

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 DE L'URBANISATION FACE AUX RISQUES
ISSUS DES COURS D'EAU. CAS DE LA VILLE DE BEJAIA**

Soutenue publiquement le..... devant le jury composé de :

M^e/ BOUTABBA Hynda
M/ MEDHADJ Tarek

Professeur
Docteur

Univ. M'sila
Univ. M'sila

Président
Rapporteur
Co-rapporteur
Examinateur 1
Examinateur 2
Examinateur 3
Examinateur 4

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 travail n'aurait pas été possible sans l'investissement et l'implication de nombreuses personnes qui m'ont soutenues tout au long de ce travail, et que je remercie ici.

J'exprime ma profonde gratitude à mes directeurs de thèse, le professeure Hynda BOUTABBA, ainsi que le docteur Tarek MEDJADJ, pour leurs conseils avisés, soutien indéfectible et leur patience infaillible tout au long de ce chemin laborieux. Leur apport n'était pas qu'académique et intellectuel, mais moral aussi.

Je suis vivement reconnaissante au professeure Karima LAGHA, professeur de mathématiques affiliée à l'université de Bejaia. Mais aussi, le professeur FARHI, de l'université de Biskra, au docteur Faudil KHALED, maître de conférences à l'université de Constantine. Merci à tous !

Je tiens à remercier tout particulièrement *M. Hakim BOURAS*, ingénieur à l'ONA. Son dévouement envers les étudiants est une qualité admirable. Pendant plus d'une année, j'ai failli croire que nous préparions cette thèse en binôme, tellement sa disponibilité été inégalée ! Ce travail aurait été incomplet sans toutes les données précieuses qu'il a fournies, c'est pourquoi, je le félicite pour ses qualités et je lui souhaite que des réussites dans la vie.

J'adresse mes remerciements à tous les organismes et toutes les institutions qui ont accepté de participer à nos enquêtes. Mes vives considérations à toutes les personnes que j'ai côtoyé dans les différents services administratifs de Bejaia, du secrétaire général de la wilaya, jusqu'aux chef (e-s) des services, réceptionnistes, assistant (e-s), agents de sécurité, ...etc. Toute mon estime à chacun d'entre eux, car ce travail n'aurait jamais été achevé sans eux.

Je remercie également toute la population de Bejaia, ceux qui ont participé à nos enquêtes, et ceux qui ne l'avaient pas.

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 are not absent where 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 occur 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 of recognized in the field. This has allowed us to build up effective dashboards or grids of indicators of vulnerability to risks from watercourses and 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 prescrit 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 Bejaia et un tribut à l'utilisation de l'approche systémique et globale dans l'analyse.

La ville de Bejaia 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 ont 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 produisent suite à la dégradation de ces eaux. A ce sujet, 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 à une analyse globale et intégrée de la vulnérabilité. Elle a pour principe de faire une étude 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 de 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 spatialisé 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 d'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 éviter ou supprimer, 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 font qu'orienter cet aléa pour accentuer ou diminuer la vulnérabilité.

SOMMAIRE

Page de garde	
Dédicace	
Remerciement	
Abstract	
Résumé	
Sommaire	VIII
Liste des figures	XII
Liste des tableaux	XIV
Liste des schémas	XVII
Liste des graphiques	XVIII
Liste des photos	XIX
Liste des acronymes	XX
PARTIE INTRODUCTIVE	
Introduction générale	1
Problématique	5
Hypothèses	6
Objectifs	6
Méthodologie de la recherche	7
Motivations du choix du thème	11
Motivations du choix du site	12
Originalité de la recherche	12
Structure de la thèse	13
PARTIE THEORIQUE	
Introduction de la partie	17
CHAPITRE 1 – URBANISATION : LA VILLE COMME UNE ENTITE COMPLEXE ET ACTIVE	
Introduction du chapitre	19
I. L’aspect conceptuel et théorique de l’urbanisation	20
I.1. Signification des concepts	20
I.2. Origines ambiguës d’apparition et étapes significatives d’évolution	22
II. La ville comme un système en dynamique permanente	30
II.1. Urbanisation et société : dualité de représentation	31
II.2. Urbanisation et territoires : de la ville à l’urbain	36
II.3. Urbanisation et nature : des dérives aux conséquences parfois irréversibles	39
Conclusion du chapitre	51
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	53
I. Aspect conceptuel et théorique des cours d’eau	54
I.1. Généralités sur les cours d’eau de la planète	54
I.2. Le cours d’eau : un écosystème naturel complet et complexe	55
II. Villes et rivières : du renie à la prise de conscience	58
II.1. L’ère préindustrielle : ville et cours d’eau entre attrait et rejet	58
II.2. L’ère industrielle : hygiénisme et modernisme contre les cours d’eau	60
II.3. L’ère poste industrielle : vers un penchant tertiaire	66

II.4.	L'ère anthropocène : problématiques environnementales et conscience écologique	69
III.	Les étapes d'évolution des liens entre cours d'eau et urbanisation dans le reste du monde	85
	Conclusion du chapitre	88
CHAPITRE 3 – RISQUES ET VULNERABILITES : DES PHENOMENES DANGEREUX ET DES MILIEUX AFFECTES		
	Introduction du chapitre	90
I.	Aspect conceptuel et théorique	91
I.1.	Définition des concepts	91
I.2.	Catégorisation du risque	98
I.3.	Occurrence des risques dans le monde	103
II.	Risques rivulaires en milieux urbains : ville et rivière comme espaces en ample vulnérabilité	104
II.1.	Le risque des crues et inondations	105
II.2.	Les risques hybrides ou risques associés aux risques rivulaires et hydrologiques	109
	Conclusion du chapitre	123
	Conclusion de la partie	124
PARTIE CHARNIERE		
	Introduction de la partie	126
CHAPITRE 4 – ETAT DE L'ART ET POSITIONNEMENT EPISTEMOLOGIQUE		
	Introduction du chapitre	128
I.	Approches et méthodes de recherche en évaluation de la vulnérabilité	129
I.1.	Evaluation de la vulnérabilité : la genèse des approches	130
I.2.	Evaluation de la vulnérabilité : l'étymologie des méthodes	139
II.	Techniques et outils d'évaluation de la vulnérabilité, les outils d'aide à la prise de décision	148
II.1.	Les indicateurs	148
I.2.	L'analyse multicritère	152
I.3.	Les SIG et télédétection	154
III.	Positionnement épistémologique	155
III.1.	Etat de l'art et travaux antérieurs : l'étude de la vulnérabilité aux risques rivulaires	156
III.2.	Méthodologie d'approche : évaluation systémique de la vulnérabilité globale aux risques rivulaires	158
	Conclusion du chapitre	160
CHAPITRE 5 – ETAT DE FAIT DES ESPACES ARTIFICIELS ET NATURELS BOUGIOTES		
	Introduction du chapitre	162
I.	Bejaïa comme entité anthropique	163
I.1.	Situation administrative et géographique	163
I.2.	Aperçu sur l'origine de la population et sur la toponymie du lieu	164
I.3.	Historique d'évolution de la ville : plusieurs étapes de développement, deux villes	165
I.4.	Aperçu sur les populations et les activités	181
II.	Bejaïa comme entité naturelle	185
II.1.	Des caractéristiques naturelles favorables à la formation des cours d'eau	185
II.2.	L'aperçu hydrologique	190

Conclusion du chapitre	194
CHAPITRE 6 – BEJAIA : UNE VILLE A L’EPREUVE DES RISQUES HYDROLOGIQUES TERRESTRES	
Introduction du chapitre	196
I. Bejaia et ses cours d’eaux : évolution dans le temps de liens controversés	197
I.1. La ville aux époques antique et médiévale : des liens symbiotiques avec les cours d’eau	197
I.2. Début des altérations anthropiques sur les cours d’eau : une action au lendemain de la colonisation française	199
I.3. Alteration substantielle des cours d’eau : planification urbaine post indépendance pointée du doigt	200
II. Bejaïa et les risques hydrologiques terrestres : une ville exposée	213
II.1. Les inondations et crues : la plaine est naturellement disposée aux inondations	214
II.2. L’érosion des berges et glissements des sols : le cours d’eau comme facteur principal de l’aléa	217
II.3. Le risque sanitaire : la ville n’est pas à l’abris	220
II.4. Risque environnemental : la dégradation du système écologique du cours d’eau (dégradation qualitative des eaux de surface, appauvrissement écologique)	223
II.5. Risque environnemental : Rétrécissement, assèchement et disparition des cours d’eau (dégradation quantitative)	228
Conclusion du chapitre	230
Conclusion de la partie	231
PARTIE PRATIQUE	
Introduction de la partie	233
CHAPITRE 7 – GRILLES D’INDICATEURS DE LA VULNERABILITE GLOBALE AUX RISQUES HYDROLOGIQUES TERRESTRES	
Introduction du chapitre	235
I. Présélection d’une grille d’indicateurs potentiels de la vulnérabilité globale aux risques rivulaires	236
I.1. La recherche des données : détermination des concepts à partir de données brutes	236
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	252
Conclusion du chapitre	266
CHAPITRE 8 – TRAITEMENT DES DONNEES : EVALUATION DES GRILLES D’INDICATEURS DE LA VULNERABILITE GLOBALE AUX RISQUES HYDROLOGIQUES TERRESTRES	
Introduction du chapitre	268
I. Evaluation des indicateurs : des valeurs quantifiables de la vulnérabilité	269
I.1. Définition de l’échelle de travail : l’échelle locale favorisée	269
I.2. Définition des unités des indicateurs : la nature qualitative, quantitative ou semi qualitative des indicateurs	272

I.3.	Quantification et classement des indicateurs de vulnérabilité	280
I.4.	La normalisation ou standardisation des indicateurs	291
I.5.	Agrégations : des indicateurs aux indices	294
I.6.	Cartographie des indices de la vulnérabilité globale	297
I.7.	Les outils techniques utilisés	299
I.8.	Résultats obtenus pour l'aléa inondations	300
	Conclusion du chapitre	304
	Conclusion de la partie	305
	PARTIE CONCLUSIVE	
	Résultats	308
	Limites	309
	Perspectives	310
	BIBLIOGRAPHIE	312
	ANNEXES	

LISTE DES FIGURES

PARTIE INTRODUCTIVE		
1	Occurrence des phénomènes de risques naturels dans le monde entre 1994 et 2013	2
PARTIE I.		
CHAPITRE 1.		
I.1.1	Impacts de l'imperméabilisation des sols sur les eaux urbaines	43
I.1.2	Impacts de l'urbanisation sur le chenal d'un cours d'eau	44
I.1.3	Images satellitaires montrant la disparition de la mer d'Aral : à gauche en 1964, à droite en 2014	45
CHAPITRE 2.		
I.2.1	La part des cours d'eau terrestres dans la répartition des eaux sur la planète	54
I.2.2	Le lit mineur et le lit majeur d'un cours d'eau	56
I.2.3	Les quatre dimensions d'un hydrosystème rivulaire	57
I.2.4	La composition floristique d'un système de cours d'eau en état naturel	58
CHAPITRE 3.		
I.3.1	Exemples de zones sensibles à l'érosion dans un cour d'eau	111
PARTIE II.		
CHAPITRE 5.		
II.5.1	Situation de Bejaïa	164
II.5.2	Essai de restitution du tracé de la ville antique de Bejaïa (entre 33 av. J.-C. et 1510)	168
II.5.3	Essai de restitution du tracé de la ville de Béjaïa au moyen âge (entre 1510 et 1833)	169
II.5.4	Essai de restitution du tracé urbain de la ville de Béjaïa entre 1833 et 1962	170
II.5.5	L'extension urbaine entre 1962 et 2022	176
II.5.6	L'urbanisation planifiée et spontanée postindépendance	178
II.5.7	Densité urbaine	180
II.5.8	Densité des populations	183
II.5.9	Localisation des activités en ville de Bejaia secteurs de la ville par type d'activités	184
II.5.10	Topographie du site	186
II.5.11	Les vents dominants dans la ville de Bejaia	189
II.5.12	Unités hydro-géomorphologiques de la Soummam	190
II.5.13	Réseau hydrographique de la ville	191
II.5.14	Sous-bassins versants de la ville de Bejaia	192
CHAPITRE 6.		
II.6.1	Déviation de la rivière <i>Serrir</i>	200
II.6.2	Points des rejets liquides vers les cours d'eau	204
II.6.3	Altérations physiques des cours d'eau urbains	206
II.6.4	Secteurs de la ville	208
II.6.5	STEP et organisation des rejets couvrant la zone d'étude	210
II.6.6	Occupation du sol au voisinage du delta de la Soummam	211
II.6.7	Occupation du sol au voisinage du lac Imzayen et de la mare Tamelaht	212

II.6.8	Carte des aléas dans la ville de Bejaia	213
II.6.9	Historique des zones inondables	215
II.6.10	Historique des glissements dans la ville de Bejaia	218
II.6.11	Zones instables susceptibles aux glissements	220
II.6.12	Zones à haut risque sanitaire en ville de Bejaia	222
II.6.13	Niveaux d'accumulation des dépôts dans les cours d'eaux de Bejaia	224
II.6.14	Sources de nuisances environnementales	224
II.6.15	Risque de contamination des eaux de surface	225
II.6.16	Rétrécissement du lit mineur de la <i>Soummam</i> entre 2004 et 2023	229

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

PARTIE INTRODUCTIVE		
1	Acteurs impliqués dans la gestion des risques à Bejaia	5
PARTIE I.		
CHAPITRE 1.		
I.1.1	Chronologie des cycles pré urbanisation	24
I.1.2	Les technologies émergentes de la quatrième révolution urbaine	27
I.1.3	Composants de l'espace urbain	30
I.1.4	Effets des éléments de la nature sur l'être humain	40
I.1.5	Activités pouvant produire des effets sur les milieux	41
I.1.6	Facteurs de la pollution	50
CHAPITRE 2.		
I.2.1	Les interventions anthropiques sur les cours d'eau	64
I.2.2	Services des eaux en milieux urbains	71
I.2.3	Services des cours d'eau selon s'ils sont naturels ou artificialisés	71
I.2.4	Types des hydrosystèmes urbains et leurs contributions à la production des services écosystémiques	74
I.2.5	Les fonctions attendues du nouveau réseau d'assainissement	75
I.2.6	Différence de concentration des substances polluantes selon le type du réseau	81
CHAPITRE 3.		
I.3.1	Comparaison entre les approches : probabiliste, qualitative et déterministe	93
I.3.2	Formes de la vulnérabilité	95
I.3.3	Facteurs de la vulnérabilité	96
I.3.4	Les éléments vulnérables (les enjeux)	96
I.3.5	Échelle de gravité des évènements de risques naturels	98

I.3.6	Répartition des principaux phénomènes de risques selon la nature de l'évènement déclancheur	100
I.3.7	Étapes de création d'une crise	103
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	120

PARTIE II.

CHAPITRE 4.

II.4.1	Définitions entre l'approche systémique et l'approche segmentée	130
II.4.2	Les éléments vulnérables (les enjeux), perçus par l'approche analytique	131
II.4.3	Qu'est-ce qu'un système ?	135
II.4.4	Éléments de mobilisation de la méthode systémique de Throuet et D'Ercole	137
II.4.5	Techniques de la méthode qualitative	142
II.4.6	Facteurs de la vulnérabilité	142
II.4.7	Les méthodes mixtes	144
II.4.8	Étapes de la prospective	145
II.4.9	Étapes de la rétrospective	146
II.4.10	Exemples de modèles d'indicateurs	150
II.4.11	Méthodes multicritères	153

CHAPITRE 5.

II.5.1	Principaux monuments historiques de l'ancienne ville	171
--------	--	-----

CHAPITRE 6.

II.6.1	Cours d'eau qui traversent la zone industrielle et qui sont touchés par les altérations	201
II.6.2	Principales unités industrielles les plus polluantes en ville de Bejaia	203
II.6.3	Cours d'eau qui traversent des quartiers planifiés et qui sont touchés par les altérations	205
II.6.4	Nature des immeubles non respectueux des servitudes	207
II.6.5	Cours d'eau qui traversent les quartiers illicites, qui sont touchés par les altérations	207
II.6.6	Débits des crues selon différentes périodes de retour	216
II.6.7	Lieux et facteurs des glissements	219
II.6.8	Lieux et facteurs du risque sanitaire d'après la DSP de Bejaia	221
II.6.9	Maladies à transmission hydrique enregistrées à Bejaia	222
II.6.10	Caractéristiques physico-chimiques des eaux de surface à Bejaia	226
II.6.11	Caractéristiques physico-chimiques de la Soummam (embouchure)	226

PARTIE III.

CHAPITRE 7.

III.7.1	Données recueillies	237
III.7.2	Gestionnaires urbains sollicités	240
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	Evaluation de la faisabilité des indicateurs potentiels par chaque gestionnaire	255

III.7.9	Exemple de vérification de la faisabilité par rapport aux réponses de tous les gestionnaires réunis	256
III.7.10	Indicateurs de gestion faisables	256
III.7.11	Indicateurs des représentations faisables	257
III.7.12	Facteurs de l'utilité	258
III.7.13	Indicateurs de gestion jugés utiles par l'ensemble des gestionnaires	259
III.7.14	Indicateurs des représentations jugés utiles par l'ensemble des gestionnaires	260
III.7.15	Evaluation de la performance des indicateurs faisables et utiles	261
III.7.16	Evaluation de la performance des indicateurs de gestion	262
III.7.17	Evaluation de la performance des indicateurs des représentations	263
CHAPITRE 8.		
III.8.1	Les échelles retenues pour les indicateurs	271
III.8.2	Unités de mesure des indicateurs d'aléas	273
III.8.3	Unités de mesure des indicateurs d'enjeux	274
III.8.4	Unités de mesure des indicateurs de gestion	277
III.8.5	Unités de mesures des indicateurs des représentations	279
III.8.6	Mesure des indicateurs d'aléas	283
III.8.7	Mesure des indicateurs d'enjeux	284
III.8.8	Mesure des indicateurs de gestion	289
III.8.9	Mesure des indicateurs des représentations	291
III.8.10	Classification et attribution de scores aux indicateurs d'aléa	293
III.8.11	Classification et attribution de scores aux indicateurs d'enjeux	293
III.8.12	Classification et attribution de scores aux indicateurs de gestion	294
III.8.13	Classification et attribution de scores aux indicateurs des représentations	294
III.8.14	Coefficients de pondération des indicateurs	296
III.8.15	Coefficients de pondération des critères	296
III.8.16	Classes des critères (aléas, enjeux, représentations)	298
III.8.17	Classes du critère (gestion)	299
III.8.18	Résultats de la vulnérabilité des aléas et des enjeux	299
III.8.19	Résultats de la vulnérabilité des représentations	299
III.8.20	Résultats de la vulnérabilité de la gestion	299

LISTE DES SCHEMAS

PARTIE INTRODUCTIVE		
1	Méthodes de gestion des phénomènes de risques à Bejaia	4
2	Le système étudié dans le présent travail	8
PARTIE I.		
CHAPITRE 1.		
I.1.1	Les trois principales révolutions urbaines	27
I.1.2	Interactions entre éléments urbains et environnement extérieur	30
I.1.3	Les systèmes d'un territoire	37
I.1.4	Liens entre l'espace urbain et son territoire	37
I.1.5	Actions de l'urbanisation sur l'environnement	42

CHAPITRE 2.		
I.2.1	Les trois processus de démantèlement des ouvrages d'art aux USA	76
I.2.2	La place des cours d'eau dans le cycle hydrologique urbain	77
I.2.3	Gestion intégrée des eaux urbaines	80
I.2.4	Différences entre l'économie linéaire (classique) et l'économie circulaire basée sur le recyclage	83
CHAPITRE 3.		
I.3.1	Représentation simplifiée de la notion du risque	92
I.3.2	Typologie du risque selon son intensité et sa probabilité d'occurrence	99
I.3.3	Éventail des phénomènes de risque selon leur typologie, qu'ils soient naturels, d'origine humaine, involontaire ou volontaire	101
I.3.4	Typologie des mouvements de terrain	110
I.3.5	Activités génératrices de pollution en milieu urbain	117
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	122
PARTIE II.		
CHAPITRE 4.		
II.4.1	Exemples d'interactions entre éléments urbains	136
II.4.2	Synthèse des méthodes prospective et rétrospective	147
II.4.3	Étapes de développement d'une grille d'indicateurs	151
II.4.4	Etapes de construction d'un indicateur	151
II.4.5	Principales étapes de l'analyse multicritères	153
CHAPITRE 6.		
II.6.	Gestion hydraulique des eaux urbaines à Bejaia	209
PARTIE III.		
CHAPITRE 7.		
III.7.1	Composants de la vulnérabilité systémique	242
CHAPITRE 8.		
III.8.1	Modèle d'évaluation de la vulnérabilité globale et systémique	282
III.8.2	Appréciation des grilles d'indicateurs et de la vulnérabilité	282
PARTIE CONCLUSIVE		
1.	Eléments extérieurs au système qui influent sur son fonctionnement et sur sa structure	310

LISTE DES GRAPHIQUES

PARTIE I.		
CHAPITRE 1.		
I.1.1	Évolution du phénomène d'urbanisation dans les régions du monde	29
I.1.2	Effet d'ilot de chaleur urbain	47
CHAPITRE 2.		
I.2.1	Distribution des plus grands bassins versants dans le monde	55
CHAPITRE 3.		
I.3.1	Occurrence des risques et des enjeux dans le monde entre 1900 et 2012	104

I.3.2.-3	Statistiques sur les inondations par régions et dans le monde au cours du dernier siècle	108
I.3.4	Victimes corporelles des inondations dans différentes régions du monde (1926 – 2022)	108
I.3.5	Évolution du nombre des mouvements de terrains dans différentes régions et dans le monde, au cours du dernier siècle	112
I.3.6	Les victimes corporelles des mouvements de terrains dans le monde (1922 – 2021)	113
I.3.7	Évolution du nombre des risques biologiques (MTH non chimiques) dans différentes régions et dans le monde au cours du dernier siècle	114

PARTIE II.

CHAPITRE 5.

II.5.1	Typologie du logement en ville de Bejaia	179
II.5.2	Croissance urbaine de la ville de Bejaia	179
II.5.3	Tranches d'âges des populations résidentes	182
II.5.4	Températures mensuelles moyennes (1967 à 1997) - (1998 à 2005)	188
II.5.5	Précipitations moyennes mensuelles à Bejaia (1967 à 1997) - (1998 à 2005)	188

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)	202
--------	---	-----

LISTE DES PHOTOS

PARTIE I.

CHAPITRE 2.

I.2.1	Unités industrielles implantées sur les abords du fleuve <i>Irwell</i> au 18ème siècle	62
I.2.2	Aménagement du water front de la rivière Chicago aux USA	67
I.2.3	Iconographie faisant référence à l'urbanisation intensive (gratte-ciels) aux abords des rivières	69
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	76

PARTIE II.

CHAPITRE 6.

II.6.1	Inondations de 2022 à Bejaia	217
II.6.2	Pollution des eaux de la Soummam et mort de poissons	227

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
ASE	Association Santé Environnement
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
CNERU	Centre National d'Etudes et de Recherches appliquées en Urbanisme
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 Economique Européen)
EM-DAT	International Disaster Database
FNE	France Nature Environnement
GIEC	Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
GMS	Gouvernement Métropolitain de Séoul
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
RCFTW	Royal Commission on the Future of the Toronto Waterfront
RGPH	Recensement Général des Populations et de l'Habitat
SCOPE	Scientific Committee of Problems of the Environment
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 Programme



PARTIE INTRODUCTIVE

CHAPITRE INTRODUCTIF

Introduction générale et formulation de la problématique



« Well begun is half done »

Aristotle

« 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

INTRODUCTION GENERALE

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

Depuis l'an 2015, les populations mondiales vivant en ville ont dépassé le seuil des (50 %), à l'approche de 2030, ce taux dépassera les (60 %) ([ONU, 2017](#)). Les régions du monde les plus urbanisées sont l'Amérique du Nord avec un taux de (82 %), suivie de près par la région des Caraïbes et les Amériques central et du sud avec le taux de (80 %), l'Europe arrive en troisième position avec le taux de (73 %) ([ONU, 2017](#)). Certains pays de ces régions comptent des taux de (100 %) d'urbanisation : Monaco et Gibraltar et plus de (98 %) pour la Belgique ([Banque mondiale, 2021](#)). Les régions du monde les moins urbanisées sont l'Asie et l'Afrique, avec un taux ne dépassant pas (45 %) ([ONU, 2017](#)). En Asie, l'Inde compte le nombre de populations rurales le plus élevé sur terre, suivie par la Chine. En Afrique, le Nigeria occupe la première place dans le continent et la troisième dans le monde, après les deux pays asiatiques cités ([ONU, 2017](#)), pendant que le Niger affiche un taux d'urbanisation le plus faible dans le continent. Un tableau synthétisant les taux d'urbanisation pour chaque pays est joint aux annexes¹ de ce travail.

Si le phénomène se stagne 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 d'ici 2050 ([ONU, 2017](#)). Les villes les plus concernées sont les petites et moyennes villes, dont le nombre des habitants ne dépasse pas les 500 000 habitants. Cette augmentation aura lieu en principe par une dynamique d'étalement urbain sur des zones naturelles, ce qui mettra en contact le phénomène d'urbanisation et les milieux naturels, dont ceux des cours d'eau de surface.

Le contact entre ces deux éléments n'est pas sans conséquences. La ville influe sur les milieux naturels en modifiant sa morphologie initiale, elle influe sur les éléments du climat, les caractéristiques des sols et sur l'hydrologie. Les sociétés et leurs activités influent sur la qualité des sols, de l'air et des eaux. Déjà en 1762, Rousseau dira que :

« Les villes sont le gouffre de l'espèce humaine. Au bout de quelques générations, les races périssent ou dégénèrent » ([Rousseau, 1762](#)). (Cité par Hecht, 1980 ; Tabutin, 2000).

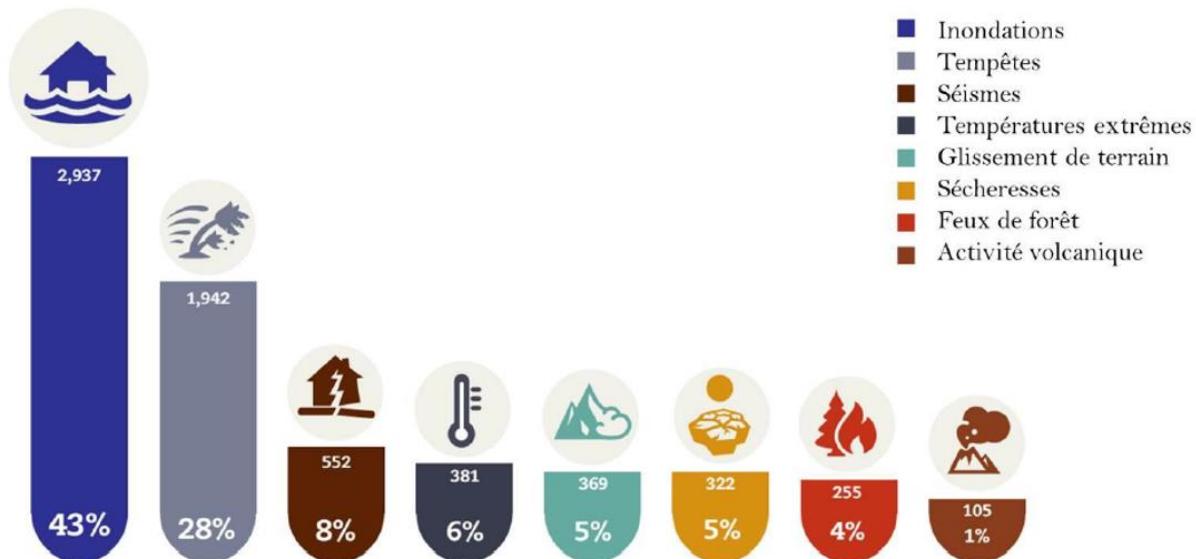
Stallybrass et White ironnent jusqu'à avancer en 1986 que :

¹ Voir annexe

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

La croissance urbaine donne lieu à des conséquences sanitaires, environnementales et à une progression spectaculaire des phénomènes de risques qu'ils soient naturels ou anthropiques. Une corrélation positive entre urbanisation et phénomènes de risque est constatée dans le monde entier depuis la deuxième moitié du 20^e siècle où l'accroissement urbain a connu son apogée.

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



Source – D'après CRED², 2015

Constatées principalement dans les pays en voie de développement, les conséquences de l'urbanisation sont considérables. Les catastrophes naturelles sont encore plus significatives. Leur accentuation dans les pays en développement a atteint % lors de ces dernières décennies.

D'après le GIEC (2007), la région méditerranéenne 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 naturels de risque qui ont frappé cette zone pendant les trois dernières décennies ([EM-DAT, site consulté en 2023](#)). Ce qui 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.

² Centre for Research on the Epidemiology of Disasters

La ville méditerranéenne de Béjaïa est aussi confrontée à ces phénomènes. Par son taux de pluviométrie important et les nombreux cours d'eau de surface qui constituent son territoire, elle est constamment confrontée aux phénomènes de risques hydrologiques comme les inondations, les glissements de terrains humides, mais aussi à la dégradation des eaux de surface qui est à la fois une source de risques sanitaires et environnementaux.

La vulnérabilité de la ville de Béjaïa aux risques hydrologiques :

Les constations des dernières années montrent des récurrences en accentuation des phénomènes de risques dans la ville de Béjaïa. Dus à de nombreux facteurs aussi nombreux, complexes et interconnectés, la ville fait face à des phénomènes destructeurs, que ce soit pour ses composantes humaines ou écologiques. Si les changements climatiques sont en cause de l'aggravation de la récurrence des phénomènes de risques ([GIEC, 2007](#)), ils ne sont pas la seule cause. Les particularités naturelles de la ville, ainsi que ces caractéristiques anthropiques influent autant, si ce n'est plus, sur l'exposition de cette dernière.

La composition naturelle de la ville façonne en partie son exposition aux risques, en général, et aux risques rivulaires en particulier. Dans la ville de Béjaïa, la densité du réseau hydrographique, la morphologie façonnée par une topographie planaire, 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.

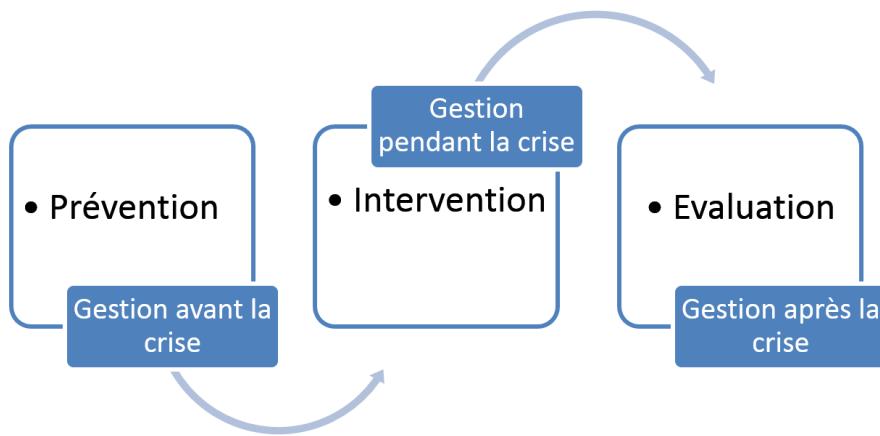
D'autre part, les caractéristiques urbanistiques de Béjaïa qui connaît une urbanisation rapide, souvent spontanée et avec une densité très élevée, se trouve préparée à être vulnérable. Les activités humaines jouent le même rôle de modification des milieux. Qu'elles soient : domestiques, commerciales, municipales, semi-industrielles, industrielles...etc., elles affectent la ville en augmentant son exposition aux différents risques dont hydrologiques. Dans ce sens, Béjaïa ne fait pas exception à la règle qui convient que le phénomène d'urbanisation est, en tout cas, source de perturbations des milieux ([McKinny, 2002](#)).

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 rendant la ville loin d'être à l'abri.

Limites des méthodes de gestion de la vulnérabilité aux risques hydrologiques :

Face à son exposition ardue aux différents phénomènes de risques rivulaires, la ville de Béjaïa agit ! La gestion se fait en trois étapes comme figurant dans le schéma suivant ([Schéma.1](#)). Que ce soit à travers des actions d'intervention ou de prévention, les actions sont de nature sectorielle qui se base principalement sur le travail du secteur de la protection civile. Le travail de cet organisme se base principalement sur la prévention et sur l'intervention.

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



Source – Auteure, 2023 ; d'après la direction de la protection civile de Bejaia, 2019

Néanmoins, comme nous avons expliqué auparavant, la vulnérabilité au risque n'est pas que l'affaire d'un seul facteur. D'autres secteurs sont concernés directement ou indirectement par la prévention 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 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 interviennent de manière indirecte par leur intervention dans les domaines environnementaux, urbanistiques, économiques ou sociaux. Leur intervention est dite « tactique ».

Les méthodes actuelles de gestion se fondent surtout sur l'intervention au moment des risques. Le travail de la prévention et celui de la prévision ou d'évaluation restent limités. Tout d'abord, limité par le nombre des secteurs qui participent à ces étapes de gestion. Ceci ouvre la voie à d'autres limites : l'absence du caractère systémique dans la gestion. Les acteurs cités dans le tableau précédents 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

chacun dans son domaine d'action. Si lors de l'avènement de risque, plusieurs acteurs urbains interviennent, avant ou après le risque, seule la protection civile est considérée comme un acteur de gestion des risques. Cette dernière 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.

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

Problématique :

La problématique générale de ce travail de thèse s'articule autour de la mise au point d'une méthodologie qui permet l'évaluation de la vulnérabilité globale et systémique aux risques hydrologiques dans la zone géographique de la ville de Béjaïa.

Question de la problématique :

La relation entre l'urbanisation et la nature a toujours été un système caractérisé par la domination, l'exploitation, ou l'exclusion. La présence des cours d'eau dans les milieux urbains a toujours subi les effets de l'urbanisation, et en contrepartie, les milieux urbains, à leur tour aussi, subissent les humeurs des cours d'eau de surface qui les sillonnent. Dans ce contexte, plusieurs phénomènes de risques sont déclenchés par ces effets réciproques, rendant vulnérables toutes les composantes de la ville, qu'elles soient des composantes écologiques, ou des composantes humaines ou urbanistiques.

Les composants de la ville qui interagissent entre eux et qui causent des phénomènes de risques composent un système complexe et composé. Dans ce travail, nous cherchons à décortiquer ce système en le décomposant en ses différents facteurs de risques. Ces facteurs, qui peuvent être naturels ou anthropiques, vont nous renseigner sur les éléments déclencheurs de la vulnérabilité et sur ceux qui influent sur cette dernière de manière positive ou négative.

Dans ce travail, nous allons répondre à la question suivante :

Dans quelles mesures la vulnérabilité aux risques rivulaires en ville de Béjaïa constitue-t-elle un fait anthropique ou naturel ?

Autrement dit :

Quels sont les facteurs naturels et anthropiques responsables de l'exposition de la ville de Béjaïa aux risques rivulaires ?

Hypothèses :

La vulnérabilité de la ville de Béjaïa aux risques rivulaires est un fait systémique causé par des facteurs aussi naturels qu'anthropiques. Néanmoins, la question de la problématique posée est formulée en deux parties, que nous allons traiter consécutivement dans l'ordre. C'est pourquoi nous proposons les hypothèses suivantes :

1. *Les facteurs anthropiques sont ceux qui accentuent l'exposition de la ville ?*
2. *Les facteurs naturels sont ceux qui accentuent d'exposition de la ville ?*

Objectifs :

Dans le contexte général de ce thème, l'objectif principal du présent travail est d'évaluer la vulnérabilité globale et systémique de la ville de Béjaïa face aux risques rivulaires, l'estimer et la quantifier, ceux en définissant des indicateurs anthropiques et naturels de la vulnérabilité. Les résultats de ce travail peuvent avoir des retours à deux niveaux : théorique et pratique.

Sur le plan théorique, une base de données et d'informations non-existantes auparavant et que nous avons établi grâce à ce travail. Ces données permettront aux profanes, aux gestionnaires et aux chercheurs de mieux comprendre l'élément influent sur la vulnérabilité de la ville, et par conséquent de mieux comprendre les phénomènes de risques qui 'y attachent. La connaissance des causes est indispensable pour mieux gérer, approcher et vivre dans le milieu exposé tout en étant le moins vulnérable possible. D'autre part, et sur le plan pratique, ce travail constitue un outil systémique destiné aux gestionnaires pour le suivi et la surveillance de la vulnérabilité globale aux risques rivulaires en ville de Béjaïa.

Méthodologie de la recherche :

Le présent travail constitue une démarche qui rassemble des outils théorique et technique, qui se basent sur la constitution d'un système d'indicateurs concrétisé par l'outil mathématique des méthodes d'analyse multicritères et par l'outil technique du système d'information géographique.

L'espace urbain inclut des composantes anthropiques et naturelles diversifiées qui interagissent entre elles, aussi bien, par des liens physiques que moraux, ce qui compose un système qu'il faut étudier comme tel, d'où le choix qui s'est fixé sur l'approche systémique.

Pour se fixer sur ce choix, nous nous sommes inspirés par plusieurs auteurs. Nous pouvons citer ; parmi d'autres : ([Golay, 1992](#); [Cardinal et Morin, 1993](#) ; [Maystre, 1995](#) ; [Prélaz-Droux, 1995](#) ; [Golay, 1998](#) ; [Major, 1999](#) ; [Raunet, 2001](#) ; [Donnadieu et al., 2003](#) ; [De Bézieux, 2004b](#) ; [Lapointe, 2005](#) ; [Ait Aoudia, 2006](#) ; [Kientga, 2008](#)) dont les travaux ont tous consisté à l'étude d'un problème complexe et composé, et dont les solutions adoptées ont comporté l'établissement de grilles d'indicateurs.

Le système étudié comporte deux aspects qui représentent les éléments composants spatiaux et sociaux et les liens entre ces composants. Notre travail consiste à définir et à répertorier ces éléments composants concrets et leurs liens abstraits, grâce à une recherche bibliographique, un travail de terrain sur les composantes spatiales et sociales, et au final, un travail technique de sélection et de traitement des indicateurs résultants.

Du fait que la question de la problématique s'interroge sur la responsabilité des composantes naturels ou anthropiques sur la vulnérabilité et le problème étudié a pour objectif de définir les indicateurs urbains de vulnérabilité et les degrés d'implication de chacune des catégories d'indicateurs dans ce phénomène, nous avons suivi une méthodologie qui inclue des étapes qui ont pour fin de définir un « système d'indicateurs de la vulnérabilité globale de la ville de Béjaïa aux risques rivulaires ».

Le processus épistémologique s'est déroulé selon les étapes suivantes :

1. Recherche bibliographique et collecte des données : initiation à l'approche de travail

Dans n'importe quel travail de recherche académique, cette étape de la méthodologie est d'une haute importance. Il est impossible d'entamer le volet conceptuel de la thèse sans le recours au visionnage minutieux des travaux antérieurs réalisés dans le même thème que celui étudié. Par le même principe, il est impossible de mener à bien les chapitres analytiques sans commencer par la recherche de toutes les données et informations disponibles sur la zone de l'étude et qui rentrent dans le contexte de la recherche. Pour cela, cette étape qui constitue une entrée dans l'approche du travail dans ses deux volets théorique et pratique, été consacrée à cerner avec autant de précision que nécessaire :

Le positionnement conceptuel et méthodologique de l'étude :

La recherche bibliographique nous a permis de cerner la question de la problématique, de structurer notre thèse et d'appuyer notre travail par des citations tirées des travaux antérieurs. Par l'analyse des concepts clef de la question de la recherche nous avons pu nous positionner dans un contexte conceptuel et méthodologique propre à la présente recherche. Le schéma n° 2 qui suit nous montre l'idée simplifiée du contexte de la 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
<ul style="list-style-type: none">•Eau;•Sol;•Faune;•Flore;•...	<ul style="list-style-type: none">•Cadre bati;•Cdre non bati•Foncier;•...	<ul style="list-style-type: none">•Activités;•Démographie;•Comportements et cultures;•...	<ul style="list-style-type: none">•Législation et droit;•Cdre politique et institutionnel;•....

Source – Auteure, 2023

Cette étape nous a permis aussi de rédiger la première partie de la thèse, dite « partie théorique ». Pour ça, nous avons combiné deux approches à savoir l'approche narrative et géo-historique, pour faire un inventaire des connaissances théoriques liées à notre thème.

Le positionnement spatial anthropique et naturel du système étudié :

Les documents écrits, statistiques et cartographiques les plus récents ou anciens, recueillis auprès des différentes sources locales et nationales nous ont permis à titre partiel de nous

positionner spatialement. Nous avons pu nous faire une idée sur l'état spatial à la fois anthropique et naturel de la zone d'étude et sur le processus de son évolution et d'établir un rayon spatial de connectivité qui définit les surfaces urbanisées autour des cours d'eau qui sont concernées par des activités susceptibles d'influer sur ces derniers.

Le positionnement conceptuel et spatial du système urbain de la zone d'étude, nous oriente à son tour dans le choix préliminaire (pré-choix) des indicateurs importants à retenir dans la démarche et ceux qui sont négligeables, grâce à l'argumentation tirée de la riche bibliographie consultée. Il nous informe aussi sur le choix méthodologique fixé.

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

Cette partie de la méthodologie consiste à rectifier, vérifier et compléter la documentation recueillie auprès des autorités. Ceci s'impose par le fait que la qualité des données fasse défaut ([Ait Aoudia, 2006](#)). Selon notre étude des fichiers collectés, nous avons constaté sur certains documents des incohérences dans les informations données, selon l'administration source ou le bureau d'étude qui a réalisé l'étude. Les incohérences sont liées aux informations cartographiques de répartition et division géographique des sous-bassins versants ou à la toponymie des quartiers, des rues et des sous-bassins-versants et rivières, ou encore des informations statistiques.

Et plus encore, ceci n'est pas la seule raison qui fait que nous avons vu que cette étape est importante, car dans certains cas, les informations et données dont nous avons besoin sont complètement inexistantes ou incomplètes d'où l'obligation de faire soi-même le travail d'aller les chercher sur le terrain. Je pense aux points de rejets sauvages des déchets solides ménagers sur les berges des cours d'eau et qui ne sont pas tous répertoriés par les autorités ou aux localisations géographiques des unités industrielles polluantes. Les services de l'ABH à Alger nous ont orientées vers le bureau d'étude chargé de l'étude sur les zones industrielles de Béjaïa, mais nous n'avons jamais pu recevoir de ce dernier. Pour combler le manque, nous avons dû faire le travail nous-même. Ces informations ne sont pas les seules collectées via l'observation sur place.

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

Il s'agit de s'ouvrir aux acteurs locaux qui interviennent sur les risques et de communiquer avec eux. La communication avec les acteurs urbains représentants locaux de l'Etat ou les populations locales est importante pour l'acquisition de nombreuses connaissances (Le, 2016).

Cette partie du travail sera partagée en deux items selon les acteurs visés par l'enquête :

Dans le but de définir les rapports des habitants avec la vulnérabilité des lieux, et leurs comportements favorables ou défavorables vis-à-vis de ces derniers, nous établirons un questionnaire à l'intention des ménages situés dans un rayon de connectivité avec les cours d'eau. Ces informations, recueillies par le moyen d'un questionnaire représentatif, ne sont pas moins importantes que les informations recueillies chez les différentes administrations dans la première partie du travail, au contraire, le questionnaire qui s'adresse directement aux habitants concernés permet de s'ouvrir sur les informations et connaissances qui ne peuvent se trouver dans les archives des administrations. Ces informations subjectives sont importantes dans le sens où elles permettent de comprendre les caractères et valeurs des citadins, la diversité de leurs comportements quotidiens individuels et collectifs, les difficultés qu'ils rencontrent pour l'application des politiques urbaines, leurs connaissances et degrés de préparation dans le cas d'avènement de risques liés aux cours d'eau.

La deuxième tranche de l'enquête sera consacrée aux acteurs publics des autorités locales impliquées d'une manière ou d'une autre dans la gestion et l'intervention sur les cours d'eau et les phénomènes de risques, qui leur sont liés.

Pour les gestionnaires, la communication avec ces autorités locales est le meilleur moyen pour cerner l'ensemble de la situation ! Nous avons commencé le travail par le recensement de tous les acteurs urbains étatiques dont le travail consiste à intervenir sur les risques, peu importe leurs échelles et domaines d'intervention, nous avons d'abord constaté que la gestion des cours d'eau ne concerne pas qu'un seul secteur, mais plusieurs administrations locales et sectorielles séparées par leurs procédés d'intervention, leurs intérêts, leurs objectifs, leurs visions. L'enquête nous permettra d'éclaircir le rôle attribué à chacun, leurs objectifs respectifs, leurs techniques et moyens d'action, et définir s'il existe des collaborations ou des conflits entre eux. La méthodologie suivie dans les enquêtes est celle d'un entretien direct avec les concernés.

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

Pour ce faire, nous avons utilisé des méthodes et des outils de traitement des données obtenues pendant la 1^e et la 2^e étape. En premier lieu, nous avons utilisé les outils Excel et SPSS pour traiter les données brutes. Grace à ça, nous avons fixé les énoncés des grilles des indicateurs soumis aux entretiens avec les gestionnaires lors de la 3^e étape.

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.

Après la fixation définitive des indicateurs, le tour est venu pour évaluer ces indicateurs. Pour ça, nous avons eu à recourir à la méthode dite « *D'attribution de scores* », qui est une des méthodes d'analyse multicritères.

5.Le travail de cartographie et schématisation : les résultats de la recherche

L'objectif principal de l'étude est justement de finir avec l'établissement d'un SIG des indicateurs de vulnérabilité. L'élaboration du « *SIG des indicateurs urbains de vulnérabilité* » a pour objectif d'offrir un outil d'aide à la décision pour le suivi de la vulnérabilité globale en zone d'étude.

En revanche, du début de ce travail jusqu'à sa fin, un travail cartographique sera fait selon les besoins de l'étude et cela dans deux sens dissemblables :

La première partie est consacrée à la cartographie préétablissemnt du SIG-indicateurs de vulnérabilité. Pour les besoins de la partie charnière de la thèse, nous allons établir des cartographies thématiques :

- Des points de rejets des déchets domestiques solides ;
- L'évolution en parallèle de l'urbanisation et de l'état des cours d'eau ;
- Les typologies urbanistiques qui sont en cause dans les altérations qui ont touché les cours d'eau ;
- Les densités démographique et urbaine et leurs liens avec les cours d'eau ;
- Les typologies économiques et leurs liens avec les cours d'eau ;
- ...etc.

Quant à la deuxième partie elle sera couronnée d'une base de données qui rassemblera l'ensemble des connaissances acquises lors des précédentes étapes de l'étude. La combinaison des cartes thématiques avec les informations des enquêtes de terrain et les connaissances bibliographiques nous permettront de constituer une base de données pour chacun des indicateurs de vulnérabilité retenus.

Motivations du choix du thème :

Le choix du thème tire son importance du fait que les phénomènes de risques sont présents dans le milieu urbain et que ces derniers y sont exposés en permanence.

Ajouté à ça, les données et connaissances des phénomènes de risques et de la manière dont la ville est exposée, sont quasi absentes ou manquantes. Ceci est dû au fait que l'étude des phénomènes des risques est souvent centrée sur l'étude et les données liées aux aléas, en tout négligence des données liées à la vulnérabilité.

Finalement, le choix des risques hydrologiques terrestres est directement lié aux caractéristiques de la zone d'étude, riches en eaux de surface et située sur le littoral.

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

Il est choisi comme zone d'étude la ville de *Bejaïa* qui est localisée à la frontière des deux bassins de la *Soummam* et du *Cap-Segli*. Le choix de la ville de Bejaïa pour mener cette étude revient à sa richesse en ressources en eaux de surface, mais aussi à la proximité entre les zones résidentielles et les espaces hydrologiques de surface, ce qui rend les possibilités d'exposition plus importante et plus pénible pour les populations et pour les composantes écologiques, structurelles et fonctionnelles de la zone urbaine.

Il est clair que pour arriver à des résultats scientifiques définitifs ; l'expérimentation des résultats obtenus à Bejaïa sur d'autres zones urbaines qui présentent des particularités (naturelles, sociales, urbanistiques...etc.) différentes de la ville de Bejaïa s'imposent.

Originalité de la recherche :

L'originalité du travail réside dans le caractère systémique de l'étude, qui est à notre connaissance, un travail qui n'est jamais entamé dans la zone d'étude, ainsi, s'intéresser aux interactions entre différents facteurs de la vulnérabilité est une première pour la zone d'étude.

Ajouté à ça, cette étude qui se fonde sur une vision globale et intégrée, englobe pour la première fois, un nombre important de facteurs, principalement pour ce qui est des facteurs sociaux, qui ne sont que rarement pris en compte dans l'étude de la vulnérabilité aux risques sur le territoire de Bejaia. Jusqu'à présent, les études établies se base sur l'évaluation des aléas, ou des risques en ne considérant que les « enjeux » comme la seule composante de la vulnérabilité. Peu de travaux ont inclus le volet social de la vulnérabilité, mais à titre partiel, en ne prenant en compte que des critères limités en nombre. Par contre, intégrer les volets socio-économique et gestionnaire dans l'évaluation de la vulnérabilité est à notre connaissance, limité au présent travail.

D'autre part et toujours dans la zone d'étude, jamais un nombre d'indicateurs réunis dans une même recherche n'a atteint le nombre des indicateurs utilisés dans le présent travail. Grace à ce travail, trouver les indicateurs de vulnérabilité dans ses différents volets devient plus accessible aux chercheurs et aux gestionnaires.

Pour finir, la présente étude s'intéresse à la vulnérabilité de la ville à tous les risques rivulaires et non à un seul risque, ce qui est, encore, le premier travail dans ce sens appliqué à la zone d'étude.

Structure de la thèse

La thèse comprend trois grandes parties, en plus de la partie introductive et de la partie conclusive :

Partie introductive : elle comprend ce que nous avons appelé « *chapitre introductif* ». Il compte deux principaux items qui sont « *l'introduction générale* » et « *la problématique* ». Dans le premier item, nous avons exposé le contexte général de la thèse. Dans le second item, nous expliquons le contexte de la problématique et nous fixons sa question, ainsi que les hypothèses de la recherche.

Partie I – Théorique : Intitulée « *Études bibliographiques et fondements conceptuels* », elle s'intéresse à l'explication, la définition et la mise en contexte de la terminologie théorique du présent travail. Grâce à ça, la terminologie utilisée dans les parties suivantes sera comprise par les lecteurs. Elle comprend trois chapitres qui traitent chacun un des termes de l'intitulé de la thèse :

Chapitre 1 intitulé « *Urbanisation : la ville comme une entité complexe et active* ». Il s'est fixé de définir et d'expliquer toute la terminologie en rapport avec le phénomène de l'urbanisation de manière générale. Il s'intéresse beaucoup plus sur les déséquilibres qui peuvent toucher et se produire dans les milieux urbains, et cherche à montrer que ces derniers ne sont pas que des phénomènes positifs.

Chapitre 2 intitulé « *La place emblématique des cours d'eau dans le milieu urbain : de la cohabitation, au renie, aux tentatives de réconciliation* ». Il fait le tour de la terminologie concernant les cours d'eau en général, avec une fixation sur les cours d'eau dans les milieux urbains. De même que pour le premier chapitre, la méthode de ce chapitre s'énonce sur une méthode géo-historique, qui exploite des sources écrites officielles et officieuses ([Boukhiar et al., 2024](#)). Il retrace les liens entre les cours d'eau et les espaces urbains à travers des étapes de temps.

Chapitre 3 intitulé « *Risques et vulnérabilités : des phénomènes dangereux et des milieux affectés* ». Ce chapitre s'occupe d'expliquer tout l'état de l'art qui se rapporte aux phénomènes de risques et de vulnérabilités. Après la définition des concepts, il s'attarde sur des statistiques sur les phénomènes de risques dans le monde, avec le plus d'intérêt pour les risques rivulaires ou hydrologiques, et pour la vulnérabilité des milieux à ces derniers.

Partie II – Charnière : « *Cadrage méthodologique et contexte du terrain* » A son tour, elle compte trois chapitres et s'intéresse à exposer le positionnement épistémologique par rapport au thème, en plus d'analyser la zone d'étude, comme suit :

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.

Chapitre 5 intitulé « *état des lieux des espaces artificiels et naturels Bougiots* ». Dans ce chapitre, nous commençons à nous intéresser à la zone d'étude. Ce chapitre fait une analyse de la ville de Béjaïa en général. C'est-à-dire, ce chapitre analyse l'état de fait de la ville sur les plans urbanistiques, social, économique et naturel. L'analyse est menée sans s'éloigner du contexte des phénomènes de risques, mais sans les citer directement.

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 utilisent la méthode d'analyse géo-historique, qui s'avance sur l'exploitation de données écrites issues de sources certifiées et non certifiées ([Boukhiar et al., 2024](#)).

Partie III – Pratique « application à la ville de Béjaïa »

Répartie en trois chapitres, elle traite de l'application de la méthode de travail sur la zone d'étude.

Chapitre 7 intitulé « *Traitemennt des données : description et identification des indicateurs de la vulnérabilité* ». Il utilise la méthode d'entretiens directs avec les acteurs urbains, en plus des outils SPSS et Excel pour le traitement des données issues des entretiens. Le chapitre va faire la description de grilles d'indicateurs de la vulnérabilité aux risques rivulaires.

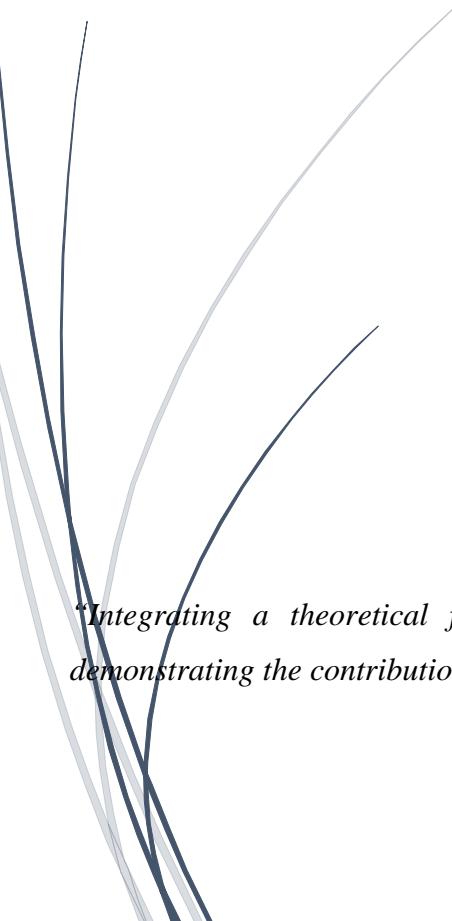
Chapitre 8 intitulé « *Traitemennt des données : évaluation de la vulnérabilité globale* ». Ce chapitre est une continuité du chapitre précédent. Il use des méthodes d'analyse multicritères, qui vont nous permettre d'évaluer les grilles d'indicateurs retenues dans le chapitre précédent.

Partie conclusive, intitulée « *Conclusion générale, limites et perspectives* » : Elle comporte la conclusion générale, les limites de la méthode 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.

PARTIE I.

THEORIQUE

Etudes bibliographiques et fondements conceptuels



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

Heal, Nobel, 2019

INTRODUCTION DE LA PREMIERE PARTIE :

Tout travail académique commence par un travail de contextualisation conceptuelle et théorique. Ce travail va se limiter exclusivement à la terminologie qui sera utilisée tout au long de la thèse. Les chapitres de cette partie sont tirés du titre de la thèse, c'est pourquoi elle sera divisée en trois chapitres, chacun pour un des principaux termes du titre : l'urbanisation, les cours d'eau et les vulnérabilités.

Le premier chapitre traite la terminologie en rapport avec l'urbanisation. Comme l'avait avancé Saidouni (2001), les transformations de l'homme dans les villes sont si concentrées qu'elles peuvent être conflictuelles ([Saidouni, 2001](#)). C'est pourquoi, un chapitre pour faire la lumière sur la naissance, l'évolution et les principales caractéristiques du phénomène d'urbanisation dans le monde serait un intéressant ajout à ce travail. Ce chapitre a pour objectif de simplifier, autant que possible, la complexité de ce phénomène pour le lecteur de ce travail.

Les cours d'eau sont liés au phénomène d'urbanisation de plusieurs manières. D'abord, l'urbanisation naît souvent à proximité des cours d'eau de surface, à cause du fait que cette dernière nécessite la présence d'eau. Ensuite, l'urbanisation est une source de dégradation et de disparition des cours d'eau, et finalement, les cours d'eau constituent une source de danger pour les zones urbanisées. C'est ce que nous allons exposer dans le deuxième chapitre, après avoir fait le tour de la terminologie liée aux cours d'eau de surface dans les milieux urbains.

Toutes ces interactions entre urbanisation et cours d'eau deviennent sources d'avènement de phénomènes dangereux. Ces phénomènes dangereux touchent les composantes des zones urbanisées autant que les composantes écologiques des cours d'eau. Ceci fait que les phénomènes dangereux sont des phénomènes humains, matériels et écologiques. Dans le troisième chapitre, nous allons nous intéresser aux phénomènes de risques dans le monde et à la vulnérabilité des milieux urbains.

L'objectif de cette partie est d'arriver à clarifier la terminologie de thème de la recherche, pour le récepteur spécialiste ou profane. Cette clarification est importante, car elle va permettre au lecteur de se positionner par rapport au thème étudié.

PARTIE I.

CHAPITRE 1.

Urbanisation : la ville comme une entité complexe et active

«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 deuxième moitié du 20^e siècle, l’Homme passe à l’ère anthropocène, où l’urbanisation s’impose comme le phénomène majeur dans la planète. Suite à sa généralisation sur les territoires et dans la vie humaine, ce phénomène témoigne d’une importante influence exercée sur la planète et ses composantes, naturelles et anthropiques. Cette influence parée complexe vis-à-vis de l’être humain d’un côté, des territoires et des milieux naturels de l’autre côté.

Avant d’entrer dans le vif du sujet, et pour faciliter la compréhension, la première partie du chapitre va se contenter de présenter brièvement les concepts liés à l’urbanisation. Ensuite, un historique sur la naissance et l’évolution du phénomène nous semble nécessaire pour cerner notre thème. Finalement, une large partie du présent chapitre va se concentrer sur la présentation des rapports entre le phénomène d’urbanisation et les principales composantes sur lesquelles il agit, à savoir : les humains, les territoires et la nature.

Pour mieux comprendre les rapports et les influences entre urbanisation et composants naturels et anthropiques de l’espace, nous allons tenter de mettre la lumière sur la valeur des composantes naturelles pour les espaces urbanisés et les services qu’ils offrent à ces derniers. En contrepartie, nous allons exposer les effets négatifs de l’urbanisation sur les éléments naturels des territoires.

Tout d’abord, l’urbanisation représente un moyen d’amélioration du cadre de vie pour les humains, en facilitant l’axé aux services et aux nécessités quotidiennes. En contrepartie, et pour les milieux naturels, l’urbanisation est synonyme de destruction de la nature et de la biodiversité, par la provocation de multiples déséquilibres principalement lorsque cette urbanisation est anarchique. Enfin, l’urbanisation est une génératrice de territoires dynamiques et non toujours propices.

I.

L'ASPECT CONCEPTUEL ET THEORIQUE DE L'URBANISATION

Dans les items qui vont suivre, 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

Le concept « urbanisation » se définit par : toutes les actions humaines qui apportent des modifications sur la croissance du milieu urbain existant, ou sur le milieu naturel et provoquent la création de nouveaux milieux urbains, donc, par la fondation de nouvelles villes et/ou le développement de villes déjà existantes. Pour Merlin et Choay (1988), le concept fait référence aux interventions humaines de construction 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., 2010](#)). L'ONU limite la distance entre les édifices dans un espace considéré comme urbanisé à 200 m ([Moriconi-Ebrard et Chatel, 2013](#)). Ainsi, toutes les activités humaines, sont considérées comme étant des éléments d'urbanisation, à l'exception de l'agriculture.

L'intrusion de l'urbanisation dans le milieu se fait de deux manières : la densification et/ou l'augmentation du nombre des habitants et des activités économiques (non-agricoles) dans un espace déterminé d'une ville existante, ou la construction d'une nouvelle ville par la croissance spatiale des infrastructures, la colonisation par des habitants et l'installation des activités.

L'urbanisation est aussi, les liens créent entre les individus ou les communautés. Du fait des activités, des offres de service et des besoins des citadins, chaque jour ; nouveaux et réinventés, une dynamique spécifiquement urbaine s'installe. Par la suite, c'est un nouveau mode de vie né de cette dynamique qui fait son apparition pour distinguer les territoires urbanisés et non urbanisés. Le concept d'urbanisation fait référence aussi de la diffusion de ce mode de vie spécifiquement urbain à travers les territoires urbains. Ceci engendre la diffusion des comportements, des mentalités et des principes de conduite qui sont différents de ceux des compagnes, et qui se ressemblent entre une ville et une autre, même quand elles sont séparées physiquement. À ce sujet, Beaujeu-Garnier (1995) et Mardiansjah (2013) mettent au point un autre aspect de définition pour le concept « urbanisation » et affirment 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 ». ([Beaujeu-Garnier, 1995](#) ; [Mardiansjah, 2013](#)).

Par ailleurs, après le passage au troisième millénaire, où l'urbanisation a atteint des niveaux considérables en matière d'influence sur les milieux et les espèces, dont l'humain ; la définition de l'urbanisation ne peut plus se limiter aux notions du 19e siècle ([Pinson, 2004](#)), suscitées.

Aujourd'hui, l'urbanisation se définit selon ses conséquences sur les populations et l'environnement immédiat, lointain ou à l'échelle planétaire. À savoir : les risques naturels et anthropiques, environnementaux ou sociaux qu'elle peut provoquer ou accentuer. De l'autre côté, l'importance du développement économique et industriel, les progrès technologiques et scientifiques et l'amélioration du cadre de vie des populations, que ça implique. 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 définition de la ville que de pays dans le monde. ([ONU, 2014](#)). Dans ce sens, chaque entité 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](#)).

Pour Edjossan-Sossou (2015), une ville est caractérisée par trois éléments qui lui donnent sa définition : sa taille, ses fonctions et sa délimitation administrative, des éléments en interactions multiples et naturels, qui s'entretiennent dans un état d'équilibre ([Edjossan-Sossou, 2015](#)). C'est un lieu naturel modélisé par l'homme pour l'adapter à son besoin d'habitat ([Toussaint et Vareilles, 2013](#)). Un lieu, généralement situé dans des emplacements stratégiques ([Richard et Laclemence, 2013](#)), à proximité de l'eau, par exemple. Elle est pour Baumont et al. (1996), la concentration dans un même espace de composants divers, hétérogènes et en permanente interactions ([Baumont et al., 1996](#)). Elle se réfère, pour Cucu Graindorge (2012), à une entité géographique aux multiples composants, avec une logique de fonctionnement propre et évoluant, tous, dans le temps et l'espace ([Cucu 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 dans son enceinte (définition juridique). Ce qui pourra faire la différence entre les villes, ce sont tous les éléments qui la composent, que ce soit en matière d'activités, d'organisation morphologique et spatiale, de nombre d'habitants, des réseaux de transport, de son aire d'influence et avec la nature comme le climat et la topographie, son régime politique ou les modes de vie des citadins ainsi que leurs organisations sociales, spatiales, culturelles ou spirituelles ou encore la richesse ou la pauvreté de la ville. Lors de la définition officielle de la ville, les pays prennent en considération un ou deux critères au maximum selon leurs conditions locales. Ceci fait que la définition d'une ville est différente d'un pays à un autre et d'un organisme à un autre.

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

La révolution agraire de l'époque néolithique (de 8 500 jusqu'à 3 000 avant J.-C.) a permis à l'humanité sa première révolution urbaine par le passage de la vie sauvage marquée par un mode de vie nomade, à la sédentarisation dans les premières villes de l'histoire. Un courant de chercheurs (Kenyon, Wheeler, Huot, Amiet, ...etc.) remonte loin dans le temps, pour qualifier l'urbanisation de phénomène néolithique. Pour ce courant, l'urbanisation se développe avec le début de la sédentarisation des hommes, et l'apparition de ses premiers rassemblements permanents, qui avaient comme base de vie : l'agriculture. Les groupements humains « *à base d'hydraulique et d'agriculture* » (Rifkin, 2011), devenus prospèrent par l'abondance des récoltes, ont donné lieu à l'apparition de nouveaux métiers utilisant des aptitudes physiques et intellectuelles (Artisanat, art, ... etc.). 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 étaient apparues, comme Jéricho et Çatal Hüyük. Kenyon (1956) et Wheeler (1956), revendiquent le nom de ville pour l'établissement de Jéricho (dans l'actuelle Jordanie), daté du néolithique (Huot, 1970). Mellaart (1967), considère Çatal Hüyük (dans l'actuelle Turquie), comme la plus ancienne ville d'anatomie, et une des plus anciennes au monde. (IDEM). Jéricho est à environ 6 000 ans avant J.-C. (Merlin et Choay, 1988), et Çatal Hüyük à 5 600 ans avant J.-C. (Bairoch, 1985).

Un autre courant (Childe, 1950 ; Liverani, ; Margueron, ; Butterlin, 2004), considère que la première révolution urbaine débute avec la création des premières villes post néolithiques. Portée principalement par Childe, considéré comme le principal urbaniste du 20e siècle pour

son ouvrage « *la révolution urbaine* » parue en 1950. Pour le même auteur, ce qu'il caractérise par la terminologie de « *révolution néolithique* », provoque ; selon lui ; les assemblages humains et invente l'agriculture. Cette même révolution dite « *domestication* », Butterlin (2021), ou « *révolution proto-urbaine* » par Kenyon (1962)., désigne une période vague du passage des sociétés villageoises aux cités urbaines, est inventé par Kenyon (1962), et repris par Amiet (1986).

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

À son tour, Bairoch (1985), pense que ces villes néolithiques, dont le nombre de la population ne dépasse pas les 400 habitants, peuvent être considérées comme des cités « *périurbaines* », voir des « *villages* » (Bairoch, 1985). Pour le même auteur, ces établissements encore primitifs, n'avaient pas les caractéristiques d'une ville, comme la présence d'un temple ou d'un mur d'enceinte et l'activité abondante reste encore l'agriculture. Ceci dit, certains de ces sites néolithiques étaient déjà fortifiés, c'est le cas de Jéricho, par exemple. (Huot, 1970), mais le mur d'enceinte n'est pas toujours caractéristique aux cités, car dans certains cas, des villages aussi disposaient d'un mur d'enceinte, et dans d'autres cas, des villes en étaient dépourvues. (IDEM). A l'image de la plupart des villes égyptiennes ou encore romaines. (IDEM).

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 disposent 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 criée 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, 1985).

Pour l’italien Benevolo (1983), la ville sumérienne d’Ur du 3e siècle avant J.-C. serait la première ville de l’histoire. ([Benevolo, 1983](#)). Cette ville fut la première où les activités soient concentrées et développées de manière séparée de l’agriculture, et pratiquées par des artisans autres qu’agriculteurs. Elle s’étend sur une surface d’approximativement cent hectares, et des dizaines de milliers d’habitants, dont beaucoup issus d’immigration, le milieu naturel et artificiel sont séparés pour la première fois par un mur d’enceinte et un fossé, utilisés dans l’objectif de sécuriser la ville. ([IDEM](#)).

Les théories qui considèrent les villes de Jéricho, d’Ur ou de l’Urdu comme les premières villes de l’histoire restent relatives. La possibilité de découvrir d’autres villes plus antiques n’est pas théoriquement exclue !

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

La brouille sur les origines de la ville, revient, principalement à l’ambiguïté de la définition de celle-ci, et le désaccord sur les critères qui différencie la ville d’un village. Les deux courants en désaccord sur le début de l’apparition des villes, sont néanmoins anonymes sur le fait que la civilisation humaine est née dans à proximité des eaux. À savoir les grandes rivières de la Mésopotamie, de l’Egypte ou de L’Indus.

L’urbanisation a connu sa deuxième grande révolution au Royaume-Uni, à la fin du 18^e siècle. Cette urbanisation est apparue en même temps que la révolution industrielle et culturelle des sociétés de l’époque. Elle fut considérée comme la cause et la conséquence du développement économique, industriel ([Véron, 2008](#) ; [Manirakiza, 2015](#)) et culturel.

L’évolution de l’urbanisation au sein de cette révolution a continué jusqu’à la fin du 19^e et le début du 20^e siècle. Nous pouvons répartir les régions du monde selon leur urbanisation en deux catégories. La première fut celle qu’ont connue les pays développés (Europe, Amérique du Nord, Australie) et qui ont lieu entre (1750 et 1950) où les populations urbaines de ces régions sont passées de (15 à 423) millions, soit de (10 % à 52 %) de la population totale ([ONU](#),

2006). La deuxième concerne les pays en développement (Afrique, Asie, Amérique centrale et du Sud) et qui n'a débuté qu'à un siècle d'écart du début de la première catégorie. C'est à partir de 1950 que la mutation urbanistique de ces régions, prend départ.

Ce qui a marqué cette époque, ce sont surtout les nombreuses difficultés apparues sur des plans divers. À cette époque, la ville rompt avec ses objectifs précédents de protection et de confort, pour devenir une source de nuisances et de désagréments, pour les populations et les espaces.

Pour les pays développés, qui ont connu la révolution industrielle, ce sont des problèmes d'ordre d'hygiène, de salubrité de l'environnement, de sur-densification des villes. Suite à ça, cette époque a connu aussi le développement de plusieurs approches et de pensées urbaines qui ont tenté de réduire les difficultés apparues dans la ville industrielle. Dans le cas des pays en développement qui ont rejoint tardivement cette révolution, les problèmes étaient d'un autre ordre. Le contexte socio-économique non adapté à la transition urbanistique a conduit ces pays au sous-développement qui s'observe encore aujourd'hui.

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 ces différentes formes.

L'empreinte principale de la révolution technologique est d'inciter à la rapidité et à la diffusion du phénomène d'urbanisation de par le monde. Le niveau mondial d'urbanisation, qui n'était que de (5,1 %) en 1800 (6,3 %) en 1850, et (13,3 %) en 1900, a augmenté rapidement depuis la deuxième moitié du vingtième siècle : il a triplé pour atteindre (37,2 %) en 1975. À partir de 2008, l'urbain domine la vie sur terre et l'humanité passe à plus de (50 %) de populations mondiales vivant en villes (ONU-Habitat, 2010). Leur nombre a atteint environ 3,3 milliards de personnes, à la même année (ONU-Habitat, 2010). Les prévisions pour 2050 seraient que 6,4 milliards, soient (70 %) de l'humanité vivra en ville (IDEM). L'urbanisation persistera encore pour les décennies à venir, principalement, dans les pays en développement (UNDP, 2006).

Les villes existantes ont augmenté spectaculairement et d'autres nouvelles poussent chaque jour comme des champignons, de par le monde. Des terminologies nouvelles pour décrire ces nouvelles mutations sont inventées. On parle désormais de mégalopoles et de métropoles mondiales dont l'influence dépasse les limites de la ville pour atteindre celles des régions, des pays, voire du monde entier par fois. Des villes qui regroupent ; chacune ; des dizaines de

millions d'habitants et des centres de l'économie et des décisions politiques dans le monde. (Ex : New-York aux USA).

Ajouté à ça, des technologies nouvelles de la communication et d'information, ont fait leur essor à la même époque. Ces technologies ont révolutionné l'armature urbaine mondiale existante jusqu'alors. Grâce aux technologies d'information et de la communication, ces mégalopoles, et les villes du monde en général sont reliées dans de nombreux domaines, pour constituer une seule : « Masse en réseau ». Au point que le globe soit perçu comme un seul village interconnecté, sur les plans : économique, politique, social et environnemental.

Ceci dit, la troisième révolution technologique n'est pas limitée au secteur de la communication, qui a connu un avancement extraordinaire depuis des décennies ([Dicks, 2015](#)). Une ville de la troisième révolution est à la fois une ville intelligente hyperconnectée, et une ville écologique. Elle est fondée sur « *trois piliers* » décrits par Rifkin (2011), comme : les énergies renouvelables, les technologies de stockage et les réseaux des énergies intelligentes. ([Rifkin, 2011](#)).

Il serait judicieux de signaler que le phénomène d'urbanisation a évolué de par le monde selon des cheminements différents d'une société à une autre. Il fut rapide dans certaines sociétés et moins rapide dans d'autres, comme il fut ancien dans certaines et récent dans d'autres.

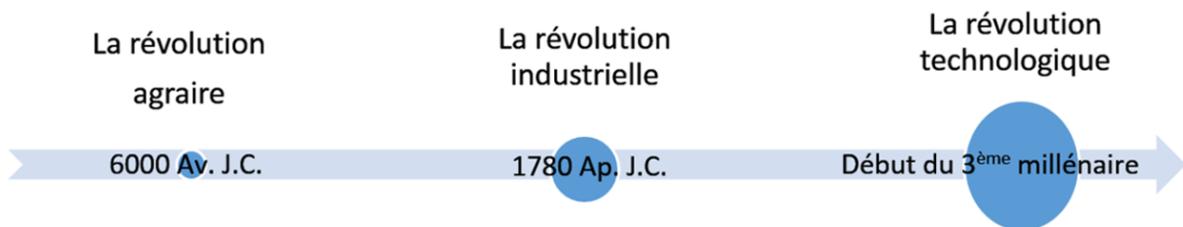
Le contexte urbain dans les pays en développement, souvent pauvres est accompagné de difficultés diverses. Même si certains d'entre eux ont connu l'urbanisation depuis l'antiquité, les sociétés urbaines sont restées minoritaires et le développement de l'urbanisation été resté lent. C'est à partir de la deuxième moitié du 20^e siècle, quand ces pays aboutissent à leur indépendance à la fin des années 50 que l'urbanisation du tiers-monde fut relancée. À partir de cette date, les villes africaines par exemple croissent spectaculairement ([Manirakiza, 2015](#)). Pour ces pays, la relance urbaine est accompagnée de difficultés liées principalement aux richesses économiques et industrielles qui n'ont pas suivi la rapidité de l'urbanisation. 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.

Aujourd'hui, cette urbanisation tente de résoudre les problèmes urbains accumulés depuis la révolution industrielle. Cette révolution a néanmoins négligé l'eau en ville, qui n'a pas reçu le même intérêt que les « *trois piliers* » cités par Rifkin (2011). Par cette négligence, l'eau de surface, souterraine, qu'elle soit continentale ou océanique est sous l'influence des effets de

l’urbanisation. Elle est victime de surexploitation et d’altération de sa qualité et de sa quantité. Ce point sera développé au cours de ce chapitre.

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

Si beaucoup de chercheurs limitent l’évolution du phénomène urbain à la troisième révolution. D’autres, comme Schwab (2016), sont des partisans de la théorie d’une quatrième révolution urbaine. Ils définissent cette dernière dans des technologies qui dépassent des limites physiques, biologiques et numériques des villes. ([Schwab, 2016](#)). Pour Schwab (2016) et le forum économique mondial (2017a), les technologies caractérisant la quatrième révolution sont comme résumées dans le tableau suivant ([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 étendue 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 microsatellites, 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 forum économique mondial (EWF¹), 2017a ; (traduit de l'anglais par l'auteure)

La théorie de la quatrième révolution introduite par Schwab lors du EWF, n'a pas convaincu tout le monde. L'auteur de « *The Third Industrial Revolution* » ([Rifkin, 2011](#)), avance en 2016, que les nouvelles technologies citées par le EWF, ne sont qu'un prolongement au sein de la troisième révolution. ([Rifkin, 2016](#)). Ces technologies, n'apportent pas pour ce dernier, des changements profonds et significatifs pour donner naissance à une quatrième révolution urbaine.

Autre contexte de l'évolution du phénomène urbain :

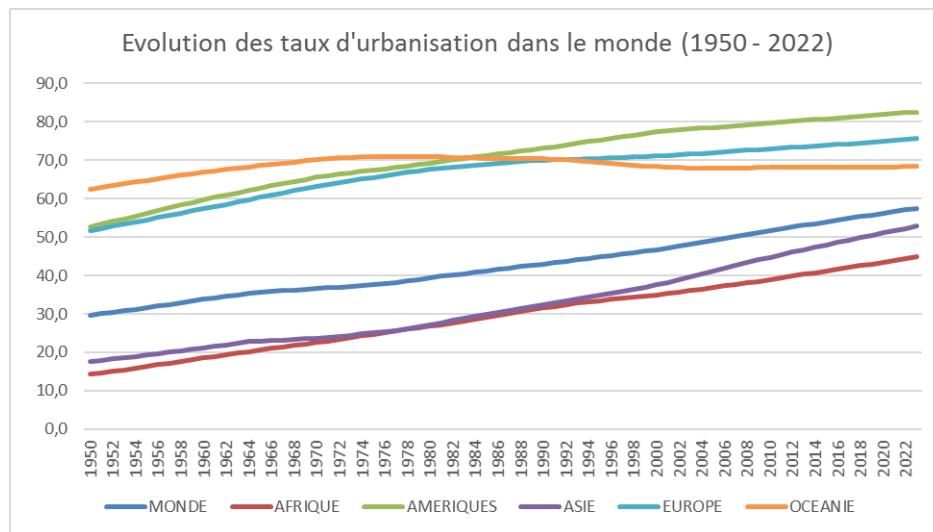
L'apparition et la croissance de l'urbanisation, ne sont pas faites suivant un seul contexte. Les facteurs économiques, industriels, culturels, intellectuels, sociaux et historiques ont joué un rôle dans la définition des contextes de l'urbanisation dans les différentes régions du monde.

Les étapes d'urbanisation citées sont spécifiques au monde occidental dit développé, et n'englobent pas toutes les régions du monde. Les pays en sous-développement et émergents ont connu un tout autre cheminement dans leur urbanisation. Même si beaucoup de ces pays

¹ Economic World Forum

ont un héritage urbain qui remonte à l'antiquité, cette urbanisation est restée limitée dans l'espace et dans son influence sur les composants de la nature et sur les Hommes.

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



Source – D'après les données de l'ONU – Habitat, 2023

Le fort taux d'urbanisation est ainsi la caractéristique qui partage entre les pays développés, avec un taux d'urbanisation élevé dépassant les 50 %, depuis bien avant 1950, et avec un taux qui a atteint les 100 % dans les pays d'Océanie regroupant l'Australie et la Nouvelle-Zélande. Comme nous pouvons voir dans le graphique suivant ([Graphe.1](#)). L'accélération du taux d'urbanisation dans les pays en développement est tardive et date des années 1960, après l'accès de ces pays à leur indépendance politique. Elle relève d'une importante croissance démographique et de la pauvreté des compagnes (<https://journals.openedition.org/cybergeo/2614>), qui ont poussé les populations à fuir en direction des villes. Dans ces pays, beaucoup des populations dites urbaines vivent en réalité dans des bidonvilles sous-développés et insalubres, résultants d'actions individuelles spontanées et anarchiques. Cette urbanisation ; en fait ; dépasse toutes les normes et les limites définies par les outils d'urbanisme et d'aménagement en vigueur dans le monde ([Agharmiou, 2013](#)). Néanmoins, l'architecte anglais John FC Turner, avance que le bidonville, peut servir de solution pour un habitat décent aux plus démunis, quand il est accompagné d'aménagements adéquats ([Turner, 1976](#)).

II.

LA VILLE COMME UN SYSTEME EN DYNAMIQUE PERMANENTE

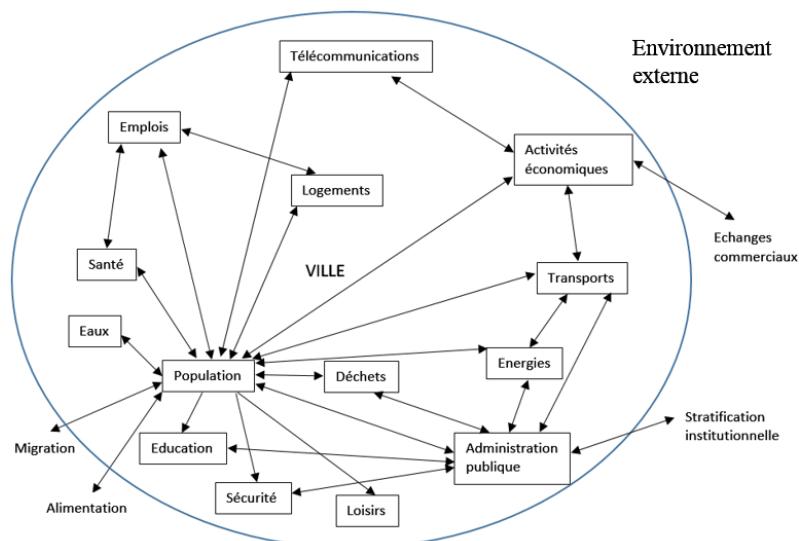
L'espace urbain est composé d'éléments physiques et moraux, naturels et anthropiques : spatiaux artificiels, spatiaux naturels, et socio-économiques et culturels.

Tableau I.1.3 – Composants de l'espace urbain

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

Source – Auteure, 2023

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



Source – D'après Edjossan – Sossou, 2015

Ces éléments composants entretiennent des échanges entre eux et avec l'environnement extérieur, tout en gardant un équilibre global de fonctionnement. Ils sont en permanente dynamique, ce qui procure à la ville son caractère d'espace multidimensionnel et complexe. (Levy et Lussault, 2003). La complexité, multiplicité et dynamique des composants de la ville la rendent adaptée à être considérée comme un système.

II.1. Urbanisation et société : dualité de représentation

L'intensification de la dynamique urbaine, est à la fois source d'inquiétudes et d'espoirs. ([Damon, 2009](#)).

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

Une des raisons de la fondation des premières villes était une réponse logique aux dangers qui guettaient l'Homme qui vivait encore dispersé dans le milieu naturel. La ville a eu lieu comme une solution face aux agressions extérieures que subissaient les humains. Des agressions venantes de l'environnement qui les entoure, comme des animaux sauvages ou d'autres humains non amicaux. Elle avait pour objectif d'offrir un refuge, et de réunir un nombre important d'hommes dans un seul espace, pour augmenter leur résistance face au danger. Dans ce cas, la ville est un lieu de sécurité pour les sociétés. Elle est opposée à la vie sauvage dispersée, car elle regroupe, et parce qu'elle est équipée. Equipée d'un mur d'enceinte, d'un rempart, qui représentait les limites de celle-ci, vis-à-vis de l'extérieur.

Le rempart est considéré comme l'élément fondamental d'une cité, et ça jusqu'au moyen âge. Une ville est plus sûre et plus forte lorsque son mur d'enceinte est plus renforcé et sophistiqué. D'ailleurs, le terme qui désigne la ville dans de nombreuses langues, fait référence au mur d'enceinte et à ce qui sert de rempart pour la ville ([Bourdeau-Lepage, 2019](#)).

Ces regroupements d'humains fortifiés et en sécurité, se tourne vers la régulation interne. En ville, régler les conflits se faisait de manière civilisée et par des règlementations misent en place et décidées auparavant. C'est ainsi que les premières autorités politiques et judiciaires et des lois apparaissent. 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 s'appliquant sur tous les individus de la ville, d'où un sentiment de justice qui devient lié à la vie en ville. Ce qui est à l'opposé de la vie dans le milieu naturel, jugée sauvage et cruelle, car elle échappait à tout contrôle ou réglementation. Par ces idéaux de sécurité, de rationalité, la ville obtient le statut d'un lieu supérieur à la nature, et dominateur de cette dernière. Car par la ville, l'Homme a réussi à réduire les effets de la nature sur lui, et a imposé sa logique et son raisonnement propre aux lois authentiques de la nature, qu'il n'a pas su transformée. Les fonctions de la ville qui font sa suprématie par rapport aux espaces naturels, se sont de plus en plus concentrées et développées au fil des temps. Comparée aux compagnes qui sont assimilées aux milieux naturels, la ville

connait l'apparition des premières activités, des premières cultures, des croyances et philosophies, des réflexions et sciences.

La naissance de la pensée, le développement des sciences diverses ont tous eu lieu dans les villes. La ville qui est à l'origine du fleurissement des cultures est aujourd'hui un lieu de multiculturalisme, concentrant des communautés mondiales qui cohabitent dans un espace commun. Spécifique aux milieux urbains où plusieurs cultures se rencontrent et partagent entre elles. Cette caractéristique rend la ville plus attractive à vivre et moins monotone. Elle garantit de l'animation continue entre les différentes cultures avec interactions qui finissent par créer un citadin cosmopolite standard pour toutes les villes.

Le dynamisme culturel et intellectuel de la ville se consolide grâce au confort qui a permis le développement de la pensée. Si en compagnie, il se plie aux lois de la nature, en ville, il pense les avoir conquises, par la suprématie de son raisonnement, de sa pensée et de son intelligence. Dans le sillage des changements socio-culturels, l'urbanisation introduit des modes de vie spécifiques à la ville. D'autres besoins humains comme les loisirs, ou les déplacements mécaniques apparaissent.

La suprématie financière et les bonnes conditions de travail sont d'autres avantages qu'offre la ville à ces occupants. Elle offre une opportunité de vie plus aisée et plus facile, qui n'inclue point de dureté de travail. En ville le travail est majoritairement intellectuel, et son influence peut dépasser et de loin, l'espace où il est accompli. Si ce travail intellectuel semble moins pénible que le travail manuel de la compagnie, il reste, le mieux rémunéré et récompensé. La ville procure du confort lié à l'habitat, à l'éducation, aux services administratifs, commerciaux, de déplacements, de loisirs, de communication...etc. Pour ses habitants, elle est le lieu de confort social et économique. ([Mardiansjah, 2013](#)).

Le développement de la médecine et l'amélioration de la santé est une des plus intéressantes caractéristiques de l'urbanisation. La médecine s'est toujours développée dans les milieux urbains qui concentrent des chercheurs, scientifiques et médecins. Les villes concentrent des moyens matériels et financiers aussi, qui permettent le développement de centres de recherches, hospices et d'hôpitaux. Le développement de la médecine a atteint des niveaux phénoménaux au cours de l'histoire urbaine et dans les villes d'aujourd'hui.

Sous un autre angle de vision ; la ville est réprimeur de l'Homme.

La ville représente certains méfaits qui touchent aux sociétés ou aux individus. La ville inventée pour sécuriser l'Homme et organiser la vie sociale, n'est pas sans défauts. Les défauts de la ville commencent à paraître avec l'émergence de la ville industrielle. Cette image persiste pendant longtemps dans de nombreux endroits et villes du monde. Beaucoup de problèmes restent non résolus et des difficultés nouvelles apparaissent.

Aujourd'hui, elle est à l'origine de nombreuses difficultés qui ne se trouvent que dans les milieux urbanisés. Si comme nous avons avancé au début, la ville apparaît pour apporter la sécurité à ces habitants, aujourd'hui, nous pouvons constater que son rôle est renversé pour être à l'opposé du premier ([Chaline et Dubois-Maury, 1994](#)). L'augmentation spectaculaire des villes en surface occupée et en nombre d'habitants, fait d'elles un espace en désordre qui échappe à tout contrôle. Ceci encourage l'apparition des problèmes spécifiques aux villes et qui n'existaient pas auparavant. Les pays africains et du tiers monde ont atteint durant la période entre 1946 et 1980, la multiplication par 4 des nombres d'habitants des villes, soit un taux annuel de progression de (4,5 %), contre (2,4 %) par an pour les pays développés, durant la période à laquelle l'urbanisation a été la plus rapide, entre 1860 et 1900 ([Bairoch, 1985](#) ; [Kedjar, 2014](#)). Ce qui témoigne d'un processus d'urbanisation, par augmentation démographique ; très accéléré.

Le facteur démographique fait surgir des problèmes en modes de vie individuel et collectif, dans les rapports entre individus et communautés, et dans la fiabilité des lois et de l'organisation que la ville est sensée suivre. Les individus se concentrent dans des villes via la migration et l'exode rurale. Lorsque cette concentration atteint un certain niveau, ces deux phénomènes deviennent à l'origine de déséquilibres socio-économiques, environnementaux, sécuritaires, sanitaires et politiques...etc. 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, persistent dans le milieu urbain.

L'impossibilité de recueillir dignement ces arrivants nombreux, et vue leur origine rurale ; a en quelque sorte ruralisé ces villes d'accueil, et provoqué la bidonvillageation de celles-ci. Ceci est le cas principalement dans les villes pauvres des pays en développement en Afrique, en Asie ou en Amériques centrale et du sud, ([ONU-Habitat, 2010](#)), où les différents services n'ont pas pu suivre la croissance rapide des populations. Pour remédier à l'exode rurale, ces pays ont opté pour la production en masse, des logements sans que d'autres secteurs ne soient de la

même envergure d’engagement et de rapidité. Les opportunités de travail sont limitées, et les villes dépourvues d’équipements et infrastructures de base et de toutes les commodités nécessaires à la vie citadine. L’assainissement dans ces villes n’est que partiel, la même chose pour les réseaux d’AEP, d’électricité, de gaz, ...etc. Les services publics de soins ou d’enseignement connaissent une pénurie et sont surchargés. Les efforts de production de logements se font dépassés par le nombre important des populations et comme conséquence des logements sont surpeuplés et des bidonvilles envahissent les espaces urbains et suburbains. D’après des rapports des nations unies (2010), plus d’un citadin sur sept vit dans un bidonville dans la planète, principalement dans les continents asiatique et africain. ([ONU Habitat, 2010](#)).

Par ailleurs, la croissance démographique naturelle urbaine est connue pour être lente et limitée. Les scientifiques ont rattaché la reproduction démographique au niveau intellectuel et socio-économique. Le mode de vie citadin est fondé sur le travail intellectuel et sur l’excès de la consommation. Ces deux ingrédients sont derrière la réduction de la fertilité humaine, par le sentiment du « *désir de s’élèver* » et le « *goût du luxe* » ([Landry, 1934](#)) chez les citadins. C’est comme ça que Guillaume (1985) traite la ville de « *coupable* » de la limitation exagérée des naissances naturelles ([Vilquin, 1998](#)).

L’urbanisation est ; aussi ; à l’origine de la perte des liens sociaux ([Johnson, 2001](#)). C’est dans la ville que disparaît la famille dans sa forme traditionnelle et se dessoudent les liens sociaux. Laissant place à l’apparition des orphelinats, aux sans domicile fixe, à la prostitution, et à l’isolement des personnes âgées. Encore une fois, Velquin (1998), considère la ville comme « *coupable* » de l’essor des naissances illégitimes. ([Vilquin, 1998](#)).

La ville est aussi source de ségrégation sociale, lorsque les espaces sont spécialisés ([Charmes, 2005](#)). L’accumulation d’injustices et de l’exclusion provoque la pauvreté chez les communautés les plus faibles. Qui sont généralement celles qui s’installent tardivement en ville. Des fléaux sociaux comme la toxicomanie ou la criminalité et des conflits et violences sociales s’en suivent. Renforcée par la migration incontrôlée et les discriminations, la pauvreté est un des plus grands problèmes dans les villes actuelles. Ce phénomène touche souvent les villes du tiers monde dont la croissance rapide démographique n’est pas suivie par une croissance économique et industrielle, comme suscité. Et d’autre part, il touche aux communautés minoritaires et fragiles dans les pays les plus développés. L’évolution rapide et incontrôlée des villes donne lieu à des inégalités, de l’injustice et de l’exclusion sociales. Elles

touchent principalement les catégories les plus vulnérables de la société, les pauvres ou les minorités culturelles, ethniques, religieuses, les enfants, les femmes, les handicapés, ...etc. D'où la classification de la société au sein de la même ville en classes sociales, communautaires, ethniques ou religieuses. Ce phénomène ; quand il est mal géré ; 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.

Toutes ces difficultés qui naissent en ville provoquent le recul de l'éthique et des moralités, et le retrait des enseignements religieux, ou encore l'effacement des cultures initiales des peuples.

Les villes regroupent plusieurs cultures mais finies par les assimiler toutes dans une nouvelle culture urbaine. La disparition des cultures initiales est négative quand elle est considérée du point de vue de la diversité et la richesse culturelle dans le monde. Une disparition qui inclue la disparition de connaissances ancestrales utiles sur le plan écologique, à titre d'exemple.

L'apparition des maladies spécifiques aux milieux urbanisés. La dégradation de santé physique comme les cancers causés par les modes de production et de consommation non biologiques. Les problèmes allergiques et respiratoires, liés au manque d'hygiène, et causés par les diverses pollutions, comme les nuisances sonores. Les maladies psychiques et mentales comme le stress et l'anxiété provoqués par l'absence de la nature en ville. L'hypertension, les maladies cardiaques, résultants des pressions de l'excès de stimulants urbains. Les morts violentes survenues par accidents de la route, ou accidents de travail, et la liste est encore longue. Tous ces exemples sont des maladies spécifiques à la ville. 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 ; cité par Gubry, 1996](#)).

L'urbanisation influe sur le psychique des humains dont les comportements et les ardeurs (meures) changent selon leur entourage physique et humain. ([Goffman, 1973](#)). Les humains habitants prêts d'espaces naturels sont moins méfiants, plus accueillants, plus empathiques et de meilleure humeur. Ceux qui habitent les milieux artificialisés sont le contraire de ce qui a précédé. En connaissance de cause, une sensibilité écologique se développe chez l'Homme ([Abdmouleh, 2002](#)). Concrétisée par une conscience écologique qui incite à avoir la nature en ville.

En effet, la ville regroupe tous les maux imaginables. Elle perd de sa moralité et 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'installent en ville. A ce propos Rousseau écrivait en 1762 :

« *Les villes sont le gouffre de l'espèce humaine. Au bout de quelques générations, les races périssent ou dégénèrent* » ([Rousseau, 1762 ; cité par Hecht, 1980](#)).

La campagne est en revanche considérée comme salubre, saine, paisible et reposante. D'où le mouvement qui pousse les riches et bourgeoisies à quitter les centres villes pour s'installer dans les périphéries, voire dans les campagnes. Ce phénomène dit « étalement urbain » est source d'autres anomalies territoriales, que nous allons voir dans ce qui suit.

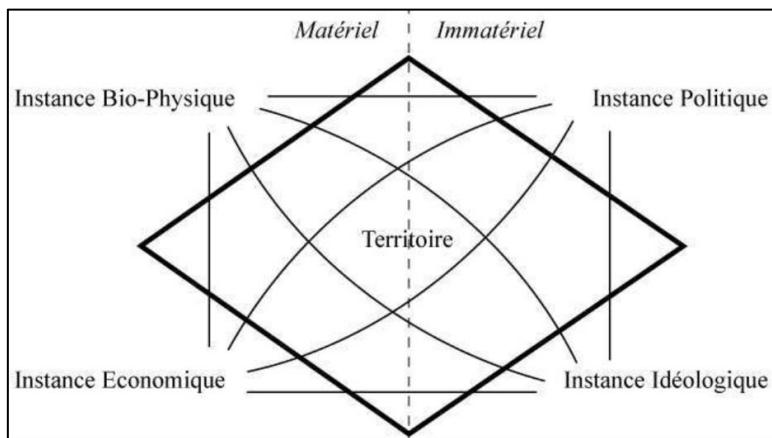
II.2. Urbanisation et territoires : de la ville à l'urbain

Le territoire dans ce cas, engage l'appropriation de l'espace vécu, soumis à une autorité politique et judiciaire ([Paus, 2003](#)). Il est la base physique qui reçoit les interventions humaines et la conception des villes. Il est aussi les représentations humaines différentes de l'espace. ([Ayral, 2001a](#)).

Di Méo donne une définition plus explicite et le présente le territoire comme le fait d'appropriation morale ou physique de l'espace. ([Di Méo, 1996](#)). Dans le même sens, Raffestin l'avance comme l'espace auquel les hommes attribuent un sens, ([Raffestin, 1981](#)), par leurs interventions. Il est un support pour ([Bonnemaison, 2001](#)).

La définition de Raffestin, 1981 illustre le territoire avec l'équation suivante : $T = A \ r \ E$, où : T : territoire ; A : acteurs du territoire ; E : l'espace physique ; r : les systèmes d'action. ([Raffestin, 1981](#)). Donc, la notion de territoire fait appel à l'existence d'un espace physique et des acteurs qui y agissent par des systèmes d'action. Les systèmes d'action peuvent être des actes sociaux, économique et politiques qui visent à gérer, organiser et vivre l'espace. Le système social est le système qui fixe les idées, les normes et les idéologies qui régissent le territoire. Le système politique apparaît comme régulateur des rapports sociaux, et fixe les décisions de gestion de l'espace. Le système économique concerne toutes les activités de production, de circulation et de distribution des services et des biens.

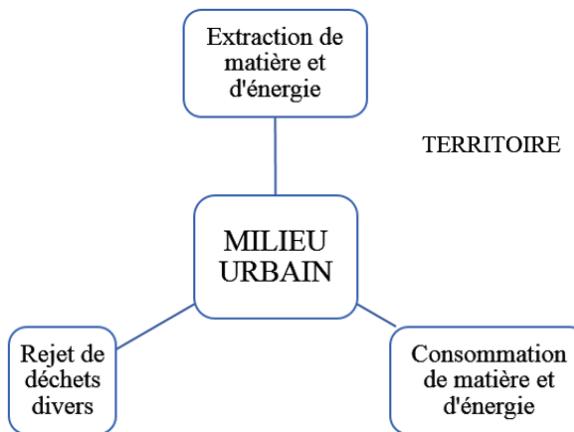
Schéma I.1.3 – Les systèmes d'un territoire



Source – D'après Di Méo et Buléon, 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 cheminement selon une logique : d'extraction, de consommation et de rejet. Ainsi, les territoires assurent trois fonctions : ils sont des lieux d'extraction de matières premières et d'énergies, de transformation et utilisation de ces matières et énergies, et des lieux récepteurs de déchets issus de ces matières et énergies.

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



Source – Auteure, 2023

L'urbanisation agit sur les territoires par l'artificialisation des espaces, la consommation excessive des matières premières ; peu ou non renouvelables ; animales, végétales, minérales et fossile, et par les rejets de matières extraites et utilisées, en déchets. Que ce soit en gardant la même forme ou bien en étant transformées d'une forme physico-chimique à une autre.

Ces actions urbaines sur le territoire se réalisent ; principalement ; par le phénomène de l'étalement urbain. Décrit par la terminologie de : ville éparpillée (Bauer et Roux, 1976 ; Nancy, 1999), périurbanisation (Newman et Kenworthy, 1998), ville étalée (Bochet et al., 2004), ville éclatée (Berger, 2004), ou encore, ville émiettée (Charmes, 2011), ...etc., il fait référence au dépassement de la ville de ses limites spatiales pour s'étendre sur les espaces fonciers limitrophes ou plus au moins proches, souvent des terres agricoles fertiles. C'est pourquoi il est défini par Huriot et Bourdeau-Lepage par « *la diffusion de l'urbain dans le rural* » (Huriot et Bourdeau-Lepage, 2009).

L'étalement est un des principaux phénomènes du 20^e siècle, qui trouve ses origines dans la ville industrielle. Il fut provoqué par les citadins qui fuyaient les désagréments de la ville industrielle, pour rechercher la nature et ses vertus. Un cercle vicieux s'installe ; donc ; 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 n'est pas qu'un étalement physique de la ville, mais aussi une augmentation des populations urbaines et une modification dans leur répartition sur les espaces. (Antoni, 2010). Quand une ville s'étale, les populations quittent le centre urbain pour s'installer dans les périphéries, et à l'extérieur du rayon initial de la ville. Le phénomène se lance par des interventions éparpillées dans l'espace, comme des résidences de campagne. Ensuite, des activités industrielles et des services sont délocalisés des centres villes vers les périphéries. (Mora, 2008). La densification de ces interventions s'ensuit avec le temps, pour une artificialisation poussée d'espaces naturels ou agricoles.

L'étalement urbain provoque des contrariétés sur la qualité du cadre de vie humaine et celle des éléments naturels comme les sols, les eaux, et la biodiversité. Il introduit d'autres embarras territoriaux comme la dégradation de l'environnement et le gaspillage des ressources naturelles, l'épuisement des réserves foncières, l'affaiblissement de l'agriculture par l'occupation de ses terres (Vanier, 2008). Il engendre le dénuement des espaces pour les préparer à l'urbanisation, par l'élimination des composantes végétales et des zones humides, par l'imperméabilisation des sols ou encore l'augmentation de la chaleur des espaces. Toujours sur le plan spatial, l'étalement conduit à la détérioration de la qualité esthétique des espaces lorsqu'il est anarchique. Ajouté à ça, l'étalement de la ville signifie des trajets plus longs, et donc, une plus grande consommation d'énergie (Newman et Kenworthy, 1998). Une énergie souvent fossile émettrice de gaz à effet de serre. Cette émission de gaz pollueurs est plus importante quand une ville est étalée. L'étalement est aussi un fait économique, où nombre d'entreprises s'installent dans des régions de campagne et attirent d'autres activités et

habitants. Par conséquent, des pollutions du sol, de l'aire et de l'eau, causées par l'accumulation des déchets solides, liquides et gazeux, dans les espaces urbains eux-mêmes et à leur extérieur. L'ampleur de ces effets, jugés négligeables à l'échelle du globe, sont visibles et problématiques à des échelles locales, (Gubry, 1996). Surtout, lorsque des terres agricoles fertiles sont dégradées. (IDEM).

Suite à cet état de fait, en tentatives de minimiser les effets de ce phénomène, plusieurs actions émergent, surtout dans les plus grandes villes. L'étalement suscite une opposition menée par des acteurs urbains (Potier, 2007), et des activistes écologiques. Des activistes environnementaux et écologistes, organisés dans des associations, cherchent à renverser les actions de l'étalement urbain par des actions qui ravivent la nature en ville. Plusieurs exemples en témoignent : les toitures et les murs végétalisés, les espaces verts et bleus, l'élevage et la production agricole ; urbains, l'émergence de théories de développement durable et d'économie circulaire, la protection de la biodiversité animale et végétale, ...etc.

Dans ce contexte, le rural ou la campagne n'est plus considérée comme un espace source de matières premières agricoles, mais comme un espace de qualité de vie. On passe alors de la « *campagne ressource* » à la « *campagne cadre de vie* » (Perrier-Cornet, 2001). De même pour la nature en générale, où une conscience de sa valeur se développe chez les spécialistes et chez les profanes.

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

Par la nature nous entendons, la totalité des espèces minérales, végétales et animales non transformées par l'Homme (Bourdeau-Lepage, 2019), la qualité environnementale, la préservation des sites naturels et des potentialités écologiques. (Sénécal, 1996).

Les processus urbains et ceux de la nature se côtoient de manière interdépendante et se heurtent lors d'interventions humaines sur les espaces (Hough, 1984). Les interactions entre eux vont dans deux sens : l'environnement intra-urbain et extra-urbain agissent sur l'urbanisation et l'urbanisation agit sur l'environnement proche et lointain.

L'influence de l'environnement sur l'urbain est confirmé par Matsuora et Kaplan (2008), lors d'une analyse de dizaines 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. (Matsuora et Kaplan, 2008). Que la nature soit à l'intérieur ou à l'extérieur de l'espace urbain. Elle influe sur les milieux urbains de multiples manières.

En premier lieu, beaucoup de villes sont créées grâce à leur localisation géographique ([Gubry, 1996](#)). C'est le site naturel qui influence l'implantation d'une ville ou les directions de son extension. Ensuite, la topographie du sol influe sur l'exposition de la ville aux risques naturels ; un terrain accidenté est souvent accompagné de glissements de terrains, et le terrain plat favorise les inondations. Sur le plan technique, l'environnement naturel impose aussi certaines règles de planification des villes et de construction des immeubles. 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 musulmanes 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...etc. L'adaptation des constructions aux tremblements de terre ou aux marées des littoraux, sont d'autres exemples significatifs...etc.

Ajouté à ça et de manière générale, la nature améliore l'esthétique et adoucie le climat de la ville. Elle remplit un rôle socio-économique par le développement des activités tertiaires et récréatives. Elle sert d'outil thérapeutique qui diminue le stress et l'anxiété et favorise la relaxation et la détente ([Schroeder et Lewis, 1991 ; Rubin et al., 2003](#)). A ce sujet, Ulrich (1984) soutient l'existence d'un lien étroit entre la durée de rétablissement d'un malade, et le fait qu'il dispose d'une vue sur la nature, lors de sa convalescence. ([Ulrich, 1984](#)). D'autres soulignent l'importance que les salles de classes aient accès sur la nature pour servir de solution aux troubles comportementaux d'hyperactivité chez les enfants. ([Kuo et Taylor, 2004](#)). Le tableau ([Tab.4](#)) suivant fait la synthèse des principales valeurs de la nature pour les humains.

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'ilot de chaleur urbain, protège la biodiversité et régule les eaux de pluies. Réduit les pollutions atmosphériques. Prévient 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 prévention 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	

(Suite

Par leur présence	Diminue l'effet de l'ilot 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

A l'inverse, les effets de l'urbanisation sur les espaces naturels (minéraux, biologiques), consistent à transformer en espaces urbains artificiels, des terres agricoles fertiles, des forêts et des zones humides riches en biodiversité. L'artificialisation se fait via des activités diverses, comme nous pouvons voir dans le tableau suivant (Tab.5). Ces activités peuvent avoir des répercussions négatives sur la nature, à cause des processus accélérés et innaturels employés dans leur accomplissement.

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).

(Suite

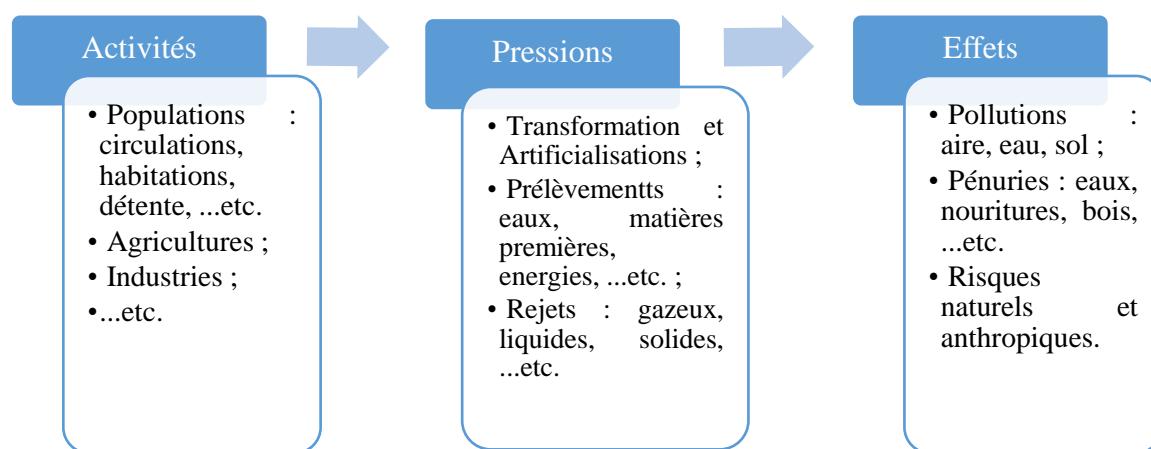
Activités récréatives :	Chasses autorisées ; parcs ; centres de villégiature ; véhicules tout terrain.
--------------------------------	--

Source – D'après SCOPE², 1974

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

Le schéma suivant ([Schéma.5](#)), définit le processus d'action de l'urbanisation sur l'environnement, comme on peut constater, les activités provoquent des pressions sur l'environnement qui, elles, engendrent des conséquences (effets).

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.

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

² Scientific Committee of Problems of the Environment

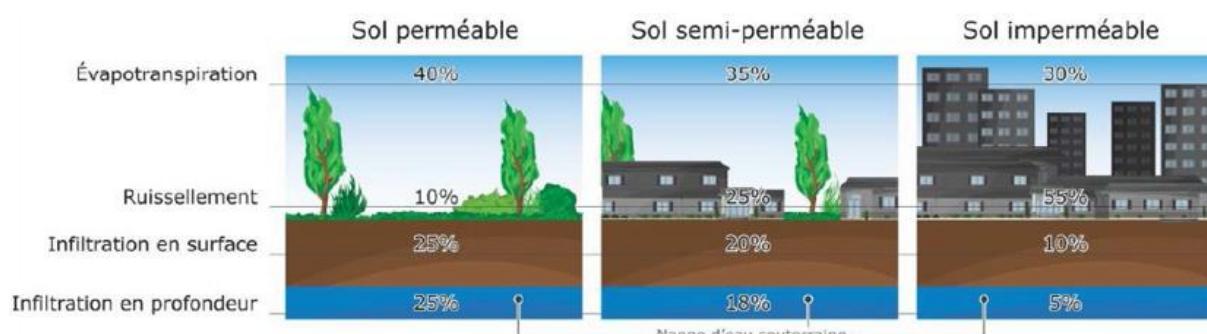
catastrophes naturelles telles que les inondations, les glissements de terrain, les pénuries d'eau, le réchauffement climatique et la pauvreté écologique.

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 Québec (1988). ([Québec, 1988](#)).

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'accentue avec les fortes précipitations, notamment dans les pays au climat humide.

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'accentue 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. ([FNE, 2012](#)).

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

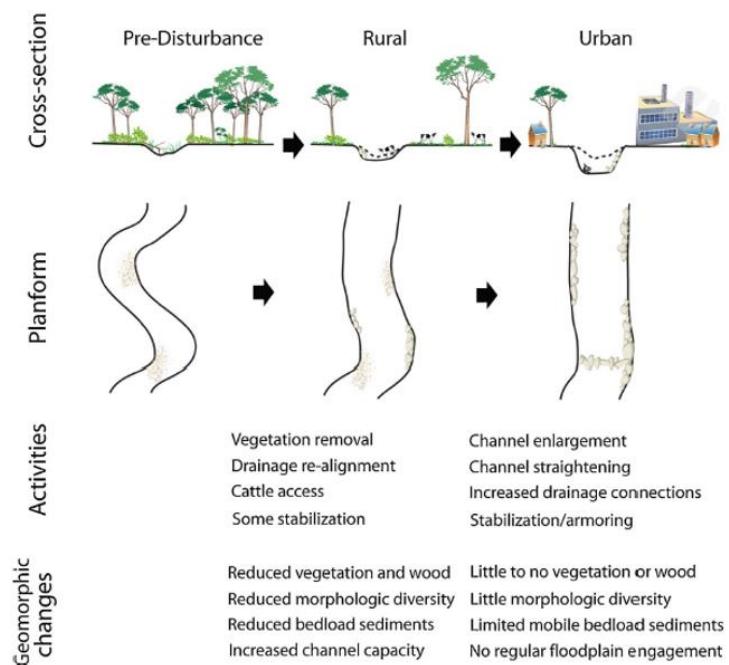


Source – D'après AGRCQ³, 2017, p. 158

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.

³ Association des Gestionnaires Régionaux des Cours d'eau du Québec

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



Source – D’après Vietz et al., 2016

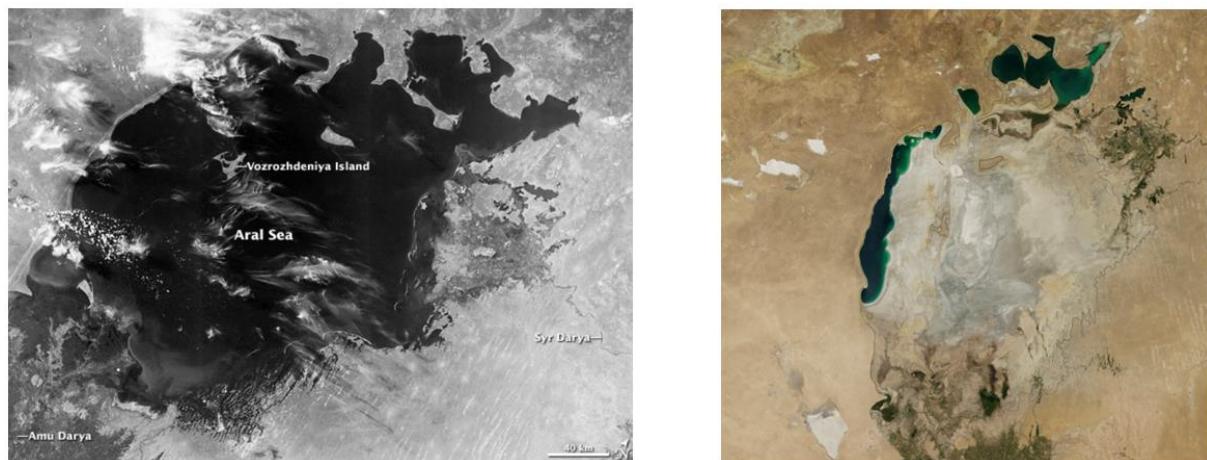
Le cycle naturel de l'eau est modifié par l'imperméabilisation et d'autres activités tels que le drainage, le dénudement du sol, et des éléments tampons (haies, berges, étangs, etc.). Sachant que la suppression ou toute modification apportée au système d'eau risque d'effacer la source d'eau ou de réduire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

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, selon ([CSQ, 2007](#)), alors que le rapport des nations unies ([ONU-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. ([Chacot, 2014](#)). Les zones humides touchées sont situées à l'intérieur ou à proximité des villes.

Figure I.1.3 – Images satellites 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>)⁴. 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.

L’effet d’ilot 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’ilot de chaleur urbain. La définition de l’effet de l’ilot 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.

⁴ Consulté le : 24/08/2022

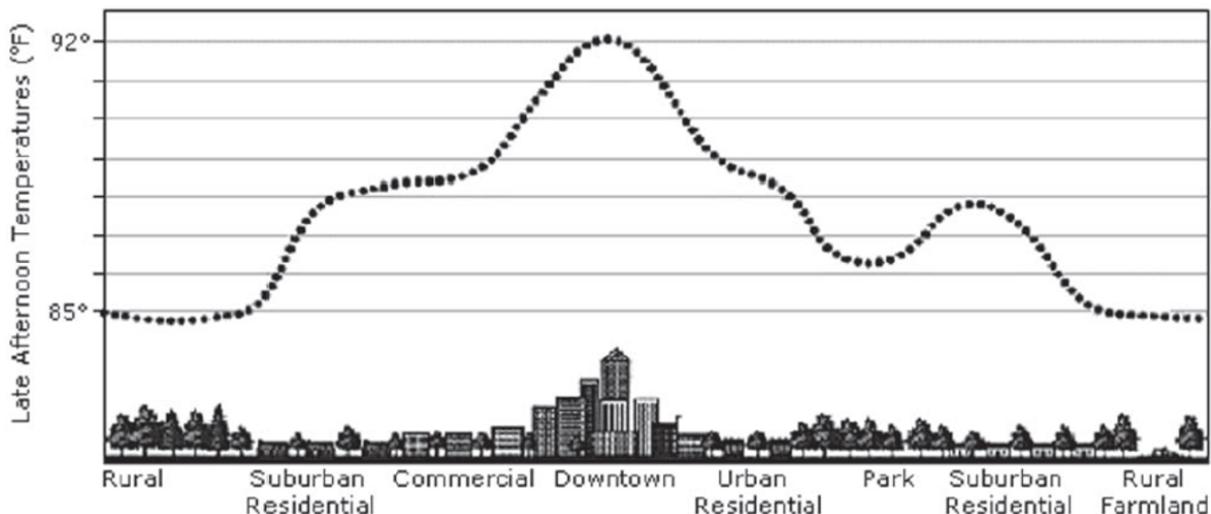
Les sols urbains sont constitués de matériaux dont les caractéristiques géothermiques sont différentes de celles des sols naturels. (Pickett et al., 2001). Ces matériaux synthétiques imperméables et dénudés, absorbent plus de radiations solaires et donc plus de chaleur. Dans l'absence de l'évapotranspiration 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 schéma suivant (Graphe.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.

Depuis le début de la révolution industrielle, les activités anthropiques sont une source de gaz comme : le dioxyde de carbone CO², le monoxyde de carbone, le méthane et le protoxyde d'azote. Selon l'AIE⁵ , 1998 ; le trafic mécanique constituait en 1998, un taux de (24 %) de la production du CO², 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 îlots de chaleur urbains. A cause de ces gaz, les températures enregistrées dans les zones urbaines sont toujours plus élevées qu'en dehors des villes. (Berry, 1990 ; Oke, 1995 ; 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 ; Gubry, 1996).

⁵ Association Internationale pour l'Environnement

Graphique I.1.2 – Effet d’ilot 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. ([Marzluff et al., 2008](#) ; [Adams et al., 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 évènements météorologiques extrêmes comme les vagues de 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.

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, 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, 2018](#)) et 70 tonnes de déchets sont générés chaque seconde et les chiffres montrent une tendance à la hausse. ([IDEM](#)).

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, etc., 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.

En plus des gaz à effets de serre, les activités urbaines produisent des matières chimiques dangereuses et polluantes ([Perugini et al., 2010](#)). Les métaux lourds issus de l'agriculture, de l'industrie et du trafic automobile, par exemple, contaminent les eaux et les sols. Leur effet aggravant, c'est la diffusion de la pollution à l'extérieur du périmètre urbain, et le transfert de ces derniers des sols et de l'air vers les organismes vivants dont les humains. Ainsi, ils deviennent source de risques sanitaires d'intoxication et de maladies.

D'autres risques naturels et environnementaux s'en suivent : les feux de forêt, les inondations, les glissements de terrains, les tsunamis, l'effondrement des glaciers polaires, les hausses des niveaux des mers et océans, l'apparition de nouveaux phénomènes météorologiques comme le brouillard grisâtre (le smog) et des pluies chargées de métaux. ...etc.

L’urbanisation est source d’autres types de pollutions. La pollution sonore, visuelle, ou olfactive, contaminent les milieux urbains et engendrent des dégradations dans la qualité de santé et dans la qualité vie des organismes vivants. La diffusion des communications à distance, a généralisé l’implantation des antennes à diffusion d’ondes électromagnétiques, dans l’ensemble du globe. A ce sujet, les scientifiques tirent l’alarme sur les dangers de la pollution par les rayons, source de risques sanitaires (Kostoff et al., 2019). Plusieurs types de pollution qui nuisent aux milieux naturels, aux systèmes écologiques, à la biodiversité et à la santé humaine. Toutes les pollutions suscitées, mixées avec l’artificialisation des espaces renvoient à deux conséquences : la modification et / ou l’appauvrissement, écologiques.

L’urbanisation s’accompagne toujours de l’appauvrissement de la biodiversité (McKinney, 2002 ; Fattorini, 2011 ; Carvajal-Castro et al., 2019). Toute fragmentation de l’espace naturel, conduit à la destruction de la continuité écologique des espèces (Djellouli et al., 2010), à l’isolement des habitats naturels, par la fragmentation de la continuité végétale, et à la diminution des sources de nourriture (Kenneth et al., 2005 ; Fattorini, 2011 ; Seress et Liker, 2015), par conséquent, l’appauvrissement de la biodiversité s’en suit.

D’après les spécialistes, dont McKinney (2002), la biodiversité animale et végétale diminue de la moitié dans les zones les plus urbanisées (McKinney, 2002). Les espaces sont aussi influencés du fait que les moyens et les choix de production sont adaptés à la demande en produits de consommation des villes. Ces espèces incapables de résister aux changements laissent la place à « *des espèces exotiques envahissantes* », qui ont réussi à survivre. (Ferland, 2015), ou à de nouvelles espèces plus adaptées aux modifications apportées au milieu. L’augmentation des températures des milieux urbains cause la mort des poissons dans les eaux, la dégradation des espaces végétaux, et la diminution des espaces fauniques terrestres. Les différentes pollutions sont aussi en cause de modifications génétiques de certaines espèces animales et végétales, et la disparition d’autres espèces.

La biodiversité et la nature en tant que des systèmes écologiques ne sont pas intégrés dans la planification urbaine ; au contraire ; ils sont négligés ou pire ; combattus, par des aménagements renforçant la place des espèces exotiques par rapport aux espèces autochtones et sauvages. Cet état de fait entraîne de nombreux disfonctionnements pour les milieux urbains. Il s’agit par exemple de l’augmentation des taux de dioxyde de carbone, comme un résultat du manque de son absorption, la diminution de la qualité de l’air, de l’eau et des terres, les dérèglements dans le climat local et global, qui entraînent des inondations et des érosions (Collins et al., 2000 ; Pickett et al., 2001).

Surtout, en périodes de crues, les eaux qui ruissellement ne passent pas toutes 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 s'altère, et la richesse faunique et floristique, principalement, celle qui s'épanouisse dans les cours d'eau, se détériore en quantité et 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 intensité ; être un simple bruit qui provient des machines de production, jusqu'au réchauffement climatique qui bouleverse tout le système environnemental planétaire, en passant par des pollutions aux produits chimiques, aux hydrocarbures ou aux gaz à effets de serre. Les pollutions d'origine agricoles ; quant à elle, sont aux pesticides utilisés comme fertilisants. Les pollutions urbaines sont des pollutions par les bruits, par les ondes, les perturbateurs endocriniens, les nanotechnologies ou par les déchets solides, liquides et gazeux générés par les activités urbaines.

Ces modifications anthropiques sur les milieux naturels, qui ne se limitaient pas au cycle de l'eau, mais touchent toutes les composantes de la nature pour atteindre une échelle planétaire ont interpellé les scientifiques en premier et ensuite les politiques et populations.

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 (ASE, 2010) 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, 2024

Les pollutions sont elles-mêmes réparties selon plusieurs aspects, que ce soit leurs origines (donc les activités qui les engendrent qui peuvent être : l'industrie, l'urbanisation,

l’agriculture), le milieu 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).

Conclusion du chapitre

Le processus d’urbanisation est d’importance vitale pour la modernisation et le développement des sociétés humaines. Il est en même temps, aux conséquences fatales contre la qualité de l’environnement et des espaces naturels. Là où l’urbanisation est maîtrisée ; certains de ses effets nuisibles peuvent disparaître et elle réussira à améliorer les conditions de vie des habitants, de l’environnement naturel et des territoires urbains. Autrement, ses effets sur les conditions de vie des habitants, sur la salubrité de l’environnement urbain et la qualité écologique de l’environnement naturel seraient graves.

Pour un équilibre entre la ville et la nature, une prise de conscience montante quant à l’écologie urbaine, à la valeur de la nature en ville, et aux effets de l’urbanisation sur la nature s’installe. Les choix se sont orientés vers l’intégration de la nature en ville. Une conscience qui stipule, que la solution est de construire avec la nature et non dans la nature ([Bailly et Bourdeau-Lepage, 2011](#)).

Suite à ça, la ville a tracé un chemin dans ses tentatives d’adaptation à son milieu. La « *qualité de l’environnement* » et « *l’écologie urbaine* », deviennent de critères fondamentaux dans la détermination de la qualité de la vie urbaine. Après l’écologie urbaine, d’autres notions voient le jour. Celle du « *développement durable* » tente d’instaurer un équilibre entre les développements économique et urbain et celui de la durabilité de l’environnement, ses matières et ses énergies. Surtout que l’avenir des villes ne concerne pas que la vie des citadins mais l’existence de la planète entière avec toutes ses composantes naturelles et anthropiques, et les générations présentes et futures dans tous les aspects de leurs vies. 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, dans les tentatives de l’urbain à s’adapter et à se réinventer, nous pouvons constater la négligence de l’élément hydraulique dans les théories et approches d’urbanisation. L’hydrologie urbaine est souvent intégrée avec le reste des composants urbains et ne reçoit pas d’intérêt particulier. Ceci, malgré l’intérêt de cette ressource et les effets importants qu’elle a subie au cours de l’histoire urbaine.

PARTIE I.

CHAPITRE 2.

La place emblématique des cours d'eau dans le milieu urbain : de la cohabitation, au renie, aux tentatives de réconciliation

« 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 des décennies, les rivières urbaines sont au cœur des études entamées par de nombreux spécialistes issus de différentes disciplines. Dans ce sillage, nous allons nous intéresser par ce présent chapitre, au même sujet. Nous allons faire l'inventaire des informations sur les cours d'eau en général et ceux des milieux urbains en particulier. Ces connaissances nous permettront de connaître l'état actuel des cours d'eau urbains, et la valeur qui leur est attribuée en ville.

Le chapitre est composé de trois principales parties. En premier lieu, nous allons définir des concepts clés en rapport avec les cours d'eau à l'état naturel. La deuxième partie va traiter de la position des cours d'eau urbains, et de comment les interventions humaines les ont influencés. Grâce à l'approche géo historique, nous allons mettre la lumière sur l'évolution diachronique des interactions entre cours d'eau et urbanisation. Par ce chapitre nous aurons réussi à traiter les cours d'eau urbains de manière globale et intégrée. Nous prenons en compte, les différentes visions des cours d'eau. Ils sont des sources d'eau douces, et celles d'inondations aussi. Une richesse écologique et un moyen de transmission des maladies à transmission hydriques. Des espaces de récréation de valeur paysagiste pour la ville, et une barrière pour la planification urbaine. Dans la troisième partie, nous allons traiter le même point que dans la partie précédente, mais en se concentrant sur les cours d'eau dans les pays en développement.

I.

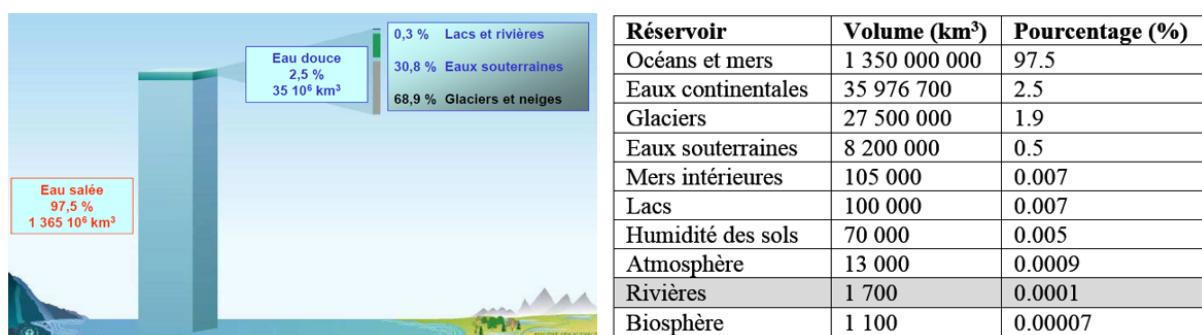
ASPECT CONCEPTUEL ET THEORIQUE DES COURS D'EAU

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

Pour le petit Larousse illustré, 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, 2010). Pour 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). Ils sont en eaux douces, et localisés 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 des eaux de la planète. (Fig.1).

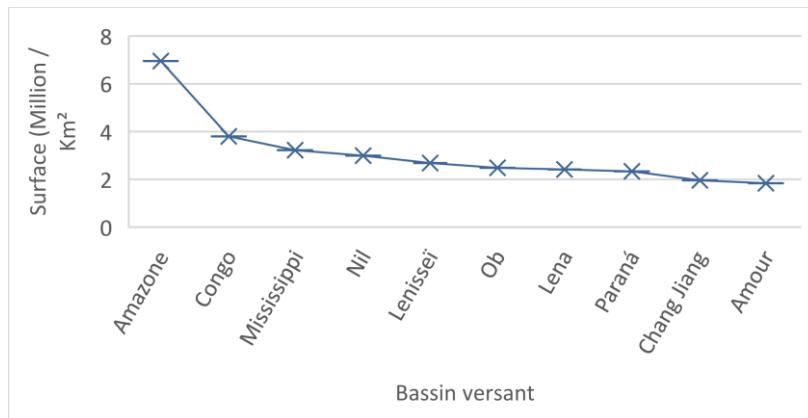
Figure I.2.1 – La part des cours d'eau terrestres dans la répartition des eaux sur la planète



Source – D'après Moilleron, 2017

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 la fondation des établissements humains, depuis la nuit des temps et bien avant que la notion de ville ne soit inventée. La distribution des principaux cours d'eau continentaux de la planète est comme indiqué dans le graphe suivant. (Graphe.1).

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



Source – D'après Berthmont, 2002

La quantité de l'eau sur terre est constante depuis l'apparition de cette dernière ([CFSI, 2018](#)). Ce qui change est la répartition du liquide entre les continents et régions du monde ([IDEM](#)). Quant à sa qualité, elle peut se trouver altérée du fait des interventions humaines, par la salinisation ou les pollutions diverses qui touchent principalement aux 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, à savoir : le contenant et le contenu. Le biotope comprend l'eau, le lit, les berges, et la biocénose : la faune (poissons, micro-organismes, ...) et la flore (ripisylve, ...). La biocénose constitue la partie biologique du cours d'eau et entretient des relations avec la partie biotope. L'eau du cours d'eau offre le breuvage et la vie pour la faune et la flore aquatiques, semi aquatiques et même terrestres. En échange, une végétation en bon état et en abondance contribue à la qualité du milieu par la protection des habitats aquatiques, la régulation de la température de l'eau ([AGRCQ, 2017](#)), la protection des berges de l'érosion, ... etc.

Les cours d'eau sont des écosystèmes constitués de plusieurs sous-écosystèmes aquatiques liés les uns aux autres par les échanges de matières, d'énergie ([Villeneuve, 2016](#)). Ce système est composé de :

I.2.1. La morphologie du cours d'eau

La morphologie correspond aux caractéristiques physiques (la forme du lit, les granulats du fond, la nature des berges, ...) dans le cours d'eau. ([FNE, 2012](#)). Elle est régie par la géologie

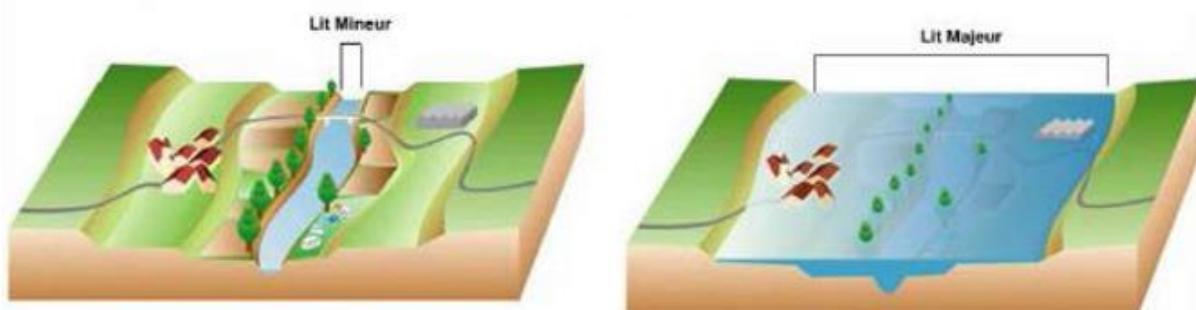
et l'hydrologie de celui-ci ([AGRCQ, 2017](#)). La qualité morphologique d'un cours d'eau est mesurée par l'état de ses composantes physiques : les lits mineur et majeur, la ripisylve et les berges, les caractéristiques physiques des eaux (la vitesse d'écoulement, la turbulence, ...), et la continuité écologique ([FNE, 2012](#)).

La qualité morphologique qui est influencée par le système hydrologique (le débit) 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 débit des eaux nécessaires au développement des espèces fauniques et floristiques.

Les éléments d'un cours d'eau selon lesquels ses caractéristiques morphologiques sont désignées sont : la taille (longueur, largeur, sinuosité) ; la berge ; la topographie du site ; la pente ; la vitesse du courant ; la profondeur ; la granulométrie des matériaux du fond.

Il est composé de différentes couches de lits : le lit mineur, majeur et certains distinguent le lit moyen situé entre le premier et le second. 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 ([Merabet, 2006](#)). Le lit moyen se forme de part et d'autre du lit mineur, il renferme la ripisylve de la rivière et peut s'étendre sur des dizaines ou des centaines de mètres ([IDEM](#)). Quant au lit majeur, il représente les surfaces submergées par les crues exceptionnelles ([IDEM](#)).

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



Source – Biron et al., 2013

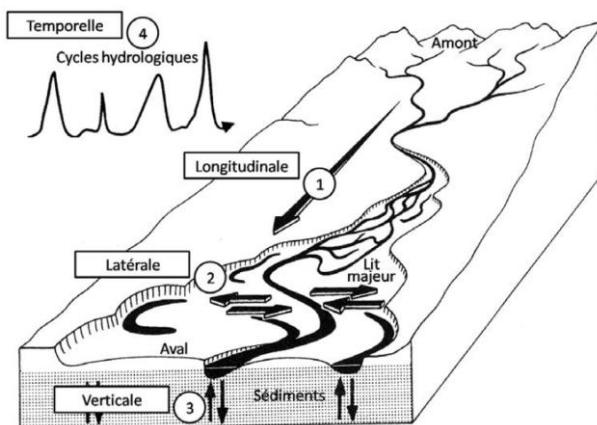
Ces lits sont séparés par la berge, qui est l'espace de séparation des lits mineur et majeur, et la rive ; un espace semi-aquatique ; qui relie les milieux terrestre et aquatique.

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

Les composants hydrauliques d'un cours d'eau sont : le channel principal, les bras morts, les lacs ou marais, qu'ils soient sur la surface ou souterrains, naturels ou anthropisés par des interventions humaines (Villeneuve, 2016). L'hydrosystème est influencé par les périodes de crues et les types d'écoulements (la pente), la géomorphologie, l'exposition au soleil, la température (Richardson et Moore, 2009).

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 rivulaire



Source – D'après Villeneuve, 2016

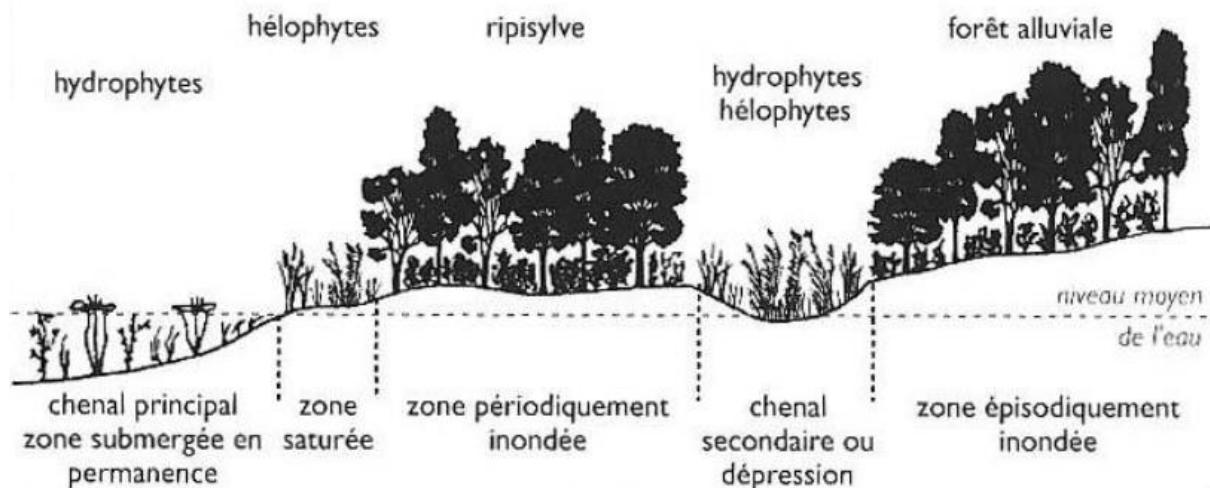
Les cours d'eau sont en premier lieu, le résultat des précipitations. Mais ils se chargent à partir de sources souterraines ou de surface. Comme la montée des eaux des nappes souterraines, les fontes des neiges et des glaciers.

I.2.3. La biologie du cours d'eau

La biologie d'un cours d'eau se compose de deux catégories : 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, sont des

indicateurs de la composition biologique d'un cours d'eau. ([FNE, 2012](#)). Ces composantes biologiques fauniques et floristiques comme la faune invertébrée, les poissons, la macro-flore, la ripisylve...etc. ([GRAIE, 1999](#)) sont utilisés comme indicateurs de la qualité du cours d'eau.

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



Source – Barnaud et Fustec, 2007

Les caractéristiques écologiques d'un système de cours d'eau regroupent toutes les caractéristiques morphologique, hydrologique et biologique, précédentes, en plus de la qualité physico-chimique des eaux. ([SDAGE, 2016](#)).

II.

VILLES ET RIVIERES : DU RENIE A LA PRISE DE CONSCIENCE

La place des cours d'eau en villes a connu trois étapes principales : avant l'ère industrielle, l'ère industrielle, l'ère poste industrielle et l'ère contemporaine.

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

Les ressources en eau constituent l'élément de base dans la fondation de certaines villes. Plusieurs grandes villes et civilisations ont vu le jour à proximité des cours d'eau et doivent leur existence et développement à ceux-ci. Depuis les premières villes : mésopotamiennes, égyptiennes, chinoises, indiennes, ont toutes la localisation au bord des fleuves du Euphrate et Tigré, Nil, Huang He, Indus, comme un point commun. Cet attrait humain pour les cours d'eau n'a rien d'un fruit du hasard. Les cours d'eau accomplissent des fonctions dont :

En premier lieu : le fleuve est source de vie, puisqu'il est la source d'eau potable et de pêche, d'irrigation et d'activités ménagères les plus accessibles à l'homme. C'est pour ça que s'installer à proximité des eaux a toujours attiré les différents peuples, bien avant que la notion de ville ou cité ne fasse son apparition.

Les faveurs de l'eau qui transforme les petits villages en grandes villes grâce aux terres fertiles à proximité des eaux, qui donnent lieu à l'abondance alimentaire, sont mixés à la peur de l'eau. 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. A l'inverse, l'image de la rivière est toujours attachée à celle de la force destructrice 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 antique de l'humanité est basé sur le « *Déluge* », qui cause le périple de l'humanité entière, ou encore sur l'engloutissement de l'Atlantide par les eaux. Les Hommes avaient peurs de la rivière au point de lui faire des offrandes humaines pour implorer son calme. Dans la mythologie sumérienne, égyptienne, grec, chinoise, japonaise, indou, les fleuves s'identifiaient par des divinités contrôleuses des eaux et créatrices avec l'eau.

Cette situation donne naissance à la vocation morale, sentimentale, culturelle et spirituelle du fleuve. L'eau devient pratiquement sacrée dans toutes les religions et cultures, de l'antiquité, du moyen-âge. Si les divinités liées à l'eau ont disparu dans de nombreuses cultures et croyances, le fleuve reste un lieu sacré de purification de l'âme, de renaissance et de suppression des péchés. Certains fleuves sont des lieux sacrés de pèlerinage et de purification (le Gange en inde), d'autres sont indispensables pour le passage d'un état d'impureté à un état de pureté (doctrine chrétienne), la pratique du culte musulman nécessite la purification du corps par l'eau...etc.

La caractéristique des fleuves qui sont des chemins traversant les territoires sur de longues distances, et encourageant la communication et les échanges ([Locatelli, 2014](#)), donne lieu à la valeur économique de ceux-ci. Le bord de l'eau favorise les échanges commerciaux car il facilite le transport qui s'effectue par voie fluviale. Depuis les civilisations les plus reculées, les fleuves ont souvent été dotés de ports qui servirent au transport des marchandises et des personnes. Jusqu'à lors, l'eau source de vie, d'activité économique, de transport, et de pratique de foi, fut toujours placée à l'extérieur des établissements humains vu le sentiment d'inquiétude qu'elle procurait. 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 et Sajaloli, 2012](#)).

Cette caractéristique d'incontrôlabilité chez les cours d'eau, et le sentiment de peur qu'ils procuraient, a fait qu'ils ont incité les Hommes à l'utiliser comme moyen de défense contre les agressions venantes de l'extérieur de la cité qui s'abattent sur cette dernière et sur ces habitants. C'est la cité médiévale qui intègre l'eau dans son enceinte ([Dournel et Sajaloli, 2012](#)), comme un moyen de sécuriser la ville. A l'époque médiévale, les murs d'enceinte des cités étaient entourés d'eaux stagnantes, qui faisait office d'obstacle naturel qui protège la cité. D'où : la valeur défensive attribuée à la rivière.

A partir du 12^e siècle, l'eau s'acquiert sa valeur énergétique ([Dournel et Sajaloli, 2012](#)), pour la production d'énergie. Les inventions techniques à travers le temps, ont encore changé les rapports entre cours d'eau et milieux urbains. Dans la quête humaine de l'exploitation de la nature, des inventions comme des moulins à eau, ont fait leur apparition. Ces objets qui ont pour but de faciliter la vie des citadins, ont apporté des modifications sur le cours naturel des 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 inondations.

Ceci modifie 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'apparition de l'industrie en Europe de l'ouest fut une mutation dans l'évolution du phénomène d'urbanisation et de ces liens aux cours d'eau. Après l'arrivée du moteur à vapeur, la ville est devenue plus importante en surface occupée et en nombre de populations hébergées. A cette époque de mutation socio-économique dans l'histoire de l'humanité, les villes industrielles sont devenues synonyme d'encombrement humain et de dégradation des conditions de vie (principalement sanitaires), dues à l'évolution rapide et anarchique de la ville. Ceci avait des retombées sur la qualité de vie, sur la perception des cours d'eau et à la vocation fonctionnelle qui leur ait été attribué au sein de l'espace urbain.

II.2.1. Le mouvement hygiéniste anti eau

Chaque étape de l'évolution de la ville avait une influence sur l'espace fluviale. La période industrielle reste celle qui a le plus impacté négativement ces milieux. Ce qui a le plus marqué les cours d'eau à cette époque, c'était l'implantation d'unités industrielles sur leurs abords. Le choix de ces endroits motivé par le besoin en eaux par ces industries, a engendré des conséquences désastreuses jamais ressenties jusqu'à lors. Ajouté à l'extraction des eaux, des pollutions multiples provoquées par les rejets (liquides, solides, visqueux, et gazeux) des déchets des usines ont altéré les rivières de façon parfois irréversible.

Si la locomotive de la ville industrielle fut son activité industrielle justement, qui a débuté par l'invention du moteur à vapeur, comme suscité. Cette invention a révolutionné le transport fluvial le rendant plus rapide et moins couteux ([Le, 2016](#)). Si en interne, le transport fluvial se fait concurrencer et dépasser par le transport ferroviaire grâce à l'invention du chemin de fer, les fleuves des villes européennes et occidentales sont devenus des centres du monde en matière de transport extérieur. Les activités accomplies par les ports fluviaux de ces villes ont permis l'enrichissement rapide de celles-ci et leur ouverture sur le reste du monde.

A travers les temps, le transport par voie de la rivière est une des principales activités à avoir agi sur les cours d'eau, de manière ininterrompue ([Pelletier, 1990](#)). Néanmoins, la valeur économique des cours d'eau de l'époque industrielle, s'étendent au-delà du transport. L'installation des unités industrielles fut toujours à proximité et sur les abords des rivières. Ceci donne lieu à la pollution de ces derniers. La pollution par l'industrie et par les bateaux de transport fut la principale image des cours d'eau de l'époque industrielle. Il est à signaler qu'à cette époque, les ports de transport et de commerce, et les unités industrielles n'ont été plus situés à l'extérieur des villes, et font partie intégrante du tissu urbain ([Pelletier, 1990](#)).

Les pollutions diverses provoquées par les rejets domestiques, industriels et les digestions humaines et animales ont des répercussions sur la qualité de vie dans les quartiers populaires des villes industrielles. Très vite, un problème d'ordre sanitaire s'ensuit et les eaux se trouvent pointées du doigt. Avec le contact de l'eau, les contaminants altèrent sa qualité et la rendent pathogène, et par conséquent, elle devient dangereuse et inapte à remplir ses activités initiales comme le breuvage, l'irrigation, la pêche, la baignade ajoutés aux fonctions paysagistes et esthétiques 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

Par l'apparition des maladies à transmission hydrique dans les villes de l'époque, l'eau est devenue la composante principale de la notion du risque hydrologique, alors, qu'auparavant, elle n'était qu'un facteur du risque, parmi tant d'autres (Deutsch et Gautheron, 2013). La présence de l'eau est devenue de plus en plus mal vue, une situation à problème et synonyme de danger, qu'il faut résoudre, en procédant à faire disparaître l'eau en ville. 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 canaux, d'où l'apparition d'un nouveau système d'assainissement. Suite à ça, la ville prend une nouvelle notion de « *la ville système* » (Deutsch et Gautheron, 2013), qui 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.

Par ce mouvement, les cours d'eau acquièrent leur principale valeur de cette époque. C'est celle du cours d'eau égout. Le nouveau réseau d'assainissement qui draine toutes les eaux usées et pluviales de la ville est raccordé aux cours d'eau voisins. Ceci a ouvert la porte sur d'autres problèmes et risques qui n'existaient pas avant. Des anomalies qui se généralisent et se persistent jusqu'à notre ère, dans certaines régions du monde.

De l'autre côté, les cours d'eau ont vite été mis sous ligne de mire par crainte des inondations et crues qu'ils pouvaient provoquer. Les dégâts des inondations ne se limitent pas aux dégâts physiques et économiques qui se produisent juste après le passage de l'aléa, mais vont au-delà pour provoquer la pollution des milieux hydrauliques pendant de longues périodes. Cette pollution qui s'abat sur la qualité de vie humaine, car elle limite l'accès à certaines activités comme la baignade, la pêche, ...et pire que ça, dans le cas où l'eau potable soit contaminée.

De même que pour le risque sanitaire, la notion d'inondations qui été considérée comme conséquence de plusieurs facteurs avant l'ère industrielle, prend un sens extrême et devient synonyme de la simple présence des eaux, dans la ville industrielle. Cette réflexion donne lieu à des dispositions radicales qui ont procédé à l'élimination de la présence de l'eau dans les établissements urbanisés, par des interventions physiques. Interventions générées par des techniques de génie civil, comme la construction des ouvrages d'art : digues, seuils, barrages, ouvrages divers de rétention des eaux ([CEPRI, 2015](#)). Sans oublier la couverture complète des cours d'eau qui été souvent utilisée dans les milieux urbains. Dans ce sens, seuls les plus grands fleuves ont pu résister et continuent à couler dans les villes.

Le modernisme et la ville tout au béton : le modernisme bannit les 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 globale de la planification urbaine ([Douay, 2008](#)). Par son initiative, sont issues des modifications hydromorphologiques sur les cours d'eau urbains. Ils ont été aménagés en rues et parkings, ou bien encombrés avec des ouvrages hydrauliques tel que les barrages et les ponts. Ces aménagements avaient pour objectifs de faciliter l'activité

industrielle et le transport, mais si elles avaient des répercussions positives sur le plan socio-économique, nous ne pouvons pas dire autant sur les plans, environnemental et de 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 (Malavoi et Adam, 2007). 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 (Ministère de l'Environnement et de la Faune, 1995). 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 disfonctionnements 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, ... etc. (Malavoi et Adam, 2007).
La rectification	Elle consiste en la suppression des sinuosités du cours d'eau pour le rendre rectiligne (FNE, 2012), 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 (Malavoi et Adam, 2007).
L'enrochement	Pose de roches sur la berge du cours d'eau pour prévenir son érosion. Des blocs de granite posés ou enfouis sur les berges (FNE, 2012). 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 (FNE, 2012). Ces conséquences sont très graves et touchent à l'ensemble des caractéristiques (physique, écologique, hydrologique, ...etc.) 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, ...etc. (Malavoi et Adam, 2007).

(Suite

L'implantation des étangs	Une intervention réalisée généralement dans un but halieutique (Malavoi et Adam, 2007), 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. (Malavoi et Adam, 2007). 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, ...etc.). 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 (FNE, 2012). 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, ...etc.). Leurs effets diffèrent selon le type de l'ouvrage et la nature du besoin à tirer (FNE, 2012). 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...etc.
Interventions d'extraction	
Le prélevement 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, ...etc. (Malavoi et Adam, 2007). Et 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 interventions suscitées, ont donné lieu à une artificialisation intense des plans d'eau urbains. Les deux tiers des cours d'eau de Londres ont été enfouis sous le béton, il en est de (82 %) dans la ville de Montréal ([Mahaut, 2016](#)). Ces actions d'artificialisation modifient la morphologie des lits, et des berges et la biologie de la faune et la flore. Elle peut faire disparaître les cours d'eau avec le temps.

Faire disparaître le cours d'eau urbain fut banalisée, principalement pour les petits cours d'eau faciles à enterrer sous le béton. Cette action reste la plus radicale imposée aux cours d'eau urbains, où seuls les plus grands fleuves ont pu résister. Les cours d'eau urbains sont entièrement enterrés sous des blocs de bétons qui abritent des routes, des parkings, des parcs et

jardins, voir des constructions par fois. Ils sont assimilés au réseau d'assainissement et ne remplissent plus aucune fonction.

Vue le caractère destructeur de ces interventions démontré par la disparition des cours d'eau ou la dégradation de leurs écosystèmes, la conscience collective et individuelle pour la protection des cours d'eau se trouve de plus en plus de terrain chez les intéressés. Malheureusement, la nécessaire place de l'eau dans la vie quotidienne et dans le développement économique retarde le passage à des interventions plus protectrices des cours d'eau.

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

Le post-industriel est un adjectif définit 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, 2010](#)).

Les transformations sur les aménagements des rives des cours d'eau ont connu trois principales voies :

En premier lieu, les berges ont été transformées et aménagées pour servir de lieux de plaisir et de tourisme. Les installations de l'époque précédentes sont délocalisées pour être remplacées par des voies de promenades paysagées, garnies de plantations d'arbres et de massifs fleuris. Ce sont des couloirs verts qui juxtaposent des couloirs bleus. Pour servir de lieu de plaisir, des mobiliers urbains destinés à la détente sont installés : les bancs, les terrasses, les ombrelles, ...etc. Ensuite, les travaux sont complétés par la dépollution des eaux pour la préparer à la baignade.

Les pollutions des eaux sont nettoyées, les quais désinfectés, pour effacer toute traces de l'époque industrielle et de ses impacts. Les berges des cours d'eau servent désormais comme parcours de promenade et de détente. En 1990, Pelletier rapporte que tous les cours d'eau dans les villes occidentales ont subi une ou plusieurs actions urbanistiques, qui visent la modification des usages attribués aux rives ([Pelletier, 1990](#)). Par exemple des travaux de dépollution des eaux ont eu lieu et les cours d'eau sont rendus à la baignade ([Pelletier, 1990](#)).

La vie à proximité des cours d'eau urbains s'avance comme un luxe qui n'attire que les hautes sociétés et les hommes d'affaires. La nouvelle valeur économique des cours d'eau qui se concrétise par la transformation des fleuves en *water front* est née. L'aménagement des berges

en parcs et espaces de loisir bleus et verts, complétés par des habitations et hôtels de haut standing devient la nouvelle mode d'urbanisation des abords des cours d'eau urbains. Cette pratique qui commence dans le monde occidental se diffuse dans le monde entier.

C'est aux USA que les premiers travaux de ce sens ont eu lieu. Le premier site réaménagé en Waterfront fut le port de Boston sur la *Charles River*, dans les années 1960. Aux USA, les reconversions se font par la réhabilitation des bâtiments déjà existants, mais avec une conversion des activités, d'industrielles et portuaires, vers le tourisme et la plaisance. Les aménagements affichent du caractère esthétique et paysager avec des espaces submersibles, destinés à la récréation, comme les parcours de promenade, les théâtres en plein air, les golfs et terrains de jeux. A titre d'exemple : la ville d'Ohio est née de ces interventions sur les cours d'eau. Ce lieu était 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. L'*Indian Band* à Scottsdale, et à partir de la deuxième moitié du 20^e siècle, les rives de la rivière du même nom, sont aménagées en parcours de promenades verdoyantes, en bureaux et petites industries de hautes technologies, en habitats sociaux ou de logements haut de gamme, en restaurants et centres commerciaux, et en hôtels affiliés aux plus grandes chaînes du monde.

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

Le mouvement se propage dans le monde et atteigne le royaume uni, l'Europe, l'Australie et la Nouvelle-Zélande, et plus tard les pays asiatiques, dont ceux émergents, comme la chine. En commentant l'altitude de la water front, Prelorenzo, parle d'une « *ville bleue* » qui remplace la ville verte des CIAM ([Prelorenzo, 1995](#)). L'expression de la « *ville bleue* », se popularise de plus en plus chez 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 certains pays, se sont développés des bateaux logements aux bords des rivières, ou encore des restaurants flottants. Le transport de marchandise laisse la place au transport touristique et de plaisance. Les ports fluviaux industriels et de commerce, sont remplacés par les quais où des yachts stationnent.

Le tourisme de plaisance remplace le commerce du transport fluvial. Les ports commerciaux ont déserté la ville pour laisser place aux ports touristiques. Ces actions sont le meilleur moyen de remplacer les gains financiers rendus indisponibles par la délocalisation des activités commerciales. De l'autre côté, ils permettent de garder une dynamique socio-économique dans les centres villes et empêchent ainsi la désertification de ces derniers.

Les unités industrielles délocalisées et à leur place poussent des terrasses et des façades d'hôtels étoilés. Des activités de conversion de port ou de création d'autres ports ont eu lieu. La ville de Londres a connu de grands travaux dans ce sens ([Pelletier, 1990](#)).

En troisième lieu, les détournements des usages des cours d'eau urbains s'amplifient par la transformation des rives en routes et autoroutes. Cet usage permet à la fois de trouver des solutions pour les déplacements mécaniques, de régler les congestions qui peuvent avoir lieu en villes, mais encore de minimiser les effets des inondations qui ne peuvent atteindre que les routes. Sachant que ces dernières sont parfois aménagées en dessus du niveau des berges pour éviter les inondations, et que d'autre part, elles peuvent être fermées en cas d'aléa. A ce sujet, des villes comme Londres, Paris ou Valence connaissent un fleurissement des voies « *sur-berges* » ([Pelletier, 1990](#)).

Ces choix d'interventions urbaines sur les cours d'eau et de leurs exploitations ont encore suscité des critiques. L'iconographie suivante ([Photo.3](#)), paru dans un quotidien canadien témoigne d'un nouveau malaise senti par les citadins 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 Toronto Star, 1988

A partir de là, d'autres actions et théories pour les rapports avec les cours d'eau en villes font leur apparition. C'est ce que nous allons voir dans ce qui suit.

Grace à cette nouvelle image que gagne le cours d'eau, chez les scientifiques et les profanes, des théories se sont renforcées pour tenter de sauver les systèmes des cours d'eau. Parmi les propositions de solutions, il y'a des théories qui ont fait changer la perception vis-à-vis des cours d'eau et des eaux en général dans les milieux urbains, les plus exposés aux effets des interventions anthropiques.

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

Ce terme formé de deux mots grecs « *Kainos* – nouveau » et « *anthropos* - être humain », est popularisé avec [Crutzen et Stoermer \(2000\)](#). L'Homme est ainsi devenu un « *homo urbanus* » ([Rifkin, 2000](#)). Cette ère est caractérisée par la généralisation de l'urbanisation où plus de la moitié de la population humaine est devenue citadine. Les effets de l'urbanisation se sont généralisés aussi pour faire objet de nombreux disfonctionnements. En même temps, une prise de conscience de ces effets dévastateurs tente de les réduire.

Les effets anthropiques sur les eaux douces l'ont montré plus précieuse et valseureuse que jamais. Elle est devenue l'une des principales (si ce n'est la principale) préoccupation de cette

époque, à cause de sa rareté et la dégradation de sa qualité. Après les problèmes environnementaux apparus et qui affectaient les humains (Nedelcu et al., 2007). Au début du 3^e millénaire, les pensées sur les effets des activités humaines sur l'environnement dépassent les cercles scientifiques et s'étendent vers les décideurs politiques et les masses populaires (Bourdeau-Lepage, 2019). Cette prise de conscience influe sur l'image des cours d'eau urbains, qui acquièrent plusieurs valeurs. A l'époque anthropocène, Le rôle principal des cours d'eau mis en valeur dorénavant est le côté environnemental et les fonctions que le cours d'eau peut accomplir dans ce domaine.

Parce que confronté au mode de vie malsain de la ville moderne, l'Homme devient vite un « *homo qualitus* » (Bourdeau-Lepage et Vidal, 2013), 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 fait que les eaux deviennent un outil d'évaluation de la qualité de vie dans les villes (Le, 2016). Depuis, elle a acquis sa valeur écologique, de lutte contre l'appauvrissement de la biodiversité De lutte contre les changements climatiques, le réchauffement de la planète et des micros climats urbains. De capacités thérapeutiques pour améliorer la santé contre les maladies morales et physiques (le stress, la fatigue mentale, les dépressions, ...etc.), et d'aptitudes esthétiques et paysagistes qui réduisent la monotonie des paysages urbaines.

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. Ils sont des lieux de loisir, d'activités récréatives et d'intérêt socio-économique. Ils régulent le microclimat de la ville en diminuant les températures dans son enceinte.

Le cours d'eau est considéré comme 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, 2017).

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 suivant, [Maughan \(2014\)](#), exposé par l'intermédiaire de la comparaison, les services rendus par les cours à l'état naturel ou restaurés et ceux dont l'état est artificialisé.

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 chenalés	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 image réinventée des eaux urbaines immerge d'un nouveau paradigme de traitement vis-à-vis des cours d'eau. Deux éléments définissent ce paradigme comme nous allons voir dans ce qui suit. Il s'agit en premier lieu d'interventions touchant directement aux cours d'eau et visant à rétablir ou améliorer leur qualité en ville. En deuxième lieu, ce sont des interventions touchantes aux différentes composantes anthropiques et naturelles de la ville, mais dont des répercussions positives peuvent tomber sur la place des cours d'eau en milieu urbain.

Les mesures anti-cours d'eau en ville, prises à partir du 19^e siècle, jusqu'à la deuxième moitié du 20^e siècle, sont remplacées par des mesures opposées qui ont consisté à l'ouverture des canaux de cours d'eau enterrés, à la renaturation des berges artificialisées, et au démantèlement des ouvrages qui empêchaient la continuité biologique comme les barrages. Ajouté à la gestion plus naturelle et durable des eaux de ruissellements par le renforcement des surfaces perméables en ville, et d'apparition de techniques économiques et sociales de gestion, dans le but de protéger les milieux naturels, et les cours d'eau à la fois de la disparition, de la pollution et de l'excès des eaux qui provoquent de plus en plus des débordements et des crues.

Si toutes les interventions sur les cours d'eau urbains avaient pour fondement, la recherche de sécurité pour les citadins et leurs établissements, pendant une période de temps qui va au-delà de 150 ans, les nouvelles interventions qui vont à l'opposé des premières et qui consistent à la naturalisation des cours d'eau et la préservation de leur qualité et quantité, après les problèmes environnementaux apparus et qui représentent de vrais dangers pour les humains ([Nedelcu et al., 2007](#)).

La nature en ville, qu'elle soit pensée dans sa globalité (les espaces verts aménagés comme les squares et parcs), ou en détail (les éléments de la nature en ville, à savoir : l'eau, l'air, la verdure, l'ensoleillement), est une idée qui fait convaincre de plus en plus qu'elle est la solution à tous les maux des villes d'aujourd'hui ([Emelianoff, 2015](#)). Les orientations, politiques, scientifiques, et de gestion de sociales, se sont rassemblées autour de la volonté de maintenir et de créer des espaces naturels verts et bleus dans les milieux urbains.

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

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

Elle peut être définie comme un transfert des méthodes des sciences naturelles vers les sciences sociales, et considérer la ville comme un mécanisme à étudier par la méthode d'observation et de mesure ([Senecal, 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 naturels. 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 veines et l'Etat celui du cerveau qui dirige ([Dicks, 2015](#)).

Le hic avec cette vision est que le fonctionnement de l'organisme biologique n'est pas identique à celui d'une rivière. Les veines humaines ou animalières fonctionnent selon une logique prédéfinie basée sur les éléments d'entrée « *inputs* » et de sortie « *outputs* », vers et de l'organisme. Des éléments extérieurs consommés et éjectés à l'extérieur de l'organisme. Avec de l'observation, nous pouvons facilement nous rendre compte que les cours d'eau ne fonctionnent pas par le même mode d'emploi. Les cours d'eau ne consomment pas des éléments extérieurs et ne rejettent pas des déchets. C'est pour ça que le biomimétisme va penser le cours d'eau comme un écosystème. ([IDEM](#)). Dans ce cas, le biomimétisme ne considère pas l'eau comme un organisme biologique, mais comme un système écologique. Il abrite des organismes biologiques, des sous-écosystèmes, tous en interactions et son équilibre dépend de l'équilibre de chacune de ses composantes. Il est aussi un élément dans l'écosystème globale du bassin versant. Il entame des interférences avec le reste des composantes. Il est influencé par eux et les influence à son tour.

Le principe est d'imiter la nature dans les actes et activités humaines liées à la création et consommation d'énergie, à l'agriculture, à la gestion des déchets et des eaux, ...etc. pour garantir de ne pas influencer négativement le cours de celle-ci. Dans la ville biomimétique, il faut chercher à reproduire les écosystèmes naturels quand il s'agit de faire de l'agriculture ou l'habitat, et dans l'industrie, il faut agir en sorte que les activités soient intégrées dans le cours naturel de la nature en ayant les mêmes principes de fonctionnement que les écosystèmes naturels. Pour les partisans de cette théorie, c'est grâce à l'étude et l'observation des systèmes de fonctionnement des écosystèmes naturels et leur reproduction dans les inventions humaines agricoles, technologiques, industrielles, énergétiques, que la nature sera moins détériorée par

les activités humaines et qu'en même temps l'humanité peut continuer de se réjouir de la modernité et des bienfaits de l'urbanisation.

Les techniques du génie végétal représentent un recourt auquel les spécialistes se sont tournés pour minimiser les effets anthropiques de l'époque précédente sur les cours d'eau. Basées sur la re-végétalisation des berges, ou des amonts des cours d'eau, et par le démantèlement des ouvrages hydrauliques, selon l'état du cours d'eau et des objectifs souhaités par la restauration.

Le mouvement de restauration des cours d'eau urbains se met en marche à partir des années quatre-vingt. Ces techniques ont pour buts, en plus de retrouver l'état naturel du cours d'eau, de stabiliser les sols et de protéger et renforcer le système biologique par la création d'habitats, d'améliorer la qualité hydrologique en incitant la fonction d'autoépuration chez les cours d'eau, par la filtration des matières en suspension dans l'eau, et de rétablir la continuité écologique, et améliorent les états physico-chimique, hydromorphologique et biologique des cours d'eau, qui reviennent à leur état naturel non forcément initial, ou du moins d'améliorer l'état des systèmes écologiques des cours d'eau.

Dans les pays occidentaux, la restauration a débuté à partir de la deuxième moitié du vingtième siècle, pendant les années 1970. Les rivières remisent à un état naturel et les eaux dépolluées, pour permettre les activités de pêche ou de baignade. La végétation des berges des cours d'eau, est une augmentation des espaces naturels verts et bleus en ville, ce qui affecte sensiblement la qualité de vie des riverains.

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 chenalés	Cours « 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	+	+

				(Suite
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 quatre-vingt-dix, la restauration est devenue indispensable et tente de s'améliorer pour passer de petites interventions limitées, vers des opérations globales de restauration à l'échelle des bassins versants ([Vigier et Caudron, 2007](#)). Malgré les efforts fournis à partir des années 1990 pour porter ces techniques de restauration vers une échelle intégrée des territoires et des bassins versants, aujourd'hui, elles restent limitées, théoriques et fragmentaires ([Maughan, 2014](#)).

Néanmoins, nous avons des exemples d'une restauration intégrée réussit. La restauration de la rivière *Cheong Gye Cheon* en Corée du sud est un exemple des bienfaits de l'opération sur la ville et ses habitants. D'après une étude du gouvernement local de Séoul, les températures de la ville ont chuté de (36.3 C°) avant la restauration de la *Cheong Gye Cheon*, à (32.7 C°) après sa restauration ([GMS, 2006](#)). La biodiversité a réinvesti le territoire avec : quarante-et-une, espèces d'insectes, dix-huit espèces d'oiseaux et quatorze espèces de poissons. ([IDEM](#)). La rivière a repris ses fonctions socio-récréative et éducative ([IDEM](#)), comme nous pouvons voir sur la ([Photo.4](#)) suivante.

Des actions plus intégrées ont suivi les actions de restauration, et de désartificialisation des cours d'eau. Elle se base sur trois principes : la gestion participative à l'échelle du bassin versant, et la valorisation monétaire de la consommation des eaux ([Rouille-Kielo, 2019](#)).

Aux USA, un mouvement « *River Continuum* » de démantèlement des ouvrages d'art est lancé par des mouvements associatifs et scientifiques. Ces ouvrages critiqués car considérés comme limitateurs de la continuité écologique. Ce mouvement est lancé principalement aux USA dans les années 1950, et s'est propagé en Europe, à partir des années 1990. Le mouvement est porté par des organisations non gouvernementales, comme les ONG américaines : *Trout Unlimited*, *River Alliance*, *American Rivers*, avant d'être adopté par des scientifiques : Institut *Aspen*, par exemple.

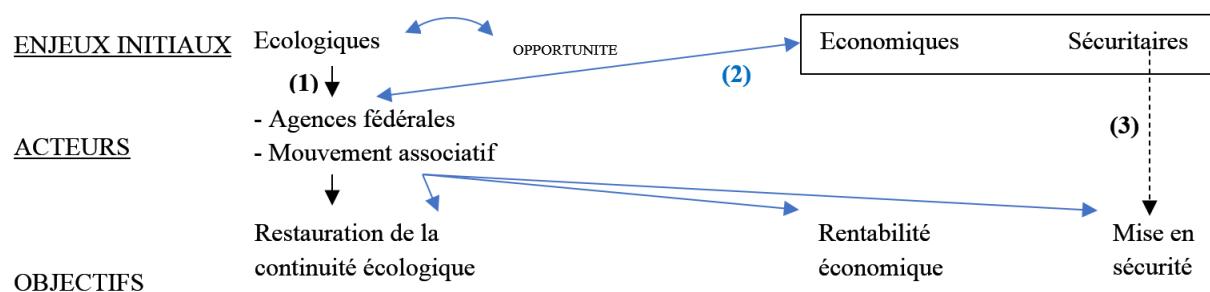
Photo I.2.4 – Rivière urbaine restaurée : la *Cheong Gye Cheon* dans la ville de Séoul en Corée du sud. Enterrée et transformée en autoroute en 1967, elle est restaurée en 2005



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

L'objectif du démantèlement des ouvrages est de rétablir la dynamique physique des cours d'eau, par le retour à la naturelle des conditions hydrologiques (les débits), la reconquête des lits mineurs par le rétablissement des habitats et de la continuité écologique, ce qui reviens à la réduction des risques environnementaux. Ils ont pour objectifs aussi, de réduire les risques technologiques de rupture des barrages. C'est ce qui est appelé la « *gestion physique* » des cours d'eau. Elle concerne la gestion des éléments physiques constituants de la rivière, afin de garantir la continuité et la qualité écologiques. Les éléments du cours d'eau ne sont plus vus d'un point de vue physico-chimique, mais d'un point de vue physique où on s'intéresse à la structure des cours d'eau.

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



Source – D'après LD, 2017

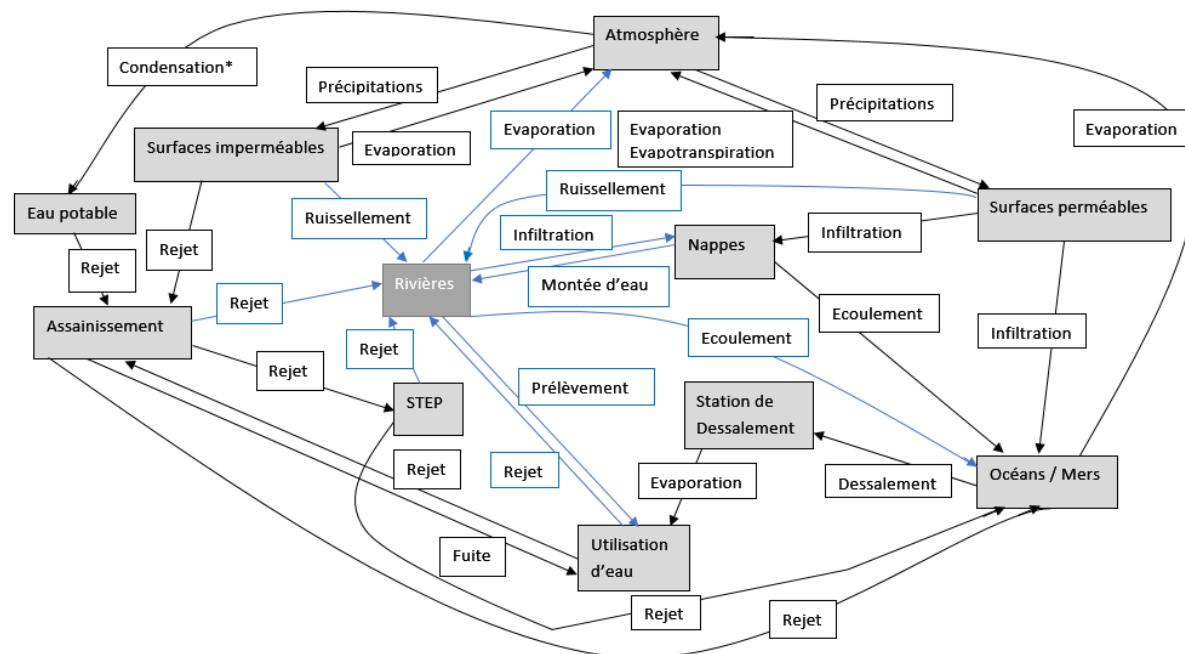
L'effacement d'ouvrage compte des impacts sur de nombreuses activités humaines liées aux cours d'eau : la pêche, les pratiques de canoë, la protection contre les inondations,

l'hydroélectricité, et sur la qualité du cours d'eau lui-même : la qualité paysagiste, la répartition des quantités des eaux, la continuité écologique ([Perrin, 2018](#)).

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

Cette époque est considérée comme celle qui rompe avec les visions individuelles limitées dans le temps et l'espace, les objectifs et les méthodes et techniques d'intervention, pour nouer avec des nouvelles approches multicritères et multi-acteurs qui favorisent la concertation et les échanges. Depuis les années 80 qui ont vu développer ces réflexions, le cours d'eau n'est plus considéré comme une eau en ville, mais un système qui renferme une richesse écologique, hydrologique et biologique, et qui a des effets directs sur la qualité de vie des humains, principalement en ce qui concerne leur santé physique et mentale, et sur la qualité du climat et la continuité de la vie sur la planète. Vue la continuité écologique que le système cours d'eau représente, il est désormais perçu d'une manière intégrée.

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

Les théories se sont orientées vers l'étude du cours d'eau comme un système écologique, dépendant de l'ensemble des éléments composants de l'espace urbain et naturel. Pour Linton

(2010), le concept du « *cycle hydrologique urbain* » (Marsalek et al., 2008) est la base sur laquelle la gestion intégrée est sensée se fonder (Linton, 2010). Le cycle hydrologique urbain, regroupe toutes les eaux urbaines et nécessite, par conséquent, une gestion qui prend en considération toutes les formes et les fonctionnalités des eaux. Les eaux des cours d'eau sont en interaction avec le reste des eaux urbaines. Elles subissent aussi plusieurs interventions : elles sont interceptées, extraites, utilisées ou consommées, altérées, traitées et épurées et finalement restituées à la nature. Selon le cycle de vie du schéma 2.

La gestion devient efficace lorsqu'elle est intégrée. La gestion intégrée se fait de manière à gérer plusieurs secteurs dans un esprit de partage et de concertation entre les acteurs urbains, les intervenants et les usagers. Dans ce cas, la gestion des cours d'eau ne se fait pas séparément de la gestion des sources de dégradations ou des catastrophes urbaines. La protection des cours d'eau passe par la gestion des sources de leur altération. Par exemple : la gestion des déchets à la source (recyclage, épuration, utilisation des matériaux durables et écologiques, ...etc.).

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.

Des notions nouvelles de gestion des eaux urbaines, d'autres économiques qui cherchent à s'investir dans les techniques de production et consommation durables. La gestion intégrée des déchets solides et liquides pour protéger les cours d'eau de la disparition, de la pollution et de l'excès des eaux, source des débordements et des crues. Ajouté à des actions urbanistiques qui consistent à limiter l'étalement urbain. Tout ça sera développé dans ce qui va suivre.

Ce cycle hydrologique urbain unit plusieurs formes et utilisations des eaux. Ceci justifie des interventions intersectorielles, participatives et concertées, pour. Il s'agit de rationaliser la production agricole et industrielle, la consommation d'énergies, la planification spatiale, le trafic mécanique...etc. Ces efforts ont pour objectif de préserver l'environnement et les ressources naturelles, 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, 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 » ([RCFTW, 1991](#)), 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.

A la gestion des eaux, est assimilée la gestion spatiale par l'augmentation les surfaces perméables à l'intérieur des milieux urbanisés. Augmenter les surfaces perméables se concrétise par des techniques paysagistes. Diminuer les surfaces imperméables en rendant les espaces non bâties, autrefois imperméables, en surfaces perméables. Par exemple : l'augmentation des espaces verts, la perméabilisation des parkings, des chemins de promenades, des aires de stationnement, et d'autres espaces publics, qui étaient jusque-là entièrement bétonnés. L'aménagement des lieux de rétention pour les eaux de ruissellement est aussi une autre technique paysagiste et hydraulique visant à valoriser les eaux de ruissellement et à concrétiser les objectifs de la protection des villes et des espaces naturels des cours d'eau.

Ces aménagements ont des objectifs de sécurité, de protection de l'environnement et du renforcement de l'esthétique du paysage urbain. Minimiser le ruissellement des eaux renvoie à minimiser le risque des inondations et du débordement des réseaux par saturation. Il revoie aussi à bannir les eaux stagnantes, source de maladies. Les sols sont parfois fragiles devant la force du ruissellement qui provoque leur érosion et glissement, l'imperméabilisation permet de minimiser ce risque car elle permet aux eaux de s'infiltrer dans le sol et non de ruisseler à sa surface. Les sols sont aussi des filtres naturels pour les substances polluantes qui peuvent se trouver dans les eaux. L'infiltration permet d'éliminer ces éléments en suspension dans l'eau, et de minimiser leur pollution et la contamination de l'environnement. Sur le plan biologique, plus les eaux sont moins chargées de substances polluantes, plus elles sont aptes à recevoir la vie biologique en faune et flore. La perméabilisation des sols, contribue aussi à l'alimentation des nappes phréatiques souterraines, la recharge des zones humides naturelles comme les lacs, ce qui rentre dans la régulation du cycle naturel de l'eau. Sur le plan économique et de sécurité d'accès à l'eau, l'infiltration veut dire la récupération naturelle des eaux de pluies, sans efforts ou dépenses, ni dégradation de l'environnement.

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

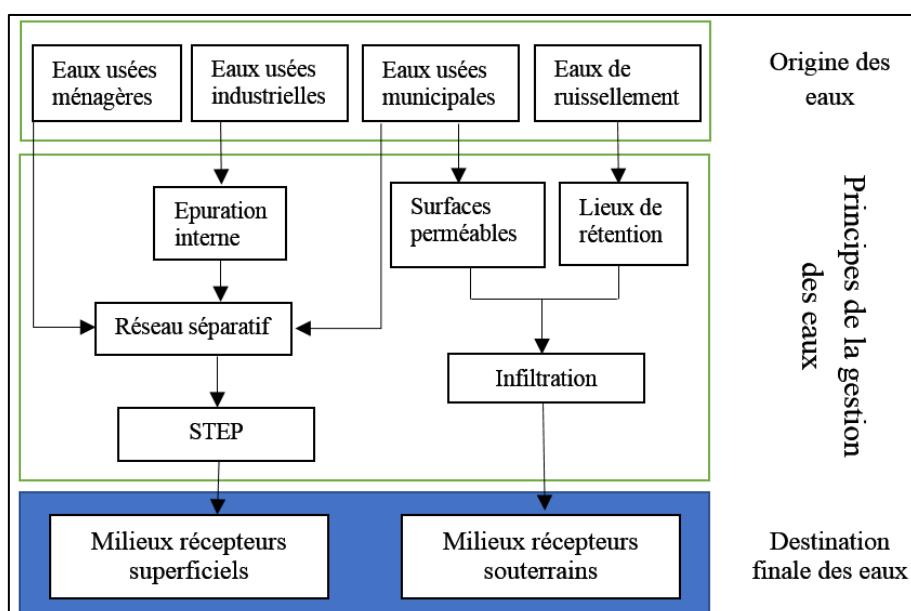
Elle fait référence à la gestion des actes d'extraction, de rejet et d'utilisation des énergies et produits dans l'espace. Ceci se fait par la gestion des eaux et des ressources, la gestion des déchets solides et liquides, et la gestion de la production par la maîtrise des méthodes de production qui 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 divise en deux domaines : la gestion des déchets liquides et la gestion des déchets solides. Les déchets liquides regroupent les eaux usées de différentes origines : les eaux de ruissellement, les eaux usées domestiques, municipales, industrielles et celles issues des stations d'épuration.

La gestion intégrée à voulue rompre avec la gestion traditionnelle par l'invention de techniques capables de remédier aux défaillances portées sur le réseau d'assainissement unitaire dit « *le tout à l'égout* ». Ces techniques nouvelles de gestion des eaux urbaines ont pris en compte de sortir le cours d'eau du système des égouts de la ville. Les eaux urbaines qui arrivent à la nature (les milieux récepteurs naturels) doivent être aussi propres que possible pour ne pas modifier les écosystèmes. Minimiser le ruissellement et encourager l'infiltration est le deuxième volet de cette gestion.

Schéma I.2.3 – Gestion intégrée des eaux urbaines



Source – Auteure, 2023

Comme nous pouvons constater sur le schéma dessus, les intentions se sont basées sur trois principes. L'intervention sur le réseau d'assainissement. L'intervention sur les eaux, et l'intervention sur les sols urbains.

Contrairement au réseau « *unitaire* », le réseau d'assainissement « *séparatif* » permet de séparer entre les eaux usées chargées de substances polluantes et les eaux de ruissellement, moins polluées. Les eaux usées sont alors épurées dans des stations d'épuration dans le cas des eaux usées ménagères et à l'intérieur des unités industrielles pour les eaux usées industrielles. Les eaux de ruissellement et celles dites, municipales, sont gérées d'une autre manière. Ces deux catégories d'eau urbaines sont gérées par des modifications sur la planification urbaine. Elles sont redirigées, soit vers l'infiltration dans les profondeurs, soit vers la rétention dans des espaces naturels et artificiels aménagés dans ce but précis.

Les objectifs du nouveau système d'assainissement ne sont plus d'évacuer les eaux de la ville pour éviter les risques sanitaires qu'elles peuvent provoquer. C'est plutôt de garantir un meilleur cadre de vie pour les humains, et pour les écosystèmes, naturel et artificiel. Ce réseau d'assainissement est censé garantir les fonctions citées dans le tableau suivant. ([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	Informier sur le système d'assainissement et éduquer à la gestion et à l'utilisation de l'eau.

(Suite

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, etc.

Source – D'après Granger et al., 2010 ; modifié et complété par l'auteure, 2023

Le réseau d'assainissement séparatif l'outil qui apporte des solutions aux défaillances que pose le réseau unitaire. Lors d'une étude de comparaison entre les concentrations en substances polluantes dans les différents réseaux d'assainissement, Trabuc, (1989) est arrivé aux résultats énoncés dans le tableau suivant (Tab.6).

Ajoutés aux déchets, les sources de dégradation issues des différentes activités sont combattues par des actions ingénieuses de production écologiques et durables.

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

Un mode de vie avec une prise de conscience écologique :

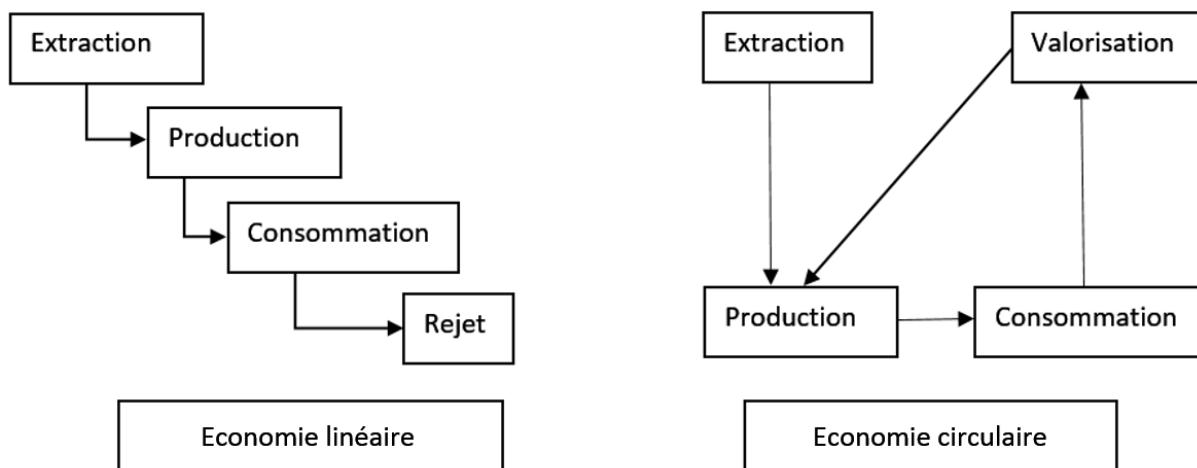
De plus en plus, les activités comprennent que les ressources naturelles ne sont pas infinies et que leur protection devient chaque jour un peu plus urgente. C'est pourquoi des nouvelles réflexions issues des principes du développement durable s'affirment. L'économie circulaire, l'énergie durable, l'agriculture éco-responsable, le trafic propre, ...etc., sont des termes qui visent tous à préserver les milieux naturels dont ceux des cours d'eau et qui apparaissent comme des solutions exploitables.

Dans le domaine industriel, l'idée est de faire des déchets une ressource, c'est-à-dire, une matière première prête à être exploitée dans la fabrication de matières destinées à la consommation, c'est ce qui est appelé « *économie circulaire* ». Le terme se défini par la capacité à rendre la production et la consommation fonctionner selon un cercle fermé et non linéaire basé sur les étapes classiques d'extraction, de production, de fabrication et de rejet. Elle

trouve sa source dans la pensée de « *L'écologie industrielle* ». Concept suggéré par Frosch et Gallopolous en (1989), et qui signifie que les notions d'ingénierie industrielle doivent être combinées avec les droits fondamentaux des personnes et l'économie des ressources. ([Rojo, 2009](#)).

Ce concept transforme le déchet d'un produit sans intérêt à jeter à une matière première, seconde, à réutiliser dans la fabrication d'autres produits destinés à la consommation. Cette technique résoudra les problèmes de la non durabilité de certaines matières premières et de l'accumulation des déchets dans la nature, avec tous les problèmes que ces derniers puissent engendrer.

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



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

Plusieurs techniques, outils et processus, tentent de rompre avec l'agriculture conventionnelle intense pour mettre en place une production écologique et respectueuse de la nature. Les pesticides et les engrains écologiques tentent de remplacer ceux de sources chimiques. Les déchets issus de l'agriculture sont transformés en composte et en fumiers et utilisés comme engrains, de même pour les pesticides qui sont issus de la ferme elle-même et où des excréments

animaliers et des déchets de plantes y sont utilisés. Les déchets sont aussi utilisés pour produire de l'énergie (biogaz), ce qui limite les pollutions causées par l'utilisation des énergies traditionnelles. Les techniques d'irrigation penchent pour l'utilisation minimale des eaux (le goutte-à-goutte), mais aussi à protéger au maximum leur qualité et quantité.

Ce type d'agriculture met les objectifs du développement durable au centre de ces préoccupations. Si l'agriculture traditionnelle se base sur la transformation intense des terres, par la déforestation, l'agriculture écoresponsable cherche à minimiser les effets sur les sols en limitant l'étalement vers les forêts, c'est pourquoi, le développement de l'agriculture aux seins même des villes est parmi les théories proposées. D'autre part, si l'agriculture traditionnelle est fondée sur l'importation des produits alimentaires sur des distances parfois dépassant des milliers de kilomètres, l'écoagriculture tente de supprimer les effets environnementaux du transport, et encourage une production alimentaire menée à petites et moyennes échelles et à proximité des sites de consommation.

Dans le domaine énergétique et des transports, le mode de vie humain d'aujourd'hui fondé sur la consommation des énergies qui font fonctionner nos moyens de transports, nos machines industrielles ou nos outils électroménagers ou de communication...etc., est en permanente accroissement. Ces énergies sont principalement des énergies fossiles et carbonées, c'est-à-dire ni durable, ni propre. Au contraire, elles sont sources principales de la pollution aux gaz à effet de serre. C'est pourquoi, la recherche de nouvelles sources d'énergies plus propres et plus durables devient indispensable. Ainsi, le solaire, l'éolien, l'hydraulique, le géothermique, le marin, la bioénergie, sont utilisés dans les domaines industriels, du transport, ou dans le bâtiment...etc.

Ajouté à la recherche de nouvelles sources d'énergies plus propres, le changement des habitudes peut aussi servir à diminuer les pollutions. Par exemple, le travail à distance pour minimiser la consommation d'énergies dans les bureaux et les transports est de plus en plus encouragé dans certains pays et dans certains domaines, l'utilisation des transports en commun à la place de la voiture individuelle, privilégier la mobilité douce, ou encore, le recyclage des eaux industrielles pour minimiser leur utilisation...etc.

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

Selon les étapes de développement de l'urbanisation et de la production des villes, les fonctions des villes fluviales ont évolué de la fonction commerciale et de pêche, à la fonction industrielle, jusqu'à la fonction tertiaire. Les orientations aujourd'hui vont dans la direction de la préservation écologique des cours d'eau urbains, avec tout ce qu'ils abritent en biodiversité et services pour la ville et ses habitants. Toutes ces étapes d'évolution suscitées ne concernent pas tous les pays du monde, elles décrivent plutôt, l'évolution des liens « cours d'eau – ville », dans les pays développés occidentaux.

Dans un pays émergent comme la Chine par exemple, la rivière n'a pas acquis autant d'importance dans la vie des hommes. Dans ce pays, la ville est surtout basée sur un système administratif et non de commerce, d'où la place moins importante que tiennent les cours d'eau (Lin, 2011). Néanmoins, le bassin versant du fleuve Yangzi d'une surface de (15 %) du territoire du pays, concentre (38 %) de la population du pays et (40 %) de son PIB. (Suanjuan, 2004). Le transport de marchandise entre différentes villes, fut marquée par l'utilisation des cours d'eau. (Lin, 2011). Des ports sont formés sur les rives et embouchures de ces rivières, Les marchés se tenaient aux abords de rivières, qui sont approvisionnées par les marchandises transportées à dos d'hommes, à partir des différentes régions (Blache, 1959). Que ce soit entre le 10^e et le 14^e siècles, où le commerce extérieur s'est développé entre les pays asiatiques du sud-est et le reste du monde, ou après cette période, lorsque des restrictions sont imposées sur le commerce extérieur (Lin, 2011). Mais c'est surtout avec l'arrivée des occidentaux européens dans cette région du monde, que les cours d'eaux entraînent d'importants changements sur les villes, ce, à l'image des villes occidentales (Guitton, 2020).

Les 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 représente surtout une source d'énergies, d'eau potable et de produits alimentaires. Depuis l'antiquité, c'est l'agriculture qui domine la relation avec l'aval du Nil. Que ce soit, l'agriculture de crue ou l'agriculture d'irrigation. Même après l'arrivée des occidentaux, cette situation reste la même, avec plus de développement de l'agriculture irriguée. Dans ce continent aride, le Nil devient même source de conflits géopolitiques, comme est le cas dans toute la région d'Afrique du Nord-Est. Des conflits naissent entre trois pays du Nil (Ethiopie, Soudan, Egypte) qui n'arrivent pas à se trouver un terrain d'entente sur l'exploitation du fleuve. Le fleuve, pour l'Egypte, est l'élément fondamental de son existence, source unique d'eau potable et d'irrigation. Depuis les années 1970, l'exploitation s'intensifie par l'ouverture de canaux et l'aménagement de barrages, bassins et lacs artificiels pour la rétention d'eau et son acheminement jusqu'à des régions éloignées. L'Ethiopie, à son tour, lance un mégaprojet « *barrage de la renaissance Ethiopienne* », pour la production hydro-énergétique. De même pour le Soudan qui aménage d'autres barrages, dans le but de dominer ses territoires, développer l'agriculture et dompter les inondations. Des inondations utilisées dans les années 1970, dans le conflit entre soudanais et sud-soudanais.

Dans ces cas de figure, nous ne pouvons affirmer que la rivière avait une influence importante sur la ville. Ce ne sont pas des hôtels et habitations haut standing qui logent les rives du Nil ou des différentes rivières africaines, mais des barrages de production d'hydro-électricité et des champs agricoles irrigués par les eaux de la rivière. A partir des époques modernes, et dans des cas limités et modestes, les villes situées au bord du Nil connaissent le transport fluvial interne de marchandises et des personnes, et plus tard du transport de plaisance, avec la relance du tourisme. Sauf que ces utilisations tertiaires du fleuve restent limitées dans l'espace et dans l'influence qu'ils intègrent aux villes, et leur développement. Des villes qui se développent du plus en plus aux berges du Nil au détriment des terres agricoles fertiles. Aujourd'hui, l'aval du Nil en Egypte, est archi-peuplé par des populations exclusivement urbaines. Il regroupe (95 %) des populations totales égyptiennes, sur (33 %) de l'ensemble de la surface du pays, avec une densité des plus élevées de la planète (1540 habitants/km²). ([Leman et Auvet, 2013](#)). Le bassin du Nil regroupe (50 %) des populations des pays que le fleuve longe, ce qui environne les 200 millions d'habitants ([IDEM](#)).

L'agriculture, les ouvrages d'art, la construction des villes, toutes ces actions influent en mal les cours d'eau des pays en développement, qui sont tous dans un état de pollution et de

dégradation, avancées. A titre d'exemple, la rivière de la Soummam, qui est une des principales en Algérie, connaît depuis des années, une pollution accrue, due aux activités industrielles.

Dans le cas où le système de gestion manque de performance, les cours d'eau deviennent plus vulnérables à toutes sorte de dégradation possible. C'est ce qui est constaté dans la comparaison entre les systèmes hydrologiques dans les pays développés qui disposent de mécanismes de gestion avancés et dans les pays en développement qui n'en disposent pas. ([Gubry, 1991](#)). Ceci malgré le fait que les cours d'eau dans les pays développés ont connu l'époque industrielle qui fut dramatique pour eux. Ce sont les cours d'eau des pays en développement qui affichent un état de pollution avancé. Ce constat donne un aperçu sur la valeur de la gestion dans la préservation de la qualité des espaces.

Conclusion du chapitre

Les ressources en eau constituent l'élément de base dans la fondation des villes. Depuis le début de l'histoire humaine, plusieurs grandes villes et civilisations ont vu le jour à proximité des cours d'eau et doivent leurs existence et développement à ceux-ci. Ce qui a changé, c'est l'ampleur d'exploitation des cours d'eau par l'urbanisation qui les a utilisés dans tous les domaines de la vie, de manières primitives aux débuts et avec des techniques plus ingénieuses et sophistiquées ensuite. Ce qui n'était pas sans conséquences sur ces derniers.

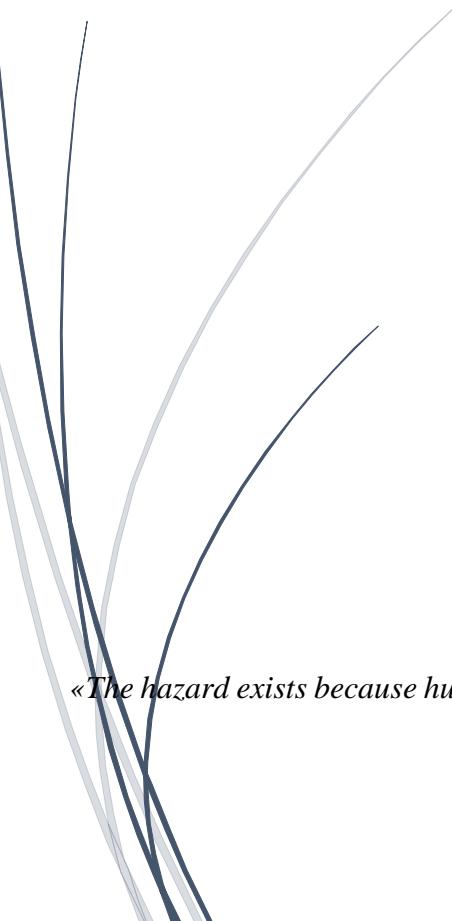
Depuis le début de l'époque anthropocène ; du moins dans le cas des villes occidentales ; c'est l'effet inverse qui se produit. Ces milieux considérés comme les vitrines qui permettent d'évaluer l'état et la qualité des environnements naturel et anthropique, sont des écosystèmes fragiles nécessitant des conditions particulières pour prospérer. Nous constatons, alors, une volonté de protéger les cours d'eau en ville dans l'intérêt des sociétés, des territoires artificiels et naturels. Grâce à une gestion adéquate qui prend en charge tous les aspects des écosystèmes des cours d'eau, plusieurs rivières urbaines ont retrouvé la vie, alors qu'elles étaient sur le bord de la disparition.

De l'autre côté, la rivière en ville reste un élément de peur pour les sociétés humaines, qui ne cessent de chercher les moyens pour se protéger des risques qui ont la rivière pour origine. Ce que nous allons voir dans le chapitre suivant.

PARTIE I.

CHAPITRE 3.

Risque et vulnérabilité : phénomènes dangereux et milieux affectés



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

Tobin & Montz, 1997.

Introduction du chapitre

Depuis la nuit des temps, l'homme s'est toujours intéressé à la compréhension des phénomènes de risques. D'origine naturelle au début, ils ont été considérés comme une fatalité ou une punition divine. Plus tard, l'homme va vers dominer la nature et imposer sa volonté consciente et civilisée à ses lois. Suite à ça, d'autres risques d'origine anthropique défient l'homme, sa sécurité et celle de son environnement et son mode de vie.

Eau, sol, air, activités humaines, toutes ces composantes sont à l'origine de phénomènes à risques, autant qu'elles sont des composantes vulnérables aux risques. Les eaux, dont rivulaires, ont toujours été source d'inquiétude et de danger. Elles sont à l'origine des risques des inondations, des glissements, ou les risques sanitaires, et provoquent chaque année des victimes corporelles et matérielles importantes. D'autre part, la ressource en eau se réduise en qualité et en quantité, d'où des risques sanitaires et environnementaux, voire sociaux et économiques.

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 :

- Au début, nous allons faire le tour de la littérature sur les risques et les catastrophes en général, par la définition des concepts clés et l'explication des notions fondamentales liées aux deux termes.
- Ensuite, nous allons exposer les statistiques sur les risques et leurs effets catastrophiques dans le monde.
- Pour finir, nous nous focaliserons sur les concepts, les notions et les statistiques traitant les risques rivulaires dans la planète. Dans le but de montrer la vulnérabilité des groupements humains et de l'environnement face aux dangers auxquels ils peuvent être exposés.

L'objectif de ce chapitre est la clarification du thème étudié et la préparation du lecteur à aborder les chapitres suivants avec une plus claire compréhension, ceux par les explications autour de la terminologie du risque, du risque hydrologique et de la terminologie liée à la vulnérabilité des sociétés et des territoires.

I.

ASPECT CONCEPTUEL ET THEORIQUE

Une bonne définition de l'événement auquel il faut faire face est le début de sa maîtrise ([Denis, 1993](#)), c'est pourquoi il est indispensable d'avoir la signification de chacun des concepts liés aux événements problématiques.

I.1. Définition des concepts

La chronologie d'évolution de la définition, d'étude et d'analyse du risque a évolué selon un cheminement qui a débuté par considérer 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 à origine anthropique frappent des zones différentes du monde, les consciences s'orientent vers la réflexion que le risque peut être provoqué ou influencé 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 ([Dautun, 2007](#)). 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 affectés, nous ne pouvons parler d'un risque. D'après les géographes anglo-saxons, à l'origine de cette approche, ajouté à l'aléa, le risque implique des enjeux 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, 2001](#)). 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. Les risques sont le résultat des interactions entre la nature et la société humaine ([Burton et al., 1978](#)).

Avec ces deux dimensions d'aléa et de vulnérabilité, 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 ([Ayral, 2001a](#)).

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 ([Ayral, 2001b](#)). Il est pour House, (1966), une exposition à une blessure ou une perte fortuite. ([House, 1966](#)). 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 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. ([UNDHA, 1992](#)). Pour Stenchion, (1997), c'est la probabilité de survenance d'un événement indésirable, ou la probabilité d'avènement d'un danger contribuant à un désastre potentiel. ([Stenchion, 1997](#)). Les Downing et al., (2001) donnent 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. ([Downing et al., 2001](#)). Un risque est résumé par ([Granger, 2014, 44](#)) par les initiales suivantes : Risque = P.I.V.E., où :

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

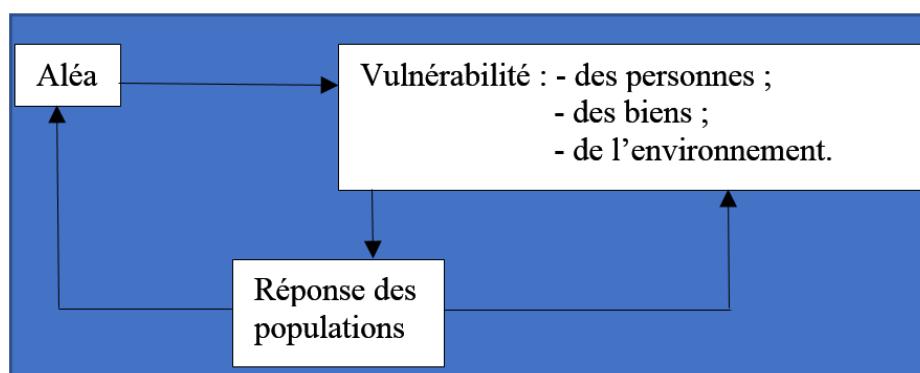
I : intensité : de l'aléa

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 des 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 Diaz, 2017

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

L'aléa fait référence à l'existence d'un phénomène naturel provoquant de dégâts et affectant des enjeux humains et/ou matériels, se produisant dans une zone et dans un moment, déterminés ([Thouret et al., 1994](#)). À son intensité, sa fréquence, sa répétitivité, et sa durée, sans

l'intervention humaine. Tamru, 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 inclus les dimensions technologique et sociale dans la définition de l'aléa, contrairement à ses prédecesseurs.

L'étude de l'aléa a pour objectif de comprendre et de maîtriser les phénomènes, en se basant sur la logique que le risque est indépendant d'autres facteurs que l'aléa lui-même. Ces approches considèrent les aléas comme le seul facteur des risques et catastrophes. Les risques sont traités comme des manifestations exogènes à leur milieu. Ils sont considérés séparément du reste des phénomènes naturels et anthropiques (économique ou social) 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 délimiter les zones à risques, dans les espaces qui correspondent aux zones géographiques touchées par le phénomène naturel ([Metzger et D'Ercole, 2011](#)).

L'aléa naturel ou technologique peut être étudié à l'aide des approches : déterministe, qualitative et probabiliste. ([Beck, 2006](#)). 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. (Estrada Diaz, 2017). Seuls les aléas sont actifs, les sociétés humaines sont toujours et en tous cas, supposées être passives (Pigeon, 2002). Elle utilise les statistiques pour évaluer l'éventualité des dommages, la probabilité d'avènement, et les populations qui peuvent être affectées. (Locatelli, 2014) [51944378 p. 7].
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. (Hammadi, 2011). Convenable aux petites et moyennes échelles (1/10000 et moins). (IDEM). 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. (Hammadi, 2011). Elle crée des modèles physique et mathématiques pour reproduire la réalité. (IDEM). 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). (IDEM). Ces résultats sont plus précis que ceux des approches précédentes. (IDEM).

Source – Rassemblé par l'auteure, 2023

Dans une zone urbaine, considérée comme un système composé de plusieurs éléments liés, un aléa peut donner lieu à d'autres. Les aléas associés sont des aléas concomitants qui surviennent ultérieurement à un aléa produit précédemment. Les aléas hybrides peuvent être de différente

nature que celle de l'aléa principal. Un aléa naturel peut engendrer des aléas associés naturels comme anthropiques. Par exemple, l'aléa inondation peut entraîner des aléas hybrides naturels de glissements, de maladies à transmission hydrique, ou technologiques (ex : disfonctionnement dans les réseaux, électrification ou explosion), ou socioéconomiques (ex : pertes d'emplois). Ces aléas associés contribuent et aggragent les impacts de la catastrophe.

L'aléa est étudié à l'origine par les sciences naturelles, pour l'étude des phénomènes naturels engendreurs de risques. L'étude de l'aléa a longtemps dominé l'étude du risque. Lors d'élaboration d'actions pour la gestion, la prévention et l'intervention sur les risques, seul l'aléa était pris en considération. C'est plus tard que l'intégration de l'aléa dans les sciences humaines et sociales a eu lieu, en parallèle avec l'apparition des risques artificiels. Ces changements donnent lieu à l'apparition 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 « *blesser* » (Provitolo, 2007). La vulnérabilité représente le second élément composant du risque (Rifai et al., 2014). Comparé au concept d'aléa, la vulnérabilité est un concept qui ne fait son apparition dans la littérature que tardivement (Ruin et Lutoff, 2004). Il est développé par les géographes anglo-saxons, dans les années 1940 (Whi, 1945), et utilisé pour la première fois par Wisner et al., dans un article paru en 1976¹, avant d'être repris par d'autres auteurs. Il 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). La perte potentille, qui englobe les contextes socio-territoriaux (Bla, 1994). 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). L'intensité et la gravité des dommages que l'aléa peut avoir sur les enjeux (Ancey, 2005 ; Hostache, 2006). Le taux d'atteinte d'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* » (Haziza, 2007). La vulnérabilité fait référence à la fragilité d'un système et à sa sensibilité face aux phénomènes dangereux, naturels ou

¹ Article intitulé : “*Taking the naturalness out of natural disaster*”. (Wisner et al., 1976)

anthropiques. Un système fragile et sensible englobe la sensibilité et la fragilité humaines, matérielles, politiques, économiques et techniques lors de son exposition à un aléa.

La vulnérabilité est un concept plurivoque. Sa définition fait appel à l'association de visions sectorielle et spécifique, 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 seule définition (Pigeon, 2005). La terminologie liée aux événements catastrophiques reste plutôt confuse à cause de sa pluralité (Dautun, 2007). Pour cette raison, certains auteurs optent pour l'établissement de « *catalogues de définitions* » (Ayral, 2001 ; Liegeois, 2005). Un glossaire publié par l'ONU (Thywissen, 2006), confirme les difficultés qu'il y'a à cerner une définition globale et définitive du concept de la vulnérabilité.

Elle se présente sous deux formes : la vulnérabilité physique et la vulnérabilité sociale. (D'Ercole, 1996). Elle-même composée de deux éléments qui sont : les facteurs de vulnérabilité et les éléments vulnérables (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, bâtiments, réseaux. (D'Ercole, 1996).	Sensibilité de la société à faire face à un aléa. (D'Ercole, 1996). Dans ce cas, le concept est abordé d'un point de vue humain. (Wisner et al., 1976).
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, ...etc. (Quillet et al., 2019). Elle prend le sens de l'évaluation monétaire des dégâts.	Elle se base sur des dimensions : sociodémographique, socioculturelle, politico-administrative et institutionnelle. (Lillouch, 2018).
Prise en compte seule lors de l'évaluation de la vulnérabilité aux risques, bien avant l'intégration de la vulnérabilité sociale.	Elle se base sur les caractéristiques sociales pour l'étude des risques : la capacité d'adaptation (adaptive capacity) d'une société et sa capacité de réponse (coping capacity). (Reghezza, 2006).
	Intégrée récemment dans la littérature par des géographes et sociologues : Fabiani et Theys, 1987 ; Veyret, 2004. Prise en compte avec la vulnérabilité physique

Source – Auteure, 2023

Les facteurs de la vulnérabilité sont 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) et modifié par l'auteure.

Tableau I.3.3 – Facteurs de la vulnérabilité

Socio-démographiques et économiques (Thouret, 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 (Mc Entire, 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’inhabilité à utiliser efficacement des équipements d’alerte et de communication (IDEM).
Politico-administratifs	– Absence ou apathie envers des politiques de prévention et de préparation (Mc Entire, 2003).
Géographiques, événementiels	– 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 ; modifié par l’auteure, 2023

Les éléments vulnérables sont les éléments exposés à un aléa. Autrement dit, les aléas. Ils peuvent être : humains, environnementaux (naturels), matériels. Ils peuvent aussi être répartis comme dans le tableau suivant. ([Tab.4](#)).

L’étude de la vulnérabilité relevait avant tout du domaine médical, où les médecins étudiaient les vulnérabilités humaines face aux maladies diverses. La vulnérabilité est un concept introduit dans les études des risques par les sciences sociales. Son étude renvoie à l’étude de l’utilisation du sol ([Rifai et al., 2014](#)). C’est-à-dire, l’étude de toutes ces dimensions, aménagistes, socio-culturelles, économiques, institutionnelles, sanitaires et environnementales. Néanmoins, le plus souvent, les dimensions matérielles et environnementales sont exclues et seule la dimension corporelle est prise en compte ([Renard et Soto, 2015](#)).

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 Léone et Vinet, 2005

Comparé à l’aléa, l’étude de la vulnérabilité est plutôt marginale dans l’analyse des risques (Veyret et Reghezza, 2006). Ceci est dû à la faiblesse qu’affiche le concept en lui-même, en raison de cette plurivocité qui le caractérise (Veyret et Reghezza, 2006). Néanmoins, de plus en plus d’auteurs considèrent la vulnérabilité comme indispensable à l’étude intégrale et pluridisciplinaire 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 se concentrent sur la capacité de la vulnérabilité à approcher le risque dans un contexte local et spécifique au territoire impacté par l’aléa. Ajouté au fait que les caractéristiques anthropiques et naturelles de la vulnérabilité sont dynamiques et non figées dans le temps et dans l’espace, ce qui confère à la vulnérabilité son aspect actif et évolutif. C’est pourquoi, des auteurs incitent ; de plus en plus ; sur l’orientation de l’étude des risques vers une vision plus concentrée sur la vulnérabilité et moins sur l’aléa (Barroca et al., 2006). De plus en plus, la vulnérabilité prend une place centrale dans l’étude des risques. La conférence de Yokohama² (1994), l’a présenté comme un concept central des recherches 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). Dans ce sens, la vulnérabilité ne change pas selon l’intensité de l’aléa, c’est l’exposition des enjeux qui change et qui influe sur le degré de la catastrophe (Fuchs et al., 2012). Par son caractère évolutif, la vulnérabilité est la composante du risque qui influe sur l’ampleur de ce dernier. L’aléa qui varie lentement, n’influence pas beaucoup l’ampleur du risque. Par contre, la vulnérabilité est en fonction de l’ampleur et du type de l’aléa, lorsque le risque est considéré à petite échelle (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. Le dynamisme de la vulnérabilité se détermine dans la littérature par le concept de la résilience.

L’aléa et la vulnérabilité sont les deux composants principaux du risque. Ce dernier peut être catégorisé selon leur origine (source), ou bien leur intensité. Dans l’item suivant nous allons essayer de clarifier un autre aspect lié aux risques, celui des types de risques existants.

² Conférence tenue dans le cadre de l’IDNDR (International Decade for Natural Disasters Reduction)

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. Pour faire la désignation du risque, une terminologie graduée est utilisée : 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 (Barpi, 2004).

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

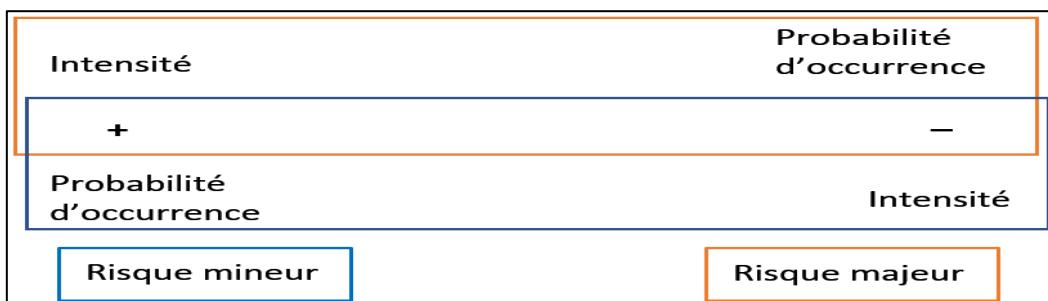
Organisation	Catastrophe majeure	Catastrophe moyenne	Catastrophe mineure
CRED	Nbre. Morts \geq 50 Nbre. Touchés \geq 150 000 Dégâts matériels \geq 200 millions USD	Non défini	Nbre. Morts = 5 Nbre. Touchés \leq 1500 Dégâts matériels \geq 8 millions USD
OFAD	Nbre. Morts \geq 50 Nbre. Touchés \geq 100 000	Non défini	Non défini
Sheenan et Hewitt, 1969	Nbre. Morts et Nbre. Touchés $>$ 100 Dégâts matériels \geq 1 million USD	Non défini	Non défini
Michaelis, 1973	Nbre. Morts \geq 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 \geq 25 millions USD	Non défini	Non défini
Alexander (s. d.)	Dégâts matériels \geq 5 millions USD	Non défini	Non défini
Dombrowsky, 1998	Nbre. Morts \geq 1000 Dégâts matériels \geq 500 000 USD	Non défini	Non défini

Source – D'après Guha-Sapir et al., 2004

Le risque peut être classé comme 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](#)).

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 dénominatif 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 su-avancés ([Dauphine, 2001](#)). Quant à Pivot, (2001), il fait la répartition selon que le risque soit environnemental (naturel et technologique), risque social et risque économique ([Pivot, 2001](#)). Cette dernière répartition coïncide avec le classement anglo-saxon ([Estrada Díaz, 2017](#)).

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



Source – Auteure, 2023

Les risques naturels sont toutes les menaces qui pèsent sur des enjeux et dont la source est un évènement naturel destructeur. Ils regroupent une dizaine de phénomènes comme les inondations, les séismes, les glissements, les avalanches, les éruptions volcaniques, les tempêtes, les cyclones, les sécheresses, les invasions d'insectes, ...etc.

Pendant longtemps, le risque a conservé son sens de phénomène destructeur naturel, jusqu'à ce que les progrès de l'urbanisation et des industries transforment la nature de manière donner lieu à des risques non provoqués par des aléas naturels. A partir des années 1980, il y'a eu introduction dans la littérature du concept du « risque technologique », par le géographe [Lagadec \(1980\)](#). L'aléa n'est plus qu'un phénomène naturel, mais anthropique aussi. Suite aux accidents technologiques survenus à l'époque (Tchernobyl, ...etc.), 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 défaiillances de fonctionnement, de maintenance ou de fabrication des

infrastructures industrielles, technologiques et urbaines, qui donnent lieu à des accidents dangereux. Dans cette sphère, nous pouvons compter des risques comme : les explosions, les incendies, les pollutions, ...etc. D'autre part, les maladies et pandémies, les guerres et conflis armés, les accidents des transports collectifs, ...etc., sont tous des événements sociaux dangereux impliquant des actions sociales et entraînant des catastrophes. Certains des risques anthropiques peuvent être accidentels et d'autres intentionnels.

Plusieurs classifications du risque existent, le tableau (Tab.6) suivant reprend une répartition 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, écroulement, 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 Tempête et tornade
	Phénomènes extraterrestres	Impacts de météorites
	Phénomènes industriels et technologiques	Explosion Incendie Dispersion atmosphérique, aquatique et terrestre Accident collectif
Anthropiques	Phénomènes sanitaires (biologique)	Pandémies, épidémies, pollutions des eaux, des sols, des aliments, ...etc. Famines
	Phénomènes socio-organisationnels	Contamination nucléaire, biologique, chimique, ...etc. Guerres et conflits armés, violences sociales Fléaux sociaux
Intentionnels		

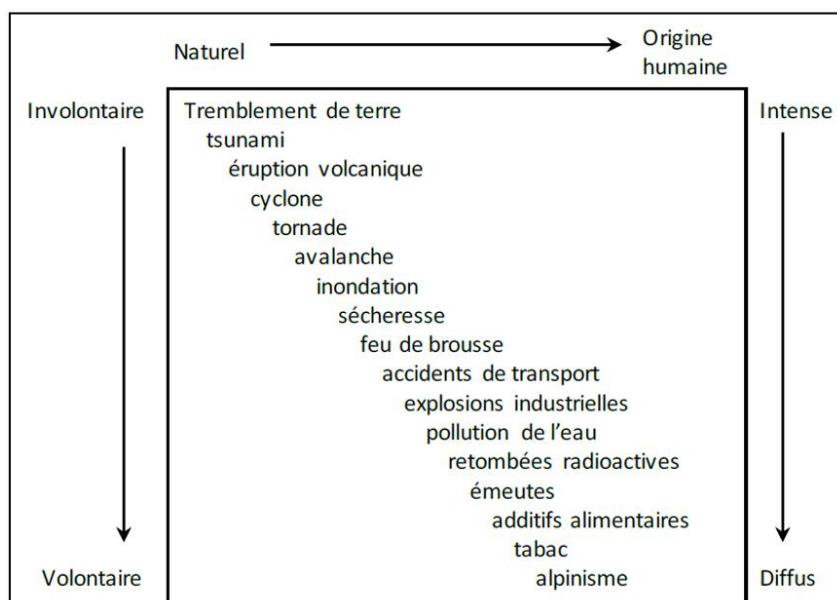
Source – Auteure, 2023 ; adapté d'après une classification de UNDRR

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 qui joue un rôle dans les types de risques et leur fréquence et intensité. Ces risques sont influencés par les interventions anthropiques, comme pour les implantations de populations dans des sites dangereux, ou le réchauffement planétaire ([Estrada Díaz, 2017](#)), ...etc.

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.

Schéma I.3.3 – Eventail des phénomènes de risque selon leur typologie, qu'ils soient naturels, d'origine humaine, involontaire ou volontaire



Source – D'après Smith et Keith, 1996

Dans cette même logique, certains risques nommés « *risques naturels* » sont attachés à la ville dans la mesure où des événements naturels affectent le fonctionnement équilibré d'un milieu urbain. 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* ». Même si ces risques sont présents ailleurs qu'en ville, ils sont associés à la ville par l'intensité des effets qu'ils produisent, et par leur occurrence d'avènement. Le risque n'est pas propre à la ville, il est y plus ressenti suite à la concentration humaine et infrastructurelle des milieux urbains. C'est dans ce sens que la terminologie du « *risque urbain* » est employée ([Reghezza, 2006](#)).

Dans le passé, certains risques sont considérés comme authentiques à la ville, et d'autres comme non urbains. Les risques urbains sont les risques sanitaires, la pauvreté et la famine, ajouté aux inondations et aux séismes. Ces deux derniers peuvent se produire dans les campagnes, sans causer autant de dégâts qu'en ville. A l'inverse, certains aléas, sont considérés comme propres à la campagne et ne concernent pas les villes. Il s'agit à titre d'exemple : des canicules, des sécheresses ou des tempêtes et des grêles. Ces aléas comptés comme non urbains sont des aléas ne provoquant que des dégâts restreints dans les milieux urbains.

A 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. Malgré la gravité des effets des aléas technologiques, ces derniers sont perçus comme facteurs de développement de la ville et de sa suprématie face aux milieux non urbains ([Reghezza, 2006](#)).

De l'époque actuelle, la ville perd de son image d'espace supérieur à la campagne, car elle est de plus en plus considérée comme moins sûre et plus vulnérables aux différents aléas. 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, ...etc.), 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, ...etc.).

I.3. Occurrence des risques dans le monde

Une situation de risque parvient selon plusieurs étapes, d'avant la crise, pendant la crise et après la crise. Le tableau (Tab.7) suivant explique les différentes étapes d'avènement d'une situation de crise.

Tableau I.3.7 – Etapes de création d'une crise

Etape	Description
1	Phase de fonctionnement normal (Turner, 1978)
2	Période d'incubation (Turner, 1978), de signes avant-coureurs (Pauchant, 1995 ; Pearson, 1997), de prodrome (Gatot, 2000)
3	Évènement déclencheur (Turner, 1978 ; Gatot, 2000)
4	Début de la crise (Turner, 1978), ou phase de la catastrophe (Gatot, 2000)
5	Secours et sauvetages : premières étapes d'ajustement (Faulkner, 2001)
6	Retour à la situation normale (Dautun, 2007)
7	Réajustement managériaux et culturels (Dautun, 2007)

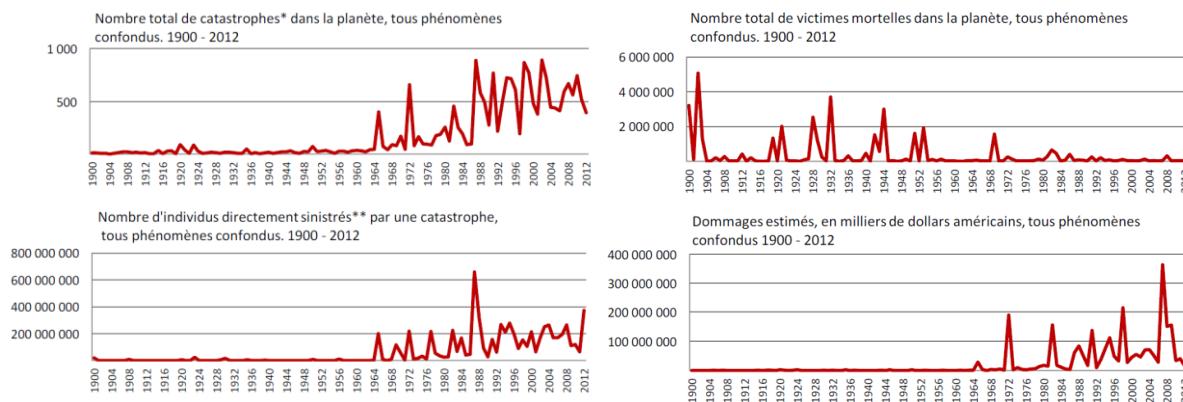
Source – D'après Dautun, 2007

Le nombre des catastrophes dans le monde est en augmentation depuis les années 1950 ([OFDA CRED, 2014](#)). L'accroissement se fait en termes d'intensité et de probabilité d'occurrence des phénomènes de risque. A partir de la fin des années 2000, cette augmentation devient plus marquante. Les catastrophes provoquent des préjudices sur des enjeux corporels, matériels, fonctionnels, structurels et économiques. Les données de la base EM-DAT montre une diminution du nombre des enjeux corporels. Ceci 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 ([OFDA CRED, 2014](#)).

La localisation géographique et zonale peut conditionner les ampleurs des dégâts causés, et l'envergure des enjeux atteints. 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. Ajouté à ça, un phénomène de risque qui se produit dans un espace fermé comme un tunnel peut aggraver la situation de danger, en augmentant le flux du danger par confinement de la source de danger ([Dautun, 2007](#)). Un phénomène dangereux qui se produit dans un lieu ouvert, le phénomène dangereux peut être moins grave.

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 : OFDA/CRED

Le moment de l'évènement déclencheur de la catastrophe influe dans la gravité et l'ampleur du danger. Les enjeux humains sont moins attentifs pendant la nuit, ce qui les rend plus vulnérables pour certains aléas, comme les séismes. Ils sont plus concentrés pendant la journée, principalement pendant les heures de pointes, ce qui les rend aussi plus vulnérables pour d'autres aléas.

I.

RISQUES RIVULAIRES EN MILIEUX URBAINS : VILLE ET RIVIERE COMME ESPACES EN AMPLÉ VULNERABILITÉ

Le risque rivulaire 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 rivulaire est un risque naturel, urbain, anthropique et intentionnel. D'après une classification de EM-DAT, les risques hydrologiques sont : les inondations sous leurs différentes formes, les

mouvements de terrains, qui incluent plusieurs types, en plus des actions des vagues ([EM-DAT, 2023](#)). Etant un risque urbain, les aléas associés peuvent être attribués aux risques rivulaires, il s'agit du risque : environnemental, ou 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 dans 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. 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 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 consciente ou anarchique, qui entraîne l'imperméabilisation des sols, et l'implantation des constructions dans des zones inondables. ([Dauphiné, 2001](#) ; [Ciattoni et Veyret, 2003](#)). Ajouté à la dégradation des réseaux d'évacuation des eaux urbaines, qui peut aussi être en cause d'inondation des villes.

Il est prouvé que l'étalement surfacique des zones urbanisées entraîne l'accroissement de l'imperméabilisation des sols, et par conséquent l'accroissement de la vulnérabilité aux inondations. En deuxième lieu, les constructions implantées dans des zones inondables comme les rives et les lits des rivières, dans des plaines inondables au bord des littoraux, ont un même effet sur la vulnérabilité aux inondations.

Les différents facteurs déclencheurs et aggravants suscités et liés au lieu d'avènement, à la vitesse du courant, à la hauteur des eaux, à la composition des eaux, ...etc., des différents types d'inondations aient lieu. ([Tab.8](#)).

L'occurrence des inondations a augmenté à partir des années soixante en parallèle avec la propagation du phénomène d'urbanisation dans le monde. Cette période de l'histoire est marquée par la décolonisation dans les régions d'Afrique, d'Asie, d'Amériques centrales et du sud et dans les caraïbes. Ces pays fraîchement fondés connaissent une augmentation de la population urbaine sans précédent semblable ou qui dépasse celle des pays développés enregistrée un siècle auparavant. Contrairement aux pays développés, l'urbanisation dans les pays en voie de développement était souvent incontrôlée et spontanée, et par conséquent, un facteur des risques d'inondations. Le graphique ([Graphe.2](#)) suivant, montre l'occurrence des inondations en parallèle avec l'évolution du taux d'urbanisation dans le monde.

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. 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.	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 insuffisants pour contenir toute l'eau. L'imperméabilité des sols urbains augmente le débordement des cours d'eau, et des réseaux d'assainissement.	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.
Inondation par remontée de nappe phréatique	Inondation par rupture accidentelle d'ouvrages de retenue d'eaux	Inondation subite ou éclaire
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 recharge ment 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

Depuis le 19^e siècle, l'urbanisation dans des zones à risque d'inondation est accompagnée de solutions structurelles de gestion d'inondations, se basant sur des aménagements de protection

adéquats. Lorsque l’urbanisation est anarchique ou spontanée, cette vulnérabilité est plus accentuée et généralisée, car les solutions de gestion sont souvent absentes, défectueuses ou non respectées.

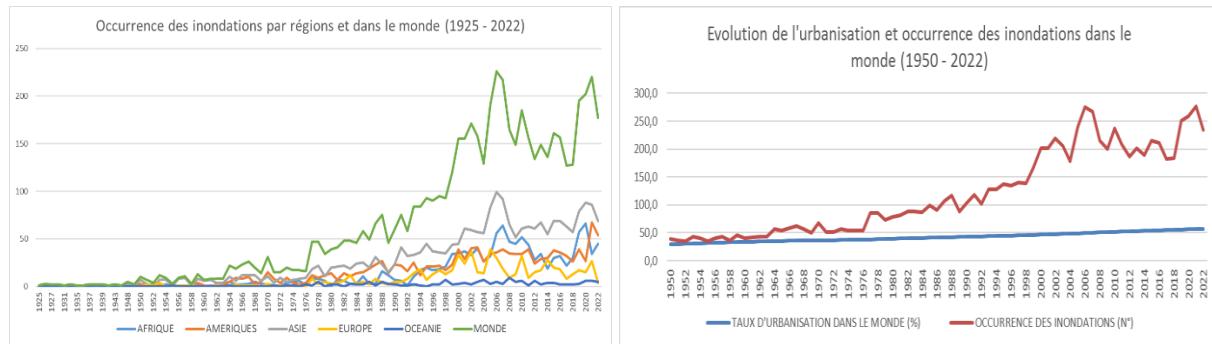
L’intensité et la fréquence des inondations varient d’une région à une autre, selon les différents facteurs et selon les solutions qui les accompagnent et selon l’ampleur des dégâts matériaux et humains causés. D’après des statistiques de EM-DAT, les régions les plus touchées sont celles en développement d’Asie, d’Afrique et d’Amériques du sud et centrale. Les régions du monde développé, ne sont pas épargnées par les inondations, mais avec moins de dégâts corporels et matériels causés.

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 conséquences des inondations diffèrent selon leur typologie. Lors d’une inondation fluviale et de plaine, les pertes corporelles causées par la crue elle-même sont peu fréquentes, sauf lorsque celle-ci est chargée de substances solides au point de devenir une eau boueuse, surtout lorsque le temps d’alerte, court, ne permet pas l’évacuation. En revanche, suite au temps long que prend la décrue, des problèmes sanitaires et des maladies à transmission hydrique peuvent apparaître. Dans ce type d’inondation, les pertes économiques et matérielles sont souvent conséquentes. Les caractéristiques des inondations pluviales urbaines liées aux hauteurs de submersion dépassant des mètres, ajouté à la montée rapide des eaux, et aux eaux souvent chargées de débris divers et avec une vitesse d’écoulement importante font que des dégâts considérables, humains, matériels et économiques, structurels et fonctionnels, sont causés. Les inondation estuarienne et côtière sont rares d’avènement, mais avec des effets matériels et économiques graves, car elles touchent des endroits littoraux souvent fortement anthropisés. Par ailleurs, les pertes humaines sont moins importantes, car ces inondations sont lentes et le temps d’alerte est assez long et permet l’évacuation des personnes. 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 engloutie les espaces voisins. Sa dangerosité réside dans son effet de surprise, la

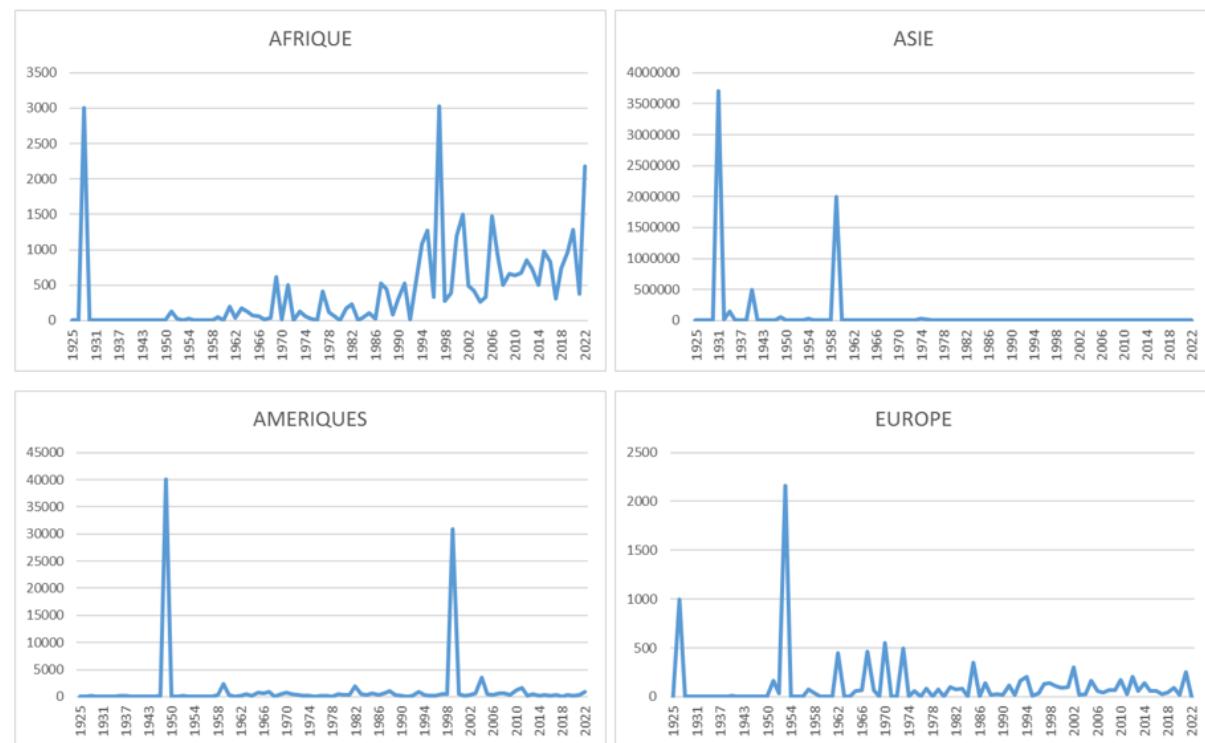
rapidité de son courant et dans les substances que l'eau peut emporter avec elle. Les enjeux humains et matériels sont grands dans ce cas. C'est aussi de même pour les inondations subites ou éclairées vu les volumes considérables d'eau et la vitesse élevée du courant.

Graphique I.3.2.-.3 – Statistiques sur 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

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 distinction entre les périodes anciennes et la période moderne en matière de l'exposition aux catastrophes ne se rapporte pas uniquement à la récurrence des catastrophes et aux dégâts causés qui ont remarquablement augmentés. Elle se rapporte aussi aux résistances que les catastrophes opposent à toutes formes de rationalisation ou de régulation, qui pourrait les rendre acceptables, comme fut le temps auparavant ([Fabiani, 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 MTH et d'aléas anthropiques dans un certain cas (ex : électrification). C'est ce que nous appelons, les risques associés ou les risques hybrides au risque inondation.

II.2.1. Le risque mouvements de terrains :

Lagacé (2013) la définit comme le transport du sol sous l'action des eaux et du vent : Érosion = Arrachement → Transport → Sédimentation. ([Lagacé, 2013](#)). Les glissements sont classés comme humides³ lorsqu'ils sont produits suite à l'effet des eaux, et classés comme secs, lorsque l'eau ne rentre pas dans les facteurs du déclenchement. Ainsi, le mouvement de terrain humide est le détachement des particules du sol par l'impact des eaux, du transport de ces particules par le ruissellement, et de l'évolution morphologique de la surface ([Bou-Kheir et al., 2008](#)). Il se produit lorsqu'il y'a insuffisance de la résistance au cisaillement, sur la surface superficielle ou les surfaces profondes d'un sol ([Varnes, 1978](#)).

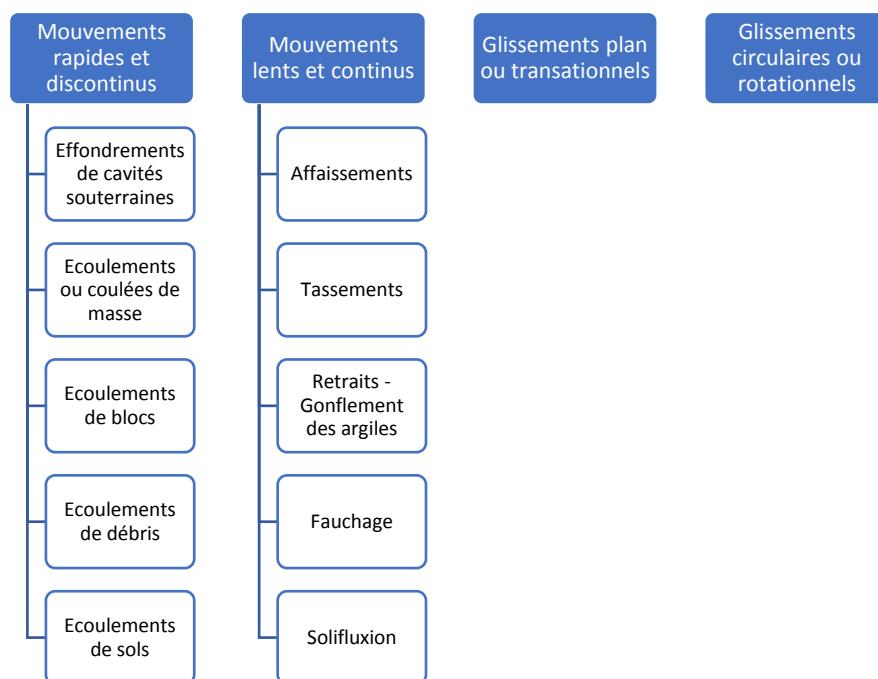
Le glissement humide a lieu lors des phénomènes pluvieux ou lorsque le cours d'eau déborde. Suite à la présence de facteurs naturels comme la lithologie favorable au glissement, les rives pauvres en végétations, dénudées de leurs végétations, ou avec une végétation non résistante aux glissements, la morphologie du terrain, principalement lorsque la pente est importante. L'hydrologie est un des facteurs fondamentaux des glissements humides. Un glissement est provoqué lorsque des quantités d'eau sont stockées dans le sol pendant une période prolongée. Le glissement provient selon la sensibilité de ces sols à l'eau, qui dépend de la composition

³ L'érosion sèche qui se produit dans l'absence de l'eau, ne nous intéresse pas dans ce travail.

lithologique des sols. L'eau déclenche les glissements de plusieurs manières. Un glissement peut se déclencher par les actions de l'eau suivantes⁴ :

- L'accroissement 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 ;
- 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, provoqués par l'écoulement des eaux souterraines.

Schéma I.3.4 – Typologie des mouvements de terrain



Source – Réuni par l'auteure, 2023

Ajouté aux facteurs naturels, des facteurs anthropiques d'urbanisation et d'intervention sur le sol, qui peuvent avoir des effets sur la stabilité des terrains. Les constructions alourdissent le poids qui pèse sur les sols, ce qui peut affaiblir sa stabilité, surtout lorsque des constructions sont implantées en aval du versant, ce qui pèsera aussi sur la stabilité en amont. La modification

⁴ Dans le cas des glissements secs, des facteurs déclencheurs non hydrologiques peuvent intervenir.

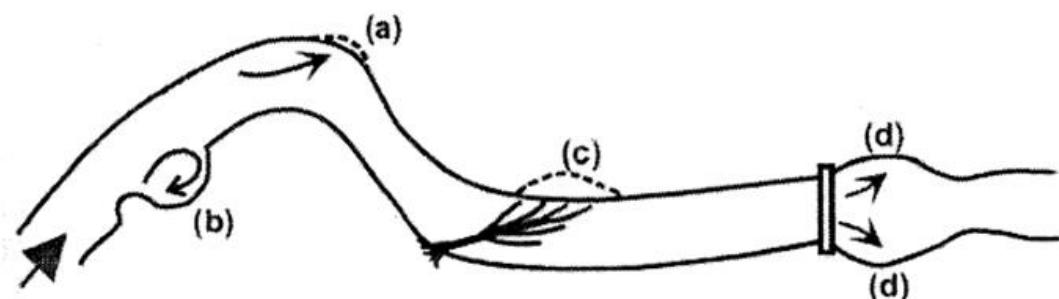
de la structure naturelle des pentes, par la formation de pentes et terrasses artificielles, peut aussi faire office de facteur d'affaiblissement de la résistance des sols au glissement. Les écoulements d'eau artificiels et modifiés de leur courant naturel, qu'ils soient par ruissellement, ou par irrigation et arrosage, ont le même effet. Les déboisements volontaires ou involontaires qui entraînent la disparition des racines végétales, réduisent autant la stabilité des sols.

Les glissements 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](#)).

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 affecte 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 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



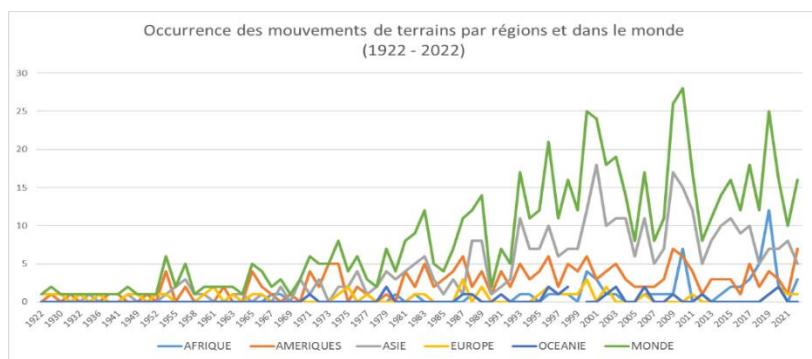
(a) : érosion dans une courbe ; (b) : érosion par courant de retour ; (c) : érosion par courant réfléchi dû à un arbre tombé ; (d) : érosion par dissipation d'énergie à l'aval d'un seuil.

Source – D'après Degoutte, 2006

Pour tous les types de mouvements de terrains et de même que pour les inondations et autres aléas, l'occurrence de l'aléa mouvements de terrains à connu une accélération à partir des années 1960 qui correspond à la période de l'accélération du mouvement d'urbanisation dans le monde.

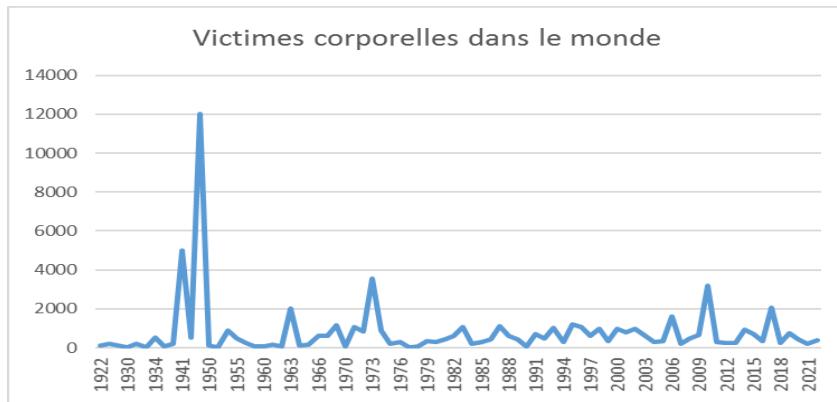
Selon leur typologie, les mouvements de terrains ont de graves conséquences sur les sociétés, leurs habitants et leurs infrastructures fonctionnelles et structurelles. Les mouvements de type rapide engendrent des conséquences corporelles. Les mouvements de type lent, engendrent quant à eux des conséquences 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](#)). 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), estimait 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

Il en résulte des mouvements de terrains, des phénomènes de nature hydraulique avec des effets qui peuvent dépasser ceux de l’action du glissement ([Léone et al., 2010](#)).

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 santé⁵ d’individus, exposés directement ou indirectement à des eaux potables ou non potables de qualité médiocre ([OMS, site web officiel consulté en 2023](#)).

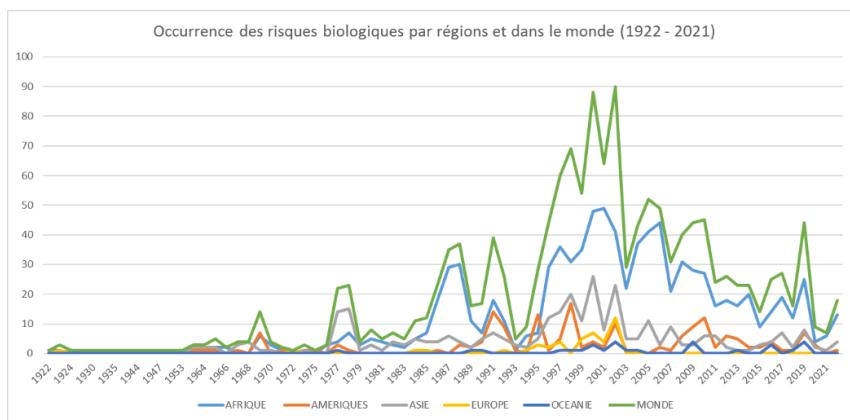
Les principaux facteurs des MTH sont liés à la contamination des eaux potables dans des puits, ou l’eau d’alimentation transportée par tuyauterie contenant des substances contaminantes dangereuses pour la santé. Lors de ses travaux, et après avoir confirmé le lien entre maladies et consommation d’eau contaminée, Louis Pasteur déclara, en 1881 : « *Nous buvons 90 % de nos maladies* ». Mais pas que ça, la contamination d’eau non potable est aussi source de MTH. Cette dernière contamination touche les eaux brutes et sauvages des rivières, cours d’eau, mers ou océans, par pollution anthropique d’origine industrielle, ménagère ou agricole. Par exemple, les réseaux d’assainissement peuvent être source de pollution des eaux potables et des eaux sauvages. La contamination peut se faire par contact avec les réseaux d’eaux AEP, ou par contact avec des eaux souterraines et de surface. Quand l’eau usée fuit dans le sol ou déborde sur la surface, elle devient facteur de MTH.

⁵ L’OMS définit la santé comme étant le bien-être physique, mental et social, qui dépasse l’absence des maladies.

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 mélange 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 rangeurs 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 et très pauvres, ce qui rend la possibilité de contamination par les 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 augmenté à partir des années 1960, qui coïncide avec l'accélération du processus d'urbanisation dans les différentes régions du monde. 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. ([Graphe.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

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
	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
		Schistosomiases	Eau souillée par des excréments contaminés
	Parasitaire	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.
Chimique	Nitrate	Méthémoglobinémie	Contamination de l'eau brute ou traitée ou transportée.
	Fluorose	Fluorose aigue, 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

Les MTH regroupent une multitude de maladies qui ont toutes pour point commun d'avoir le même mode de 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](#)).

Ces maladies sont à l'origine d'enjeux corporels colossaux. Toujours d'après l'OMS, (30 %) de personnes meurent chaque année suite d'une contamination biologique ou liée aux différentes pollutions des eaux. Environ 1.7 millions de décès sont attribués aux MTH chaque année dans le monde ([OMS, 2002 ; 2003](#)). L'année 1990 a enregistré, à elle seule, 5 millions d'enfants décédés de MTH ([OMS, 1991](#)).

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

Le terme de l'écologie est introduit par Troll (1939), et s'est développé en écologie urbaine à partir des années 1980, grâce à de nombreux travaux. L'expression combine la dimension spatiale des sciences humaines (aménagement du territoire, géographie et architecture), et la dimension fonctionnelle de sciences naturelles (écologie, zoologie ou botanique) ([Bourgeois,](#)

2015) et s'appuie sur l'étude des interactions entre activités humaines et le paysage naturel (Turner et al., 1989). Son objectif est de trouver les moyens pour permettre la coexistence entre les espèces naturelles et l'espèce humaine dans les milieux urbains (Marzluff et al., 2008).

La ressource en eau reste le maillon faible des interactions entre l'urbanisation et la nature. Les cours d'eau sont les plus confrontés aux disfonctionnements écologiques, de dégradation biologique, hydrologique et morphologique. Des disfonctionnements résultent de nombreuses pressions comme les pollutions, et les altérations physiques (Villeneuve, 2016).

Un des plus importants défis auxquels les cours d'eau font face, aujourd'hui, est la pression exercée sur eux, par pollution de ces derniers. A partir de la période de la révolution industrielle, les sociétés ont connu un bouleversement dans les modes de consommation et dans les activités anthropiques, qui jusqu'à lors étaient primitives et ne génèrent que peu de déchets principalement organiques et donc biodégradables. Aujourd'hui, la civilisation humaine moderne qui se caractérise par un mode de vie de consommation intense engendre des déchets de toutes sortes et de toutes natures.

La conscience face à ce phénomène a débuté à partir des années 1950 suite à la relance économique, sociale et urbanistique, après la deuxième guerre mondiale (Helmer, 1990). En revanche, le problème de la pollution a connu une autre échelle depuis la deuxième moitié du 20^{ème} siècle avec l'expansion industrielle et urbanistique sur tous les continents et tous les pays. 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).

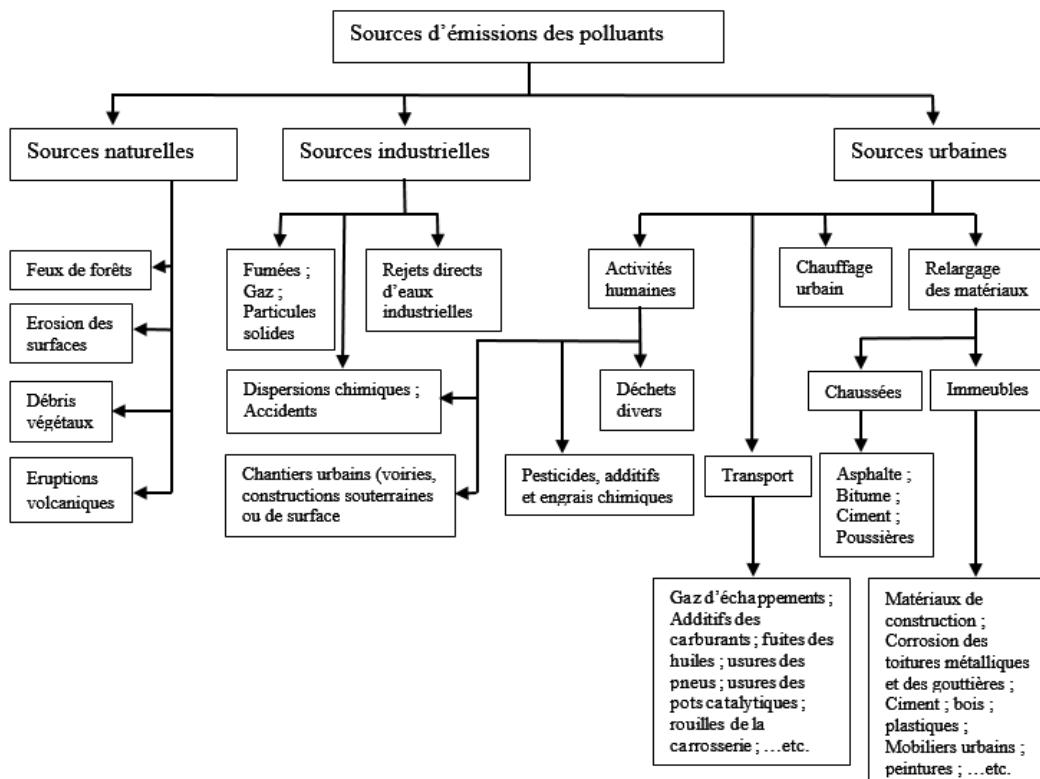
L'agriculture, l'industrie, la construction, l'extraction des matières premières, les transports mécaniques, ...etc., sont toutes des activités génératrices de déchets. Ces derniers s'accumulent dans les sols, les aires, et les milieux aquatiques.

Les principales sources de pollution par les activités urbaines sont comme définies par (Thierry et al., 2001), qui ont spécifié cinq grandes catégories de surfaces urbanisées 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, les milieux construits. (Thierry et al., 2001).

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 déglaçant 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 utilisaient dans la plupart du temps des produits chimiques nocifs et rejetaient des déchets aussi nocifs également. Les déchets industriels sont nombreux et diversifiés et diffèrent d'une industrie à une autre. Les activités industrielles les plus polluantes restent les hydrocarbures, les stations nucléaires, les produits chimiques et pesticides, les textiles, les matériaux de construction et bâtiment, l'agro-alimentaire, ...etc. Les incendies ou les explosions peuvent causer de graves pollutions lorsqu'ils se produisent dans des sites avec des produits toxiques et pollueurs.

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



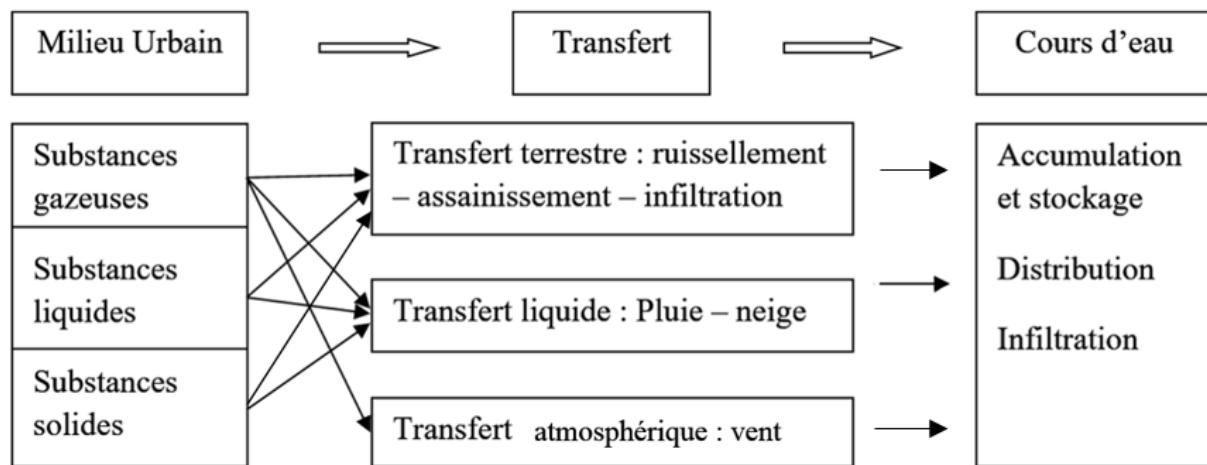
Source – D'après Zgheib, 2009 ; modifié et complété par l'auteure, 2023

Ajouté à ça, la pollution peut se faire par les surfaces naturelles et agricoles situées en ville ou à proximité de la ville. Dans ce cas, les rejets sont soit des rejets verts inertes composés de résidus verts comme les feuilles d’arbres, des restes des légumes et fruits, …etc., ou des restes d’animaux, soit des résidus des matières minérales comme des résidus solides, ou encore des résidus gazeux (gaz d’éruption volcanique). Les déchets naturels sont assimilables aux déchets domestiques et municipaux inertes et ils ne représentent pas de dangers particuliers pour l’environnement ou les êtres vivants. Une grande partie de ces déchets est recyclée par sa réutilisation comme engrais écologiques dans l’exploitation agricole ou dans l’espace naturel. Par contre, ils représentent des dangers pour les cours d’eau, dans la mesure où le ruissellement peut porter les substances dans les cours d’eau et rendre ces derniers surchargés de matières en suspension. Suite à ça, la pollution par matières en suspensions cause la désoxygénéation des eaux, asphyxie de la faune et discontinuité écologique. Pour les rejets chimiques issus des surfaces agricoles, ils sont composés de pesticides, et engrais chimiques qui sont très dangereux lorsqu’ils sont utilisés à des taux élevés. Les déchets agricoles peuvent être dangereux quand il s’agit des produits à bases chimiques comme les engrais qui, au contact des eaux d’irrigation et de pluies, ces déchets chimiques ruissent ou s’infiltrent dans les couches souterraines et provoquent la pollution des eaux de surface et des nappes. Ceci a des répercussions graves sur la disparition de la biodiversité, principalement celle des insectes et oiseaux.

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 transfert des polluants solides se fait par le rejet direct des polluants dans les cours d’eau ou à leur proximité, ou lors du port 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 pluies pour s’abattre sur les surfaces terrestres, avant d’être ruisselée vers les cours d’eau et les eaux souterraines.

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.

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



Source – Auteure, 2023

Les rejets liquides altèrent la physico-chimie des eaux en réchauffant ces dernières, ce qui provoque le problème d'eutrophisation, d'appauvrissement de la biodiversité et d'évaporation des eaux. Les matières en suspension qui donnent à l'eau la couleur noirâtre empêchent le soleil de pénétrer dans l'eau, diminuent l'opération de photosynthèse et ainsi la régénération de l'oxygène dans le milieu (désoxygénéation des eaux). La diminution des concentrations en oxygène est due à la pollution par les matières en suspension qui arrivent dans le cours d'eau par ruissellement ou rejet ponctuels des eaux usées et des eaux municipales et pluviales. La pollution par les gaz dissous 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 perturbations des cours d'eau par pollution peuvent avoir trois natures : physico-chimique, biochimique et biologique ([Valla, 2007](#)). Le tableau ([Tab.10](#)) suivant fait la synthèse des impacts des polluants sur les composants d'un cours d'eau et le milieu urbain.

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 à 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 espace déterminé et limité spatialement. 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 l’intervention et 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 la normal avec une bonne qualité écologique est impossible.

Les altérations sur les cours d’eau se font par modifications physiques sur ces derniers. Comme l’artificialisation des forêts pour faire de l’agriculture, ou l’artificialisation des terres pour construire des villes ; l’artificialisation des cours d’eau signifie aussi 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 plusieurs interventions physiques lorsque des aménagements sont mis en place sur les rives ou à l’intérieur du cours d’eau, comme les constructions des digues, barrages, ...etc., ou bien lors des interventions par les prélevements de sables et des eaux des cours d’eau, par le dénuement des berges de leurs végétations, et par l’imperméabilisation des sols dans le bassin versant.

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

Conséquences sur les cours d’ eau	Conséquences sur l’ hydrologie	Augmentation de l’intensité des inondations dans le temps et dans l’espace. -Diminution du temps de réponse des bassins (Schmitt et al. 2007) ; -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 (Gnouma et Breil, 2006), et en corollaire limitation des apports solides à la rivière. (Schmitt et al. 2007).
	Conséquences sur la 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 ;

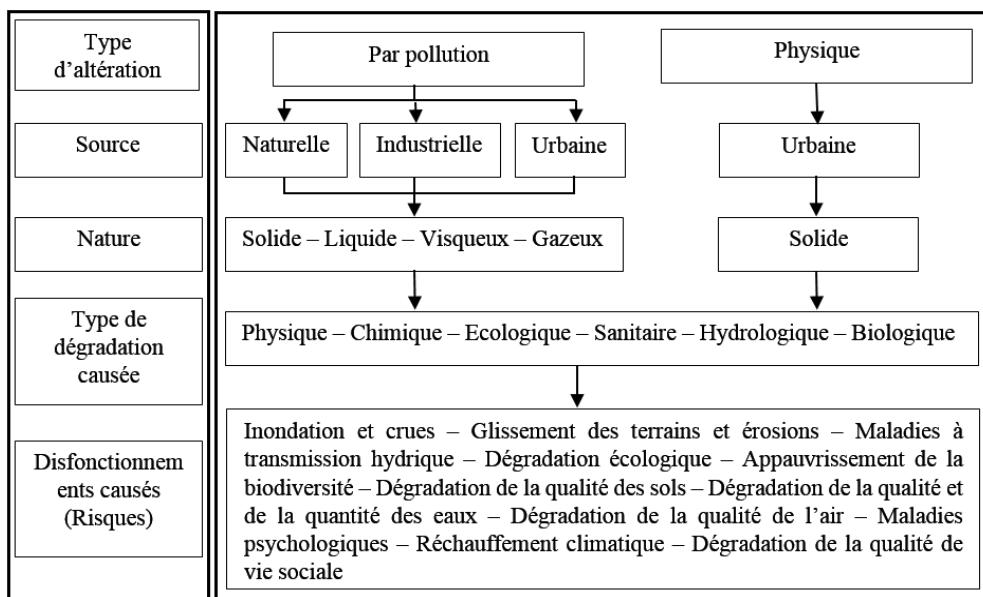
(Suite)

Conséquences sur la ville	Conséquences sur la 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 ; (Burton et Pitt, 2001) ;
	Conséquences sur la biocénose	Accumulation des polluants dans les chaînes alimentaires ; (Mulliss et al., 1994 ; Angerville, 2009) ;
	Conséquences sur la biodiversité	-Augmentation de la mortalité de certaines espèces animales ou végétales jusqu'à parfois les faire disparaître ; (Zerrouki, 2012) -Altérer les capacités physiologiques des espèces en faune et flore ;
	Conséquences sur le microclimat	Réchauffement du microclimat de la ville ;
	Conséquences économiques	-Problèmes esthétiques suite à l'augmentation de la turbidité, apport de solides flottants. (Angerville, 2009) -Conséquences sur le côté esthétique de la ville ; -Conséquences sur le tourisme, le transport maritime, la pêche, l'agriculture ;
	Conséquences sanitaires	La pollution n'affecte pas seulement la faune et la flore aquatique mais aussi la santé et la vie humaine, d'après une recherche de (Chacot, 2014), il y'a 8 millions de décédés par an et dans le monde dû à la pollution de la qualité des eaux. -Maladies, épidémies causées par le contacte directe (baignade) ou indirecte (pêche) -Victimes corporelles dans le cas d'inondations provoquées par la pollution.

Source – Réuni par l'auteure, 2023

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, à titre d'exemple ; les espèces en poissons et en végétations adaptées aux eaux courantes ne pourront pas vivre dans des eaux stagnantes, et les poissons migrateurs ne pourront pas compléter leur cercle de vie qui consiste à faire la navette de l'intérieur à 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, ...etc., 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'eaux et la suppression des zones humides est dû 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...etc. L'imperméabilisation des sols empêche l'infiltration des eaux et le rechargeement des nappes souterraines et il est prouvé dans plusieurs exemples que la surexploitation d'une source d'eau fini par la faire disparaître ou diminuer ses réserves en d'eau. L'imperméabilisation des sols et la surexploitation des eaux sont dues à la croissance urbanistique et à la concentration démographique dans les villes ([CFSI, 2018](#)). Des exemples d'assèchement des zones humides superficielles à cause des interventions humaines existent. L'assèchement peut être définitif, saisonnier ou temporaire.

Comme nous pouvons constater dans le schéma ([Schéma.7](#)) ci-dessous, l'aléa environnemental et écologique peut accentuer, ou provoquer d'autres aléas suscités comme les inondations, les glissements et les MTH.

Conclusion du chapitre

Nous ne pouvons pas considérer un phénomène naturel ou anthropique comme phénomène à risque sauf s'il constitue un préjudice quelconque pour la santé de l'homme, ou l'équilibre de son existence. Dans ce chapitre nous avons vu que l'homme est un enjeu et en même temps une source pour de nombreux risques. Il en est de même pour les espaces urbanisés structurels ou fonctionnels. Les espaces naturels de cours d'eau ne sont pas différents, non plus. Avec ces trois sources suscitées et le réchauffement climatique, les risques rivulaires deviennent des phénomènes plus fréquents et plus intenses.

Les inondations sont de plus en plus dévastatrices et sont à l'origine d'enjeux lourds sur les plans humains et socio-économiques. Cet aléa peut souvent être à l'origine d'autres risques naturels et artificiels. Les inondations sont souvent suivies de glissements et d'érosions, de pollutions qui provoquent des risques sanitaires et écologiques.

Les glissements humides ne provoquent pas autant de dégâts que les inondations, mais ils restent un phénomène dangereux qui affecte beaucoup de régions dans le monde. Les pollutions diverses sont des facteurs de risques anthropiques et naturels qui frappent les zones urbaines. Ils sont source de maladies, de malaise social et environnemental et ne concernent pas que les endroits géographiques où ces derniers sont jetés. Leurs effets sont parfois, ponctuels et temporels, mais souvent, ils ont une ampleur régionale pour ce qui est des pollutions des eaux, des sols, et planétaire quand il s'agit de la pollution de l'air et la diffusion des gaz à effets de serre.

Ces risques qui exposent les environnements naturel et urbain nécessitent des réflexions pour minimiser leurs effets sur le climat, la biodiversité, la santé humaine et la salubrité des milieux urbains. D'autre part, certains risques sont invisibles par ignorance, manque de connaissances ou par non prise en compte des risques émergents, nécessitent de s'efforcer de les rendre visibles ([Mérian et al., 2018](#)). Les rendre visibles signifie une meilleure compréhension, une meilleure prévention et prise en charge et une meilleure adaptation et résilience.

CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE :

L'étude théorique et conceptuelle a permis de faire la lumière sur toute la terminologie à utiliser dans les parties suivantes. Grace à cette partie, nous comprenons ce que « urbanisation ou cours d'eau, risque ou vulnérabilité » veulent dire. Nous comprenons leur signification, leur origine et évolution, ainsi que leur état de fait et situation actuelle. Nous comprenons les problématiques qu'ils posent, les difficultés qu'ils rencontrent et les bienfaits qu'ils offrent. Au-dessus de tout, cette partie nous a permis d'expliquer les liens entre deux éléments importants qui se croisent dans les milieux : les cours d'eau et le phénomène d'urbanisation, et comment les interactions entre ces deux éléments influent sur l'avènement des phénomènes de risques.

Suite à ce travail, nous avons pu constater les effets désastreux des phénomènes d'urbanisation sur les cours d'eau, et en contrepartie, les effets néfastes des cours d'eau sur les espaces urbains. Nous avons confirmé que la qualité de la nature et l'urbanisation ont toujours été contradictoires. ([Gubry, 1996](#)).

Néanmoins, nous avons montré comment le regard vers les cours d'eau a évolué dans le temps. Après des actions d'exclusion, des opérations d'intégration et d'adoptions sont entreprises. Depuis plus d'un siècle, des techniques et des théories d'urbanisation tentant de réduire les effets mutuels suscités et de réduire les catastrophes qui en découlent, sont entamés.

Après avoir mis le présent travail dans son contexte théorique, le temps est de le mettre dans son contexte méthodologique et épistémologique. La partie suivante sera orientée dans ce sens.



PARTIE. II.

CHARNIERE

Cadrage méthodologique et contexte du terrain



"If the technique without the theory is blind, the theory without the technique remains impotent"

Guay, 2001.

"Study the past if you would divine the future"

Confucius, 551 BC - 479 BC.

INTRODUCTION DE LA DEUXIÈME PARTIE

Si la technique sans la théorie est aveugle, la théorie sans la technique reste impuissante ([Guay, 2001](#)).¹ Connaitre la technique associée au volet théorique avancé dans la première partie va décerner le thème dans ces deux volets théorique et pratique. C'est ce qui fait de cette partie une partie intermédiaire entre les deux autres : théorique et pratique. Elle peut être considérée comme une partie « pré-pratique », ou une étape « post-théorique » complémentaire et une suite logique à cette dernière.

La partie que nous avons appelé « charnière » est indispensable car ; sans elle ; nous ne pouvons pas passer directement de la partie théorique à la partie pratique. Elle sert de partie intermédiaire et de liaison entre ces deux dernières. Son objectif est d'associer des techniques et des méthodes pratiques à la première partie théorique. D'autre part, elle géolocalise et analyse la zone d'étude, en décortiquant ses différentes composantes naturelles et anthropiques auxquelles le travail pratique sera appliqué.

De même que pour la première partie, dans la deuxième partie nous avons utilisé la méthode de recherche géo-historique pour faire la synthèse des méthodes d'évaluation de la vulnérabilité, et pour faire l'analyse urbanistique, naturelle et sociale de la zone d'étude. Cette partie est divisée en trois chapitres :

Chapitre 4. Il fait la synthèse des principales méthodes et approches d'évaluation de la vulnérabilité. Il explique les choix du positionnement épistémologique dans le présent travail.

Chapitre 5. Son objectif est de faire une lecture de la zone d'étude et de démontrer l'état de fait des composants du système urbain. Les composants visés sont ceux en lien avec une éventuelle vulnérabilité aux risques rivulaires. Nous allons nous focaliser sur les trois dimensions, à savoir : la dimension physique artificielle, la dimension humaine et socio-économique et la dimension naturelle.

Chapitre 6. Il se focalise sur la décortication des phénomènes de risques qui touchent la zone des d'étude avec un intérêt pour les risques rivulaires.

¹ Traduction personnelle de : " *if the technique without the theory is blind, the theory without the technique remains impotent*". ([Guay, 2001](#)).

PARTIE II.

CHAPITRE 4.

Etat de l'art et positionnement épistémologique

« 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

Entamer n’importe quel travail de recherche scientifique nécessite d’acquérir des connaissances liées aux champs et principes méthodologiques, et de s’informer sur l’ensemble des méthodes et approches scientifiques utilisées dans le contexte du thème étudié. Ceci se fait par la recherche bibliographique et le déchiffrage des travaux antérieurs qui cernent les différentes approches d’analyses, d’où l’utilité de ce chapitre qui va tenter de répondre à une interrogation principale de n’importe quel travail académique, et qui peut être articulée comme suit :

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

Partant de cette idée, le présent chapitre tente de faire la lumière sur les différentes méthodes techniques reconnues et les approches d’analyse applicables à la recherche sur les rapports urbanisation / cours d’eau dans un contexte de risques et de vulnérabilité.

Les thèmes de recherche qui s’intéressent aux interactions entre les milieux naturels et les milieux urbains sont vastes et composés. Leur étude nécessite une ou des approches capables de cerner la complexité des phénomènes et la diversité et multiplicité des éléments rentrants dans leurs composition. Autrement dit, une approche d’analyse qui se veut pluridisciplinaire et diversifiée, adaptée à la largeur et diversité du thème.

Ce genre de thèmes, font appel à une étude bipolaire : spatiale et sociale. Par le contexte spatial, nous entendons les volets physiques : urbanistique et naturel, composants l’espace étudié. Par le contexte social nous faisons référence aux activités, comportements sociaux, politiques et méthodes de gestion, appliqués à l’espace. Ces deux pôles sont aussi dits : aléas et vulnérabilités.

Ainsi, le chapitre expose les approches jugées adaptées au présent thème, appuyé par une argumentation tirée des travaux antérieurs similaires. Une fois les choix méthodologiques cernés, le chapitre positionne épistémologiquement le thème étudié et expose les détails de la méthodologie à suivre lors de la prochaine partie (Partie III : Pratique). Ceci répond à l’objectif de ce chapitre qui est de cerner le cadre méthodologique le plus adapté à solutionner scientifiquement la problématique avancée ([Boutabba, 2013](#)) dans la partie introductory du présent travail.

I.

APPROCHES ET MÉTHODES DE RECHERCHE EN EVALUATION DE LA VULNERABILITÉ

Jusqu’à des époques non loin de la nôtre, les risques et catastrophes sont entamés dans un contexte de divinité et de volonté suprême à laquelle il faut se plier. Les premières études académiques sur les risques ont eu lieu à partir des années 50 aux USA, et ensuite dans le reste du nord-américain. Elles avaient pour objets l’étude des risques liés à la guerre froide, pour s’élargir plus tard à l’étude des risques naturels (Robert, 2012). Limités au contexte physique des phénomènes au début ; à savoir les aléas, le volet social des risques (la vulnérabilité) est ensuite intégré par les géographes.

Avec le développement théorique, technique et numérique, d’autres approches donnent au risque une représentation plus globale et élargie, pour le définir comme un ensemble d’éléments naturels et anthropiques, qui sont inséparables et en permanentes interactions. Autrement dit, il est le résultat des liens entre des espaces naturels et les sociétés qui les occupent et les façonnent. Ainsi, l’étude des risques réfère à l’étude des relations : nature / anthropisation. Dans ce cas de figure, la nature déterministe du risque s’oppose à la vision classique qui se résume aux deux éléments : l’aléas et la vulnérabilité (les enjeux) (November, 2002), d'où les nouvelles approches plus représentatives du risque dans la complexité de ces compositions physiques et morales.

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 (Colin, 2007). C’est à la fin du dernier siècle que des géographes et sociologues se penchent sur l’étude de la vulnérabilité. (Colin, 2007). Parmi eux, nous citons, à titre d’exemple : (Fabiani, Theys, 1987) ; (Kervern, 1995) ; (Thouret, D’Ercole, 1996) ; (Pigeon, 1996, 2005) ; (Lalo, 1999) ; (Bourrelier, Deneufbourg et De Vanssay, 2000) ; (Guigo, 2002) ; (Provitolo, 2002) ; (Dauphiné, 2003) ; (Veyret, 2004) ; ...etc.

Puisque la connaissance des aléas et de la vulnérabilité est en inégalité (Provitolo, 2007), et que l’étude d’aléa est abondante dans la littérature, nous allons ; dans ce travail ; nous concentrer sur l’étude de la vulnérabilité. Ainsi, ce chapitre se focalisera exclusivement sur les approches et les méthodes d’étude de la vulnérabilité aux risques.

L’état de l’art présenté dans ce chapitre est principalement basé sur les travaux de : (D’Ercole, 1995 ;1996) ; (Thouret, 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 de l’évaluation de la vulnérabilité.

Les approches d’étude de la vulnérabilité ont connu deux principales évolutions. 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. (Liverman, 1990 ; Blaikie et al., 1994 ; Chardon et Thouret, 1994 ; Thouret et D’Ercole, 1996 ; Weichselgartner et Bertens, 2000 ; Cutter et al., 2003 ; Wisner et al., 2004) ; ...etc.

Une synthèse des différences entre les deux approches est exposée dans le tableau qui suit.

Tableau II.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) : un problème difficile se résout par la décomposition de chacune des difficultés observées au maximum de parties nécessaires pour les résoudre (Descartes, 1637, éd 2006). Les difficultés à décomposer sont soit des éléments physiques, soit des éléments fonctionnels ou bien des processus naturels ou artificiels. Ses éléments d'étude sont des causes directes ou indirectes d'une situation de crise (Léone, 2007 ; Barroca et Hubert, 2008), et se fonde sur les essais physiques, les expertises, les retours d'expérience et les connaissances antérieurs.

Cette approche, peut être rétrospective ou prospective (Rifai et al., 2014). Dans le premier cas, elle est bâtie sur des retours d'expériences, et dans le deuxième cas, elle se fonde sur l'étude de l'évolution temporelle de la vulnérabilité à travers la réalisation de scénarios diachroniques (Bouchon, 2007 ; Rifai et al., 2014). Elle peut aussi être qualitative ou quantitative (Leone, 2007). Dans tous les cas, les résultats à obtenir sont des cartographies à une échelle globale ou individuelle. (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 évènement catastrophique et évalue les pertes que subi chaque enjeu après le passage d'un aléa (Colin, 2007). La nature des enjeux est définie par une classification sectorielle (Tab.2).

Tableau II.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 Léone 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 de vulnérabilité biophysique et de vulnérabilité sociale (Reghezza, 2006 ; Roberts et al., 2009).

C'est pourquoi cette approche renferme plusieurs perspectives sectorielles d'approches de la vulnérabilité aux risques naturels ou anthropiques. Il s'agit, entre autres, d'approcher la vulnérabilité selon une perspective sectorielle : biophysique, socio-écologique, politico-économique :

Perspective biophysique : ce sont les composantes physiques de l'aléa qui détermine l'exposition à un phénomène dangereux. Les composantes physiques d'un aléa sont : la fréquence, la durée, l'occurrence, la magnitude, ...etc. Ainsi, cette perspective retient les quantités et les taux des dommages occasionnés par un aléa. La vulnérabilité est alors définie en terme du nombre de victimes corporelles, de coûts monétaires, ou de préjudices écologiques. Dans ce cas, les influences sociales sur la catastrophe ne sont pas prises en compte pour évaluer la vulnérabilité ([Veyret et al., 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 al., 2008](#)).

Perspective socio-écologique : elle met l'accent sur l'influence de la société humaine sur la nature et les conséquences de la dynamique environnementale sur les humains et leurs activités ([Cardona et al., 2012](#)). Ainsi, elle suggère de considérer les composantes sociales humaines et naturelles écologiques pour évaluer la vulnérabilité ([Birkmann et al., 2013](#)). C'est pourquoi, elle prend la définition de la combinaison entre les deux composantes suscitées.

Dans ce cas, les facteurs (composants) sociaux sont : le niveau de développement d'une société, les revenus des familles, l'origine, le genre ou l'âge, ...etc.

Perspective politico-économique : ce sont les composantes socio-économiques et politico-administratives qui font la vulnérabilité. Elle intègre les composantes de l'organisation politique, institutionnelle et administrative, qui sont une production des activités et 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), à cause de l’absence de compatibilité entre les résultats sectoriels qui peuvent être obtenus (Héran, 2011). 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, et 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. (Colin, 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 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, ...). Cette approche cartésienne ne prend pas en compte les divergences des systèmes urbains, ni des interactions et 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 en cause pour que cette approche montre plus de limites avec les changements climatiques qui se produisent et l’intensification des aléas qui s’en suivent (Woloszyn et Quenault 2013). Sachant que cette approche est plus basée 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 déterminé. Ainsi, son utilisation est heurtée par la difficulté qu’il y a à généraliser son application dans différents terrains de recherche (Provitolo, 2007). Il est impossible à 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 ou la psychologie.

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 un ensemble d’éléments en lien les uns avec les autres et qui forment un tout homogène ([Stoner et al., 1996](#)). C’est un tout qui peut être séparé et dont les éléments sont liés et en interaction ([Valmin, 1999](#)). C’est un ensemble d’éléments, comme des composantes matérielles, humaines ou procédurales, qui sont en interaction et interconnectivité ([Villemeur, 1988](#)). C’est un ensemble de composants organisés en fonction d’un objectif et en interaction dynamique ([Rosnay, 1975](#)).

Les propriétés d’un système, les informations qu’il donne et les fonctions et objectifs qu’il accomplit sont différents des propriétés, des informations et des fonctions et objectifs de ces éléments composants. Des éléments semblables, associés différemment, forment plusieurs systèmes avec des fonctions différentes, combien même les fonctions de chacun des composants retenus séparément restent les mêmes et inchangées.

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 stable, 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, 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.

S'y ajoutent aux interactions, des propriétés extérieures comme le facteur humain, le facteur temporel, le facteur des données, et celui des conditions extérieures du fonctionnement du système.

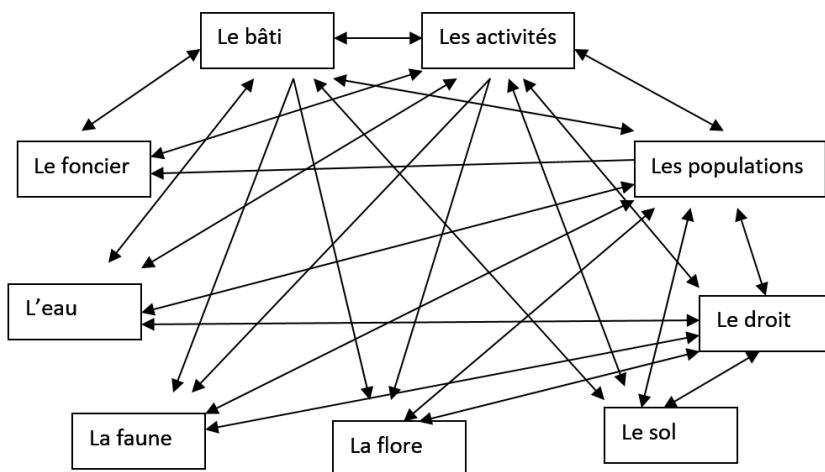
Tableau II.4.3 – Qu'est-ce qu'un système ?

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 (Mili, 2018) ; 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 – D'après Demourioux, 2017 ; modifié et complété par l'auteure, 2023

L'approche systémique aborde les phénomènes comme s'ils étaient composés d'éléments en permanente interaction, qui ne peuvent être étudié séparément. Elle traite les problèmes urbains selon une approche globale et intégrée, étudie l'ensemble des éléments composants du phénomène, ainsi que les interactions et les liens entre eux. ([Ait Aoudia, 2006](#)). Ou comme formulé par l'AIEA (2016), elle envisage les phénomènes comme un système unit où les interactions entre des composants techniques, humains ou organisationnels sont prises en considération ([AIEA, 2016](#)). Rosnay (1975) la considère comme une nouvelle approche qui rassemble et organise les données pour une meilleure efficacité d'intervention ([Rosnay, 1975](#)), pour Kientga (2008), elle est la méthode qui traite les thématiques dans un cadre de globalité, complexité et dynamique ([Kientga, 2008](#)), Bézieux (2004a), dit de la systémique qui est une approche qui favorise l'étude des phénomènes dans l'interdépendance des systèmes sociaux ([Bézieux, 2004a](#)).

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



Source – Auteure, 2023

La perception systémique des phénomènes et objets naturels et artificiels se développe à partir des années 1945 ([Eu, 1999](#)). Elle est utilisée pour la première fois en 1951, aux USA, avec le travail de référence intitulé « *General system theory* », du biologiste allemand Von Bertalanffy Ludwig. Ce dernier définit l’approche systémique comme un champ de pensée qui réunit un ensemble de démarches « *théoriques, pratiques et méthodologiques* ». Thèse Faustine Laurent p. 96 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 ([Wiener, 1948](#)) ; la biologie ([Von Bertallanfy, 1951](#)) ; l’économie ([Boulding, 1956](#)) ; la cybernétique ([Ashby, 1957](#)) ; l’évaluation de la vulnérabilité ([Throuet et d’Ercole, 1996](#)) ; ...etc.

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, Vers 350 av. J.-C.](#)), et prend en considération l’implication des interactions entre les éléments dans la dynamique du système.

Les interactions rendent actifs les processus physiques des phénomènes, et ces derniers influent sur les éléments de la vulnérabilité ([Pigeon, 2005](#)). Les interventions anthropiques accentuent des aléas naturels ([Barattucci, 2014](#)), déjà présents sur le site, ou provoquent d’autres aléas pour

donner naissance à des risques naturels et artificiels nombreux. 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 (économiques et sociaux) ([Gralepois, 2008](#)).

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 II.4.4 – Eléments de mobilisation de la méthode systémique de Throuet et D’Ercole

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 l’intégration de nombreuses informations concernant les enjeux humains, matériels et environnementaux. Cette étape d’inventaire des éléments exposés 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 induites plus tard ([Throuet et D’Ercole, 1996](#)).

L’approche systémique relève de méthodes qualitatives et semi quantitatives, (D’Ercole, 1998), rétrospectives, prospectives, explicative ou prédictive (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, ses outils se varient entre les recherches bibliographiques, les entretiens et questionnaires à l’intention des acteurs urbains ou au 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 (Cissé-Faye et al., 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. Du au nombre des éléments qui rentrent dans la composition du système, la délimitation claire des frontières de ce dernier reste ambiguë et difficile. Considérée comme une approche sophistiquée et difficilement applicable, cette complexité réside dans la quantité et la qualité des éléments, et dans le nombre des enchainements entre les réactions des éléments à prendre en compte simultanément lors de l’évaluation. Comme démontré, des résultats différents sont obtenus avec le changement des interactions précises dans le temps et l’espace (Estrada Diaz, 2017).

Cette faiblesse débouche sur un manque de la flexibilité nécessaire pour adapter les résultats de la simulation et de la modélisation d’un cas d’étude validé sur d’autres espaces et à d’autres échelles d’analyse (Mili, 2017). 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, 2014).

De l’autre côté, l’approche systémique prend en compte tous les éléments composants du système à étudier mais négligent l’étude de l’évolution diachronique des phénomènes, comme l’apparition de nouveaux risques ou la disparition d’autres selon que des activités nouvelles apparaissent ou que des techniques permettent de solutionner certains risques, ou du moins d’adapter les sociétés à vivre avec. Sur ce point, nous pouvons dire que cette approche fait des études aveugles basées sur la définition du ou des système(s) 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 ou des système(s), 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

Si l'approche est un champ vaste qui définit les grandes lignes théoriques d'aborder une problématique, la méthode se réfère aux procédures, moyens et règles utilisées pour aboutir à la résolution de la problématique posée.

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, 2006).

Pour D'Ercole (1995 ; 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, 1995 ; 1996). Ajoutées aux méthodes rétrospectives et prospectives.

I.2.1. La méthode quantitative :

Les méthodes quantitatives utilisent des données de nature mathématique, statistique pour mesurer, expliquer, prédire l'évolution ou décrire un phénomène. L'étude se fait via des sondages ou des questionnaires destinés à un échantillon 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 démarche 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, elle 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 limiter les effets. Il s'agit là d'analyse de vulnérabilité économique stricto sensu, associée à des analyses coûts-bénéfices.

Dans le domaine des risques, la vulnérabilité 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](#)).

Cette approche se fonde essentiellement sur l'élément vulnérable à partir duquel il s'agit de mesurer les conséquences, en cas de survenue d'un phénomène générateur de dommages. 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 ([Barczak, 2007](#)).

La vulnérabilité est ici conçue comme le pourcentage ou comme une valeur allant de 0 à 1, 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 : « *indice de vulnérabilité ou indice de perte* » ([D'Ercole, 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 forcement une exactitude et une précision élevée. 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 forcement la pensée du répondant, ce qui risque de fausser les résultats. La qualité est plus compromise lorsque la taille de l'échantillant n'est pas assez représentative. Un échantillant 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 derrières les variations de ces classes, ni la fragilité des enjeux. (Grivault 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 qui montrent du dynamisme, et d'évolutif. C'est ainsi que la méthode qualitative s'acquiert sa légitimité dans l'étude de la complexité de la diversité qu'il y a dans les phénomènes sociaux influencés par le vécu de la population ciblée par l'étude. Dans la perspective de cette méthode, l'individu est un être social 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, exprimé sous forme qualitative : 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).

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. Ceci la rende importante dans l’évaluation des phénomènes, dont la vulnérabilité aux risques.

Tableau II.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

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).

L’évaluation de la vulnérabilité se fait par l’analyse de ses facteurs structurels, conjoncturels et géographiques (Barczak, 2007). 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, 2005). Des réponses sociales variants entre le refus radical et l’acceptation complète à subir les pertes. (Hammadi, 2011).

Tableau II.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 Léone et Vinet, 2005

Certains facteurs sont utilisés plus souvent : facteurs urbains, démographiques, socio-économiques ou technico-fonctionnels ; 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 à la qualité d’informations

qu’elles offrent au chercheur. Par conséquent, la méthode qualitative est 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 :

Dans les ouvrages qui font la synthèse des méthodes de la recherche, nous constatons une négligence affirmée de la méthode qualitative comparée à celle quantitative. C'est le cas dans « *les techniques de l'entretien* » de [Blanchet et Gotman \(1992\)](#) ; ou dans « *la méthode en sociologie* » de [Combessie \(1998\)](#). C'est une approche qui fait souvent appel au jugement d'experts, ce qui la caractérise d'approche subjective, ([Ameur, 2014](#)), émotionnelle, voire spéculative. En plus des questions des entretiens qui ne sont pas toujours très bien formulées, et donc bien comprises par le répondant.

Elle 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. Partant du principe que « *tout ce qui ne se compte pas ne compte pas* » ([Boucherf, 2016](#)) et pendant longtemps, cette caractéristique de faiblesse numérique était vue par les chercheurs comme un handicap qui empêche une généralisation des résultats sur des zones diverses.

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 ([Gerard, 1998](#)). 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](#)). C'est ainsi qu'il est considéré comme rare d'utiliser séparément une des méthodes qualitative ou quantitative à l'état pur sans emprunter de l'une ou de l'autre des deux méthodes. C'est ce qui est expliqué par Groulx (1997), quand il affirme l'abondance de l'usage combiné des deux méthodes dans les projets de recherche ([Groulx, 1997](#)).

C'est une méthode intermédiaire entre les deux méthodes précédemment citées. Elle peut s'abstenir des données numériques comme les données économiques, et utilise des données quantitatives pour des résultats qualitatifs. Les 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 soient pas possibles. C'est une méthode qui a des applications dans les sciences sociales comme dans les sciences naturelles. Les travaux illustratifs de cette méthode sont à titre d'exemples, les travaux de : [Chardon, 1994](#) ; [Lavigne et Thouret, 1994](#) ; ...etc.

Tableau II.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 ce cas, a la même signification que pour la méthode qualitative. C'est-à-dire la disposition à subir des pertes. Ce qui change est l'appréciation de la société. Dans ce cas, elle n'est plus prise comme un tout global ([D'Ercole et al., 1994](#)). Les éléments exposés sont hiérarchisés soit socialement ou spatialement ([IDEM](#)).

Donc, elle étudie les éléments vulnérables et les facteurs de vulnérabilité, par une évaluation relative de leurs valeurs via des indices. Les valeurs sont de deux catégories : individuelles ou globales. Sa finalité 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 peuvent être exploités, à savoir la méthode multicritère ou la méthode factorielle ([Proeck-Zimmermann, 2003](#)).

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'y 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 le regard scientifique sur l'avenir (prospective), et sur le passé (rétrospective) (Valaskakis, 1975). C'est ainsi 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.

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).

Tableau II.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 Scouarnec et Boyer, 2002

Les approches rétrospectives font la comparaison des transformations survenus selon des dates différentes dans le passé et le présent. Les transformations en question sont multi-

dimensionnelles. Elles sont : des comportements sociaux, des phénomènes naturels ou des rapports institutionnels, ...etc.

Tableau II.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

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, les statistiques, ...etc., ce 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’étude rétrospectives diachroniques peuvent être de base et n’utiliser que des opérations simples comme celles du calcul des surfaces bâties entre différentes dates.

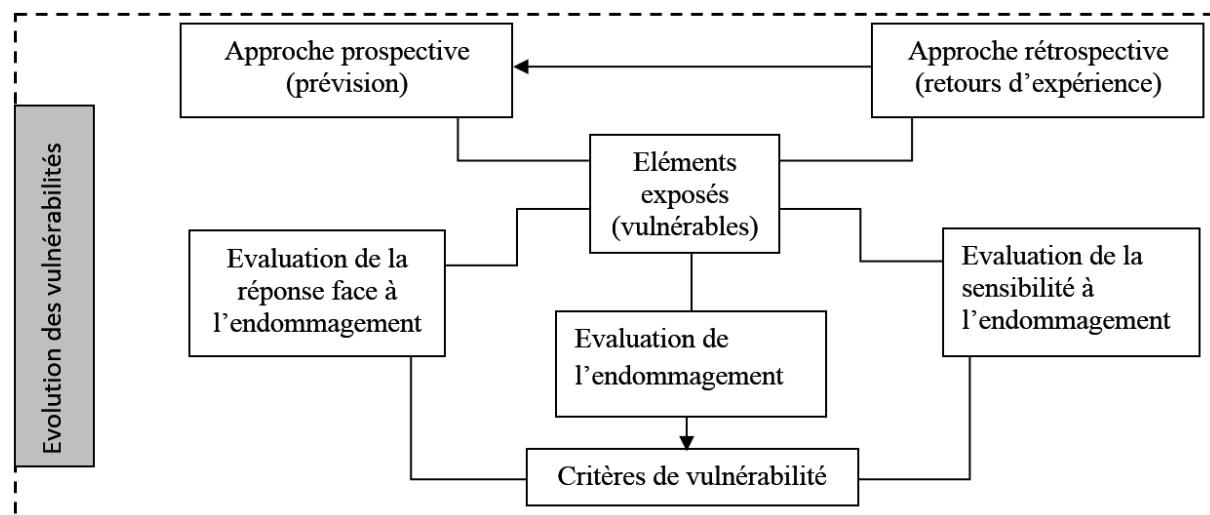
Pour ce qui est des méthodes prospectives, elles concernent l’étude des possibilités de l’évolution future des phénomènes. Dans ce cas, les phénomènes étudiés ne sont pas connus auparavant, mais ils sont à déterminer par l’utilisateur de cette méthode. La méthode prospective consiste à proposer des évolutions futures possibles et non pas de faire la prédition. ([Aguilera et al., 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 et al., 2011](#)), réalistes ([Aguilera et al., 2011](#)), ou des documents d’aide à la prise de décision, élaborés par les autorités de la zone étudiée pour les choix des évolutions futures.

La différence entre la méthode rétrospective et la méthode prospective réside dans la mesure où la première est plus difficile à utiliser du fait qu’il est impossible de contrôler avec exactitude comment le phénomène va évoluer dans le futur ce qui nécessite l’utilisation plusieurs méthodes pour étudier l’évolution des phénomènes. ([Bourgeois, 2015](#)). Par ailleurs, ces approches sont complémentaires, car la première (réthrospective), fondée sur le retour des expériences, constitut

des données pour la mise en œuvre de la deuxième (prospective), qui définit les probabilités et scénarios des futures phénomènes catastrophiques ([Ameur, 2014](#)).

Le choix entre les deux méthodes se fait selon l'aspect temporel de l'analyse. Que la méthode soit rétrospective ou prospective, ce qui défère c'est l'aspect temporel de l'étude. Pour en choisir une méthode, il faut déterminer des indicateurs qui varient selon le temps et les étudier.

Schéma II.4.2 – Synthèse des méthodes prospective et rétrospective



Source : D'après Ameur, 2014

Limites des méthodes rétrospectives / prospectives :

La méthode rétrospective se fonde sur l'utilisation des données du passé, qui ne sont pas toujours être complètes et peuvent manquer à des détails et informations qui fausseront les résultats finaux. D'autre part, certaines données statistiques importantes ne peuvent être mesurées, ce qui influent sur la qualité des résultats, où la vulnérabilité n'est plus contrôlée car les facteurs de vulnérabilité ne sont pas tous et correctement connus.

Par contre, on reproche à la méthode prospective sa faiblesse opérationnelle, liée au manque de d'outils adaptés aux pratiques de gestion ([Scouarnec, 2008](#)).

Il est à noter qu'en plus des faiblesses de chacune des méthodes, les résultats de la recherche issus des méthodes prospectives sont plus recevables que ceux issus des méthodes rétrospectives.

II.

TECHNIQUES ET OUTILS D'EVALUATION DE LA VULNERABILITE, LES OUTILS D'AIDE A LA PRISE DE DECISION

La concrétisation des approches et méthodes su-citées dans un projet de recherche nécessite de recourir à des outils techniques. Ces derniers sont nombreux et diversifiés dans leur nature de composition ou leurs procédures opérationnelles. Par fois ces outils s'utilisent séparément ou se complètent selon la problématique abordée, les hypothèses émises et les objectifs visés.

Dans ce qui suit nous allons nous intéresser à des outils spécifiques. Le choix de ces outils parmi d'autres se justifie par les besoins de ce présent travail. Par ailleurs, d'autres outils existent dont : les listes de contrôle, les modèles de simulation, les méthodes de superposition, les réseaux de neurones, l'intelligence artificielle IA, ...etc.

II.1. Les indicateurs :

Comme pour l'ensemble de la terminologie liée à la vulnérabilité, les indicateurs n'ont pas de définition clairement établie. Par ailleurs, Gallopín (1997), complété par Birkmann (2006) leurs attribuent la définition de variables représentant de manière opérationnelle une caractéristique ou une qualité d'un système, et qui fournit des informations sur la résilience, la capacité de réponse et la sensibilité (Birkmann, 2006). Ait-Aoudia (2006) définit les indicateurs comme des outils d'aide à la prise de décision, de communication et de médiation, utilisés pour représenter, suivre l'évolution ou comparer des systèmes complexes à nombreux niveaux et à différentes échelles de la prise de décision (Ait-Aoudia, 2006).

Leur nature est soit : qualitative, ordinale ou quantitative (Gallopín, 1997) et ils représentent une seule variable autonome ou plusieurs variables agrégées dans un ou dans plusieurs indicateurs (Kaufmann et al., 2009).

En leur qualité d'outils simples et claires de diagnostic, de communication et 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). Les indicateurs permettent de clarifier la présence ou non de dysfonctionnements dans une zone urbaine, et de les définir et classer selon leur importance et priorité (Ait Aoudia, 2006). 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](#)). Ce sont des instruments de diagnostique urbain ([Ait Aoudia, 2006](#)).

Dans l’absence de règle qui standardise le développement, l’utilisation et le choix des indicateurs de la vulnérabilité, chaque travail peut disposer d’indicateurs proprement établis. Le choix des indicateurs urbains à retenir 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 ou des entreprises. Certains organismes internationaux gouvernementaux ou non gouvernementaux s’intéressants aux systèmes urbains et aux indicateurs, ont déjà mis au point des grilles d’indicateurs urbains de différentes natures. Nous pensons par exemple :

- 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 par des travaux dans différents domaines urbains. Certains travaux sont des lignes directrices établies par certains auteurs dont : ([Maclare, 1996](#)) ; modifiés et adaptés au domaine de la vulnérabilité par ([Birkmann, 2006](#)) ; ([Adger et al., 2004](#)) ; ([Chang et al., 2015](#)) ; ([Martin Centre for Architectural and Urban Studies, 1997](#)) ; ([Adolphe et al., 2002](#)) ; ([Boukhezer, 2002](#)) ; ([Crawford, 2002](#)) ; ([Dupagne et al., 2004](#)) ; ([Diaz-Balteiro et Romero, 2004](#)).

De tous ces travaux sont issus des modèles d’indicateurs dont les plus utilisés sont comme synthétisés dans le tableau ([Tab.10](#)) suivant :

Tableau II.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 voulu. Leur développement nécessite un travail organisé en étapes, qui commence par la recherche de la donnée brute et se termine par la définition des objectifs de la grille d’indicateurs. Dans tous les cas, l’objectif est de définir les qualificatifs des indicateurs et leurs objectifs. 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 et aux critères sont gardées, les autres sont abandonnées. Ensuite, les données gardées sont encore traitées et triées pour arriver à des données performantes dites indicateurs.

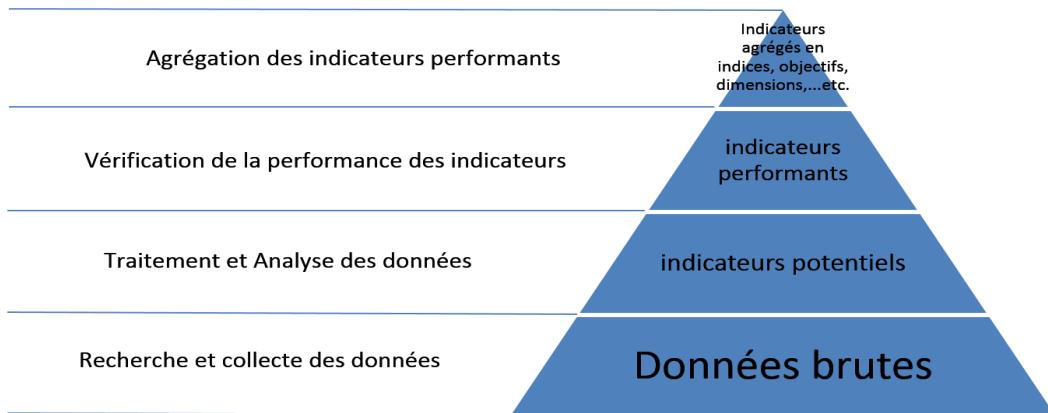
La sélection d’indicateurs se fait par la prise en compte de deux facteurs : les informations disponibles au départ (autrement dit : les input), qui feront office de matière première à exploiter et les objectifs souhaités à atteindre (les output) qui doivent répondre aux interrogations de la problématique. Entre les deux se trouvent les données agrégées, qui sont le résultat de l’analyse des données primaires. Quant aux indices, ils sont le résultat de l’accumulation de deux indicateurs ou plus ([Voir le schéma.3](#)).

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, 2006](#)), et les conditions de divergence, de convergence et de redondance ([Desthieux, 2005](#)). 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 agrégées en regroupant les indicateurs dans un nombre limité ou un seul objectif ou indice. Voir le schéma suivant ([Schéma 3](#)).

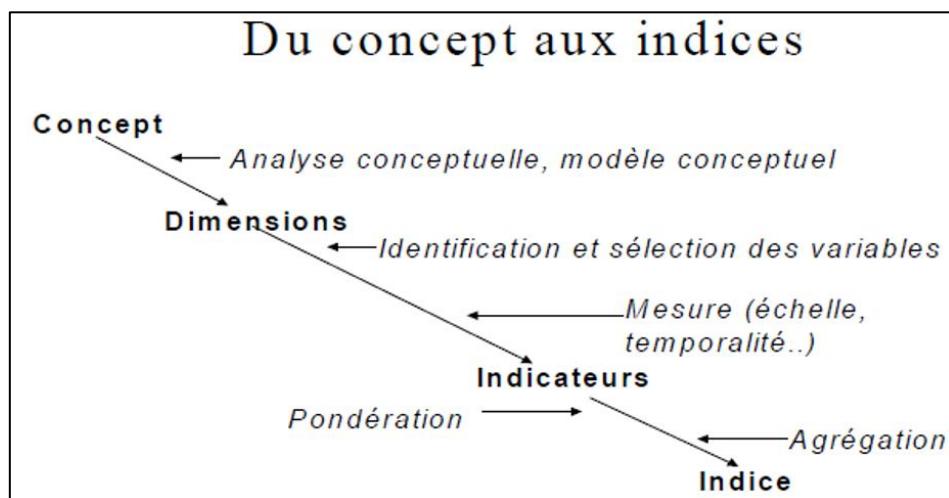
Schéma II.4.3 – Etapes de développement d’une grille d’indicateurs



Source – Auteure, 2024

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 II.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 de l’analyse multicritères.

II.2. L’analyse multicritère

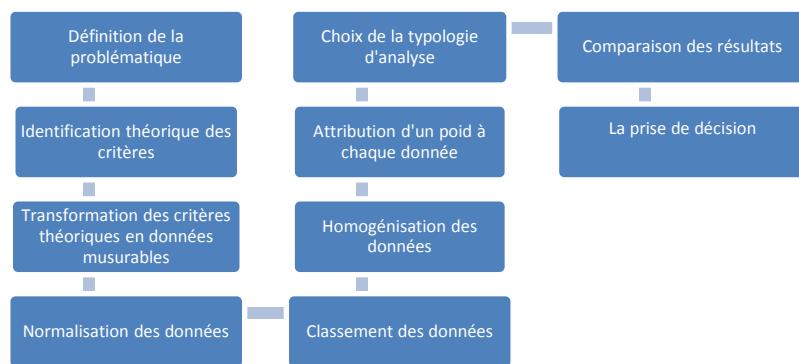
Un critère est une propriété humaine ou naturelle qui aide à émettre des estimations ou des jugements, ou de faire la distinction entre phénomènes (Hassaine et Farhi, 2014). Les méthodes d’analyse multicritères retrouvent leurs origines dans les premières générations des méthodes d’aide à la décision (Hubert, 2000). Elles se développent dans les années 1960 et s’affirment dans les années 1970, où elles deviennent 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 (1993) lors du développement d’une nouvelle méthode (ELECTRE) (Roy, 1991), qui sont les deux principaux pionniers.

D’après Mendoza et al. (1999) les approches 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), d’interprétation (Auberger et al., 2016). Elles peuvent aussi être des approches : descendantes qui se fondent sur l’exploitation de données présentes à l’avance ou ascendantes qui utilisent des données récentes et recueillies sur le terrain (Ha, 2013).

Limitées aux domaines financier, économique et d’aménagement du territoire au début (Aouadi, 2018), plus tard, elles sont en plein développement et leur utilisation gagne du terrain et se généralise à des domaines de recherche variés. La littérature regorge des travaux académiques qui avaient 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 et al., 2007), pour l’étude des risques volcaniques ; (Yahaya et al., 2010) et (Noorollahi et al., 2006) pour la définition des lieux vulnérables aux inondations et à la présence des sources géothermales successivement ; (Marinoni et al., 2005) pour la réalisation d’une carte de conflits d’intérêts...etc.

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 influer sur la décision (Prévil et al., 2019). Ils doivent respecter des conditions : d’exhaustivité, de cohésion, et de non redondance (El-Amraoui et al., 2017).

Schéma II.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 MAM à agrégation complète représente 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 existants.

Tableau II.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 agrégation partielle/Ecole européenne	Analyse de jugement	PROMETHÉE ; ORESTE ; QUALIFLEX	Brans, 1986
	Méthode des valeurs attendues	/	Janssen, 1992
	Technique du jeu de cartes	/	Simos, 1990
Méthodes interactives (jugement local interactif ou agrégation locale)	Arbre des pondérations	/	/
		STEM ; POINT DE MIRE	Geoffrion, 1972 ; Zions, 1983 ; Vincke, 1976

Source – Réuni par l'auteure, 2024

A noter que ce tableau n'est pas exhaustif et que d'autres modèles et références peuvent y être jointes.

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.

L'utilisation de l'analyse multicritères peut être associée à d'autres approches et outils tels que : les SIG, les approches d'étude de risques et d'impacts sur l'environnement ([Ben Mena, 2000](#)). Pour aider à la prise de décision, la grille des indicateurs traitée par analyse multicritères est intégrée dans un SIG ([Lutoff, 2003](#)), ou tout autre moyen statistique ou cartographique : Excel, SPSS...etc.

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'autre 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 SIG sont utilisés pour une représentation cartographique des indicateurs après leur validation par l'analyse multicritères. Grace à leurs propriétés d'analyse spatiale, les SIG ajoutent des informations aux données déjà fournies par les indicateurs. Tous d'abord, la localisation géographique, mais aussi des calculs permettant une exploitation visée des informations fournies par les indicateurs. Par exemple : les niveaux de densité urbaine représentés avec des nuances de couleurs pour déterminer les zones à densité identique.

Il n'y a pratiquement pas de domaine des 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 divergentes qui touchent à de nombreux 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. Efficaces dans l'étude des espaces urbains et ce pour les informations spatiales détaillées et précises qu'ils

peuvent fournir. Les SIG permettent la spatialisation des phénomènes et des composants d'un territoire, comme les aléas, les enjeux...etc.

Les SIG servent à la représentation cartographique des données sur un espace géographique. Ils servent aussi à la mise au point d'une banque de données géographiques, socio-économiques, naturels ou artificiels, sur les indicateurs et leur évolution dans l'espace et dans le temps, et de stocker ses données pour leur utilisation antérieure. C'est un outil incontournable dans le suivi de la dynamique spatio-temporelle des phénomènes. Les SIG permettent la modélisation temporelle des données, en plus de la modélisation spatiale.

En plus de ça, les SIG offrent la possibilité d'intégration, le traitement et de conversion de données de différentes sources et de différents formats pour les intégrer dans un même format compatible. ([Boudreau et al., 2005](#)).

Les SIG admettent aussi une bonne communication et représentation des données d'entrée (Input), et des résultats (données de sortie - Output) ([Béranger et al., 2006](#)). Ils consentent la visualisation des phénomènes étudiés, l'exploration, la manipulation, le croisement, l'interrogation et l'analyse des données géographiques, ce de la manière la plus simple et aisée, pour l'utilisateur expert ou profane. 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 leur présentation simplifiée 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.

D'autres outils d'aide à la prise de décision existent : les réseaux de neurones, les réseaux bayésiens, l'intelligence artificielle, ...etc. Bien que ces outils soient considérés comme une solution pour les choix de prise de décision et d'une performance pour les acteurs urbains, il est néanmoins judicieux de préciser qu'ils montrent des inconvénients et des limites techniques ou méthodologiques.

III.

POSITIONNEMENT ÉPISTÉMOLOGIQUE

Les domaines de recherche avec des champ théoriques larges et diversifiés, font appel à l'utilisation des méthodes adaptées à la divergence des éléments constituants de la

problématique étudiée. Ce qui a précédé a fait la lumière sur les différentes approches susceptibles d’être utilisées dans ce travail. Pour choisir la méthode d’analyse, il faut prendre en compte les objectifs attendus de l’étude, la disponibilité et la qualité des données à exploiter (Ameur, 2014).

Étudier la vulnérabilité aux risques rivulaires nécessite l’étude de plusieurs éléments composants du « *phénomène anthropique urbain* » et des éléments composants de « *l’écosystème naturel des cours d’eau* », en plus des « *liens qui les unissent* ». Ceux en partant du principe que les tissus urbains sont considérés comme des systèmes (Valmin, 1999 ; Gralepois, 2008). Étant un système composé et régulé, le milieu urbain est adapté à l’analyse systémique (Valmin, 1999). Dans notre cas d’étude, nous sommes face à un système qu’il faut envisager comme tel.

Pour la mise au point d’une démarche systémique, des emprunts d’autres axes de recherche seront pris en considération, il peut s’agir de la télédétection, des SIG, des enquêtes qualitatives, quantitatives ou mixtes, …etc. Le choix dépend de la tournure que peut prendre la recherche, des objectifs tracés et les hypothèses avancées.

III.1. Etat de l’art et travaux antérieurs : l’étude de la vulnérabilité aux risques rivulaires

Depuis les années 1990, le domaine des risques devient un champ de recherche bien cerné. (Léone et Vinet, 2006). 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 R. D’Ercole, dans ces nombreux travaux (D’Ercole, 1991, 1994, 1996, …), et elle 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 réunis les pays d’Éthiopie, Chili, Équateur, Mexique, Indonésie, Turquie, Ouzbékistan et la Chine, et développent des indicateurs de vulnérabilité (Birkmann, 2005). De même pour la vulnérabilité institutionnelle qui 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 occidentale, dont américains ou britanniques *Department for Environment, food & Rural Affairs* (DEFRA) qui réalisent des études de vulnérabilité environnementale et agricoles. Quant à la vulnérabilité fonctionnelle, des études sont menées pour évaluer les effets des événements catastrophiques sur les activités. Le travail de ([Mazzochi 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 : ([Blaikie et al., 1994](#) ; [Chardon ,1994](#) ; [Cutter, 1996](#) ; [Gillard, 1998](#) ; [Weichselgartner, 2004](#)) ; ...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., 1994](#)), établi sur la perspective politico-économique de la vulnérabilité. Ce dernier modèle amélioré par le modèle *Access* ([Wisner et al., 2004](#)), 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 penchent sur différents risques naturels ou anthropiques : [Liverman, 1990](#) ; [Blaikie et al., 1994](#) ; [Chardon, 1996](#) ; [Wisner, 1998](#) ; [Mitchel, 1999](#) ; [Weichselgartner et Bertens, 2000](#) ; [Lutoff, 2000](#) ; [Weick, 2001](#) ; [Cutter et al., 2003](#) ; [Hardy, 2003](#) ; [Bonnet, 2005](#) ; [Ait Aoudia, 2006](#) ; [Gilbert, 2009](#) ; [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 al., 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. De même pour le projet COCORISCO, qui s’intéresse à la vulnérabilité systémique aux risques côtiers.

Dans le cas algérien, l’étude de la vulnérabilité aux risques se concentre sur des études segmentées, concentrées sur les facteurs d’aléas, et rarement sur ceux de la vulnérabilité et encore moins sur la vulnérabilité globale et systémique. Des études sur le risque sanitaire résultant des maladies à transmission hydrique ([Baziz et al., 2014](#)). Le risque de la dégradation écologique ([Mouni et al., 2009](#) ; [Zouggaghe et Moali, 2009](#) ; [Hamenni, 2011](#) ; [Zouggaghe et al., 2014](#)), et d’autres ont pris la Soummam comme cas d’étude. Ces études sont menées par des hydrauliciens, des biologistes et des chimistes, …etc.

D’autre part, l’étude de la vulnérabilité globale, intègre de plus en plus le terrain de la recherche sur les risques ([Menad, 2018](#)) a étudié les risques hydrologiques par une approche globale. Elle a résulté d’un modèle d’approche globale applicable aux côtes méditerranéennes. Cette méthode n’a tout de même considéré que les aléas et les enjeux. De même pour l’étude des risques systémiques réalisée par ([Lillouch, 2011](#)).

Toutes ces études ont utilisé 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 rivulaires

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](#)). Ceux pour réussir à dépasser les limites que représentent les approches et les divergences spatiales et sociales du cas d’étude. Il faut ainsi une étude transdisciplinaire, qui combine l’étude du monde vivant et du monde social ([Mitroi et al., 2016](#)). 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 sur le traitement des grilles d’indicateurs.

Pour entamer le travail d’évaluation, nous procémons comme suit :

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 ;

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 multicritère des données : par quantification, mesure, pondération et agrégation ;

2.c. Traitement systémique des données : l’évaluation des liens entre les indicateurs est utilisée ;

Cartographie des résultats.

Conclusion du chapitre

Ce chapitre nous a permis de comprendre que toutes les méthodes représentent des faiblesses et des forces, et souvent les faiblesses d'une méthode sont les forces d'une autre ([Denzin et al., 1989 ; Groulx, 1997](#)). Le mieux étant de convenir à une ou à des méthodes capables de regrouper autant de forces que possible et d'éliminer autant de faiblesses que possible.

Comme convenue, le présent chapitre nous a aider à nous positionner épistémologiquement et à nous fixer sur l'approche d'étude et les méthodes et outils techniques à appliquer dans la partie pratique.

Le choix s'est fixé sur l'approche d'analyse systémique qui a le mérite d'être une approche globale qui réunit le maximum d'informations possibles pour une étude intégrale et des résultats les plus proches de la réalité. Cette approche est exécutée par les outils méthodologiques et techniques d'enquêtes par questionnaires et par entretiens, appuyés par les outils SIG et télédétections et des outils de traitement statistique 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.

Par cette approche, l'objectif principal étant d'arriver à définir les indicateurs de la vulnérabilité globale et systémique aux risques hydrologiques terrestres. Le deuxième objectif c'est d'arriver à spatialiser ces indicateurs pour les appliquer à la zone d'étude. C'est-à-dire de les traiter de manière à ce qu'ils soient applicables à un espace géographique. Dans ce cas, l'espace géographique de la ville de Bejaïa.

Le résultat sera présenté sous forme de cartographies thématiques définissant les espaces les plus vulnérables et les moins vulnérables de la ville de Bejaia face aux risques pris en compte.

PARTIE II.

CHAPITRE 5.

Etat de fait des espaces artificiels et naturels Bougiotes



« ... 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 :

Parti du principe de recherche sur les interactions Cours d'eau / Urbanisme et la vulnérabilité urbaine face aux risques rivulaires. Ce travail s'est fixé comme zone d'étude la ville de Bejaia. Pour des raisons liées à la richesse de cette ville en matière de cours d'eau et pour les influences qu'exerce l'urbanisation sur ces derniers et vis-versa. Des influences mutuelles qui finissent par engendrer des déséquilibres dans le fonctionnement du système urbain.

Dans le présent chapitre qui est une introduction pour entrer dans la partie pratique du projet de la recherche, nous allons faire une lecture basique de la zone d'étude dans ces composantes anthropiques et naturelles. Tout en se focalisant sur le contexte précis du thème étudié et de ces besoins. Autrement dit, faire le point sur les variations anthropiques d'utilisations du sol et sur les caractéristiques naturelles et sociales. Le chapitre se fixe comme objectifs, de faire la lumière sur l'état de fait urbanistique, social et naturel du bassin versant de la ville de Bejaia. Ceci en définissant les incohérences spatiales qu'elles soient anthropiques ou naturelles, et les incohérences sociales présentes sur le site.

Nous allons aborder le chapitre par une description historique et toponymique de la ville, dans le but de faire connaitre cette zone urbaine et les circonstances de sa fondation et de sa croissance. Ensuite étudier l'état de fait urbanistique et naturel actuel, tout en se focalisant sur l'aspect hydrologique.

Dans ce cas de figure, le chapitre se composera de deux sections, elles-mêmes composées de sous-sections :

La lecture anthropique de la ville : composée de deux sous-sections :

La présentation anthropique avec ce que cela implique en matière d'étude des deux aspects spatial et social, comme la lecture des modifications urbanistique, démographique, économique et social qui se sont produites, tel que les phénomènes d'urbanisations anarchique et légal, la croissance démographique, la densité des populations, la place de la zone industrielle et les activités.

Pour le contexte naturel nous allons définir les caractéristiques naturelles qui forment la zone d'étude, avec une concentration sur la composante hydrologique et l'état qualitatif et quantitatif actuel de ses cours d'eau.

I.

BEJAÏA COMME ENTITE ANTHROPIQUE

Toute étude a pour commencement la lecture du tissu urbain qui permettra la compréhension de l'ensemble de ses aspects constituants ([Thierry, 2001](#)). Dans la sous-section suivante nous avons choisi une lecture du contexte anthropique de la ville. Nous allons chercher à comprendre les étapes de sa croissance et les éléments régulateurs de sa transformation, par une analyse de ses deux aspects composants : le social et le spatial, en affirmation de ce qui est avancé par Le ([2016](#)) comme quoi : les transformations qu'engendre la croissance urbaine sur les milieux naturels se définissent en deux aspects d'origine, spatial et social ([Le, 2016](#)).

I.1. Situation administrative et géographique :

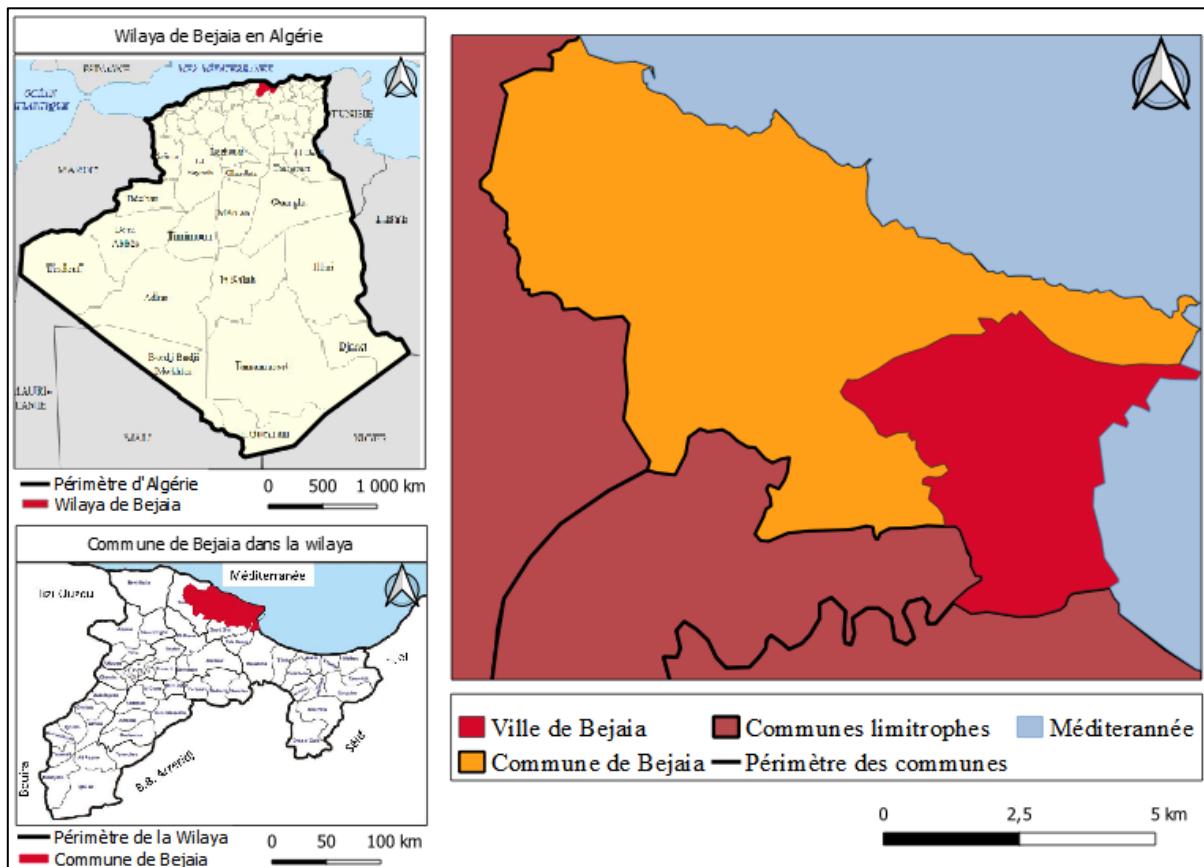
Le territoire algérien situé dans la région nord-africaine sur la rive sud de la mer méditerranée est composé du Nord au Sud de trois entités géographiques distinctes : le littoral, la steppe et le désert. Le littoral représente un des quatre domaines géologiques de l'Algérie, à savoir l'Atlas Tellien. Ce dernier est limité par la méditerranée au nord, l'Atlas Saharien au Sud, le Maroc à l'Ouest, et 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. ([RGPH, 2008](#)). Le littoral est réparti en trois principales régions administratives : le Centre, l'Ouest et l'Est.

La wilaya de Bejaia fait partie de la région Kabyle, située au centre-est du littoral. Elle fait partie du domaine géologique des Kabylides, 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 de cercle sur la frange littorale, et des reliefs accidentés qui couvrent (3/4) de sa surface totale et dont la pente peut atteindre (25 %). Pénétré 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), qui forme une frontière naturelle entre les massifs du Djurdjura et des Bibans avec celui des Babors et forme un delta du golfe de Bejaia où il se jette dans la mer.

Promue chef-lieu de Wilaya, lors du découpage administratif de 1974, la ville de Bejaia 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 Bejaïa



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'antiquité, la population de Bejaia formait une tribu nommée : *Ait Vega* (أيت
هوجة) ou [Ait Bega] (Gaid, 1991). Aujourd'hui, sa population est dite (*kabyle*). Les études identifient les kabyles comme appartenant au premier peuple qui s'installe en Afrique du Nord et qui s'identifie lui-même par le nom de : (*Amazigh* ou *Mazigh*) qui réfère à : (*homme libre* ou *homme noble*), désignait par la toponymie de : (*Libous* : *Libyque*), (*Maxyes*), (*Mazices*) et à partir du moyen âge, par : (*Berbères*). (Gaid, 1976). A ce sujet, Iben khaldoun rapporte :

« En 1067-1068, [le prince hammadide] s'empara de la montagne de Biğāya. Cette montagne abritait une tribu berbère du même nom [...]. Il fonda une ville [...] que les gens appellent Biğāya, du nom de la tribu » ([Ibn Khaldoun, Traduit par Mac-Guckin, 2003](#)).

Ce dernier rattache les populations de Bejaia à la branche des « *Ketama* » de la tribu des « *Sanhadja* ».

Pour ce qui est de l'étymologie du terme, le nom de la ville : (*Begayet* - *θεχόστ*) est expliqué par Haddadou (2012) comme étant un terme amazigh issu du mot (*Tabgayet* - *ᵗοθχόστ*) qui à son tour est dérivé de (*Tabegga* - *ᵗοθχχό*) ou (*Tabeyayt* - *ᵗοθχόστ*) 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 Bejaia, se sont majoritairement intéressées aux évènements 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 étaient 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

Les traces de la présence humaine dans l'emplacement de l'actuelle ville de Bejaia remontent à la plus haute antiquité ([Valérian, 2007](#)). La composition du sol sur lequel la ville actuelle est

fondée indique de l'ampleur dans le passé et d'une antiquité lointaine ([Lapène, 2014](#)), où des traces archéologiques qui datent de plus de (200.000 ans à 10.000 ans) sont trouvées sur le site.

La création de la ville remonte à la préhistoire. Son histoire antique reste méconnue pour raison de manque des sources écrites ou archéologiques, néanmoins, les sources disponibles dont Lapène (2014), s'accordent sur l'ancienneté et l'importance que la ville a atteinte ([Lapène, 2014](#)). Une importance caractérisée par des moments de stabilité, de gloire et rayonnement, mais interrompue par des étapes de discréption, de guerres et rechutes. Par son évolution endogène, elle représente la jonction de deux empreintes architecturales et urbanistiques : l'une autochtone et l'autre coloniale.

Les origines numides de la fondation de la ville

L'origine de la fondation de la ville de Bejaia remonte à l'époque numide (6^e siècle av. J.-C., jusqu'à 33 av. J.-C.). Les sources existantes l'associent au territoire du royaume de la Numidie Masaesyle, jusqu'à l'unification des deux Numidies (Massaessyle et Massyle) par le roi Massyle « *Massinissa* » vers (201 av. J.-C.), qui annexa les terres de son voisin y compris la ville de Bejaia à ses territoires. A partir de cette date, le site devint une province de la dynastie des Massyles ([Aouni, 2014](#)). Elle faisait partie des huit ateliers monétaires de ce royaume ([Mazard, 1955](#)), jusqu'à l'occupation romaine en (33 av. J. -C.) ([Feraud, 2001](#)).

A cette époque où l'Afrique du Nord se livre à des conflits permanents opposants la Numidie qui réclamait des redevances financières à Carthage, les romains s'en mêlèrent dans la région et s'emparèrent de la baie de Bejaia en l'an (33 av. J.-C.). Elle devint alors, la ville numido-romaine de Saldae¹ jusqu'à (429 ap. J.-C.) ([Feraud, 2001](#)). Elle fut une ville d'importance moyenne, dotée de certains équipements : forum, aqueduc, bains, et d'un mur d'enceinte de 3000 m ([Kheladi, 1993](#)). Ces habitants en majorité autochtones ont atteint un nombre considérable de 6000 habitants. ([IDEM](#)).

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. A Bejaia, le Decumanus et le Cardo étaient adaptés à la topographie accidentée du site. Ils formaient deux lignes de plusieurs segments qui se dirigeaient selon des orientations différentes et composent un angle aigu à leur intersection.

¹ Du nom local « *Aselden* » ([S.N.G., 1969 ; Djermoune et Filah, 2018](#))

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 évènements 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 Bejaia, mais de localité pour le premier et de port pour le deuxième. ([Ibn-Hawkal, 977](#) ; [El-Bakri, 1068](#)). Ceci qui laisse comprendre qu’à cette ère il n’y avait pas de ville propre, mais des habitations plus ou moins dispersées ([Montel, 2020](#)).

D’un port, à une ville provinciale dans l’empire des *Zirides*, son destin change avec la dynastie des *Hammadides* qui refonde la ville. Incité par la volonté de s’ouvrir sur le littoral, le prince Hammadide *Nacir*, transfère sa capitale de Msila vers Bejaia. Cette dernière a connu sa gloire et rayonnement dans les différents domaines et a acquis un statut de leader dans la méditerranée et les terres d’islam. Elle a vu sa surface augmentée et son architecture et planification, développées.

Comme pour toutes les villes de l’époque, Bejaia est fondée autour de la mosquée avec son minaret de (40 m) qui occupe 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 : marchés, entrepôts de stockage, maisons de l’industrie ; d’enseignement et des sciences : écoles, institut. Les habitations construites en brique de pierre viennent autour de ces institutions sur la périphérie. Le tout est relié par les rues sinuées 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 portes² ([Korichi, 2011](#)). Le nombre des habitants a atteint un chiffre très important pour une ville de l’époque en dépassant le nombre de (100.000 habitants) ([Cote, 1991](#)).

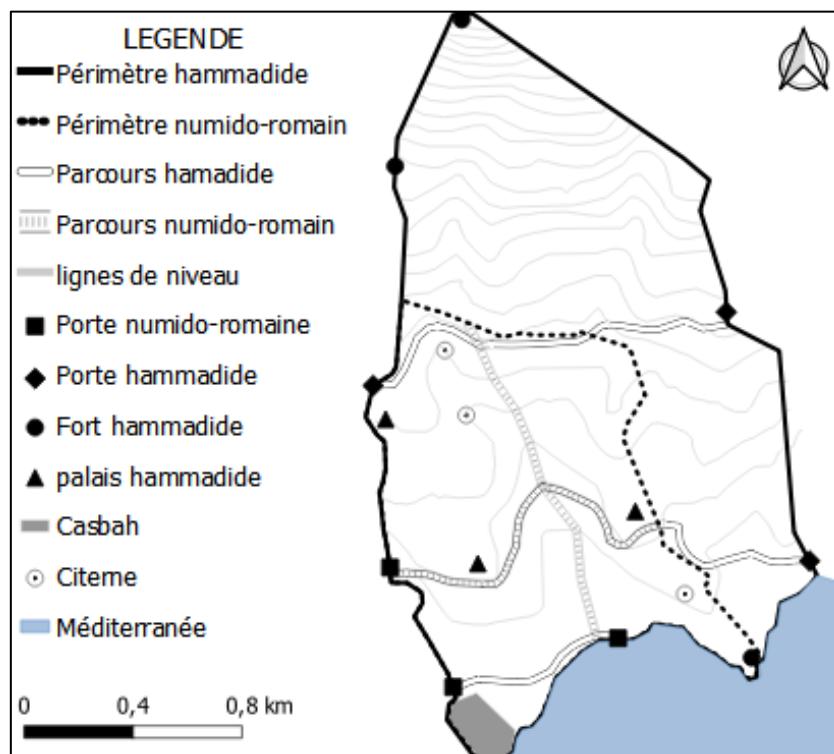
La production d’espace dans la ville s’est faite selon des éléments structurants naturels à savoir : les cours d’eau et la topographie, et des éléments fonctionnels à savoir : les tracés agricole et viaire. Elle fut marquée par une production d’espace moins défensive et plus ouverte ([Aouni,](#)

² Le nombre reste difficile à définir avec certitude. ([Korichi, 2011](#))

2014), ce qui lui a valu la prospérité des échanges économiques, commerciaux, industriels et scientifiques avec les villes méditerranéennes et africaines.

De (1152 jusqu'à 1236) la ville a connu aussi la domination de la dynastie des *Almohades* qui construirait 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 : espagnole et ottomane.

Figure II.5.2 – Essai de restitution du tracé de la ville antique de Bejaïa (entre 33 av. J.-C. et 1510)



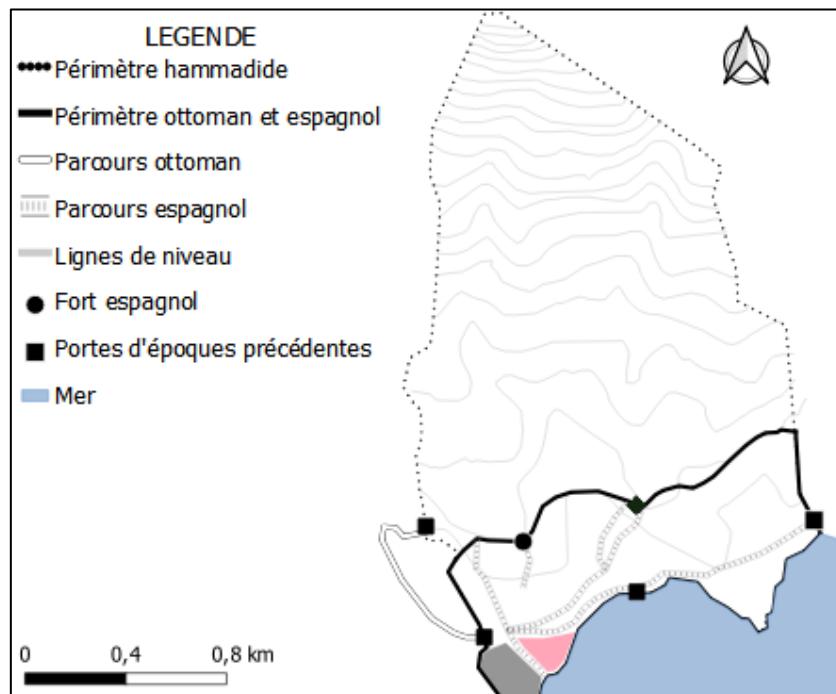
Source – Conception de l'auteure, 2024, sur base de fond de carte de Bejaïa d'après (GSELL, 1947)

L'époque d'occupation étrangère et le déclin de la ville de Bejaïa

A partir du début du 16^e siècle qui marque 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 habitaient 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 décroît à (4000 habitants) voire (2000 habitants) selon ([Féraud, 2001](#)).

Figure II.5.3 – Essai 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

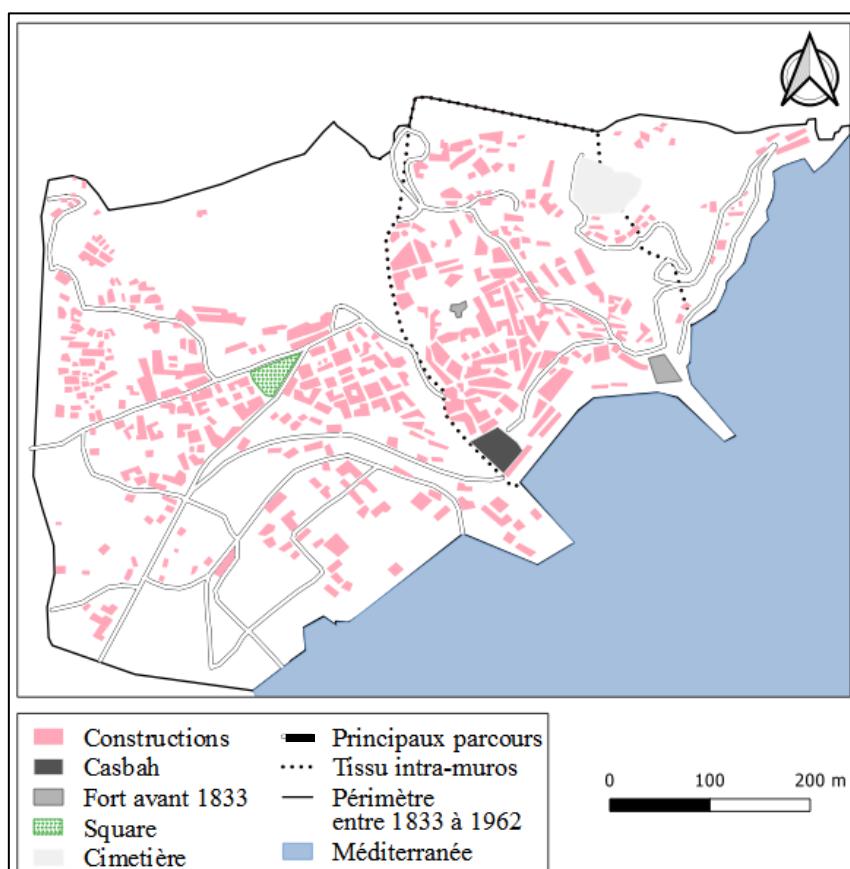
La deuxième entité visible aujourd’hui dans l’ancienne ville de Bejaia, représente la ville coloniale française fondée par étapes :

- Une intervention de renforcement défensif de la ville entre (1833-1848) ; par des opérations de restauration des édifices déjà existants, ce qui fait penser à une continuité de ce qui se faisait depuis le 16^e siècle.
- Une deuxième étape entre (1848-1891) fut celle de densification intra-muros de la ville existante. A partir de là, la morphologie de la ville occidentale a intégré le tissu urbain de la ville autochtone. Après une série de travaux de restructuration qui ont touché principalement le traçage viaire, qui est dorénavant en axes droits, le placement des équipements publics, et le quartier *Mangin* destiné aux colons européens installés dans la région comme une réponse punitive à l’insurrection de 1871.

- Après 1891, une autre étape d'intervention sur la ville caractérisée pour la première fois de son histoire par le dépassement de son enceinte historique pour une extension extra-muros vers 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 extension intramuros pendant 3000 ans, a dépassé ses limites historiques à partir du 20^e siècle. L'extension vers la plaine fut entamée après la destruction de la partie Sud du mur d'enceinte historique et a eu pour repères trois éléments qui sont : le tracé agricole, le tracé viaire de l'axe *Biziou* comme axe de croissance et l'aménagement d'une nouvelle place-jardin dite le square ([Korichi, 2011](#)). Après remblaiement des terres marécageuses, la plaine a connu l'aménagement d'un port et d'une gare maritime, et l'installation d'entrepôts pétroliers et des premières unités industrielles. En plus des cités d'habitations le long de l'actuelle rue de la liberté et sur le plateau *Amimoune*.

Figure II.5.4 – Essai 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)

Les premières marques qui confirment l'étalement de la ville à l'extérieur de son enceinte historique fut en 1958, l'année du lancement d'un plan dit « Plan de Constantine ». Le « plan de Constantine » représente toutes les caractéristiques d'un plan d'urgence à vocation politique.

Cette période représente la rupture avec la ville historique et le début d'une nouvelle ère dans l'organisation de l'espace. Depuis, la ville ne fait que se développer sur la plaine et sur les piedmonts dans les deux directions (Sud et Ouest), dictées par la topographie et la localisation géographique (le mont Gouraya, la mer méditerranée).

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 Tihnaïne			
Tunel 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 Lemercier			

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

A 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, 2001](#)). 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'Etat, le second spontané, auto-réalisé par les habitants. Dans ce contexte, Bejaia a vu sa surface se multiplier par sept.

L’urbanisation planifiée postindépendance, des thématiques locales et des méthodes étrangères

La planification a rompu avec l’urbanisme de l’ilot d’avant l’indépendance. Elle est caractérisée par une rupture fonctionnelle, structurelle et morphologique ([Aouni, 2014](#)). Distinguée par l’absence « *d’un modèle urbain et d’une référence architecturale* » ([IDEM](#)), ou de stratégies spatio-aménagistes et socio-économiques ([Belkhiri, 2009](#)).

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. L’urbanisation dans ce contexte se lance à partir de 1974, lors de l’obtention de la ville de son statut de chef-lieu de wilaya.

On retient trois étapes principales : la première est incarnée par la volonté d’industrialisation accélérée et intense du pays entre (1964 – 1979), la deuxième, focalisée sur la construction rapide des 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.

L’urbanisation économique et industrielle de 1964 à 1979 : l’industrialisation sans l’urbanisation

Dans les premières décennies qui ont suivi l’indépendance entre la fin des années (1960³) et le début des années (1980), les politiques du développement entamées par l’Etat central se sont portées sur le développement économique par l’industrialisation lourde et accélérée du pays. Les interventions étaient une continuité des prévisions du plan de Constantine avec une focalisation sur le secteur des industries lourdes ([Amara et Ariouat, 2015](#)). Comme l’ensemble des villes algériennes, celle de Bejaïa fut destinée à accueillir des unités industrielles qui ont fait que la ville a disposé d’une zone industrielle implantée dans la plaine maritime à proximité du port et au cœur du tissu urbain.

La ville est désormais marquée par l’absence de toute zone de sécurité entre la zone industrielle et le tissu urbain destiné à l’habitation et aux activités tierces. Ce constat rend la ville vulnérable aux risques industriels comme les explosions, les incendies ou les fuites liquides et gazeuses dans l’air, l’eau et le sol, et plus fréquemment les pollutions.

³ Plan triennal (1967-1969), le premier plan du développement, après l’indépendance et qui a favorisé l’industrialisation du pays.

A titre d'exemple, les lignes du gazoduc et de l'oléoduc traversent la ville sur une longueur qui dépasse (4 km), à partir de *Bir-Slam* sur la frontière sud jusqu'aux *quatre-chemins* où toutes les routes nationales qui permettent d'accéder à la ville par voie terrestre composent une intersection. L'oléoduc traverse la zone portuaire jusqu'au port pétrolier. Quant à la ligne du gazoduc qui traversent le tissu urbain, est sujette au non-respect des servitudes de gaz, dans le cas des quartiers spontanés.

Si jusqu'à aujourd'hui aucun incident n'a été enregistré, le risque reste présent et s'il arrive qu'il se produise, les dégâts seront néfastes, autant sur le plan humain que matériel et environnemental.

L'urbanisation sociale et démographique de 1980 à 1999 : l'urbanisation inachevée

Dirigée par une politique d'urbanisme de zonage inspiré du modèle soviétique qui donnât lieu à des zones monofonctionnelles : zone industrielle (ZI), zone administrative (ZA) et zones d'habitations urbaines nouvelles (ZHUN). Elle est concrétisée par les outils d'urbanisme : plans d'urbanisation directeurs (PUD) entre (1970 – 1990) et plans directeurs d'aménagement et d'urbanisme (PDAU) et plans d'occupation du sol (POS) après cette date. Malgré la présence de ces plans, aucune règle d'urbanisme d'orientation et d'implantation des immeubles ne semble être adoptée. En fait, il faut attendre les années 2000 pour que ces plans soient réellement appliqués sur le terrain.

La logique du zonage provoque la perte de la notion d'espace public concrètement défini. ([Messaoudi et al., 2017](#)). Dans ces zones, les fonctions de liaison qui relient les éléments internes dans la zone fonctionnelle, ou entre une zone fonctionnelle et une autre (les rues, les boulevards, les trottoirs, ...etc.) sont absents. Les aménagements socio-culturels de récréation et de détente (cinéma, théâtre, ...etc.) sont complètement effacés du paysage urbain. Les ZHUN négligent les infrastructures de base, les équipements de proximité (les commerces, les administrations, les écoles, ...etc.), les espaces extérieurs bâtis et non bâtis (trottoirs, parkings, espaces de jeux, espaces verts, places, ...etc.). Ce qui a marqué ces derniers de modestie fonctionnelle et esthétique ([Bouaifel, 2010](#)) et de médiocrité du cadre de vie imposée à leurs usagers. Générant, ainsi, des dysfonctionnements et des déséquilibres au sein de la ville.

En revanche, les lotissements individuels ou collectifs réalisés sur la plaine entre les années (1980 – 1990) représentent de meilleures conditions de vie puisqu'insérés dans le nouveau centre urbain de la ville ([Belkhiri, 2009](#)), qui abritait le centre administratif et les activités

tertiaires. La zone administrative étant devenue le nouveau centre de la ville, et remplace le centre historique situé dans la vieille ville.

Néanmoins, et en tous les cas, l'urbanisme de cette époque semble ne pas prendre en compte les mesures de sécurité dans les immeubles qu'ils soient destinés à l'habitation ou aux activités. Nous constatons l'absence des issues de secours, pour faciliter l'évacuation. Le même constat s'enregistre pour les mesures contre les inondations. La nouvelle ville de Sidi-Ali-Labher, dont les travaux de construction ont débuté après 1990, fait exception. Dans cette ville au bord de la mer et sur le delta de la Soummam, les immeubles sont tous surélevés d'un mètre ou plus du niveau de la terre.

L'urbanisation dans le contexte de l'économie du marché de 2000 à aujourd'hui : métamorphose économique sans transition urbaine

A partir des années 2000, l'Algérie a vu bon d'adopter l'économie du marché qui remplacera désormais l'économie dirigée, en vigueur depuis le lendemain de l'indépendance. Pour y arriver, le pays c'est doté d'un arsenal de moyens réglementaires, législatifs, organisationnels, institutionnels, financiers, nécessaires à l'organisation du territoire et qui devraient assurer l'équilibre entre régions et villes et la mise en valeur de leurs atouts et potentialités ([Nezla, 2012](#)).

La loi (29/90) du (1^{er} Décembre 1990), définie 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 intercommunal de Bejaia, 2009](#)). En ouvrant le champ de la planification urbaine à de divers acteurs dont les citoyens, les conseils municipaux et de wilaya, les acteurs techniques, les associations, les acteurs économiques...etc. Tous les concernés, constituent ensemble des commissions pour la préparation et la validation de ces plans qui font la base sur laquelle devaient s'appuyer toutes interventions sur l'espace urbain.

En revanche, si les statuts de l'élu local et celui du citoyen sont promus au rang de décideur et de citadins qui n'avaient plus à subir leur ville mais à la vivre et à la planifier, ces plans sont tout de même restés plus ou moins standards et ne s'adaptent pas aux spécificités des régions

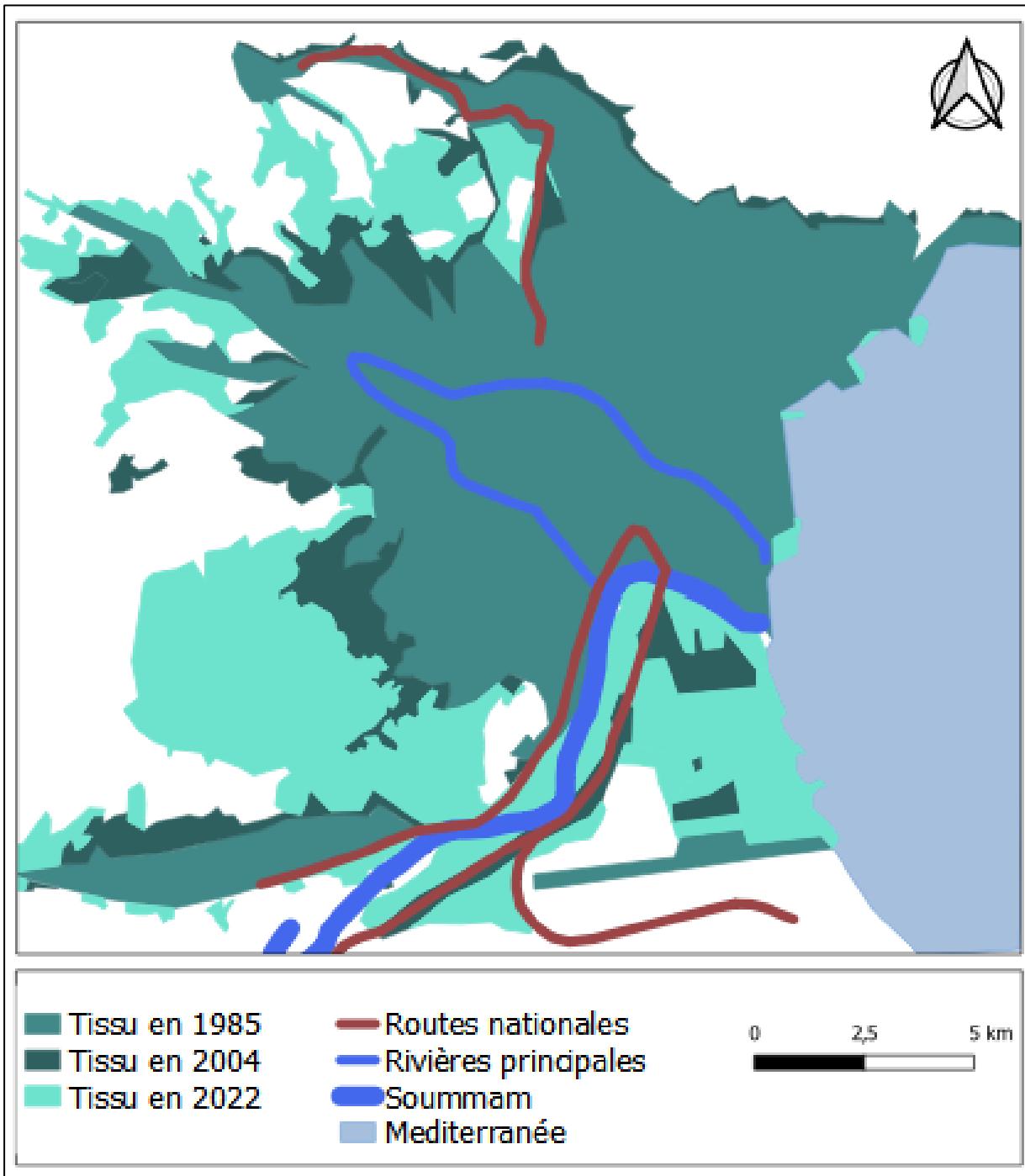
ou des communes ([PDAU intercommunal de Bejaia, 2009](#)). Ces plans proposent une planification urbaine basée sur la production de logements en coopérations immobilières étatiques ou privées ([Amara et Ariouat, 2015](#)). En plus de l'implantation d'unités d'équipements, activités et services, selon les directives des deux plans suscités. Les orientations économiques de l'Etat ont changé de l'industrie lourde après l'indépendance à celle des services comme le tourisme, ou la petite industrie et l'artisanat qui favorise les petites et moyennes entreprises.

D'autres plans aux échelles nationales et, régionales, viennent appuyer les PDAU et les POS, qui ne sont que rarement respectés sur le terrain. La planification est caractérisée par un changement des méthodes et processus mais pas des objectifs et des aspirations qui sont quasiment restés les mêmes que l'époque précédente. La planification manque d'audace et les objectifs ne dépassent pas la création massive des logements sans tenir compte des nouveaux concepts liés à la durabilité, à la protection des milieux naturels et à l'adaptation du fait urbain aux conditions naturels ou techniques de notre temps. Aucun projet audacieux d'aménagement (extension du port) ou de sécurisation et d'organisation : délocalisation de la zone industrielle, intégration de la rivière de la Soummam dans le tissu urbain. Ni dynamiser la ville ou régler les problèmes spatiaux, sociaux, économiques et environnementaux, comme la discontinuité de la ville vis-à-vis de la mer et de l'arrière-pays, sa sous-couverture paralysante en équipements divers, son manque d'attractivité causée par l'absence de centre et de vocation fonctionnelle dominante. Ou de numérisation de la ville pour faciliter sa gestion, sa surveillance et le suivi de son évolution, en vue de prévention des risques majeurs ([Fig. 5](#)).

L'urbanisation spontanée postindépendance : l'urbanisation sans urbanisme

L'urbanisation dans ce contexte est « *une occupation pacifique et tolérée dans la durée* » ([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 représente l'urbanisation spontanée non précaire qui occupe une surface importante sur le territoire de la ville. Le deuxième type représente l'urbanisme spontané et précaire. Ce dernier est minoritaire en nombre de logements et en surface occupée, mais qui interpelle sur les conditions de vie des occupants, la qualité des espaces naturels et sur la salubrité de l'image de la ville.

Figure II.5.5 – L’extension urbaine entre 1985 et 2022



Source – Conception de l'auteure, 2023, sur fond de cartes Google Earth, consulté le 13/03/2023

Le caractère anarchique dans le premier cas sous-entend l'absence des actes de propriétés des terrains et l'aspect non réglementaire de l'acquisition de ces derniers, sur lesquels les bâtisses sont implantées. D'autre part, il fait référence à l'absence des procédures architecturales, techniques et urbaines nécessaires à la construction de nouveaux quartiers d'habitation. Absence de planification des espaces extérieurs, absence ou médiocrité des réseaux divers dont

les voiries et l'assainissement, absence d'études techniques des terrains, absence des plans de parcellement, absence des plans d'architecture, ...etc. Absence d'espaces publics et de récréation, absence des services de proximité, ...etc.

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, ...etc.

Plusieurs pôles spontanés⁴ généralement inachevés, de type individuel et avec une densité extrêmement élevée, font leur apparition sous forme de pavillons, de villas, ou de grandes maisons.

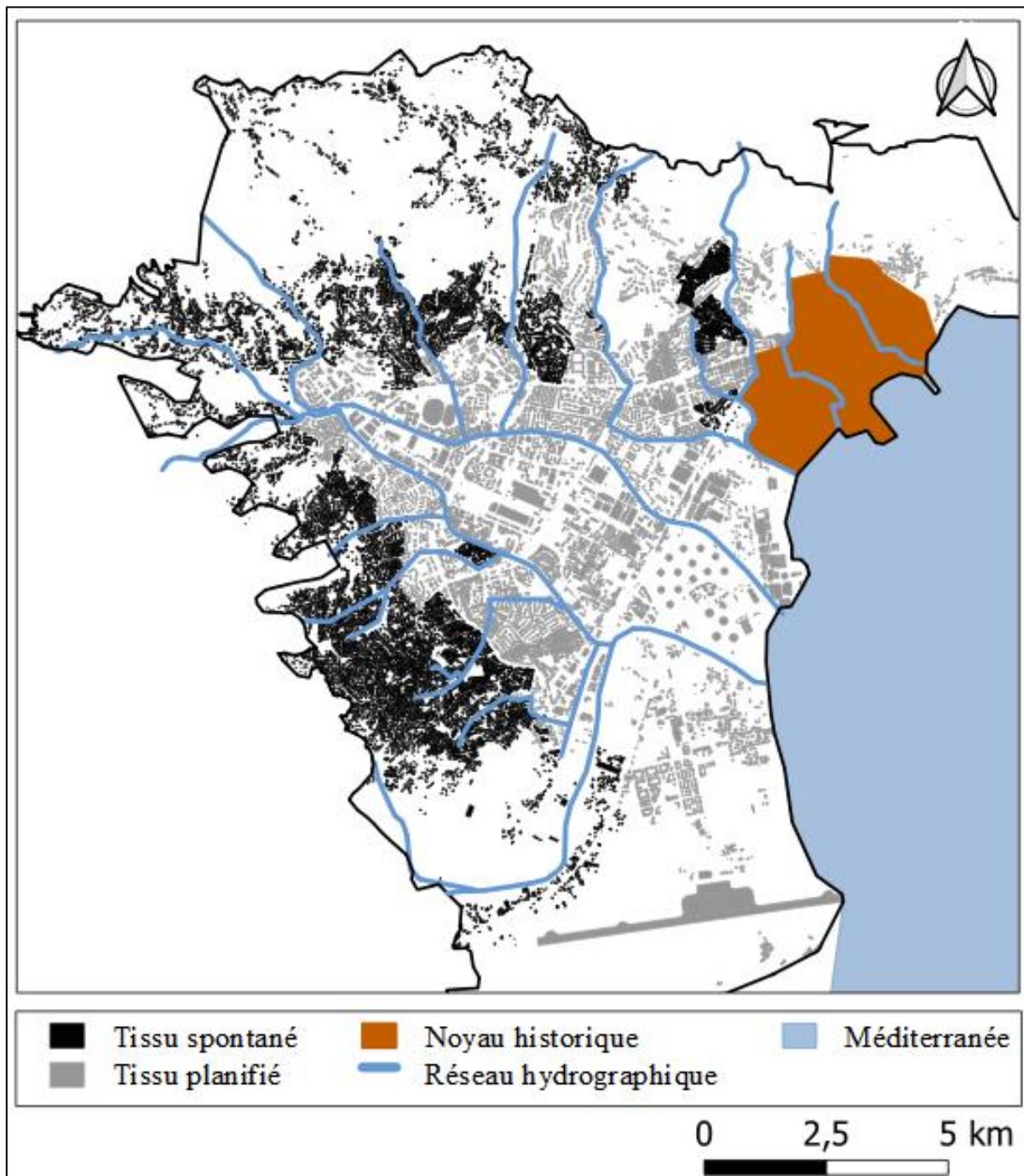
« Les maisons individuelles cubiques poussent comme des champignons. [...] Le mitage dévore l'espace à l'horizontale et à la verticale. L'architecture est un fait social : chacun construit sa maison, sans tenir compte des règles d'urbanisme. » ([Berki, 2004](#))

Les zones concernées sont toutes situées dans les régions périphériques de la ville et le tissu, très dense, peut être qualifié de périurbain ou de rural. Un autre tissu, moins dense, car composé d'habitations dispersées pousse sur le littoral, principalement la côte ouest, et sur le plateau de Sidi-Boudarham. Dans ce sens, dix-neuf constructions illégales ont été réalisées, rien qu'en 2015. ([A.S.B., 2015](#)). Depuis la fin de l'année 2022 et le début 2023, les autorités ont lancé une action de démolition des constructions illicites qui envahissent ces deux régions citées. A savoir le littoral ouest et le plateau Sidi-Boudarham.

Pour les logements précaires, ils sont généralement composés d'une ou deux pièces façonnées par les occupants eux-mêmes. Avec des matériaux de récupération inadaptés pour la construction et souvent dangereux pour la santé humaine et la salubrité des espaces naturels. Ils sont dépourvus de toutes les commodités qui garantissent un minimum de confort. Absence de l'isolation des murs et des toits, absence des réseaux divers (rues, routes, assainissement, ...etc.), l'utilisation des matériaux de construction rudimentaires inadaptés comme des tôles de zinc, ...etc. Ces constructions sont implantées dans des quartiers déjà urbanisés et occupés. Quatre sites sont recensés en 2016 : Cité Soumari, cité Eucalyptus, Base Impros et Sidi-Ali-Lebhar ([DUC, 2016](#)). Regroupant plus de 274 constructions précaires recensées en 2016 ([IDEM](#)).

⁴ Amtik, Amtik-N'tafat, Boukhiama, Ibourassen, Ighil-Ouamriw, Ighil-Ouatou, Ighil-Ouazoug, Iheddaden, Imehdiene, Taassast, Taghzout, Takhrift, Takhrouit-N'Cham, Taklait, Tala-Markha, Tala-N'savone, Targua-Ouzemour, Tazeboudjt, Tizi ...etc.

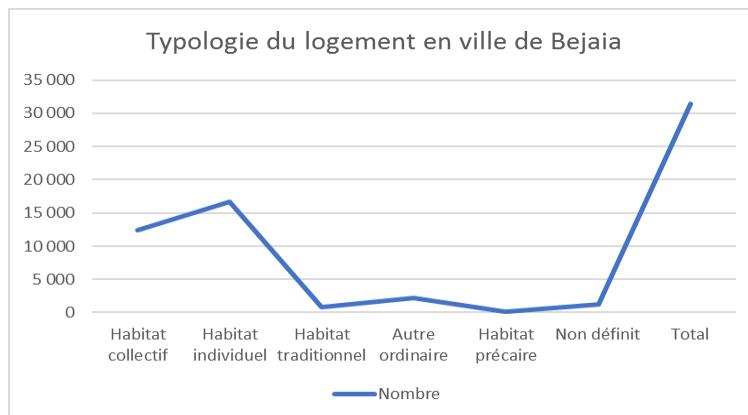
Figure II.5.6 – L’urbanisation planifiée et spontanée postindépendance



Source – IDEM

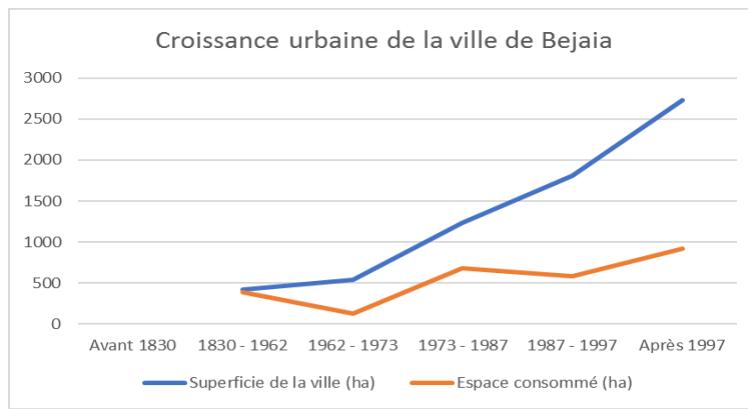
L’urbanisme planifié est souvent de type collectif, et l’urbanisme anarchique est de type individuel. A ce sujet, le tableau suivant fait la synthèse sur la répartition en nombre des types de logements.

Graphique II.5.1– Typologie du logement en ville de Bejaia



Source – RGPH, 2008

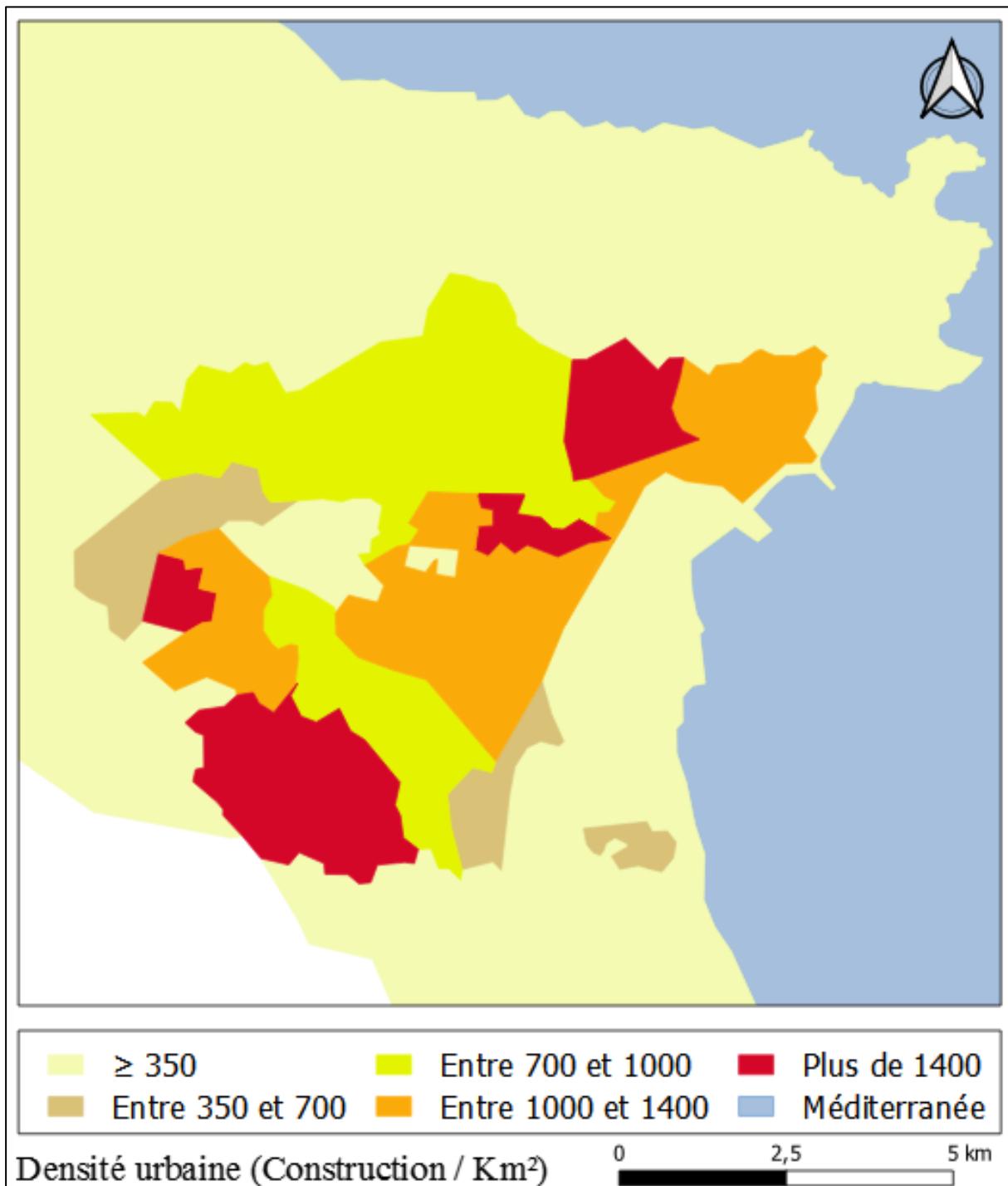
Graphique II.5.2 – Croissance urbaine de la ville de Bejaia



Source – D’après les données de l’APC de Bejaia, 2017

La densité du tissu de la ville de Bejaïa est caractérisée par trois parties distinctives, qui dépendent de la typologie du tissu. Le tissu dans le noyau historique et par son caractère ancien est plus dense, où les constructions sont plus proches les unes des autres et les ruelles plus étroites. Le tissu spontané affiche aussi une densité élevée. Dans ce cas, ce ne sont pas les routes qui sont étroites, mais les habitations qui sont endossées de manière à utiliser le foncier au maximum, sans laisser d’espaces libres pour des équipements, des aménagements ou espaces publics divers. La densité des constructions est moyenne dans les ZHOUN de la ville. Elle est faible dans le port, la zone administrative, la nouvelle ville de Sidi-Ali-Lebhar, mais aussi dans les zones d’extension aux alentours de la ville. La figure suivante fait la synthèse des catégories de la densité de la ville (Fig. 7).

Figure II.5.7 – Densité urbaine



Source – Conception de l'auteure, 2023 ; d'après les données de la DPSB⁵

⁵ Direction de la Programmation et Suivi Budgétaires (Bejaïa)

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 rivulaires.

I.4.1. Les populations

C'est une ville de taille moyenne dont le nombre de populations à atteint 191 936 habitants fin 2019, ([Annuaire statistique de Bejaia, 2020](#)). La ville connaît une augmentation rapide des populations, due à l'apparition d'espaces urbains nouveaux, souvent de nature anarchique ([Lillouch, 2018](#)), ou sous forme de promotions privées, depuis le début des années 2000.

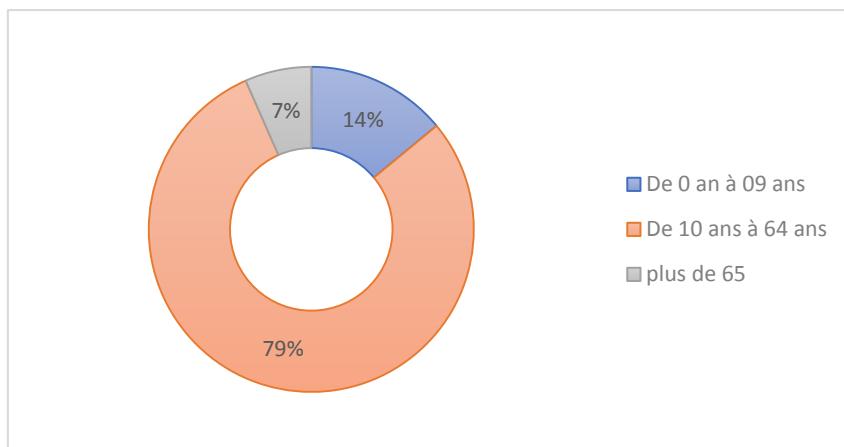
Elle est aussi lieu de présence de nombreuses populations non résidentes, dont le nombre approximatif vire autour des 50 000 visiteurs par jour ([ETUSA-Bejaia,2022](#))⁶. Ce nombre de visiteurs peut doubler ou plus, pendant les trois mois de la saison estivale. Les visiteurs sont présents en ville pendant 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 viennent des régions urbaines et rurales limitrophes, ou des régions du pays les plus lointaines. Certains hébergent dans les hôtels ou les auberges qu'offre la ville.

La population de Bejaia est une population principalement jeune où (14 %) ont moins de 10 ans. Quant aux séniors qui dépassent 65 ans, ils représentent environ (7 %) du taux total de la population résidente. Ces deux catégories représentent les tranches sociales les plus vulnérables lors d'un évènement dangereux. Les enfants pour leur faiblesse physique et leur immaturité intellectuelle, et les séniors pour leurs faiblesse physique et les difficultés de mouvements. Dans les deux catégories, les concernés se heurtent à des difficultés à réagir face à l'évènement de risque. A ces catégories s'ajoutent d'autres groupes sociaux qui ne sont pas des moins vulnérables, comme : les personnes malades dans des hôpitaux, les femmes enceintes ou les handicapés. Dans ce cas, la vulnérabilité peut être permanente ou temporaire.

Le graphique suivant fait la synthèse des tranches d'âges des populations résidentes de la ville de Bejaia.

⁶ Ce nombre représente les visiteurs qui arrivent en ville par transport routier en commun (Bus). Il n'inclue pas d'autres catégories de moyens de déplacement : voiture personnelle, taxi, train, avion

Graphique II.5.3 – Tranches d’âges des populations résidentes

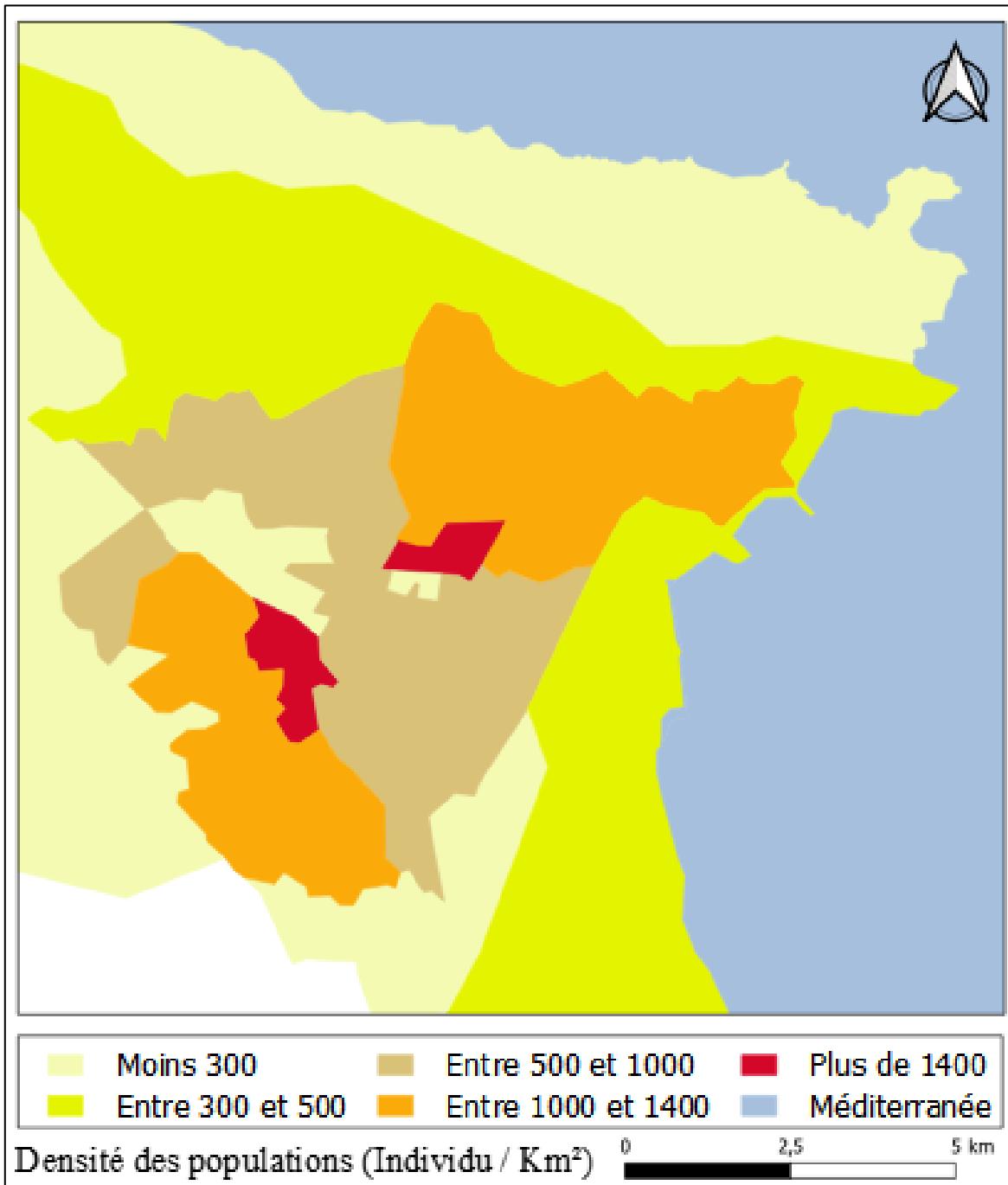


Source – D’après l’annuaire statistique de Bejaia, 2020

Quant aux visiteurs, ils sont en majorité adultes, dont l’intervalle de l’âge serait entre 19 ans pour les étudiants, jusqu’à 65 ans pour les travailleurs. Il s’agit là, de catégorie non incluant des individus hautement vulnérables. Des visiteurs moins ou plus âgés, donc plus vulnérables, représentent des tranches moins importantes en nombre. D’autre part, et en se référant à notre propre expérience et aux entretiens menés au cours de ce travail, la répartition des visiteurs par genre montre la quasi-égalité entre les deux jantes masculine et féminine.

La ville de Bejaïa concentre une densité d’habitants qui atteint les 1500 habitant/Km² ([Annuaire statistique de Bejaia, 2020](#)). Ces valeurs sont jugées élevées par rapport aux villes limitrophes et par rapport à la plupart des villes algériennes. Les populations résidentes sont installées à (99 %) dans le chef-lieu de la commune ([Lillouch, 2018](#)). De même pour les principales destinations des visiteurs. La densité des populations selon les secteurs de la ville est synthétisée dans la figure suivante tirée d’une étude réalisée en 2019 par le CNTC. ([Fig.8](#)).

Figure II.5.8 – Densité des populations



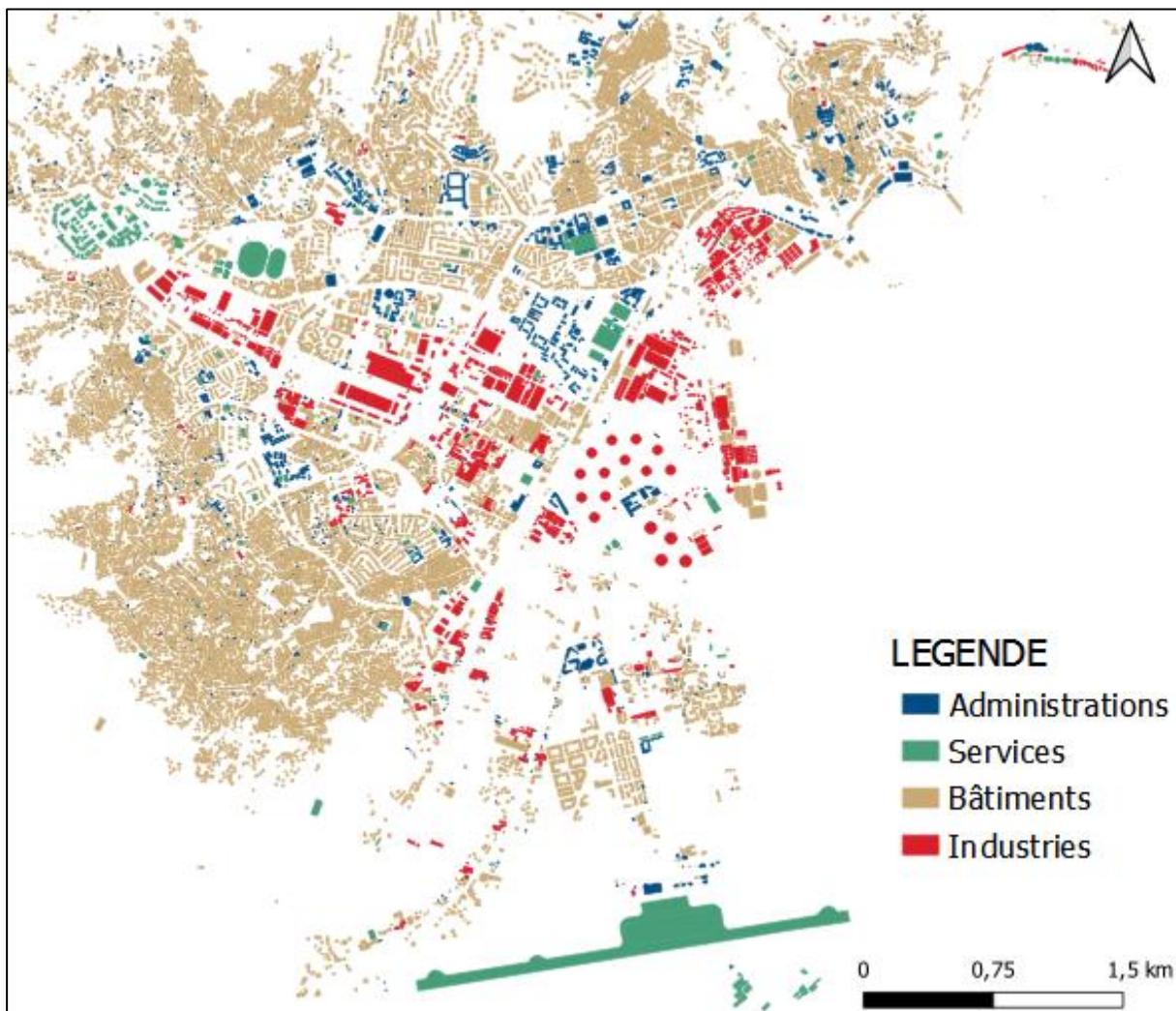
Source – Conception de l'auteure, 2023 ; d'après les données de la DPSB, 2023

I.4.b. Les activités

Les activités industrielles dans la ville sont localisées dans la zone industrielle et dans le port. De l'autre côté, les 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 des zones planifiées. Les logements collectifs non attribués à l'habitation sont utilisés pour les activités libérales, où des professionnels exercent leurs

fonctions. Les 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 l'ONA, 2017

En comparaison aux restes des villes algériennes, 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. Le nombre des unités activant dans l'industrie est de 92 unités, employant environ 10 200 travailleurs ([DIM,2020](#)). Les principaux domaines d'activités sont : les hydrocarbures, la production agro-alimentaire, la construction et le bâtiment.

Ces activités produisent des déchets solides, liquides et gazeux et peu de producteurs disposent de moyens de gestion adéquate de leurs déchets⁷.

L'aménagement urbain de la zone industrielle est dans un état moyen, le mobilier et les réseaux sont en état moyen ou mauvais en certains endroits. En raison de la densité très élevée et du manque accru du foncier industriel, la zone connaît aussi des problèmes liés aux embouteillages qui causent le transport de marchandises à partir et vers le port. Pour ces raisons, et ajouté à la conscience montante quant aux risques que peuvent causer la situation de la zone au cœur du tissu urbain, de plus en plus d'activités sont délocalisées vers les communes limitrophes d'Oued-Ghir et Toudja, ou dans la commune d'El-Kseur.

II.

BEJAÏA COMME ENTITE NATURELLE

Etudier l'état naturel du site d'étude est indispensable pour connaître les aléas dans la région. Cette section a pour objectif de mettre la lumière sur les caractéristiques naturelles du site. Nous allons nous focaliser sur les rivières et leurs caractéristiques, surtout climatiques et hydrologiques. 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

II.1.1. La topographie : plaine et montagnes en cohabitation

La baie de Bejaïa est située au bord de la Méditerranée, le long d'une façade côtière de 7,5 Km. La ville a une forme d'amphithéâtre qui couvre une superficie de 120,22 km², et dont la largeur et la longueur sont plus ou moins de 5 km.

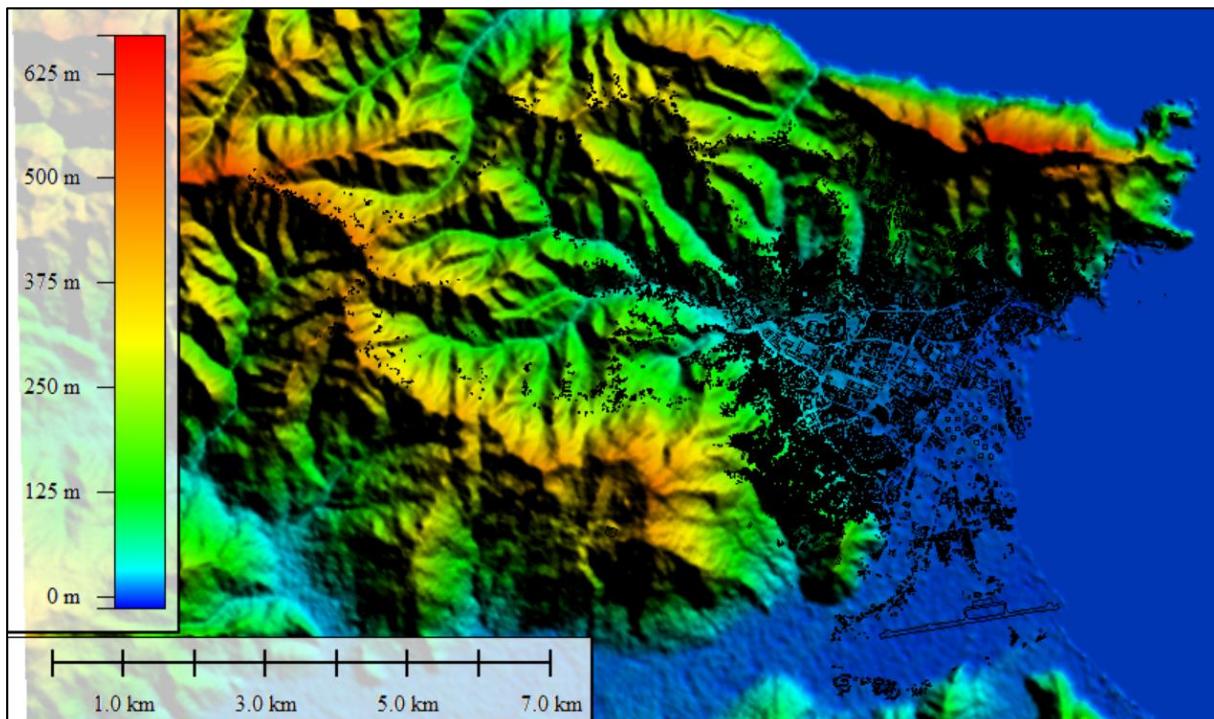
Elle est entourée de trois chaînes montagneuses des côtés : Nord, Ouest et Sud. Elle est entourée des montagnes, Sidi-Boudarham 384 m, Gouraya 670 m et Boukhantouche 400 m, des côtés : Ouest, Nord et Sud, et s'ouvre sur le littoral par une plaine maritime, du côté Est. Au nord, la montagne de Gouraya avance de 700 m dans la mer et forme le cap Carbon, et le cap Bouak. Ces derniers protègent la ville des vents violents de la mer. Selon Von Habsbourg, (1899), Ces caractéristiques naturelles confèrent à la ville le statut du seul port naturel dans la Méditerranée

⁷ Ce point sera traité dans le chapitre suivant.

(Von Habsbourg, 1899). Dans un enchaînement des processus de la nature, ces caractéristiques, façonnent les mécanismes de la présence de l'eau et la formation des cours d'eau.

Composée de deux types de reliefs distincts. Les terrains accidentés représentent une surface de 45 Km², dont la pente peut varier entre (5 %) et (55 %). La plaine maritime représente 75 km² de surface, et sa pente varie 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 topographie de la ville influe sur l'écoulement des cours d'eau et sur leurs débits et caractéristiques hydrographiques et morphologiques et sur le régime du ruissèlement. Elle a une influence sur les caractéristiques du bassin versant, et agit aussi sur le risque naturel d'inondation et de débordement des cours d'eau. Par sa topographie, la plaine est naturellement préparée comme zone inondable. La zone accidentée quant à elle est adaptée à un écoulement rapide des eaux, avec ce que ceci implique en matière de transport de déchets, de l'amont du bassin, vers son aval.

En plus de la situation géographique et de la topographie, qui influent sur le climat et donc sur les cours d'eau, les facteurs météorologiques eux aussi rentrent dans la configuration du climat et donc des cours d'eau.

II.1.2. Les caractéristiques hydro-climatiques : source d'alimentation des cours d'eau

La connaissance des eaux dans une région est liée à la connaissance des éléments qui influent sur ces eaux qu'elles soient superficielles ou souterraines. Le climat est un des éléments majeurs qui détermine le régime d'un système de cours d'eau ([APC de Bejaia, 2015](#)). Pour leur influence sur les cours d'eau, les éléments du climat considérés sont : les températures, les précipitations et les vents. Ces éléments influent sur les réserves en eaux et sur les régimes des cours d'eau. Ils sont eux-mêmes influencés par la situation géographique et la topographie, et ils sont liés et agissent entre eux.

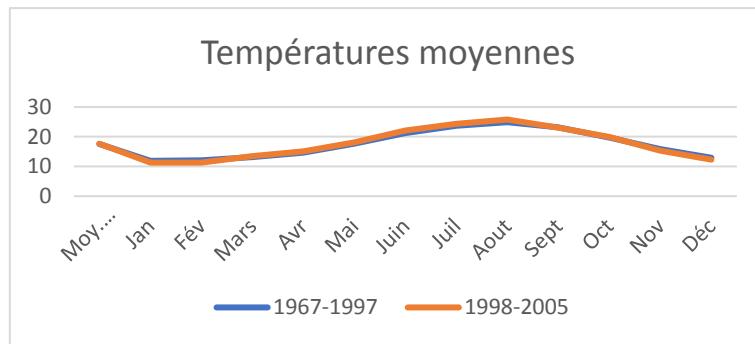
Dotée d'un climat méditerranéen humide. Ce dernier est défini par un régime saisonnier composé de quatre saisons (Automne, Hiver, Printemps, Eté), caractérisées par des taux de pluviométrie, températures, d'humidité, d'évaporation et des vents, divergents d'une saison à une autre.

Les températures :

Les valeurs maximales sont enregistrées au mois d'Août et accèdent 46.0 C°, et les valeurs minimales sont enregistrées en hiver et atteignent – 1.0 C°. Comme pour l'ensemble de la région méditerranéenne, la ville connaît un changement climatique, caractérisé par une augmentation des températures moyennes. Entre (1967 – 1997) et (1998 – 2005), on constate une augmentation des températures moyennes de 0.1 C° (de 17.6 C° à 17.7 C°). En 2022 les températures moyennes ont atteint 19 °C, portant l'augmentation à 1.3 °C, par rapport à la période précédente, ce qui témoigne d'un réchauffement très rapide et inquiétant qui s'approche du seuil des 1.5°C fixé par l'Accord de Paris ([ONU, 2023](#)), sachant que ce seuil correspond à l'augmentation des températures moyennes dans le monde, mais sur des décennies ([ONU, 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. ([Graphe.4](#)). Les températures influent sur les taux de l'humidité et de l'évapotranspiration.

Graphique II.5.4 – Températures mensuelles moyennes (1967 à 1997) - (1998 à 2005)

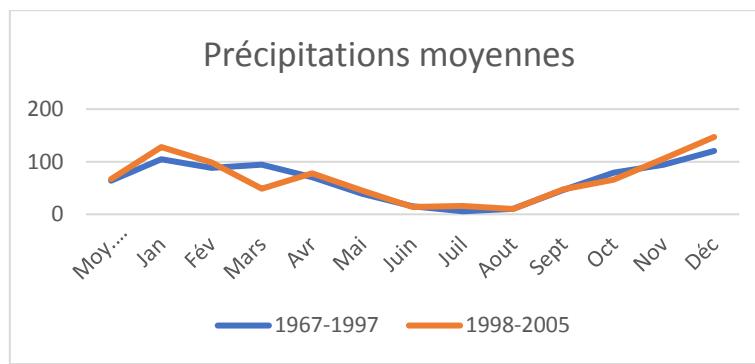


Source – Auteure, 2023 ; d’après les données statistiques de l’ONM

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 (1373 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.

Graphique II.5.5 – Précipitations moyennes mensuelles à Bejaia (1967 à 1997) - (1998 à 2005)



Source – Auteure, 2023 ; d’après les données statistiques de l’ONM

Suite aux changements climatiques, nous constatons une diminution de la moyenne des précipitations annuelles de (2.9 mm/an). 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.

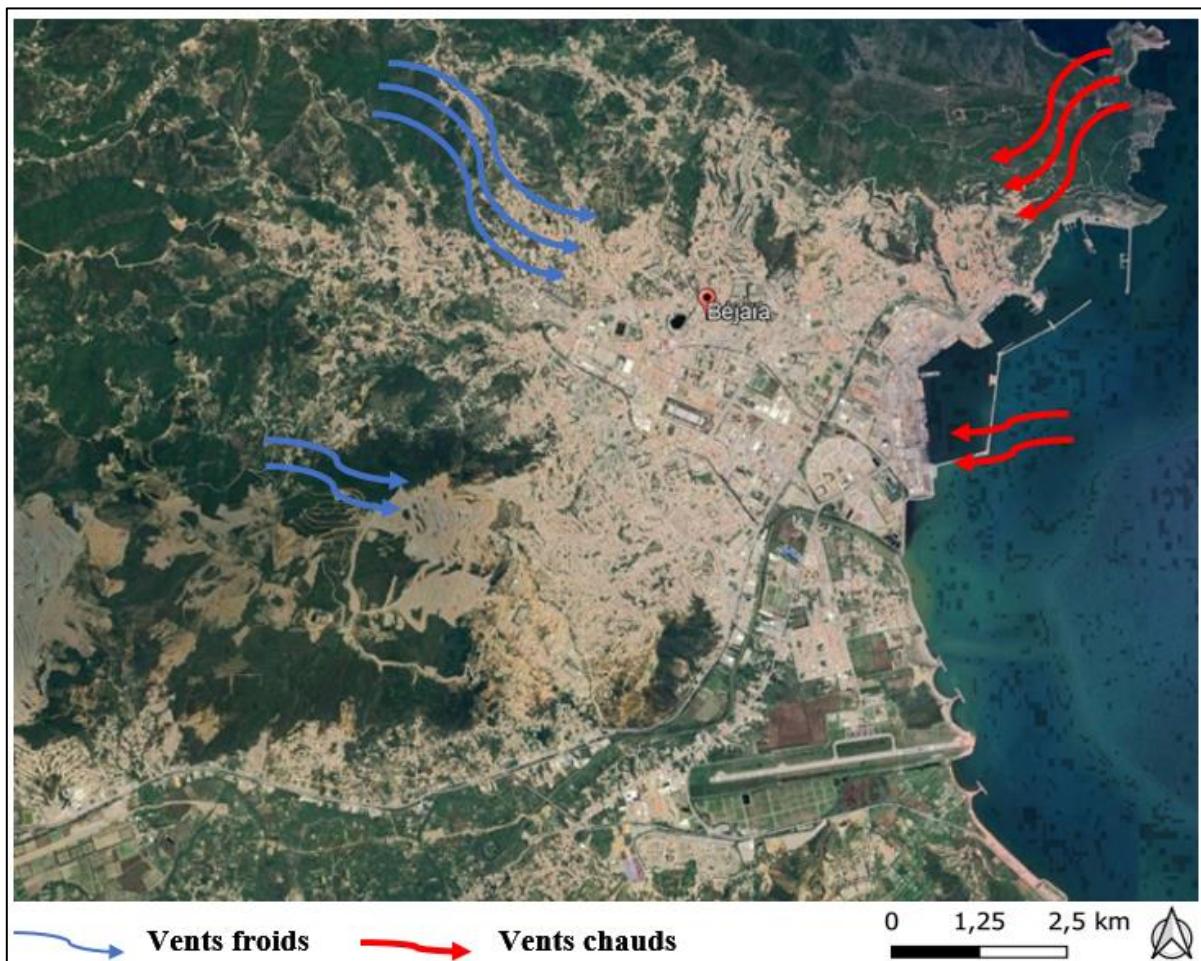
D’autre part, on remarque une modification dans la dynamique saisonnière des précipitations. Entre Novembre à Février, et Juin à Août, on remarque une augmentation des précipitations

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 ([Graphe.5](#)). A partir de 2008, toutes les saisons deviennent plus sèches.

Les vents :

Deux types de vents dominent 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).

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

Le vent comme élément du climat est favorable à l'augmentation des quantités des eaux présentes sur le territoire.

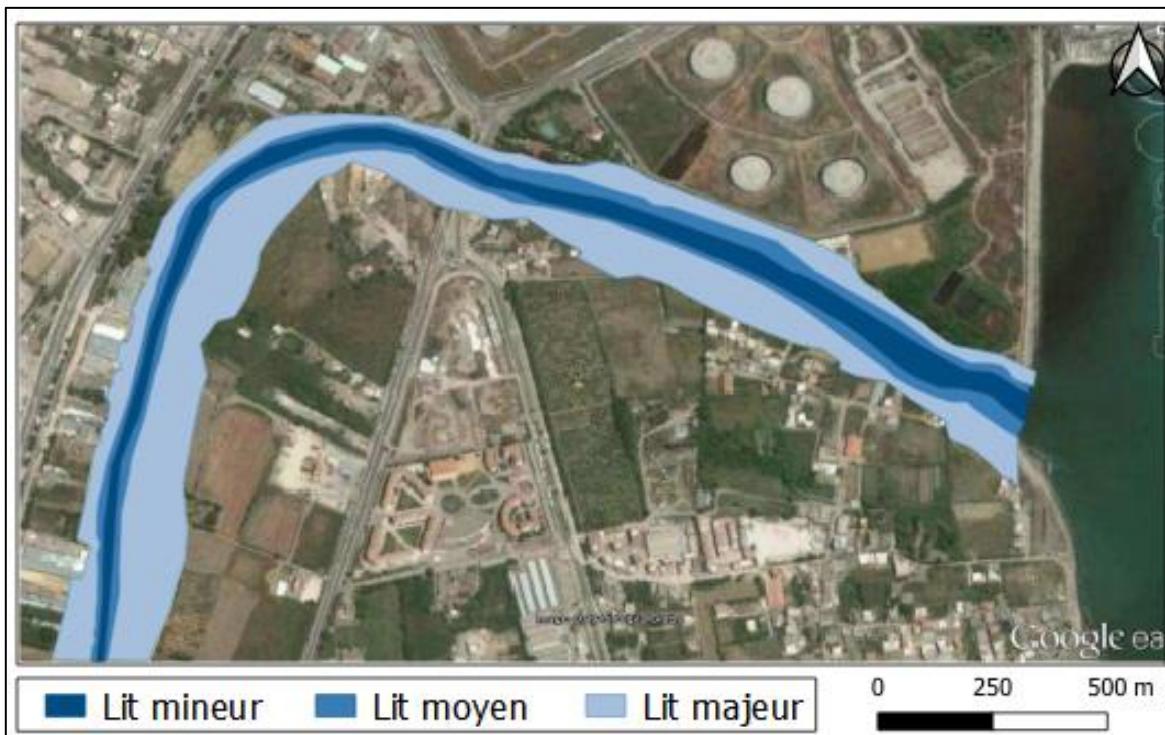
II.2. L'aperçu hydrologique :

L'étude du système hydrologique d'une région se fait par l'étude des bassins versants⁸ qui le 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 ceux de la Soummam-Hodna, pour le second.

II.2.1. Le bassin versant de la Soummam : un élément atout et à risques

La *Soummam* trouve ses origines dans la jonction dans le massif des *Bibans* et en amont de la commune d'*Akbou* de deux rivières importantes : la *Sahel* et la *Bou-Sellam*. La rivière de la *Soummam* est le collecteur principal d'un réseau hydrographique dense composé de nombreux cours d'eau dont les plus importants sont : *Seddouk*, *Imoula*, *Amassine*, et *Amizour*, sur la rive droite, et *Illoula*, *Tifrit*, *Nchâa*, *Amokrane*, *Remila*, *El-Kseur*, sur la rive gauche. Elle est la rivière la plus importante qui traverse la ville sur un tronçon long de (04 km) et forme le delta de Bejaia.

Figure II.5.12 – Unités hydro-géomorphologiques de la Soummam



Source – Conception de l'auteure, 2023 ; d'après Khaled, 2015

⁸ 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. (APC - Mission A, 2015).

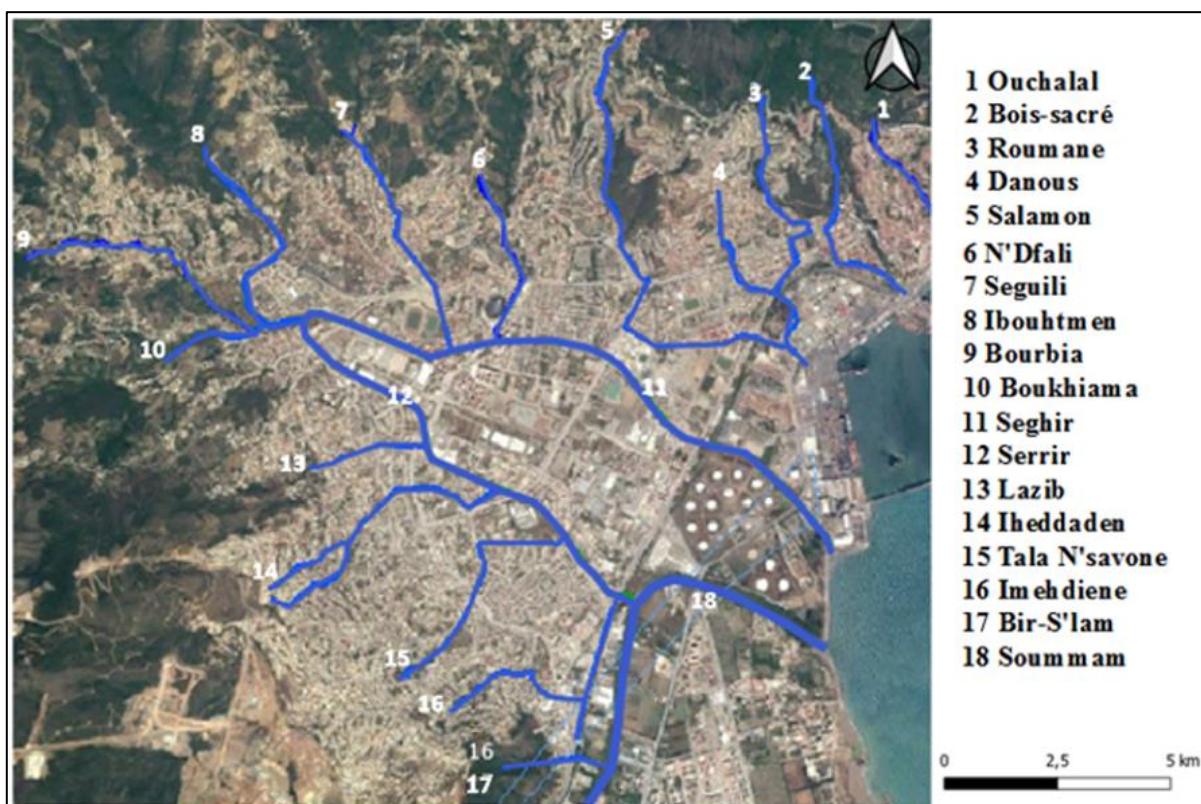
La Soummam représente un potentiel écologique et paysagiste important pour la ville. Néanmoins, elle est réduite à un exutoire pour les déchets liquides et solides des ménages et des industriels. Depuis 2009, des propositions pour l'aménagement d'un parc de loisir sur les deux rives de la Soummam sont avancées par le PDAU ([PDAU Intercommunal de Bejaia, 2009](#)), mais sans que rien de concret ne soit réalisé jusqu'à aujourd'hui.

Elle est aussi une source d'inondations qui frappent la ville, principalement dans les périodes hivernales. Le phénomène est aggravé par l'urbanisation sur les lits de la Soummam, comme susmentionné et comme le montre la figure ([Fig.12](#)).

II.2.2. Le bassin versant du Cap-Sigli : le bassin versant qui abrite la ville

Le système des cours d'eau de la zone d'étude constitue un bassin versant d'une surface et une longueur totale des rivières de (73.53 Km²) et (31.75 Km) respectivement ([APC-Mission C, 2017](#)). Il est dense avec des similitudes entre les cours d'eau composants, par ailleurs, deux cours d'eau se distinguent comme plus longs, plus larges, permanents et servent d'exutoire aux autres : la *Serrir* et la *Seghir* ([Fig.13](#)).

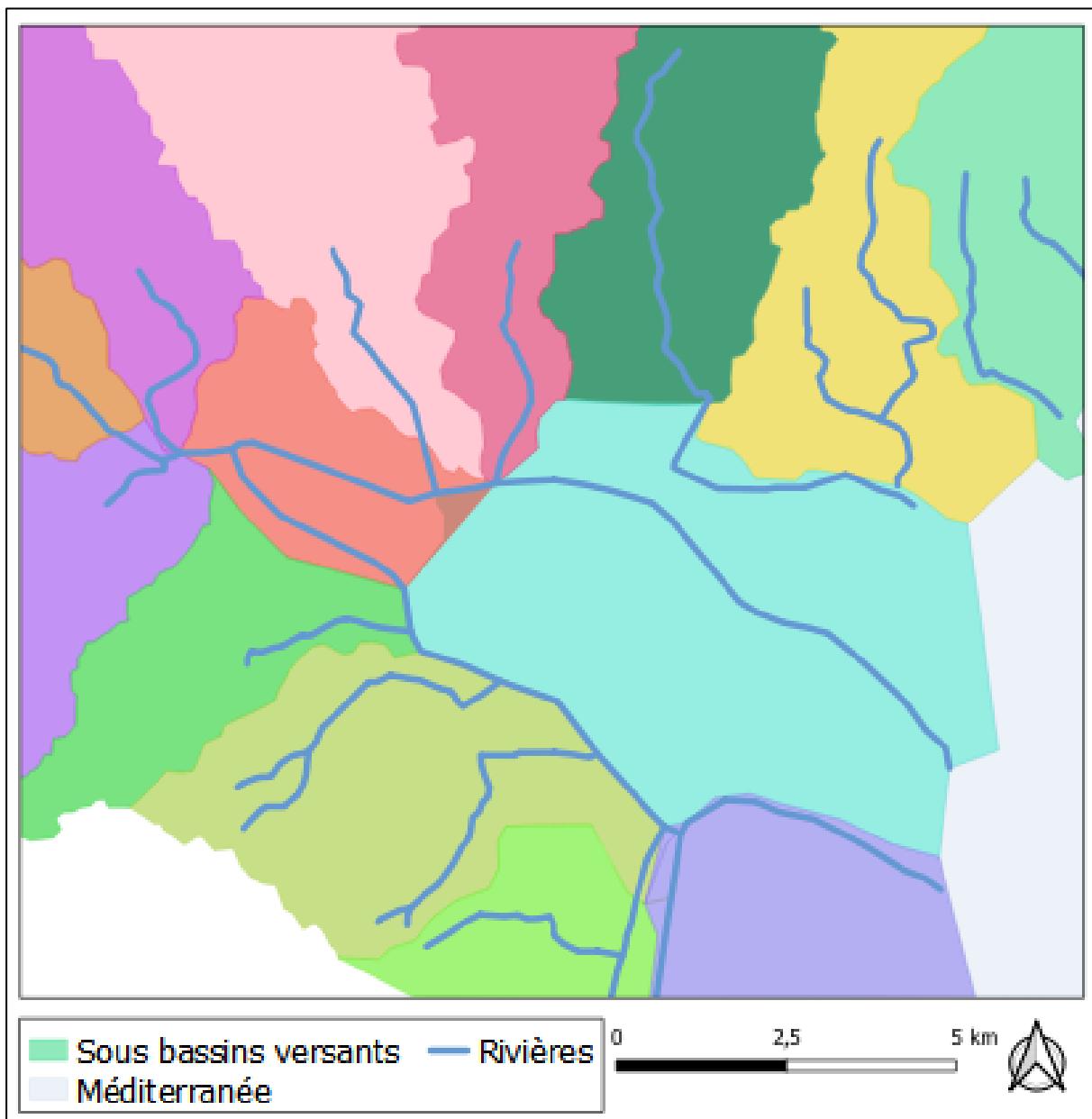
Figure II.5.13 – Réseau hydrographique de la ville



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 délimitation des sous-bassins versants donne le résultat dans la figure suivante. (Fig.14). Le nombre des sous bassins versant peut varier d'une représentation à une autre selon les données utilisées et les résultats recherchés. Cette variation est aussi influencée par les modifications apportées à l'espace au cours des années.

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 crues⁹

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 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 jailli des profondeurs vers la surface pour constituer le lac. Plus tard, des espèces faunistiques et floristiques sont introduites sur le site. Son intérêt écologique lui a valu l'intégration dans le parc national de *Gouraya* en 2001. Aujourd'hui elle est juridiquement une propriété de la direction de la conservation des forêts, et gérée par la mairie dans le cadre du parc d'attraction.

Comme tous les lacs situés dans les milieux urbains qui sont des générateurs d'écosystèmes naturels en ville ([Akkouche et Si-Moussa, 2018](#)), *Imzayen* s'inscrit dans le même sens et il joue un rôle polyvalent de créateur de nature en ville, de milieu de récréation et de détente pour les citadins, de milieu d'intérêt paysagiste, et un écosystème écologique pour de nombreuses espèces floristiques et fauniques, en plus d'une attraction à intérêt économique pour la ville. Quant à la mare de *Tamelah*, elle est un bassin naturel de rétention d'eaux de pluies et est temporaire qui se forme pendant la saison humide. Elle est située à un kilomètre de l'embouchure de la Soummam, à la frontière sud de la ville. Sa surface et ses quantités en eaux sont variables selon l'abondance des précipitations.

Quand on revient aux schémas d'urbanisme de la ville (POS et PDAU) nous constatons que la question de la protection environnementale du système écologique du lac, ou l'exploitation paysagiste de la mare comme lieu de rétention d'eau, ne sont pas prises en compte.

⁹ 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 ce soit dans le cas de l’urbanisation planifiée ou spontanée, la ville de Bejaia s’est développée sans tenir compte des règles d’urbanisme, ni de la protection des espaces naturels et de prévention des risques naturels ou anthropiques.

Les composantes industrielles et d’urbanisation spontanées sont celles qui pèsent le plus sur la qualité de vie et des espaces dans la ville, d’où un état général favorable à la dégradation des systèmes naturels dont les cours d’eau.

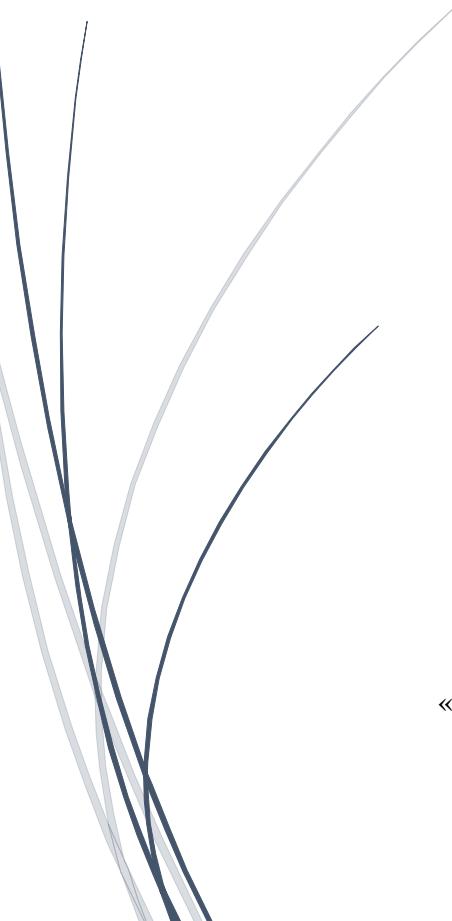
Comme entité naturelle, la ville de Bejaia possède des atouts pour une ville riche en ressources en eaux de surface et souterraine, puisque le réseau dense des cours d’eau draine une nappe phréatique importante, qui est toujours peu étudiée. ([Akkouche et Si-Moussa, 2018](#)). Néanmoins, l’accroissement de la ville est toujours contradictoire à la protection de la nature ([Le Corbusier, 1933](#)), ce qui se confirme dans la ville de Bejaia.

Les caractéristiques naturelles et urbanistiques de la ville sont sources de multiples désagréments et contribuent activement à des risques naturels et anthropiques. Ce point sera traité dans le chapitre suivant

PARTIE II.

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. Néanmoins, ces transformations peuvent s'avérer conflictuelles avec l'homme, avec l'espace naturel ou avec les deux. Ce qui va suivre est une mise au point sur les liens entre réseau hydrologique et urbanisation en ville de Bejaia, et ce que ces liens ont pu engendrer comme situation de risque.

La première section du chapitre met l'accent sur la définition des interactions complémentaires ou conflictuelles entre la composition anthropique spatiale et sociale de la zone d'étude et sa composition naturelle hydrologique de surface. Nous allons définir l'état des lieux dans lequel se trouvent actuellement les cours d'eau de la zone d'étude et l'ensemble des disfonctionnements qu'ils représentent, tout en essayant de connaître ce qui rattache ces disfonctionnements au phénomène urbain.

La deuxième section s'intéresse à l'exposition de la ville et de ses habitants aux phénomènes de risques en rapports avec les cours d'eau de surface. Dans cette section, nous avons répertorié quatre types de risques, à savoir : les inondations, les glissements et érosions des berges, les risques sanitaires de maladies transmissibles par les eaux et les risques environnementaux et écologiques de dégradation qualitative et quantitative des eaux de surface 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 et al., 2014](#)), nous allons nous intéresser aux altérations causées par les interventions humaines. Malgré le fait qu'il n'est pas toujours évident de définir la part des altérations à origines naturelles et celles à origines anthropiques ([Mouni et al., 2009](#)). Trois types d'altérations artificielles peuvent être signalés. Il s'agit : des altérations écologiques (rejets ponctuels ou diffus des déchets), des altérations physiques (construction sur les lits, déviation, aménagements, couverture), les altérations urbanistiques (non intégration des cours d'eau dans le tissu urbain).

Les différentes interventions provoquent des dysfonctionnements qui atteignent la qualité hydrologique, écologique et biologique des systèmes des cours d'eau.

[I.1. La ville aux époques antique et médiévale : des liens symbiotiques avec les cours d'eau](#)

Faute de disponibilité de sources, nous ne savons pas grand-chose sur la place de l'eau dans les époques antiques de la ville. Néanmoins, nous supposons que l'alimentation en eaux se faisait par la voie d'exploitation des sources et cours d'eau présents sur le territoire de la cité. Ajouté au recours à un dispositif répondre en méditerranée de l'époque, qui consistait à la collecte individuelle des eaux de pluies, vers des citernes privées installées à l'intérieur de chaque maison ([Djermoune et Filah, 2018](#)).

Dans la cité de *Saldae*, des traces archéologiques hydrauliques de cette époque sont encore visibles de nos jours ([Idirène, 2005](#)). L'eau fut placée à l'extérieur de l'enceinte de la cité et non à l'intérieur, ce fut le cas pour le port commercial et de transport. Pour l'eau publique qui desservie les bains, fontaines à l'intérieur de l'enceinte de la cité, elle était sous forme de citernes, alimentées par les sources et les rivières dont la rivière *Ouchaalal*. Plus tard, des aqueducs sont aménagés pour ramener l'eau jusqu'à l'intérieur de la cité.

Durant la période romaine, les cours d'eau constituèrent la principale composante urbaine de la ville. En effet, Si le "Cardo Maximus" était selon [Gsell \(2013\)](#) tracé parallèlement aux courbes de niveau de la ville, le "Documanus" était superposé à son principal Oued. De même

pour les citernes d'eau, toutes aménagées à proximité des rivières, principalement celle d'*Ouchaala*.

Les aménagements hydrauliques sont renforcés par un dispositif d'évacuation des eaux usées constitué d'un canal tracé à proximité des eaux claires, et qui servait à l'évacuation des eaux usées. Une technicité qui avait pour objectif de protéger la ville contre les risques d'inondation et sanitaires.

I.1.1. La ville à l'époque médiévale : des liens plus visibles sans perte d'harmonie d'échanges entre ville et cours d'eau

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 maîtresse 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 écrits de l'époque médiévale citent aussi le fleuve de la *Soummam* comme étant un fleuve dédié au transport par bateaux (El-Bakri, 1992). En plus du transport assuré par le port et le fleuve de la *Soummam*, l'eau avait des vocations élémentaires connues jusque-là et des siècles plus tard comme : l'irrigation des cultures, les différents nettoyages ou encore l'aménagement des fontaines dans les cours de la ville, des palais et maisons et l'entretien des nombreux jardins de loisir de la ville.

A l'image des villes médiévales algériennes, qu'elles soient du nord ou bien des *Zibans* (Alkama et Tacherift, 2001) ou même du grand sud (Boutabba et Mili, 2014 ; 2016), le tissu urbain sinuex et dense de *Bejaia* épousait parfaitement le chemin de ses cours d'eau. Ces derniers étés pris comme tracé régulateur, essayant au mieux, de respecter la logique des surfaces cultivables, dans la ville *Hammadide*.

En plus, l'eau avait d'autres vocations connues jusque-là, et qui se sont encore développées durant des siècles plus tard tels que l'irrigation des cultures, son usage dans les différents nettoyages ou encore dans l'aménagement des fontaines des cours des palais ainsi que l'entretien des nombreux jardins de la ville. Cette forme d'urbanisation en adéquation et respect avec les cours d'eau demeura forte avec les dynasties qui suivirent, notamment celles des *Almohades* et de leurs héritiers *Hafsides*.

Pour l'évacuation des eaux, une technicité ingénierieuse, qui consistait à l'intégration du réseau d'évacuation d'eau aux habitations. Avec la prise en compte de la protection des eaux de surface et phréatiques par l'utilisation des matériaux de construction adaptés lors de la

réalisation des conduites, bassins et réservoirs, menés jusqu'à l'extérieur de la cité pour éviter les désagréments causés par les odeurs.

Plus tard durant les colonisations espagnoles et turques soit, entre 1510 et 1833, la décadence urbaine qui a marqué cette époque s'était reflétée sur l'usage et la bonne exploitation les 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 abandonné. 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

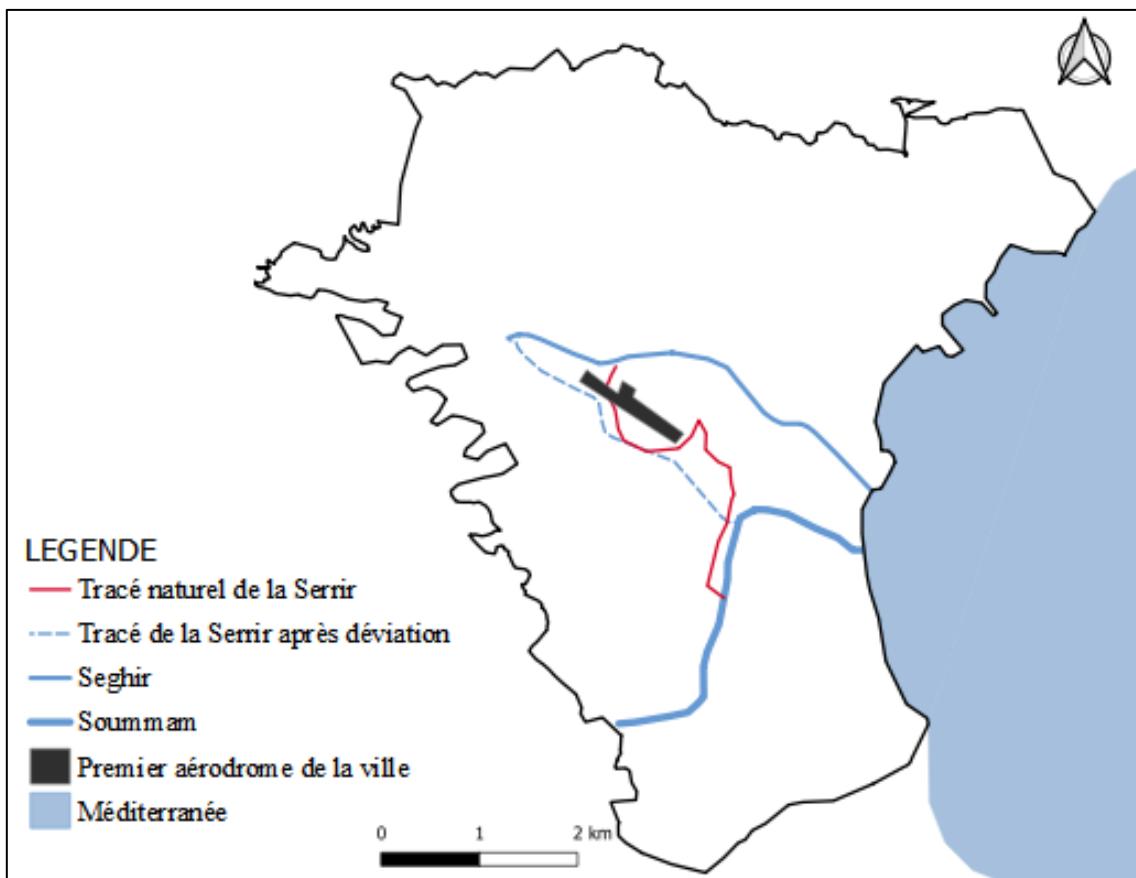
À partir du XX^e siècle, date qui marqua le passage de l'humanité à l'époque de l'anthropocène, les effets de l'Homme sur les cours d'eau urbains s'intensifièrent par l'obsession de vouloir supprimer les eaux de surface en ville, considérées comme dangereuses. Ainsi, un nouveau système d'assainissement 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 soucis 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 objet d'enterrement.

Par ailleurs et afin de libérer le foncier au profit de 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 déviation en vue d'aménager le premier aérodrome 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 de 1,8 km. Le tracé naturel de la *Serrir* a donc été asséché sur 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.

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)

La norme dit qu'à l'état naturel, les cours d'eau sont souvent sinueux, et tout tracé rectiligne annonce une intervention anthropique ([Malavoi et Bravard, 2010](#)), ce que nous pouvons constater dans la forme de la rivière avant et après l'intervention sur celle-ci. Par cette déviation, la rivière *Serrir* est devenue plus rectiligne.

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, pour 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 leurs 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. L'amplification d'aléas naturels (inondation, érosion de berges, sécheresse hydrique) et anthropisés (pollution, dégradation de l'environnement) risquent de devenir irréversibles.

L'action urbaine en elle-même influence tout autant sur la vulnérabilité ou la résilience de la ville ([Estrada Díaz, 2017](#)), de même que le seul choix du site d'une ville peut influer ses capacités à répondre lors de l'avènement de l'aléa, et renforce sa vulnérabilité ou bien sa résilience face à ce dernier. 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.

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.

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	Intégration dans le tissu urbain
Salamon	+	+	+	+	+	-	-
Seghir	-	-	+	+	+	-	-
Serrir	-	-	+	+	+	-	-

Source – Auteure, 2023

L'emplacement de la zone industrielle a influencé la vulnérabilité de la ville face aux risques de pollution des eaux de surface et souterraines, continentales et maritimes. Ajouté à ça, l'industrie nécessite de l'eau qu'elle se trouve dans les réserves d'eau souterraines ou de surface. Le volume des eaux prélevées par l'industrie est : 17.243.444 m³/an fourni par les

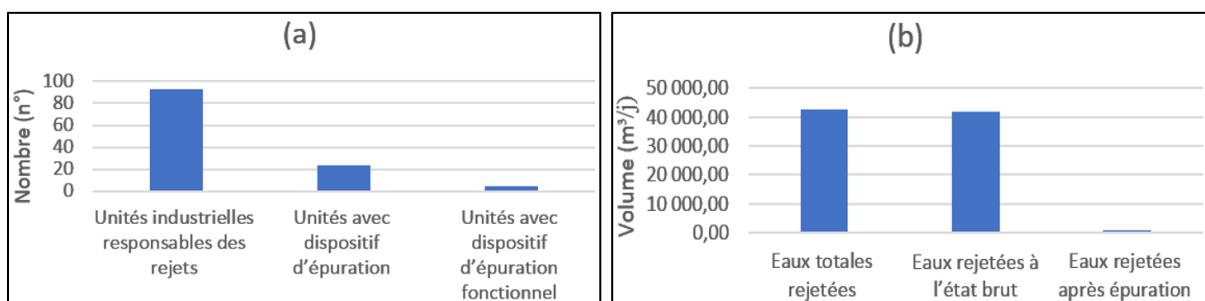
services de l'ADE¹ et 21.857 m³/j qui proviennent des puits et forages propres à chaque unité industrielle.

Les eaux industrielles deviennent des eaux usées après utilisation. Les eaux usées industrielles sont définies comme étant des eaux polluées susceptibles de contaminer les milieux récepteurs par des effluents physique, chimique et biologique. De nombreuses unités industrielles se débarrassent de façon illégale de leurs eaux en les jetant à l'état brut dans les cours d'eau voisins.

Même si la réglementation en vigueur oblige les industriels à dépolluer leurs eaux usées avant de les jeter, son application sur le terrain révèle d'une autre vérité. Au total (20/92 unités) seulement disposent d'un dispositif d'épuration des eaux usées industrielles. Seulement (4 unités) sont fonctionnelles. Le reste des industries rejettent les eaux polluées à l'état brute directement dans le réseau d'assainissement public, dans la mer et dans les cours d'eau voisins. Le volume total des eaux industrielles rejetées sous toutes les formes est de : (65.868.128 m³/j).

Le schéma suivant définit le taux total des usines responsables du phénomène des rejets d'eaux usées vers les rivières. Les rejets se font soit directement vers les cours d'eau, soit indirectement, par l'intermédiaire du réseau 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

De l'autre côté, les activités socioéconomiques de la ville ont une influence notable sur les cours d'eau par les rejets de déchets, aussi bien solides que liquides. C'est un fait que l'ensemble des rivières de la ville sont touchées par les branchements illicites d'eaux usées ([office national d'assainissement, 2017](#)). C'est malheureusement une pratique adoptée

¹ Algérienne Des Eaux

par les particuliers, dans le cadre de l'urbanisation spontanée, comme par les acteurs urbains, économiques et de gestion, qu'ils soient étatiques ou privés. En fait, ces rivières sont prises pour de simples déversoirs, pour tous types de rejets ménagers, industriels et municipaux (Fig. 2).

Tableau II.6.2 – Principales unités industrielles les plus polluantes en ville de Bejaia

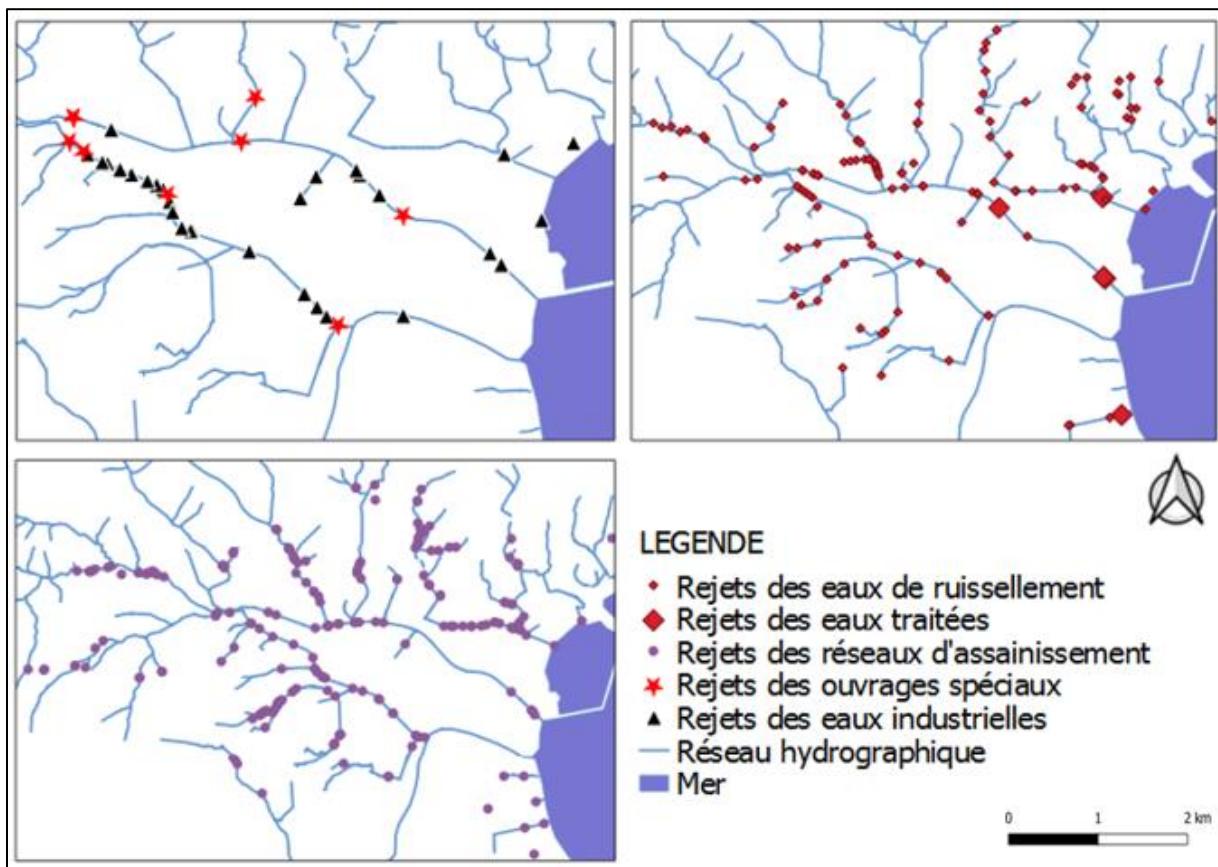
Unité	Pollution générée	Mode de traitement et d'élimination	Milieu récepteur
COGB : UP 06 Complexe corps gras Est « ZI »	Eau usée chargée d'acide sulfurique, arômes, colorants, carton, fût métallique, ...etc.	STEP (fonctionnement occasionnel) ; Mise en décharge	Seghir ; Mer ; Décharge
COGB : UP 07 Unité 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 usée 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 le CNERU²

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.

² Centre National d'Etudes et de Recherches appliquées en Urbanisme

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

Lors des interventions urbaines de cette époque, les cours d'eau furent altérés de nombreuses manières, principalement physiques et morphologiques : couverture, aménagement, déviation construction sur les berges ou les lits, etc...

Les liens de la ville avec ses eaux à cette époque se résument aux interventions nombreuses et diverses sur les cours d'eau. 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*)

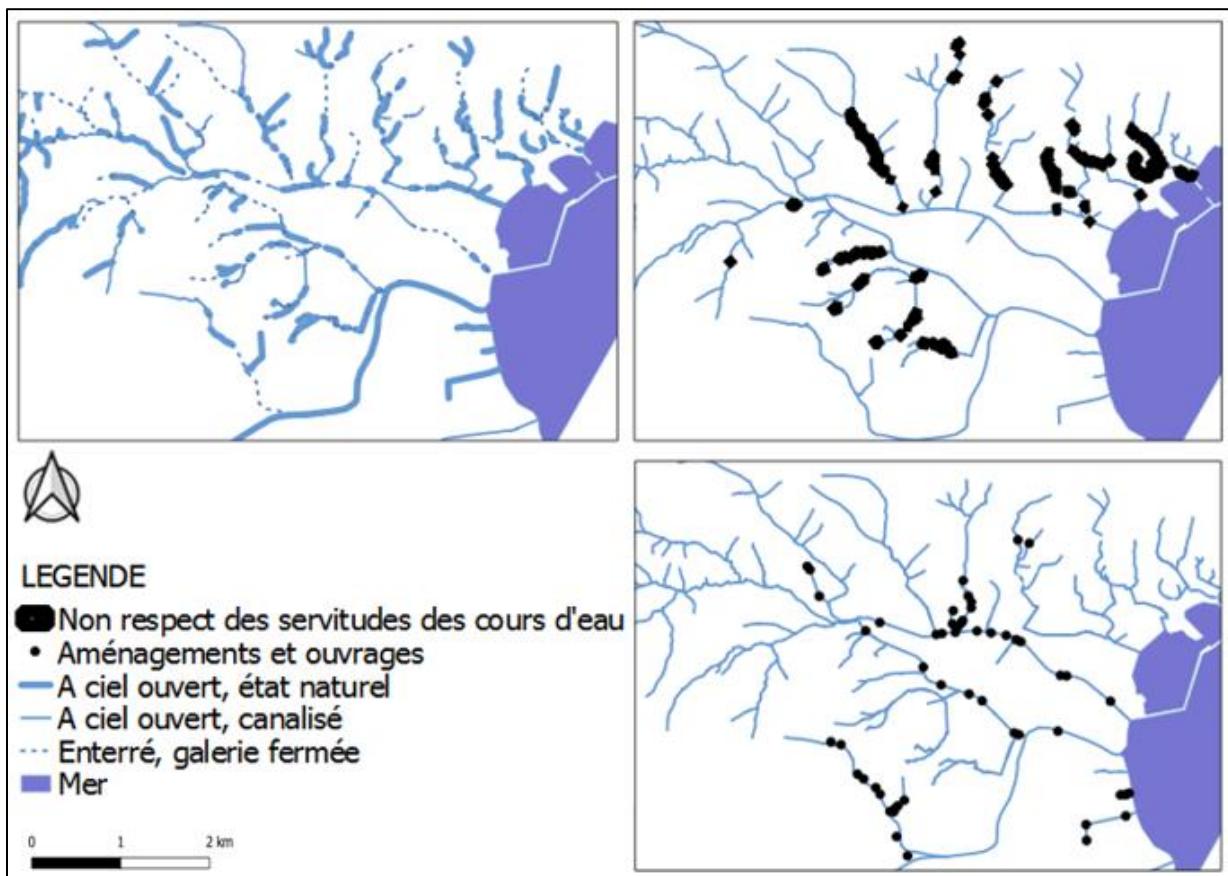
Domaine d'altération	Physique	Ecologique			Urbanistique		
Action d'altération	Urbanisation du DHP	Aménagements d'ouvrages	Artificialisation de la rivière	Rejets solides	Rejets liquides	Attractivité socio-économique	Intégration dans le tissu urbain
Ouchaalal	+	+	+	+	+	-	-
Roumane	+	+	+	+		-	-
Danous	+	+	+	+	+	-	-
Salomon	+	+	+	+	+	-	-
N'Dfali	+	+	+	+		-	-
Seguil	+	+	+	+		-	-
Tala	+	+	+	+	+	-	-
N'Savon							
Bois Sacré	+	+	+	+		-	-

Source – Auteure, 2023

L'implantation du cadre bâti en elle-même qui n'est soumise à aucune règle d'urbanisme de protection des espaces naturels ni de la sécurité humaine a donné naissance à des empiètements physiques sur les cours d'eau. Même si le phénomène de la construction sur les berges est plus lié à l'urbanisme informel, les interventions réalisées par l'Etat n'ont pas épargné le domaine hydraulique public des cours d'eau par la transformation des berges en des rues ou pire que ça, lorsque des édifices sont implantés à l'intérieur du lit mineur des rivières. Ce type d'urbanisation a plus influencé les cours d'eau par les interventions directes sur ces derniers. Les services de la ville sont intervenus à de nombreuses reprises sur les cours d'eau, dans des tentatives d'aménagements sous formes de : couverture totale, endiguement, bétonnage des lits et des berges.

L'implantation du cadre bâti qui n'est soumise à aucune règle technique de protection des espaces naturels ni de la sécurité humaine a donné naissance à des empiètements physiques sur tous les cours d'eau que compte la ville. Lors des interventions urbaines réalisées à cette époque, les cours d'eau furent altérés à différentes manières, principalement physique et morphologique par la couverture, l'aménagement, la déviation, la construction sur les berges et lits.

Figure II.6.3 – Altérations physiques des cours d'eau urbains



Source – Conception de l'auteure, 2023, sur la base de données numériques de l'ONA, (unité de Bejaia), 2017.

I.3.3. L'urbanisme spontané : banalisation de la construction sur les berges des cours d'eau

Les effets de ce type d'urbanisme sur les cours d'eau sont principalement accentués sur les rejets ponctuels et permanents des eaux d'assainissement et des déchets solides domestiques, et sur la construction sur les berges.

Le phénomène des raccordements illicites est plus fréquent dans ces quartiers spontanés que dans les quartiers formels (Baziz et al., 2015), ce qui se confirme dans la ville de Bejaia. Si des réseaux d'électricité et de gaz découlent des programmes bien planifiés et étudiés de façon exclusive par la seule entreprise étatique de distribution de l'électricité et du gaz (SONELGAZ), ceux de l'assainissement et des voiries ont été réalisés en partie par les citoyens eux-mêmes. Le hic dans ces travaux est que le réseau d'assainissement est raccordé soit à une fosse septique non normative qui est susceptible de polluer les eaux à la fois de

surface et souterraines, soit raccordé directement et à l'état brut dans le cours d'eau le plus proche.

Tableau II.6.4 – Nature des immeubles non respectueux des servitudes

(+ = *Oui* ; - = *Non*)

Habitation			Equipement					Commerce	Industrie
Individuel	Promotionnel	Administration	Scolaire	Santé	Religieux	Autre (Cimetière)	Gros et détail	Agro-alimentaire	
+	+	+	-	+	+	+	-	+	

Source – Auteure, 2023

D'autres aspects négatifs de l'urbanisme illicite se fait voir dans la construction sur les lits, majeur et mineur des cours d'eau. La construction dans les périmètres du DHP est un fait banalisé par son intensité et généralité, au point qu'aucun cours d'eau n'y échappe. Ce phénomène a de graves conséquences sur la stabilité des berges et la modification du système hydrologique des rivières (Pierdet, 2007), ce qui provoque des risques d'effondrement des constructions d'une part, l'accumulation des polluants et la disparition de la rivière et de sa faune et flore.

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	Aménagement	Construction sur le lit	Artificialisation de la rivière	Rejets liquides	Rejets solides	Attractivité socio-économique	Intégration dans le tissu urbain
Danous	+	+	+	+	+	-	-
Roumane	+	+	+	+	+	-	-
Seguil	+	+	+	+	+	-	-
Ibouhatmen	+	+	+	+	+	-	-
Bourbiaa	+	+	+	+	+	-	-
Boukhiama	+	+	+	+	+	-	-
Laazib	+	+	+	+	+	-	-
Iheddaden	+	+	+	+	+	-	-
Tala N'Savon	+	+	+	+	+	-	-
Tizi Imehdiene	+	+	+	+	+	-	-
Bir S'lam		+	+	+	+	-	-

Source – Auteure, 2023

De l'autre côté, les activités socioéconomiques pratiquées sans prise en charge des risques environnementaux qu'elles peuvent engendrer, ont influé les cours d'eau par leur pollution à

la fois par les rejets solides et liquides. C'est surtout l'intensification des quantités des rejets industriels, ménagers, de ruissellement, et l'artificialisation des cours d'eau par couverture, canalisation, aménagement d'ouvrage, qui pèsent le plus sur ces systèmes écologiques en ville.

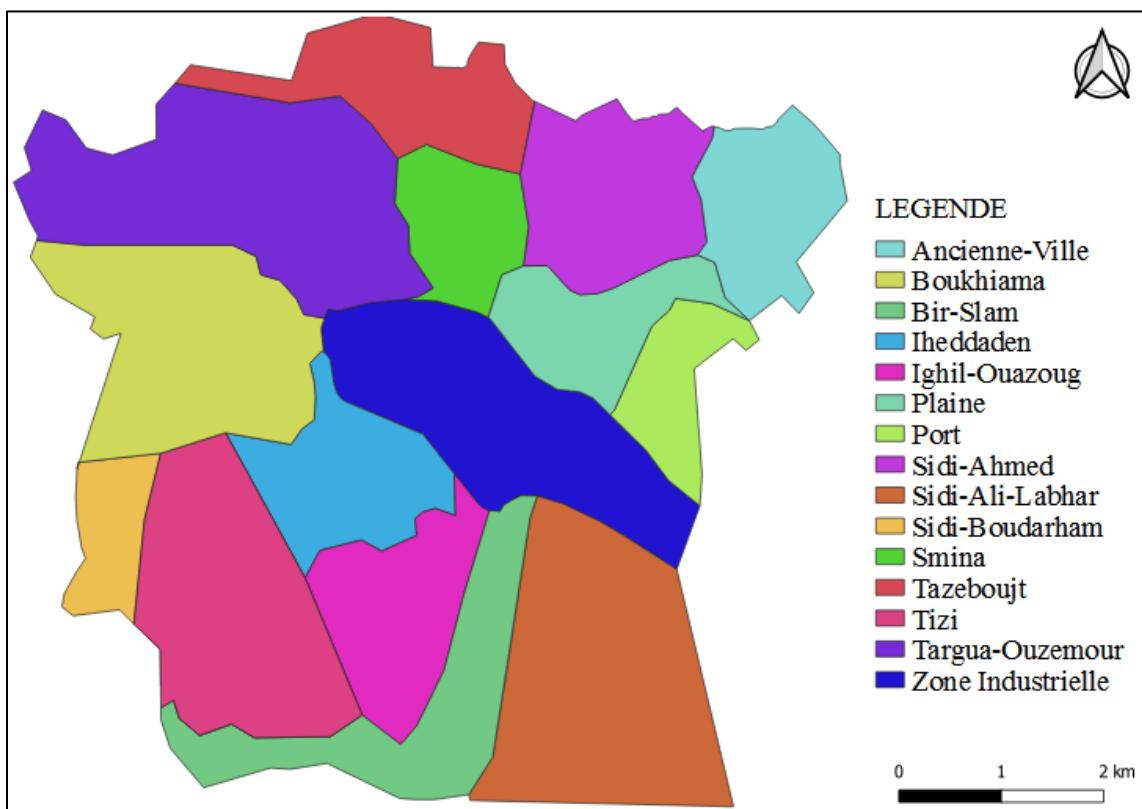
L'urbanisme illicite est celui qui a la plus grande influence sur les cours d'eau, pour des raisons liées à la densité élevée dans ces zones, et au caractère anarchique caractérisé par l'absence des réseaux d'assainissements adéquats. Ceci n'empêche pas que le tissu planifié a des répercussions irréversibles sur les cours d'eau.

I.3.4. Autres altérations :

L'assainissement urbain :

La structuration du service d'assainissement par l'office national d'assainissement et le service d'hygiène de la commune est basée sur des secteurs correspondant géographiquement aux sous-bassins versants de la ville. Cette répartition donne un aperçu sur la fonction d'exutoires attribuée aux cours d'eau. (Voir le précédent chapitre).

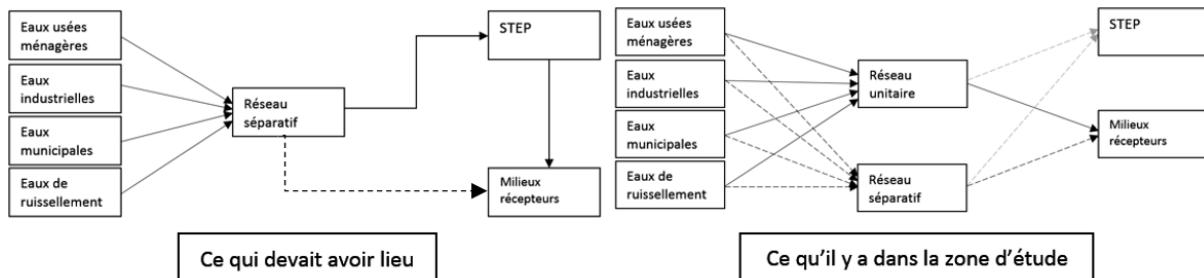
Figure II.6.4 – Secteurs de la ville



Source – Conception de l'auteure, 2024

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, 2023.

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.

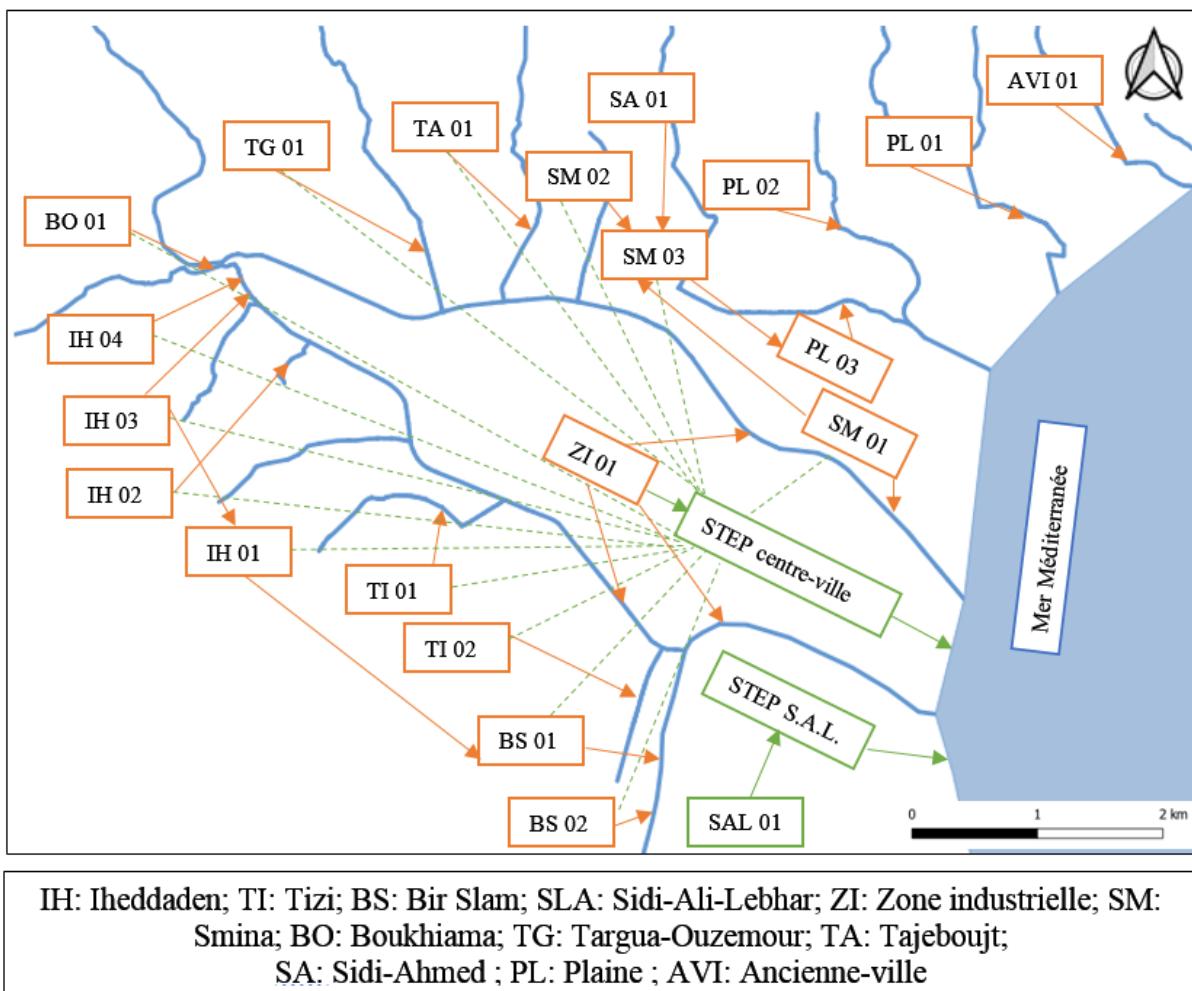
La STEP dite du Centre-ville est aménagée en 1983, restée à l'arrêt pendant plusieurs années, et réhabilitée entre 2007 et 2008. Elle est destinée à couvrir tous les secteurs de la ville, à l'exception de SAL qui dispose de sa propre STEP. Elle reçoit partiellement les eaux des secteurs de Smina (SM), Tazeboujt (TA), Targua Ouzemour (TG), Boukhiama (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 de Tala-Hamza et Oued-Ghir. Sa capacité est de 3.000 m³/j, soit 25 000 équivalent-habitants. (Fig.5).

Le nombre des habitants de la commune de Bejaia montre que la capacité de couverture des STEP est déficiente par rapport à l'équivalent-habitants, surtout que la STEP de SAL est destinée à épurer les eaux usées d'autres zones situées à l'extérieur de la commune de Bejaia.

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).

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 l'ONA (unité de Bejaia), 2017

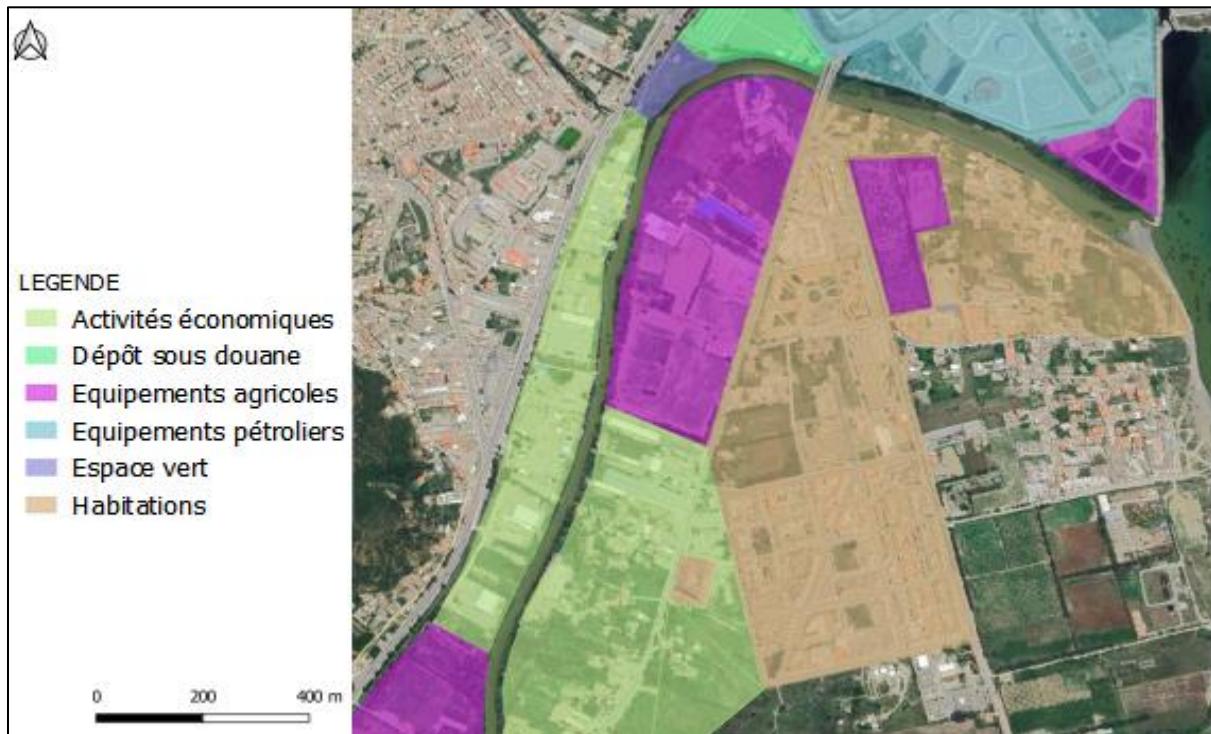
Activités limitrophes des cours d'eau :

La *Soummam* est le seul cours d'eau de Bejaia à échapper à l'enterrement. (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 principales activités installées sur les berges du delta de la *Soummam* sont des activités économiques qui se focalisent principalement sur l'activité du stockage et du dépôt. Au long de sa rive gauche, on dénombre des parcs destinés au recyclage des déchets ménagers, d'autres sont rattachés au port et servent de dépôts pour le stockage des marchandises et d'autres accueillent des engins des travaux publics et du bâtiment. On compte aussi des ateliers de fabrication, de transformation et de vente des matériaux de construction, en plus de

petites activités comme de la restauration rapide, pour approvisionner les employés sur place. Avant son arrivée à la mer, des équipements pétroliers la longent sur presque un demi-kilomètre. Sur la rive droite, ce sont des espaces destinés à l'agriculture qui dominent, en plus des friches naturelles non exploitées, ou des habitations collectives récemment construite du lieu-dit : la nouvelle ville de Sidi-Ali-Lebhar.

Figure II.6.6 – Occupation du sol au voisinage du delta de la Soummam

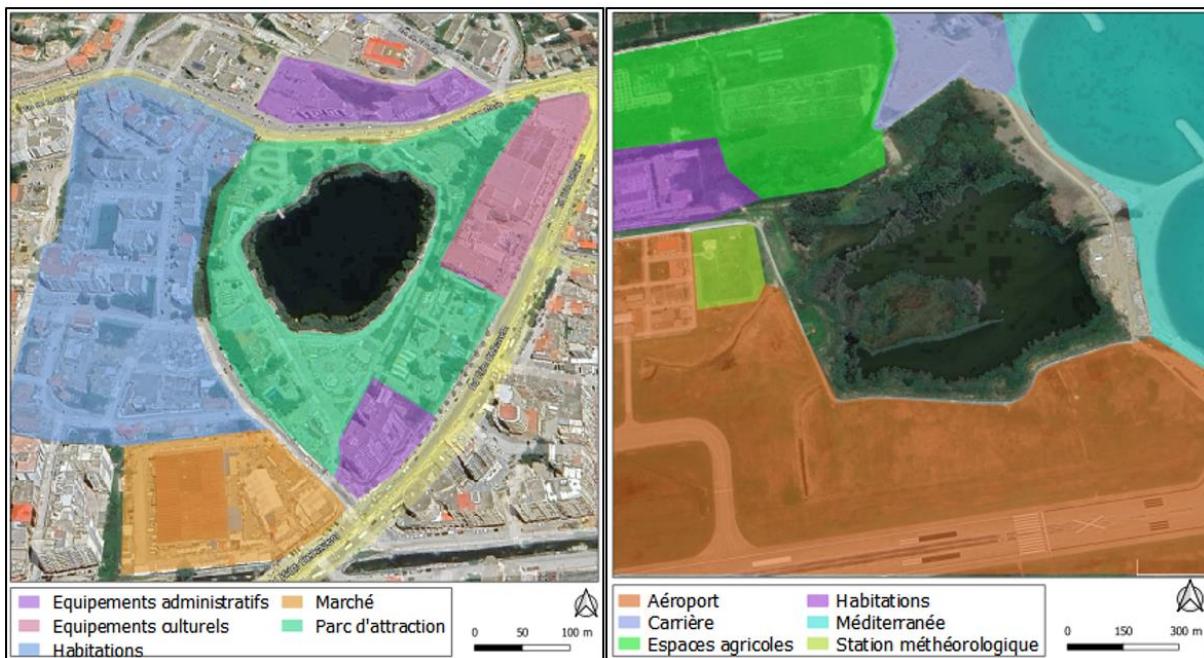


Source – Conception de l'auteure, 2023 ; sur fond de carte Google Earth

Le lac d'*Imzayen* est à l'origine de la création du parc, où il fait son attraction principale. Situé au centre du parc, le lac est avoisiné par des manèges, des parcours de détentes et des espaces de jeux. A l'extérieur du parc, des équipements culturels, administratifs et des habitations s'y trouvent.

La mare naturelle de *Tamelahat* est ouverte sur la mer à l'Est, elle est limitée par l'aéroport au Sud et à l'Ouest, et par des espaces agricoles et une carrière au Nord. De tous les espaces en eaux de surface, elle reste la moins artificialisée.

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

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 est une ville à urbanisation dense, voire très dense en certains endroits, donc, assez imperméable. Le rapport entre les surfaces des zones imperméables et perméables dépasse l'ordre de 90 % imperméables, pour moins de 10 % perméables, ce qui est un des facteurs principaux du ruissellement et du manque d'infiltration des eaux dans le sol. L'imperméabilité d'un sol est un facteur d'intensification des risques d'inondations et des crues.

Par ailleurs, cette ville densément urbanisée, est entourée de zones forestières, comme le parc national de *Gouraya* et des forêts à l'état brute *Sidi-Bouderhem* ou le *Bois-Sacré*. Cette composition topographique aide à renforcer l'infiltration des eaux de pluie et donc à diminuer le ruissellement, mais en même temps, le caractère accidenté de la zone facilite le ruissellement de l'amont vers l'aval et donc vers la ville. Les eaux de ruissellement qui arrivent en ville sont chargées de matières en suspension et des boues pollueuses.

L'imperméabilité des sols de la zones d'étude donne lieu à des taux d'infiltration et de ruissellement aussi conséquents. L'état de fait à Bejaia témoigne d'un ruissellement intense et d'une infiltration faible des sols ([Hammadi, 2011](#)). Un ruissellement fort, signifie aussi une

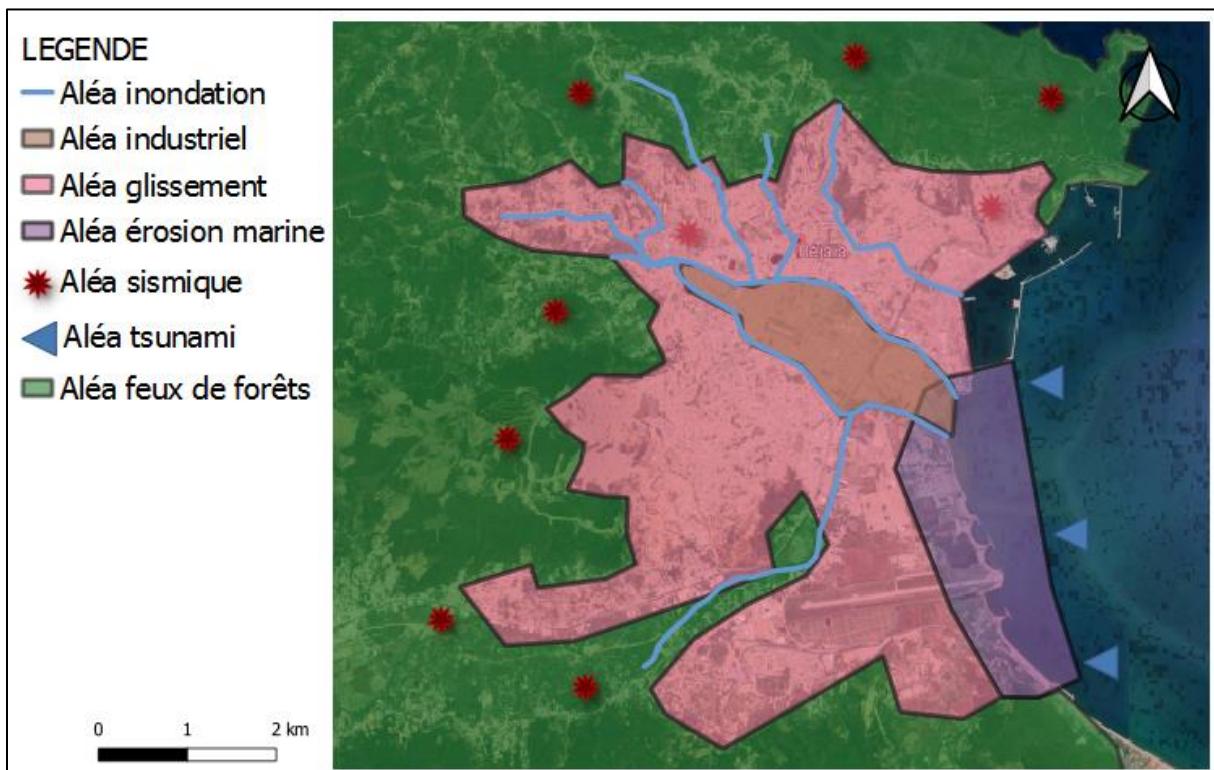
augmentation des débits de cours d'eau, ce qui peut renforcer l'exposition aux risques naturels rivulaires.

II.

BEJAÏA ET LES RISQUES RIVULAIRES : UNE VILLE EXPOSÉE

Bejaia est une ville vulnérable à de nombreux phénomènes de risques naturels et anthropiques dont les plus fréquents sont : les séismes, les inondations, les feux de forêts, les glissements, les érosions marines, les tsunamis, les canicules, le risque industriel et le risque environnemental. La figure (Fig.8), fait la synthèse des risques présents dans la ville de Bejaia. Sachant que le risque du séisme est le plus dangereux pour la ville et ses habitants, et qu'il amplifie ceux des inondations et des glissements.

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 rivulaires qui se produisent dans la ville.

II.1. Les inondations et crues : la plaine est naturellement disposée aux inondations

La ville de Bejaia qui est une des villes les plus arrosées en Algérie, connaît des précipitations répétitives et fortes, principalement dans la saison des pluies. Si un taux de pluie de 30 mm/j peut provoquer des inondations dans les terrains imperméables ([APC-Mission A, 2015](#)), la ville de Bejaia peut connaître des taux qui dépassent les 60 mm/h. En plus des averses, le réseau hydrographique dense et la topographie de la plaine conçue comme la base d'une cuve, favorise naturellement la stagnation des eaux.

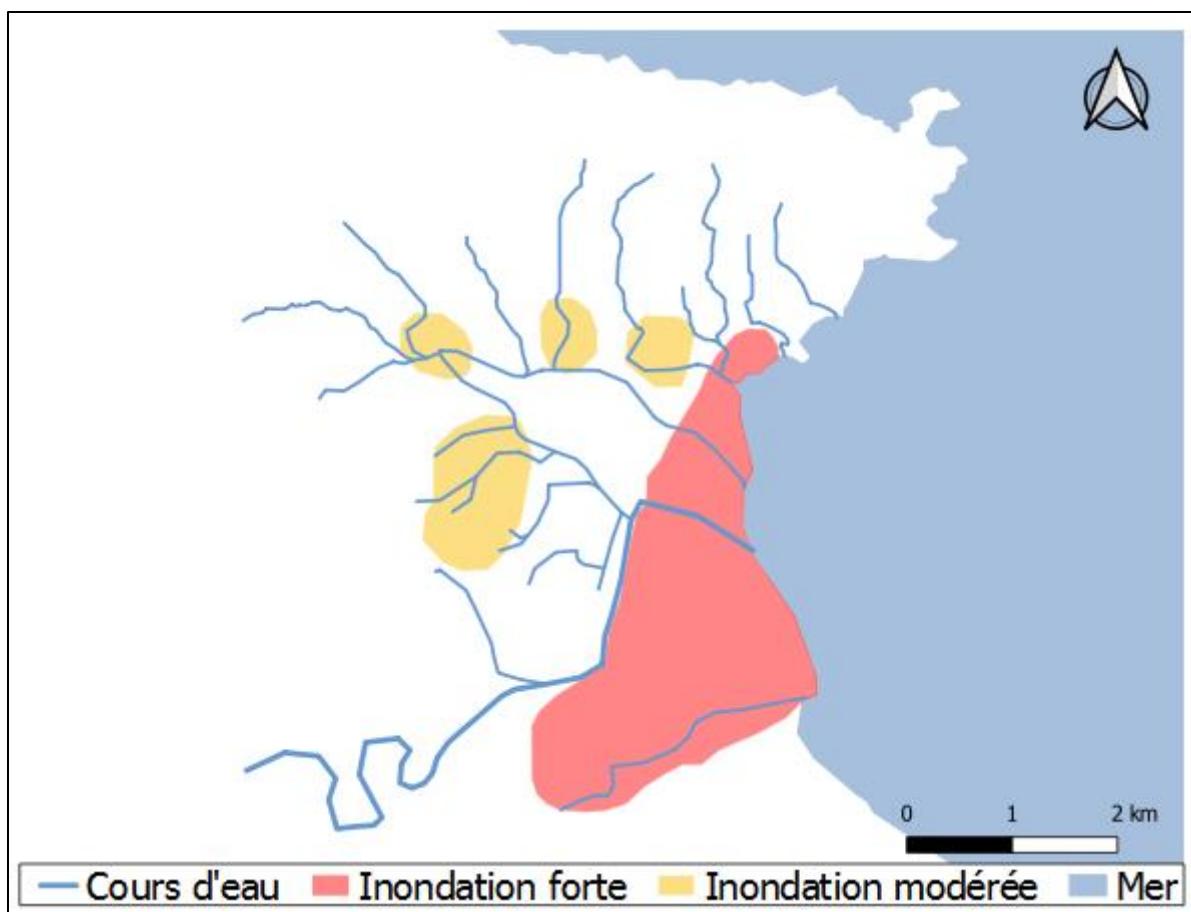
Dans cette ville, les inondations sont de deux types : d'abord, des inondations dites de « *refoulement* » causées par la dégradation ou le débordement du réseau d'assainissement. Elles se produisent dans les différents quartiers de la ville, après des pluies torrentielles, et suite à l'accumulation des macro déchets 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, ils peuvent être accentués par des facteurs anthropiques liés à l'urbanisation de la ville. A Bejaia, 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, ...etc. Tout ça encombre la circulation fluide des eaux, rétrécissent les capacités de drainage des cours d'eau et favorisent 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 deuxième type des inondations est de nature « *estuarienne* », c'est-à-dire qu'elles se produisent par submersion marine provoquée par la houle qui empêche l'eau des rivières de se déverser dans la mer. Dans le cas des intempéries, c'est plutôt l'action contraire qui se produit, où l'eau de la mer se fait portée vers le sol et les rivières, ce qui provoque leur débordement dans la plaine maritime. Ce phénomène touche les rivières qui se déversent dans la mer, à savoir : 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 Bejaia 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 ou bien 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 macro déchets, 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 avoisinent. 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.

Si dans le cas de la plaine, les facteurs d'inondations sont naturels, liés à la topographie de la pente, dans le cas des hauteurs, les facteurs d'inondations sont principalement anthropiques. Ainsi, 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 crues peuvent être énormes et suffisent largement pour provoquer des inondations d'une ampleur considérable, ou la hauteur des eaux peut dépasser les deux mètres comme était le cas lors des inondations de 2002 et 2003. Ses inondations surviennent suite au débordement de la *Soummam*, la *Sghir*, la *Serrir* et à la houle qui accompagnent les intempéries. 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 Bejaia, 2005

Les quartiers les plus souvent inondées, 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 rondpoint *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 *daïra*, le siège du groupement de la gendarmerie, ou des habitations sont inondées 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, le campus universitaire *Aboudaw*, et des unités industrielles ...etc., s'inondent.

D'autres quartiers situés dans des zones terrassées sur les hauteurs forment des plateaux de rétention des eaux : *Boukhiama*, *Sidi-Ahmed*, *Ighil Ouazoug*, et la cité *Douanière*, en plus de certaines zones de l'ancienne ville : *Amimoune*, ... etc.

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 rivulaires, à savoir l'érosion des berges, les maladies à transmission hydrique, et la pollution par transport des sédiments.

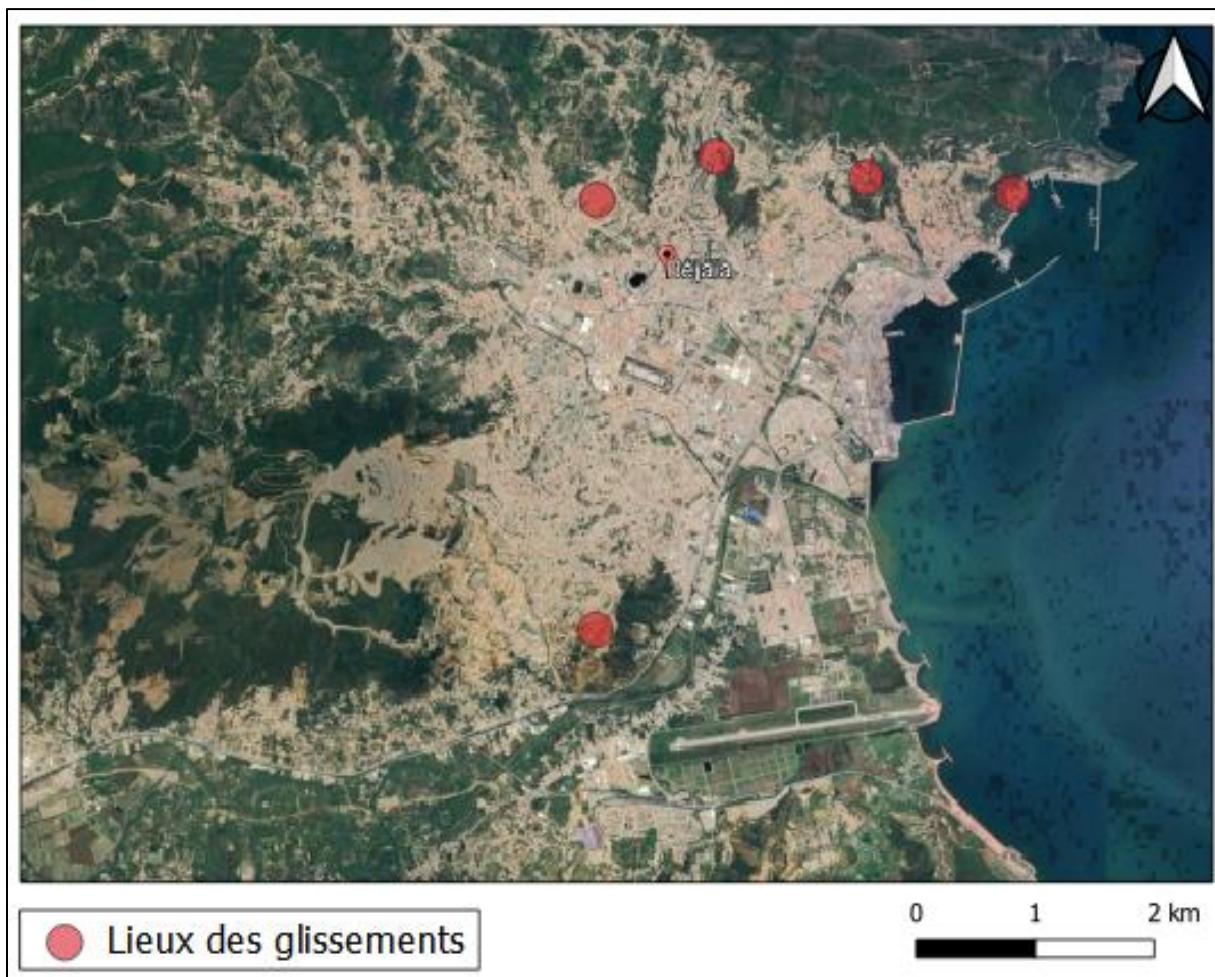
II.2. L'érosion des berges et glissements des sols : le cours d'eau comme facteur principal de l'aléa

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. Néanmoins, à 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 lorsqu'elle provoque le gonflement des minéraux, elle est responsable des écoulements souterrains, et de l'action des pressions interstitielles. Elle est aussi responsable de l'augmentation des débits lors des vagues de précipitations. Les autres facteurs sont la géologie des terrains, ajouté à l'urbanisation.

L'érosion élargit le chenal et diminue la surface des assiettes foncières sur les deux rives des cours d'eau. C'est le cas dans les glissements superficiels (profondeur de 5 m) ou semi-profonds (profondeur de 15 m), que provoque l'écoulement des eaux à des vitesses considérables et lorsque la topographie est accidentée (pente > 20 %) ([Hammadi, 2011](#)).

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 littorale.

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.

Tableau II.6.7 – Lieux et facteurs des glissements

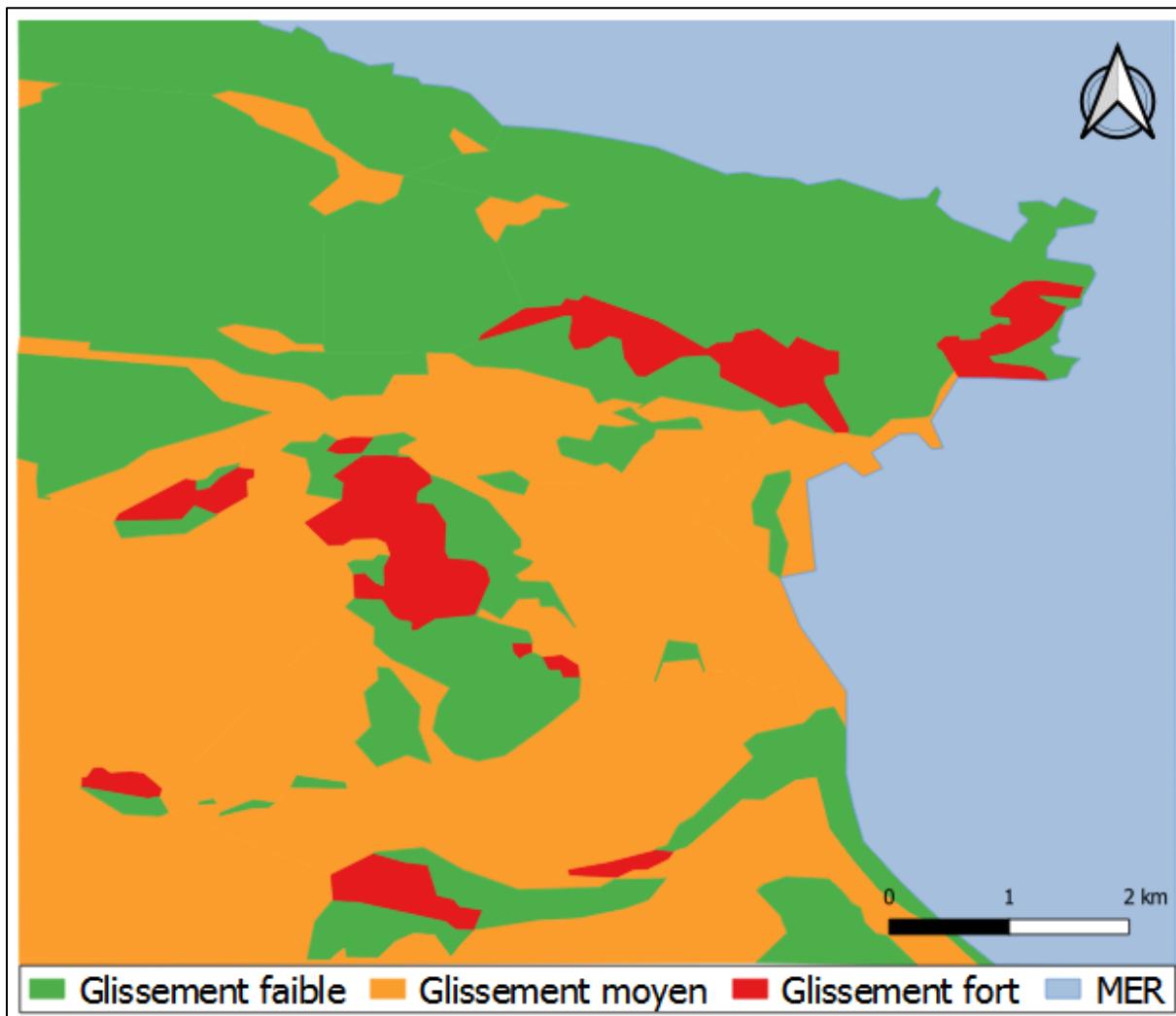
Date	Lieu	Facteurs	Géologie
1993	ZHUN de Sidi Ahmed	Rivière souterraine à 3 m de profondeur	Argile marneux, calcaire, sable grisâtre, substratum calcaire
1998	Sidi Ouali	Cours d'eau de surface : rivière <i>Roumane</i>	Janvier remblai, marne, schiste)
/	Tizi	/	Éboulis
/	Smina	Talweg	Marnes
2009	Brise 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 de 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 bétonnées ne posent pas de 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, bétonnées. Voir la figure (Fig. 2).

D'après la carte réalisée suite à la superposition des cartes : géologique, de pente, de densité des populations, (Bendadouche et Hammadi, 2014), nous constatons que les berges de la *Soummam* ne sont que faiblement vulnérables aux glissements, sauf dans des endroits où la géologie est favorable. Il en est de même pour les montagnes qui bordent la ville. Même si la pente est favorable aux glissements, la densité des populations faible et la géologie moyennement compacte, diminuent la possibilité du déclenchement de l'aléa. La plaine maritime avec un réseau hydrographique dense, une population dense et une géologie assez compacte, est par contre modérément exposée. Certains endroits où tous les facteurs sont réunis connaissent par contre des possibilités d'exposition élevées.

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

Sous certaines conditions et lorsque des facteurs sont réunis, une ville riche en eaux de surface, comme Bejaia, est forcément confrontée au risque des maladies transmissibles par les eaux. La contamination se fait par le contact direct ou indirect des eaux. La contamination des eaux de surface ou des eaux potables par les eaux usées, ou par des contaminants animaliers infectés sont les principales sources de maladies à transmission hydrique. Dans ce contexte plusieurs lieux sont désignés comme vulnérables au déclenchement des maladies à transmission hydrique (MTH), par les services de la santé publique de Bejaia. Le tableau (Tab.8) suivant en fait la synthèse.

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
Boukhiama	Réseau d'assainissement défectueux
Taklait	Réseau d'assainissement défectueux
Taghzout	Constructions illicites, puits non déclarés et non conformes
In Skhoun	Constructions illicites
Pépinière, EDIMCO	La <i>Seghir</i> : parallèle au réseau AEP, rejets des eaux d'assainissement à ciel ouvert
Iheddaden	Vides sanitaires
Ireyahen	La <i>Soummam</i> emporte des déchets de toutes natures chimiques ou organiques (déchets d'usines, cadavres d'animaux, ...etc.)

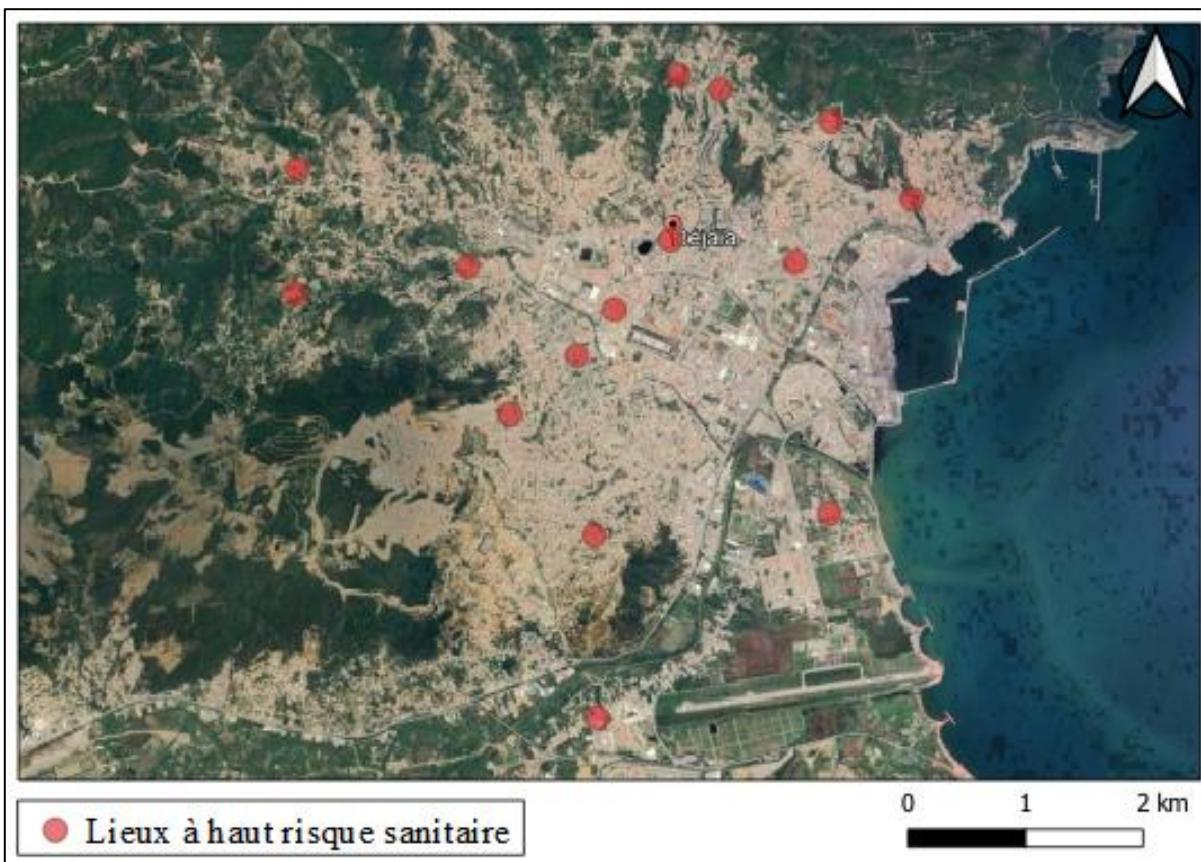
Source – D'après la direction de la santé publique de la wilaya de Bejaia, 2022

Comme le tableau indique, les principaux facteurs du risque sanitaire sont en rapport avec la gestion des réseaux d'assainissement et des eaux potables et à l'absence ou la défectuosité de ceux-ci. Les comportements des citoyens vis-à-vis de l'évacuation sauvage de leurs déchets et des eaux usées dans les cours d'eau et les milieux naturels. Le type de tissu anarchique est considéré comme facteur susceptible de déclencher des risques sanitaires. Comme le tableau l'indique, les quartiers anarchiques de *Soummari* et à *S.A.L.* posent ce problème des maladies transmissibles par l'eau.

L'état de pollution des cours d'eau dû à l'évacuation des eaux usées brutes, et le type unitaire du réseau d'assainissement, font que ces milieux sont sources de gêne permanente pour les riverains résidants à proximité. Ces derniers expriment des réclamations sur le caractère nauséabond des cours d'eau. Suite à une visite sur le terrain, qui s'est déroulée en 2021, nous avons constaté l'état nauséabond des cours d'eau qui sillonnent la ville. Ajouté à ça, les riverains évoquent le problème de la pollution perceptible due à la présence des macro déchets.

Le nombre important des cours d'eau (13 cours d'eau), fait que plusieurs quartiers se trouvent confrontés à ce problème. Sachant que les quartiers limitrophes des cours d'eau sont principalement résidentiels, et vue la densité urbaine élevée, au moins un quart des populations de la ville est exposée à cet aléa.

Figure II.6.12 – Zones à haut risque sanitaire en ville de Bejaia



Source – Conception de l'auteure, 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. Ceci 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 les données statistiques de la DSP³ de Bejaia, 2023

D'autre part, la pollution des cours d'eau sont une source de gêne pour les habitants qui habitent à proximité. La gêne peut être olfactive et perceptible. Les services de santé publique de la ville reçoivent des réclamations venantes des populations mécontentes de la situation. A ce sujet, de nombreuses réclamations sont enregistrées. ([Bouzidi, 2012](#)).

³ Direction de la Santé Publique

La pollution n'est pas que source de maladies à transmission hydrique, elle est aussi source de risques écologiques, comme la dégradation de la qualité 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 rivulaire à Bejaia.

Nous partons du principe que le taux de dégradation de la biodiversité est en corrélation positive avec la concentration des pressions anthropiques ([Marchand, 2010](#)).

II.4. Risque environnemental : la dégradation du système écologique du cours d'eau (dégradation qualitative des eaux de surface, appauvrissement écologique)

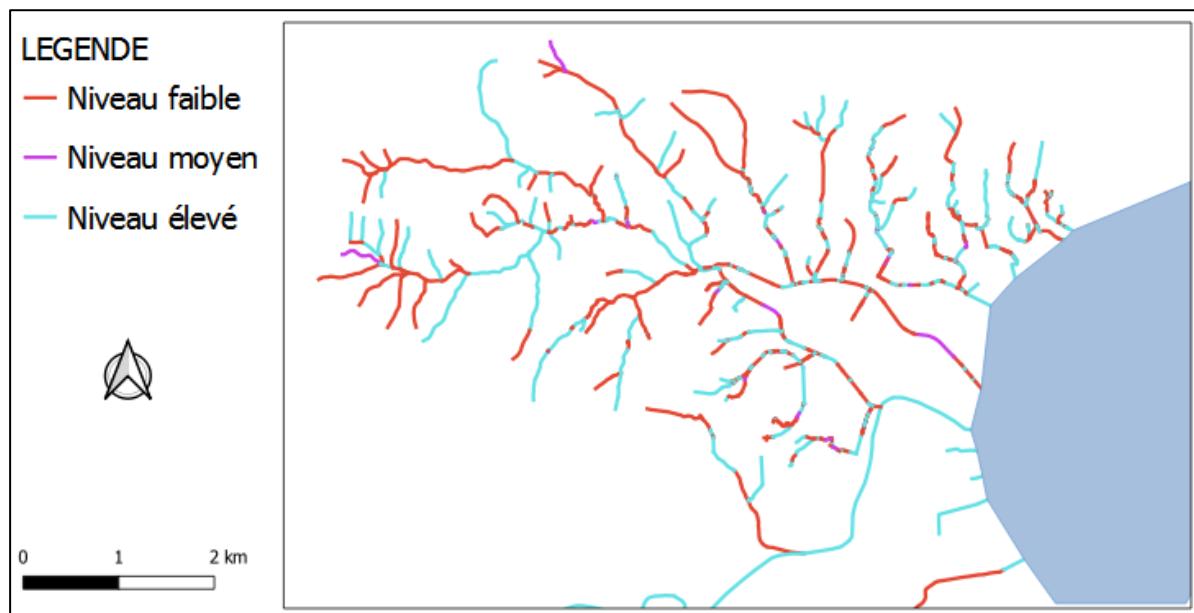
La croissance urbaine est considérée comme un des principaux facteurs de la dégradation qualitative des eaux de surface. ([Witter et Nguyen, 2016](#)). En milieux urbains, une des principales origines de la dégradation des cours d'eau, par la pollution, sont les eaux de ruissellement ([Lee et Bang, 2000](#)). Plus les surfaces sont imperméabilisées, plus les quantités des substances polluantes sont concentrées dans les eaux de ruissellement, d'où la modification à la fois de l'hydrologie du cours d'eau et de la physico-chimie des eaux. ([Holota, 2016](#)). Lors de la pollution d'un cours d'eau, un autre type de végétation fait son apparition et provoque l'eutrophisation et par la suite l'asphyxie des eaux, qui sont à l'origine de plusieurs disfonctionnements.

En plus des eaux de ruissellement, les eaux usées du réseau d'assainissement ménager est source de pollution lorsqu'elles sont jetées directement à l'état brut dans les cours d'eau. D'après l'ONA, 2017, les eaux usées jetées aux cours d'eau représentent des caractéristiques de pollution comme un pH variant entre (5.4 et 8.4), et une conductivité dépassant la norme de (2000 µS/cm) pour atteindre, parfois, la valeur de (3.999 µS/cm) ([ONA, 2017](#)).

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 ce phénomène, et la rivière de la Soummam reste la plus infectée. Voir ([Fig.13](#)).

La présence de l'activité pétrolière, la présence du port et de la zone industrielle aux frontières de la zone urbaine, confirment les possibilités d'exposition de la ville à la dégradation des eaux de surface par la pollution.

Figure II.6.13 – Niveaux d'accumulation des dépôts dans les cours d'eaux de Bejaia



Source – Conception de l'auteure, 2023 ; d'après les données de l'ONA (unité de Bejaia), 2017

Figure II.6.14 – Sources de nuisances environnementales



Source – Conception de l'auteure, d'après une enquête de terrain, 2023

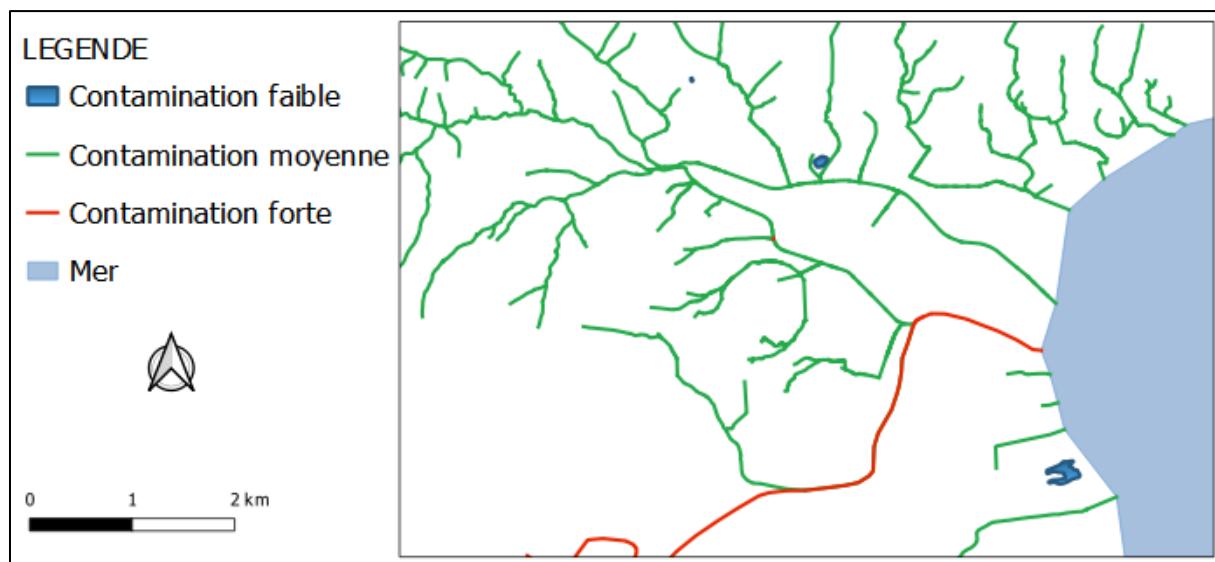
La pollution des cours d'eau par des rejets en matières et en chaleur issus de l'industrie, de l'agriculture et de l'urbanisation, sont les principaux pollueurs des cours d'eau de surface (Mouni et al., 2009). Après juxtaposition des cartes et tableaux précédents, nous pouvons répartir la pollution des cours d'eau à Bejaia en pollution faible, moyenne et forte.

Les zones à pollution faible concernent les mares et les lacs qui ne sont pas des lieux récepteurs des eaux usées ménagères ou industrielles. Ces lieux ne sont altérés que par les polluants susceptibles de se trouver dans les eaux de ruissellement, en plus des polluants en macro déchets qui peuvent leur arriver dans les eaux de ruissellement ou bien par rejets directs ponctuels. Les rejets directs de macro déchets 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, et des eaux d'assainissement ménagés. 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 Bejaia, 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

Suite à cette répartition, la juxtaposition des éléments pris en compte nous permet d'arriver à la configuration suivante du risque de la contamination des cours d'eau de surface dans la ville de Bejaia (Fig.15).

A Bejaia et suite à des travaux de terrain réalisés par la direction de l'ONA ou par nous-même, nous avons constaté que les eaux des cours d'eau de surface sont toutes polluées sans exception. Sur le plan physico-chimique, les eaux des cours d'eau de Bejaia affichent une couleur grisâtre, une mauvaise odeur, et de la turbidité. L'eutrophisation ne concerne pas tous les cours d'eau que nous avons constaté.

Tableau II.6.10 – Caractéristiques physico-chimiques des eaux de surface à Bejaia

Caractéristique	pH	Conductivité (µS/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 Tamelaht	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

Quant à la Soummam, des travaux menés par Mouni et al., en 2009, démontrent une contamination accrue des eaux et de l'écosystème en général. La Soummam est le lieu récepteur de 29 810 m³/j de rejets en eaux usées, en plus des rejets de 05 grands établissements industriels, 33 stations lavage et graissage, 58 huileries et 26 décharges non contrôlées. (Mouni et al., 2009). D'après le même travail, l'embouchure est la partie la plus polluée de toute la rivière. (IDEM).

Tableau II.6.11 – Caractéristiques physico-chimiques de la *Soummam* (embouchure)

Caractéristique	pH	Conductivité (µS/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.

En plus de la dégradation physico-chimique, la dégradation environnementale concerne aussi la dégradation de la faune et de la flore. La végétation des berges des cours d'eau assure de nombreuses fonctions dont : la protection contre l'érosion, la limitation de la sédimentation et la régulation des crues (AGRCQ, 2017), malheureusement, l'urbanisation l'impact de façon à la supprimer définitivement (Groffman et al., 2003), par des interventions physiques telle

que : la canalisation, l'endiguement, la couverture, le rescindement ou le recalibrage ([Malavoie et Adam, 2007](#)).

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

A l'origine chaque cours d'eau dispose d'une végétation qui lui est propre en types et en quantités, et qui lui sert à de nombreuses fonctionnalités. Elle constitue une protection contre l'érosion et forme des lieux d'habitat pour les espèces fauniques. La suppression de la ripisylve engendre la destruction ou l'appauvrissement des habitats, la diminution de la continuité écologique, le réchauffement des eaux et l'eutrophisation par le manque de la

lumière, augmente la pollution physico-chimique et l'érosion des sols, en plus de priver le milieu de la régulation du microclimat et d'autres fonctions paysagères et récréatives.

Les cours d'eau du *Cap-Sigli* sont dépourvues de toute vie faunique aquatique. Aucune vie ne se trouve dans ces cours d'eau si ce n'est des rongeurs et des oiseaux non aquatiques. La Soummam par contre, compte de nombreuses espèces d'invertébrés, de poissons ou d'insectes. Des épisodes de pollution industrielle ont causé à plusieurs reprises la mort de poissons. Voir ([Photo.2](#)).

Le risque environnemental ne se limite pas à la dégradation qualitative des eaux, mais aussi à leur dégradation quantitative.

II.5. Risque environnemental : Rétrécissement, assèchement et disparition des cours d'eau (dégradation quantitative)

Même s'il est difficile de faire la distinction entre la part de responsabilité naturelle et la part de la responsabilité anthropique dans la disparition des cours d'eau, ([Mouni et al., 2009](#)), il va de soi que toute modification du système hydrique risque de faire disparaître la source d'eau ou diminuer son débit et sa réserve d'eau.

Les facteurs anthropiques du rétrécissement sont liés aux interventions sur la morphologie du cours d'eau, ou bien, à l'exploitation excessive des eaux : la construction sur les berges et non-respect des servitudes, la déviation et l'enterrement, le rétrécissement volontaire par des aménagements de protection des berges, la sédimentation de dépôts de matières pollueuses, la pollution physico-chimique par matières organiques développées de végétations envahissantes. Toutes ces actions sont bel et bien constatables à Bejaia.

Même s'il est difficile de faire un inventaire sur l'évolution de la situation des cours d'eau dans le temps à cause du manque de données sur tous les cours d'eau de la ville, les principaux cours d'eau peuvent être de bons témoins. Pour faire le suivi de la situation à *Bejaia*, nous nous focalisons sur les trois principaux cours d'eau seulement, à savoir : la *Serrir*, la *Seghir* et la *Soummam*. Grâce aux dimensions importantes de ces trois rivières, nous pouvons retracer les changements qui se sont produits au fil du temps. Ajouté à ça, l'abondance des études faites sur la *Soummam* principalement, sont si nombreuses qu'elles constituent un gisement d'informations et de données à exploiter.

Le rétrécissement se voit dans le débit de la Soummam et du reste des cours d'eau qui a diminué au cours des années,

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

Comme nous pouvons constater sur ces images Google earth, le lit mineur de la *Soummam* a rétréci d'environ (50 %) en certains endroits, en seulement vingt ans.

Cette situation donne lieu à des dysfonctionnements, et par la suite, à des situations de risques. La réduction du débit de l'eau dans le lit d'un cours d'eau provoque l'effondrement des berges, ce qui engendre des accumulations des dépôts de terre, et ensuite, l'obstruction à la circulation des eaux et avec le temps la disparition du cours d'eau qui n'arrive pas à résister.

A Bejaia, c'est surtout les effets de la pollution qui se font voir. A cause de la pollution physico-chimique, l'eau a laissé place à la végétation tout au long des berges. Les sédiments emportés par la rivière à l'amont constituent un dépôt de sable et de terre à l'aval. Ces dépôts composent une limite entre l'eau de la rivière et celle de la mer, ce qui gêne la circulation fluide des eaux à l'embouchure. En plus de ça, les nombreuses espèces migratrices entre mer et rivières sont aussi contraintes à s'adapter à la sédimentation de l'embouchure. Les espèces incapables de résister finissent par disparaître de cette zone. Le rétrécissement n'est pas dû qu'à la pollution ou aux interventions physiques sur les cours d'eau. Il est aussi dû au réchauffement du climat et les épisodes de sécheresses que connaît la région.

Conclusion du chapitre

Dans l'absence d'un outil pour la quantification objective des impacts de l'urbanisation sur les cours d'eau (Holota, 2016), ou pour définir la part des impacts anthropique et ceux d'origine naturelle (Mouni et al., 2009), nous avons essayé dans ce travail de décrire et représenter les liens de la ville avec 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. Ce qui est à retenir est que la ville a toujours été en permanente attraction avec ces eaux, cette composante si précieuse pour elle, mais qui connaît de plus en plus de négligence, voire de dégradation voulue ou non.

Ces liens entre urbanisation et cours d'eau donnent lieu à des aléas et des situations de risques spécifiques à ces deux éléments. Nous avons bien vu que Bejaia est une ville exposée aux risques rivulaires principalement ceux : des inondations, glissements, risque sanitaire et le risque environnemental.

Ces risques peuvent provoquer des préjudices plus ou moins graves selon que des facteurs de risques anthropiques et naturels soient réunis, et selon le type de risque en lui-même. Les inondations sont le principal risque parmi les risques rivulaires qui ont des conséquences corporelles. Le risque écologique est le plus marquant avec des effets écologiques plus visibles. Le risque sanitaire ne s'est jamais produit à Bejaia, jusqu'à nos jours, mais il reste possible et des zones favorables au déclenchement de ce risque sont présentes sur le terrain. Le risque d'érosion des berges est le moins fréquent, car les berges des cours d'eau sont souvent artificialisées.

CONCLUSION DE LA DEUXIÈME PARTIE :

Plusieurs pensées scientifiques sont en interaction, voir en affrontement dans chaque domaine de recherche ([Boutabba, 2013](#)), elles sont aussi en continue évolution et progression. C'est le cas pour le domaine de la vulnérabilité aux risques urbains, dont l'analyse est principalement fondée sur deux courants : segmenté et systémique.

Le courant segmenté ; dépassé et impuissant ; a incité les chercheurs à trouver de nouvelles méthodes qui remédieront aux défaillances dans l'approche précédemment citée. Le courant de recherche systémique est venu pour intégrer la complexité des phénomènes qui se produisent dans les milieux urbains et les étudier dans un ensemble et non séparément.

Comme démontré dans cette partie, l'évaluation systémique de la vulnérabilité aux risques revient à l'étude des liens urbanisation et milieux naturels. L'urbanisation qui est sensée améliorer la vie des hommes, est en contrepartie un phénomène dévastateur pour les milieux naturels en général et humides en particulier. De même, les liens entre urbanisation et risques est rythmée par deux idées : la ville favorise les risques et favorise en contrepartie l'identification et la bonne gestion des risques ([Pigeon, 2005](#)).

Les villes en Algérie ; dont celle de Bejaia ont connu une urbanisation inadaptée ([Ammiche et al, 2003](#) ; [Boutabba et al., 2012](#)), ce qui a accentué les dégâts sur les milieux naturels hydrauliques et principalement ceux des cours d'eau. Lors de ces interventions, les cours d'eau furent altérés de nombreuses manières, principalement physique et morphologique (couverture, aménagement, déviation construction sur les berges ou les lits). Tout ça constitue un défi de taille pour la vulnérabilité de la ville, qui est exposée à de nombreux risques rivulaires.

L'identification des espaces urbains les plus sensibles et vulnérables aux phénomènes de risques rivulaires nécessite des analyses des morphologies urbaines et d'occupation des sols ([Combe, 2007](#)), en plus des comportements humains et sociaux et des activités économiques.

Dans la partie suivante, nous allons appliquer les méthodes identifiées dans cette partie sur la zone géographique analysée dans la même partie.

PARTIE III.

PRATIQUE

Evaluation de la vulnérabilité globale aux risques hydrologiques terrestres

« La connaissance s'acquiert par l'expérience, tout le reste n'est que de l'information »

Einstein, 1989.

INTRODUCTION DE LA TROISIEME PARTIE :

Comprendre les phénomènes d'exposition aux risques passe par la compréhension de la combinaison des causes naturelles, artificielles, socio-économiques, culturelles, mentales et historiques de l'environnement où ils se produisent ([Gruzelle et Lebaut, 2019](#)). L'approche d'analyse systémique retenue lors de la deuxième partie est une approche à la croisée des disciplines sociales et naturelles ([IDEM](#)), et qui inclue l'étude de toutes les entités composantes du système de la ville, tout en mettant l'accent sur les rapports structurels et fonctionnels qu'elles entretiennent.

L'approche systémique sera exécutée par des méthodes de recherche et d'analyse de données, ainsi que par des outils techniques de cartographie et de visualisation. Selon les finalités de l'étude et ses hypothèses, nous avons organisé cette partie en deux chapitres, qui exploitent chacun une ou plusieurs méthodes appliquées par étapes. Ces chapitres vont traiter chacun les éléments suivants :

Chapitre 7. Dans ce chapitre nous allons identifier les grilles d'indicateurs performants de la vulnérabilité. Pour ça, nous allons procéder par deux méthodes d'investigation qualitative et quantitative. Via des entretiens auprès des acteurs urbains, nous allons pouvoir engendrer des données qualitatives sur les indicateurs de la vulnérabilité politique et institutionnelle aux risques hydrologiques terrestres dans la ville de Bejaia. Ensuite, et à travers des questionnaires distribués auprès d'un échantillon représentatif des habitants de la ville, nous allons réunir des données socio-psychologiques sur le vécu des habitants avec les phénomènes de risques.

Ces données obtenues subiront des traitements par des outils de traitements statistiques des données. A ce stade, nous sommes à une phase de description de la vulnérabilité globale aux risques hydrologiques terrestres.

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 empiriques d'analyse. Ces méthodes consistent à donner des valeurs quantifiables à chacun des indicateurs. Les valeurs quantifiables 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.

PARTIE III.

CHAPITRE 7.

Grilles d'indicateurs de la vulnérabilité globale aux risques hydrologiques terrestres



« Une cause très petite qui nous échappe, détermine un effet considérable que nous ne pouvons pas ne pas voir »

Poincaré, 1908.

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 composants de la vulnérabilité globale de la ville face aux risques issus des cours d'eau terrestres à Bejaia. Nous allons tenter de répondre à la question suivante :

Quels sont les indicateurs performants de la vulnérabilité globale de la ville face aux risques hydrologiques terrestres ?

Pour entamer n'importe quelle étude, la première démarche clé est la définition des composants du phénomène étudié ([Bouzidi, 2012](#)). Dans notre cas, nous étudions le phénomène de la vulnérabilité globale aux risques hydrologiques terrestres, que nous allons considérer au cours de ce travail comme un système composé d'éléments physiques et moraux. La vulnérabilité globale sera définie en fonction des facteurs naturels des aléas présents sur le site, et des éléments des pressions anthropiques sur les cours d'eau, ce qui englobe la gestion et les représentations, et finalement, en fonction des éléments exposés ou les enjeux.

Cette étude qui se base sur une approche globale et systémique de la vulnérabilité se concrétise par la sélection de grilles d'indicateurs ([D'Ercole, 1998](#)). Etablir des grilles d'indicateurs des composantes de la vulnérabilité globale dans le cadre d'une approche systémique nécessite le recourt à une ou plusieurs techniques spécifiques et adaptées ([Gruzelle et Lebaut, 2019](#)). Ce premier chapitre de la partie pratique sera organisé selon les items suivants :

- En premier lieu, nous allons expliquer notre méthode d'approche et comment nous comptons procéder pour chercher ou créer les données nécessaires à la suite de notre travail.
- Ensuite, nous allons appliquer la méthode et nous allons sélectionner les indicateurs selon les étapes expliquées dans le premier item.
- Finalement, nous allons évaluer la performance des indicateurs présélectionnés pour arriver à des grilles définitives d'indicateurs de la vulnérabilité globale.

I.

PRESELECTION D'UNE GRILLE D'INDICATEURS POTENTIELS DE LA VULNERABILITE GLOBALE AUX RISQUES RIVULAIRES

L'utilisation des indicateurs est en application de nombreuses méthodes de littérature dont celle de [Lazarsfeld \(1958\)](#). Ce dernier identifie les étapes de construction des indicateurs selon une organisation orientée du local vers le global, c'est-à-dire, en premier lieu, des « *concepts* » sont identifiés à partir de données brutes, ensuite, les concepts sont décomposés en « *dimensions* » et au final, des « *variables* » sont sélectionnées à partir des dimensions. Les variables représentent les composantes mesurables ou les « *indicateurs* » potentiels ([Quillet et al., 2019](#)). Après des tris et des vérifications, certaines « *variables* » sont ensuite sélectionnées comme des « *indicateurs performants* » ([Quillet et al., 2019](#)).

Pour qu'ils soient performants, ces indicateurs potentiels (*variables*), n'ont d'utilité qu'une fois justifiés par une référence ou une norme ([Kerr, 1990](#)), ou par des informations collectées sur le terrain ([Quillet et al., 2019](#)). Les normes, références et informations collectées sont extraites par l'utilisation de la recherche bibliographique, l'observation active et l'observation participante sur le terrain et par des questionnaires et entretiens à l'intention des experts et des profanes. En plus de ça, la sélection des indicateurs doit se soumettre à des conditions ; ils doivent être : clairs, mesurables et dynamiques dans le temps ([Quillet et al., 2019](#)). Cette méthodologie s'appuie sur les travaux de ([Lazarsfeld, 1958](#) ; [D'Ercole, 1994](#) ; [Boulanger, 2004](#), [Quillet et al., 2019](#), [Meur-Ferec et al., 2020](#)) qui restent les principales références de la présente étude.

Le cheminement de ce travail s'organise sur plusieurs étapes successives, qui ont pour finalité de construire des grilles ou des tableaux de bord d'indicateurs performants de la vulnérabilité de la ville de Bejaia aux risques hydrologiques terrestres.

I.1. La recherche des données : détermination des concepts à partir de données brutes :

Si la méthode se base principalement sur les travaux de recherche suscités, les concepts de vulnérabilité pris en compte, pour la présélection des indicateurs, ne sont pas les mêmes que ceux des travaux pris pour référence. Nous avons dû ajouter d'autres concepts tirés d'autres travaux de littératures, mais aussi tirés de notre expérience personnelle sur le terrain.

Observation documentaire :

L'observation documentaire fait référence à des données extraites de bases de données de littérature universelle et locale. Il peut s'agir des travaux de recherche académique et des données provenant des rapports et documents officiels ([Ayal, 2002](#) ; [Barroca et al, 2006](#)). C'est pourquoi nous avons commencé le processus par une recherche bibliographique via internet où des thèses et articles locaux et internationaux nous ont fournis les premières données sur les indicateurs de la vulnérabilité aux risques rivulaires.

Ensuite, nous avons complété les données générales de la littérature académique par des données issues des administrations locales et nationales. Dans le cas de l'Algérie, les données peuvent être tirées des instruments d'urbanisme (PDAU et POS) qui définissent les orientations générales et spécifiques de l'urbanisation. En plus de données issues des agences et organismes nationaux comme : l'ONS, l'ANRH, l'ONM, l'ONA, ...etc. Les données et statistiques disponibles sur la ville de Bejaïa dans ses volets économique, social et urbanistique sont réunies périodiquement lors des recensements généraux de l'habitat et des populations (RGHP) qui se tiennent chaque dix ans sur l'ensemble du territoire algérien. D'autres sources de données locales existent dans les différentes administrations locales de la ville qui pourront nous en informer du fonctionnement des services de la ville qui influent sur la vulnérabilité de la ville aux risques rivulaires. De façon générale, les données sont réparties en deux types : celles qui retracent la qualité des lieux et des composants urbains et d'autres qui exposent des statistiques quantitatives en chiffres.

Tableau III.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, 2023

Ses documents montrent des limites qui résident dans leur relativité, car ils sont modifiables dans le temps et dans l'espace, ils ne définissent pas l'évolution urbaine dans une échelle de temps à long terme (Bourgeois, 2015). Ajouté à ça, ils ne prennent pas en compte la même échelle géographique, certaines données sont réalisées à partir d'une échelle d'une ou plusieurs communes, par exemple, les données du PDAU intercommunale qui réunit la commune de Bejaia et les communes limitrophes. D'autres données sont à l'échelle de la ville ou des parcelles. L'étude des émissaires de la ville de Bejaia sont à cette échelle. Certaines autres données sont à l'échelle régionale de la wilaya. Dans ce cas, ces données ne sont d'aucune utilité pour le présent travail, car elles ne nous renseignent pas sur la ville de Bejaia, mais sur l'ensemble des villes de la wilaya. Pour remédier au manque, les données sont obtenues par un travail de terrain.

D'autre part, la qualité des données, n'est pas toujours à la hauteur des besoins de l'étude, certaines données ne sont pas actualisées et ce depuis une période qui dépasse les dix ans, d'autres sont complètement erronées ou hors contexte.

Ceci nécessite, éventuellement une vérification, une adaptation ou une correction. Ainsi, les données recueillies sont considérées comme des données à l'état brut et ont, par conséquence, subi des traitements qui se sont déroulés de trois manières selon leur nature liée à la qualité et à l'âge de la donnée :

- 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.

Observation directe du terrain :

Elle consiste à l'observation directe d'un milieu sans intervenir sur son déroulement pour le modifier (Peretz, 1998). Dans ce sens, nous nous sommes rendus sur la zone d'étude et observé les cours d'eau de surface de la ville de Bejaia. Pendant plusieurs mois entre Août et Décembre 2019, nous avons fait des déplacements quotidiens dans le but de recueillir des informations exactes sur l'état général et spécifique des cours d'eau. Nous avons pris en compte

l'observation de l'état hydrologique des eaux, où nous nous sommes intéressés à la vérification de la qualité des eaux (odeur, couleur, ripisylve, faune). Ensuite, à l'état morphologique et physique des cours d'eau, où nous avons identifié les corridors artificialisés, naturels et enterrés. Ceci nous a permis de vérifier les données recueillies dans les administrations locales de l'ONA et de l'APC. Finalement, nous avons visé la compréhension du volet urbanistique du cours d'eau, c'est-à-dire, savoir si le cours d'eau est intégré dans son milieu urbain et comment ? et quel lien existe-t-il entre le cours d'eau et l'espace urbain ?

Enquêtes par entretiens :

Le travail est réalisé par des entretiens directs avec des gestionnaires locaux de la ville de Bejaia. Les entretiens avec des acteurs urbains locaux, représentent le moyen de vérifier la compatibilité des indicateurs réunis dans la littérature au cas précis de Bejaia. Cette étape consiste à un travail de maintien et d'adaptation des concepts réunis lors des étapes précédentes au contexte de la zone d'étude.

Les indicateurs sont choisis selon deux approches selon le besoin et la disponibilité des informations. Le choix s'est posé sur une approche qualitative et participative qui prend en considération des vérités énoncées par des experts et des retours d'expériences.

Nous avons sollicité une dizaine d'institution en rapport avec la gestion des risques hydrologiques terrestres. L'échantillon de cette démarche qualitative se caractérise par les domaines qu'ils représentent. Nous avons fait en sorte de diversifier les domaines d'action de l'échantillon. Les participants aux entretiens sont des cadres, ingénieurs ou ingénieurs en chefs, administrateurs de formation. Ils sont responsables de services dans leurs domaines respectifs, ou des responsables administratifs sectoriels. Ils sont titulaires et avec une expérience dépassant les cinq années dans leur poste. Nous n'avons pas pris en compte le genre, l'âge, ou l'origine du gestionnaire. Certains sont des femmes et d'autres des hommes, mais avec un penchant significatif pour le dernier genre. Ils sont soit résidants de la zone d'étude ou non.

Nous avons fixé le nombre de l'échantillon au fur et à mesure que le travail avance. Nous avons retenu le critère de la « *saturation sémantique* » (Moretti, 2018). Ce concept repose sur deux principes qui sont le fait que des entretiens supplémentaires n'apporteront plus de nouvelles informations en plus de celles déjà obtenues, et que l'échantillon est assez diversifié pour représenter une plus large différence d'opinion (**IDEM**).

Les entretiens ont eu lieu par échanges directs avec chaque gestionnaire à la fois. Les questions sont les mêmes pour tous les gestionnaires, peu importe leur domaine ou leur type d'intervention sur les risques. Lors de la première phase de l'enquête, des questions ont été posées, comme suivant :

- *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 III.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 commerce	du DC, DASS, CRA	Solidarité, action humanitaire et approvisionnement
Mairie	ST	Administration, coordination et supervision
Direction transport	du 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, Energie SONELGAZ, NAFTAL	

Source – Auteure, 2023

On leur a demandé aussi de compléter la liste en proposant d'autres variables, lorsqu'ils jugent ceci nécessaire :

- ***Connaissez-vous d'autres variables qui peuvent compléter celles proposées dans le questionnaire ?***

Les réponses sont données par : « Oui » ou « Non » sauf pour la dernière question. Les acteurs urbains vont répondre aux questions sur les variables suggérées. Ils peuvent appuyer les variables proposées, rejeter certaines autres ou proposer l'ajout de variables nouvelles (Quillet et al., 2019). La rectification et la modification de certaines variables proposées s'est faite au court des entretiens où les gestionnaires proposaient des reformulations pour certains énoncés. Ce que nous avons pris en compte lors des étapes suivantes.

Les variables retenues après ça, sont celles validées par les gestionnaires, c'est-à-dire celles dont les réponses étaient toutes des « Oui ». Les variables non validées par des « Non », sont déclinées. Quand des variables validées par plus de 50 % des acteurs, elles étaient prises en compte.

La ressemblance dans les réponses émises par les experts interviewés (Tanguy, 2016), nous a contraint à arrêter le nombre d'entretiens à une dizaine, pour éviter les répétitions inutiles. Ce nombre est suffisant pour réunir les informations nécessaires à cette étape du travail (Tanguy, 2016).

La durée des entretiens était illimitée et adaptée à la disponibilité du gestionnaire. Chaque entretien se déroulait entre une et deux heures, pendant une ou deux séances.

Grosso-modo, les variables que nous avons proposées étaient, selon les gestionnaires, représentatrices des facteurs de la vulnérabilité aux risques rivulaires. Seul un nombre restreint de variables est ajouté, reformulé ou rejeté. Par exemple, et pour l'aléa inondation, notre liste de variables proposée ne comportait pas la variable « *houle maritime* ». Cette dernière est citée par tous les gestionnaires questionnés comme étant un facteur principal des inondations qui touchent la plaine de Bejaia.

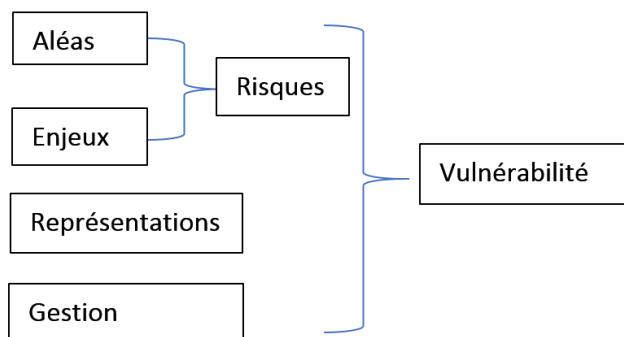
Ensuite, c'est selon les systèmes de représentation et perception des risques par les profanes. Les profanes représentent les personnes usagères de l'espace urbain et exposées aux phénomènes de risques. Elles sont le contraire des gestionnaires, car elles ne sont pas des spécialistes de la gestion des risques.

I.2. Le traitement des données : sélection des indicateurs potentiels

C'est la deuxième grande étape de notre méthode. Lors de cette étape, nous allons utiliser les données recueillies pendant la première étape pour arriver à déterminer une première pré-sélection des indicateurs de la vulnérabilité. A ce stade de l'étude, nous parlons encore d'indicateurs potentiels ou de variables et non pas d'indicateurs, car la première pré-sélection, n'est qu'une étape qui sera suivie d'autres étapes de sélection pour arriver à une sélection finale des indicateurs recevables.

Pour s'y prendre, les composantes du système de vulnérabilité sont organisées en quatre éléments, qui sont : les aléas, les enjeux, les représentations et les gestions (Meur-Ferec et al., 2020). Cette répartition est à notre sens la plus complète de la littérature traitant la vulnérabilité aux risques, car elle tient compte des deux composantes du risque, à savoir : l'aléa et l'enjeu, et est complétée par deux éléments aussi importants que les premiers : les représentations et la gestion. Les deux premiers éléments sont indispensables pour le déclenchement d'une situation de risque. Les deux seconds sont deux facteurs d'influence sur la gravité des aléas et sur la résilience des enjeux lors de l'avènement de la situation du risque, mais aussi avant, et après la situation de crise. Ces deux derniers éléments, représentent le côté subjectif de la vulnérabilité (Schéma 1).

Schéma III.7.1 – Composants de la vulnérabilité systémique



Source – Conçu par l'auteure, 2023 ; d'après Meur-Ferec, 2020

En premier lieu, nous allons définir les indicateurs potentiels « d'aléas » de la vulnérabilité, qui sont aussi 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

L'aléa est la première composante de la vulnérabilité et du risque. Il représente les phénomènes naturels ou anthropiques présents sur un site géographique, et susceptibles de produire des dangers. Sans aléa, naturel ou anthropique, nul risque ou vulnérabilité ne peuvent avoir lieu.

Les principaux phénomènes d'aléas liés aux risques hydrologiques terrestres sont des aléas naturels « d'inondation » et de « glissement et érosion de berges », en plus des aléas anthropiques « sanitaire – biologique » et « environnemental – écologique ».

Que ce soit sur le plan local, national ou international, la composante d'aléa est la plus étudiée parmi les composantes de la vulnérabilité. La littérature universelle et locale déborde d'indicateurs des aléas hydrologiques. Pour désigner les indicateurs potentiels d'aléas, il nous a fallu nous recourir à cette littérature abondante seulement. Ainsi, le choix des indicateurs potentiels est basé sur des affirmations antérieures de divers travaux de littérature. Les références sont définies dans le tableau (Tab.3) suivant.

I.2.1.a. L'aléa inondation

Dans la littérature, l'aléa inondation est le plus étudié des quatre aléas pris en compte parmi les aléas hydrologiques terrestres. Les données et les sources sur lesquelles nous nous appuyons sont abondantes, ce qui rend le choix des indicateurs plus accessible.

Sur la base de cette littérature, on retient les thèmes suivants : « le climat », « la topographie » et « l'hydrologie ». Chacun des thèmes est composé de variables qui sont les indicateurs potentiels qui l'expliquent. Dans le thème climat, nous avons considéré « les précipitations », « la pente » pour la topographie et « la remontée des eaux souterraines » et par sa situation au bord de la mer, nous avons ajouté « la houle ».

I.2.1.b. L'aléa érosion des berges :

C'est le mouvement de la terre qui se produit sur les berges des cours d'eau, par la présence des eaux et d'autres facteurs naturels ou anthropiques. Sur notre zone d'étude, ce sont les

glissements qui sont le plus étudiés et non les érosions des berges. Néanmoins, tous les glissements qui se sont produit à Bejaia jusqu'à présent sont des glissements humides, c'est-à-dire causés par la présence des eaux. Certains se sont produits aux abords des cours d'eau qui sillonnent la ville ([Voir le figure 10 du chapitre 6](#)). Les thèmes avancés par la littérature et que nous avons pris en compte sont : « la géologie », « la topographie » et « le climat ».

I.2.1.c. L'aléa sanitaire :

Les thèmes pris en compte, sont : le climat, la biologie et l'état des eaux de surface, qu'elles soient stagnées ou courantes. Le climat est un facteur naturel lié à la température des eaux, à l'humidité et au rythme de la pluviométrie. Une eau dont la température est en dessous de 18 °C est protégée contre la prolifération des anophèles responsables de MTH. D'après ([Martens et al., 1995](#)), l'accumulation d'une température de (22 °C à 25 °C) et d'une humidité de 60 % constitut une condition idéale pour la prolifération de l'insecte du paludisme. Ceci dit, la température des eaux dans les milieux urbains n'est pas liée qu'au climat. Elle est aussi liée aux rejets liquides qui peuvent l'augmenter considérablement. L'état des eaux est un facteur anthropique en rapport avec la qualité des eaux altérées par la gestion des eaux usées et des déchets en ville. Le risque de contamination est plus important lors de la présence des endroits où l'eaux est stagnantes et polluées.

Sur le plan du facteur biologique, les distances parcourues par les facteurs biologiques responsables de l'aléa sanitaire sont souvent de petites distances, égales ou inférieures à 30 m, mais qui peuvent atteindre 100 m, pour certaines espèces ([Service, 1993](#)), ceci signifie que l'enjeu le plus proche géographiquement de la source de danger reste le plus exposé et vulnérable. C'est pourquoi, le thème requis est « la distance d'une source d'infection ».

I.2.1.d. L'aléa environnemental

Cet aléa n'a pas de répercussions directes sur le système anthropique de la ville, mais cause des préjudices sur le système écologique des cours d'eau.

La qualité environnementale des cours d'eau est étudiée selon plusieurs approches. Toutes basées sur la sélection d'indicateurs. Parmi elles, celles qui retiennent des indicateurs : physico-chimiques des eaux, ou biologiques, ou des débits de rivières, ou des habitats physiques, ou bien les indicateurs paysagers ([Gergel et al., 2002](#)). L'approche des indicateurs paysagers est la plus utilisée aujourd'hui car elle a le caractère de regrouper plusieurs indicateurs de

différentes composantes du système naturel ([IDEM](#)). Elle regroupe des thèmes diversifiés comme : « 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.

Tableau III.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, 2023

I.2.2. Les variables d'enjeux : les variables d'exposition aux aléas

L'enjeu représente la principale composante du risque qui n'est plus basée sur la connaissance de l'aléa seulement ([Gleyze et Reghezza, 2007](#) ; [Navarro-Carrascal et Michel-Guilou, 2014](#)). Il est aussi la deuxième composante de la vulnérabilité globale que nous étudions dans ce travail. Les enjeux font référence aux personnes, aux espaces naturels et anthropiques, aux infrastructures matérielles, aux activités et aux finances susceptibles de subir des dommages lors d'un aléa. Les enjeux indiquent des valeurs humaines, environnementales, économiques, et sociales des éléments exposés aux aléas ([MATE, 1997](#) ; [Meur-Ferec et al., 2005](#)).

Ces enjeux sont présélectionnés suite aux préoccupations des autorités territoriales locales de Bejaia et des organismes chargés de la gestion et de la prévention de la ville, qu'ils soient

étatiques ou non. Des préoccupations exprimées dans les documents officiels que nous avons recueillies auprès d'eux. La liste des enjeux est complétée par des données de la littérature scientifiques universelles, que nous avons examinées, au cours de l'étude bibliographique.

Par l'exploitation de toutes ces données, nous avons pu réunir tous les éléments qui peuvent subir des préjudices à cause d'un des aléas pris en considération. Selon les aléas, les enjeux sont soit humains, matériels, structurels, fonctionnels, monétaires, environnemental ou écologique. Nous nous sommes intéressés à tous les volets qui font partie des composants du système urbain, et nous en avons négligé aucun de ses aspects. Même les aspects qui peuvent sembler négligeables dans le domaine de la vulnérabilité aux risques, comme l'aspect paysagiste. Ces données sont complétées par le travail de terrain lorsque des données sont absentes, de mauvaise qualité ou lorsque l'échelle nécessite d'être réduite à celle des constructions et de la parcelle. Les indicateurs des enjeux sont vérifiés par entretiens avec les gestionnaires, comme expliqué dans l'item de la 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 suivant ([Tab.4](#)).

Tableau III.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 transite (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)	+ + +
(Suite ...)			
		Coûts de restauration écologique des milieux naturels (cours d'eau)	+ + + +
Environnemental	Eau	Dégénération 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, 2024

Par le cernement des deux éléments précédents, nous pouvons définir les risques dans la zone d'étude. Pour définir la vulnérabilité systémique, nous avons à cerner deux autres éléments, 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 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, lors de l'avènement des aléas. Comme nous pouvons constater dans le tableau

dessous (Tab.5). Les mesures de prévention sont plus nombreuses et touchent à différents contextes du risque. Les mesures de prévention sont multisectorielles. Leur mise au point nécessite un travail continu et organisé dans tous les domaines et à toutes les échelles. A commencer par le législateur à l'échelle du pays, jusqu'à la sensibilisation des individus à l'échelle du quartier ou de la parcelle, en passant par l'implication des centres de la 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 III.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	+	+	+	+
	Maitrise de l'urbanisation	Intégration des risques dans les schémas d'urbanisme	+	+	+	+
		Gestion intégrée des déchets	+	+	+	+
		Etat des eaux de surface				+
	Sensibilisation aux risques	Qualité des eaux de surface				+
		Sensibilisation des populations via des campagnes de sensibilisation	+	+	+	+
		Enseignement des risques dans les écoles	+	+	+	+
	Communication, concertation entre acteurs	Exercices réguliers de simulation des risques	+	+	+	+
		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 ;
- + = indicateur potentiel retenu pour l'aléa

Source – Auteure, 2023

I.2.4. Les variables des représentations : les volets psychologiques et socio-culturels

Jusqu'à il n'y a pas longtemps, les approches segmentées ne prenaient pas en considération les représentations lors d'évaluation de la vulnérabilité (Glade, 2003). Ce concept intégré dans la littérature par Tversky et Kahneman (1974), et développé ensuite par d'autres travaux : (Slovic, Fischhoff, et Lichtenstein, 1979 ; Fischhoff, Slovic, Lichtenstein, Read et Combs ; Slovic, 1987, 2000 ; Van Westen et al., 2006 ; Cutter and Finch, 2008).

Les représentations se définissent par les perceptions des risques relatées par les populations usagères des espaces, et aux différents comportements qu'elles expriment vis-à-vis des risques (Quillet et al. Norois 2019). Elles font référence aux connaissances et aux savoirs partagés du sens commun (Moscovici, 1976, 2013), 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 comme aussi important que l'aléa, les enjeux et la gestion, lorsqu'il s'agit d'évaluer la vulnérabilité d'un site face aux risques. 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 réunissent des caractéristiques psychologiques, sociales, culturelles, de conditions de vie et de liens avec l'environnement, qui permettent une meilleure connaissance des risques, puisqu'elles définies ce qui est appelé par (Moser, 1998) : « *la vulnérabilité perçue* ». C'est-à-dire, les consciences individuelles et collectives du risque (la culture du risque), les rapports que ces populations entretiennent avec l'environnement naturel des cours d'eau, les perceptions des citadins par rapport aux choix de gestion des milieux naturels et urbanisés. En plus des caractéristiques classiques et générales comme (le niveau d'instruction, les revenus, ...etc.), qui nous permettrons de classer les populations par catégories de qualité de vie.

Cerner les indicateurs des représentations est l'étape la plus compliquée les quatre dimensions de la vulnérabilité prise en compte. La difficulté se trouve dans la nature subjective et non matérielle des représentations. Dans ce cas, les indicateurs regroupent des opinions personnelles et des comportements individuels et collectifs : sociaux et culturels. Dépendants de la pensée uniquement, ils divergent d'une société à une autre et d'un individu à un autre.

Tableau III.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	+	+	+	+
Organisation et pratiques	Psychologie	Avoir le sentiment d'être exposé à un risque (Avoir la capacité à imaginer que le danger puisse avoir lieu)	+	+	+	+
		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.	+	+	+	
	Pratiques individuels d'hygiène et de santé	Distance d'une infrastructure essentielle (centre de soins, caserne de pompiers)	+	+	+	
		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, 2023

Définir les variables qui composent un système peut prendre des dimensions parfois trop larges en nombre de variables ([Loriaux, 1994](#)). Ceci risque de faire perdre à l'étude sa pertinence et la clarté attendue par l'utilisation des indicateurs. Pour ne pas tomber dans cet embarras, se limiter à un nombre restreint de variables est nécessaire, d'où les étapes suivantes.

II.

DESIGNATION ET HIERARCHISATION DES GRILLES D'INDICATEURS : DESCRIPTION DE LA VULNERABILITE GLOBALE

Cette étape permet de nouvelles sélections des indicateurs et de nouveaux traitements sur ces derniers. Nous allons toujours procéder par enquête qualitative dont nous avons exposé les avantages et les inconvénients dans la partie précédente, mais pas que, car, nous allons aussi exploiter une méthode quantitative de recherche de données. Dans les deux cas, les données sont traitées par des méthodes statistiques nécessaires pour diminuer leur caractère subjectif initial. La subjectivité étant un caractère majeur des enquêtes par entretiens et questionnaires, néanmoins, dans ce cas, la subjectivité est nécessaire dans ce travail, car ce dernier s'intéresse à recueillir les opinions des acteurs urbains experts et profanes, dans les deux dimensions de la vulnérabilité, à savoir : les représentations et les gestions. C'est justement ces deux dimensions qui sont basées sur des opinions subjectives, contrairement aux dimensions d'aléas et des enjeux.

II.1. Les indicateurs d'aléas et des enjeux : des données préexistantes à exploiter

La première présélection basée sur la littérature scientifique pour les aléas, et sur la littérature scientifique et officielle et les entretiens pour les enjeux, est suffisante pour la désignation des grilles d'indicateurs de ces deux dimensions.

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, le caractère inchangé dans le temps de ces indicateurs de la vulnérabilité font qu'il n'y a aucun intérêt à modifier ces grilles en leur faisant subir des traitements supplémentaires pour vérifier leur performance.

Par exemple : les précipitations sont depuis toujours un des indicateurs des inondations que ce soit dans la zone d'étude ou ailleurs. Ceci ne peut pas changer dans le temps, si ce n'est suite à des changements climatiques extrêmes, ce qui n'est pas le cas aujourd'hui. L'enjeux humain est une évidence et une constante qui ne peut pas changer dans le temps. L'homme est un enjeu majeur de l'exposition aux risques. Il est le premier indicateur des enjeux qui est étudié.

Dans ces circonstances, les grilles d'indicateurs performants des aléas et des enjeux sont celles définies dans les tableaux 3 et 4 de ce chapitre. Voir : ([Tab.3](#) ; [Tab.4](#)).

II.2. Les indicateurs de gestion et des représentations :

Ces deux dimensions 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 ce contexte, le traitement des données se poursuit par une troisième étape du processus qui consiste à une troisième sélection des indicateurs. Cette étape s'occupe de retrier les variables les plus pertinentes de celles qui ne le sont pas. Pour cela, l'approche utilisée dans cette étape est, aussi, la méthode d'entretiens directs avec des gestionnaires de la ville. Autrement dit, nous avons consulté les gestionnaires pour une deuxième fois, pour faire une autre sélection des indicateurs potentiels retenus jusqu'à maintenant. L'objectif étant d'arriver à une sélection d'indicateurs performants, c'est-à-dire, nous passons d'indicateurs potentiels à des indicateurs définitifs utilisables comme des indicateurs représentants la vulnérabilité de la

gestion et des représentations. Pour ça, nous avons demandé aux mêmes gestionnaires sollicités dans la deuxième étape, de nous donner leur avis sur la : « *faisabilité* » et sur « *l'utilité* » de chacune des variables. Après ça, seuls les indicateurs qui répondent aux exigences de faisabilité et d'utilité sont retenus.

Le travail va se faire sur les grilles d'indicateurs potentiels retenues dans les tableaux ([Tab.5](#)) et ([Tab.6](#)) de ce chapitre. Nous avons présenté ces deux grilles aux gestionnaires, en leur demandant de sélectionner les indicateurs qu'ils pensent être utiles et faisables. Cette opération permet de diminuer le nombre des indicateurs potentiels et de ne laisser que ceux jugés faisables et utiles par les gestionnaires.

La méthode est exposée dans les items qui suivent.

II.2.1. Vérification de la faisabilité des indicateurs potentiels : traitement statistique des données

La méthode consiste à présenter les deux grilles d'indicateurs des représentations et de la gestion aux gestionnaires et leur demander de répondre si chaque indicateur est jugé faisable, non faisable ou moyennement faisable pour eux.

L'entretien se fait avec chaque gestionnaire séparément, dans son lieu de travail et dure environ une à deux heures de temps. Parfois, l'entretien n'est pas terminé en une seule séance dans le cas où l'emploi du temps du gestionnaire ne le permet pas, c'est pourquoi, une autre séance est programmée pour terminer le travail. Dans certain cas, nous avons juste expliqué le travail demandé au gestionnaire et ont leur a laissé le questionnaire auquel ils ont répondu sans notre présence.

L'indicateur potentiel est faisable lorsqu'il peut être mis en application, c'est-à-dire, appliqué sur le terrain, que ce soit sur les individus ou les processus organisationnels, et à des échelles différentes. Pour évaluer la faisabilité des indicateurs, nous allons vérifier leur « *degré de technicité* », le « *temps et les moyens financiers, nécessaires à leur mise au point* » ([Quillet et al., 2019](#)), en plus de la « *disponibilité et de la qualité des données* » concernant 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 vérifier la technicité, nous allons vérifier l'existence et la qualité des données qui renseigne sur l'indicateur. Lorsque les données sont absentes et les moyens pour les construire sont aussi absents, insuffisants, inadaptés ou de mauvaise qualité, alors l'indicateur n'est pas faisable.

Pour chacun des facteurs de la faisabilité, nous avons attribué un chiffre qui varie de « 1 » à « 3 » et qui correspond à la difficulté qu'il y a pour que l'indicateur soit faisable. Si le facteur de la faisabilité obtient le chiffre « 1 » par le gestionnaire, cela signifie que la variable est jugée « non faisable » pour lui. Le chiffre « 2 » signifie que la variable est jugée « en réserve » par le gestionnaire, c'est-à-dire qu'elle peut être faisable avec des difficultés techniques ou liées aux données ou au temps et aux moyens financiers. Le chiffre « 3 » veut dire que la variable est jugée « faisable ».

Tableau III.7.7 – Facteurs de la faisabilité

	Difficulté		
	Elevée	Moyenne	Faible
Disponibilité des données	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, 2023

Pour chacun des indicateurs, le gestionnaire note les quatre facteurs de la faisabilité ([Tab.7](#)).

Après avoir réuni les réponses de tous les gestionnaires, deux traitements supplémentaires s'imposent :

- Le premier étant de définir la faisabilité de chaque indicateur par rapport aux réponses de chacun des gestionnaires.
- Le second, c'est de vérifier la faisabilité de chaque indicateur par rapport à l'ensemble des gestionnaires.

II.2.1.a. La faisabilité des indicateurs selon chaque gestionnaire séparément :

La faisabilité de chaque indicateur sera calculée selon la somme des points recueillis par chaque indicateur divisé sur le nombre des facteurs de la faisabilité. C'est-à-dire que nous calculons la moyenne des points obtenus pour chaque indicateur potentiel.

Autrement dit :

Faisabilité_{Ind} = Moyenne [Degré de technicité (**Tech**) + Temps nécessaire à la réalisation (**Tmp**) + Moyens financiers indispensables à la réalisation (**Fnc**) + Disponibilité et qualité des données (**Don**)].

Après les calculs on obtient trois intervalles représentants chacun un résultat de réponse de chaque gestionnaire sur chaque indicateur. Comme indiqué dans le tableau suivant ([Tab.8](#)), les résultats peuvent varier entre :

- Des indicateurs qui obtiennent un total de points ≤ 6 . Dans ce cas, ils sont jugés comme : Non faisables ;
 - Des indicateurs qui obtiennent un total de points >6 et <10 . Ils sont jugés : En réserve ;
 - Des indicateurs qui obtiennent un total de points ≥ 10 , et qui sont jugés : Faisables.

Tableau III.7.8 – Evaluation de la faisabilité des indicateurs potentiels par chaque gestionnaire

		Disponibilité et qualité des données			
Source	Temps nécessaire	4	6	8	Moyens financiers
		6	8	10	
		8	10	12	
		Degré de technicité		Auteure, 2023	

II.2.1.b. La faisabilité des indicateurs selon les réponses combinées des gestionnaires

Après avoir défini la faisabilité des indicateurs pour chacun des gestionnaires séparément, nous avons procédé à vérifier leur faisabilité par rapport à tous les gestionnaires réunis. Pour cela, nous avons réunis les résultats obtenus par chaque gestionnaire selon une autre équation de calcul, identique dans son principe à la première équation.

Pour mieux clarifier cette étape, le tableau suivant sert d'exemple du traitement des réponses croisées des gestionnaires ([Tab 9](#))

Tableau III.7.9 – Exemple de vérification de la faisabilité par rapport aux réponses de tous les gestionnaires réunis

	Disponibilité des données			Degré de technicité			Temps nécessaire			Moyens financiers			Résultat
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Gestionnaire 1	Red			Red			Red			Red			Red
Gestionnaire 2			Green				Green				Green		Green
Gestionnaire 3		Yellow			Yellow		Yellow			Yellow			Yellow
Gestionnaire 4			Green		Yellow					Yellow			Green
Gestionnaire 5			Green	Red						Red			Yellow
.....
Total	(Faisable x 2) + (En réserve x 2)			+ (En réserve x 2)			Non faisable = En réserve			Indicateur en réserve			

Source – Auteure, 2023

Tous les indicateurs proposés sont validés comme faisables par les gestionnaires. A deux exceptions concernant les indicateurs de gestion :

- L'indicateur « *Exercices réguliers de simulation des risques* » est décliné
- L'indicateur « *Information de la population via des compagnes de sensibilisation* » est modifié, et remplacé par : « *Sensibilisation et formation des populations quant aux comportements à adopter contre l'inondation* »

Tableau III.7.10 – Indicateurs de gestion faisables

Indicateur potentiel	Données	Technicité	Temps	Finances	Faisabilité
Formation continue des gestionnaires des risques (ex : abonnements aux revues scientifiques spécialisées, organisation de séminaires)	3	2	2	3	3
Mettre à jour les données statistiques et de suivi	2	2	2	2	2
Intégrer les risques dans les schémas d'urbanisme	1	2	2	2	2
Gestion intégrée des déchets	2	3	3	3	3
Information de la population via des compagnes de sensibilisation	2	1	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	3	2	2
Mettre en place une base de données informatisée à la disposition commune des acteurs	3	2	3	3	3

Protéger légalement les servitudes des cours d'eau	3	1	3	2	2
Combattre légalement les rejets sauvages des déchets	2	1	3	2	2
Protéger légalement le patrimoine écologique	2	1	2	1	2
Protéger légalement le patrimoine archéologique	1	1	2	1	1
Mise au point d'un système d'alerte aux populations (textos, diffusion par les médias, sirène, hauts parleurs, ...etc.)	2	2	3	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	2	2	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	3	3	2	3	3
Actualiser les plans ORSEC	3	3	3	3	3
Réunir une main d'œuvre compétente et suffisante (ex : postes de commandement avancés)	2	3	2	3	3
Mettre en place des compétences matérielles, adéquates et suffisantes (ex : postes médicaux avancés)	3	2	2	3	3

Source – Auteure, 2023

Pour les indicateurs des représentations sociales, l'évaluation de la faisabilité s'est basée sur l'évaluation du seul facteur de la disponibilité des données. 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 III.7.11 – Indicateurs des représentations faisables

Indicateur potentiel	Données	Technicité	Temps	Finances	Faisabilité
Conscience de la qualité de l'environnement	2	2	2	3	2
Conscience de la valeur de la présence de la rivière en ville	2	2	2	3	2
Expérience passée de l'aléa	2	1	2	2	2
Connaissance des moyens d'alerte et d'information	2	2	2	3	2
Connaissance des consignes de sécurité à suivre	3	2	2	2	2
Avoir le sentiment d'être exposé à un risque (Avoir la capacité à imaginer que le danger puisse avoir lieu)	3	2	2	2	2

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	2	2	2
Distance d'une infrastructure essentielle (centre de soins, caserne de pompiers)	2	2	2	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	2	2	2
Bonne gestion des déchets ménagers	3	3	2	2	3
Bonne utilisation de l'espace (respect des servitudes des cours d'eau)	3	3	3	2	3
Typologie du tissu	2	2	2	2	2
Occupation du sol	2	2	2	2	2
Densité des habitants	3	2	2	2	2
Densité du bâti	3	2	2	3	3

Source – Auteure, 2023

II.2.2. Vérification de l'utilité des indicateurs

Quant à l'utilité, elle est évaluée par l'attribution d'une désignation « *utile* », « *moyennement utile* », ou « *non utile* » pour chacune des variables présélectionnées comme faisables. L'indicateur faisable est jugé utile, lorsqu'il est nécessaire pour le suivi de la vulnérabilité « noté : 3 », lorsqu'il est intéressant mais pas nécessaire, l'indicateur est jugé discutable « noté : 2 ». L'indicateur est inutile « noté : 1 » quand il ne répond pas aux aspirations des gestionnaires en matière d'évaluation de la vulnérabilité aux risques (Quillet et al., 2019). Les indicateurs à retenir sont les indicateurs *utiles*, ceux non utiles sont *rejetés* et ceux avec une moindre utilité ou discutables, sont retenus avec *réserves*.

Tableau III.7.12 – Facteurs de l'utilité

Utilité		
1	2	3
Non utile	Discutable (en réserve)	Utile

Source – Auteure, 2023

Dans ce cas, l'utilité jugée par chaque gestionnaire est obtenue directement par les réponses sans besoin de traitements supplémentaires.

De la même manière que pour la faisabilité ; vérifier l'utilité des indicateurs potentiels selon tous les répondants s'est faite par le calcul de la moyenne des réponses. Dans ce cas aussi, nous avons obtenu trois catégories possibles :

- L'indicateur est utile lorsque la somme des valeurs des réponses est entre : 25 et 30 ;
- L'indicateur est en réserve lorsque la somme les valeurs des réponses est entre : 16 et 24 ;
- L'indicateur est non utile dans le cas où la valeur de la somme des réponses est entre : 10 et 15.

Les résultats obtenus sont synthétisés dans les deux tableaux qui suivent.

Tableau III.7.13 – Indicateurs de gestion jugés utiles par l'ensemble des gestionnaires

Indicateur potentiel	Résultat
Formation continue des gestionnaires des risques (ex : abonnements aux revues scientifiques spécialisées, organisation de séminaires)	3
Mettre à jour les données statistiques et de suivi	3
Intégrer les risques dans les schémas d'urbanisme	3
Gestion intégrée des déchets	3
Information de la population via des campagnes de sensibilisation	2
Enseignement des risques dans les écoles	3
Exercices réguliers de simulation des risques	1
Mettre en place un service administratif chargé de la coordination permanente entre les acteurs avant la crise	3
Mettre en place une base de données informatisée à la disposition commune des acteurs	3
Protéger légalement les servitudes des cours d'eau	3
Combattre légalement les rejets sauvages des déchets	3
Protéger légalement le patrimoine écologique	3
Mise au point d'un système d'alerte aux populations (textos, diffusion par les médias, sirène, hauts parleurs, ...etc.)	3
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
Déclencher les plans ORSEC (des zones sensibles, commune et wilaya)	3
Mettre en place des plans ORSEC (commune, wilaya) spécifiques à chaque aléa	3
Actualiser les plans ORSEC	3
Réunir une main d'œuvre compétente et suffisante (ex : postes de commandement avancés)	3
Mettre en place des compétences matérielles, adéquates et suffisantes (ex : postes médicaux avancés)	3

Source – Auteure, 2023

Tableau III.7.14 – Indicateurs des représentations jugés utiles par l'ensemble des gestionnaires

Indicateur potentiel	Résultat
Conscience de la qualité de l'environnement	3
Conscience de la valeur de la présence de la rivière en ville	3
Expérience passée de l'aléa	3
Connaissance des moyens d'alerte et d'information	3
Connaissance des consignes de sécurité à suivre	3
Avoir le sentiment d'être exposé à un risque (Avoir la capacité à imaginer que le danger puisse avoir lieu)	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
Distance d'une infrastructure essentielle (centre de soins, caserne de pompiers)	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.)	3
Bonne gestion des déchets ménagers	3
Bonne utilisation de l'espace (respect des servitudes des cours d'eau)	3
Typologie du tissu	3
(Suite ...)	
Occupation du sol	3
Densité des habitants	3
Densité du bâti	3

Source – Auteure, 2023

La consultation des gestionnaires est indispensable pour vérifier le choix des indicateurs à retenir, mais elle s'est avérée une formalité car les choix retenus par les gestionnaires n'étaient pas très différents de ceux que nous avons déjà retenu lors de la première pré-sélection. Ceci donne plus de crédibilité aux indicateurs que nous avons choisis auparavant. D'où l'importance du travail de recherche effectué.

Les gestionnaires ont tout de même proposé certaines variables spécifiques à la zone d'étude et qui n'étaient pas forcements mentionnés dans la littérature, ou modifié d'autres. Mais lorsque la proposition n'est pas faite par tous ou par la majorité des gestionnaires, nous ne l'avons pas prise en compte.

II.2.3. Vérification de la qualité des résultats :

Cette étape est entièrement indépendante des opinions des participants aux enquêtes par questionnaire ou entretiens. Elle est entièrement basée sur des lois rationnelles qui vont être exploitées de manière à vérifier la qualité méthodique des résultats obtenus.

II.2.3.a. Vérification de la performance des résultats : les grilles d'indicateurs performants

La performance est définie par de nombreux auteures dans différents domaines, depuis les années 1980. Sa définition dépend de « *l'objectif visé, de la perspective d'analyse choisie ainsi que du champ d'intérêt de son utilisateur.* » (Issor, 2017). Pour Bourguignon (2000), elle est la réalisation des objectifs organisationnels, quelles que soient la nature et la variété de ces objectifs (Bourguignon, 2000). De leur part Gosselin et Murphy (1994) avancent que la performance peut prendre plusieurs définitions selon le contexte et le domaine traité (Gosselin et Murphy, 1994). Dans ce contexte la performance représente l'outil de mesure de l'adaptabilité et de l'efficacité des indicateurs sur le terrain étudié.

Lors de la quatrième et dernière sélection des indicateurs, les indicateurs faisables et utiles, sont soumis à une vérification de performance. L'évaluation de la performance est réalisée grâce à un tableau de (Phillip, 2017). Ce dernier croise les deux caractéristiques d'évaluation des indicateurs de l'étape précédente, pour vérifier leur performance.

Nous nous sommes parvenus à définir la performance de chaque indicateur. Les indicateurs performants sont les indicateurs pertinents et définitifs à utiliser pour l'évaluation de la vulnérabilité de la ville de Bejaia aux risques rivulaires. Après ça, le nombre des indicateurs retenus a rétrécis, ce qui permettra de faciliter leur intégration dans un outil opérationnel de gestion (Quillet et al., 2019).

Tableau III.7.15 – 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 Philippe, 2017 ; adapté par l'auteure, 2023

Pour commencer nous insérons, dans les tableaux, les indicateurs sélectionnés après la vérification de leur faisabilité et de leur utilité. Ensuite, nous procédons selon le tableau adapté de Philippe (2017) pour finir par sélectionner les indicateurs performants seulement.

Comme pour les étapes de présélection précédentes, les indicateurs d'aléas et ceux des enjeux, déjà existants car vérifiés dans d'autres travaux ne sont pas soumis à une vérification de performance, c'est pourquoi, nous allons passer, directement, vers les indicateurs des représentations et ceux de la gestion.

Les tableaux suivants font la synthèse de cette étape de la sélection des grilles d'indicateurs performants de la vulnérabilité aux risques rivulaires à Bejaia. Ces dernières grilles des indicateurs représentent la liste finale des indicateurs à utiliser dans les prochains chapitres de ce travail. En même temps, chacune des grilles fournit des thèmes synthétiques de la vulnérabilité, qui feront objet de traitement dans la suite du travail, lors de l'étape de l'évaluation qui sera effectuée dans le chapitre qui suit.

Tableau III.7.16 – Evaluation de la performance des indicateurs de gestion

Indicateur	Faisabilité	Utilité	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
Exercices réguliers de simulation des risques	2	1	Abandonné
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, 2023

Tableau III.7.17 – Evaluation de la performance des indicateurs des représentations

Indicateur	Faisabilité	Utilité	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, 2023

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 va être réduit au maximum, ce qui peut servir de leur éventuelle intégration dans un outil opérationnel d'aide à la prise de décision ([Quillet et al., 2019](#)).

II.2.4. Recherche des données des représentations dans la ville de Bejaia :

Après avoir fixé la grille des indicateurs performants des représentations, nous avons besoin de vérifier ces indicateurs dans la zone d'étude. Cette étape s'impose par l'absence de ce genre

de données dans la ville de Bejaia, ce qui rend les traitements suivants assez difficile, si ce n'est impossibles. Ces données sont absentes dans des bases de données officielles ou scientifiques, ce qui fait qu'il faut les créer par enquêtes auprès des individus visés par l'étude ([Meur-Ferec et al., 2020](#)).

Les données recueillies jusque-là ne donnent pas des réponses sur les représentations de la société bougiote vis-à-vis du risque hydrologique terrestre. Pour vérifier les indicateurs des représentations, nous avons décidé de les rechercher auprès des citoyens concernés eux-mêmes.

II.2.4.a. Recueil de données complémentaires : spatialisation des indicateurs et leur adaptation à la zone d'étude

Dans ce travail, nous avons procédé par enquête auprès des populations vivants à moins de 100 m au long des berges des rivières. En été 2024, des prises directes de contacts avec les riverains ont été faites via passation de questionnaires. Au total 100 questionnaires passés. La difficulté dans ce genre d'enquête est le taux de réponse qui promet d'être faible. Pour y remédier, nous avons pris notre temps pour expliquer à l'échantillon visé, quant à l'importance de leur participation.

Le questionnaire distribué contient vingt et une questions réparties en trois items¹. Nous avons posé des questions sur les caractéristiques urbanistiques et démographiques des habitations. Nous nous sommes intéressés aux caractéristiques de l'habitation. Ces dernières sont d'une importance majeure dans l'exposition ou non de la famille. Que ce soit une exposition corporelle ou matérielle. Ajouté à l'habitation, nous nous sommes interrogés aussi sur l'occupation de l'habitation, c'est-à-dire sur le nombre des occupants dans l'habitation, mais aussi à leur âge. Ceci est conforme aux indicateurs que nous avons déjà présélectionnés et qui suggèrent l'exposition accrue des personnes âgées et des enfants. Ensuite, nous avons posé des questions qui pourront nous permettre d'évaluer les connaissances des participants sur les phénomènes de risques, ainsi que sur les moyens et les techniques de se protéger de ces derniers. Finalement, nous avons enquêté sur les comportements sociaux qui peuvent influer sur la vulnérabilité de la ville.

Des caractéristiques sociales, financiers ou autres qui ne sont pas retenues dans les grilles d'indicateurs sont négligées dans cette étape. Nous avons évité de nous intéresser au genre, ou

¹ Voir les annexes

à l'âge du répondant, tout en prenant en considération de choisir des personnes adultes appartenant aux deux genres. Nous avons aussi évité de demander le niveau d'instruction ou les revenus des répondants.

Néanmoins, des échanges directs avec les questionnés, lors de la passation ou la récupération du questionnaire, nous ont ; pourtant ; permis d'arriver à la conclusion que les personnes d'un âge mûr, avec un bon niveau d'instruction et un travail stable semblent être plus intéressés à la problématique des risques, et plus inquiets au sujet de leur exposition et de l'exposition de leurs biens et de leur communauté. Ils semblent aussi être plus conscients des moyens de prévention et de protection, et ils sont la tranche de la société qui s'engage dans des campagnes de volontariat ou de sensibilisation pour diminuer l'exposition. Par exemple et entre autres : ils font solliciter les autorités pour intervenir sur un caniveau qui déborde, ils créent et se mobilisent dans des associations de quartiers...etc.

Conclusion du chapitre

Définir les composantes du phénomène à étudier nous a amené à décortiquer quatre éléments. Il s'agit en premier lieu de l'espace physique naturel au sein de la zone urbaine, limité pour les besoins de l'étude dans les cours d'eau de surface. Ensuite, vient l'espace physique urbain, avec tout ce qu'il contient en cadre bâti et non bâti, et avec toutes sa complexité et contradictions liées à l'utilisation de l'espace. Et finalement, la troisième et la quatrième composantes qui représentent les côtés humains et socio-psychologiques des habitants, et les agissements politiques, institutionnels, juridiques et gestionnaires des décideurs.

Nous avons choisi une méthode par indicateurs pour approcher ces éléments composants du phénomène de la vulnérabilité. Ces indicateurs étant inexistant jusqu'à lors, nous les avons formés avec plusieurs méthodes dont celles des entretiens avec des experts et des questionnaires avec des profanes. Grace à ce travail, nous avons pu former des données inexistantes auparavant. Comme nous avons vérifié, actualisé et amélioré d'autres.

Les gestionnaires et les populations qui sont en permanente interaction avec les risques, sont les mieux placés pour mettre en place les grilles d'indicateurs voulues. Solliciter l'avis des gestionnaires et les populations permet de connaître la divergence et la concordance de leurs opinions concernant les indicateurs qui comptent pour chacun d'eux. Selon leurs orientations, leurs domaines d'action, et leurs objectifs d'intervention. Ces méthodes sont les mieux adaptées pour s'adresser en premier lieu aux gestionnaires et aux profanes, qui peuvent s'en servir pour s'informer ou comme outil d'aide à la prise de décision.

A ce stade des grilles d'indicateurs performants de la vulnérabilité, le travail est toujours considéré comme descriptif et non évaluatif ([Barroca et al., 2014](#)). L'évaluation sera entamée dans le chapitre suivant. Néanmoins, cette première étape de renseigner les indicateurs performants de la vulnérabilité, reste la plus importante dans ce travail, car elle représente les données sur lesquelles seront basés les travaux des étapes suivantes.

PARTIE III.

CHAPITRE 8.

Traitement des données : Evaluation des grilles d'indicateurs de la vulnérabilité globale aux risques hydrologiques terrestres



« 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 l’évaluation nous entendons toutes les procédures qui permettront de passer de la nature qualitative ou semi-qualitative des indicateurs à des valeurs quantifiables et mesurables.

Le présent chapitre va exploiter les résultats des données obtenues dans le chapitre précédent comme des input, pour obtenir d’autres données (output), ce après traitements adéquats via des méthodes objectives d’analyse de données, ainsi que des outils statistiques et des règles mathématiques. Les traitements dans le présent chapitre ont pour objectif de réduire le caractère subjectif des données. En utilisant des méthodes objectives, nous passons des valeurs de natures divergentes à des valeurs quantifiables et mesurables, ce qui nous permet de mesurer la vulnérabilité de la ville. Les valeurs numériques que nous obtenons seront projetées géographiquement sur l’espace de la zone d’étude, et donc la vulnérabilité sera passée d’opinions subjectives à des cartographies spatiales et représentatives de la vulnérabilité de la ville aux risques hydrologiques terrestres.

La première partie du chapitre va servir d’homogénéiser les unités et les échelles des indicateurs. Ramener les indicateurs dans une même échelle ou au moins dans des échelles mitoyennes facilitera leur spatialisation par la suite. D’autre part, définir les unités des indicateurs est indispensable à leur quantification et leur standardisation par la suite. Ces unités peuvent être soit ordinaires, soit cardinales.

La partie suivante du chapitre se consacre à l’organisation des indicateurs dans une logique globale par pondération des indicateurs sélectionnés selon leurs influences sur l’exposition de la ville. C’est-à-dire que nous allons nous focaliser sur la manière dont chacune des quatre dimensions de la vulnérabilité globale étudiées vont modifier la vulnérabilité en la prévenant et diminuant ou en la provoquant et renforçant. Nous allons aussi agréger les grilles d’indicateurs dans des indices synthétiques et un indice global représentatifs de la vulnérabilité. A ce sujet, l’agrégation permettra la spatialisation des grilles d’indicateurs en attribuant à chacun une valeur applicable sur le terrain.

I.

EVALUATION DES INDICATEURS : DES VALEURS QUANTIFIABLES DE LA VULNERABILITE

Cette étape du traitement des indicateurs représente l’étape de l’appréciation de ces derniers. Donc, afin de passer des indicateurs de vulnérabilité non mesurables vers des indicateurs de vulnérabilité mesurables, nous allons procéder par : quantification, standardisation, notation et pondération et agrégation des grilles des indicateurs obtenues jusqu’à maintenant.

Le choix d’une des méthodes d’évaluation repose sur l’adaptabilité de la méthode aux données à la disposition du chercheur, mais aussi, à la simplicité de la méthode, à son efficacité reconnue, à la clarté de ses résultats, au temps nécessaire à sa mise au point, et aux objectifs de l’évaluation. L’utilisation d’une seule méthode d’évaluation est rare et le choix tombe souvent sur la combinaison de deux méthodes ou plus ([Pictet 1996](#)).

Au cours de ce chapitre, nous allons appliquer des méthodes d’analyse statistique et d’analyse multicritères de données, en plus de l’utilisation d’un outil SIG pour la visualisation des données.

I.1. Définition de l'échelle de travail : l'échelle locale favorisée

L’échelle peut être de type macro, moyen ou micro. Elle peut être géographique : grand, moyen ou petit bassin versant, sous-bassin versant, une rivière, ou un talweg, ... etc. Elle peut être administrative : une région, une ou un ensemble de communes, une agglomération, un îlot ou un quartier.

Etudier un grand nombre d’indicateurs qualitatifs, quantitatifs et semi-quantitatifs, signifie la réunion d’une multitude d’échelles géographiques, administratives et temporelles. Comme constaté sur les grilles d’indicateurs performants sélectionnées, ces derniers ne se présentent pas sous échelles homogènes. 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.

La bibliographie, comme Robinson et Carson, (2016) nous enseigne que la meilleure échelle à utiliser dans les études spatiales est l’échelle locale ([Robinson et Carson, 2016](#)). Le choix de

l’échelle locale du secteur urbain est basé sur l’utilité de cette échelle, ainsi que sur sa maniabilité. Cette échelle est utile car elle permet de réunir facilement les informations voulues par l’analyse et d’atteindre les objectifs tracés. Elle est l’échelle adaptée aux acteurs locaux, car elle donne des résultats sur les territoires restreints de leur juridiction. 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 tirées de la carte topographique ou de la carte géologique, qui sont toutes les deux des cartes régionales donnent toutes les données nécessaires sur la pente et la géologie à l’échelle de la zone d’étude. Les données sur les précipitations sont disponibles via deux stations météorologiques en fonction dans la zone d’étude. Dans ce cas, nous n’avons pas eu besoin de diminuer l’échelle. Dans le cas de l’aléa écologique, les composants paysagers qui nous concernent, sont les corridors rivulaires, et c’est l’échelle retenue pour cet aléa.

Les données d’enjeux recueillies par la bibliographie aussi à des échelles différentes 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 où certains quartiers sont considérés comme plus exposés que d’autres pour l’aléa inondation, à cause de leurs caractéristiques du bâti ou à cause de l’historique de l’aléa. L’enjeu des pertes économiques est considéré à l’échelle de l’unité industrielle, comme à l’échelle de la commune dans le cas des pertes qui touchent la ville. L’enjeu corporel est à l’échelle individuelle ou zonale et communautaire. Par exemple : certaines données peuvent avancer que les communautés occupantes des quartiers anarchiques sont plus exposées, et d’autres font une fixation sur l’état ou l’âge de l’individu. Dans ce cas, nous avons standardisé l’échelle en la ramenant à celle du secteur urbain qui regroupe un ensemble de deux à trois quartiers.

Les données de la gestion sont issues de données empiriques du terrain. Elles dépendent des gestionnaires qui ont participé aux enquêtes, ou plus correctement des tutelles de ces gestionnaires. Si les gestionnaires sollicités travaillent tous sur le territoire de la ville de Bejaia, ils ne répondent pas tous à une même échelle. Certains indicateurs liés à la législation sont à une échelle nationale, d’autres à une échelle régionale (wilaya) ou locale (la commune). Pour remédier à la situation, nous avons encore considéré l’échelle du secteur urbain, mais lorsque l’échelle ne peut être changée, nous avons procédé autrement, en éliminant l’indicateur lors de l’étape de la cartographie.¹

De même que pour la gestion, les représentations sont réunies auprès des acteurs urbains experts et profanes. L’échelle dans ce cas est en premier lieu à une échelle humaine de l’individu ou à une échelle communautaire et de groupe de personnes. Néanmoins et pour faciliter le travail et rapprocher l’échelle des trois autres dimensions, et pour souci de conserver la micro-échelle, nous avons encore ramené les indicateurs à l’échelle du secteur urbain.

Le choix de ces deux échelles « Secteur urbain et sous-bassin-versant » en même temps, facilite le travail sur les indicateurs car ces deux échelles coïncident dans leurs limites géographiques. Les limites naturelles des corridors des rivières « sous-bassins-versants » correspondent aux limites administratives et spatiales des secteurs urbains. Ainsi, c’est l’approche multiscalaire qui permet d’intégrer plusieurs échelles en même temps qui est privilégiée ici ([Paus, 2003](#)).

Tableau III.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 : espaces bâtis	ex : Unité d’habitation	Locale : zone urbaine (ensemble de quartiers)
	Enjeux structurels : espaces non bâtis	ex : Ilot ou espace de surface et fonction définis	
Socio-économique	Enjeux économiques	Agglomération ; zone	
	Perceptions	Individus, communauté	
Gestion	Législation	Nationale ; régionale ; locale	
	Urbanisation		

Source – Auteure, 2023

¹ Nous allons mieux expliquer ceci dans les étapes qui suivent.

I.2. Définition des unités des indicateurs : la nature qualitative, quantitative ou semi qualitative des indicateurs

Cette étape vise globalement à éliminer les différences qu'il y a entre les types des indicateurs qui touchent à la nature de leurs unités respectives. Nos grilles d’indicateurs auxquels nous sommes arrivés lors du chapitre précédent sont des indicateurs performants pour décrire des opinions sur la vulnérabilité, mais ils restent des indicateurs à l'état brut. Ces indicateurs sont à l'état brut, car ce sont des indicateurs de natures, de types, et d'unités différentes. Certains indicateurs sont de nature qualitative « ex : *occupation du sol* », d'autres, quantitative « ex : *densité des habitants* » et d'autres, semi-quantitative « ex : *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* ».

Pour rendre ces indicateurs mesurables, nous aurons besoin de réduire ces différences. Pour parvenir à mesurer tous ces éléments complètement différents les uns des autres, nous ne pouvons que de leur attribuer des valeurs comparables.

Ceci va servir d'unifier leur nature « quantitative – qualitative – semi-quantitative », pour la spatialisation des indicateurs par la suite. Sans la définition d'unités nous ne pourrons pas appliquer les indicateurs à un espace géographique.

Les données sans unités sont valorisées d'autres manières. Nous attribuons des unités significatives pour le contexte précis de la recherche et pour les objectifs souhaités. En connaissant les unités de mesure des indicateurs nous pouvons les quantifier et évaluer leurs valeurs par la suite.

I.2.1. Unités des indicateurs d'aléas :

Les indicateurs d'aléas sont des indicateurs naturels déjà existants dans la littérature, et donc avec des unités bien connues et identiques pour toutes les régions du monde.

Tableau III.8.2 – Unités de mesure des indicateurs d’aléas

Indicateur	Désignation	Unité de mesure
Aléa inondation		
Pente	IndAlé1	°
Précipitations	IndAlé2	mm
Submersion marine	IndAlé3	m
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, 2023

I.2.2. Unités des indicateurs d’enjeux :

A noter que pour mesurer les indicateurs d’enjeux, nous avons dû prendre en considération les secteurs de la ville, comme on en avait fait la répartition dans la ([Figure II.6.](#)).

Pour certains indicateurs, l’importance de l’indicateur peut être supérieur à un autre. Par exemple : l’indicateur IndEnj3, la gare routière reçoit plus de voyageurs par jour que la gare ferroviaire ou encore les stations de bus. Dans ce cas, le secteur urbain où est située la gare routière serait compté comme plus exposé que celui qui compte la gare ferroviaire ou l’aéroport. Les stations de taxi et de bus viennent en troisième position. La logique est la même pour les « infrastructures essentielles ». Les hôpitaux et les casernes de pompiers ont l’importance la plus élevée, les centres de soins une importance moyenne pendant que les postes de police ou de gendarmerie ont une importance faible. Ceci signifie que la zone qui contient un hôpital ou une caserne de pompiers a une représentation plus forte.

Certains indicateurs sont cumulés ensemble. Par exemple, l’indicateur « Réseaux d’énergies (électricité et gaz, oléoduc et gazoduc) », « Réseaux des communications (téléphonie/internet) » et celui « Les réseaux de transport », sont tous agrées dans l’indicateur

des « VRD ». Nous avons pris comme unité de mesure « le nombre des infrastructures et leur importance ». Ceci signifie que ces indicateurs seront comptés une seule fois.

Tableau III.8.3 – Unités de mesure des indicateurs d’enjeux

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 transite (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, 2023

Pour les enjeux des eaux, nous avons agrégés les deux indicateurs de « Réseaux d’eau (assainissement et AEP) » et celui « Infrastructures de gestion des eaux ». Dans ce cas encore, l’indicateur sera pris en compte une seule fois.

Les enjeux des activités récréatives et paysagistes sont mesurés par la distance vis-à-vis du cours d’eau, c’est pourquoi, cette distance est prise une seule fois aussi.

Les enjeux en perte économique sont agrégés selon les trois périodes d’un phénomène dangereux, à savoir : avant, pendant et après le risque. Ceci pour éviter des prises en compte répétitives des indicateurs d’une même unité de mesure. D’autre part, cette agrégation facilite la mesure de ces indicateurs. Sachant que l’agrégation ici est faite en comptant la somme des indicateurs et non en remplaçant des indicateurs par un seul.

A partir de l’enjeu IndEnj11, l’unité de mesure se trouve en rapport avec tous les pertes financières des enjeux précédents. Dans ce cas, mesurer ces enjeux revient à mesurer toutes les valeurs des enjeux précédents. La corrélation dans ce cas entre les enjeux de 1 jusqu’à 10, et les enjeux de 11 jusqu’à 13 est positive. L’unité de mesure retenue est la somme des valeurs des indicateurs de 1 à 10. Dans ce cas, nous sommes aussi face à une répétition, les trois derniers indicateurs ne donnent pas forcément de nouvelles informations sur la vulnérabilité spatiale. Ce qu’ils font c’est la monétarisation des enjeux, et ce n’est pas notre objectif ici. C’est pourquoi, ces indicateurs ne seront pas utilisés dans les étapes suivantes qui cherchent à quantifier et à spatialiser la vulnérabilité.

Tableau III.8.3 – Unités de mesure des indicateurs d’enjeux ([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 IndEnj 10
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, 2023

Tableau III.8.3 – Unités de mesure des indicateurs d’enjeux ([Suite ...](#))

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	Milliard
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, 2023

Les enjeux causés lors des phénomènes de risques, diverses d'un aléa à un autre. C'est le cas pour l'aléa sanitaire qui ne provoque pas toujours les mêmes enjeux que les aléas d'inondations et d'érosions. Certains enjeux pris en compte pour les aléas inondations et érosions, ne le sont pas ici, et pour d'autres, nous avons dû modifier ou changer l'unité de mesure. D'autres sont restés les mêmes.

Les enjeux « des résidents » sont aussi pris en compte dans le cas de l'aléa sanitaire, mais l'unité de mesure a changé. Les personnes vulnérables dans ce cas sont celles « proches d'une source de danger ».

L'aléa écologique ne touche pas forcément les résidents, du moins, pas de manière directe. Ces effets directs sur les humains se limitent aux enjeux récréatifs et paysagistes. Dans le cas de cet aléa, les éléments environnementaux naturels des systèmes hydrologiques et hydrographiques sont les principaux enjeux.

Tableau III.8.3 – Unités de mesure des indicateurs d'enjeux (Suite ...)

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	Milliard
Coûts de la recherche scientifique	IndAlé4	
Coûts de protection, de prévention, de maintenance et de sensibilisation	IndAlé5	
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, 2023

Les indicateurs « Coûts de réparation des dommages après le risque » et « Coûts de restauration des milieux naturels (cours d’eau) » seront agrégés dans le seul indicateur « Coûts de restauration des milieux naturels (cours d’eau) » ceci est dû au fait que les dommages après le risque se limitent aux dégradations écologiques qui touchent le milieu naturel. Ce qui signifie que la restauration de ces derniers est une réparation des dommages survenus après le risque.

L’unité « Distance d’un cours d’eau » diffère d’un aléa à un autre, pour les aléas inondations et érosion, la source de danger est le cours d’eau. Pour l’aléa sanitaire, la source de danger n’est pas forcément un cours d’eau, mais la présence d’eau stagnante à la surface ou présence de sites humides pollués. Pour l’aléa écologique la source de danger est une source de pollution qui peut atteindre le cours d’eau. Par exemple : une décharge non contrôlée. La distance du cours d’eau à prendre en considération change avec l’aléa.

I.2.3. Unités de mesure des indicateurs de gestion :

Lors des travaux sur le terrain, nous avons constaté que la gestion est la même pour tous les types d’aléas. Nous pouvons parler d’une gestion standard pour tous les phénomènes de risque. Ce qui diffère se sont les moyens financiers de la gestion, le temps consacré à chaque aléa, ou les techniques utilisées et qui sont adaptées à chaque aléa. Ces caractéristiques techniques et financières spécifiques à chaque aléa sont prises en charge dans les indicateurs des enjeux et non dans ceux de la gestion.

Tableau III.8.4 – Unités de mesure des indicateurs de gestion

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, éparses
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
Combattez légalement les rejets sauvages des déchets	IndGes6	Nombre des plaintes enregistrées contre les rejets
Etat des cours d’eau	IndGes7	L’état des berges

Source – Auteure, 2023

Pour les unités des indicateurs de gestion, nous allons faire la répartition entre deux types d’indicateurs de gestion. Ceux que nous pouvons spatialiser et d’autres que nous ne pouvons pas spatialiser à l’échelle retenue dans ce travail. Les indicateurs que nous pouvons spatialiser sont ceux dont l’échelle peut être ramené dans l’échelle locale et les indicateurs dont la plus petite échelle est celle de l’agglomération entière, voire plus ; ne vont pas être mesurés dans ce travail.

Les indicateurs mesurables sont les indicateurs : « IndGes1 » jusqu’à « IndGes7 », comme dans le tableau suivant. Pour ces indicateurs, nous avons pu choisir des unités de mesures possibles à appliquer sur le terrain, ce qui signifie que ces indicateurs seront retenus lors des prochaines étapes d’évaluation de la vulnérabilité.

Tableau III.8.4 – Unités de mesure des indicateurs de gestion ([Suite...](#))

Gestion des Aléas : inondation – érosion – sanitaire – écologique		
Indicateur	Désignation	Unité de mesure
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	Le déclenchement et application des plans ORSEC fait appel à la présence de compétences humaines, techniques, financières et d’organisation. Sur le terrain, il faut entre autres une infrastructure de déplacements de qualité, en plus de caractéristiques urbanistiques aux normes.
Mettre en place des plans ORSEC (commune, wilaya) spécifiques à chaque aléa	IndGes11	
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	
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, 2023

Il est important de préciser et insister sur le fait que ces indicateurs influent largement sur l’exposition urbaine face aux différents phénomènes de risques, mais que leur influence est indirecte et non directe. Ces indicateurs influent sur les personnes particulières et non sur les espaces. La spatialisation géographique de ces personnes est difficile à réaliser dans notre contexte d’étude, car leur distribution dans la zone d’étude ne prend pas en compte le côté spatiale du territoire.

Ces indicateurs restent très utiles pour évaluer la vulnérabilité sous autres formes d’étude. Le traitement avec ces indicateurs sera de ne pas les impliquer dans les prochaines étapes d’évaluation de la vulnérabilité, non pas parce qu’ils n’influent pas sur cette dernière, mais parce qu’ils leur spatialisation dans le présent contexte n’est pas possible.

I.2.4. Unités de mesure des indicateurs des représentations :

La spatialisation des indicateurs des représentations est obtenue en utilisant deux types d’unités de mesure. Le premier type étant des unités déjà utilisées pour d’autres types d’indicateurs comme la densité, ou la typologie du tissu que nous pouvons facilement identifier sur le terrain.

Tableau III.8.5 – Unités de mesures des indicateurs des représentations

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. Pourcentage des répondants
Bonne utilisation de l’espace	IndRep7	

Source – Auteure, 2023

Le deuxième type d’unités sont des pourcentages des populations dans chacun des secteurs de la ville. Ces pourcentages, nous les avons fixés suite au travail d’enquête par questionnaire effectuée et exposée dans le chapitre précédent.

Tableau III.8.5 – Unités de mesure des indicateurs des représentations ([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, 2023

Les représentations de l’aléa écologique conservent les mêmes unités de mesure pour le reste des aléas. Certains indicateurs sont les mêmes pour tous les indicateurs. Si nous avons séparé le tableau des indicateurs de l’aléa écologique, c’est uniquement pour y insérer certains indicateurs propres à cet aléa.

Tableau III.8.5 – Unités de mesure des indicateurs des représentations ([Suite ...](#))

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	Habitant/Km ²
Densité du bâti	IndRep11	Bâtiment/Km ²

Source – Auteure, 2023

I.3. Quantification et classement des indicateurs de vulnérabilité :

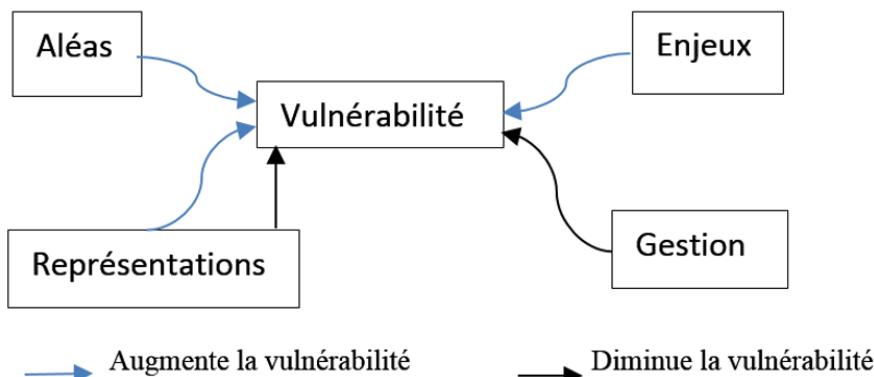
Avant de passer à la quantification des indicateurs en leur attribuant des valeurs mesurables. Nous allons d’abords commencer par faire une appréciation de la vulnérabilité et de ses quatre dimensions. Nous allons classer les indicateurs de ces dimensions en cinq « *Très fort, fort, moyen, faible, très faible* » ou trois « *Très fort à fort, moyen, faible à très faible* » classes qui

représentent chacune à l’intensité d’influence de l’indicateur sur la vulnérabilité. L’appréciation est importante et complémentaire pour la standardisation, où chaque valeur donnée à un indicateur va correspondre à un niveau d’appréciation de l’indicateur en lui-même et de la vulnérabilité.

I.3.1. Appréciation des grilles d’indicateurs :

Nous constatons une différence d’influence que provoque chacune des dimensions de la vulnérabilité et donc des indicateurs qui les composent aussi. Les indicateurs d’aléas ont tendance à augmenter la vulnérabilité. De même pour les indicateurs des enjeux. Les indicateurs de gestion sont sensés diminuer la vulnérabilité ; lorsque la gestion est adéquate, elle diminue la vulnérabilité, donc l’influence de la gestion est à double sens. Il en est de même pour les indicateurs des représentations.

Schéma III.8.1 – Modèle d’évaluation de la vulnérabilité globale et systémique



Source – D’après Quillet et al., 2019

Pour ces différences d’influences sur la vulnérabilité, l’appréciation de celle-ci est différente pour les quatre grilles d’indicateurs. Nous partons selon la logique suivante :

- 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.

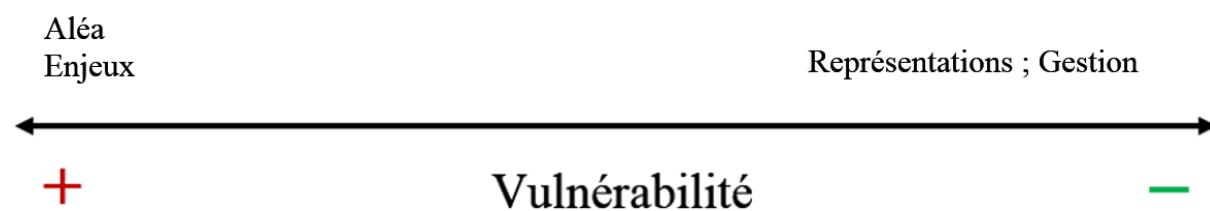
Ici, « *Très faible ou faible* », signifie que l’état de l’indicateur n’augmente pas la vulnérabilité aux risques hydrologiques terrestres, moyen signifie que l’état de l’indicateur peut légèrement augmenter la vulnérabilité aux risques hydrologiques terrestres, et « *Forte ou très forte* », signifie 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 III.8.2 – Appréciation des grilles d’indicateurs et de la vulnérabilité



Source – Auteure, 2023

I.3.2. Quantification des indicateurs

Cette étape est une continuation de l’étape précédente qui a identifié les unités de mesures. Nous allons quantifier les valeurs des indicateurs chacun selon son unité de mesure.

Les indicateurs d’aléas

Evaluer les indicateurs d’aléas en lien avec les cours d’eau, implique un traitement unique à chaque aléa. En continuité de ce que nous avons fait lors des étapes de la construction des grilles d’indicateurs, nous allons évaluer ces dernières chacune séparément. Cette séparation est visiblement indispensable, car les indicateurs de chacun des aléas sont différents les uns des autres. Donc, nous avons prédefinis quatre grilles d’indicateurs d’aléas, c’est-à-dire, une grille pour chaque type d’aléa. ([Tab.6](#)) :

- L’aléa inondations : la vulnérabilité augmente avec l’augmentation de la pente, de la hauteur de submersion, de la houle et de la remontée des eaux souterraines.
- L’aléa érosion : la vulnérabilité augmente avec l’augmentation des quantités des précipitations et de l’intensité de la pente. Elle augmente lorsque la nature du sol ou l’occupation des berges, sont favorables aux glissements.
- L’aléa sanitaire : Plus les températures et l’humidité sont élevées « + 40°C et + mm », l’aléa est fort ou très fort. Plus la température et l’humidité diminuent « - 5°C et - mm », l’aléa diminue. Au contraire, plus la distance séparant la source d’infection des enjeux est grande, moins la vulnérabilité est importante.
- 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. A 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 III.8.6 – Mesure des indicateurs d’aléas

Indicateur	Appréciation de l’aléa				
	Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte
Aléa inondation					
IndAlé1	>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, 2023

Les 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.

Tableau III.8.7 – Mesure des indicateurs d’enjeux

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					

IndEnj10	>30 m	30 – 20 m	20 – 10 m	10 – 5 m	0 – 5 m

Source – Auteure, 2023

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. Les personnes à l’extérieur des habitations sont plus exposées dans le cas de l’aléa sanitaire provoqué par des insectes volants, car certaines habitations peuvent être équipées de moyens de protection. Dans le cas de l’aléa inondation et érosion, cette distinction n’est pas valable. Par contre, les personnes dans des transports sont plus exposés lors d’inondation ou d’érosion, à cause des difficultés qu’il y a à les secourir.
- Le nombre des constructions et des infrastructures bâties : 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’aléas ou bien lors des différentes dépenses liées 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 augmentent 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.

Pour quantifier les trois indicateurs liés aux coûts de gestion des risques (pendant, avant et après) le phénomène dangereux, 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 1 (Appréciation faible) correspond à la valeur de la somme de tous les indicateurs précédents qui ont une appréciation « faible »
- La zone 1 (Appréciation moyenne) correspond à la valeur de la somme de tous les indicateurs précédents qui ont une appréciation « moyenne »
- La zone 1 (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 se justifie par le fait que les coûts financiers correspondent au taux de présence des enjeux dans un espace, où, plus la présence des enjeux est élevée, plus les coûts de gestion du risque est élevée aussi.

Tableau III.8.7 – Mesure des indicateurs d’enjeux (Suite ...)

Indicateur	Enjeux d’Aléa : inondation – érosion				
	Appréciation de la vulnérabilité	Très faible	Faible	Moyenne	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	IDEML	IDEML	IDEML	IDEML	IDEML
IndEnj13	IDEML	IDEML	IDEML	IDEML	IDEML

Source – Auteure, 2023

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 avec les caractéristiques de l’aléa. Par exemple les indicateurs des coûts économiques ne sont pas considérés de la même manière pour les aléas « érosion et inondation » et pour l’aléa sanitaire. Ceci s’explique par la volonté de simplifier l’obtention des données sur les pertes économiques, car dans le cas des aléas « érosion et inondation » les pertes économiques sont plus importantes et touchent plusieurs domaines et secteurs d’activités, pendant que les pertes économiques lors d’un aléa sanitaire sont limitées.

Tableau III.8.7 – Mesure des indicateurs d’enjeux (Suite ...)

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, 2023

Dans l’aléa écologique, les enjeux sont aussi plus restreints. Nous avons quantifié les pertes financières liées à la gestion des espaces naturels et à leur conservation ou mise en état. Le reste sont des pertes écologiques en faune et flore et non des pertes humaines.

Tableau III.8.7 – Mesure des indicateurs d’enjeux (Suite...)

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	0 milliard	0 – 2 milliards	2 – 5 milliards	5 – 7 milliards	>10 milliards
IndEnj4					
IndEnj5					
IndEnj6					
IndAlé7					
IndEnj8	>30 m	30 – 20 m	20 – 10 m	10 – 5 m	5 – 0 m
IndEnj9					

Source – Auteure, 2023

Les indicateurs de gestion

La gestion des risques est la même pour tous les aléas, comme nous l’avons constaté lors du travail de terrain avec des gestionnaires urbains. Nous avons pu constater que plusieurs services multisectoriels interviennent sur les aléas d’une manière ou du autre. Ce qui diffère c’est le

type, la nature et l’ampleur de l’intervention elle-même, mais les objectifs chez tous les intervenants sont les mêmes, à savoir : réduire la vulnérabilité et l’exposition des enjeux aux risques. Lors du même travail, nous avons aussi constaté la conscience qu’il y a chez les gestionnaires pour la valeur écologique qu’il faut protéger aussi. Donc, tous les phénomènes de risques sont pris en compte lors du traitement avec ces derniers. C’est ce que nous avons constaté en consultant la liste des phénomènes à risque, qui nous a été remise par les services de la protection civile de la ville.

La seule différentiation entre le traitement de chaque secteur avec les phénomènes de risque est liée à l’occurrence du phénomène et aux dégâts humains et matériels qu’ils peut provoquer. Les aléas se produisant chaque saison ou chaque année disposent de programmes d’intervention et de prévention actualisé chaque année ou chaque saison, pendant que pour les autres phénomènes, ils sont actualisés selon leur occurrence d’avènement. 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 avec une occurrence réduite se produit.

Pour ces raisons, nous avons trouvé bon de grouper les indicateurs de gestion dans une même grille pour tous les aléas.

La quantification se base sur l’attribution des caractéristiques « *oui, non* » qui font référence au travail de gestion accompli ou non accompli. C’est-à-dire, si les gestionnaires font le travail x, alors, nous considérons que la vulnérabilité peut être diminuée, mais si au contraire, la tâche n’est pas réalisée, alors la vulnérabilité serait augmentée. Lorsque la tâche est remplie, mais pas appliquée, non normative ou avec des défaillances, alors nous jugeons l’indicateur comme « *partiellement, modérément, occasionnellement appliqué* » et dans ce cas, l’indicateur aggrave moyennement la vulnérabilité.

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 des organismes de gestion et de prise de décision : la wilaya, l’APC, la police, la protection civile,

L’utilisation de ces éléments pour distinguer la gestion des lieux est due à leur influence sur l’intervention sur les espaces et sur leur compréhension. Par exemple, l’intervention sur une zone planifiée, couverte par les plans d’urbanisme et située au chef-lieu de la ville est plus facile et accessible par rapport à une zone non couverte par les plans d’urbanisme, non planifiée et située sur la périphérie de la ville. La proximité des organismes de gestion, est aussi important pour définir les zones les mieux gérées.

Pour les indicateurs quantifiés par la présence d’organismes de différentes fonctions, nous allons étudier les airs d’influence de ces organismes pour pouvoir classifier les zones les plus et les moins vulnérables.

Tableau III.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 éparsé	Périmphérie	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 humaines, techniques, financières, d’organisation et caractéristiques urbanistiques aux normes.	Présence moyenne de compétences humaines, techniques, financières, d’organisation et caractéristiques urbanistiques aux normes.	Présence de compétences humaines, techniques, financières, d’organisation et caractéristiques urbanistiques aux normes.
IndGes11			
IndGes12			
IndGes13			
IndGes14			

Source – Auteure, 2023

Les indicateurs de 10 jusqu’à 14 ne vont pas être utilisés pour l’évaluation de la vulnérabilité de la gestion ou de la vulnérabilité globale, car leur spatialisation nécessite plusieurs types de mesures que nous n’avons disposés à appliquer ici.

Le reste des indicateurs 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 différentiant les secteurs urbains de Bejaia. Dans ce cas encore, cet indicateur peut servir d’évaluer la vulnérabilité dans toute la ville sans différentiation entre les secteurs urbains. C’est-à-dire que si l’enseignement existe dans tous les piliers de l’enseignement national, alors nous pouvons juger la vulnérabilité comme bonne ou très bonne « forte à très forte », si les risques ne sont enseignés que dans certains piliers, par exemple, au primaire ou au lycée, alors la gestion est considérée comme moyenne, mais si le risque n’est pas du tout enseigné alors la gestion est considérée comme faible à très faible sur tout le territoire de la ville.

Tableau III.8.8 – Mesure des indicateurs de gestion ([Suite...](#))

Indicateur	Gestion des Aléas : inondation – érosion – sanitaire – écologique		
	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, 2023

Les indicateurs des représentations

Les représentations de la vulnérabilité aux risques sont les mêmes pour les aléas qui se partagent les mêmes enjeux. Les aléas des inondations, d’érosions et sanitaires sont représentés par une même grille d’indicateurs. Pendant que l’aléa écologique est représenté par une grille à part. Ceci s’explique par le fait que l’aléa écologique n’exposent pas les enjeux humains ou les constructions, c’est pourquoi, la représentation de cet aléa est différente, des aléas inondation, érosion et sanitaire, dont les enjeux principaux sont les humains et leurs constructions.

Comme pour les indicateurs de gestion qui sont des indicateurs moraux et non physiques, la quantification des indicateurs des représentations est faite par « *oui*, *non*, *partiellement* ou *pas tout à fait* ». La vulnérabilité est augmentée par l’indicateur lorsque ce dernier n’est pas confirmé. Lorsque l’indicateur est validé par un « *oui* », il est facteur de diminution de la vulnérabilité. La vulnérabilité est moyenne quand l’indicateur est partiellement validé.

Tableau III.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	<10 %	10 – 25 %	25 – 50 %	Oui	50 – 75 % Oui
IndRep6		Oui			>75 % Oui
IndRep7					
IndRep8					
IndRep9					
IndRep10					
IndRep11					

Source – Auteure, 2023

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 ».

Tableau III.8.9 – Mesure des indicateurs des représentations (Suite ...)

Indicateur	Représentations pour l’aléa écologique				
	Appréciation des représentations				
	Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte
IndRep1	< 10 %	10 – 20 %	20 – 40 %	40 – 60 %	< 60 %
IndRep2					
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, 2023

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 résonnement 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* » ([Keeny et Raiffa, 1976](#)), 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 choisi d'utiliser un intervalle de valeurs dont le minimum est 0 et le maximum est 100. Ce choix n'est pas ultime en lui-même car dans cette méthode d'autres minimum et maximum peuvent être utilisés, par exemple : « 0 et 1 ou 0 et 10 », nous pouvons aussi utiliser des pourcentages de 0 % à 100 %, au lieu de 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.

La notation ou l'attribution des notes aux indicateurs performants, se fait en leur attribuant des valeurs maximales, minimales et moyennes. Nous pouvons diviser les notes en sept, cinq ou trois classes, selon les objectifs de l'étude et la qualité et le type des indicateurs retenus. Faire une pondération en sept ou cinq classes donne des résultats plus précis sur la sensibilité des indicateurs face à la vulnérabilité aux risques hydrologiques terrestres. Par exemple : faire une répartition de la pente en cinq classes (0 – 15 ; 15 – 30 ; 30 – 45 ; 45 – 60 ; >60), ou en trois classes (0 – 25 ; 25 – 45 ; > 60), donne des résultats plus détaillés dans le premier cas. Néanmoins, les résultats sont plus opérationnels dans le deuxième cas. Ajouté à ça, certains

indicateurs qualitatifs et semi qualitatifs sont plus adaptés à une répartition en trois classes, où le résultat peut être bon, moyen ou acceptable et mauvais ou critique.

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 ordinaires toutes composées de chiffres allant de 0 à 100.

Tableau III.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, 2023

Les indicateurs d’enjeux

Dans cette étape nous avons attribué les mêmes scores aux indicateurs peu importe l’aléa, parmi les quatre concernés.

Tableau III.8.11 – Classification et attribution de scores aux indicateurs d’enjeux

Enjeux d’Aléa : inondation – érosion					
Indicateur	Appréciation de la vulnérabilité				
	Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte
IndEnj1	100	70 – 90	50 – 70	25 – 50	< 25

IndEnj2	90	50 – 70	30 – 50	10 – 30	<10
IndEnj3	75	60	45	30	15
IndEnj4	100	75 – 95	50 – 75	25 – 50	< 25
IndEnj5	55	45	35	25	10
IndEnj6	75	55	40	25	15
IndEnj7	70	60	40	20	10
IndEnj8	>60	40 – 60	20 – 40	5 – 20	0 – 5
IndEnj9	>70	40 – 70	10 – 40	5 – 10	0 – 5
IndEnj10	>70	70 – 55	55 – 40	40 – 25	25 – 10
IndEnj11	70	63	47	31	18
IndEnj12	71	64	48	32	19
IndEnj13	75	65	50	33	20

Source – Auteure, 2023

Les indicateurs de gestion

Nous avons fait la même chose pour les grilles d’indicateurs de la gestion. (Tab.12).

Tableau III.8.12 – Classification et attribution de scores aux indicateurs de gestion

<i>Gestion des Aléas : inondation – érosion – sanitaire – écologique</i>				
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, 2023

Les indicateurs des représentations :

Le tableau suivant donne les résultats de l’attribution des scores aux indicateurs des représentations

Tableau III.8.13 – Classification et attribution de scores aux indicateurs des représentations

<i>Représentation pour les aléas : inondation – érosion – sanitaire</i>					
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, 2023

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 action qui fait beaucoup de débat dans la littérature, (Hajkowicz et Prato, 1998 ; Tamiz et al., 1998 ; Bana E Costa et al., 2005), compte plusieurs méthodes celles dites objectives, d’autres directes, qui consistent au classement simple par l’attribution de scores, ou la comparaison successives (Churchman et Ackoff, 1954), et des méthodes indirectes comme la comparaison par paire de la méthode AHP (Saaty, 1977), et MACBETH (Bana e Costa et al., 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)

Etant donné que dans ce cas d’étude, nous considérons que tous les indicateurs ont une importance égale dans l’influence de la vulnérabilité, nous avons choisi la méthode objective

du « *poids moyen* » dite la méthode « *de la moyenne arithmétique* » pour calculer le poids des indicateurs. Cette méthode objective de la pondération multicritères stipule que tous les critères ont la même importance, et donc ils obtiennent le même poids. Ainsi, il suffit de diviser la valeur 1 sur le nombre des indicateurs dans chaque critère :

Tableau III.8.14 – Coefficients de pondération des indicateurs

Critère	Aléa	Enjeux	Gestion	Représentations
Poids d'indicateur	0,20	0,077	0,059	0,077

Source – Auteure, 2023

Pondération des critères

La pondération est faite par propre jugement personnel tiré des informations obtenues lors des entretiens et des enquêtes sur le terrain. Le poids est réparti entre « 1 » pour le poids le moins pesant, et « 4 » représente le poids le plus pesant. Nous avons jugé « *L'aléa* » comme le critère le plus faible qui peut accentuer la vulnérabilité, car ses effets peuvent être maîtrisés par des bonnes méthodes de gestion et par des représentations sociales adéquates. Pour leur importance moyenne dans l'exposition de la ville, nous avons donné la valeur de « 2 » pour chacun des critères des « *Représentations* » et de la « *Gestion* ». Les « *Enjeux* » représentent le critère le plus important parmi les quatre, car ils symbolisent les éléments qui subissent les effets des aléas et ceux de la gestion et des représentations. Les enjeux sont ceux qui nous informent sur le taux de l'exposition de la ville, puisque plus les enjeux sont exposés, plus la ville est exposée, c'est pourquoi, nous lui avons attribué le poids le plus important qui est le « 4 » (Tab.15).

Tableau III.8.15 – Coefficients de pondération des critères

Critère	Aléa	Enjeux	Gestion	Représentations
Poids	1	4	2	2

Source – Auteure, 2023

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 nécessite une grande clarté et une simplicité de réalisation, c’est pourquoi nous avons opté pour la **méthode de la somme pondérée**, qui est une méthode d’agrégation complète et est ; également ; une des méthodes d’agrégation les plus utilisées. C’est une méthode qui est couramment utilisée grâce à sa simplicité, mais elle affiche l’inconvénient de perdre des informations au stade final de l’obtention des résultats (Bouzidi, 2012). Une perte d’informations due à l’utilisation du coefficient de pondération (**IDEM**). Elle consiste à attribuer une note de performance à chaque indicateur (c), qui sera multipliée par un coefficient de pondération (p), la Somme sur (n) indicateurs donne un résultat de performance agrégé, exprimé dans une note 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 :

$$\text{IND. SYN} = \sum(\text{Ind}_{1 \rightarrow n} c * \text{Ind}_{1 \rightarrow n} p) \dots \dots \dots \text{(III.8.2)}$$

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 des indicateurs, le calcul de l’indice globale de la vulnérabilité passe par l’application de la formule numéro (III.8.3) du présent chapitre, après son adaptation au cas présent, nous obtiendrons l’équation suivante :

$$\text{Indice_Glob} = \sum(\text{Crt}_{1 \rightarrow 4} c * \text{Crt}_{1 \rightarrow 4} p) \dots \dots \dots \text{(III.8.3)}$$

Avec :

Indice_Glob = indice global ;

Crt = critère de la vulnérabilité ;

p = poids du critère ;

c = cote correspondante.

I.6. Cartographie des indices de la vulnérabilité globale :

Pour simplifier le travail de cartographie, nous remplacer les valeurs des indicateurs qui vont de 0 à 100 à par des valeurs qui vont de 1 à 5, en tenant compte des cinq classes d’appréciation des indicateurs et de la vulnérabilité. Cette note est croissante et varie entre « 1 » et « 5 ».

- « 5 » signifie que la valeur de l’indicateur est profitable, car elle représente une vulnérabilité entre « très faible à faible » ;
- « 3 » signifie que la valeur de l’indicateur correspond à une vulnérabilité « moyenne » ;
- « 1 » signifie que la valeur de l’indicateur représente une situation de vulnérabilité non souhaitable allons de : « forte à très forte ».

Tableau III.8.16 – Classes des critères (aléas, enjeux, 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

Source – Auteure, 2023

Lorsque l’appréciation de la vulnérabilité est divisée en trois classes dans le cas du critère de la gestion, la notation se fait comme suivant : lorsque l’indicateur est sensé augmenter la vulnérabilité, il obtient la note « 3 », quand ; au contraire, il n’augmente que peu la vulnérabilité, il est noté « 1 ». L’indicateur prend la note « 2 », quand il augmente moyennement la vulnérabilité.

Tableau III.8.17 – Classes du critère (gestion)

Appréciation de la vulnérabilité		
Très faible à faible	Moyenne	Forte à très forte
5	3	1
100 – 70	70 – 40	<40

Source – Auteure, 2023

Etant donné que : la vulnérabilité dans ce travail compte 5 classes. Pour chacun des critères nous obtenons une matrice qui fait la comparaison entre les appréciations de la vulnérabilité et celles 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 III.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, 2023

Tableau III.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, 2023

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 III.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
5 Très fort à fort	Très forte	Forte	Moyenne
4 Moyen	Forte	Moyenne	Faible

Classes de l’indice global	3 Faible à très faible	Moyenne	Faible	Très faible
----------------------------	------------------------	---------	--------	-------------

Source – Auteure, 2023

Cette dernière notation a pour seul objectif de faciliter le travail sur un outil de cartographie, autrement, l’utilisation des valeurs des indices obtenus peut servir tout autant.

I.7. Les outils techniques utilisés :

Pour commencer, nous avons utilisé des équations empiriques qui nous permis de calculer les indices numériques de la vulnérabilité.

Ensuite, un outil SIG, dans ce cas les outils Qgis et ArcGIS vont nous servir d’outils de passage des données numériques aux données cartographiques. Grace à ces outils, nous allons pouvoir donner une dimension spatiale aux données numériques des grilles d’indicateurs.

Le résultat final sera représenté en quatre cartes de vulnérabilité. Autrement dit, une carte pour chacun des critères, à savoir : une carte d’aléa, une carte d’enjeu, une carte de gestion et une carte des représentations.

I.8. Résultats obtenus pour l’aléa inondations

Figure III.8.1 – Carte de l’aléa inondation

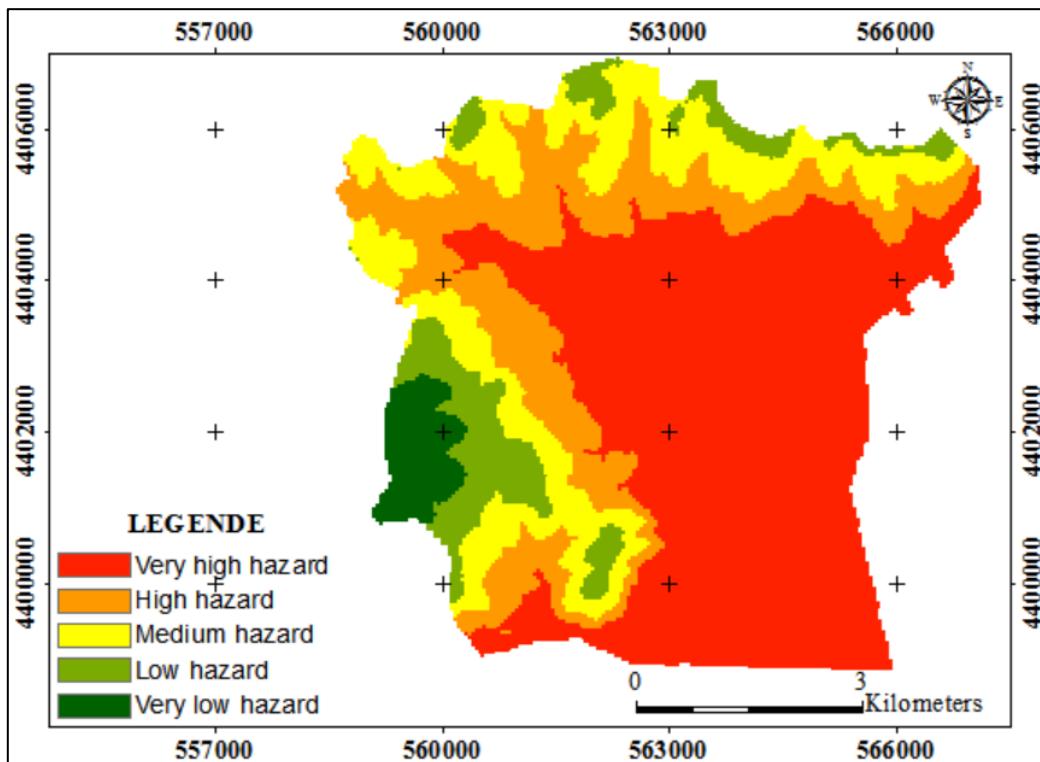
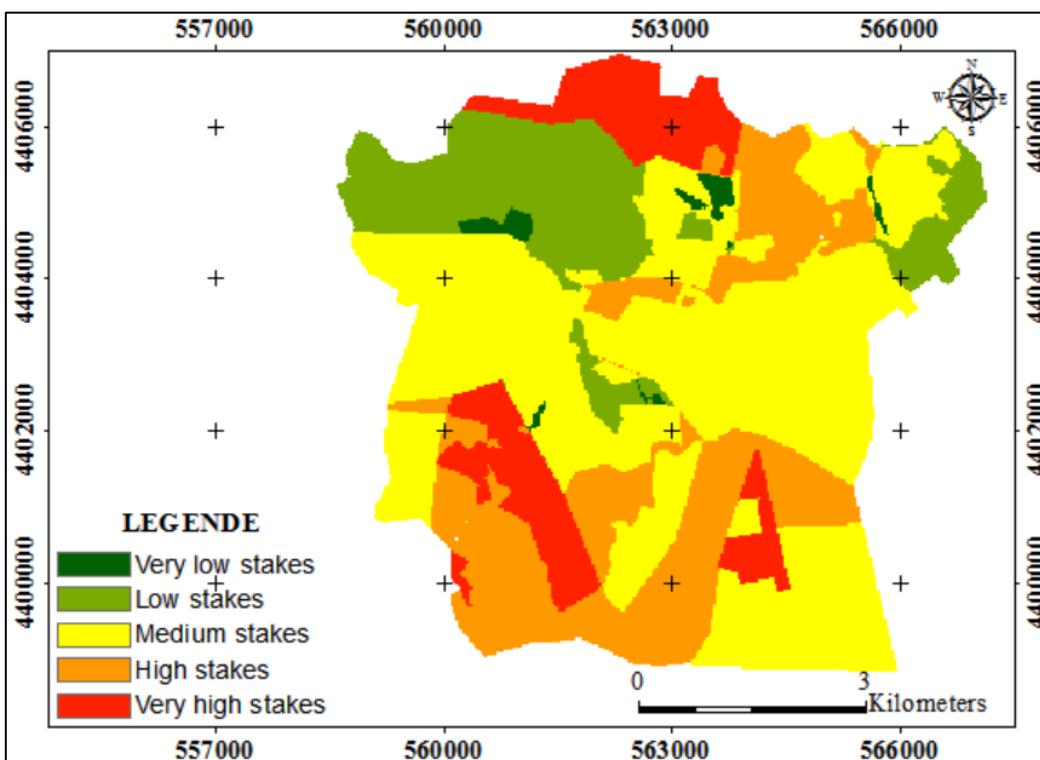


Figure III.8.2 – Carte des enjeux



Source – Auteure, 2024

Figure III.8.3 – Carte des représentations

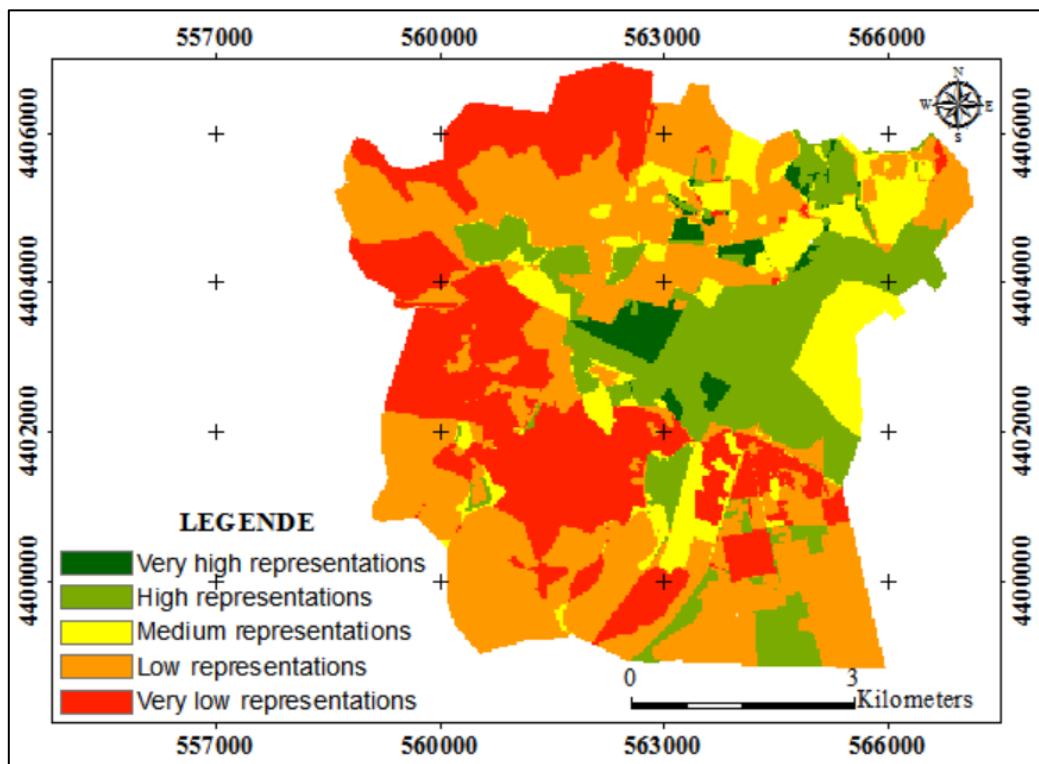
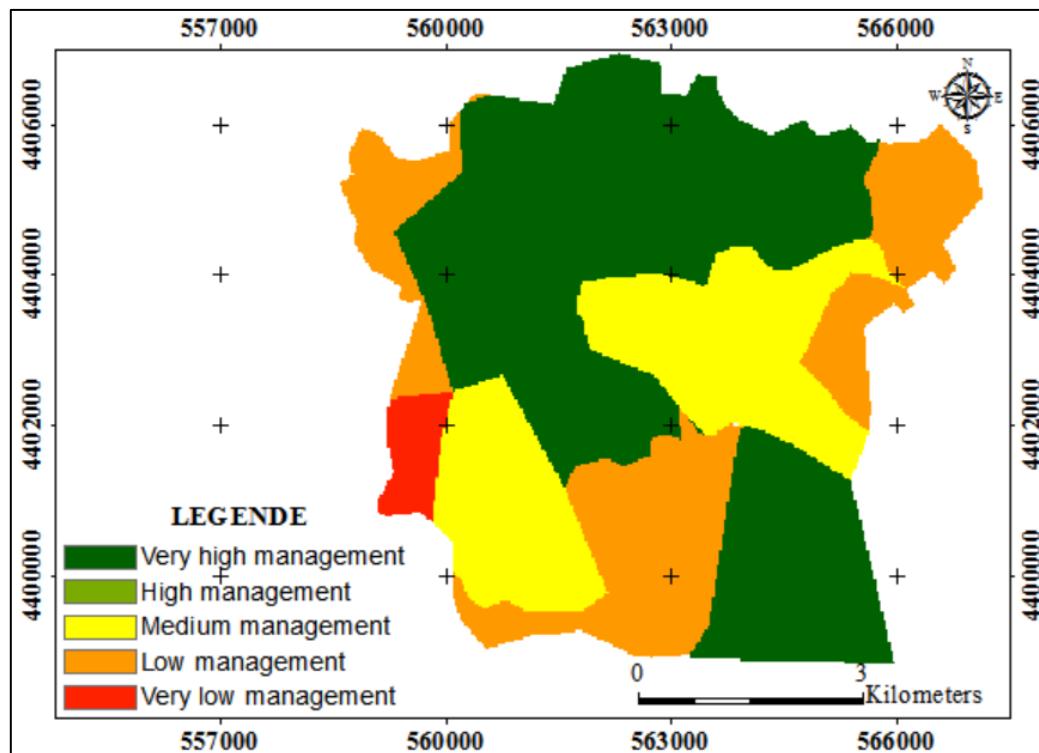
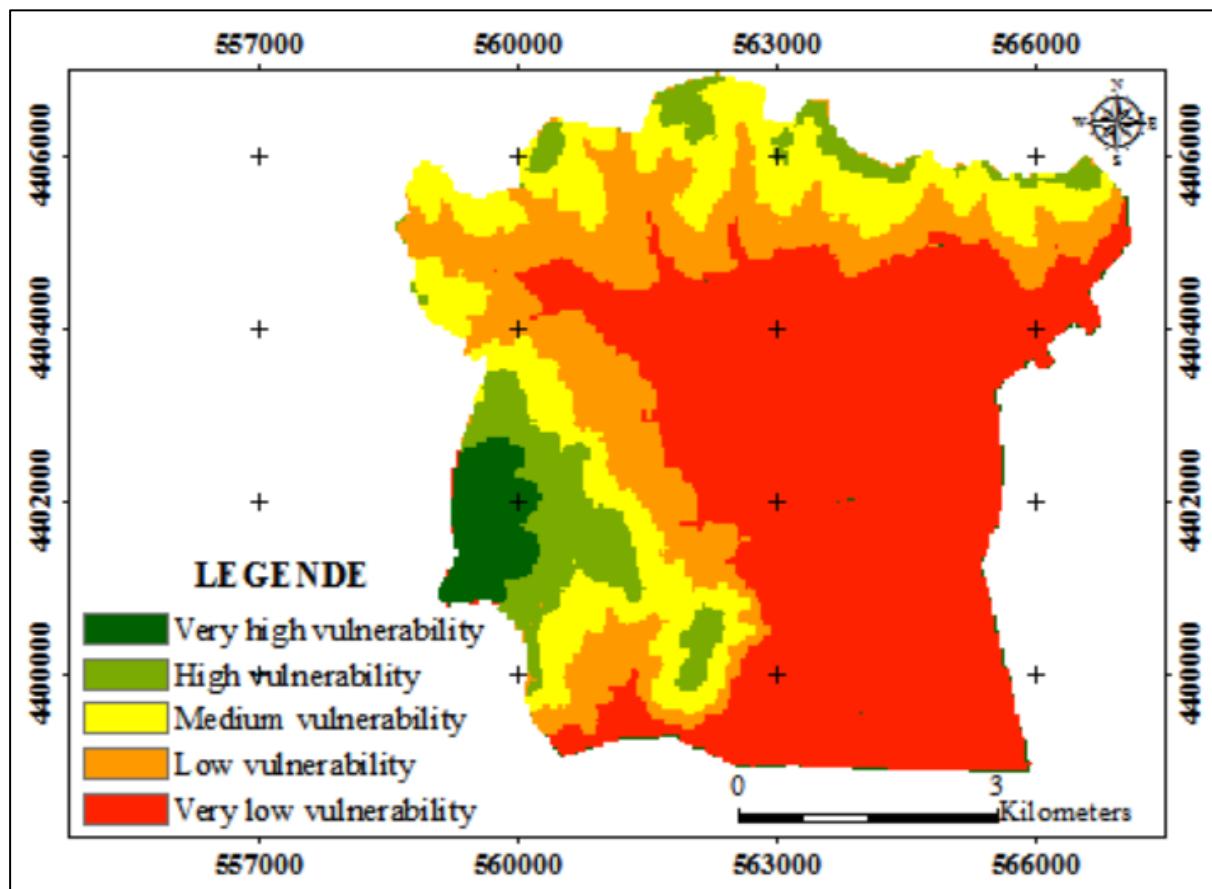


Figure III.8.4 – Carte de la gestion



Source – Auteure, 2024

Figure III.8.5 – Carte de la vulnérabilité globale au risque d’inondation



Source – Auteure, 2024

Conclusion du chapitre

Ce travail nous renseigne sur la vulnérabilité de chacun des critères séparément et sur la vulnérabilité globale qui est obtenue par l’agrégation des quatre critères. Nous sommes arrivés à des conclusions qui mesure la vulnérabilité de chacun des quatre critères retenus.

L’évaluation de l’aléa montre une vulnérabilité dans les secteurs urbains les plus proches des sources d’eau de surface qu’elles soient terrestres ou maritime. 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 zone est définie par la plaine maritime. Dans le cas des secteurs en hauteurs, l’inondation est un aléa presque inexistant. En contrepartie, les hauteurs sont un lieu de présence de l’aléa érosion, toujours lorsque l’eau est présente. Dans ce cas, l’eau peut être de surface ou souterraine. L’aléa sanitaire montre aussi un lien avec les eaux, mais avec une corrélation moins importante que pour l’aléa inondation. Cet aléa est surtout influencé par des facteurs anthropiques et non naturels, et les secteurs les plus exposés sont ceux qui affichent une plus grande densité et qui sont des quartiers anarchiques. L’aléa est écologique est évidemment en rapport spatial directe avec les cours d’eau de surface, puisque ces zones sont les seules prises en compte pour l’étude de l’aléa écologique. Les secteurs les plus exposés à cet aléa sont ceux qui composent la zone industrielle ou ceux à proximité de cette dernière, surtout, lorsqu’il s’agit de quartiers anarchiques et spontanés.

L’évaluation des trois autres critères de la vulnérabilité montrent aussi une corrélation spatiale positive avec les secteurs exposés à chacun des aléas. La concentration des enjeux dans un secteur est directement lié à l’augmentation de la vulnérabilité. 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. Quant aux représentations, nous avons constaté une corrélation positive aussi entre les secteurs géographiques exposés aux différents aléas et le niveau élevé des représentations des profanes.

Au final, l’accumulation des quatre critères donne une carte qui affirme les résultats qui stipulent que l’aléa est la locomotive par laquelle les trois critères (Enjeux, représentations et gestions) se dirigent.

CONCLUSION DE LA TROISIEME PARTIE :

Arriver à définir des indicateurs de la vulnérabilité globale aux risques hydrologiques urbains fait appel à un processus complexe que seul une approche systémique a pu accomplir. 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. 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.

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, mais aussi 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 important des indicateurs en les agrégant dans quatre indices synthétiques représentatifs des quatre composants de la vulnérabilité systémique. Ces indices synthétiques sont agrégés à leur tour pour former un indice global de la vulnérabilité, facilement exploitable. Grace à cette méthode, nous sommes arrivés à bâtir des cartographies couvrant la zone d'étude selon des zones vulnérables et moins vulnérables. L'exploitation de l'indice global de la vulnérabilité, ainsi que des indices synthétiques et des cartographies correspondantes peut servir dans de nombreux domaines et secteurs urbains.

La faiblesse de cette méthode réside dans sa première partie (Chapitre 7) qui est principalement fondée sur une méthode de recherche de données à caractère subjectif. Les entretiens qui découlent d'une méthode qualitative de recherche de données et les questionnaires d'une méthode quantitative sont tous les deux des moyens subjectifs de recherche de données.

Nous avons tenté de remédier à la faiblesse liée à la subjectivité de la méthode, dans la partie suivante (Chapitre 8), lors des étapes d'évaluation des grilles d'indicateurs en utilisant des méthodes statistiques et mathématiques objectives. D'autre part, la faiblesse ici peut aussi être considérée comme une force. La méthode a permis de concevoir la vulnérabilité selon la vision des usagers et des gestionnaires urbains, concernés directement par les phénomènes de risque dans la zone étudiée. C'est une méthode qui est spécifiquement modelée pour servir d'outil de

gestion et d'explication des phénomènes de risques aux experts et aux profanes qui se trouvent sur la zone d'étude. C'est un outil construit par eux et dont les résultats leur sont destinés aussi, ce peu importe leurs domaines d'action.

CONCLUSION GENERALE :

Résultats de la recherche

Travail théorique

La recherche bibliographique a donné lieu à une compréhension globale des concepts et de la terminologie, liés au domaine d'étude. Nous avons aussi fait la lumière sur l'évolution des liens entre le phénomène urbain et les éléments naturels des cours d'eau de surface. L'accumulation de ces deux éléments étant derrière l'apparition des phénomènes de risques hydrologiques terrestres.

Travail analytique et pratique

Ce travail a le mérite d'être un travail complet qui inclut le plus d'informations possibles sur les indicateurs de la vulnérabilité, mais aussi sur les risques et les aléas concernés. Il est aussi, le premier à s'intéresser aux aspects socio-psychologiques et ceux de la gestion dans l'étude des phénomènes de la vulnérabilité aux risques dans notre zone d'étude.

C'est aussi une méthode simple d'utilisation par tous les gestionnaires qui veulent s'en servir pour faire leurs propres évaluations, chacun en fonction de son domaine et ses objectifs. Ils peuvent modifier, ajouter ou soustraire des indicateurs selon leurs objectifs de l'évaluation de la vulnérabilité. Les services de la protection civile, les sociétés d'assurances, les planificateurs urbains peuvent tous se servir de cette méthode à leur guise : la protection civile et les assurances seront plus intéressées par les enjeux, pendant que les services publics vont plutôt se focaliser sur les défaillances de gestion. Les urbanistes et les architectes quant à eux se fixeront sur les enjeux matériels, et en contrepartie, les défenseurs de l'environnement vont se concentrer sur la qualité écologique des milieux naturels des cours d'eau de surface.

Toute cette divergence dans les domaines des intervenants consolide le choix de l'approche systémique, qui est la seule à pouvoir permettre l'identification des cibles sur lesquelles agir (D'Ercole et al., 1995).

Limites méthodologiques :

Enquêtes par entretiens et par questionnaires :

Basés sur les opinions personnelles et les jugements humains qu'ils soient experts ou profanes, l'utilisation des entretiens et questionnaires pour l'obtention d'informations se heurte à la nature subjective des données recueillies. Ajouté à leur subjectivité, les données obtenues de ces méthodes peuvent être faussées de plusieurs manières liées à la personnalité du répondant et à ses conditions au moment de répondre au questionnaire. Certains répondants préfèrent ne pas dire ce qu'ils pensent réellement, mais donnent l'information que le chercheur veut entendre, ou alors ce que la plupart de ces concitoyens répondraient.

D'autre part, un expert ou un profane donne sa réponse en rapport avec ses connaissances du moment qui sont susceptibles de changer dans une période de temps très limitée et qui peut se limiter à quelques jours.

Utilisation des indicateurs

L'étude par indicateurs affiche de nombreuses limites en rapport avec la qualité des résultats, qu'avec la difficulté du processus. Passer du concept de la vulnérabilité globale à des grilles d'indicateurs représentatifs présente des limites sur plusieurs points.

Tous d'abord, la réalité est caractérisée par sa complexité spatiale, sociale, urbanistique et naturelle. Contenir cette complexité dans un nombre définit d'indicateurs, ne la reflète pas aussi fidèlement que voulu, puisque ceci conduit à une perte d'informations ([Gallopin, 1997](#)).

Ensuite, les données fournies par les indicateurs sont soumises à la dynamique du territoire concerné. Ceci nécessite l'actualisation périodique des données et rend l'obtention de ces dernières, difficile et couteux en matière de ressources humaines et de temps. Les résultats dépendent des données offertes par les indicateurs utilisés. Dans le cas de modification des indicateurs, les résultats seront modifiés en conséquence.

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.

Finalement, arriver à des indicateurs acceptables et compréhensibles par tout le monde, montre des défis de taille, néanmoins, lorsque c'est fait, ces indicateurs peuvent servir d'outil de connexion entre les différents acteurs qui ont contribué à leur obtention.

Perspectives d'avenir

Dans ce travail nous n'avons pas pris en compte les indicateurs extérieurs du système étudié et qui peuvent influencer la vulnérabilité globale. Ces indicateurs représentent des composantes anthropiques ou naturelles extérieures au système, mais influentes sur ce dernier. La prise en compte de ces éléments aurait pu modifier les résultats obtenus, ce qui montre l'importance de leur insertion à l'avenir.

Schéma 1 – Eléments extérieurs au système qui influent sur son fonctionnement et sa structure

Le trafic	La gestion	Le socio-dimographique
<ul style="list-style-type: none">• Les routes nationales• Les équipements de mobilité vers et à l'extérieur de la ville (gare routière, gare ferroviaire, port, aéroport)	<ul style="list-style-type: none">• Règlementation nationale• Règlementation régionale	<ul style="list-style-type: none">• Les populations visiteuses non résidentes de la ville (touristes, étudiants, travailleurs)

Source – Auteure, 2024

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES

- Bairoch Paul** (1985). De Jéricho à mexico : villes et économie, Gallimard, France,
- Cote Marc** (1998). L'Algérie ou l'espace retourné, Ed. Géographes. Flammarion.
- Duby George** (1981). Histoire de la France urbaine, Paris, Seuil,
- El-bakrī (1992)**. Kitāb al-masālik wa-l-mamālik. Éd. Van Leeuwen, Adrian et al., Tunis : dār al-arabiyya li-l-kitāb, 2 vol.
- Feraud Laurant-Charles** (2001). Histoire de bougie, paris, Bouchène, 192 pages.
- Gaid Mouloud** (1976). Histoire de Bejaïa et de sa région depuis l'antiquité jusqu'à 1954, édition Mimouni, 2ème édition, Alger 1991.
- Haddadou Mohand-Akli** (2012). Dictionnaire toponymique et historique de l'Algérie. Editions achab. Tizi ouzou.
- Hough Michael** (1995). cities and natural process. New york, routledge.
- Ibn Khaldoun** (2000). Al-Ibar. Éd. Šahāda, ḥalīl & al., damas : dār al-fikr, 8 vol.
- Ibn Khaldoun** (1986). Peuples et nations du monde, trad. Cheddadi, Sinbad, Alger, pp 443,444.
- Ibn ḥawqal** (1938- 1939). Ṣūrat al-ard. Éd. Kramers, Johannes Hendrik, Leyde : brill, 2 vol.
- Lavedan Pierre** (1936). Géographie des villes, librairie Gallimard, paris,
- Le Corbusier : Jeanneret-Gris e., 1933**, la charte d'Athènes, Edition de 1943, paris, Plon, rééditée en 1957 par les éditions de minuit.
- Merlin P., Choay F. (1988)**. Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement » dépôt légal _ 1^{re} édition 1988, 1^{re} édition « quadrigé » 2005. © puf.
- Mumford Lewis** (1961). La cité à travers l'histoire, seuil, paris.
- Pumain, Paquot, Kleinschmager** (2006). Dictionnaire de la ville et l'urbain, Economica,
- Ramade, f. (1984)**. Eléments d'écologie, écologie fondamentale. Paris : Mc-Graw-Hill
- Saidouni Mouaouia** (2000). Éléments d'introduction à l'urbanisme, histoire, méthodologie, réglementation, Alger, casbah, 2000, 271 pages

ARTICLES ET THESES

A.

Agharmiou-Rahmoun Naima (2013). La planification urbaine à travers les PDAU-POS et la problématique de la croissance et de l'interaction villes/villages en Algérie. Référence empirique de la wilaya de Tizi-Ouzou. Thèse de doctorat. Université de Tizi-Ouzou.

Ait Aoudia Meriem (2006). Structuration des données pertinentes pour un SIG outil d'aide à la décision appliquée à la politique de zones d'activités durables ». Ecole polytechnique d'architecture et d'urbanisme (EPAU).

Alloui-Ami-Moussa Linda (2012). Le développement du tourisme balnéaire en Algérie dans un contexte d'aménagement touristique et de développement durable. Cas du littoral de la wilaya de Bejaïa. Thèse de doctorat en géographie et aménagement du territoire. Université des sciences et de la technologie d'Alger.

Angerville Ruth (2009). Evaluation des risques éco-toxicologiques liés au déversement de rejets urbains par temps de pluie (RUTP) dans les cours d'eau : application à une ville française et à une ville haïtienne. Chimie. INSA de Lyon, 2009. Français.

Aouni Mehenna (2014). Centralités urbaines et développement touristique à Bejaïa (Algérie). Thèse de doctorat. Université de Reims Champagne-Ardenne.

Arreghini Louis et Mazurek Hubert (----). Territoire, risque et mondialisation. Quelques réflexions à partir du cas des pays andins, p. 240 à 258.

Audet lise (2013). Modélisation de la qualité de l'eau de la rivière Cau au Viêtnam. Mémoire de master. Université du Québec.

B.

Badache Halima (2014). L'espace public entre conception et usage : cas des jardins publics de Biskra », mémoire de magister. Université de

Barattucci Chiara (2014). Urbanisation et risques naturels : le cas de la Vénétie », métro politiques, 26 mars 2014. URL : <http://www.metropolitiques.eu/urbanisation-et-risques-naturels.html>.

Belkhiri Aimadedine (2009). Essai d'analyse de la dynamique urbaine - cas de la ville de Bejaïa – défis et perspectives. Mémoire de magister. Université de Bejaïa.

Benazzouz Karima (2009). Sauvegarde du patrimoine culturel dans le contexte du développement durable : cas d'étude de la ville de Bejaïa. Mémoire de magister en architecture. Université de Tizi-Ouzou.

Bouaifel Kahina (2010). Etude pour la sauvegarde et la mise en valeur des éléments patrimoniaux du paysage urbain de la vieille ville de Bejaïa. Mémoire de magister. Université de Tizi-Ouzou.

- Bouder Abdelmadjid et Tacherift Abdelmalek (2007).** L'industrialisation de la Kabylie : l'émergence d'une vocation. Sciences & technologie d – n°25, juin (2007), pp.91-96
- Balde C. P., Forti V., Gray V., Kuehr R., Stegmann P. (2017).** Suivi des déchets d'équipements électriques et électroniques à l'échelle mondiale, université des nations unies (UNU), union internationale des télécommunications (UIT) & association internationale des déchets solides (ISWA), Bonn/Genève/vienne.
- Barles Sabine (2007).** Le métabolisme parisien aujourd'hui, les annales de la recherche urbaine n°103, 0180-930-x, pp.64-72 © MEDAD, PUCA
- Barraud Régis, Constantin Olivier, Charruaud Guillaume, Charrier Antoine (2009).** Restauration écologique et paysagère des rivières à seuils : contexte social et culturel – retour d'expériences (bassins de la sèvre nantaise et du Thouet, ouest de la France). Ingénieries n° spécial 2009 – p. 17 à 30.
- Bekdache Mebarek et Mohammedi Amar (2015).** Evaluation de la gestion des déchets ménagers et assimilés au niveau de la commune de Tizi-Ouzou. Mémoire de master de l'université de Tizi-Ouzou.
- Belaid Nabil (2010).** Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax : salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques. Doctorat en cotutelle de l'université de Sfax et de l'université de Limoges.
- Beranger S., Blanchard F., Archambault A., Allier D. (2006).** Utilisation des outils d'aide à la décision dans la gestion des mégasites. Rapport brgm rc/rp-55223-fr.
- Berthier Thierry (2015).** Projections algorithmiques et villes ubiquitaires. Chaire de cybersécurité & cyberdéfense saint-cyr thales sogeti - juillet 2015 – article i.3
- Bertolini Gérard (2004).** Approche socio-économique des déchets. Techniques de l'ingénieur. Revue
- Bouali Karima (2014).** L'urbanisme durable ; un impératif de la ville contemporaine « cas de la ville de Blida », mémoire de magister de l'université d'Oum-el-Bouaghi.
- Bourdoui Amal Hassan et Benichou Anass Abdellatif (2017).** Cogestion des ressources en eau cas de la ville de Marrakech ». International journal of environment & water ISSN 2052-3408. Vol 6, issue 3, 2017 ; p. 20 à 33.
- Bretagnolle Anne, Pumain Denise, Vacchiani-Marcuzzo Céline (2007).** Les formes des systèmes de villes dans le monde. Mattei m.-f., Pumain d. Données urbaines, 5, antrhopos-economica, pp.301-314, 2007, villes. <halshs-00150065>

C.

Campan Laurence, Darribere Céline, Loubiere Bernard, Sivom Région Mulhousienne (2014). Une stratégie intégrée de gestion des eaux urbaines : un enjeu fondamental pour les acteurs des territoires ». Conférence « gestion intégrée de l'eau dans la ville - OMEGA – outil méthodologique d'aide à la gestion des eaux urbaines » ANR, Graie – Lyon.

Carre Catherine, Chouli Eleni et Deroubaix José Frédéric (2006). Les recompositions territoriales de l'action publique à l'aune de la proximité. Le cas de la gestion des eaux de pluie en ville. Développement durable et territoires [en ligne], dossier 7 | 2006, mis en ligne le 09 novembre 2010, consulté le 01 mai 2019. Url : <http://journals.openedition.org/developpementdurable/2674;> doi:10.4000/developpementdurable.2674

Chandesris André, Malavoi Jean-René, Souchon Yves, Wasson Jean-Gabriel, Mengin Nicolas (2007). Le système relationnel d'audit de l'hydromorphologie des cours d'eau (syrahce) : outil multi-échelle d'aide à la décision pour la gestion des cours d'eau. P. 195 à 199. Actes du colloque : « la gestion physique des cours d'eau : bilan d'une décennie d'ingénierie écologique ». Namur 10, 11 et 12 octobre 2007.

Charrais Julien, Detry Patricia, Da Costa Pascal, Malavoi Jean Rene, Heri Andriamahefa (2014). Le label « rivières sauvages » un nouvel outil de conservation des cours d'eau d'exception. Article.

Chebbo Ghassan, Ruban Véronique, Gasperi Johnny, Bertrand-Krajewskin Jean-Luc (2015). Les pollutions transférées et leurs impacts. Caractérisation, sources et flux, impact sur le milieu » vers ne politique de gestion intégrée des eaux pluviales : les éclairages de la recherche. Séminaire scientifique organisé dans le cadre de la mission d'expertise de la politique de gestion des eaux pluviales. Conseil général de l'environnement et du développement durable, en partenariat avec les observatoires en hydrologie urbaine. France.

Cherqui Fréderic (2014). Pourquoi OMEGA ? Quel contexte, quels objectifs ? » conférence « gestion intégrée de l'eau dans la ville - OMEGA – outil méthodologique d'aide à la gestion des eaux urbaines » ANR, Graie – Lyon.

Chiron thomas (2007). Quelle gestion durable des ressources en eau et du risque de pénurie sur les petites îles ? géographie. Université de bretagne occidentale - Brest, 2007. Français. Tel-00281315

Christensen, T.H., Kjeldsen, P., Bjerg, P.L., Jensen, D.L., Christensen, J.B., Baun, A., Albrechtsen, H.-J., Heron, G. (2001). Biogeochemistry of landfill leachate plumes, applied geochemistry 16, 659-718

Cikankowitz A., Raymond G., Piatyszek E., Laforest V. (2009). Evaluation et intégration de la sensibilité intrinsèque des milieux récepteurs dans une méthodologie d'évaluation des performances environnementales » déchets - revue francophone d'écologie industrielle - n° 55 – 3ème trimestre 2009 –

Cisse-Faye Seynabou, Wade Souléye, Niane Mamadou, Gaye Cheikh Bécaye, Faye Serigne, Faye Abdoulaye, Gaye Malick, Diouf Ousmane Coly, Diedhiou Mathias, Dieng Ndèye Magatte, Sow Nafy Racine, Kaba Mariama (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. Maîtrise des eaux pluviales et des rejets unitaires dans les espaces urbanisés de la région de Dakar, Sénégal. Rapport technique final projet CRDI 103589-001 UCAD/UQAM.

Cote Marc (1991). Béjaïa, in Gabriel camps (dir.), 9 | Baal – Ben Yasla, Aix-en-Provence, Edi. Sud (« volumes », no 9), 1991 [en ligne], mis en ligne le 01 avril 2013, consulté le 19 avril 2019. Url : http://journals.openedition.org/encyclopedie_berbere/1507

D.

Dacharry Monique (1993). Conceptions évolutives de l'eau dans la ville. In : hommes et terres du nord, numéro hors-série 1993. Environnement urbain. p. 53-57; Doi : <https://doi.org/10.3406/htn.1993.2393> https://www.persee.fr/doc/htn_0018-439x_1993_hos_1_1_2393.

Deutsch Jean-Claude ; Gautheron Isabelle (2013). Eaux pour la ville, eaux des villes, Eugène Belgrand XIXe – XXIe siècle, presses des ponts, paris,

Djermoune Hocine, Filah Mohend Mostefa (2018). Le dispositif d'approvisionnement en eau de la colonie romaine de *saldae* (actuelle ville de Bejaïa) de la fin du 1er siècle Avant à la fin du 2ème après. عدد / مجلد / مجلة الدراسات الأثرية 16: 2018/01. Doi:16/ijo:01 /2018. Issn: 1111-7699, p. 297 – 328. [le dispositif d'approvisionnement en eau de la colonie romaine de saldae (actuelle ville de bejaia) de la fin du 1er siècle avant à la fin du 2ème après.]

Delfau Emma (2005). Périurbanisation et environnement : quels impacts réciproques et quels enjeux pour l'aménagement du territoire ? rapport de thèse professionnelle- ENGREF-septembre.

Deshayes Steven (2015). Identification des sources de phtalates et d'alkyl phénols (polluants émergents) en milieu urbain et compréhension des processus d'élimination. Hydrologie ». Université paris-est, 2015 français. Nnt : 2015pesc1148. Tel-01300742.

De Coulanges Fustel (1929). La cité antique, librairies hachette, (© 1864)

Dicks Henry (2015). Penser le nouveau paradigme de l'hydrologie urbaine : biomimétisme, éco-phénoménologie, et gestion intégrée ». Article paru dans « la houille blanche », n° 5, 2015, p. 92-98. Doi 10.1051/lhb/20150060. Consultable sur : <http://www.shf-lhb.org> ou : <http://dx.doi.org/10.1051/lhb/20150060>

Dourlens Christine ; Vidal-Naquet Pierre-Alain (1992). La ville au risque de l'eau, la sécurité dans les secteurs de la distribution de l'eau et de l'assainissement pluvial, (Ed) harmattan, logiques sociales, paris,

Dournel Sylvain (2010). L'eau, miroir de la ville : contribution à l'étude de la requalification urbaine des milieux fluviaux et humides (bassin parisien, amiens, orléans). ». Géographie. Université d'Orléans, 2010. Français. Tel-00925925

Dournel Sylvain & Sajaloli Bertrand (2012). Les milieux fluviaux et humides en ville, du déni à la reconnaissance de paysages urbains historiques ». Urban history review / revue d'histoire urbaine, 41 (1), 5–21. <Https://doi.org/10.7202/1013761ar>. [1013761.pdf]

E.

Emelianoff Cyria. L'écologie urbaine entre science et urbanisme. In: quaderni, n°43, hiver 2000-2001. Écologie urbaine. Pp. 85-99. Doi : 10.3406/quad.2000.1474 http://www.persee.fr/doc/quad_0987-1381_2000_num_43_1_1474

E.b. et M. Dahmani (2004). Kabylie : géographie, in Salem Chaker (dir.), 26 | judaïsme – Kabylie, Aix-en-Provence, Edi. Sud (« volumes », no 26) , 2004 [en ligne], mis en ligne le 01 juin 2011, consulté le 30 avril 2019. Url : <http://journals.openedition.org/encyclopedieberbere/1395>. [encyclopedieberbere-1395.pdf]

F.

Fontaine Jacques (1985). Trame villageoise traditionnelle et réseau urbain moderne. In: espace géographique, tome 14, n°4, 1985. Pp. 258-270; Doi : <https://doi.org/10.3406/spgeo.1985.4057>. Https://www.persee.fr/doc/spgeo_0046_2497_1985_num_14_4_4057.

G.

- Gendreau Francis (ed.), Gubry Patrick (ed.), Veron J., Keyfitz N. (pref.) (1996).** Populations et environnement dans les pays du sud. Paris (fra) ; Paris : Karthala ; CEPED, p. 308 (économie et développement). ISBN 2-86537-670-2.
- George et Verger (1970).** Dictionnaire de la géographie », dépôt légal _ 1^{re} édition 1970, 1^{re} édition « quadrige » 2004. 8^e édition mise à jour. © puf.
- Gerard pierre (2007).** La directive-cadre eau (dce) et la qualité hydromorphologique des cours d'eau wallons ». P. 3 à 6. Actes du colloque : « la gestion physique des cours d'eau : bilan d'une décennie d'ingénierie écologique ». Namur 10, 11 et 12 octobre 2007.
- Germaine Marie-Anne (2012).** Dépasser l'enjeu piscicole, vers la définition d'une gestion concertée du cours d'eau et de ses berges. L'exemple de la vallée de la touques (calvados) » article en « géo-carrefour ».
- Germaine Marie-Anne, Barraud Regis (2013).** Les rivières de l'ouest de la France sont-elles seulement des infrastructures naturelles ? Les modèles de gestion à l'épreuve de la directive-cadre sur l'eau ». Natures sciences sociétés, 21, 373-384 (2013) © nss-dialogues, edp sciences 2014. DOI : 10.1051/nss/2014003. Disponible en ligne sur : www.nss-journal.org
- Granger D., Caradot N., Cherqui F. Et Chocat B. (2010).** Comment gérer durablement un système de gestion_des eaux urbaines ?_How to support sustainable urban water management strategies ? » novatech.
- Granger Damien (2009).** Méthodologie d'aide à la gestion durable des eaux urbaines », thèse de doctorat de l'institut national des sciences appliquées de Lyon. N° d'ordre : 2009isal0068
- Granger D. (2014).** OMEGA : une méthodologie pour la gestion intégrée des eaux urbaines. Conférence « gestion intégrée de l'eau dans la ville - OMEGA – outil méthodologique d'aide à la gestion des eaux urbaines » anr, Graie – Lyon.
- Granger Damien (2014).** Les nuisances : évaluer les risques de nuisance liés au système de gestion des eaux urbaines ». Conférence « gestion intégrée de l'eau dans la ville - OMEGA – outil méthodologique d'aide à la gestion des eaux urbaines » anr, Graie – Lyon.
- Grisey Elise (2013).** Impact de l'évolution des déchets d'une installation de stockage de déchets non dangereux sur l'environnement ». Thèse de doctorat de l'université de Franche-Comté
- Gueye Moustapha Kamal (2017).** Des emplois verts pour atteindre l'Odd 8 en Afrique – opportunités et perspectives ». P. 11 à 20. L'économie verte au service du développement durable de l'Afrique. Revue l'Afrique durable 2030 - n°3 - 1/2017.

H.

Hammadi Younes (2011). Cartographie géotechnique des risques de glissements (CRG) et des risques d'inondations (CRI) de la ville de Bejaïa. Mémoire de magister. Université de Bejaïa.

Harpet Cyrille (2016). Position et projet scientifiques. Justice environnementale et santé publique. Publics, milieux et territoires urbains. Architecture, aménagement de l'espace. Université Jean Moulin Lyon 3. Tel-01723990

Holota Bernadeta (2016). Comment caractériser un cours d'eau urbain ? Etude de l'impact de l'urbanisation sur les cours d'eau franciliens. Sciences de l'environnement. Hal 02604870

Hatik Christelle (2015). Proposition de scénarios de gestion raisonnée des déchets en vue de leur valorisation énergétique ». Thèse de doctorat en environnement et génie urbain. Université de la réunion

Hecq Benoît, Rollin Xavier (2007). Etude de la qualité hydromorphologique de la rivière eau d'heure avec QUALPHY ». P. 201 à 208. Actes du colloque : « la gestion physique des cours d'eau : bilan d'une décennie d'ingénierie écologique ». Namur 10, 11 et 12 octobre 2007.

Henniche Redouane (2010). Essai d'évaluation de la collecte sélective des déchets en Algérie : cas du recyclage dans la commune de Bejaïa. Diplôme de magister en sciences économiques. Université de Bejaïa.

Hervochon F., Chapon P.M, Leclainche J.C., Gilbert P., Vienne L., Vigneron T., Leroy R. (2006). Du concept de "bon état écologique" de la directive cadre sur l'eau à l'application dans les opérations de restauration et d'entretien de rivières". Adaptation de la méthode du réseau d'évaluation des habitats (reh) à l'étude préalable au contrat de restauration et d'entretien (cre) de la rivière l'Arz dans le Morbihan.

I.

Idirene Hakim (2005). Inscriptions inédites de l'antique Saldae (Bejaia, ex-Bougie). In: antiquités africaines, 38-39,2002. Pp. 423-430; doi : <https://doi.org/10.3406/antaf.2002.1380>; https://www.persee.fr/doc/antaf_0066-4871_2002_num_38_1_1380

Idt Joel, Pellegrino Margot, Baudry Sarah (2016). Les acteurs publics face aux phénomènes de densification spontanée : une comparaison franco-italienne. Rapport final de recherche – lab'urba, université paris est marne la vallée.

Ivanovsky Anastasia (2016). Ouvrages d'assainissement des eaux et qualité du milieu récepteur en zone urbaine : cas de rejets dans la marque à Villeneuve d'Ascq ». Chimie analytique. Université lille1 - sciences et technologies, 2016. Français. Tel-01581755

K.

Kedjar Malia (2014). Approche économique et spatiale du système de villes en Algérie : atouts et limites. Mémoire de magister. Université de Bejaïa.

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. Thèse de doctorat. École polytechnique fédérale de Lausanne.

Korichi Amina (2011). La sauvegarde et la réutilisation des monuments du système défensif de la ville de Bejaïa. Mémoire de magister. Université de Tizi-Ouzou.

Kennedy, C.A., Cuddihy J. et Engel Yan, J. (2007). The changing metabolism of cities. journal of industrial ecology.

Keyfitz N. (1996). International migration and urbanization. In b. Colombo, P. Demeny & m. F. Perutz (eds.), *resources and population*, (pp. 269-285). Oxford : clarendon press.

Kherbache nabil (2014). La problématique de l'eau en Algérie : enjeux et contraintes ». Mémoire de magistère. Université de Bejaïa.

Kple Melhyas (2015). Etude des voies de valorisation des déchets ménagers au Benin. Cas de la ville d'Abomey Calavi ». Thèse de doctorat de l'université d'Abomey Calavi et de l'université de lorraine

L.

Laporte J.-P. (2004). Kabylie : la Kabylie antique. Encyclopédie berbère [en ligne], 26 | 2004, document k06, mis en ligne le 01 juin 2011, consulté le 14 décembre 2020. Url : <http://journals.openedition.org/encyclopedieberbere/1400> ; doi : <https://doi.org/10.4000/encyclopedieberbere.1400/>

Le Ha Phong (2016). Les enjeux territoriaux contemporains de l'endiguement en milieu urbain : l'évolution des rives du fleuve rouge à Hanoï. Architecture, aménagement de l'espace. Université de Lyon, 2016. Français. Nnt : 2016lysei124. Tel-01791541

Lin Chuan Hua (2011). Le rôle du fleuve dans le processus de l'urbanisation : étude des villes fluviales en chine. Architecture, aménagement de l'espace. Université paris-est, 2011. Français. Nnt : 2011pest1145. Tel-00836501

Le Jalle Christophe (2013). La gestion des eaux pluviales (gep) en milieu urbain dans les pays en développement. Etat des lieux et pistes de réflexions pour un futur programme de recherche action, ps-eau.

Liu Haoyang (2016). L'urbanisation de l'est de la chine : entre mégalopolisation et métropolisation », thèse de doctorat de l'université de Paris-Saclay.

Lobet Jérôme, Rosillon Francis (2007). L'observatoire du paysage : compte-rendu de l'expérience menée par le contrat de rivière Semois Semoy ». P. 229 à 233. Actes du colloque : « la gestion physique des cours d'eau : bilan d'une décennie d'ingénierie écologique ». Namur 10, 11 et 12 octobre 2007.

Locatelli Manon (2014). L'eau et le risque : une nouvelle approche pour vivre les territoires. Sciences de l'homme et société. 2014. <dumas-01113102>

Love, D., Van Der Zaag, P., Uhlenbrook, S. et Owen, R. (2011). A water balance modelling approach to optimising the use of water resources in ephemeral sand rivers. River research and applications, vol. 27, n° 7, p. 908–925. Doi.org/10.1002/rra.1408

M.

Malavoi Jean-René et Adam Philippe (2007). Les interventions humaines et leurs impacts hydromorphologiques sur les cours d'eau. Ingénieurs n° 50, p. 35 à 48. Juin 2007.

Mardiansjah Fadjar 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 ». Architecture, aménagement de l'espace. Université paris-est, 2013. Français. <nnt : 2013pest1187>. <pastel-00995601>

Maughan Nicolas (2014). Perspectives et limites de l'utilisation du concept de services écosystémiques dans les procédures de restauration écologique des rivières urbaines _ the ecosystem services concept in the procedures for ecological restoration of urban rivers. Perspective and limits.” Colloque international en hommage à Gérard Moguedet. Presses de l'université d'Angers, 2014. P. 63 à 79.

Mazard Jean (1955). Corpus nummorum numidiae mauretaniaeque. (Paris : arts et métiers graphiques, 1955).[le dispositif d'approvisionnement en eau de la colonie romaine de Saldae (actuelle ville de Bejaïa) de la fin du 1er siècle avant à la fin du 2ème après.]

Mebarki Azzedine (2010). La région du Maghreb face à la rareté de l'eau. L'exemple du défi algérien : mobilisation et gestion durable des ressources. 2nd international conference: climate, sustainability and development in semi-arid regions. August 16-20, 2010, Fortaleza - Ceará, Brazil.

Messaoudi Taous, Mazouz Said, Fritsch Bernard (2017). Study of the historical urban evolution of Bejaïa city (a Mediterranean city in north Algeria). American scientific research journal for engineering, technology, and sciences (asrjets) issn (print) 2313-4410, issn (online)

2313-4402 © global society of scientific research and researchers <http://asrjetsjournal.org/>; p. 305-315 [3318-article texte-10655-1-10-20171108.pdf]

Moggridge H.L., Hill M.J. & Wood P.J. (2014). Urban aquatic ecosystems: the good, the bad and the ugly. *Fundamental and applied limnology*, 185 (1), pp. 1 - 6

Mersel Hanane et Ouarmim Yasmina (2013). Abondance et répartition des débris plastiques au niveau des plages de Bejaïa. Mémoire de master ii. Université de Bejaïa.

Messaoudi Jugurtha, Messadi Radia et Mekki Oussama (2017). L'impact de l'urbanisation sur la mobilité urbaine (cas de la ville de Bejaïa). Mémoire de master. Université de Bejaïa.

Macary Francis (2013). Evaluation des risques de contamination des eaux de surface sur des bassins versants agricoles. Approches multiscalaires par modélisation spatiale et analyse multicritère pour l'aide à la décision », thèse de doctorat de l'université de Toulouse.

Malavoi Jean-René, Adam Philippe (2007). La restauration hydromorphologique des cours d'eau : concepts et exemples en France. P. 27 à 49. Actes du colloque : « la gestion physique des cours d'eau : bilan d'une décennie d'ingénierie écologique ». Namur 10, 11 et 12 octobre 2007.

Manirakiza Vincent (2015). La problématique de l'urbanisation spontanée face à la modernisation de la ville de Kigali (Rwanda) », thèse de doctorat de l'université catholique de Louvain.

Mitroi Veronica, Deroubaix José-Frédéric, Vinçon-Leite Brigitte, Catherine Arnaud, Maleval Véronique, Humbert Jean-François (2016). Evaluation de la qualité des plans d'eau urbains et périurbains : apport des approches transdisciplinaires et régionalisées ». *Natures sciences sociétés*, 24, 203-216 (2016) © nss-dialogues, edp sciences 2016. Doi : [10.1051/nss/2016032](https://doi.org/10.1051/nss/2016032). Disponible en ligne sur : www.nss-journal.org

Moriconi-Ebrard François, Chatel Cathy (2013). Le bouleversement de la hiérarchie des grandes agglomérations du monde, questions internationales, la documentation française, les villes mondialisées. <hal-01714828>

N.

Nedelcu Mihaela, Hainard François, Guex Dominique, Gobat Jean-Michel (2007). Fonctions multiples, contraintes multiples : les défis du nouveau paradigme de gestion des zones alluviales suisses. *Natures sciences sociétés* 15, n°1, 3-12.

Nezla Mohamed (2012). Essai d'analyse de la dynamique d'occupation des espaces, cas de la vallée de la Soummam. Mémoire de magister. Université de Bejaïa.

Nez Héloïse (2012). Les savoirs citoyens dans l'urbanisme participatif : regards croisés sur les expériences de paris et Cordoue ». Droit et gestion des collectivités territoriales. Tome 32, 2012. Transports et politiques locales de déplacement. Pp. 801-811 ; doi : <https://doi.org/10.3406/coloc.2012.2384>

https://www.persee.fr/doc/coloc_2111-8779_2012_num_32_1_2384

O.

Ourahmoun Lyes (2015). Contribution au dimensionnement de la station d'épuration des eaux usées Oued Falli, commune et daïra de Tizi-Ouzou », mémoire de master, université de Bejaïa.

P.

Provitolo Damienne (2007). Vulnérabilité aux inondations méditerranéennes en milieu urbain : une nouvelle démarche géographique. Annales de géographie 2007/1 n° 653 | pages 23 à 40 issn 0003-4010 isbn 9782200923129 [https://www.cairn.info/revue-annales-de-geographie-2007-1-page-23.htm\[ag_653_0023.pdf\]](https://www.cairn.info/revue-annales-de-geographie-2007-1-page-23.htm[ag_653_0023.pdf])

Pueyo Angel, Climent Eugenio, Ollero Alfredo, Pellicer Francisco, Peña-Monne José Luis & Sebastian María (2017). L'interaction entre Saragosse et ses cours d'eau : évolution, conflits et perspectives. The interaction between Zaragoza and its rivers: evolution, conflicts and perspectives. Sud-ouest européen [en ligne], 44 | 2017, mis en ligne le 17 juillet 2018, consulté le 09 juillet 2019. Url : <http://journals.openedition.org/soe/3040> ; Doi : 10.4000/soe.3040

Pierdet Céline (2007). For a control of the urbanisation of embankmentsin river towns of southeast Asia. Living capital: sustaining diversity in southeast Asian cities, Jan. 2007, phnom penh, Cambodia. halshs-00344950 [pierdet_paper07.pdf]

Paquot Thierry (2013). Urbanisme, urbanologie, études urbaines : l'improbable classification ». C.n.r.s. Editions | « hermès, la revue » 2013/3 n° 67 | pages 95 à 100. Issn 0767-9513. Isbn 9782271079664. Article disponible en ligne à l'adresse : <https://www.cairn.info/revue-hermes-la-revue-2013-3-page-95.htm>

Philippart Jean-Claude (2007). Biodiversité et caractéristiques physiques des cours d'eau. P. 17 à 26. Actes du colloque : « la gestion physique des cours d'eau : bilan d'une décennie d'ingénierie écologique ». Namur 10, 11 et 12 octobre 2007.

Pierrette M., Heitz C., Barbier R., Daniel F.-J. (2017). L'intention comportementale dans les pratiques ménagères : faire soi-même son produit ménager pour moins polluer _ behavioral

intention in household practices : making one's own cleaning product to limit pollution » société française de psychologie. Publié par elsevier masson sas.
<Https://doi.org/10.1016/j.prps.2017.03.002> 1269-1763/© 2017.

Pinson Daniel (2004). Environnement et urbanisation ». Hervé Domenach, Michel Picouet. Environnement et populations : la durabilité en question, l'harmattan, p. 32-51, 2004, environnement, nature, écologie, 2-7475-6008-2. <<http://www.editions-harmattan.fr>>. <hal-01121523>

R.

Rebotier Julien (2012). Une approche territoriale des risques », *géographie et cultures* [en ligne], 81 | 2012, mis en ligne le 25 février 2013, consulté le 20 avril 2019. Url : <http://journals.openedition.org/gc/176> ; Doi : 10.4000/gc.176

Rifai Nabil, Khattabi Abdellatif et Rhazi Laila (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 / journal of water science, 27 (1), 57–69.
<Https://doi.org/10.7202/1021982ar>

Riviere-Honegger Anne, Cottet Marylise et Morandi Bertrand (2015). Connaître les perceptions et les représentations : quels apports pour la gestion des milieux aquatiques ? Rivière-Honegger Anne; Cottet Marylise; Morandi Bertrand. France. ONEMA, 2015, comprendre pour agir, 979-10-91047-35-7. <Http://www.onema.fr/perceptions-representations-et-gestion-des-milieux>

Roy, B. (1991). The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods. Theory and decision, 31:49-73.

Richardson, S. J. et Moore, R.D. (2009). Stream and riparian ecology, in compendium of forest hydrology and geomorphology in British Colombia. Victoria : R.G. Pike et al. Editors.

Rojo Gabriel (2009). La gestion dynamique des déchets (GDD) : élaboration d'une approche intégrée d'aide à la décision visant à soutenir une gestion systémique et évolutive des déchets ». Génie des procédés. Ecole nationale supérieure des mines de Saint-Etienne, 2009. Français. Nnt : 2009emse0029 - tel-00772106

Rosillon Francis (2007). Gestion physique concertée des cours d'eau en basse Semois, 10 années d'expérience avec le contrat de rivière. P. 137 à 143. Actes du colloque : « la gestion physique des cours d'eau : bilan d'une décennie d'ingénierie écologique ». Namur 10, 11 et 12 octobre 2007.

S.

Santos Milton (1971). Croissance et urbanisation en Algérie. In: méditerranée, nouvelle série, 2^e année, n°8, 1971. Pp. 731-740; doi : <https://doi.org/10.3406/medit.1971.1403> https://www.persee.fr/doc/medit_0025-8296_1971_num_2_8_1403 [medit_0025-8296-1971_num_]

Saint-Amour, F. (2014). Dynamique hydro géomorphologique des milieux riverains de la rivière boniface, Québec subarctique. Québec : université Laval.],

Senecal Gilles (1996). Champs urbains et développement durable : les approches canadiennes de la ville écologique » natures - sciences - sociétés, 1996, 4 (1)

Siba Amine, Eljaafari Samir, Mokhtari Faouzia (2018). Pollution bactérienne et toxique dans les eaux des rejets industriels et domestiques du littoral atlantique (Casablanca est- Maroc). Laboratoire de génétique, ressources et environnement (GRE) faculté des sciences, université moulay Ismail, Zitoune Meknès, Maroc. European scientific journal April 2018 edition vol.14, no.12 issn: 1857 – 7881 (print) e - issn 1857- 7431 Doi : 10.19044/esj. 2018.v14n12p283 url : <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n12p283>

Sinou Alain (1995). Urbanisme et urbanisation pvd/banques de données urbaines », dans collection villes dirigée par : Denise Pumain : « télédétection et systèmes d'information urbains ». Ouvrage publié avec le concours du ministère de la recherche et de la technologie et la société spot image. Diffusion : Economica, 49, rue Héricart - 75015 paris. Imprimé en C.E.E.

Schmitt Laurent, Grosprêtre Loïc, Breil Pascal, Lafont Michel, Vivier Anne, Perrin Jean-François, Namour Philippe, Jezequel Céline, Valette Laurent, Valin Karine, Cordier Raphaëlle, Cottet Marylise (2007). Préconisations de gestion physique de petits hydrosystèmes périurbains : l'exemple du bassin de l'Yzeron (France) ». P. 177 à 185. Actes du colloque : « la gestion physique des cours d'eau : bilan d'une décennie d'ingénierie écologique ». Namur 10, 11 et 12 octobre 2007.

Sotamenou Joël (2017). La gestion des déchets solides en Afrique cinquante ans après les indépendances : bilan et perspectives ». P. 21 à 37. L'économie verte au service du développement durable de l'Afrique. Revue l'Afrique durable 2030 - n°3 - 1/2017.

T.

Thierry P., Lanini S., Baranger Ph., & Kervivane Ch., avec la collaboration de Delpont G., Detrait G., et Pinault J.L. (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. Rapport brgm/rp-51281-fr- 49 p, 16 fig, 5 ann.

V.

Valerian Dominique (2000). Bougie, port maghrébin à la fin du moyen âge (1067-1510). Thèse pour obtenir le grade de docteur de l'université paris 1.

Vigier Laure, Caudron Arnaud (2007). Mise en place de suivis post-travaux : essai d'évaluation des gains biologiques et physiques sur les écosystèmes restaurés ». P. 187 à 194. Actes du colloque : « la gestion physique des cours d'eau : bilan d'une décennie d'ingénierie écologique ». Namur 10, 11 et 12 octobre 2007.

Villeneuve Bertrand (2016). 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. Ecologie, environnement. Université de lorraine, 2016. Français. <nnt : 2016lorr0229>. <tel-01496899>

W.

Wittmer Irene, Moschet Christoph, Simovic Jelena, Singer Heinz, Stamm Christian, Hollender Juliane, Junghans Eawag Marion, centre ECOTOX EAWAG-EPFL; Christian Leu, Ofev (2014). Plus de 100 pesticides dans les cours d'eau : une forte pollution des cours d'eau suisses révélée par le programme Nawa SPE ». Aqua & gas no 11 | 2014, p. 68-79.

Z.

Zedek Sifax (2016). Dynamique de polluants émergents (parabènes, triclosan et triclocarban) dans le continuum eaux grises - milieu récepteur ». Chimie analytique. Université paris-est, 2016. Français. Nnt : 2016pesc1167. Tel-01617500

Zerrouki Mohamed (2012). Simulation du transport et de diffusion de la pollution dans un cours d'eau. Cas du l'oued Mouilleh ». Mémoire de magister

Zeghoud M.S. (2014). Etude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra », mémoire de magistère, université d'el-oued département des sciences et technologie, p 28,37-39.

Zgheib Sally (2009). Flux et sources des polluants prioritaires dans les eaux urbaines en lien avec l'usage du territoire ». Hydrologie. Ecole des ponts ParisTech, 2009. Français. Nnt : 2009enpc0909. Pastel-00554932

RAPPORTS OFFICIELS ET GUIDES

Agence de l'environnement et de la maitrise de l'énergie (2016). Déchets : chiffres clés » édition 2016. Brochure réf. : 8813. Isbn imprimé : 979-10-297-0626-4. Isbn numérique : 979-10-297-0627-1. Dépôt légal : ©ademe éditions, décembre 2016

AGRCQ guide sur la gestion des cours d'eau du Québec (2017). Chapitre 4 - fonctions écologiques des cours d'eau et de leurs bandes riveraines. Guide.

APC de Bejaïa (2016). Etude d'aménagement des émissaires naturelles et artificiels des eaux pluviales de la ville de Bejaïa, mission a : reconnaissance de terrain et collecte des données de base ».

APC de Bejaïa (2015). Étude d'aménagement des émissaires naturelles et artificiels des eaux pluviales de la ville de Bejaïa. Mission d. Etude hydraulique. Partie II.

Banque mondiale (2018). What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050.”. Rapport. Rechargeable sur le site : <https://openknowledge.worldbank.org>

C.E.P.R.I. (2015). Rapport comment saisir les opérations de renouvellement urbain pour réduire la vulnérabilité des territoires inondables face au risque d'inondation ? - principes techniques d'aménagement

Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (2015). The Human Cost of Natural Disasters. A Global Perspective. CRED (Édit), p 9-17.

China Institute of City Competitiveness (Hong-Kong) (2017). Collection villes dirigée par Denise Pumain coordonné par Françoise Dureau Christiane weber (1995) : « télédétection et systèmes d'information urbains », ouvrage publié avec le concours du ministère de la recherche et de la technologie et la société spot image anthropos diffusion: Economica, 49, rue Héricart - 75015 paris achevé d'imprimer par û corlet, imprimeur, S.A. 14110 Condé-sur-Noireau (France) n° d'imprimeur: 9706/271 - dépôt légal: septembre 1995 composition-mise en pages: reprotoyp - 14110 Condé-sur-Noireau imprimé en C.E.E.

Commission locale de l'eau du SAGE Rance Fremur baie de Beaussais (2016). Aide à la mise en œuvre du sage rance Fremur baie de Beaussais : eau et urbanisme : les enjeux d'une gestion transversale de l'eau sur les territoires.

Direction de l'assainissement et de la protection de l'environnement (D.A.E.P.) (2016). Guide technique : pour les projets de pose et réhabilitation des réseaux d'assainissement, règles et normes.

Direction de l'urbanisme et de la construction de la wilaya de Bejaïa (2016). Suivi du recensement instruction interministérielle n° 10 du 30/01/2007, arrêté au 26/06/2016.

Journée mondiale de l'environnement perspectives (2018). L'état des plastiques.

GRAIE (1999). La gestion intégrée des rivières. Volume 1/3 : « pour une approche globale ».

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2007). Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des groupes de travail I, II et III au quatrième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, GIEC, Genève, Suisse, 103 p

Institut bruxellois pour la gestion de l'environnement (I.B.G.E.) (2011). Gestion des eaux pluviales—guide pratique pour la conception des espaces publics des quartiers durables.

Ministère de l'environnement du Québec (2004). La gestion intégrée de l'eau par bassins versants, concepts et applications.

Office national d'assainissement (2016). Etude de diagnostic et de réhabilitation des réseaux d'assainissement des villes de Tizi-Ouzou et Bejaïa. Rapport de mission a – sous mission A3. Mise à jour du plan du réseau de la ville de Bejaïa.

ONU-eau (2017). Rapport mondial des nations unies sur la mise en valeur des ressources en eau, rapport publié par l'UNESCO « les eaux usées une ressource inexploitée ».

ONU-eau (2018). Les solutions fondées sur la nature pour la gestion de l'eau ». Rapport mondial des nations unies sur la mise en valeur des ressources en eau.

Programme des nations unies pour le développement (PNUD) (2016). Stratégie à l'appui d'une urbanisation durable, le soutien du PNUD pour des villes durables, inclusives et résilientes dans le monde en développement ».

Ps-Eau (2013). La gestion des eaux pluviales (gep) en milieu urbain dans les pays en développement. Etat des lieux et pistes de réflexions pour un futur programme de recherche action.

République du canton de Genève (2009). Polluants des cours d'eau - le cuivre. Département du territoire. Direction générale de l'eau. Service de l'écologie de l'eau. Rapport.

SDAGE (2016). L'hydromorphologie des lagunes dans le contexte de la directive cadre sur l'eau.

The united nations world water development report (2018). Nature-based solutions for water.

UN-Environnement programme (2018). Emissions GAP report 2018 ». Rapport.

Ville de Shawinigan, services de l'aménagement et de l'environnement (2011). Politique de gestion durable de l'eau.

SITOGRAPHIE

<http://www.gehimab.org/>

<https://www.dknews-dz.com/article/162185-bejaia-les-degats-de-la-pluie.html>

<https://www.aquaportal.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://journals.openedition.org/cybergeo/2614>

<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/>