa écologique				
	Appréciation des représentations				
	Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte
IndRep1					
IndRep2	< 10 %	10 – 20 %	20 – 40 %	40 – 60 %	< 60 % Oui
IndRep3					
IndRep4					
IndRep5	<15	15 – 30	30 – 50	50 – 70	>70 % Oui
IndRep6	< 5	5 – 25	25 – 50	50 – 75	>75
IndRep7					
IndRep8	Couverte	Artificialisée		Etat naturel	
IndRep9	Résidentiel	Professionnel		Espace nu	
IndRep10	>1400 H/Km ²	1000 – 1400 H/Km ²	750 – 1000 H/Km ²	500 – 750 H/Km ²	< 500 H/Km ²
IndRep11	>1000 B/Km ²	750 – 1000 B/Km ²	500 – 750 B/Km ²	350 – 500 B/Km ²	< 350 B/Km ²

Source – Auteure, 2025

I.4. La normalisation ou standardisation des indicateurs

Dans ces cas de figure où les indicateurs ont des unités de mesure différentes, il est indispensable de les ramener dans une même unité. Par exemple : une unité monétaire, un nombre, un pourcentage, ...etc. C'est ce qui est appelé « *Standardisation ou normalisation des données* ». Cette étape permet de transformer les données acquises jusqu'à présent, en ratios comparables en leur attribuant des valeurs numériques analogues peu importe leurs unités de mesures. Pour ça, nous pouvons utiliser plusieurs méthodes qui ont fait leurs preuves. Les méthodes d'analyse multicritères, la logique floue, le raisonnement inductif ou déductif (Montgomery 2015), ce sont des méthodes dites : statistique, empirique, mathématique ou axiologique (Boulanger 2004), qui sont utilisées pour cet objectif.

Notre choix s'est porté sur la méthode dite « *D'attribution de scores* » (Bell, Keeney, et Raiffa 1977), qui est une méthode d'analyse multicritère qui consiste à attribuer aux indicateurs des valeurs numériques d'une même grandeur, contenues dans une fourchette prédéfinie. Dans ce cas, nous avons opté pour un intervalle de valeurs allant de « 0 » à « 100 ». Cette sélection n'est pas définitive en soi, car dans cette approche, d'autres valeurs minimales et maximales peuvent être employées, comme : « 0 » et « 1 » ou « 0 » et « 10 ». Nous pourrions également recourir à des pourcentages allant de « 0 % » à « 100 % », plutôt qu'à des chiffres. Les notes de « 0 » à

« 100 » sont fixées selon l'ampleur et la récurrence de chaque indicateur (Chardon et Thouret 1994).

L'intérêt de cette méthode se trouve dans sa capacité à donner une valeur de nature commune à des indicateurs de natures différentes. Grâce à la notation, nous obtenons des indicateurs quantitatifs dont la valeur change entre « 0 » et « 100 », pour des indicateurs de valeurs d'origines qui varient entre différentes unités de mesure.

Les indicateurs d'aléa

Le tableau suivant représente la standardisation des valeurs des indicateurs d'aléas. A ce stade, il ne s'agit plus de travailler sur des indicateurs, mais sur des données ordinales toutes composées de chiffres allant de 0 à 100.

Tableau II.8.10 – Classification et attribution de scores aux indicateurs d'aléa

Indicateur	Appréciation de l'aléa				
	Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte
Aléa inondation					
IndAlé1	>80	70 – 50	50 – 30	30 – 15	<15
IndAlé2	>90	75 – 55	55 – 35	35 – 15	15 – 1
IndAlé3	>90	75	50	25	<10
Aléa érosion					
IndAlé1	>80	70 – 50	50 – 30	30 – 15	<15
IndAlé2	>75	55 – 75	55 – 40	25	<10
IndAlé3	>90	75	50	25	<10
Aléa sanitaire					
IndAlé1	>80	70 – 50	50 – 30	30 – 15	<15
IndAlé2	>90	75	50	25	<10
IndAlé3	>80	80 – 60	60 – 40	40 – 20	<20
Aléa écologique					
IndAlé1	>90	75	50	25	<10
IndAlé2	>80	70 – 50	50 – 30	30 – 15	<15
IndAlé3	≥75		50		≤25

Source – Auteure, 2025

Les indicateurs d'enjeux

Dans cette étape nous avons attribué les mêmes scores aux indicateurs peu importe l'aléa, parmi les quatre concernés.

Tableau II.8.11 – Classification et attribution de scores aux indicateurs d'enjeux

Enjeux d'Aléa : inondation (i) – érosion (g) – sanitaire (s) – écologique (é)					
Indicateur	Appréciation de la vulnérabilité				
	Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte
IndEnj1 (i ; g ; s ; é)	100	70 – 90	50 – 70	25 – 50	< 25
IndEnj2 (i ; g ; s ; é)	90	50 – 70	30 – 50	10 – 30	<10
IndEnj3 (i ; g ; s ; é)	75	60	45	30	15
IndEnj4 (i ; g ; s ; é)	100	75 – 95	50 – 75	25 – 50	< 25
IndEnj5 (i ; g ; s ; é)	55	45	35	25	10
IndEnj6 (i ; g ; s ; é)	75	55	40	25	15
IndEnj7 (i ; g ; s ; é)	70	60	40	20	10
IndEnj8 (i ; g ; s ; é)	>60	40 – 60	20 – 40	5 – 20	0 – 5
IndEnj9 (i ; g ; s ; é)	>70	40 – 70	10 – 40	5 – 10	0 – 5
IndEnj10 (i ; g ; s)	>70	70 – 55	55 – 40	40 – 25	25 – 10
IndEnj11 (i ; g)	70	63	47	31	18
IndEnj12 (i ; g)	71	64	48	32	19
IndEnj13 (i ; g)	75	65	50	33	20

Source – Auteure, 2025

Les indicateurs de gestion

Nous avons fait la même chose pour les grilles d'indicateurs de la gestion (Tab.12).

Tableau II.8.12 – Classification et attribution de scores aux indicateurs de gestion

Gestion des Aléas : inondation – érosion – sanitaire – écologique			
Indicateurs	Appréciation de la vulnérabilité		
	Très faible à faible	Moyenne	Forte à très forte
IndGes1, 3,4,5,6,9,10,11,12,16,17	75	50	25
IndGes2,7,8,13,14,15	60	45	30

Source – Auteure, 2025

Les indicateurs des représentations

Le tableau suivant donne les résultats de l'attribution des scores aux indicateurs des représentations

Tableau II.8.13 – Classification et attribution de scores aux indicateurs des représentations

Représentation pour les aléas : inondation – érosion – sanitaire – écologique					
Désignation	Appréciation de la vulnérabilité				
	Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte
IndRep1,2,3,4	< 75	75 – 50	50 – 25	25 – 10	< 10

IndRep5	100	75 – 50	50 – 30	30 – 15	<15
IndRep6	100	90 – 70	70 – 50	50 – 30	<10
IndRep7, 8, 9	>75	75 – 50	50 – 25	25 – 10	<10
IndRep10,11		60	45		30
IndRep12	>90	90 – 75	75 – 50	50 – 35	< 35
IndRep13	100	95 – 75	75 – 50	50 – 25	< 25

Source – Auteure, 2025

I.5. Agrégations : des indicateurs aux indices

L'agrégation est une opération qui consiste à condenser des données multiples dans une seule information. Elle définit la manière de pondérer les données, ainsi que celle d'identifier le rapport entre les indices et les indicateurs. Ce rapport peut être une somme, une moyenne, un produit ou autres.

I.5.1. Pondérations : des poids pour les indicateurs et les critères

Le choix de la pondération s'applique par le désir d'éviter les disparités entre différentes valeurs des données (Fekete 2009).

Pondération des indicateurs

Après la notation des grilles d'indicateurs, le temps est pour leur pondération. La pondération fait référence à l'attribution d'un coefficient à chaque indicateur selon son implication dans l'aggravation ou la diminution de la vulnérabilité (Chardon et Thouret 1994).

Cette démarche suscite de nombreux débats (Tamiz, Jones et Romero 1998) et comprend plusieurs méthodes, certaines dites objectives ou directes, qui impliquent un classement simple établi sur l'attribution de points ou la comparaison successive (Churchman et Ackoff 1954), tandis que d'autres sont indirectes, comme la méthode de comparaison par paire AHP (Saaty 1980) et MACBETH (Bana e Costa et Beinath 2005). Les différentes méthodes de pondération multicritères des indicateurs, sont récapitulées dans le tableau (Tab.11) du chapitre 4.

Dans ce cas de figure, la méthode de pondération la plus adaptée semble la méthode de la « moyenne arithmétique », qui consiste à la répartition d'un ensemble de points sur des

indicateurs (Boulanger 2004). On donne un coefficient de pondération à chaque indicateur selon son rôle sur la vulnérabilité (Chardon et Thouret 1994).

Dans le contexte de cette étude de cas, nous postulons que chaque indicateur influe sur la vulnérabilité de manière équivalente. Par conséquent, nous avons opté pour l'approche neutre du « poids moyen », aussi connue comme méthode « de la moyenne arithmétique », afin de déterminer le poids des indicateurs. Dans cette approche objective de la pondération multicritères, tous les critères sont considérés comme ayant une importance équivalente, ce qui leur confère un poids identique. Ainsi, il suffit de diviser la valeur 1 sur le nombre des indicateurs dans chaque critère :

$$\text{Poids}_{\text{Ind}} = \frac{1}{N_{\text{Ind}}} \dots\dots\dots(\text{II.8.1})$$

Pondération des critères

Le jugement personnel basé sur les informations recueillies lors des interviews et des investigations sur le terrain sert de base pour la pondération. L'échelle de poids va de « 1 » pour le poids le moins lourd, à « 4 » qui indique le poids le plus lourd. Nous avons considéré « L'aléa » comme le facteur le plus faible susceptible d'aggraver la vulnérabilité, car ses impacts peuvent être contenus grâce à des méthodes de gestion efficaces et des représentations sociales appropriées. En vertu de leur importance modérée dans la présentation de la ville, nous avons attribué à chaque critère des « Représentations » et de la « Gestion » une note de « 2 ». Les « enjeux » sont l'élément le plus crucial parmi les quatre, car ils incarnent les facteurs qui subissent les impacts des aléas ainsi que ceux de la gestion et des représentations. Les enjeux sont des indicateurs du niveau d'exposition de la ville, car une exposition accrue des enjeux signifie une exposition plus importante pour la ville. C'est pour cette raison que nous avons accordé l'importance maximale, soit « 4 », à ce critère.

Tableau II.8.15 – Coefficients de pondération des critères

Critère	Aléa	Enjeux	Gestion	Représentations
Poids	1	4	2	2

Source – Auteure, 20235

 Sachant que la même pondération est gardée pour tous les aléas, que ce soit lors de la pondération des indicateurs ou pendant la pondération des critères.

I.5.2. Agrégations : des indices synthétiques et un indice global

L'agrégation des indicateurs requiert une clarté totale et une mise en œuvre aisée, c'est la raison pour laquelle nous avons choisi d'adopter le procédé de la « *somme pondérée* » de (Roy, 1985). Ce dernier est à la fois une technique d'agrégation exhaustive et figure parmi les méthodes les plus couramment employées. Cette technique, souvent employée pour sa simplicité, présente toutefois le désavantage de perdre des informations lors de la dernière étape d'obtention des résultats (Bouzidi 2012). Une perte d'informations peut survenir lors de l'application du coefficient de pondération (IDEM). Il s'agit d'attribuer une évaluation de performance à chaque indicateur (c), qui sera ensuite multipliée par un facteur de pondération (p). L'addition sur (n) indicateurs fournit un score de performance consolidé, exprimé dans une notation globale.

Indices synthétiques des critères de vulnérabilité

Un indice est un indicateur synthétique obtenue par l'agrégation d'autres indicateurs initiaux ou de base. Nous allons appliquer l'équation suivante :

$$\text{IND. SYN} = \sum (\text{Ind}_{1 \rightarrow n} c * \text{Ind}_{1 \rightarrow n} p) \dots \dots \dots (\text{II.8.2})$$

Sachant que :

IND.SYN = indicateur synthétique ; Ind = indicateur (de base) ; p = poids du critère ; c = cote correspondante ; n = nombre des indicateurs.

✚ Nous obtenons un indice synthétique pour chacun des critères composants de la vulnérabilité, autrement dit, nous obtenons quatre indices synthétiques.

Indice globale de la vulnérabilité

De même que pour le calcul des indices synthétiques, le calcul de l'indice globale de la vulnérabilité passe par l'application de la formule numéro (III.8.3) suivante. Après son adaptation au cas présent, nous obtiendrons l'équation suivante :

$$\text{Indice_Glob} = \sum (\text{Crt}_{1 \rightarrow 4} c * \text{Crt}_{1 \rightarrow 4} p) \dots \dots \dots (\text{II.8.3})$$

Avec :

Indice_Glob = indice global ; Crt = critère de la vulnérabilité ; p = poids du critère ; c = cote correspondante.

I.6. Cartographie de la vulnérabilité globale :

Dans le cadre de la cartographie, nous faisons appel aux valeurs des « cotes » des indicateurs qui varient de « 0 » à « 100 », tout en respectant les cinq catégories d'évaluation des indicateurs. On attribue des notes de « 1 » à « 5 » pour les critères d'aléas, d'enjeux et représentations, ou de « 1 » à « 3 » pour le critère de gestion.

Tableau II.8.16 – Classes des critères

Aléas, enjeux et représentations					
Appréciation	Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte
Note	5	4	3	2	1
Cote	100 – 80	80 – 60	60 – 40	40 – 20	<20
Gestion					
Appréciation	Très faible à faible		Moyenne	Forte à très forte	
Note	5		3	1	
Cote	100-70		70-40	<40	

Source – Auteure, 2025

Etant donné que : la vulnérabilité dans ce travail compte 5 classes. Pour chacun des critères nous obtenons une matrice qui croise les appréciations de la vulnérabilité et valeurs issues de l'agrégation des indicateurs.

Autrement dit, nous croiserons les valeurs de chaque classe pour obtenir un seul indice synthétique de vulnérabilité échelonné en cinq classes.

Tableau II.8.18 – Résultats de la vulnérabilité des aléas et des enjeux

		Classes des indices synthétiques des aléas et des enjeux				
		5 Très fort	4 Fort	3 Moyen	2 Faible	1 Très faible
Classes de la vulnérabilité globale	5 Très fort	Très faible	Très faible	Très faible	Faible	Moyenne
	4 Fort	Très faible	Très faible	Faible	Moyenne	Forte
	3 Moyen	Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte
	2 Faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte	Très forte
	1 Très faible	Moyenne	Forte	Très forte	Très forte	Très forte

Source – Auteure, 2025

Tableau II.8.19 – Résultats de la vulnérabilité des représentations

		Classes de l'indice synthétique des représentations				
		5 Très fort	4 Fort	3 Moyen	2 Faible	1 Très faible
Classes de l'indice global	5 Très fort	Très forte	Très forte	Très forte	Forte	Moyenne
	4 Fort	Très forte	Très forte	Forte	Moyenne	Faible
	3 Moyen	Très forte	Forte	Moyenne	Faible	Très faible
	2 Faible	Forte	Moyenne	Faible	Très faible	Très faible
	1 Très faible	Moyenne	Faible	Très faible	Très faible	Très faible

Source – Auteure, 2025

Ceci signifie que nous allons évaluer chacun des indicateurs de chaque critère. Après cela, nous allons classer des valeurs de chaque indicateur selon leur appartenance aux cinq ou trois classes de la vulnérabilité.

Tableau II.8.20 – Résultats de la vulnérabilité de la gestion

		Classes de l'indice synthétique de la gestion		
		5 Très fort à fort	3 Moyen	1 Faible à très faible
Classes de l'indice global	5 Très fort à fort	Très forte	Forte	Moyenne
	4 Moyen	Forte	Moyenne	Faible
	3 Faible à très faible	Moyenne	Faible	Très faible

Source – Auteure, 2025

I.7. Les outils techniques utilisés

Dans ce contexte, les outils SIG « QGIS » et « ArcGIS » nous permettront de convertir les données numériques en données cartographiques. Ces instruments nous permettront d'attribuer une dimension spatiale aux données numériques des tableaux d'indicateurs.

Le résultat final sera affiché sous forme de quatre cartes indiquant chacune la vulnérabilité d'un des critères étudiés. C'est-à-dire : une carte pour chaque critère, à savoir : une carte de l'aléa, une carte des enjeux, une carte de gestion et une carte des représentations.

I.8. Résultats obtenus pour l'aléa inondations

Figure II.8.1 – Carte d'aléa inondation

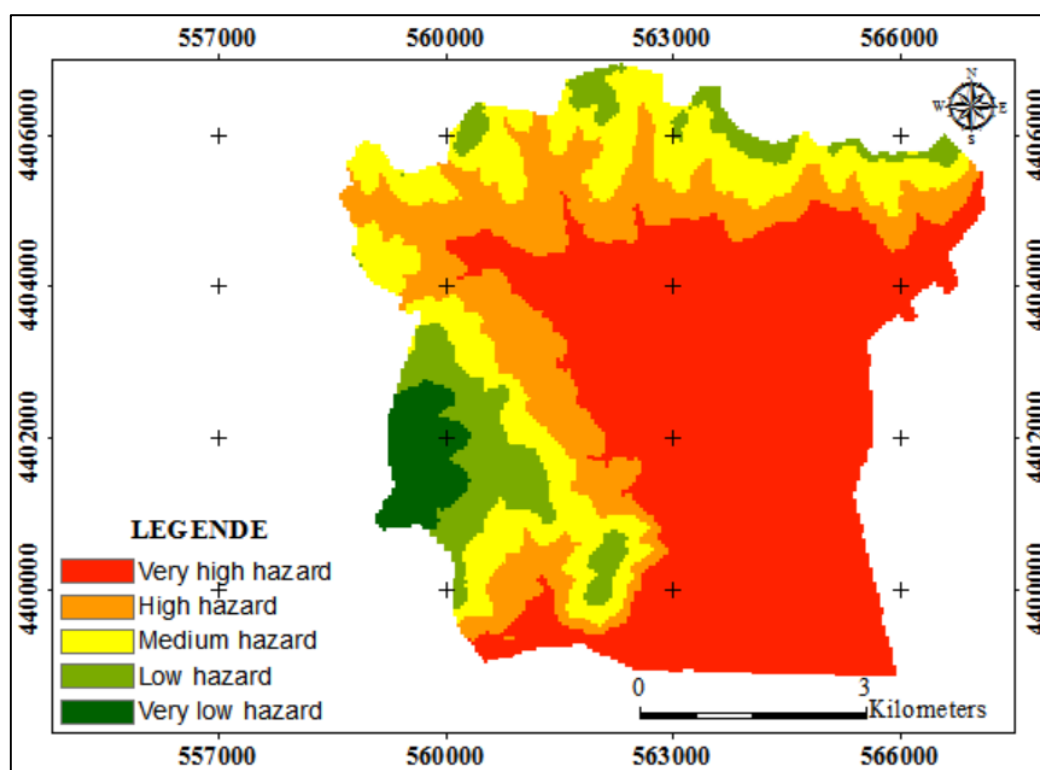


Figure II.8.2 – Carte des enjeux

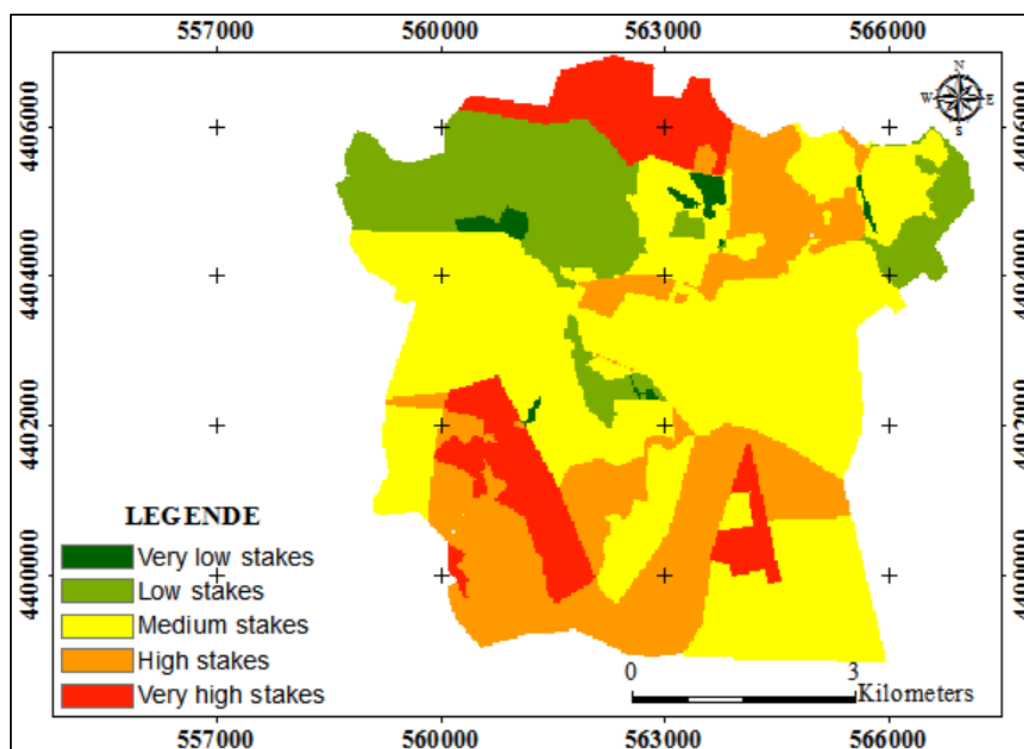


Figure II.8.3 – Carte des représentations

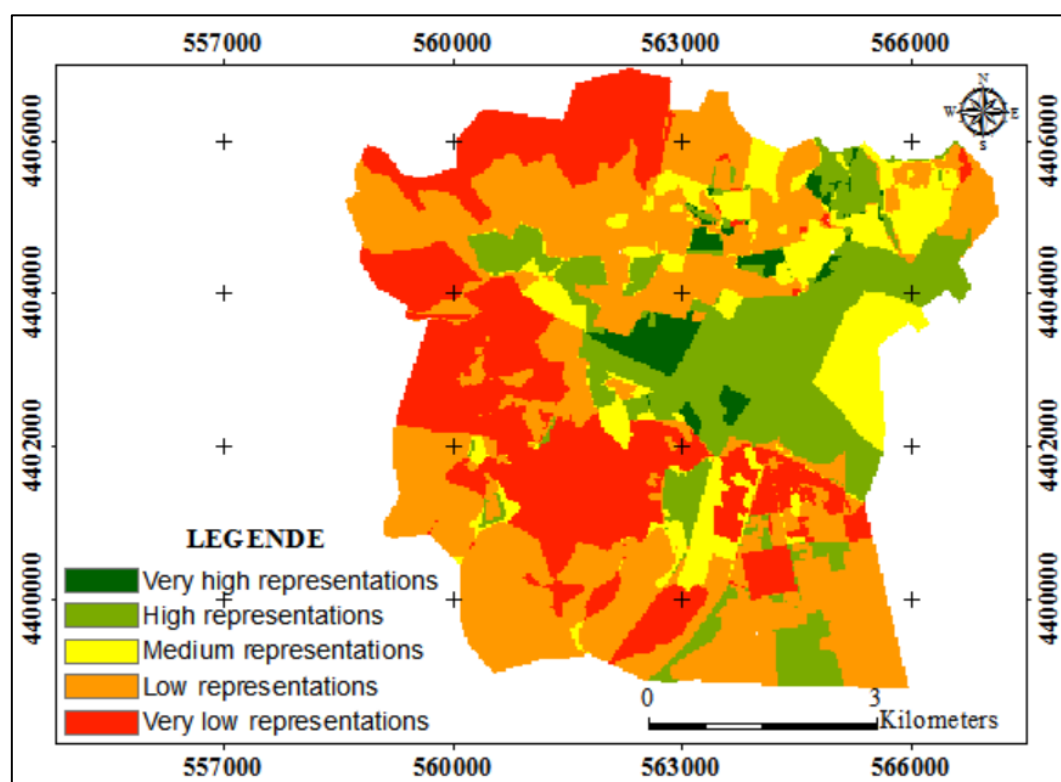


Figure II.8.4 – Carte de la gestion

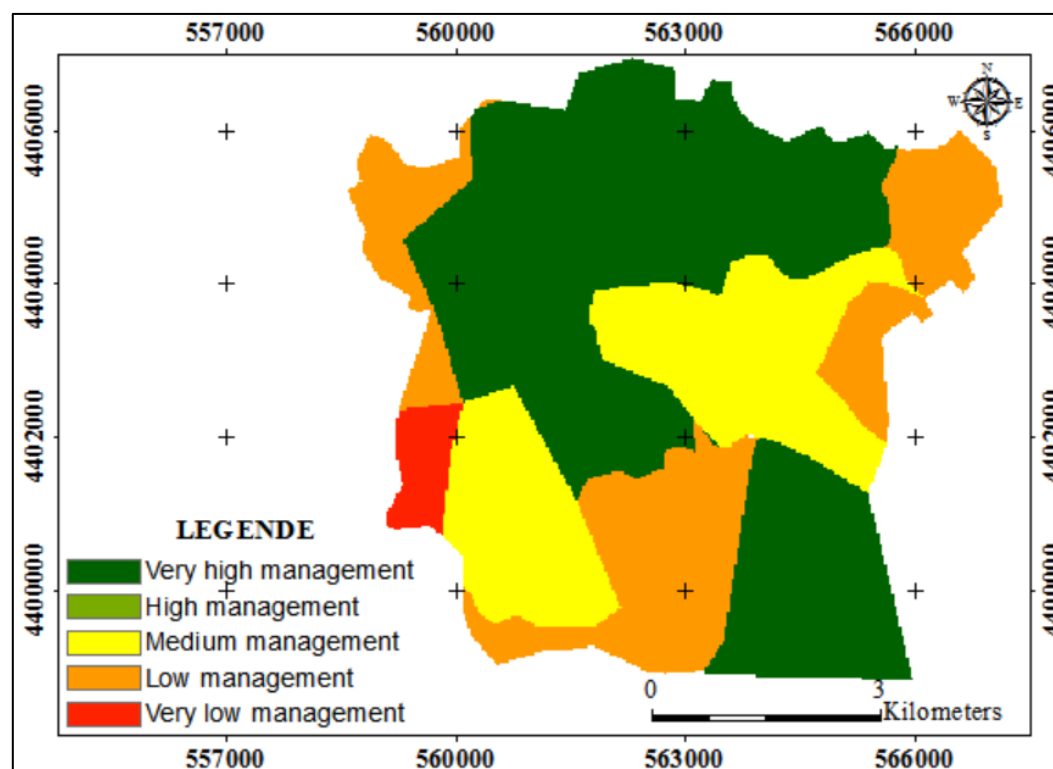
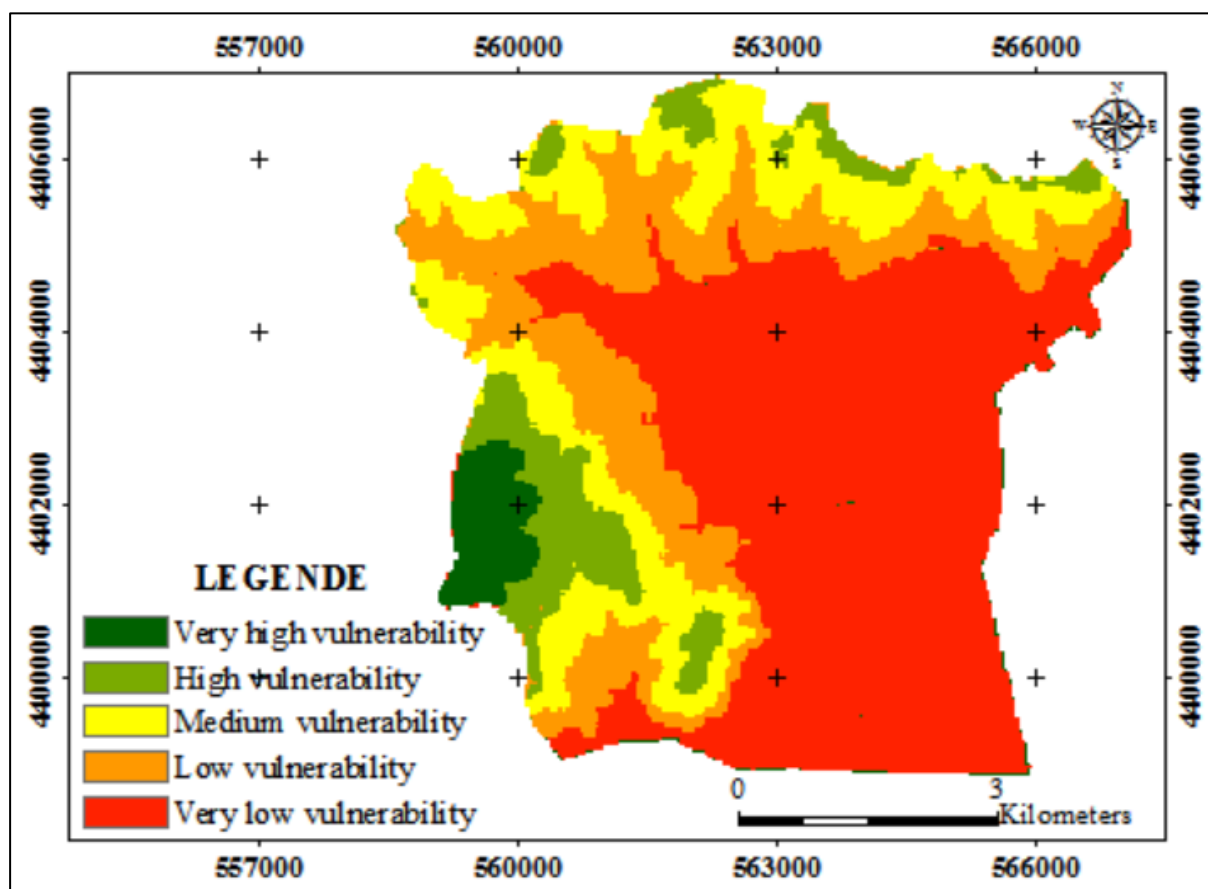


Figure II.8.5 – Carte de la vulnérabilité globale au risque d'inondation



Source – Auteure, 2025

Conclusion du chapitre

Ce travail nous éclaire sur la vulnérabilité associée à chaque critère individuellement, ainsi que sur la vulnérabilité globale résultant de l'agrégation de ces critères. Des conclusions ont été tirées qui évaluent la vulnérabilité pour chacun des quatre critères sélectionnés ainsi que pour la vulnérabilité globale.

L'analyse des aléas révèle une vulnérabilité dans les zones urbaines situées à proximité des sources d'eau de surface, qu'elles soient terrestres ou maritimes. Les secteurs les plus exposés à l'aléa inondation sont les secteurs situés aux abords des cours d'eau et au bord de la mer. Cette région est déterminée par la plaine maritime. Pour les zones situées en hauteur, le risque d'inondation est pratiquement nul. En revanche, les hauteurs sont un endroit où l'érosion est toujours un danger, surtout en présence d'eau. Dans ce cas, l'eau peut être de surface ou souterraine. L'aléa sanitaire présente également un rapport avec les eaux, bien que la corrélation soit moins forte comparée à celle de l'aléa inondation. Cet aléa est principalement influencé par des éléments humains et non naturels, et les domaines les plus vulnérables sont ceux présentant une densité plus élevée et qui sont considérés comme des zones informelles. L'aléa écologique, bien sûr, a une relation spatiale directe avec les cours d'eau de surface, car ces zones sont les seules considérées pour l'analyse de l'aléa écologique. Les domaines qui présentent le plus de vulnérabilité face à cet aléa sont ceux qui forment la zone industrielle ou les endroits situés près de celle-ci, en particulier lorsqu'il s'agit de zones anarchiques et spontanées.

L'analyse des trois autres critères de la vulnérabilité révèle également une corrélation spatiale positive avec les zones exposées à chacun des risques. L'accroissement de la vulnérabilité est directement associé à la concentration des enjeux dans une zone urbaine. Les zones les plus exposées sont celles qui affichent des défaillances dans les différents domaines de la gestion, principalement urbanistique et de gestion des déchets solides et liquides. En ce qui concerne les représentations, nous avons observé une corrélation positive entre les régions géographiques touchées par divers aléas et le niveau élevé des représentations profanes.

En définitive, l'addition des quatre critères aboutit à une carte qui confirme les conclusions indiquant que l'aléa est le moteur à travers lequel les trois critères (enjeux, représentations et gestions) s'orientent.

CONCLUSION DE LA DEUXIEME PARTIE :

Les villes algériennes, y compris Bejaia, ont subi une urbanisation inappropriée (Ammiche et al 2003 ; Boutabba et al. 2012), ce qui a aggravé les dommages sur les environnements naturels hydrauliques, en particulier ceux liés aux cours d'eau. Au cours des opérations d'interventions urbaines, les rivières ont été modifiées de diverses façons, essentiellement sur le plan physique et morphologique : revêtement, aménagement, déviation due à des travaux sur les berges ou les lits. Ceci représente un enjeu majeur pour la vulnérabilité de la ville, qui fait face à une multitude de risques liés aux cours d'eau de surface.

L'identification des espaces urbains les plus sensibles et vulnérables aux phénomènes de risques hydrologiques nécessite des analyses des morphologies urbaines et d'occupation des sols (Combe 2007), en plus des comportements humains et sociaux et des activités économiques, que nous avons, tous, réunis dans des grilles d'indicateurs performants. En application de la méthode systémique avancée par (Meur-Ferec et al. 2020), l'approche soutenue nous a permis d'évaluer la vulnérabilité aux risques hydrologiques terrestres dans la ville de Bejaia.

Le choix de cette méthode découle de la volonté à dépasser les limites des approches segmentées, qui sont souvent soit concentrées sur l'aléa, soit sur la vulnérabilité, et jamais sur les deux en même temps, et encore moins sur la vulnérabilité globale.

A partir de données brutes qualitatives, semi qualitatives et quantitatives, nous sommes arrivées à construire des grilles d'indicateurs performants descriptifs de la vulnérabilité. Ensuite, nous avons évalué la vulnérabilité physique, morale et institutionnelle de la ville de Bejaia.

L'utilisation des indicateurs n'est pas toujours facile à exploiter sur le terrain, à cause du nombre important des indicateurs utilisés. Grace à ce travail pratique, nous avons su réduire le nombre des indicateurs en les agrégeant dans quatre indices synthétiques représentatifs des quatre composants de la vulnérabilité globale. Ces indices synthétiques sont agrégés à leur tour pour former un indice global de la vulnérabilité, facilement exploitable.

Au bout du compte, nous avons réussi à élaborer des cartes qui couvrent la zone d'étude en fonction de zones considérées comme vulnérables ou moins vulnérables. L'utilisation de l'indice global de vulnérabilité, ainsi que des indices synthétiques et des cartes associées, peut servir dans divers domaines et secteurs urbains.

Toutefois, cette approche présente une faiblesse liée aux techniques de recherche des données (Chapitre 7), qui repose essentiellement sur un aspect subjectif. Les entretiens et les questionnaires sont tous deux des techniques subjectives de recherche de données.

Nous avons cherché à corriger la faiblesse due à la subjectivité de la méthode lors des phases ultérieures en employant des techniques objectives de traitements des données.

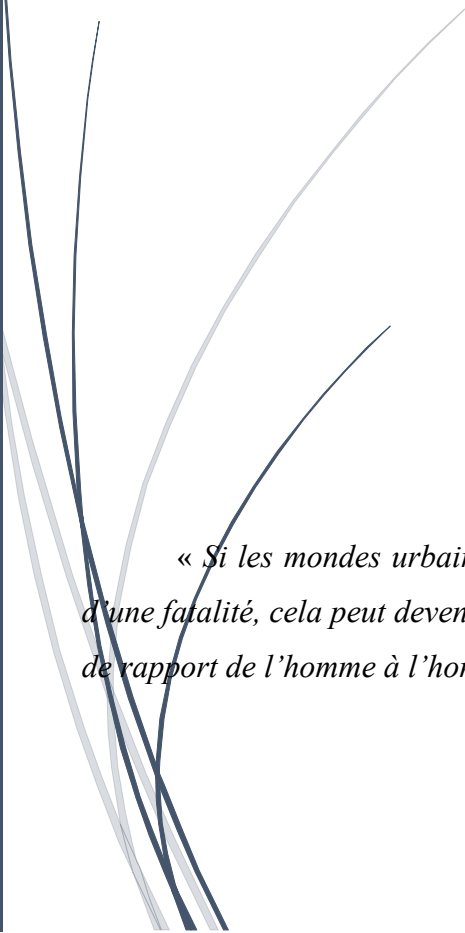
Par ailleurs, la faiblesse ici peut également être perçue comme une force. Cette approche a facilité la conceptualisation de la vulnérabilité du point de vue des utilisateurs et des gestionnaires urbains directement concernés par les risques étudiés.

C'est une approche spécialement conçue pour être utilisée comme un instrument de gestion et d'explication des phénomènes de risques, destiné aux spécialistes comme aux profanes présents dans la zone d'étude. C'est un instrument élaboré par eux et dont les résultats leur sont également destinés.



CHAPITRE DE CONCLUSION

Conclusion générale, limites et perspectives



« Si les mondes urbains sont notre avenir, alors plutôt que de considérer qu'il s'agit d'une fatalité, cela peut devenir un horizon pour expérimenter et instaurer un nouveau régime de rapport de l'homme à l'homme, de l'homme à son environnement »

Harpet, 2016

CONCLUSION GENERALE :

La présente étude nous a permis de fixer plusieurs conclusions liées aux résultats obtenus, mais aussi aux limites et aux perspectives de l'étude.

Ce travail a répondu à la question de la problématique dans la mesure où il a réussi à définir la part de l'influence anthropique, et la part de l'influence naturelle sur l'avènement des phénomènes dangereux issus des cours d'eaux de surface. Nous avons observé que la vulnérabilité aux phénomènes de risques étudiés découle principalement des aléas, c'est-à-dire d'une vulnérabilité du site naturel liée à la présence des eaux de surface, sans négliger d'autres facteurs naturels aggravants tels que les précipitations ou la configuration du terrain. Toutefois, nous avons confirmé que l'aléa en soi ne peut représenter une menace. Pour que cela soit vrai, les facteurs naturels doivent être soutenus par des stimulants humains présents dans les zones urbaines. C'est l'existence de ces facteurs qui rend possible la notion de risque ou d'exposition à ce dernier. En plus de cela, les vulnérabilités et risques sont caractérisés en fonction des dynamiques humaines, qu'elles soient individuelles ou collectives.

1. RESULTATS DE LA RECHERCHE :

Que ce soit sur le plan théorique, méthodologique ou analytique, ce travail nous a permis d'arriver à des résultats concrets que nous allons résumer dans ce qui suit :

1.1. Résultats de l'action théorique

Quel que soit le thème de recherche, le travail théorique exploite des données bibliographiques liées au thème afin de l'éclaircir et d'en faciliter la compréhension pour les destinataires. Ce travail ne fait pas exception, puisqu'il se concentre sur le jargon associé au sujet de la recherche et aux idées qui lui sont reliées.

D'autre part, nous avons exploré l'évolution de la position des cours d'eau de surface au sein de la ville. Cette tâche a facilité la compréhension de la présence des cours d'eau en milieux urbains pour le lecteur non expert, qui peut les associer aisément aux simples phénomènes d'inondation. Nous avons constamment souligné l'importance de cet élément dans le contexte urbain, ainsi que ses multiples impacts et apports. Nous avons réussi à établir les avantages des cours d'eau pour les environnements urbains, ce qui peut aider à promouvoir la

sauvegarde de ces ressources et à évoluer la planification ainsi que la quête de solutions novatrices pour leur préservation, surtout dans le cadre actuel marqué par des changements climatiques tendant vers un réchauffement dans la plupart des zones du globe.

En parallèle, nous avons fait exactement la même chose, cette fois-ci, avec le phénomène d'urbanisation. De la même manière que pour les cours d'eau de surface, nous avons fait la lumière sur la dynamique urbaine à travers les temps et les régions du monde, sans perdre de vue le thème étudié. C'est-à-dire, nous avons centré notre attention sur le phénomène urbain et la manière dont les cours d'eau de surface sont perçus dans ces milieux, leur intégration dans ces environnements, ainsi que sur les cohabitations passées et potentielles à venir entre les deux éléments.

Ces deux concepts nous ont, de manière automatique, conduit à examiner les relations entre eux. Dans ce cadre, nous avons analysé la dynamique urbaine en lien avec les eaux de surface, en retraçant son évolution chronologique au fil des périodes d'urbanisation. C'est grâce à ça que nous avons illustré les modifications qui ont affecté ces deux aspects, anthropique et naturel et que nous avons mis en évidence les facteurs qui ont constamment agi sur ces deux aspects et la manière dont ils sont interconnectés.

Ces deux concepts urbains sont interconnectés de manière bidirectionnelle et ont une influence réciproque. C'est l'accumulation de ces liens qui est à l'origine de l'émergence des phénomènes de risques hydrologiques terrestres.

Illustrer le trajet de ces cours d'eau à Bejaia et au niveau mondial constitue un accomplissement dans la traçabilité de la dynamique urbaine associée aux rivières de surface. L'analyse de la dynamique urbaine en lien avec les cours d'eau est en réalité un excellent moyen pour saisir les transformations d'un territoire et comprendre les événements qui s'y sont déroulés.

Ces connaissances peuvent servir à tracer les changements qui se sont produits dans l'espace et orienter ainsi les comportements à venir.

1.2. Résultats de l'action méthodologique

Le sujet actuel, qui se situe au croisement de nombreux domaines d'étude, a requis l'utilisation d'une vaste sélection de techniques et d'instruments divers, en termes de leurs champs d'application et de leurs provenances.

L'apport de ce travail se révèle dans la façon dont toutes ces techniques et instruments ont été rassemblés. Ce travail implique une compilation originale de diverses méthodes et outils de recherche, qui ne sont pas nécessairement structurés pour être rassemblés dans un même projet de recherche.

Toute cette disparité dans les disciplines impliquées renforce la préférence pour le choix de l'approche systémique, qui est la seule à offrir la possibilité de déterminer les cibles à atteindre (D'Ercole et al. 1995).

C'est également une méthode facile à utiliser pour tous les gestionnaires qui souhaitent l'employer pour réaliser leurs propres évaluations, selon leur domaine et leurs objectifs spécifiques. Selon leurs objectifs d'évaluation de la vulnérabilité, ils ont la possibilité de modifier, d'ajouter ou de retirer des indicateurs.

Cette méthode peut être utilisée à la convenance de divers acteurs : les services de protection civile et les compagnies d'assurances seront davantage attirés par les enjeux, tandis que les administrations publiques mettront plutôt l'accent sur les défaillances dans la gestion. D'un côté, les urbanistes et architectes se focaliseront sur les problématiques matérielles, tandis que de l'autre, les écologistes mettront l'accent sur la qualité écologique des environnements naturels.

Chaque utilisateur potentiel peut utiliser l'ensemble des données ou se limiter à une portion qui lui est utile. En suivant la lignée des exemples antérieurs : les planificateurs urbains et les assureurs peuvent se limiter aux indicateurs liés aux enjeux physiques et humains, tandis que dans un cadre de préservation de l'environnement, ce sont davantage les enjeux environnementaux qui revêtent de l'importance.

1.3. Résultats de l'action analytique et pratique

Cette étude se distingue par son exhaustivité, intégrant autant d'informations que possible sur les indicateurs de vulnérabilité ainsi que sur les risques hydrologies terrestres.

Il est également le premier travail à se pencher sur les dimensions socio-psychologiques et de gestion dans l'analyse d'un phénomène de vulnérabilité face aux risques dans notre zone d'étude. Grâce à ce travail nous avons réussi à créer des données inexistantes auparavant dans la zone d'étude. Lors de ce travail, les indicateurs de gestion et de représentations ont été totalement élaborés ou extraits de la littérature, et toutefois vérifiés et validés par les gestionnaires et les profanes.

Ces données de gestions et des représentations sociales étaient inexistantes jusqu'à présent. Les constituer dans ce travail est un résultat de poids. Grâce aux données accueillies dans ce travail, les acteurs urbains chargés des risques peuvent s'informer sur les points faibles et les points forts que présentent les facteurs sociaux et administratifs, et ainsi agir en conséquence.

2. LIMITES METHODOLOGIQUES :

Nous présentons ici un récapitulatif des contraintes associées à la démarche méthodologique choisie dans ce travail.

2.1. Utilisation de l'approche géo historique :

La géo-historique permet de repérer les événements historiques sur un espace, suivant un ordre chronologique découpé en phases. Par conséquent, cette approche exige l'emploi de sources aussi anciennes que les périodes choisies.

L'étude de la ville de Bejaia, dont l'histoire urbaine remonte à la préhistoire et qui a connu des périodes d'instabilité, est rendue complexe par la difficulté de trouver des sources crédibles et de bonne qualité.

Par ailleurs, le sujet lui-même, qui se concentre sur deux aspects : l'urbanisation de la cité et les eaux superficielles présentes dans celle-ci, rend l'accès aux sources encore plus complexe. En conséquence, nous avons été contraints de nous tourner vers des références historiques plutôt qu'urbaines ou hydrographiques.

2.2. Enquêtes par entretiens et par questionnaires :

L'utilisation d'interviews et de questionnaires pour obtenir des informations est confrontée à la subjectivité inhérente aux données collectées, qu'il s'agisse d'experts ou de profanes, les données obtenues sont basées sur leurs opinions personnelles et jugements

propres. En plus de leur caractère subjectif, les informations tirées de ces techniques peuvent être biaisées de diverses façons. Certaines sont associées à la personnalité de l'interlocuteur. Par exemple : Quelques participants choisissent de ne pas exprimer leurs véritables pensées, mais fournissent l'information que le chercheur souhaiterait entendre, ou ce qu'ils estiment que la majorité de leurs concitoyens répondraient.

En outre, un spécialiste ou un profane fournit sa réponse en fonction de son niveau de connaissances actuel. Ces informations peuvent être sujettes à des modifications ou à des perfectionnements dans un laps de temps très court, ne dépassant peut-être pas quelques jours.

Plusieurs éléments peuvent également orienter les réponses, tels que le niveau d'éducation de l'interlocuteur, son accès aux informations dans son domaine, ou encore son expérience dans sa fonction actuelle.

2.3. Utilisation des indicateurs :

L'analyse par indicateurs présente plusieurs contraintes liées à la qualité des résultats et à la complexité du processus. Il y a des points limitatifs lorsque l'on passe des concepts de vulnérabilité à des grilles d'indicateurs représentatifs de la vulnérabilité.

Tous d'abord, la réalité est caractérisée par sa complexité spatiale, sociale, urbanistique et naturelle. Contenir cette complexité dans un nombre défini d'indicateurs, ne la reflète pas aussi fidèlement que voulu, puisque cela conduit à une perte d'informations ([Gallopín 1997](#)).

Ensuite, les données fournies par les indicateurs sont soumises à la dynamique du territoire concerné. Par la dynamique du territoire nous entendons les altérations et transformations susceptibles d'affecter divers éléments du territoire qui sont intégrés dans les grilles d'indicateurs employées. Ceci requiert une mise à jour régulière des informations et rend leur acquisition complexe et onéreuse en termes de ressources humaines, financières et temporelles. Dans ce contexte, la mise à jour constante et sans interruption des données est essentielle pour assurer une qualité optimale des indicateurs. Les résultats affichés sont tributaires des données fournies par les indicateurs employés. Si les indicateurs sont modifiés, les résultats seront ajustés en fonction.

D'autre part, l'acquisition des indicateurs dépend en grande partie de méthodes subjectives fondées sur les jugements humains, d'où le caractère contestable des résultats. Les indicateurs

que nous avons obtenus sont quasi totalement obtenus par le travail de terrain par questionnaires et entretiens. Ces résultats sont donc en rapport avec les opinions des répondants et par conséquent, ils peuvent changer par le changement de l'échantillon enquêté. Il en est de même pour certaines méthodes de mesure qui se basent aussi sur les jugements humains, ce qui revient au même constat où les résultats restent plus ou moins relatifs.

Finalement, arriver à des indicateurs acceptables et compréhensibles par tout le monde, montre des défis de taille. Obtenir des indicateurs quels qu'ils soient nécessite la consultation d'un échantillon représentatif qu'il soit composé d'experts ou de profanes. Plus le nombre de l'échantillon est important, plus les résultats sont plus représentatifs de la situation, d'une part. Par ailleurs, ils peuvent mettre en évidence des différences d'opinion et compliquer la classification des résultats dans des catégories similaires. Il est même possible que certaines recherches aboutissent à des indicateurs contradictoires.

Ajouté à cela, l'agrégation de plusieurs indicateurs dans un indicateur global peut aussi bien fausser les informations. Un indicateur global peut être jugé favorable ou positif, alors qu'il comporte un ou des indicateurs partiels négatifs ou défavorables.

Néanmoins, une fois obtenus, ces indicateurs peuvent servir d'outil de connexion entre les différents acteurs qui ont contribué à leur obtention, et peuvent faciliter la concertation entre eux lors des prises de décisions communes. Les indicateurs agrégés facilitent encore plus le maniement des grilles d'indicateurs, car ils se rapportent facilement aux normes et aux objectifs. Ils sont aussi plus facilement interprétables dans des SIG.

2.4. Le traitement statistique des données :

Les approches statistiques fondées sur des techniques mathématiques objectives présentent des limites inhérentes à leur validité scientifique. Toutes les méthodes mathématiques utilisées dans ce travail ont été critiquées par des spécialistes qui ont émis des réserves quant à la fiabilité des résultats qu'elles donnent. Entre autres, ces méthodes ont tendance à cumuler des données et donc à perdre des informations.

En revanche, les techniques de pondération présentent des contraintes liées à leur caractère subjectif. À ce sujet, nous avons fait appel au discernement humain pour attribuer des poids aux critères de la vulnérabilité. Selon Perret (2002), il est évident que la faiblesse des

indicateurs synthétiques et globaux réside dans la difficulté à justifier de manière rationnelle les poids de pondération qui leur sont attribués (Perret 2002).

2.5. L'utilisation des SIG :

Les SIG sont un outil technique avec plusieurs avantages, néanmoins, ils affichent de nombreuses limites.

Les SIG fournissent des résultats selon des échelles géographiques plutôt qu'humaines. Dans cette étude, les enjeux ne sont pas cartographiés au niveau individuel, mais à une échelle plus vaste, ce qui réduit la précision des données. Les résultats obtenus présument que tous les individus d'une même région partagent des représentations et des attributs qui les rendent uniformément vulnérables, une supposition qui ne reflète pas la réalité.

Les SIG ne sont pas utilisés pour leurs capacités d'analyse statistique mais pour leurs fonctions de décodage et de visualisation géographique (Chang et al. 2004), c'est-à-dire que les SIG ne disposent pas de fonctions statistiques capables d'effectuer des calculs statistiques avancés. Leurs principales fonctions restent de loin la visualisation et le codage géographique.

Ces limites sont encore plus visibles dans le cas des aléas sanitaires et écologiques.

3. PERSPECTIVES ET RECOMMANDATIONS :

Les perspectives émergent à partir des limites (Boutabba 2013), c'est la raison pour laquelle nous synthétisons les orientations de l'étude actuelle dans les recommandations ci-dessous :

3.1. Perspectives méthodologiques :

Nous prenons en compte les améliorations techniques que nous pourrions apporter à ce travail afin de rendre le processus plus accessible et les résultats plus fiables et applicables sur le terrain.

3.1.1. Le choix des composants du système :

Dans ce travail, nous avons considéré le système comme un système fermé composé uniquement d'éléments internes. Nous n'avons pas pris en compte des éléments physiques et moraux dont l'origine ou la source se trouve à l'extérieur du périmètre urbain étudié.

Ces indicateurs externes pouvaient agir comme des signaux externes au système, susceptibles d'influer sur la vulnérabilité globale. Ils reflètent des éléments humains ou naturels externes au système, mais qui ont un impact sur ce dernier. Ces éléments se divisent en trois composantes principales, correspondant aux trois aspects de la vulnérabilité globale : les enjeux, les représentations et la gestion.

Par exemples, le volet socio-démographique peut modifier la vulnérabilité des enjeux et des représentations en même temps. Il en est de même pour le volet structurel des réseaux de trafic. Le volet gestion peut influencer les décisions de gestion qui peuvent être prises lors, avant ou après un aléa, ce qui rend cet élément intéressant dans une évaluation de la vulnérabilité globale.

Schéma 1 – Eléments extérieurs au système qui influent sur son fonctionnement et sa structure

Le trafic	La gestion	Le socio-démographique
• Les routes nationales • Les équipements de mobilité vers et à l'extérieur de la ville (gare routière, gare ferroviaire, port, aéroport)	• Règlementation nationale • Règlementation régionale • Moyens humains, techniques et financiers	• Les populations visiteuses non résidentes de la ville (touristes, étudiants, travailleurs)

Source – Auteure, 2025

La prise en compte de ces éléments aurait pu modifier les résultats finaux obtenus. Ils auraient pu modifier les résultats obtenus pour les indices de la gestion, des représentations et des enjeux, ce qui montre l'importance de leur insertion à l'avenir.

3.1.2. Suivi temporel des indicateurs :

Les quatre composantes abordées lors de l'évaluation de la vulnérabilité, sont caractéristiques de la vulnérabilité systémique d'un territoire à un moment donné. Néanmoins, et comme nous avons expliqué auparavant, les indicateurs de la vulnérabilité sont dynamiques et non figés dans le temps. Ceci signifie que ces derniers sont modifiés dans le temps. C'est-à-dire que les résultats obtenus cette année sont à remettre en cause à moyen ou à long terme.

L'actualisation constante et régulière des données composant les indicateurs est indispensable pour assurer un suivi temporel efficace. Cela nécessite l'allocation de ressources humaines, techniques et financières pour accomplir cette tâche. Pour faciliter le travail et lui donner une meilleure structure, nous proposons de créer un instrument technique « SIG-Informatique » ou « SIG-Web », que les utilisateurs concernés pourront utiliser. Avec cet instrument, nous envisageons un SIG de la vulnérabilité globale, semblable à celui présenté dans ce travail, mais intégré dans une interface numérique et accessible en ligne ou sur intranet. Cet instrument comprendra des sections où seront insérés les quatre critères, et pour chaque critère, les indicateurs qui le composent. Cet instrument pourra donc aider à l'intégration des données mises à jour en termes de temps et d'espace.

Cet outil peut servir d'observatoire de la vulnérabilité de la ville de Bejaia face aux risques hydrologiques terrestres.

3.1.3. Consultation des scientifiques :

Lors de la mise au point des grilles d'indicateurs de la vulnérabilité, nous avons fondé notre méthode sur les opinions des acteurs urbains : gestionnaires et habitants, sans prendre en compte les avis des scientifiques.

Cela est une limite dans ce travail car les avis des scientifiques peuvent servir à donner une meilleure qualité aux indicateurs choisis.

Les scientifiques à consulter sont ceux spécialistes des risques et des risques issus des cours d'eau en particulier. Tout au long de la démarche, le chercheur peut solliciter leur avis. Cela concerne le choix d'indicateurs à sélectionner, la détermination des poids à attribuer, ainsi que l'évaluation de la faisabilité et de la pertinence des indicateurs.

3.2. Perspectives d'application :

Les perspectives d'application concernent deux volets : l'application à d'autres espaces que Bejaia et à d'autres phénomènes que les risques hydrologiques terrestres.

D'une part, cette approche est mise en œuvre dans le contexte urbain de Bejaia. Il n'est pas impossible que cette même méthode puisse être appliquée dans d'autres contextes urbains similaires à celui de Bejaia. Autrement dit, une ville présentant des caractéristiques naturelles et humaines similaires.

Cette technique reste aisément mise en œuvre même lorsqu'une ville présente des caractéristiques variées. Cette approche se base sur des indicateurs disponibles dans l'ensemble des villes. Que ce soit des infrastructures, des comportements sociaux ou des orientations politico-administratives, ces aspects sont présents dans toutes les cités, qu'elles se trouvent dans le désert, ou dans les zones internes du pays, qu'il s'agisse de villes planifiées ou spontanées, voire de simples bidonvilles. Il faut juste prendre en compte d'adapter les grilles d'indicateurs, car selon l'espace étudié, certains des indicateurs peuvent être utiles et d'autres non.

Par ailleurs, cette technique est mise en œuvre pour les phénomènes de risques hydrologiques terrestres. Il reste envisageable de l'appliquer à d'autres types de phénomènes dangereux. Comme pour l'application à d'autres espaces, il est indispensable de modifier les grilles d'indicateurs en fonction des exigences et des spécificités des phénomènes. Il est indispensable de réviser la grille des indicateurs d'aléa, ainsi que d'autres indicateurs liés aux enjeux et à la gestion.

Par exemple, concernant les risques hydrologiques maritimes tels que « l'érosion du littoral, la submersion marine ou les tsunamis », les enjeux ne sont pas identiques à ceux liés aux risques hydrologiques terrestres. Il en est de même pour les méthodes de gestion. Par contre les représentations restent inchangées.

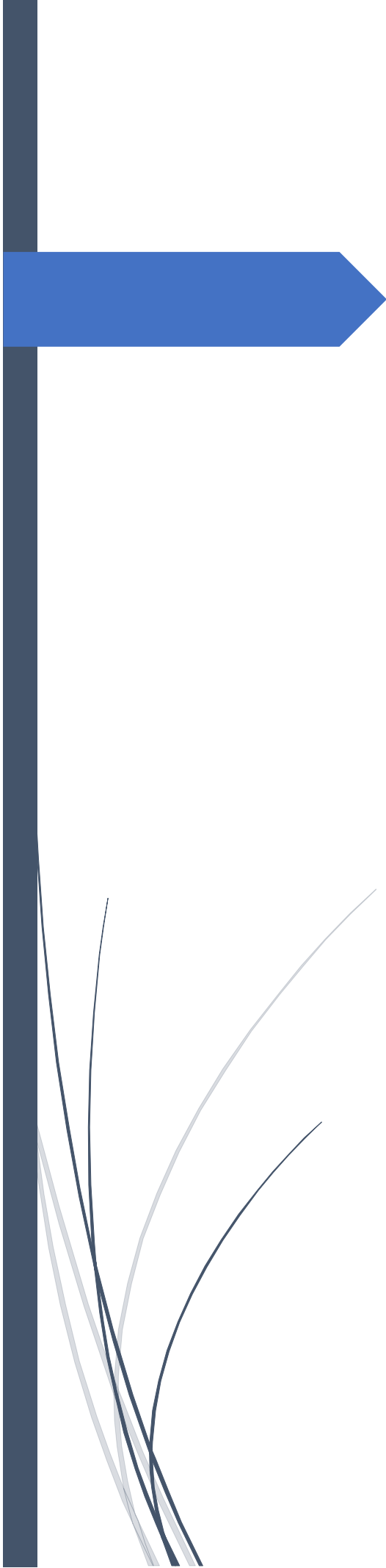
4. CONCLUSION GENERALE :

L'objectif principal de ce travail est faire une évaluation de la vulnérabilité via des grilles d'indicateurs performants. Cela peut engendrer un outil d'aide à la prise de décision, exploitable par les autorités locales qui ont participé aux enquêtes. Cet outil sera utilisé lors des phases de prévention et d'intervention sur les phénomènes de risques pris en compte.

Au cours de l'étape de prévention, on identifie les zones les plus vulnérables. Dans cette phase, l'outil peut être utilisé pour orienter les méthodes d'intervention dans le but de renforcer les zones critiques. Cet instrument, qui identifie les communautés les plus vulnérables aux risques « représentations faibles et très faibles », peut être utilisé pour cibler les campagnes de sensibilisation, en privilégiant ces zones plutôt que celles où les représentations sont plus prononcées.

Lors de la phase intervention en aidant à cibler les interventions dans les zones les plus susceptibles à être exposées. En se basant sur les données des indicateurs spatialisés, l'utilisateur a la possibilité de repérer les zones urbaines à risque tout en disposant d'un accès à l'emplacement des enjeux exposés, y compris à l'échelle locale. Ceci facilite la planification des actions en dirigeant les ressources techniques et humaines en fonction de la vulnérabilité de la région et du type d'enjeu. Les moyens de secours requis pour les enjeux humains diffèrent de ceux nécessaires pour les enjeux structurels, par exemple.

En fin de compte, l'analyse de la vulnérabilité aux risques hydrologiques terrestres dans la ville de Bejaia réalisée dans ce travail ne constitue pas un but en soi. Elle sert plutôt de support pour d'autres initiatives mieux élaborées.



BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- Abdmouleh, Lamia. 2011. « La conscience écologique citoyenne : de la sensibilisation à la participation des actions écophiles ». *Cahiers de Psychologie Politique* 19 (19). <https://cpp.numerev.com/articles/revue-19/900-la-conscience-ecologique-citoyenne-de-la-sensibilisation-a-la-participation-des-actions-ecophiles>.
- Adams, Samuel, et Edem Kwame Mensah Klobodu. 2017. « Urbanization, democracy, bureaucratic quality, and environmental degradation ». *Journal of Policy Modeling* 39 (6): 1035-51.
- Adger, W. Neil. 2006. « Vulnerability ». *Global environmental change* 16 (3): 268-81.
- Agharmiou, Naima. 2013. « La planification urbaine à travers les PDAU-POS et la problématique de la croissance empirique à la wilaya de Tizi Ouzou ». PhD Thesis, Université Mouloud Mammeri. https://www.ummtto.dz/dspace/bitstream/ummtto/1495/1/These_Agharmiou.pdf.
- Ait-Aoudia, Meriem. 2006. « Structuration des données pertinentes Pour un SIG outil d'aide à la décision, Appliquée a la politique de zones d'activités durables ». Mémoire Magister, Alger : EPAU.
- Alkama, Djamel, et Abdelmalek Tacherift. 2001. « Essai d'analyse typo-morphologique des noyaux urbains traditionnels dans la région des Ziban ». <http://archives.univ-biskra.dz/handle/123456789/748>.
- Ameur, Naima. 2014. « Analyse et évaluation du potentiel de risque du glissement de terrain d'Azazga ». PhD Thesis, Université Mouloud Mammeri. <https://fdsp.ummtto.dz/items/c3658f9a-2bdd-46ac-92ec-368a78bc4f2b>.
- Amiet, Pierre. 1986. *L'âge des échanges inter-iraniens: 3500-1700 avant J.-C.* FeniXX. <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=VhYBEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Amiet,+1986&ots=NiTHkrkqnn&sig=1BqVCKUeavv6J3PbGw0IxFEeXKHU>.
- Antoni, Jean-Philippe. 2010. « L'étalement urbain ». *La France en villes*, 164-76.
- Aouni, Mehenna. 2014. « Centralités urbaines et développement touristique à Bejaia (Algérie) ». PhD Thesis, Reims. <https://theses.fr/2014REIML003>.
- Athanassiadis, Aristide, et Jerome Carette. 2010. « Mix design of green concretes based on materials thrifty of non-renewable resources, Ingénieur Civil ». <https://difusion.ulb.ac.be/vufind/Record/ULB->
- Auberger, Julie, Angel Daniel Avadi Tapia, Jérôme Chiffe, Michael S. Corson, Tiphaine Labbé, Caroline Malnoë, Véronique Raimbert, Thierry Trochet, et Hayo MG Van Der Werf. 2016. « Concepts, méthodes et outils pour l'évaluation multicritère de la durabilité des systèmes agricoles ». https://agritrop.cirad.fr/584426/1/AES_vol6_n2_31_Van_der_Werf_et_al.pdf.
- Ayral, P. A., et C. Griot. 2001. « Terminologie en science du risque ». In *Recueil de définitions, Society for Risk Analysis d'après le colloque international «Dire le risque»*, Mèze, 10:20.
- Bairoch, Paul. 1988. *Cities and economic development: from the dawn of history to the present.* University of Chicago Press. https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=Cg7JYZO_nEMC&oi=fnd&pg=PR13&dq=Bairoch,+1985+de+jerico+%C3%A0+mexico&ots=pKmuYPLZjM&sig=84KKdvtREbVHd-SPBZ1TxeFtcdo.

- Balica, Stefania, et Nigel G. Wright. 2009. « A Network of Knowledge on Applying an Indicator-based Methodology for Minimizing Flood Vulnerability ». *Hydrological Processes* 23 (20): 2983-86.
<https://doi.org/10.1002/hyp.7424>.
- Bana e Costa, Carlos A., et Euro Beinart. 2005. *Model-structuring in public decision-aiding*. LSEOR 05.79. Operational Research Group, Department of Management, London School
<https://eprints.lse.ac.uk/22716/1/05079.pdf>.
- Banque Mondiale. 2018. « The-World-Bank-Annual-Report ». 2018.
- . 2021. « Rapport annuel, De la crise à une reprise verte, résiliente et inclusive ».
- Barattucci, Chiara. 2014. « Urbanisation et risques naturels : le cas de la Vénétie ». Métropolitiques.
<https://www.academia.edu/download/62066048/met-barattucci20200211-50327-kpkwaz.pdf>.
- Barnaud, Geneviève, et Eliane Fustec. 2007. « Conserver les zones humides : pourquoi ? comment ? »
<https://www.torrossa.com/gs/resourceProxy?an=5063702&publisher=FZZ759>.
- Barrère-Lutoff, Céline. 2000. « Le système urbain niçois face à un séisme : méthode d'analyse des enjeux et des dysfonctionnements potentiels ». PhD Thesis, Chambéry.
<https://theses.fr/2000CHAML006>.
- Barroca, Bruno, et Gilles Hubert. 2008. « Urbaniser les zones inondables, est-ce concevable ? » *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie*, n° Dossier 11.
<https://journals.openedition.org/developpementdurable/7413>.
- Barroca, Bruno, Gilles Hubert, et Youssef Diab. 2006. « Vulnérabilité : une clé de lecture du risque inondation ». In *Journées Scientifiques de l'Environnement 2006*. Vol. 2006.
<https://hal.science/hal-00180315/>.
- Barroca, Bruno, Nathalie Pottier, et Emilie Lefort. 2005. « Analyse et évaluation de la vulnérabilité aux inondations du bassin de l'Orge aval ». *Septièmes Rencontres de Théo Quant* 12.
<https://thema.univ-fcomte.fr/theoq/pdf/2005/TQ2005%20ARTICLE%2010.pdf>.
- Baumont, Catherine, Hubert Béguin, et Jean-Marie Huriot. 1996. « Définir la ville ». PhD Thesis, Laboratoire d'analyse et de techniques économiques (LATEC).
<https://hal.science/hal-01527276/>.
- Baziz, Nafissa, Mahdi Kalla, Hadda Dridi, et Mohamed Lamine Boutrid. 2015. « Analyse et modélisation de la vulnérabilité aux maladies à transmission hydrique dans l'espace urbain de la ville de Batna – Nord-Est algérien. » *Revue Roumaine de Géographie* 59 (1).
<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authType=crawler&jrnl=12205311&AN=120775150&h=mz8STgi22UEIrGH74%2FWuErHF1YwzLvLrKx0CstkioCAsAEN2XOSz9S6H2rSvm%2F56491dDW%2BPRY5sM1uaG0%2FQ%3D%3D&crl=c>.
- Beck, Élise, Christiane Weber, et Michel Granet. 2007. « Identification des effets dominos suite à un séisme. Application à l'agglomération de Mulhouse ». In *Huitièmes Rencontres de Théo Quant*, 10-p.
<https://shs.hal.science/halshs-00265089/document>.
- Belkhir, Aimadédine. 2009. « Essai d'analyse de la dynamique urbaine ». PhD Thesis, Béjaia. Université Abderrahmane Mira, Faculté des sciences économiques
<https://www.ccdz.cerist.dz/admin/notice.php?id=00000000000000864970000539>.

- Ben Mena, S. 2000. « Introduction aux méthodes multicritères d'aides à la décision ». <https://agris.fao.org/search/en/providers/122397/records/6472321853aa8c896301f45e>.
- Benazzouz, Karima. 2009. « Sauvegarde du patrimoine culturel dans le contexte du développement durable : cas de la ville de Bejaïa ». PhD Thesis. <https://dspace.ummto.dz/items/da2df47d-dd71-47e3-9001-c0775b4f9c4f>.
- Bendadouch, H., et Younes Hammadi. 2014. « A methodology for mapping potentially unstable. Application to the region of Bejaïa, Algeria ». *Algérie équipement*, n° 53, 06.
- Benevolo, Leonardo. 1983. *Histoire de la ville*. Editions Parenthèses. <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=KPqgnJJBR1wC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Benevolo,+1983&ots=G-XOvzkNlp&sig=2Hz6Se6HhYASK7vmgdMYvq7gb3A>.
- Berger, Gaston. 1964. « Phénoménologie du temps et prospective ». <https://philpapers.org/rec/BERPDT-7>.
- Berger, Patrick, et Jean-Pierre Nouhaud. 2004. *Formes cachées, la ville*. EPFL Press. <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=B5e7lsh-c4wC&oi=fnd&pg=PA9&dq=Berger,+2004+ville&ots=-R5w5DGnoy&sig=6OQ2U-xrp2Yh1Ss5ZyOTPQwB8nA>.
- Berki, Odile. 2004. « Une expérience paysagère: Béjaïa et ses environs, entre violence et douceur de vivre ». *Strates. Matériaux pour la recherche en sciences sociales*, n° 11. <https://journals.openedition.org/strates/437>.
- Bethemont, Jacques. 2002. « Les grands fleuves: entre nature et société ». (*No Title*). <https://cir.nii.ac.jp/crid/1130000794484855808>.
- Birkmann, J., O. D. Cardona, M. L. Carreño, A. H. Barbat, M. Pelling, S. Schneiderbauer, S. Kienberger, et al. 2013. « Framing Vulnerability, Risk and Societal Responses: The MOVE Framework ». *Natural Hazards* 67 (2): 193-211. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0558-5>.
- Birkmann, Joern. 2005. « Danger need not spell disaster but how vulnerable are we? » https://collections.unu.edu/eserv/UNU:3105/unu_rb_1_2005_ehs.pdf.
- Birkmann, Jörn. 2006. « Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual frameworks and definitions ». *Measuring vulnerability to natural hazards: Towards disaster resilient societies* 1 (9): 3-7.
- Biron, Pascale M., Guénolé Choné, Thomas Buffin-Bélanger, Sylvio Demers, et Taylor Olsen. 2013. « Improvement of Streams Hydro-geomorphological Assessment Using LiDAR DEMs ». *Earth Surface Processes and Landforms* 38 (15): 1808-21. <https://doi.org/10.1002/esp.3425>.
- Blache, Jules. 1959. « Sites urbains et rivières françaises ». *Géocarrefour* 34 (1): 17-55.
- Blaikie, Piers, Terry Cannon, Ian Davis, et Ben Wisner. 2014a. *At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9780203714775/risk-piers-blaikie-terry-cannon-ian-davis-ben-wisner>.
- . 2014b. *At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9780203714775/risk-piers-blaikie-terry-cannon-ian-davis-ben-wisner>.
- Bochet, Béatrice, Jean-Bernard Gay, et Giuseppe Pini. 2004. « Archive. La ville dense et durable: un modèle européen pour la ville? » *Géoconfluences*. <https://geoconfluences.ens-lyon.fr/géoconfluences/doc/transv/DevDur/DevdurScient3.htm>.
- Bonnemaison, Joël, Maud Lasseur, et Christel Thibault. 2000. *La géographie culturelle: cours de l'Université Paris IV-Sorbonne, 1994-1997*. Editions du CTHS Paris. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers16-08/010027492.pdf.

- Bouaïfel, Kahina. 2010. « Etude pour la sauvegarde et la mise en valeur de éléments patrimoniaux du paysage urbain de la vieille ville de Béjaïa ». PhD Thesis. <https://dspace.ummt.dz/items/1e8da292-3fd3-4d83-ab92-9299db141d77>.
- Bouchama, Ouahiba. 2017. « Les enjeux de la cohérence urbaine dans la ville de Bejaia ». PhD Thesis, Faculté des Sciences de la Terre, de Géographie et de l'Aménagement du <https://www.ccdz.cerist.dz/admin/notice.php?id=00000000000000840670000104>.
- Boucherf, Kamel. 2016. « Méthode quantitative vs méthode qualitative : Contribution à un débat ». *Les cahiers du cread* 116:9-30.
- Bouder, Abdelmadjid, et Abdelmalek Tacherift. 2007. « L'industrialisation de la kabylie: l'émergence d'une vocation ». *Sciences & Technologie. D, Sciences de la terre*, 91-96.
- Boukhiar, Farida, Hynda Boutabba, et Tarek Medjadj. 2024. « L'évolution diachronique des interactions urbanisation / cours d'eau. Cas de la ville de Bejaïa (littoral algérien) ». *Revue Roumaine de Géographie / Romanian Journal of Geography* 68 (décembre):231-44. <https://doi.org/10.59277/RRG.2024.2.08>.
- Boulanger, Paul-Marie. 2004. « Les indicateurs de développement durable : un défi scientifique, un enjeu démocratique ». *Les séminaires de l'Iddri* 12 : 24.
- Bourdeau-Lepage, Lise. 2019. « De l'intérêt pour la nature en ville ». *Revue d'économie régionale & urbaine*, n° 5, 893-911.
- Bourdeau-Lepage, Lise, et Jean-Marie Huriot. 2009. « L'idée de région et le fait urbain The idea of region and the urban fact ». *Revue d'Économie régionale & urbaine*, n° 2, 267-87.
- Bourdeau-Lepage, Lise, et Roland Vidal. 2012. « Nature urbaine en débat : à quelle demande sociale répond la nature en ville ? » *Nature et agriculture pour la ville. Les nouveaux désirs des citoyens s'imposent*, 293-306.
- Bourgeois, Marc. 2015. « Impacts écologiques des formes d'urbanisation : modélisations urbaines et paysagères ». PhD Thesis, Université de Franche-Comté. <https://hal.science/tel-01368998/>.
- Bourguignon, Annick. 2000. « Performance et contrôle de gestion ». *Encyclopédie de comptabilité, Contrôle de gestion et Audit, Ed. Economica*, 931-41.
- Bourrelier, Paul-Henri, Guy Deneufbourg, et Bernadette de Vanssay. 2000. *Les catastrophes naturelles : le grand cafouillage*. Osman Eyrolles Santé & Société.
- Boutabba, Hynda. 2013a. « Spécificités spatiales et logiques sociales d'un nouveau type d'habitat domestique ». PhD Thesis, Université Mohamed Khider-Biskra. <http://thesis.univ-biskra.dz/id/eprint/11>.
- . 2013b. « Spécificités spatiales et logiques sociales d'un nouveau type d'habitat domestique ». PhD Thesis, Université Mohamed Khider-Biskra. <http://thesis.univ-biskra.dz/id/eprint/11>.
- Boutabba, Hynda, et Mohamed Mili. 2014. « Appel de détresse des ksours de la saoura un essai de revalorisation du ksar de kenadssa ». *Annales de l'université de bucarest, géografia*, 53-75.
- Bouzidi, Abderrahmane Abdelkader. 2012. « Etude comparative des méthodes d'évaluation d'indicateurs et des critères de performances des systèmes d'assainissement urbain. » Magester, Bejaia : Abderrahmane Mira.
- Boyer, Luc, et Aline Scouarnec. 2002. « Cahier de recherche DMSP ». <http://lucboyer.free.fr/fichiers/prospective/cahierrecherchePM.LB.2002.AS.pdf>.
- Brans, J. P. 1983. « Les mathématiques face aux problèmes de la décision ». *La décision, ses disciplines, ses acteurs*. Lyon: Presses Universitaires, collection Sciences des systèmes.
- Bravard, Jean-Paul, et J. R. Malavoi. 2010. « Eléments d'hydromorphologie fluviale appliquée ». Onéma.

- <https://hal.science/halshs-01251790/>.
- Brunet, Roger. 1974. « Espace, perception et comportement ». *L'Espace géographique*, 189-204.
- Brunner, Paul H., et Walter R. Ernst. 1986. « Alternative methods for the analysis of municipal solid waste ». *Waste Management & Research* 4 (2): 147-60.
- Bryman, Alan. 1984. « The debate about quantitative and qualitative research: a question of method or epistemology? » *British journal of Sociology*, 75-92.
- Bucha, V., et J. Mellaart. 1967. « archaeomagnetic intensity measurements on some neolithic samples from Çatal Hüyük (Anatolia) ». *Archaeometry* 10 (1): 23-25. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.1967.tb00609.x>.
- Butterlin, Pascal. 2004. « Les premières villes du monde ». *Sciences humaines* 151 (7): 23-23.
- . 2021. « The Long Road Out of Eden: Early Dynastic Temples, a Quantitative Approach to the Bent-Axis Shrines ». *Religions* 12 (8): 666.
- Cannon, Terry. 1994. « Vulnerability analysis and the explanation of natural disasters ». *Disasters, development and environment* 1:13-30.
- Cardinal, Pierrette, et André Morin. 1993. « La modélisation systémique peut-elle se concilier avec la recherche-action intégrale ». <http://arianesud.com/content/download/764/3028/file/Cardinal%20Morin%20recherche%20action%20systemie.pdf>.
- Cardona, Omar Dario, Maarten K. Van Aalst, Jörn Birkmann, Maureen Fordham, Glenn Mc Gregor, Perez Rosa, Roger S. Pulwarty, E. Lisa F. Schipper, Bach Tan Sinh, et Henri Décamps. 2012. « Determinants of risk: exposure and vulnerability ». In *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: special report of the intergovernmental panel on climate change*, 65-108. Cambridge University Press. <https://research.utwente.nl/en/publications/determinants-of-risk-exposure-and-vulnerability>.
- CFSI. 2018. « Rapport annuel ». 2018.
- Chaline, Claude, et Jocelyne Dubois-Maury. 1994. « La ville et ses dangers : prévention et gestion des risques naturels, sociaux et technologiques ». (No Title). <https://cir.nii.ac.jp/crid/1130282271136910208>.
- Chardon, Anne-Catherine. 1994. « Etude intégrée de la vulnérabilité de la ville de Manizales (Colombie) aux risques naturels ». *Revue de géographie alpine* 82 (4) : 97-111.
- Chardon, Anne-Catherine, et Jean-Claude Thouret. 1994. « Cartographie de la vulnérabilité globale d'une population citadine face aux risques naturels : le cas de Manizales ». *Mappemonde* 36 (4) : 37-40.
- Charmes, Eric. 2005. « La vie périurbaine face à la menace des gated communities ». *Lectures, Publications reçues*. <https://journals.openedition.org/lectures/4514>.
- Charmes, Éric. 2011. « Les Gated Communities: des ghettos de riches? » <https://laviedesidees.fr/Les-Gated-Communities-des-ghettos.html>.
- Cherqui, Frédéric. 2005. « Méthodologie d'évaluation d'un projet d'aménagement durable d'un quartier-méthode ADEQUA ». PhD Thesis, Université de la Rochelle. <https://theses.hal.science/tel-00012089/>.
- Childe, V. Gordon. 1950. « The Urban Revolution ». *Town Planning Review* 21 (1): 3. <https://doi.org/10.3828/tpr.21.1.k853061t614q42qh>.
- Churchman, C. West, et Russell L. Ackoff. 1954. « An Approximate Measure of Value ». *Journal of the Operations Research Society of America* 2 (2): 172-87. <https://doi.org/10.1287/opre.2.2.172>.

- Cisse Faye, Seynabou, Souleye Wade, et Mamadou Niane. 2009. « Subvention de recherche sur la " Gestion locale de l'eau à l'aide de systèmes d'information géographiques (SIG)" dans les pays francophones d'Afrique de l'Ouest et du Nord-rapport technique final ». <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/45084/131538.pdf>.
- Collins, James P., Ann Kinzig, Nancy B. Grimm, William F. Fagan, Diane Hope, Jianguo Wu, et Elizabeth T. Borer. 2000. « A new urban ecology: modeling human communities as integral parts of ecosystems poses special problems for the development and testing of ecological theory ». *American scientist* 88 (5): 416-25.
- Combe, Claire. 2007. « La ville endormie ? Le risque d'inondation à Lyon : approche géo historique et systémique du risque de crue en milieu urbain et périurbain ». PhD Thesis, Lyon 2. <https://theses.fr/2007LYO20097>.
- Cote, Marc. 1991. « Béjaïa.(Saldæ, Badjaia, An Nasiriya, Bougie) ». *Encyclopédie berbère*, n° 9, 1408-15.
- Creswell, John W., Vicki L. Plano Clark, Michelle L. Gutmann, et William E. Hanson. 2003. « Advanced mixed ». *Handbook of mixed methods in social & behavioral research* 209:209-40.
- Crombie, David. 1992. *Regeneration: Toronto's waterfront and the sustainable city*. Royal Commission on the Future of the Toronto Waterfront.
- Cronbach, Lee J. 1951. « Coefficient alpha and the internal structure of tests ». *psychometrika* 16 (3): 297-334.
- Cutter, Susan L. 1996. « Vulnerability to Environmental Hazards ». *Progress in Human Geography* 20 (4): 529-39. <https://doi.org/10.1177/030913259602000407>.
- Cutter, Susan L., Bryan J. Boruff, et W. Lynn Shirley. 2003. « Social Vulnerability to Environmental Hazards* ». *Social Science Quarterly* 84 (2): 242-61. <https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>.
- Cutter, Susan L., et Christina Finch. 2008. « Temporal and Spatial Changes in Social Vulnerability to Natural Hazards ». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (7): 2301-6. <https://doi.org/10.1073/pnas.0710375105>.
- Damon, William. 2009. *The path to purpose: How young people find their calling in life*. Simon and Schuster. https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=QT4KuW2bOzkC&oi=fnd&pg=PR12&dq=Damon,+2009&ots=pUOSAe0kSd&sig=Zww0gsV165Z-Y_eG6VmQbLAMSBC.
- Dauphiné, A. 2001. « Risques et catastrophes : Observer, spatialiser, comprendre, gérer, Coll. U ». Armand Colin, 288p.
- Dautun, Carole. 2007. « Contribution à l'étude des crises de grande ampleur : connaissance et aide à la décision pour la sécurité civile ». PhD Thesis, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne. <https://theses.hal.science/tel-00803754/>.
- Davidson, Nick C. 2014. « How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area ». *Marine and Freshwater Research* 65 (10): 934-41.
- De Rosnay, Joël. 1975. « Le macroscope : vers une version globale ». *Editions du Seuil*. <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=6405196>.
- Degoutte, Gérard. 2006. « Diagnostic, aménagement et gestion des rivières : hydraulique et morphologie fluviale appliquées ». <https://agris.fao.org/search/en/providers/122439/records/6474720179cbb2c2c1b21e8b>.

- Denis, Hélène. 1993. *Gérer les catastrophes : l'incertitude à apprivoiser*. Les Presses de l'Université de Montréal.
<https://publications.polymtl.ca/54871/>.
- D'Ercole, Robert. 1994. « Mesurer le risque. Le volcan Cotopaxi et les populations proches. » *Enseigner les risques naturels. Pour une géographie physique revisitée*, 111-50.
- . 1996. « La catastrophe et son impact à moyen terme : l'exemple de Popayan (Colombie), dix ans après le séisme du 31 mars 1983 ». *Cahiers des sciences humaines. ORSTOM* 32 (2) : 445-70.
- . 1998. « Approches de la vulnérabilité et perspectives pour une meilleure logique de réduction des risques ». *Pangea infos* 29 : 20-28.
- D'Ercole, Robert, et Pascale Metzger. 2009. « La vulnérabilité territoriale : une nouvelle approche des risques en milieu urbain ». *Cybergeog : European Journal of Geography* 447 : 87-96.
- D'Ercole, Robert, et Patrick Pigeon. 1999. « L'expertise internationale des risques dits naturels : intérêt géographique ». In *Annales de géographie*, 108 : 339-57.
<https://hal.science/hal-01178632/>.
- D'Ercole, Robert, Jean-Claude Thouret, Jean-Pierre Aste, Olivier Dollfus, et Avijit Gupta. 1995. « Croissance urbaine et risques naturels : présentation introductive ». *Bulletin de l'Association de géographes français*, n° 4, 311-38.
- D'Ercole, Robert, Jean-Claude Thouret, Olivier Dollfus, et Jean-Pierre Asté. 1994. « Les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés : concepts, typologie, modes d'analyse ». *Revue de Géographie Alpine* 82 (4) : 87-96.
- Descartes, René. 1637. « Discours de la méthode (Poche 2000), de | Livre de Poche ». d 2000 1637.
<https://www.livredupoche.com/livre/discours-de-la-methode-9782253067412/>.
- Desthieux, Gilles. 2005. « Approche systémique et participative du diagnostic urbain : processus de représentation cognitive du système urbain en vue de l'élaboration d'indicateurs géographiques ». PhD Thesis, EPFL.
<https://infoscience.epfl.ch/entities/publication/6ed7553d-7c5e-4a2f-a90a-7eec43bf333a>.
- Desthieux, Gilles, et Florent Joerin. 2004. « Systemic approach for the development of a system of indicators in urban mangement processes ».
<https://infoscience.epfl.ch/record/63202>.
- Di Méo, Guy. 1996. *Les territoires du quotidien*. L'Harmattan Paris. <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=6256616>.
- Djermoune, Hocine. 2018. « Le dispositif d'approvisionnement en eau de la colonie romaine de Saldae (actuelle ville de Bejaia) de la fin du 1^{er} siècle avant à la fin du 2^{ème} après. » *Revue d'études archéologiques* 16 (1): 297-328.
- Dournel, Sylvain, Magalie Franchomme, et Bertrand Sajaloli. 2011. « Géohistoire d'une résurgence d'eaux troubles : les milieux humides urbains et les cités fluviales de la France du Nord (début XIX^e-XX^e siècle) ». *Revue du Nord. Collection Histoire (Hors série)* 26 :169-87.
- Drapier, Ludovic, Marie-Anne Germaine, et Laurent Lespez. 2018. « Environmental policy and territory: Testing the dismantling of hydraulic structures in France against the North American model ». *Annales de géographie* 722 (4): 339-68.
- Edjossan-Sossou, Abila Mimi. 2015. « Méthodologie d'aide à la décision pour une gestion durable des risques d'origine naturelle en contexte incertain ». PhD Thesis, Université de Lorraine.
<https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01754585>.

- Eidelman, Gabriel Ezekiel. 2013. *Landlocked: Politics, property, and the Toronto waterfront, 1960-2000*. University of Toronto (Canada). <https://search.proquest.com/openview/c8b7afba6be078246307a3dec8adda4b/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750>.
- El Amraoui, Sidi Mohamed, Mohamed Rouchdi, Mourad Bouziani, et Abdelwahed El Idrissi. 2017. « Intégration du SIG et de l'analyse hiérarchique multicritère pour l'aide dans la planification urbaine : étude de cas de la province de Khemisset, Maroc ». https://www.redalyc.org/pdf/407/Resumenes/Resume_40751261005_3.pdf.
- El-Bakri, Abu Ubayd. 1992. *Al-Masalik wa-al-mamalik*. al-Mu'assasah al-Wataniyah lil-Tarjamah wa-al-Tahqiq wa-al-Dirasat.
- Estrada Díaz, Gabriela. 2017. « Mise en pratique de la politique de prévention de catastrophes au Mexique : Enjeux en milieu urbain : Le cas de la ville de Minatitlán ». PhD Thesis, Université Paris-Est. <https://shs.hal.science/tel-01759280/>.
- Fabiani, Jean-Louis, et Jacques Theys. 1987a. « La société vulnérable : évaluer et maîtriser les risques ». (No Title). <https://cir.nii.ac.jp/crid/1130000796372195456>.
- . 1987b. « La société vulnérable : évaluer et maîtriser les risques ». (No Title). <https://cir.nii.ac.jp/crid/1130000796372195456>.
- Fara, Katiuscia. 2000. « How natural are natural disasters?: vulnerability to drought in Southern Namibia communal areas ». <https://open.uct.ac.za/bitstreams/3a671019-9143-4fc5-af6d-97affc4dbabd/download>.
- Fekete, Alexander. 2009. « Validation of a social vulnerability index in context to river-floods in Germany ». *Natural Hazards and Earth System Sciences* 9 (2): 393-403.
- Feraud, Laurant-Charles. 2001. *Histoire de Bougie*. Bouchène. Paris.
- Frosch, Robert A., et Nicholas E. Gallopoulos. 1989. « Strategies for manufacturing ». *Scientific American* 261 (3): 144-53.
- Fuchs, Sven, Christian Kuhlicke, et Volker Meyer. 2011. « Editorial for the Special Issue: Vulnerability to Natural Hazards—the Challenge of Integration ». *Natural Hazards* 58 (2): 609-19. <https://doi.org/10.1007/s11069-011-9825-5>.
- Gaid, Mouloud. 1991. *Histoire de Béjaïa et de sa région : depuis l'Antiquité jusqu'à 1954*. Ed. Mimouni.
- Gallopín, Gilberto C. 2006. « Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity ». *Global environmental change* 16 (3): 293-303.
- Gallopín, Gilberto Carlos. 1997. « Indicators and their use: information for decision-making ». *Scope-scientific committee on problems of the environment international council of scientific unions* 58:13-27.
- George, Pierre, et Fernand Verger. 1970. *Dictionnaire de la géographie*. 8eme édition. Quadrige - Dicos poche. <https://www.eyrolles.com/Sciences/Livre/dictionnaire-de-la-geographie-9782130537328/>.
- Gérard, Hubert. 1998. « Quantitatif, qualitatif : même combat ». *Communication présentée au Séminaire méthodologique en sciences humaines et sociales*, 6-10.
- Gergel, Sarah E., Monica G. Turner, James R. Miller, John M. Melack, et Emily H. Stanley. 2002. « Landscape indicators of human impacts to riverine systems ». *Aquatic sciences* 64:118-28.
- Gilard, Olivier. 1998. « Les bases techniques de la méthode Inondabilité ». <https://www.torrossa.com/gs/resourceProxy?an=5063967&publisher=FZZ759>.

- Gilbert, Claude. 2006. « La vulnérabilité, une notion à explorer ». *Pour la science*, n° 51, 116-20.
- Glade, Thomas. 2003. « Vulnerability assessment in landslide risk analysis ». *Erde* 134 (2): 123-46.
- Gleyze, Jean-François, et Magali Reghezza. 2007. « La vulnérabilité structurelle comme outil de compréhension des mécanismes d'endommagement ». *Géocarrefour* 82 (1-2). <https://journals.openedition.org/geocarrefour/1411>.
- Goffman, Erving. 1973. « The staging of everyday life ». *The Presentation of Oneself. Paris: Midnight*. https://www.academia.edu/download/89050640/The_staging_of_everyday_life_Erving_Goffman.pdf.
- Gosselin, Alain, et Kevin R. Murphy. 1994. « L'échec de l'évaluation de la performance ». *Gestion* 19 (3): 17-28.
- Graindorge, Tatiana Cucu. 2012. « Contribution à une méthodologie d'évaluation à priori des projets de transport urbain durable ». PhD Thesis, Bordeaux 1. <https://theses.fr/2012BOR14488>.
- Gralepois, Mathilde. 2008. « Les risques collectifs dans les agglomérations françaises: contours et limites d'une approche territoriale de prévention et de gestion des risques à travers le parcours des agents administratifs locaux ». PhD Thesis, Université Paris-Est. <https://pastel.hal.science/tel-00572853/>.
- Grivault, Camille, et Aleksandra Barczak. 2007. « Evaluation multicritère de la vulnérabilité des territoires aux risques de transport routier de matières dangereuses ». *Une application à l'agglomération lyonnaise*. <https://www.emse.fr/site/SAGEO2007/CDROM/p45.pdf>.
- Groffman, Peter M., Daniel J. Bain, Lawrence E. Band, Kenneth T. Belt, Grace S. Brush, J Morgan Grove, Richard V. Pouyat, Ian C. Yesilonis, et Wayne C. Zipperer. 2003. « Down by the Riverside: Urban Riparian Ecology ». *Frontiers in Ecology and the Environment* 1 (6): 315-21. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2003\)001\[0315:DBTRUR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2003)001[0315:DBTRUR]2.0.CO;2).
- Groulx, Lionel-H. 1997. « Le débat qualitatif-quantitatif : un dualisme à proscrire ? » *RUPTURES-MONTREAL*- 4:46-58.
- Gruzelle, Anatole, et Sébastien Lebaut. 2019. « Approche méthodologique de la prévention du risque glissement de terrain-le modèle ProActerr : : présentation et application à la ville d'Al Hoceima (Maroc) ». *Geo-Eco-Trop* 43 (2 ns): 233-47.
- Gsell, Stéphane. 1911. *Atlas archéologique de l'Algérie*. Edition spéciale des cartes au 200.000e du Service Géographique de l'Armée. 1 vol. Paris.
- Guay, Pierre-Yves. 1987. *Introduction à l'urbanisme : approches théoriques, instruments et critères*. Mont-Royal, Québec : Modulo. <http://archive.org/details/introductionalur0000guay>.
- Gubry, Patrick. 1996. « L'environnement urbain ». *Population et environnement dans les pays du Sud*. <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010009221>.
- Guha-Sapir, Debarati, David Hargitt, et Philippe Hoyois. 2004. *Thirty years of natural disasters 1974-2003: The numbers*. Presses univ. de Louvain.
- Haddadou, Mohand-Akli. 2012. *Dictionnaire toponymique et historique de l'Algérie*. Tizi ouzou: Achab. <https://www.africabib.org/rec.php?RID=356074781>.
- Hadji, Lydia. 2013. « L'évaluation de la qualité des espaces publics : un outil d'aide à la décision ». *Département de géographie de l'Université Laval* 57 (160): 25-40. <https://doi.org/10.7202/1017803ar>.

- Hamenni, Nassima. 2011. « ETUDE DES RESSOURCES EN EAUDU BASSIN VERSANT DE LA SOUMMAM PAR L'UTILISATION DU SIG ». PhD Thesis.
- Hammadi, Younes. 2011. « Cartographie Géotechnique, des Risques de Glissements (CRG) et de Risques d'Inondations (CRI) de la ville de Bejaia ». Magister, Bejaia: Abderrahmane Mira.
- Hardy, John T. 2003. *Climate change: causes, effects, and solutions*. John Wiley & Sons. <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=YCijEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR9&dq=Hardy,+2003+&ots=W5u5NFW9E&sig=N9wKYozUiesNXyq7UVFBCMI32OI>.
- Hassaine, S., et A. Farhi. 2014. « Des villes à systèmes fonctionnels non équilibrés: cas d'Ouled Djellal dans les Zibans ». *Bulletin des Sciences Géographiques-N* 29 (1er). <https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/213/18/1/9814>.
- Hellequin, Anne-Peggy, Hervé Flanquart, Catherine Meur-Ferec, et Bénédicte Rulleau. 2013. « Perceptions du risque de submersion marine par la population du littoral languedocien: contribution à l'analyse de la vulnérabilité côtière ». *Natures Sciences Sociétés* 21 (4): 385-99.
- Holota, B. 2016. « Comment caractériser un cours d'eau urbain? Etude de l'impact de l'urbanisation sur les cours d'eau franciliens ». <https://agris.fao.org/search/en/providers/122439/records/6474719779cbb2c2c1b1d888>
- Hostache, Renaud. 2006. « Analyse d'images satellitaires d'inondations pour la caractérisation tridimensionnelle de l'aléa et l'aide à la modélisation hydraulique ». PhD Thesis, Doctorat Sciences de l'eau, Engref, Montpellier. <https://hal.science/tel-02588783/>.
- Hough, Michael. 1984. *City form and natural processes: towards an urban vernacular*. Van Nostrand Reinhold. <https://experts.esf.edu/esploro/outputs/book/City-form-and-natural-processes-towards/99918326404826>.
- Hubert, Gilles. 2000. « Aménagement et gestion locale des bassins hydrographiques Procédures de planification et processus de décision ». PhD Thesis, Université François Rabelais-Tours. <https://theses.hal.science/tel-01674976/>.
- Hubert, Gilles, et Bruno Ledoux. 1999. *Le Coût du risque...: l'évaluation des impacts socio-économiques des inondations*. Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. <https://inria.hal.science/hal-01180163/>.
- Huot, Jean-Louis. 1970. « Des villes existent-elles, en Orient, dès l'époque néolithique ? » In *Annales. Histoire, Sciences Sociales*, 25:1091-1101. Cambridge University Press.
- Ibn Ḥawqal, Mohammed. 1338. *Ṣūrat al-Arḍ*. Kramers, Johannes Hendrik, Leyde : brill. Vol. 02.
- Ibn Khaldoun, Abderrahmane. 1377. *Les prolégomènes*. Traduit par William Mac Guckin de Slane. Paris: Impr. Impériale. https://ccfr.bnf.fr/portailccfr/jsp/index_view_direct.jsp?record=bmr:UNIMARC:8013505.
- Idirène, Hakim. 2002. « Inscriptions inédites de l'antique Saldae (Béjaia, ex-Bougie) ». *Antiquités africaines* 38 (1): 423-30.
- Issor, Zineb. 2017. « La performance de l'entreprise : un concept complexe aux multiples dimensions ». *Projectics/Proyética/Projectique* 17 (2): 93-103.
- Johnson, Michael P. 2001. « Environmental Impacts of Urban Sprawl: A Survey of the Literature and Proposed Research Agenda ». *Environment and Planning A: Economy and Space* 33 (4): 717-35. <https://doi.org/10.1068/a3327>.

- Kates, Robert William, et Gilbert F. White. 1978. *The environment as hazard*. New York: Oxford University Press.
- Kaufmann, Daniel, Aart Kraay, et Massimo Mastruzzi. 2008. « Governance matters VII: Aggregate and individual governance indicators, 1996-2007 ». *World bank policy research working paper*, n° 4654. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1148386.
- Kenyon, Kathleen M. 1962. « Excavations in Jerusalem, 1961 ». *Palestine Exploration Quarterly* 94 (1): 72-89. <https://doi.org/10.1179/peq.1962.94.1.72>.
- Kerr, Anne. 1994. *Canada's national environmental indicators project*. Environment Canada, State of the Environment Reporting Organization.
- Khaled, Foudil. 2015. « Villes et risque d'inondation. Essai d'élaboration d'un P.P.R.I. Cas d'Iriahène-Bejaia ». Magister, Constantine : Salah Boubdiner.
- . 2021. « Villes algériennes et risques d'inondation : intérêt d'élaboration des PPRI. Cas de Ghardaïa et Bejaïa ». Editura Universității din București – Bucharest University Press folosește ..., 2021. https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=kROkHoQAAAAJ&citation_for_view=kROkHoQAAAAJ:9yKSN-GCB0IC.
- Kheladi, Mokhtar. 1993. *Urbanisme et systèmes sociaux, la planification urbaine en Algérie*. Office des Publications Universitaires. Alger: Office des Publications Universitaires.
- Kientga, Sonwouignandé. 2008. « Contribution du SIG à l'analyse des liens déchets-santé en milieu urbain dans les pays en développement: cas de deux secteurs de la ville de Ouagadougou, Burkina Faso ». EPFL. <https://infoscience.epfl.ch/record/125891>.
- Klinenberg, Eric. 2003. « Review of *Heat Wave: Social Autopsy of Disaster in Chicago* ». *New England Journal of Medicine* 348 (7): 666-67. <https://doi.org/10.1056/NEJM200302133480721>.
- Korichi, Amina. 2011. « La sauvegarde et la réutilisation des monuments du système défensif de la ville de Bejaia ». PhD Thesis. <https://www.ummtto.dz/dspace/bitstream/ummtto/837/1/PG025.pdf>.
- Kostoff, Ronald N., Paul Heroux, Michael Aschner, et Aristides Tsatsakis. 2020. « Adverse health effects of 5G mobile networking technology under real-life conditions ». *Toxicology Letters* 323:35-40.
- Kuo, Frances E., et Andrea Faber Taylor. 2004. « A Potential Natural Treatment for Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Evidence From a National Study ». *American Journal of Public Health* 94 (9): 1580-86. <https://doi.org/10.2105/AJPH.94.9.1580>.
- Lagadec, Patrick. 1980. « Politique, risque et processus de développement : Le risque technologique majeur ». PhD Thesis, Thèse de doctorat d'état en science politique, Université des Sciences <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=12640491>.
- Lalo, A. 1999. « 9 novembre 1992 : accident majeur à l'usine Total de La Mède. Les leçons à tirer pour l'information du public ». *Print Industrie* 1 (18): 57-72.
- Landry, Ad. 1936. « The Theory of wages ». JSTOR. <https://www.jstor.org/stable/24687712>.
- Lapoix, F. 1991. « Une mosaïque de tous les habitats ». Géo.
- Laurent, Faustine. 2015. « Optimisation fonctionnelle et spatiale de scénarios de méthanisation centralisée selon une approche systémique territoriale couplée à l'analyse du cycle de vie ». PhD Thesis, Université de Rennes 1. <https://theses.hal.science/tel-01200773/>.

- Lazarsfeld, Paul F. 1958. « Evidence and inference in social research ». *Daedalus* 87 (4): 99-130.
- Le Corbusier. 1933. « La Charte d'Athènes, édition française 1971 ». *Paris, Points Seuil, 190p.*
- Le, Ha Phong. 2016. « Les enjeux territoriaux contemporains de l'endiguement en milieu urbain: L'évolution des rives du fleuve Rouge à Hanoï ». PhD Thesis, Université de Lyon.
<https://theses.hal.science/tel-01791541/>.
- Ledoux, Bruno. 2006. *La gestion du risque inondation*. Éditions Tec & Doc.
<https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=17632276>.
- Lee, Dr In-Keun. 2006. « Cheong Gye Cheon Restoration Project ».
- Lee, Jun Ho, et Ki Woong Bang. 2000. « Characterization of urban stormwater runoff ». *Water research* 34 (6): 1773-80.
- Leman, Hélène, et Brice Auvet. 2013. « Agriculture et eau : Le cas du Nil ». <https://ceres.ens.psl.eu/IMG/Eau-Nil.pdf>.
- Leone, Frédéric. 2007. « L'évaluation des vulnérabilités : diversité des approches chez les géographes français ». In *Colloque CNFG « Évolution de la Recherche sur le Risque en Géographie*.
- Leone, Frédéric, et Freddy Vinet. 2006. « La vulnérabilité, un concept fondamental au cœur des méthodes d'évaluation des risques naturels ». *La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles. Analyses géographiques-Géorisques* 1:9-25.
- Leopold, Luna Bergere. 1968. *Hydrology for urban land planning: A guidebook on the hydrologic effects of urban land use*. Vol. 554. US Geological Survey.
- Liégeois, M., P. Arnould, et S. Wicherek. 2005. « All vulnerable? Diagnosis of vulnerability to erosion hazards: a tool for collective action. » <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20083052975>.
- Lillouch, S., Y. Ait Meziane, et H. Bendadouch. 2018. « Geotechnical cartographic synthesis of Bejaia city, North East of Algeria ». *Journal of the Geological Society of India* 91 (3): 348-54.
- Lillouch, Samir. 2018. « Contribution à l'évaluation du risque sismique de la ville de Bejaia ». Doctorat, Bejaia: Abderrahmane Mira.
- Lin, Chuan Hua. 2011. « Le rôle du fleuve dans le processus de l'urbanisation : étude des villes fluviales en Chine ». PhD Thesis, Université Paris-Est. <https://theses.hal.science/tel-00836501/>.
- Linton, Jamie. 2010. *What is water?: The history of a modern abstraction*. UBC press. [https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=tjimNvcBzNoC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Linton+J.+\(2010\)+%E2%80%94+What+is+water%3F+The+history+of+a+modern+abstraction+UBC+Press&ots=gmbOX14HP1&sig=Eprd96BPUoZdySKLhQn4nCBVAZk](https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=tjimNvcBzNoC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Linton+J.+(2010)+%E2%80%94+What+is+water%3F+The+history+of+a+modern+abstraction+UBC+Press&ots=gmbOX14HP1&sig=Eprd96BPUoZdySKLhQn4nCBVAZk).
- Liu, Yong, Huaicheng Guo, Zhenxing Zhang, Lijing Wang, Yongli Dai, et Yingying Fan. 2007a. « An Optimization Method Based on Scenario Analysis for Watershed Management Under Uncertainty ». *Environmental Management* 39 (5): 678-90.
- . 2007b. « An Optimization Method Based on Scenario Analysis for Watershed Management Under Uncertainty ». *Environmental Management* 39 (5): 678-90. <https://doi.org/10.1007/s00267-006-0029-9>.
- Liverman, Diana M. 1990. « Drought Impacts in Mexico: Climate, Agriculture, Technology, and Land Tenure in Sonora and Puebla ». *Annals of the Association of American Geographers* 80 (1): 49-72.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1990.tb00003.x>.

- . 2013. « Vulnerability to global environmental change ». In *Global environmental risk*, 201-16. Routledge.
<https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781849776196-9/vulnerability-global-environmental-change-diana-liverman>.
- Locatelli, Bruno. 2013. « Services écosystémiques et changement climatique ». Thesis, Université de Grenoble.
<https://theses.hal.science/tel-00931871>.
- Loriaux, Michel. 1994. « Des causes aux systèmes : la causalité en question ». *Faut-il chercher aux causes une raison*, 41-86.
- Lundy, L., et R. Wade. 2011. « Integrating Sciences to Sustain Urban Ecosystem Services ». *Progress in Physical Geography: Earth and Environment* 35 (5): 653-69.
<https://doi.org/10.1177/0309133311422464>.
- Lussault, Michel, et Jacques Levy. 2003. « Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés ». Paris.
<https://revistaseug.ugr.es/index.php/cuadgeo/article/download/1790/1980/0>.
- Lutoff, Céline. 2003. « L'évaluation des enjeux: base de l'analyse de la vulnérabilité des systèmes urbains. Conditions de reproduction de l'expérience niçoise ». *Collection EDYTEM. Cahiers de géographie* 1 (1): 223-32.
- Mahaut, Valérie. 2016. « Recensement cartographique des anciens cours d'eau de l'île de Montréal et tracé des creux et des crêtes ». <https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1866/16311>.
- Malavoi, Jean-René, et Philippe Adam. 2007. « Les interventions humaines et leurs impacts hydromorphologiques sur les cours d'eau ». *Sciences Eaux & Territoires*, n° 50 Ingénieries-EAT, 35-48.
- Manirakiza, Vincent. 2015. « La problématique de l'urbanisation spontanée face à la modernisation de la ville de Kigali (Rwanda) ». PhD Thesis, Universitaires de Louvain Leuven, Belgium.
https://www.academia.edu/download/44249540/These_vincent_DIAL.pdf.
- Marchand, Guillaume. 2010. « Un système d'indicateurs pour évaluer les impacts territoriaux des politiques de développement durable dans les zones rurales en Amazonie brésilienne : l'expérience IDURAMAZ ». PhD Thesis, Université de la Sorbonne nouvelle-Paris III.
<https://theses.hal.science/tel-00536985/>.
- Mardiansjah, Fadjari Hari. 2013. « Urbanisation durable des territoires et politiques de développement urbain en Indonésie : Étude de trois kabupaten en voie d'urbanisation rapide dans l'île de Java ». PhD Thesis, Université Paris-Est.
<https://pastel.hal.science/pastel-00995601/>.
- Martens, W J, L W Niessen, J Rotmans, T H Jetten, et A J McMichael. 1995. « Potential Impact of Global Climate Change on Malaria Risk. » *Environmental Health Perspectives* 103 (5): 458-64.
<https://doi.org/10.1289/ehp.95103458>.
- Martin, Olivier. 2021. « Analyse quantitative ». *Sociologie*, janvier.
<https://journals.openedition.org/sociologie/1204>.
- Marzluff, John M., Eric Shulenberger, Wilfried Endlicher, Marina Alberti, Gordon Bradley, Clare Ryan, Ute Simon, et Craig ZumBrunnen, éd. 2008. *Urban Ecology*. Boston, MA: Springer US.
<https://doi.org/10.1007/978-0-387-73412-5>.
- Maughan, Nicolas. 2014. « Perspectives et limites de l'utilisation du concept de services écosystémiques dans les procédures de restauration écologique des rivières urbaines ». « Hommage à Gérard Moguedet » (photo: AM Pourcher), 63.

- Mazard, Jean, et Jean Babelon. 1955. « Corpus nummorum numidiaie mauretaniaeque ». (*No Title*).
<https://cir.nii.ac.jp/crid/1130282271502587776>.
- Mazzocchi, Mario, et Anna Montini. 2001. « Earthquake effects on tourism in central Italy ». *Annals of Tourism Research* 28 (4): 1031-46.
- McEntire, David A. 2003. « Searching for a Holistic Paradigm and Policy Guide: A Proposal for the Future of Emergency Management ». *International Journal of Emergency Management* 1 (3): 298.
<https://doi.org/10.1504/IJEM.2003.003295>.
- McKinney, Michael L. 2002. « Urbanization, biodiversity, and conservation: the impacts of urbanization on native species are poorly studied, but educating a highly urbanized human population about these impacts can greatly improve species conservation in all ecosystems ». *Bioscience* 52 (10): 883-90.
- McLaughlin, Paul, et Thomas Dietz. 2008. « Structure, agency and environment: Toward an integrated perspective on vulnerability ». *Global environmental change* 18 (1): 99-111.
- Menad, Wahiba. 2019. « Approche modèle pour une prise en charge globale des risques hydrologiques dans le bassin méditerranéen ». *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*.
<https://popups.uliege.be/0037-9565/index.php?id=8402/1000>.
- Mendoza, G. A., P. Macoun, R. Prabhu, D. Sukadri, H. Purnomo, et H. Hartanto. 1999. « Guidelines for applying multi-criteria analysis to the assessment of criteria and indicators ».
<https://agris.fao.org/search/en/providers/122621/records/647396c068b4c299a3fb6f44>.
- Mérian, Yves, Guy Planchette, André Lannoy, et Myriam Merad. 2018. « Approach and Systemic Approach for Risk Management [Approche Analytique et Approche Systemique Pour La Maitrise Des Risques Analytic] ». <https://ideas.repec.org/p/hal/journal/hal-02065309.html>.
- Merlin, Pierre, et Françoise Choay. 1988. *Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement / publié sous la direction de Pierre Merlin et Françoise Choay ; coordination générale Pierre Merlin*. Grands dictionnaires. Paris : Presses universitaires de France.
- Metzger, Pascale, et Robert d'Ercole. 2011. « Les risques en milieu urbain : éléments de réflexion ». *EchoGéo*, n° 18. <https://journals.openedition.org/echogeo/12640>.
- Meur-Ferec, Catherine. 2006. « De la dynamique naturelle à la gestion intégrée de l'espace littoral : un itinéraire de géographe ». PhD Thesis, Université de Nantes. <https://shs.hal.science/tel-00167784/>.
- Meur-Ferec, Catherine, Iwan Le Berre, Lucie Cocquempot, Élisabeth Guillou, Alain Henaff, Thibaud Lami, Nicolas Le Dantec, Pauline Letortu, et Manuelle Philippe. 2020. « A strategy for monitoring systemic vulnerability to marine erosion and flooding ». *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie* 11 (1).
<https://journals.openedition.org/developpementdurable/18190>.
- Meur-Ferec, Catherine, Iwan Le Berre, Lucie Cocquempot, Elisabeth Guillou, Alain Hénaff, Thibaud Lami, Nicolas Le Dantec, Pauline Letortu, Manuelle Philippe, et Camille Noûs. 2020. « Une méthode de suivi de la vulnérabilité systémique à l'érosion et la submersion marines ». *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie* 11 (1).
<https://journals.openedition.org/developpementdurable/16731>.
- Meur-Férec, Catherine, Philippe Deboudt, Hugues Heurtefeux, F. Flanquart, Valérie Morel, Sébastien Roussel, et R. Lequint. 2006. « Vers une stratégie de gestion à long terme de

- l'érosion côtière: l'apport de l'évaluation de la vulnérabilité ». *Interactions nature-sociétés: analyses et modèles*.
https://www.researchgate.net/profile/Philippe-Deboudt-2/publication/278745259_Vers_des_strategies_de_gestion_de_l'erosion_des_cotes_l'e_valuation_de_la_vulnerabilite_comme_outil_d'aide_a_la_gestion_des_risques/links/5591741608ae15962d8e21f2/Vers-des-strategies-de-gestion-de-lerosion-des-cotes-levaluation-de-la-vulnerabilite-comme-outil-daide-a-la-gestion-des-risques.pdf.
- Mezhoude, Abdelkarim, Cherif Aoudj, et Fouzia Houma-Bachari. 2017. « Evaluation du risque de submersion marine sur le littoral de Béjaïa, Algérie », Conférence Méditerranéenne Côtière et Maritime, , n° 4, 6.
<https://dx.doi.org/10.5150/cmcm.2017.030>.
- Ministère de l'agriculture et du développement rural. 2005. « Schéma Directeur de Développement Agricole et Rural de la Wilaya de Bejaia. » Rapport officiel. Alger: Rapport officiel.
- Moggridge, Helen L., Matthew J. Hill, et Paul J. Wood. 2014. « Urban aquatic ecosystems: the good, the bad and the ugly ». *Fundamental and Applied Limnology* 185 (1): 1-6.
- Molines, Nathalie. 2003. « Méthodes et outils pour la planification des grandes infrastructures linéaires et leur évaluation environnementale ». PhD Thesis, Université Jean Monnet Saint-Étienne.
<https://hal.science/tel-02151194/>.
- Montgomery, Bryn Ryan. 2015. « Expanding and comparing GIS-based multi-criteria decision making methods: A soft computing logic for agricultural land suitability evaluation ».
- Mora, Olivier. 2008. *Les nouvelles ruralités à l'horizon 2030*. Editions Quae.
- Moretti, Romain. 2018. « L'impact de l'employabilité sur la fidélité des collaborateurs: le rôle du sentiment d'efficacité personnelle. Le cas de la fonction publique territoriale ». PhD Thesis, Université Pascal Paoli.
<https://theses.hal.science/tel-03476797/>.
- Moscovici, Serge. 2015. *La psychanalyse, son image et son public*. Puf.
- Moser, Caroline ON. 1998. « The asset vulnerability framework: reassessing urban poverty reduction strategies ». *World development* 26 (1): 1-19.
- Mouni, Lotfi, Djoudi Merabet, Hamid Arkoub, et Karim Moussaceb. 2009. « Etude et caractérisation physico-chimique des eaux de l'oued Soummam (Algérie) ». *Sécheresse* 20 (4): 360-66.
- Moussouni, Abdenour. 2010. « Approche méthodologique pour la révision du zonage dans le parc national de Gouraya (W. Béjaïa) ». PhD Thesis, ENSA.
- Nedelcu, Mihaela, François Hainard, Dominique Guex, et Jean-Michel Gobat. 2007. « Fonctions multiples, contraintes multiples : les défis du nouveau paradigme de gestion des zones alluviales suisses ». *Natures Sciences Sociétés* 15 (1): 3-12.
- Newman, Peter, et Jeff Kenworthy. 1999. « Costs of Automobile Dependence: Global Survey of Cities ». *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1670 (1): 17-26.
<https://doi.org/10.3141/1670-04>.
- Nezla, Mohamed. 2012. « Essai d'analyse de la dynamique d'occupation des espaces, cas de la vallée de la Soummam. » Magister, Bejaia : Bejaïa. Université Abderrahmane Mira, Faculté des sciences économiques
- November, Valérie. 2002. *Les territoires du risque : le risque comme objet de réflexion géographique*. Peter Lang.
<https://infoscience.epfl.ch/record/124762>.
- Office national d'assainissement, Agence de Bejaia. 2017. « Etude de Diagnostic et de Réhabilitation des Réseaux d'Assainissement des Villes de Tizi-Ouzou et Bejaia.

- Rapport de mission A – Sous mission A3. Misa à jour du plan du réseau de la ville de Bejaia ». Rapport officiel.
- O’keefe, Phil, Ken Westgate, et Ben Wisner. 1976. « Taking the naturalness out of natural disasters ». *Nature* 260 (5552): 566-67.
- ONS. 2008. « RGPH - Recensement Général des Populations et de l’Habitat. » Algérie. <https://www.ons.dz/>.
- ONU, Nations. 2014. *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision - Highlights*. United Nations. <https://doi.org/10.18356/527e5125-en>.
- Opach, Tomasz, et Jan Ketil Rød. 2013. « Cartographic Visualization of Vulnerability to Natural Hazards ». *Cartographica* 48 (2): 113-25. <https://doi.org/10.3138/carto.48.2.1840>.
- Paulet, Jean-Pierre. 2009. *Manuel de géographie urbaine*. Armand colin.
- Paus, M. 2001. « Evaluation de l’impact territorial d’une filière AOC : Contribution à la mise en place d’une méthodologie ». *Cas de la filière bovin lait dans les Alpes du Nord françaises et suisses. Mémoire DEA, Environnement : Milieux, Techniques, Sociétés, INA Paris Grignon, Université Paris VII, 56p+ annexes*.
- PDAU. 2009. « PDAU Intercommunal de Bejaia ». Instrument d’urbanisme. Bejaia.
- Pelletier, Jean. 1990. « Sur les relations de la ville et des cours d’eau/On relations between cities and rivers ». *Géocarrefour* 65 (4): 233-39.
- Peng, Jian, Mingyue Zhao, Xiaonan Guo, Yajing Pan, et Yanxu Liu. 2017. « Spatial-temporal dynamics and associated driving forces of urban ecological land: A case study in Shenzhen City, China ». *Habitat International* 60:81-90.
- Perrier-Cornet, Philippe. 2001. « La dynamique des espaces ruraux dans la société française : un cadre d’analyse ». <https://agris.fao.org/search/en/providers/122439/records/6474729b2d3f560f80ab1333>.
- Perrin, Jacques-Aristide. 2018. « Gouverner les cours d’eau par un concept : Étude critique de la continuité écologique des cours d’eau et de ses traductions ». PhD Thesis, Université de Limoges. <https://hal.science/tel-01884007/>.
- Perugini, Monia, Maurizio Manera, Lisa Grotta, Maria Cesarina Abete, Renata Tarasco, et Michele Amorena. 2011. « Heavy metal (Hg, Cr, Cd, and Pb) contamination in urban areas and wildlife reserves: honeybees as bioindicators ». *Biological trace element research* 140:170-76.
- Pham-Duc, Binh, Florence Sylvestre, Fabrice Papa, Frédéric Frappart, Camille Bouchez, et Jean-Francois Crétaux. 2020. « The Lake Chad hydrology under current climate change ». *Scientific reports* 10 (1): 5498.
- Pickett, S. T. A., M. L. Cadenasso, J. M. Grove, C. H. Nilon, R. V. Pouyat, W. C. Zipperer, et R. Costanza. 2001. « Urban Ecological Systems: Linking Terrestrial Ecological, Physical, and Socioeconomic Components of Metropolitan Areas ». *Annual Review of Ecology and Systematics* 32 (1): 127-57. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.114012>.
- Pictet, Jacques. 1996a. *Dépasser l’évaluation environnementale : procédure d’étude et insertion dans la décision globale*. Presses polytechniques et universitaires romandes. <http://www.cs.put.poznan.pl/ewgmcd/pdf/PictetBook.pdf>.
- . 1996b. *Dépasser l’évaluation environnementale : procédure d’étude et insertion dans la décision globale*. Presses polytechniques et universitaires romandes. <http://www.cs.put.poznan.pl/ewgmcd/pdf/PictetBook.pdf>.

- Pierdet, Céline. 2007. « For a control of the urbanisation of embankments in river towns of Southeast Asia ». In *Living Capital: Sustaining Diversity in Southeast Asian Cities*. <https://shs.hal.science/halshs-00344950/>.
- Pigeon, P. 2001. « Gestion des risques et urbanisation dans la vallée de l'Arve ». In *Actes du colloque de Lyon, «risques et territoires»*, ENTPE/CNRS, 1:87-102.
- Pigeon, Patrick. 1996. « La gestion des risques urbains ». *Risques naturels, risques de sociétés*, 51-62.
- . 2005. *Géographie critique des risques*. Economica. <https://inria.hal.science/halshs-00105192/>.
- Pinson, Daniel. 2004. « Urban planning : an undisciplined discipline ? » *Futures* 36 (4) : 503-13.
- Potier, Françoise. 2007. « Le périurbain : quelle connaissance ? Quelles approches ? Espaces sous influence urbaine : analyse bibliographique ». PhD Thesis, Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les <https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-02150545/>.
- Prélaz-Droux, Roland. 1995. *Système d'information et gestion du territoire*. EPFL Press. https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=LCavzIJ0ezIC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Pr%C3%A9laz-Droux,+1995&ots=glR3QN_cD2&sig=l_st_9Z1_ZgC0DNxLkCN-IP1ZeE.
- Prelorenzo, C. 1996. « L'aménagement des interfaces entre villes et ports ». In *Annales des Ponts et Chaussées*, 39-50. <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=5980113>.
- Propeck-Zimmermann, Eliane. 2003. « l'inscription des risques dans l'Espace : difficultés d'appréhension et de représentation – l'exemple des risques industriels ». *Les risques*, 157-72.
- Provitolo, Damienne. 2007. « Vulnérabilité aux inondations méditerranéennes en milieu urbain : une nouvelle démarche géographique ». In *Annales de géographie*, 653:23-40. Armand Colin. https://shs.cairn.info/article/AG_653_0023?tab=texte-integral.
- Québec (AGRCQ), Association des gestionnaires régionaux des cours d'eau du. 2016. « Guide sur la gestion des cours d'eau du Québec ». Document de travail. 2016. <https://belsp.uqtr.ca/id/eprint/1095/>.
- Quillet, Etienne, Catherine Meur-Férec, Étienne Chauveau, et Manuelle Philippe. 2019. « Contribution à la mise en place d'indicateurs de suivi de la gestion des risques côtiers en France Métropolitaine : vers un observatoire intégré des risques d'érosion submersion ». *Noréis. Environnement, aménagement, société*, n° 250, 81-99.
- Raffestin, Claude. 1986. « Territorialité : concept ou paradigme de la géographie sociale ? » *Geographica helvetica* 41 (2) : 91-96.
- Reghezza, Magali. 2006. « Réflexions autour de la vulnérabilité métropolitaine : la métropole parisienne face au risque de crue centennale. » PhD Thesis, Université de Nanterre-Paris X. <https://theses.hal.science/tel-00123255/document>.
- Remy, Céline, et François Pichault. 2011. « Conditions et limites d'une démarche de prospective métier dans un secteur de PME touché par la crise économique ». *Management & Avenir* 49 (9): 277-95.
- Renard, F., et D. Soto. 2015. « Une représentation du risque à l'intersection de l'aléa et de la vulnérabilité : cartographies des inondations lyonnaises ». *Geographica Helvetica* 70 (4): 333-48.
- Richard, Paul-Henri, et Patrick Laclemece. 2013. « Ville intelligente et sécurité globale. Convergences, avantages et limites pour de nouveaux paradigmes. Focus sur la gestion

- des crises de sécurité civile ». In *Workshop Interdisciplinaire sur la Sécurité Globale (WIGS)*, 22-23.
https://anr.fr/Colloques/WISG2013/articles/Article_Richard.pdf.
- Rifai, Nabil, Abdellatif Khattabi, et Laila Rhazi. 2014. « Modélisation des crues des rivières pour la gestion intégrée du risque d'inondation : cas du bassin versant de Tahaddart (nord-ouest du Maroc) ». *Revue des sciences de l'eau* 27 (1): 57-69.
- Rifkin, Jeremy. 2011. *The third industrial revolution: how lateral power is transforming energy, the economy, and the world*. Macmillan.
- . 2016. « How the third industrial revolution will create a green economy ». *New Persp. Q.* 33:6.
- Robinson, Guy M, et Doris A Carson. 2016. « Resilient Communities: Transitions, Pathways and Resourcefulness ». *The Geographical Journal* 182 (2): 114-22.
<https://doi.org/10.1111/geoj.12144>.
- Rousseau, Jean-Jacques. 1782. *Du contrat social: ou Principes du droit politique*. Cazin.
- Roy, Bernard. 1985. « Méthodologie multicritère d'aide à la décision ». <https://www.sidalc.net/search/Record/cat-unco-ar-37975/Description>.
- . 1991. « The Outranking Approach and the Foundations of Electre Methods ». *Theory and Decision* 31 (1): 49-73.
<https://doi.org/10.1007/BF00134132>.
- Saaty, Thomas L. 1980. « The analytic hierarchy process (AHP) ». *The Journal of the Operational Research Society* 41 (11): 1073-76.
- Saïdouni, Mouawiya. 2000. *Eléments d'introduction à l'urbanisme: histoire, méthodologie, réglementation*. Casbah éditions.
- Sanjuan, Thierry. 2004. « L'invention du Yangzi. Linéarité fluviale, segmentation provinciale et métropolisation littorale ». *Géocarrefour* 79 (1): 5-12.
- Schwab, Klaus. 2016. « The Fourth Industrial Revolution ». <https://www.academia.edu/download/62646787/9kgt-The-Fourth-Industrial-Revolution-By-Klaus-Schwab-PDF.pdf>.
- Scouarnec, A., et Z. Yanat. 2003. « La prospective métier : un instrument au service d'une GRH innovante ». In *Gestion internationale et pays émergents*.
<https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=18243201>.
- Scouarnec, Aline. 2008. « Plaidoyer pour un renouveau de la prospective ». *Management & Avenir* 19 (5): 171-86.
- Sénécal, Gilles. 1996. « Champs urbains et développement durable : les approches canadiennes de la ville écologique ». *Natures sciences sociétés* 4 (1): 61-74.
- Seress, Gábor, et András Liker. 2015. « Habitat urbanization and its effects on birds ». *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 61 (4): 373-408.
- Service, M. W. 1976. « Mosquito ecology: field sampling methods. »
<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19762901979>.
- Siret, Daniel, Marjorie Musy, Fabien Ramos, Dominique Groleau, et Pascal Joanne. 2006. « Développement et mise en œuvre d'un SIG 3D environnemental urbain. » *Rev. Int. Géomatique* 16 (1): 71-91.
- Slovic, Paul. 1987. « Perception of Risk ». *Science* 236 (4799): 280-85.
<https://doi.org/10.1126/science.3563507>.
- Slovic, Paul, Baruch Fischhoff, et Sarah Lichtenstein. 1979. « Facts and fears: understanding perceived risk ». *Societal risk assessment: how safe is safe enough*.
https://www.researchgate.net/profile/Baruch-Fischhoff/publication/346646108_Facts_versus_fears_Understanding_perceived_risk/links/5fe0e8a192851c13fead43ac/Facts-versus-fears-Understanding-perceived-risk.pdf.

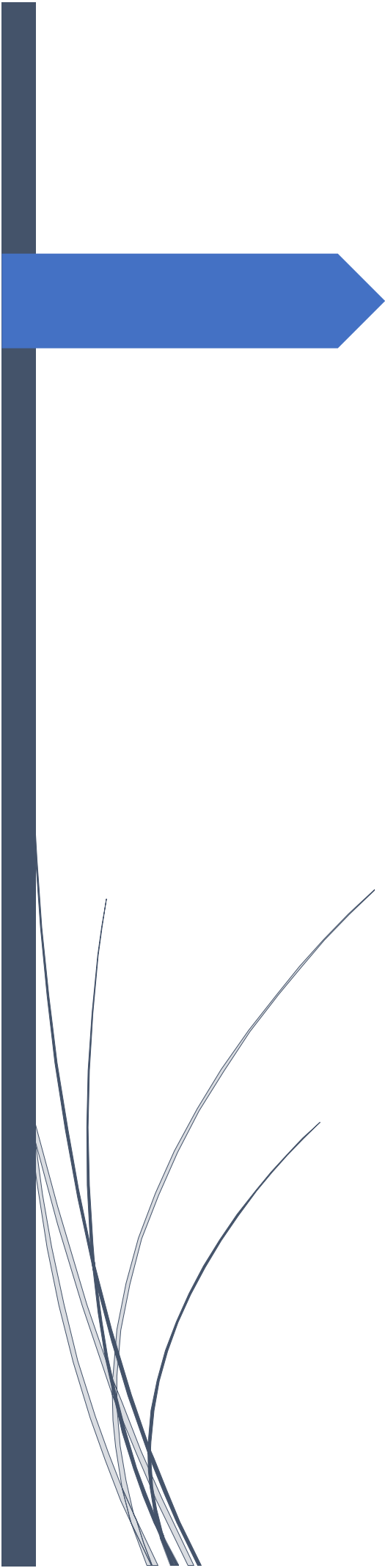
- Smith, K. 1996. « Environmental hazards: assessing risk and reducing disaster. » <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19961903791>.
- Snowden, David J., et Mary E. Boone. 2007. « A leader's framework for decision making ». *Harvard business review* 85 (11): 68.
- Stallybrass, Peter, et Allon White. 1986. *The Politics and Poetics of Transgression*. Cornell University Press.
- Stenchion, Phil. 1997. « Development and disaster management ». *Australian Journal of Emergency Management*, The 12 (3): 40-44.
- Stoner, James Arthur Finch, R. Edward Freeman, et Daniel R. Gilbert. 1996. *administración*. Pearson educación.
- Tamiz, Mehrdad, Dylan Jones, et Carlos Romero. 1998. « Goal programming for decision making: An overview of the current state-of-the-art ». *European Journal of operational research* 111 (3): 569-81.
- Tanguy, Marion. 2016. « Développement d'une méthode de caractérisation et d'évaluation du risque humain lié aux inondations en milieu urbain ». PhD Thesis, Institut National de la Recherche Scientifique (Canada). <https://search.proquest.com/openview/0d64c832e06aced54801b21f0be50f44/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>.
- Thierry, P., S. Lanini, Ph. Baranger, et Ch. Kervivane. 2001. « Simulation de la production/migration des polluants dans un système urbain par la méthode des réacteurs en réseaux (R.E.R.). Application au grand Lyon. »
- Thouret, Jean-Claude, et Robert D'Ercole. 1996. « Vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain : effets, facteurs et réponses sociales ». *Cahiers des sciences humaines. ORSTOM* 32 (2): 407-22.
- Thouret, Jean-Claude, et Robert d'Ercole. 1994. « Les phénomènes naturels créateurs de dommages (= menaces): diagnostic, inventaire et typologie ». *Revue de géographie alpine* 82 (4): 17-25.
- Thywissen, Katharina. 2006. *Components of risk: a comparative glossary*. UNU-EHS. <http://collections.unu.edu/view/UNU:1869>.
- Toussaint, Jean-Yves, et Sophie Vareilles. 2013. « Les clôtures ou l'expérience des limites dans les mondes urbains. Le cas de deux ouvrages de gestion des eaux urbaines dans l'agglomération lyonnaise ». *Les Cahiers européens des Sciences sociales* 4 (4/2013): 69-86.
- Trabuc, P. 1989. « Pollution apportée par les rejets urbains de temps de pluie. Nanterre (France) ». *Agence Financière de Bassin Seine-Normandie, résumé présenté en commission de l'AFBSN le 22* (03): 1989.
- Turner, Barry A. 1976. « The organizational and interorganizational development of disasters ». *Administrative science quarterly*, 378-97.
- Turner, Monica G., Robert V. O'Neill, Robert H. Gardner, et Bruce T. Milne. 1989. « Effects of Changing Spatial Scale on the Analysis of Landscape Pattern ». *Landscape Ecology* 3 (3-4): 153-62. <https://doi.org/10.1007/BF00131534>.
- Tversky, Amos, et Daniel Kahneman. 1974. « Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases: Biases in Judgments Reveal Some Heuristics of Thinking under Uncertainty. » *Science* 185 (4157): 1124-31. <https://doi.org/10.1126/science.185.4157.1124>.
- Ulrich, Roger S. 1984. « View Through a Window May Influence Recovery from Surgery ». *Science* 224 (4647): 420-21. <https://doi.org/10.1126/science.6143402>.

- UNISCO. 2022. « Evaluation rétrospective et prospective du projet de Plateforme d'expertise en formation professionnelle (Pefop): rapport d'évaluation - UNESCO Bibliothèque Numérique ». 2022.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000383926>.
- Valaskakis, Kimon. 1975. « Prospective, rétrospective et perspective : un essai de modélisation du temps ». *L'Actualité économique* 51 (2): 209-28.
- Valérian, Dominique. 2000. « Bougie, port maghrébin à la fin du moyen âge (1067-1510) ». PhD Thesis, Paris 1.
<https://theses.fr/2000PA010693>.
- Van Westen, C.J., T.W.J. Van Asch, et R. Soeters. 2006. « Landslide hazard and risk zonation—Why is it still so difficult? » *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 65 (2): 167-84.
<https://doi.org/10.1007/s10064-005-0023-0>.
- Vanier, Martin. 2008. « Le pouvoir des territoires, Paris ». *Anthropos*.
- Varnes, David J. 1958. « Landslide types and processes ». *Landslides and engineering practice* 24:20-47.
- Veyret, Yvette. 2004a. *Géographie des risques naturels en France : de l'aléa à la gestion*. Hatier.
- . 2004b. *Géographie des risques naturels en France: de l'aléa à la gestion*. Hatier.
- Veyret, Yvette, et Magali Reghezza. 2006. « Vulnérabilité et risques. L'approche récente de la vulnérabilité ». In *Annales des mines*, 43:9-13.
<https://www.annales.org/site/re/2006/re43/Veyret.pdf>.
- Vigier, Laure, et Arnaud Caudron. 2007. « Etude de la qualité thermique de la Menoge ». http://www.pechehautesavoie.com/wp-content/uploads/2012/01/Rapport_thermique_Menoge_2005_2006.pdf.
- Villemeur, A. 1988. « Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels, collection de la Direction des Etudes et Recherches d'Electricité de France n 67 ». Eyrolles.
- Villeneuve, Bertrand. 2016a. « Modèles multi-stress et multi-échelles de l'état écologique : vers une analyse du risque d'altération des cours d'eau et des bassins versants ». PhDthesis, Université de Lorraine.
<https://theses.hal.science/tel-01496899>.
- . 2016b. « Modèles multi-stress et multi-échelles de l'état écologique: vers une analyse du risque d'altération des cours d'eau et des bassins versants ». PhD Thesis, Université de Lorraine.
<https://theses.hal.science/tel-01496899/>.
- Von Habsburg, Salvador Ludwig. 1899. *Bougie, die Perle Nord Afrikas*. Druck und Verlag von Heinr. Mercy sohn.
- Weichselgartner, Juergen. 2001. « Disaster mitigation: the concept of vulnerability revisited ». *Disaster Prevention and Management: An International Journal* 10 (2): 85-95.
- Weichselgartner, Juergen, et Jurjen Bertens. 2000. « Natural disasters: acts of God, nature or society? On the social relation to natural hazards ». *WIT Transactions on Ecology and the Environment* 45.
<https://www.witpress.com/elibrary/wit-transactions-on-ecology-and-the-environment/45/4660>.
- Weichselgartner, Juergen, et Jan Sendzimir. 2004. « Resolving the paradox ». *Mountain Research and Development* 24 (1): 4-9.
- Wenger, Seth J., Allison H. Roy, C. Rhett Jackson, Emily S. Bernhardt, Timothy L. Carter, Solange Filoso, Catherine A. Gibson, et al. 2009. « Twenty-Six Key Research Questions in Urban Stream Ecology: An Assessment of the State of the Science ». *Journal of the North American Benthological Society* 28 (4): 1080-98.

- <https://doi.org/10.1899/08-186.1>.
- White, Gilbert F. 1945. « Human adjustment to floods: Department of geography research paper No. 29 ». *Chicago, IL: University of Chicago*.
- Wilaya de Bejaia. 2015. « Annuaire statistique de Bejaia ». Rapport Officiel. Bejaia : Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaires.
- . 2020. « Annuaire statistique de Bejaia ». Rapport Officiel. Bejaia : Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaires.
- Wisner, Ben. 1998a. « Marginality and vulnerability : Why the homeless of Tokyo don't countin disaster preparations ». *Applied geography* 18 (1): 25-33.
- Witter, Amy E., et Minh H. Nguyen. 2016. « Determination of oxygen, nitrogen, and sulfur-containing polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in urban stream sediments ». *Environmental Pollution* 209:186-96.
- Woloszyn, Philippe, et Béatrice Quenault. 2013. « Vulnérabilité territoriale et résiliences: résistances et capacités adaptatives face aux aléas climatiques ». In *International Conference of Territorial Intelligence" Territorial Intelligence, Socio-Ecological Transition and Resilience of the Territories"*.
<https://shs.hal.science/halshs-00827374/>.
- Zgheib, Sally. 2009. « Flux et sources des polluants prioritaires dans les eaux urbaines en lien avec l'usage du territoire ». PhD Thesis, Ecole des Ponts ParisTech.
<https://pastel.hal.science/pastel-00554932/>.
- Zougaghe, F., L. Mouni, et M. Tafer. 2014. « Qualité biologique du réseau hydrographique du bassin versant de la Soummam (Nord de l'Algérie) ». *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, n° 17.
<http://www.larhyss.net/ojs/index.php/larhyss/article/view/187>.
- Zougaghe, Fatah, et Aissa Moali. 2009. « Variabilité structurelle des peuplements de macro-invertébrés benthiques dans le bassin versant de la Soummam (Algérie, Afrique du Nord) ». *Revue d'écologie* 64 (4): 305-21.

SITOGRAPHIE

- <https://www.emdat.be/>
- <https://www.who.int/home>
- <http://www.gehimab.org/>
- <https://www.dknews-dz.com/article/162185-bejaia-les-degats-de-la-pluie.html>
- <https://www.aquaportail.com/definition-6834-cours-d-eauperenne.html#introduction>
- <http://www.eau-poitou-charentes.org/quelques-generalites-sur-les-cours.html>
- <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/matiere-turbidite-6317/>
- <https://earthobservatory.nasa.gov>
- <http://paulamartinpotpourri.blogspot.com/2012/06/thursday-tour-river-irwell.html>
- <https://www.flickr.com/photos/solarwindchicago/2715966781/><https://urbabillard.wordpress.com/>
- <https://www.scribbr.fr/methodologie/etude-qualitative/>
- <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais-monolingue>



ANNEXES

ANNEXES :

CHAPITRE INTRODUCTIF

Annexe 1.

Taux d'urbanisation des pays dans le monde

Pays	Taux d'urbanisation
Bermudes – Îles Caïmans – Gibraltar – Hong Kong – Koweït – Macao – Monaco – Nauru – Singapour – Saint-Martin	100 %
Qatar – Belgique – Saint-Marin – Îles Vierges des États-Unis – Uruguay – Guam – Malte – Islande – Îles Turques-et-Caïques – Porto Rico – Israël – Pays-Bas – Argentine – Îles Mariannes du Nord – Japon – Luxembourg – Jordanie – Gabon	< 100 % et ≥ 90 %
Bahreïn – Liban – Curaçao – Venezuela – Danemark – Suède – Andorre – Chili – Groenland – Brésil – Émirats arabes unis – Samoa américaines – Oman – Nouvelle-Zélande – Australie – Finlande – Arabie saoudite – Royaume-Uni – Bahamas – Norvège – République dominicaine – États-Unis – Colombie – Canada – Palaos – Costa Rica – Corée du Sud – France – Espagne – Mexique – Libye – Grèce	< 90 % et ≥ 80 %
Biélorussie – Bahreïn – Pérou – Djibouti – Îles Marshall – Malaisie – Allemagne – Cuba – Palestine – Turquie – Iran – Bulgarie – Sao Tomé-et-Principe – Russie – Algérie – Tchéquie – Salvador – Suisse – Guinée équatoriale – Hongrie – Nouvelle-Calédonie – Botswana – Dominique – Italie – Irak – Bolivie	< 80 % et ≥ 70 %
Tunisie – Ukraine – Estonie – Mongolie – Panama – Lettonie – République du Congo – Lituanie – Afrique du Sud – Monténégro – Angola – Cap-Vert – Chypre – Portugal – Suriname – Tuvalu – Équateur – Maroc – Irlande – Arménie – Gambie – Albanie – Corée du Nord – Chine – Paraguay – Polynésie française – Pologne	< 70 % et ≥ 60 %
Géorgie – Nicaragua – Autriche – Honduras – Macédoine du Nord – Cameroun – Ghana – Seychelles – Haïti – Croatie – Kazakhstan – Fidji – Indonésie – Azerbaïdjan – Jamaïque – Serbie – Kiribati – Mauritanie – Syrie – Slovénie – Roumanie – Slovaquie – Saint-Vincent-et-les-Grenadines – Trinité-et-Tobago – Île de Man – Namibie – Turkménistan – Nigeria – Liberia – Guatemala – Côte d'Ivoire – Thaïlande	< 60 % et ≥ 50 %
Ouzbékistan – Bosnie-Herzégovine – Bénin – Îles Vierges britanniques – Sénégal – Philippines – Somalie – République démocratique du Congo – Belize – Zambie – Mali – Guinée-Bissau – Aruba – Sierra Leone – Togo – Bhoutan – Moldavie – Égypte – République centrafricaine – Îles Féroé – Érythrée – Maldives – Maurice	< 50 % et ≥ 40 %
Madagascar – Bangladesh – Yémen – Viêt Nam – Mozambique – Pakistan – Guinée – Kirghizistan – Laos – Grenade – Tanzanie – Soudan – Inde – Zimbabwe – Timor oriental – Birmanie – Barbade – Burkina Faso – Saint-Christophe-et-Niévès	< 40 % et ≥ 30 %

Comores – Lesotho – Kenya – Tadjikistan – Guyana – Afghanistan – Vanuatu – Ouganda – Îles Salomon – Cambodge – Antigua-et-Barbuda – Eswatini – Tchad – Tonga – États fédérés de Micronésie – Éthiopie – Népal – Soudan du Sud	< 30 % et $\geq$ 20 %
Sainte-Lucie – Sri Lanka – Samoa – Malawi – Rwanda – Niger – Liechtenstein – Burundi – Papouasie-Nouvelle-Guinée	< 20 % et $\geq$ 10 %

Source – (Banque mondiale 2021)

PARTIE I.

Annexe 2.

Définitions du concept du risque

Référence	Définition
Random House, 1966	Exposition à une blessure ou une perte fortuite
UNDHA, 1992	Pertes attendues (de vies, de personnes blessées, de biens endommagés et de l'activité économique perturbée) dues à un danger particulier pour une zone et une période de référence données. Basé sur des calculs mathématiques, le risque est le produit de l'aléa et de la vulnérabilité.
Adams, 1995	Mesure composée combinant la probabilité et l'ampleur d'un effet négatif
Smith, 1996	Probabilité x Perte
Stenchion, 1997	La probabilité de survenance d'un événement indésirable. d'un événement non désiré [mais il pourrait] être mieux décrit comme la probabilité d'un danger contribuant à un désastre potentiel... Il est important de noter qu'il implique la prise en compte de la vulnérabilité au danger
Crichton, 1999	Probabilité d'une perte. Il dépend de trois éléments, l'aléa, la vulnérabilité et l'exposition
IPCC, 2001	Fonction de la probabilité et de l'ampleur des différents impacts
Downing et al., 2001	1) Un événement menaçant, ou la probabilité d'occurrence d'un phénomène potentiellement dommageable dans une période et une zone, données. 2) Probabilité d'occurrence d'un aléa Aléa = menace potentielle pour les humains et leur bien-être
Jones et Boer, 2003	Probabilité x conséquence
	Vulnérabilité x aléa
	Intensité x probabilité
	Capacité d'adaptation x vulnérabilité

Source – (Brooks 2003)

Différentes définitions de la vulnérabilité

Définition de la vulnérabilité	Référence
C'est un degré du système qui peut avoir des effets négatifs après un événement dangereux/désastreux	Timmerman 1981
C'est la capacité d'une société ou de groupes à faire face aux catastrophes, ainsi que la capacité à déterminer leur condition dans l'environnement naturel ou social.	Dow 1992
Système articulé autour d'un grand nombre de variables naturelles et humaines dont la dynamique dans le temps et dans l'espace peut engendrer des situations plus ou moins dangereuses pour une société exposée donnée	D'Ercole 1994
S'inscrit dans un système qui englobe les préjudices corporels et moraux aux personnes et l'endommagement potentiel des éléments exposés (biens de production, activités socio-économiques et patrimoine	Thouret et D'Ercole 1996
Elle décrit les propriétés d'un système qui pourraient affaiblir sa capacité à survivre et à accomplir sa mission en présence de menaces.	Einarsson et Rausand 1998
C'est un indice de fragilité des éléments à risque par rapport à l'occurrence d'un événement	Griot et Ayral 2001
C'est la fonction de la susceptibilité et de la résilience selon le niveau de connaissance.	Alwang et al. 2001
C'est le degré d'endommagement d'un système, d'un sous-système ou d'un système d'un système, d'un sous-système ou d'un composant de système causé par l'exposition à un danger, une perturbation ou un stress.	Turner et al. 2003
C'est considéré comme le danger d'un lieu qui inclut les risques biophysiques, ainsi que la réponse et l'action sociales biophysiques ainsi que la réponse et l'action sociales.	Cutter et al. 2003
C'est la prédisposition des biens, des personnes, des structures, infrastructures et activités humaines à des dommages dont la résistance est faible.	Bogardi et al. 2004
C'est la réponse territoriale à l'aléa	Haziza 2007
C'est la déficience ou la faiblesse qui diminue la capacité d'un système à survivre à une menace ou à recommencer une nouvelle condition permanente. Capacité d'un système à survivre à une menace ou à recommencer un nouvel état permanent.	Aven 2007
(i) c'est connu comme une propriété universelle du système qui révèle le niveau des effets défavorables déclenchés par l'apparition d'un certain danger. Niveau d'effets défavorables déclenchés par l'occurrence d'un certain événement dangereux. (ii) la vulnérabilité est appliquée pour décrire les composants ou les caractéristiques d'un système.	Johansson et Hassel 2010
est une condition discernée par les caractéristiques ou les processus sociaux, économiques, physiques et environnementaux qui rendent une personne sans défense. physiques et environnementaux qui rendent une société sans défense face aux conséquences des société aux conséquences des risques.	Tapsell et al. 2010
symbolise la potentialité de la perte sur deux faces : ① une face exotique côté des coups et des perturbations, ceux-ci exposent un système, ② un côté intérieur qui caractérise la capacité et le manque de capacité à répondre efficacement ainsi que ainsi qu'à se remettre des stress exotiques.	Wisner 2010
désigne le degré de perte de fonction d'un système lorsque ce système lorsque le système est gravement touché par les différents types d'aléas, qui est inversement inversement proportionnel à la résilience du système.	Berrouet et al. 2018
C'est la tendance ou la prédisposition des biens à être affectés négativement par les aléas. affectés par les dangers. Elle comprend l'exposition, la sensibilité, les conséquences possibles et la capacité d'adaptation.	Nagy et al. 2019

Source – (Huq et al. 2020) ; traduit et modifié par l'auteure, 2022

Définitions anglo-saxonnes de la vulnérabilité

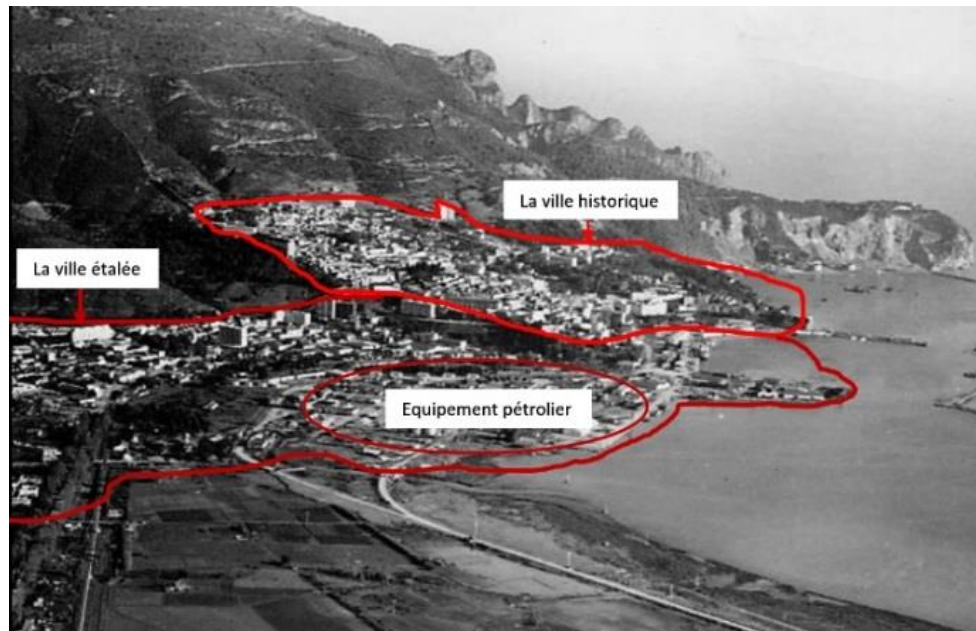
Définition	Référence
Vulnerability is the threat (to hazardous materials) to which people are exposed (including chemical agents and the ecological situation of the communities and their level of emergency preparedness). Vulnerability is the risk context.	Gabor and Griffith 1980
Vulnerability is the degree of the loss to a given element or set of elements at risk resulting from the occurrence of a natural phenomenon of a given magnitude.	UNDRO 1982
Vulnerability is the degree to which different classes of society are differentially at risk.	Susman et al. 1983
Vulnerability is the potential for loss.	Mitchell 1989
Distinguishes between vulnerability as a biophysical condition and vulnerability as defined by political, social and economic conditions of society. She argues for vulnerability in geographic space (where vulnerable people and places are located) and vulnerability in social space (who in that place is vulnerable).	Liverman 1990
Vulnerability is the differential capacity of groups and individuals to deal with hazards, based on their positions within physical and social worlds.	Dow 1992
Human vulnerability is function of the costs and benefits of inhabiting areas at risk from natural disaster.	Alexander 1993
Vulnerability is the likelihood that an individual or group will be exposed to and adversely affected by a hazard. It is the interaction of the hazard of place (risk and mitigation) with the social profile of communities.	Cutter 1993
Vulnerability to flood disruption is a product of dependence (the degree to which an activity requires a particular good as an input to function normally), transferability (the ability of an activity to respond to a disruptive threat by overcoming dependence either by deferring the activity in time, or by relocation, or by using substitutes), and susceptibility (the probability and extent to which the physical presence of flood water will affect inputs or outputs of an activity).	Green et al. 1994
Vulnerability represents the sensitivity of land use to the hazard phenomenon.	Gilard and Givone 1997
By vulnerability we mean the condition of a given area with respect to hazard, exposure, preparedness, prevention, and response characteristics to cope with specific natural hazards. It is a measure of capability of this set of elements to withstand events of a certain physical character.	Weichselgartner and Bertens 2000
By vulnerability we mean the characteristics of a person or group and their situation that influence their capacity to anticipate, cope with, resist and recover from the impact of a natural hazard (an extreme natural event or process).	Wisner, Blaikie, Cannon and Davis 2004

Source – Réuni par l’auteure, 2022

PARTIE II.

Annexe 3.

L'étalement sur la plaine à partir de 1920



Source – (Bouaifel 2010) ; modifiée par l'auteure, 2022.

Vue sur des bâtiments de la ZHUN de Sidi-Ahmed



Source – (PDAU Intercommunal de Bejaia 2009)

Annexe 4.

Principales interventions urbaines pendant la planification socio-démographique

Localisation	Intervention	Réalisation
Les hauteurs	Logements	ZHUN de Iheddaden : 1900 logements ZHUN de Sidi-Ahmed : 5040 logements
	Equipement majeur	Université
La plaine	L'extension sur le delta de la Soummam	Nouveau aéroport : Aéroport international Nouvelle ville de Sidi-Ali-Lebhar : 2455 logements, 1232 logements sociaux, 576 locaux commerciaux, annexes administratives, centres de santé, écoles, ...etc.
	L'extension sur la plaine maritime	Cités collectives et lotissements individuels Zone administrative : Siège de wilaya, siège de Daira, siège de la commune, des banques, des assurances, ...etc.

Source – Auteure, 2022

Annexe 5.

Synthèse des caractéristiques : Imzayen et Tamelaht

Lac Imzayen		Mare de Tamelaht
Caractéristiques naturelles		
Source	Nappe phréatique	Eaux de ruissellement
Surface (H)	3 H	6 H
Périmètre	/	/
Profondeur	0.5 m à 18 m	/
Durabilité	Permanant	Temporaire
Faune	Oui :	Oui :
La flore	Plus de 99 espèces réparties en 44 familles -La ceinture végétale est large de (m), inférieur à la norme qui est de 10 m à 15 m	Oui :
Caractéristiques artificielles		
Etat	Naturel	Naturel
Entourage immédiat (limites)	- Au Nord : maison de la culture, bibliothèque communale, radio locale ; - A l'Ouest : briqueterie - A l'Est : Bd. krim Belkacem - Au Sud : quartier résidentiel	Naturel
Aménagements	Absents	Absents
Rejets	Eaux de ruissellement	Eaux de ruissellement
Extraction d'eaux	Non	Non
Intérêts pour l'espace urbain	Ecologique, environnemental, climatique, social, économique, paysagiste, récréatif	Hydraulique, climatique, gestion des eaux, environnemental, écologique, paysagiste
Carences	- Urbanisation anarchique aux alentours ; - Nuisances sonores ; - Pollutions	- Pollutions

Source – Réuni par l’auteure, 2022

Synthèse des caractéristiques : Soummam

Caractéristiques naturelles	
Source	Jonction des rivières : Boussellam et Sahel qui trouvent leurs origines dans les montagnes des Babors et des Bibans, nappe phréatique et eaux de ruissellement
Surface (Km²)	(Dont 40 Km² pour le delta de Bejaïa)
Longueur	80 Km (Dont 10 Km pour le delta de Bejaïa)
Largeur	(Dont 2 Km à 4 Km pour le delta de Bejaïa)
Périmètre	/
Profondeur	/
Faune et flore	Roseaux, peupliers, buissons épineux
Caractéristiques urbanistiques	
Entourage immédiat (limites)	Rive gauche : Unités de production (Sonatrach) Rive droite : Habitations individuels
Aménagements	Ponts
Pollution	Rejets industriels et ménagers (liquides, visqueux, solides)
Extraction de sable	Oui
Extraction d’eaux	Non
Intérêts pour l’espace urbain	Environnemental, écologique, climatique, paysagiste, social, économique, récréatif, gestion des eaux

Source – Réuni par l’auteure, 2022

Synthèse des caractéristiques : Cap-Sigli

N°.	1	2	3	4	5	6
Nom	Ouchaalal	Bois Sacré	Roumane	Danous	Salamon	N’dfali
Surface (km²)	1.07	1.07	1.26	1.25	2.16	2.26
Périmètre (km)	6.93	5.61	8.24	8.19	8.43	11.64
Longueur (km)	1.3	1.9	1.7	1.5	3.7	1.3
Typologie	Temporaire	Temporaire	Temporaire	Temporaire	Temporaire	Temporaire
Etat	Canalisé Couvert	Canalisé Couvert	Canalisé Couvert	Canalisé Couvert	Naturel Canalisé Couvert	Naturel Canalisé Couvert
Nature du sous bassin	Urbain Rural	Périurbain Rural	Périurbain Rural	Urbain	Périurbain Rural	Urbain Rural
Occupation du sol	Habitat	Habitat	Habitat	Habitat	Habitat	Habitat
N°.	7	8	9	10	11	12
Nom	Seguili	Ibouhatmen	Bourbiaa	Boukhiamia	Seghir	Serrir
Surface (km²)	2.97	3.28	14.26	3.26	13.15	22.89
Périmètre (km)	11.94	13.01	23.81	10.87	30.58	33.04
Longueur (km)	1.9	2	2	1.08	4.2	3.07
Typologie	Temporaire	Temporaire	Temporaire	Temporaire	Permanant	Permanant

Etat	Naturel canalisé Couvert	Naturel Canalisé Couvert	Canalisé Couvert	Canalisé Couvert	Naturel Canalisé Couvert	Canalisé Couvert
Nature du sous bassin	Périurbain Rural	Périurbain Rural	Périurbain Rural	Périurbain Rural	Urbain Périurbain	Périurbain
Occupation du sol	Habitat	Habitat	Habitat	Habitat	Industrie Commerce Habitat	Industrie Commerce Habitat
N°.	13	14	15	16	17	18
Nom	Laazib	Iheddaden	Tala n Savone	Tizi Imehdiene	Bir S'lam	/
Surface (km²)	1.54	1.16	1.03	0.92	/	/
Périmètre (km)	8.34	6.88	6.42	6.91	/	/
Longueur (km)	0.8	1.9	1.70	1.7	/	/
Typologie	Temporaire	Temporaire	Temporaire	Temporaire	Temporaire	Permanant
Etat	Naturel Canalisé Couvert	Canalisé Couvert	Naturel Canalisé	Canalisé Couvert	Naturel	Naturel
Nature du sous bassin	Périurbain Rural	Périurbain	Urbain	Urbain	Périurbain Naturel	Périurbain Naturel
Occupation du sol	Habitat	Habitat	Habitat	Habitat	Habitat	Industrie Habitat

Source – Réuni par l’auteure, 2022

Annexe 6.

Enquête de terrain

Renseignements à fournir pour l'échantillon de la station ST....

1. Identité du préleveur :
2. Date et heure du prélèvement :
3. Particulier ou autorité demandant des analyses :
4. Motif de la demande :
5. Ville que l'eau alimente :
6. Type du traitement utilisé :
7. Nom et localisation précise du point d'eau :
8. Origine de l'eau :
9. Condition météorologique du moment du prélèvement :

Prélèvements à l'œil nu pour la station ST...

N°	Observation	En amont	Au point de rejet	En aval	Autres observations
1	Rien à signaler				
2	Couleur particulière				
3	Turbidité prononcée				
4	Odeurs particulières				
5	Hydrocarbures				
6	Détergents				
7	Eutrophisation prononcée				
8	Animaux morts				
9	Rongeurs				
10	Macro-polluants				
11	Erosion hydraulique				
12	Accumulation de résidus				
13	Boues				
14	Exutoire noyé par l'aval				
15	Présence de poissons				

16	Présence d'amphibiens				
17	Présence de oiseaux				
18	Nature des berges				
19	Types d'aménagements				
20	Rejets sauvages des déchets solides				
21	Rejets d'eaux usées sans traitements				
22	Rejets d'eaux usées industrielles				
23	Rejets d'eaux des STEP				
24	Autres observations				

Questionnaire à l'intention des acteurs urbains (phase I)

Ce questionnaire n'est pas une évaluation du travail actuel des acteurs urbains. Notre objectif est que les acteurs de la ville nous aident à établir un système d'indicateurs de la vulnérabilité (l'exposition) de la ville, aux risques hydrologiques suivants : inondation, érosion des berges, risque sanitaire, risque environnemental.

***Votre participation est précieuse,
Sans elle, nous ne pourrions avancer dans notre travail.
Merci d'avance !***

Fiche technique du répondant

Date :
Etablissement :
Fonction (poste) occupé :

Pour chacun des tableaux, veuillez répondre aux questions suivantes :

- Est-ce que chacune des dimensions, et objets suivants permettent de rendre compte d'un niveau de vulnérabilité (d'exposition) aux risques hydrologiques terrestres ? Répondez par [O (Oui), N (Non)], dans les colonnes : Q1.
- Connaissez-vous d'autres facteurs qui peuvent compléter ceux des tableaux ? Si oui, citez-les

GESTION

Dimension	Q1	Objet	Q1
-----------	----	-------	----

Implication de la recherche scientifique dans la gestion des risques (universités et centres de recherche)	.....	Formation continue des gestionnaires des risques Connaissances scientifiques actualisées par des publications récentes	..... .....
Présence des aménagements de protection contre les risques	.....	Présence des ouvrages d'art sur les cours d'eau (ponts, barrages, seuils, digues, ...etc.) Présence des ouvrages de gestion des eaux urbaines (stations d'épuration, assainissements adéquat)	..... .....
Présence d'une planification spatiale aux normes	.....	Protection des servitudes du domaine public hydraulique Intégration des risques dans le schéma de cohérence territoriale SCT Intégration des risques dans le plan d'occupation du sol POS Intégration des risques dans le PDAU Intégration des risques dans le plan de préservation des sites archéologiques	..... ..... ..... ..... .....
Sensibilisation des usagers aux risques	.....	Implication des associations dans la gestion des risques Information de la population sur les risques, via des campagnes de sensibilisation Enseignement des risques dans les écoles	..... ..... .....
Gestion de la crise	.....	Plan ORSEC des zones sensibles Plan ORSEC de la commune Plan ORSEC de wilaya Plan ORSEC inter wilaya Plan ORSEC national	..... ..... ..... ..... .....
Stratégies de gestion des risques	.....	Plan de prévention des risques naturels et technologiques majeurs PPRNTM Plan de secours et de prévention contre les risques industriels (plan interne prévu par les industriels) Commission de de surveillance et de contrôle des installations classées (décret exécutif n 99-253 du 07/11/1999 Commission de contrôle des établissements classés de la wilaya (décret exécutif n 06-198 du 31 mai 2006	..... ..... ..... ..... .....
Communication, concertation entre acteurs	.....	Existence de la coordination entre les acteurs Présence de la souplesse hiérarchique dans la gestion	..... .....
Sensibilisation aux risques	.....	Implication de la population dans la gestion Information de la population via des campagnes de sensibilisation Enseignement des risques majeurs dans les écoles	..... ..... .....
Législation	.....	Protection légale des servitudes des cours d'eau Protection légale contre la pollution par eaux usées Protection légale contre la pollution par déchets solides Protection légale du patrimoine écologique Protection légale du patrimoine archéologique	..... ..... ..... ..... .....

Connaissez-vous d'autres facteurs qui peuvent compléter ceux du tableau ? Si oui, citez-les

.....
.....

REPRESENTATIONS SOCIALES

Dimension	Q1	Objet	Q1
Caractéristiques démographiques et socio-économiques		Démographique Socio-économique	..... .....

Connaissance du risque par les populations	.....	Connaissance du risque	.....
Comportements et réactions avec le risque	.....	Comportements psychologiques	.....
		Les comportements organisationnels	.....
		Les pratiques quotidiennes d'hygiène et de santé	.....
		Les dynamiques et les relations sociales	.....

Connaissez-vous d'autres facteurs qui peuvent compléter ceux du tableau ? Si oui, citez-les

.....

ENJEUX

Dimension	Q1	Objet	Q1
Les enjeux corporels		Résidents de la ville Visiteurs de la ville	..... .....
Les enjeux matériels		Bâtiments Infrastructures diverses Ouvrages d'art Réseaux urbains Mobiliers urbains	..... ..... ..... ..... .....
Les enjeux économiques		Infrastructures économiques Dynamique économique Coûts de gestion Coûts avant l'aléa Coûts après l'aléa	..... ..... ..... ..... .....
Les enjeux environnementaux		Dégradation de la qualité et de la quantité des eaux de surface et souterraine Dégradation biologique (appauvrissement de la biodiversité faunique et floristique) Dégradation du sol Dérèglement du microclimat de la ville (l'effet d'îlot de chaleur)	..... ..... ..... .....
Les enjeux socio-urbains		Enjeux paysagistes (esthétique de la ville) Enjeux d'activités récréatives liées aux rivières (promenade, pêche, baignade)	..... .....

Connaissez-vous d'autres indicateurs qui peuvent compléter ceux du tableau ? Si oui, citez-les

- Enjeux corporels :

.....

- Enjeux matériels :

.....

- Enjeux économiques :

.....

- Enjeux environnementaux :

.....

- Enjeux socio-aménagistes :

.....

Nous vous remercions infiniment !

2. Questionnaire à l'intention des acteurs urbains (phase II)

Ce questionnaire n'est pas une évaluation du travail actuel des acteurs urbains. Notre objectif est que les acteurs de la ville nous aident à établir un système d'indicateurs de la vulnérabilité (l'exposition) de la ville, aux risques hydrologiques suivants : inondation, érosion des berges, risque sanitaire, risque environnemental.

*Votre participation est précieuse,
Sans elle, nous ne pourrions avancer dans notre travail.
Merci d'avance !*

Fiche technique du répondant

Date :
Etablissement :
Fonction (poste) occupé :

Pour chacun des tableaux, veuillez répondre à ces deux questions :

- Quel degré d'importance accordez-vous à cet indicateur considérant son impact potentiel sur l'amélioration ou la dégradation de la capacité de la ville à faire face aux risques hydrologiques terrestres ? (1 = non utile ; 2 = peu utile (discutable) ; 3 = utile)
- Dans quel mesure cet indicateur peut être réalisé sur le terrain ? (1 = non faisable ; 2 = peu faisable (discutable) ; 3 = faisable)

Tableau 1 – évaluation de la faisabilité des indicateurs de gestion

Objet	Indicateur potentiel	Disponibilité des données			Degré de technicité			Temps nécessaire			Moyens financiers			Utilité		
Recherche scientifique	Formation continue des gestionnaires des risques (ex : abonnements aux revues scientifiques spécialisées, organisation de séminaires)	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Mettre à jour les données statistiques et de suivi	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Maîtrise de la planification urbaine	Intégrer les risques dans les schémas d'urbanisme	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Gestion intégrée des déchets	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3

Sensibilisation aux risques	Information de la population via des compagnes de sensibilisation	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Enseignement des risques dans les écoles	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Exercices réguliers de simulation des risques	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Communication, concertation entre acteurs	Mettre en place un service administratif chargé de la coordination permanente entre les acteurs avant la crise	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Mettre en place une base de données informatisée à la disposition commune des acteurs	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Législation	Protéger légalement les servitudes des cours d'eau	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Combattre légalement les rejets sauvages des déchets	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Protéger légalement le patrimoine écologique	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Protéger légalement le patrimoine archéologique	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Alerte à la crise	Mise au point d'un système d'alerte aux populations (textos, diffusion par les médias, sirène, hauts parleurs, ...etc.)	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Mise au point d'un système d'alerte aux gestionnaires (outils de prévision et de surveillance de niveau des eaux : stations hydrométriques ; SIG ; ...etc.)	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Gestion de la crise	Déclencher les plans ORSEC (des zones sensibles, commune et wilaya)	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Mettre en place des plans ORSEC (commune, wilaya) spécifiques à chaque aléa	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Actualiser les plans ORSEC	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Réunir une main d'œuvre compétente et suffisante (ex : postes de commandement avancés)	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Mettre en place des compétences matérielles, adéquates et suffisantes (ex : postes médicaux avancés)	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3

Tableau 2 – évaluation de la faisabilité des indicateurs des représentations

Objet	Indicateur potentiel	Disponibilité des données			Degré de technicité			Temps nécessaire			Moyens financiers			Utilité		
Relations et dynamiques sociales	Conscience de la qualité de l'environnement	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Conscience de la valeur de la présence de la rivière en ville	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Connaissance du risque	Expérience passée de l'aléa	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Connaissance des moyens d'alerte	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Connaissance des moyens d'information	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Connaissance des consignes de sécurité à suivre	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Psychologie	Type de réponse individuelle lors de l'aléa (trouble, panique, bonne organisation)	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Avoir le sentiment d'être exposé à l'aléa	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Avoir la capacité à imaginer que le danger puisse avoir lieu	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Organisation	Distance d'une source de danger (dans ce cas, la source de danger est le cours d'eau). Pour les MTH, la source de danger n'est pas forcément un cours d'eau, mais présence d'eau stagnante à la surface, présence de sites pollués	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Distance d'une infrastructure essentielle (centre de soins, caserne de pompiers)	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Pratiques d'hygiène et santé	Caractéristiques de l'habitat (Rehaussement du premier planché des immeubles, adaptation des ouvertures, ...etc.)	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Bonne gestion des déchets ménagers	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Bonne utilisation de l'espace (respect des servitudes des cours d'eau)	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Urbanisation	Typologie du tissu	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Occupation du sol	1	2	3	3	2	2	1	2	2	1	2	3	1	2	3
	Densité des habitants	1	2	3	3	2	2	1	2	2	1	2	3	1	2	3
	Densité du bâti	1	2	3	3	2	2	1	2	2	1	2	3	1	2	3

Nous vous remercions infiniment !

3. Questionnaire à l'intention des habitants

مسح إدراك المخاطر المتعلقة بالأنهار

أولا - بيانات المعلومات الديمغرافية والاجتماعية والاقتصادية

- عدد الأفراد في المسكن:
- الفئات العمرية: أقل من 10 سنوات + أكبر من 65 سنة
- نوع المسكن 1 (فردى، جماعى):
- نوع السكن (ZHOUN ، promotion، الفوضوي، احياء عشوائية، اجتماعي، LPA....)
- حالة السكن (إيجار، ملكية):

ثانياً - المعارف والمعلومات المتعلقة بالمخاطر

1. هل سبق لك أن تعرضت لإحدى هذه الكوارث؟ (نعم، لا)

فيضان	انزلاق التربة	امراض ناتجة عن تلوث المياه	تدهور البيئة الناتج عن التلوث	اخر اذكره

2. هل تشعر بإمكانية التعرض لهذه المخاطر؟ (نعم، لا)

فيضان	انزلاق التربة	امراض ناتجة عن تلوث المياه	تدهور البيئة الناتج عن التلوث	اخر اذكره

3. ما هي المخاطر التي تقلقك أكثر؟ تصنيف من 1 الأقل إثارة للقلق بالنسبة لك إلى 5 لأكثر إثارة للقلق بالنسبة لك

فيضان	انزلاق التربة	امراض ناتجة عن تلوث المياه	تدهور البيئة الناتج عن التلوث	اخر اذكره

4. هل لقرب النهر من منزلك تأثير على حياتك؟

- نعم؛

- لا

5. إذا كان الأمر كذلك، فكيف؟

- الأمراض الناجمة عن تلوث النهر؛

- الروائح كريهة؛

- انتشار البعوض والفئران؛

- الفيضانات؛

- انهيار التربة وتدهور منزلك؛

- التدهور الإيكولوجي؛

- تشوه صورة الحي؛

- اسباب أخرى:.....

6. هل تعرف ما هي وسائل التحذير والاعلام المتاحة لإبلاغك بحدوث أحد هذه المخاطر؟ (نعم، لا)

فيضان	انزلاق التربة	امراض ناتجة عن تلوث المياه	تدهور البيئة الناتج عن التلوث	اخر (اذكره)

7. إذا أجبت بنعم، فما هي وسائل التنبيه والاعلام الموجودة (في حيك، بلديتك، مدينتك)؟

.....

.....

8. هل توجد في حيك جمعيات تهتم بالبيئة او نظافة المحيط (نعم، لا)؟

9. هل تعتقد أنه تمت توعيتك حول هذه المخاطر؟ (نعم، لا، لا أعرف)

فيضان	انزلاق التربة	امراض ناتجة عن تلوث المياه	تدهور البيئة الناتج عن التلوث	اخر اذكره

10 إذا كان نعم، فما هي الوسائل المستخدمة لزيادة الوعي لديك بهذه المخاطر

فيضان	انزلاق التربة	امراض ناتجة عن تلوث المياه	تدهور البيئة الناتج عن التلوث	اخر اذكره

11 إذا كان الجواب نعم، قم بتسمية الهيئات التي تقف وراء إجراءات التوعية

فيضان	انزلاق التربة	امراض ناتجة عن تلوث المياه	تدهور البيئة الناتج عن التلوث	اخر اذكره

ثالثا - سلوكيات المخاطر (الممارسات الفردية واستخدام الأراضي)

12 هل تعرف ماذا تفعل عندما يحدث أحد هذه المخاطر؟ (نعم، لا)

فيضان	انزلاق التربة	امراض ناتجة عن تلوث المياه	تدهور البيئة الناتج عن التلوث	اخر اذكره

13 إذا كان الجواب نعم، سمها

فيضان	انزلاق التربة	امراض ناتجة عن تلوث المياه	تدهور البيئة الناتج عن التلوث	اخر اذكره
.....				
...	...	...	...	...
.....				
...	...	...	...	...

14 هل تعتقد أن منزلك مهيب لحماية من هذه المخاطر؟ (نعم، لا، لا أعرف)

فيضان	انزلاق التربة	امراض ناتجة عن تلوث المياه	تدهور البيئة الناتج عن التلوث	اخر اذكره

15 إذا أجبت بنعم، اشرح كيف؟

فيضان	انزلاق التربة	امراض ناتجة عن تلوث المياه	تدهور البيئة الناتج عن التلوث	اخر اذكره
.....				
...	...	...	...	...
.....				
...	...	...	...	...

16 هل تعتقد أنك معني باحترام السلوكيات الأمنية التالية لتجنب المخاطر؟

- مغادرة منزلك إذا تم تصنيف منطقة موطنك كمنطقة خطر.
- احترام ارتفاع الواد (5 أمتار على الأقل عن منزلك)؛
- عدم إلقاء نفاياتك المنزلية (مياه الصرف الصحي والنفايات الصلبة) في الواد؛
- رفع الطابق الأول من منزلك لمنع الفيضانات؛
- التقليل إلى أدنى حد من فتحات الواجهات المطلّة على الواد؛
- سلوكيات أخرى

(اذكرها):.....

17 هل سبق لك أن اشتكيت للسلطات من حالة الواد القريب من منزلك؟

- نعم؛
- لا

18 إذا كانت الإجابة بنعم، فإن الشكوى تتعلق بماذا

- روائح كريهة؛
- تلوث الواد بالنفايات الصلبة و السائلة؛
- انتشار الفئران والبعوض؛
- فيضان مياه الوادي؛

- وجود خطر تلوث مياه الشرب باختلاطها بمياه الواد الملوثة؛
- وجود خطر وقوع السكان (الأطفال والكبار) في مجرى النهر؛
- شكاوى أخرى :

.....
19 هل تفضل أن يكون الواد بالقرب من منزلك:

- مغطى بالخرسانة؛
- في حالته الطبيعية؛
- حالة

أخرى

:

20. هل لتواجد النهر بالقرب من منزلك او مكان عملك أهمية من اجل الحياة في المدينة ؟

- مهم جدا
- مهم
- مهم نسبيا
- مهم قليلا
- ليس مهم

21. هل تعتقد انه من الأهمية ان يكون النهر في حالة جيدة ؟

- مهم جدا
 - مهم
 - مهم نسبيا
 - مهم قليلا
 - ليس مهم
-