

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة عبد الحميد ابن باديس مستغانم
Université Abdelhamid Ibn Badis- Mostaganem
كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie
قسم الهندسة المدنية
Département de Génie Civil



N° d'ordre : M...../GC/2022

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTERACADEMIQUE

Filière : Travaux publics

Spécialité : Voies et ouvrages d'arts

Thème

**Vulnérabilité de la commune de Sidi Belattar -W.
Mostaganem- face à l'aléa inondation**

Présenté par:

Mlle. CHERGUIA Zoubida

Mlle. BOUNIF Souad

Soutenu publiquement le 07/07/2022 devant le jury composé de :

Mr. ZELMAT Yassine

MAA

Université de Mostaganem

Président

Mme. HADJIJ Ilhem

MCB

Université de Mostaganem

Examinatrice

Mr. SARDOU Miloud

MCA

Université de Mostaganem

Encadrant

Remerciements

Nous remercions tout d'abord, le Dieu le tout puissant de nous avoir gardé en bonne santé afin de finaliser ce projet de fin d'étude.

Nous remercions très sincèrement à notre promoteur Dr. SARDOU Miloud, pour son aide, conseils et remarques, et qui nous a permis d'accomplir ce modeste travail.

Nous remercions aussi aux membres de jury qui ont accepté d'examiner ce travail.

Nous remercions tous les enseignants au sein de département génie civil qui ont contribué à notre formation.

Nous remercions nos chers parents de nous avoir aidés durant plusieurs années d'études.

Nous remercions tous ceux qui nous ont aidés pour la réalisation de ce travail.

Dédicace

Ce travail est dédié à :

A nous parents qui représentent pour nous l'exemple du courage et de volonté.

A nos familles

A tous nous amis.

A nous enseignants

A toute la promotion Travaux Publics (2021/2022)

Résumé

La problématique des risques naturels en général et des inondations en particulier est un sujet d'actualité qui concerne plusieurs régions du monde entier. En effet, la gestion et l'évaluation des composantes de ce risque deviennent de plus en plus une nécessité qui doit inclure tous les acteurs et tous les moyens possibles. En réalité, le risque d'inondation est le résultat du croisement de deux facteurs : l'aléa représenté par la probabilité d'occurrence du phénomène d'inondation et son intensité, et la vulnérabilité à l'inondation définie par les conséquences prévisible de la crue sur les personnes et leurs biens. La première partie de notre travail a été focalisé sur des notions générales sur les inondations et les causes de formation de cet aléa. La seconde partie a été consacrée aux causes de formation des crues et inondations. La troisième partie a exposé le phénomène d'inondation en Algérie avec une mise en lumière de la vulnérabilité de la commune de Sidi Belattar face à cet aléa. La dernière partie a été consacrée aux mesures de prévention et de protection contre les inondations.

Mots clé : Inondation, aléa, vulnérabilité, Sidi Belattar

Abstract

The issue of natural hazards in general and floods in particular is a topical subject that concerns several regions around the world. Indeed, the management and assessment of the components of this risk are increasingly becoming a necessity that must include all actors and all possible means. In reality, the risk of flooding is the result of the combination of two factors: the hazard represented by the probability of occurrence of the flood phenomenon and its intensity, and the vulnerability to flooding defined by the foreseeable consequences of the harm to people and their property. The first part of our work was focused on general notions on floods and the causes of formation of this hazard. The second part was devoted to the causes of the formation of floods and inundations. The third part exposed the phenomenon of flooding in Algeria with a highlighting of the vulnerability of the municipality of Sidi Belattar in the face of this hazard. The last part was dedicated to flood prevention and protection measures.

Keywords: Flood, Hazard, vulnerability, Sidi Belattar

ملخص

تعتبر اشكالية الأخطار الطبيعية بشكل عام والفيضانات بشكل خاص من الموضوعات التي تهم العديد من المناطق حول العالم. في الوقت الراهن، أصبحت إدارة وتقييم مكونات هذا الخطر ضرورة يجب أن تشمل جميع الجهات الفاعلة وجميع الوسائل الممكنة. في الواقع، إن خطر الفيضانات هو نتيجة مزيج من عاملين: الخطر المتمثل في احتمال حدوث ظاهرة الفيضان وشدتها، وقابلية التعرض للفيضانات التي تحددها العواقب المتوقعة للضرر الذي يلحق بالناس وممتلكاتهم. ركز الجزء الأول من عملنا على المفاهيم العامة للفيضانات وأسباب تشكل هذا الخطر. الجزء الثاني خصص لأسباب تكوّن الفيضانات والفيضانات. وكشف الجزء الثالث عن ظاهرة الفيضانات في الجزائر مع تسليط الضوء على ضعف بلدية سيدي بلعطار في مواجهة هذا الخطر. تم تخصيص الجزء الأخير لمنع الفيضانات وتدابير الحماية.

Table des matières

Remerciements	III
Dédicace	IV
Résumé	V
Abstract	V
Table des matières	VI
Table des figures	IX
Introduction générale	11
I. Généralités sur les inondations	14
Introduction.....	14
I.1.1 Risques majeurs	15
1.1.1.1 Risques naturels	15
1.1.1.2 Risque technologique	17
I.1.2 Connaissance de l'aléa « inondation »	19
I.1.3 Types d'inondations	20
2) Inondations par crues torrentielles.....	21
3) Inondations par ruissellement en secteur urbain	22
Conclusion.....	24
II. Causes de formation des crues et des inondations	26
Introduction.....	26
II.1 Causes directes.....	26
II.1.1 Abondance des précipitations	26
a) Influence du climat	27
b) Les crues provoquées par les chevelus hydrographiques	28
c) Le processus de formation des crues	28
d) La période de retour de crues.....	29
II.1.2 Phénomène aggravant l'aléa	29
II.2 Conséquences des inondations	30

III.	Vulnérabilité de la communes de Sidi Belattar aux inondations	33
III.1	Causes produites dans certaines régions.....	33
III.2	Vulnérabilités des communes algériennes aux inondations	35
III.2.1	Les inondations d’Oran	35
III.2.2	Les inondations d’Alger.....	36
III.2.3	L’inondation du 3 mai 2021 à Beni Slimane (Médéa)	38
III.2.4	Les inondations du 01 octobre 2008 à Ghardaïa	38
	Analyse de l’évènement.....	39
	Oued Mzab	39
	Les conséquences de la crue de la vallée du M'Zab	40
	Pertes de logement.....	40
	Pertes dans le secteur des services.....	41
III.2.5	L’inondation de Béchar	42
	Les dégâts	42
III.2.6	L’inondation d’Adrar	43
III.2.7	L’inondation d’El-Bayadh en 2011	44
III.2.8	L’inondation du 08/09/2015 à Djelfa	45
III.3	Vulnérabilité de la commune de Sidi Belattar face aux inondations.....	46
III.3.1	Présentation de la ville de Sidi Belattar	46
	Géographie.....	46
	Historique.....	47
	Démographie.....	47
III.3.2	Les inondations historiques	47
a.	Les inondations de janvier 1904	47
b.	Les inondations de 2001.....	47
c.	Les inondations de janvier 2017	47
d.	Les inondations de février 2018.....	49
	Conclusion.....	50
IV.	Prévention et protection contre les inondations	52
	Introduction.....	52
IV.1	Moyens de prévention du risque d’inondation.....	52
IV.2	Risques et aménagement du territoire	54

IV.3	Procédés de protection des agglomérations contre les inondations	56
IV.4	Mesure pour réduire la vulnérabilité	66
IV.5	Cartographie du risque d'inondation	68
	Conclusion générale	74
	Bibliographie	75

Table des figures

Figure 1- Risque d'inondation	16
Figure 3- Séisme d'Haïti 2010.....	16
Figure 4- Explosion dans une raffinerie de pétrole Bangkok.....	17
Figure 5- Accident nucléaire de Fukushima, 2011	18
Figure 6- Exemple d'une rupture de barrage	18
Figure 7- exemples d'Aléas naturels.	19
Figure 8- Le risque d'inondation	20
Figure 15- inondation de Plaine.....	21
Figure 16- Inondation par crues torrentielles.....	21
Figure 17- Inondation par ruissellement en secteur urbain (Alger).....	22
Figure 18- inondation par remontées des nappes phréatiques.	22
Figure 19- Un bulldozer dégage la boue sur une route près de Montecito, en Californie, le 9 janvier 2018.	23
Figure 20- Inondation par débordement au-dessus de la digue.	23
Figure 21- Inondations côtières d'origine marine.....	24
Figure 22- Causes de formation de l'aléa inondation.	26
Figure 23- l'inondation et réchauffement climatique.....	27
Figure 27- Schéma bassin versant.....	34
Figure 28- Ces significations des inondations survenues en Algérie.	34
Figure III.1: Les inondations à Oran	35
Figure III.2: Les inondations à Alger	37
Figure III.3: Les inondations de 3 mai 2021 à Beni Slimane (Médéa).....	38
Figure III.4: Les dégâts d'oued Mzab	41
Figure III.5: Effets des inondations sur une partie de la ville de Béchar (2007, 2009)	Erreur ! Signet non défini.
Figure III.6: Les constructions affectées par les crues à Béchar	43
Figure III.7: Les inondations à Adrar en 2018.....	44
Figure III.8: Les inondations d'oued Timiaouin à Adrar en 2012	Erreur ! Signet non défini.
Figure III.9: Les inondations de la ville d'El-Bayadh en 2011	45

Figure III.10:Les inondations de Djelfa le 08/09/2015	45
Figure 43- Le jet des remblais dans les cours d'eau aboutit à des inondations liées aux embâcles (Oued Zeramna prêt de la zone industrielle -Skikda -août 2005) (Boulghobra, 2006).	56
Figure 44- Enrochement à Thuir (La trencade - France). (Boulghobra ,2006).....	57
Figure 45- Technique de banquettes (Duglas ,2004).	59
Figure 46- Correction torrentiel. (Besson, 2007).....	60
Figure 48- Fonctionnement d'ouvrage de stockage en dérivation (Duglas ,2004).....	62
Figure 49- Canal de dérivation au Sud de la ville de Sidi Bel Abbés (Hallouche, 2007)....	62
Figure 50- Positionnement de la digue par rapport aux cours d'eau (Duglas ,2004).....	63
Figure 51- Schéma de digue (Serre ,2005).	64
Figure 52- Coupe en travers type d'une vallée endiguée (Mériaux et al. 2001).	64
Figure 53- : Digue enroché.....	66
Figure 54- Exemple d'une carte de risque d'inondation (pluviale).	70
Figure 55- Exemple de carte de risque pour les zones protégées.	70
Figure 56- Carte d'aléa mouvement de terrain du bassin versant de N'fis.	71
Figure 57- Carte de l'indice de vulnérabilité la zone d'étude.	73

Introduction générale

Les sociétés humaines sont toutes exposées aux risques majeurs dont les proportions sont plus au moins importantes. Tous les pays n'ont pas les mêmes facteurs de risque : certaines parties du globe sont plus vulnérables que d'autre mais le degré de développement est conditionné par l'adaptation de ces pays aux catastrophes¹.

Cependant, la liste des risques qui ponctue notre monde est longue, qu'elle soit naturelle tel que les risques climatiques (dépression, cyclone, orage, inondation) les risques tectonique (séisme, tsunami, éruption volcanique,...) les risques biologiques et sanitaire (bactérie, Virus) ou risques technologiques d'origine anthropique dont on cite : les risques industriels, risque nucléaire².

Classés au premier rang de la catastrophe naturelle dans le monde, les inondations entraînent la mort d'environ 500000 personnes par an, la destruction des villes et des villages, le gel de toutes les activités contribue le développement de différents secteurs économiques et sociaux (**BACHI .M 2011**).

Les risques d'inondations sont dus à l'interaction complexe de plusieurs facteurs, c'est le résultat de concordance des paramètres topographiques, géologiques, hydrauliques, météorologiques. Cependant elles ne sont pas toujours provoquées par des événements exceptionnels car elles peuvent avoir lieu suite à des épisodes météorologiques ordinaire favorisées par l'intervention d'autres paramètres tel que : urbanisation anarchique, mauvaise planification des aménagements des territoires, le manque d'entretien des cours d'eau, etc³.

L'Algérie est confrontée aux phénomènes des crues et d'inondations qui sont plus fréquents que les séismes. Ces phénomènes provoquent des catastrophes plus destructrices et occasionnent d'importants dégâts humains et matériels. Les exemples de Bab El Oued – Alger en 2001, de Sidi Bel Abbes en 2006, de Ghardaïa en 2008 et El Bayadh en 2001 (**Djebali, 2015**).

¹ https://www.assistancescolaire.com/eleve/2nde/geographie/reviser-le-cours/2_geo_08

² <http://e-biblio.univ-mosta.dz/bitstream/handle/123456789/15355/m%C3%A9moire%20finale.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

³ <https://dspace.univ-bba.dz/bitstream/handle/123456789/539/m%C3%A9moire%20final%20rkbn.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Dans ce contexte très complexe, le risque d'inondation est perçu à l'échelle mondiale, l'Algérie n'en est donc pas exclue. Elle est l'un des pays du monde qui a été confrontés aux effets néfastes des inondations à travers de nombreuses villes : parmi ces villes on mentionne la ville de Mostaganem qui a connu de nombreuses périodes de crues dues principalement à la présence des oueds, spécialement oued Chélif qui est le plus grand et le plus actif des oueds dans notre pays⁴.

Le village de sidi Belattar d'une population de 6777 habitants est une commune qui s'élève sur les rives de oued Chélif est confronté continuellement aux inondations générées par les crues de ce derniers⁵.

Le présent travail consiste à l'étude de protection de la commune de sidi Belattar contre les aléas des inondations tout on proposant un aménagement à adéquat on zone inondable afin de rendre cette commune résiliente à ce phénomène, sur la base des données du milieu physique et humain, notre étude s'engage pour déterminer l'ensemble des paramètres pour réduire la vulnérabilité des personnes et des biens contre les inondations⁶.

Cette étude s'articulera autour de quatre chapitres :

Chapitre 01 : ce chapitre démontre des notions et concepts fondamentaux liés au risque d'inondation;

Chapitre 02: consiste à illustrer les causes et les conséquences des inondations ;

Chapitre 03: représente le milieu naturel, et les différents éléments caractérisant le territoire communal de Sidi Belattar sur le plan physique, climatique et hydrologique.

Chapitre 04: présente les paramètres hydrologiques nécessaires pour le dimensionnement du réseau d'évacuation des crues.

⁴ <http://dspace.univ-msila.dz:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2075/LA%20VULNERABILITE%20AU%20RISQUE%20D%E2%80%99INONDATION.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

⁵ . <http://e-biblio.univ-mosta.dz/bitstream/handle/123456789/15355/m%C3%A9moire%20finale.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

⁶ <https://123dok.net/document/zlgnj72y-amenagement-en-zone-inondable-cas-d-etude-commune-de-sidi-belattar-mostaganem.html>

Chapitre 1

Généralités sur les inondations

I. Généralités sur les inondations

Introduction

Les zones inondables sont soumises à différents types d'inondations dont les caractéristiques influencent le déroulement des crises et l'ampleur des impacts humains et économique. Le risque n'est pas le mêmes sur les différents territoires exposés puisque ni l'aléa ni la vulnérabilité ne sont les même, les crues surviennent de manière plutôt lente sur le bassin plat alors qu'elles se produisent de manière extrêmement rapide et brutale sur les bassins pentus. Aussi les inondations ne provoquent pas de catastrophes susceptibles de marquer les esprits. Si les zones inondables n'étaient pas ou peu occupées par l'homme (**Hallouche, 2007**).

Ce chapitre aborde des notions générales sur l'inondation comme aléa naturel avec une présentation des éléments générateurs et de sa typologie.

I. Généralités sur les crues et les inondations

Sous les termes de crues et d'inondations se cache un phénomène multiforme.

Les crues, terme plutôt hydrologique, désigne le dépassement d'un certain débit ou d'une certaine hauteur par un cours d'eau. Cette hauteur d'eau peut être qualifiée en fonction de sa durée de retour ; par exemple une crue décennale est une hauteur d'eau ou un débit qui a une chance sur dix de se produire chaque année⁷.

Le terme inondation est d'acceptation plutôt topographique ou géomorphologique. Il désigne le débordement d'un cours d'eau de son lit mineur, mais aussi le remplissage d'une cuvette topographique par les eaux de ruissellement local. Ce type d'inondations pluviales se distingue par la vitesse de l'eau, le volume d'eau écoulé et la hauteur d'eau. Ces paramètres sont essentiels pour comprendre les dommages et instaurer des politiques de prévention efficaces (**Yahiaoui 2012**).

⁷ https://library.ensh.dz/images/site_lamine/pdf/these_master/2014/6-0011-14.pdf

I.1 Connaissance du risque inondation

Le risque d'inondation reste aujourd'hui le risque le plus répandu, faisant le plus de victimes et de dégâts. Il contribue pour 58% dans le nombre des victimes des catastrophes naturelles et pour 31% dans le montant des pertes économiques. La réaction face à ce risque d'inondation a consisté pendant plusieurs décennies à lutter contre les crues qui signifiait d'abord que l'on cherchait à agir sur le phénomène naturel la crue – et uniquement sur lui, c'est -à-dire sur une seule composante du risque « l'aléa » et non sur les enjeux ou leur vulnérabilité (**Ledoux 2006**).

I.1.1 Risques majeurs

On peut classer un risque majeur en deux types :

1.1.1.1 Risques naturels

Les risques naturels s'inscrivent aujourd'hui d'une façon fréquente à travers tous le globe terrestre menaçant en permanence l'existence humaine et provoquant des dégâts immenses⁸.

a. Hydrométéorologique

Un événement ou phénomène hydrométéorologique pouvant potentiellement créer des dommages, cela pourrait être des événements qui ont un début et une fine identifiable, telle qu'une tempête, inondation, cyclone, sécheresse, ainsi que des changements plus permanents, tel que changement d'un état climatique à l'autre⁹.

⁸https://www.researchgate.net/publication/348788982_La_protection_de_la_ville_de_Tebessa_contre_les_eaux_de_crue_une_necessite_pour_son_developpement_urbain_durable.

⁹<http://dspace.univ-msila.dz:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2075/LA%20VULNERABILITE%20AU%20RISQUE%20D%E2%80%99INONDATION.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



Figure 1- Risque d'inondation

b. Géophysique

Les risques d'origine géophysiques concernent les phénomènes qui sont liés aux caractéristiques physiques et atmosphériques de la terre. Ils incluent les tremblements de terre, les éruptions volcaniques et les avalanches¹⁰.



Figure 2- Séisme d'Haïti 2010

c. Géomorphologique

Les risques naturels d'origine géomorphologique indiquent les phénomènes liés à la morphologie de la planète terrestre¹¹.

¹⁰ <https://fr.wikipedia.org/wiki/G%C3%A9ophysique>

¹¹ <https://fr.wikipedia.org/wiki/G%C3%A9omorphologie>



Figure 4- Glissement du terrain au Québec

1.1.1.2 Risque technologique

Un risque technologique c'est tout risque d'origine anthropique, lié à l'homme et des activités, ils sont associés à la prévention des pollutions et risques sanitaires «Un risque technologique majeur est un événement accidentel se produisant sur un site industriel et entraînant des conséquences immédiates graves pour le personnel, les populations avoisinantes, les biens ou l'environnement » (Xavier. L et JEN.P, 2004).

a. Risque industriels

«Le risque industriel est soit chronique, soit accidentel. Les risques chroniques. Ces risques concernent un grand nombre d'activités industrielles, le plus souvent liées à la manipulation (fabrication, emploi, stockage) de substances dangereuses ou explosives raffineries, site pétrochimiques, usines chimiques, dépôt pétroliers, dépôt d'explosifs par exemple, mais également de produits agricoles »¹².



Figure 3- Explosion dans une raffinerie de pétrole Bangkok

¹²<https://www.correze.gouv.fr/content/download/8271/55910/file/Dossier+d%C3%A9partemental+de+s+risques+majeurs+%28DDRM%29+2018+approuv%C3%A9+le+17+janvier+2018.pdf>

b. Risque nucléaire

Il s'agit d'un incident ou d'un accident pouvant conduire à un rejet d'éléments radioactifs à l'extérieur des conteneurs et enceintes prévus à cet effet. Les effets radiologiques résultent du rejet dans l'environnement de particules radioactives à des concentrations telles qu'elles sont susceptibles d'entraîner des effets sur la santé par inhalation, ingestion ou contact cutané.¹³



Figure 4- Accident nucléaire de Fukushima, 2011

c. Ruptures de barrages

Une rupture de barrage correspond à une destruction partielle ou totale de l'ouvrage et entraîne la formation d'une onde de submersion se traduisant par une élévation brutale du niveau de d'eau à l'aval, voire un gigantesque torrent¹⁴.



Figure 5- Exemple d'une rupture de barrage

¹³<https://www.weka.fr/sante/dossier-pratique/maitrise-des-risques-et-de-la-qualite-dt86/risques-technologiques-6912/>

¹⁴<http://risquesenvironnementaux-collectivites.oree.org/le-guide/risques-mon-territoire/risques-technologiques-majeurs/rupture-de-barrage.html>

I.1.2 Connaissance de l'aléa « inondation »

a) Alea

L'aléa semble le terme le plus adéquat pour définir le phénomène physique, naturel et non maîtrisable, d'occurrence et d'intensité donnée (définition du ministère de l'environnement et de développement durable français). Cette définition révèle le caractère hasardeux du risque et le faire différencier de sa définition linguistique qui le présente comme un risque et non pas un de ses composantes. Dans notre cas où le risque est l'inondation l'aléa n'est que le phénomène naturel de crue non maîtrisable d'occurrence et d'intensité aléatoires, cette prévision est probabiliste et la détermination de l'intensité et la fréquence de crue est basé sur le traitement stochastique de l'historique des évènements où la longueur de la série observée joue un rôle principal sur la validité des prévisions. Néanmoins la notion de période de retour est purement statistique et elle ne correspond qu'à l'appréciation de l'intensité du phénomène en comparaison à d'autres (Chachoua, 2010).

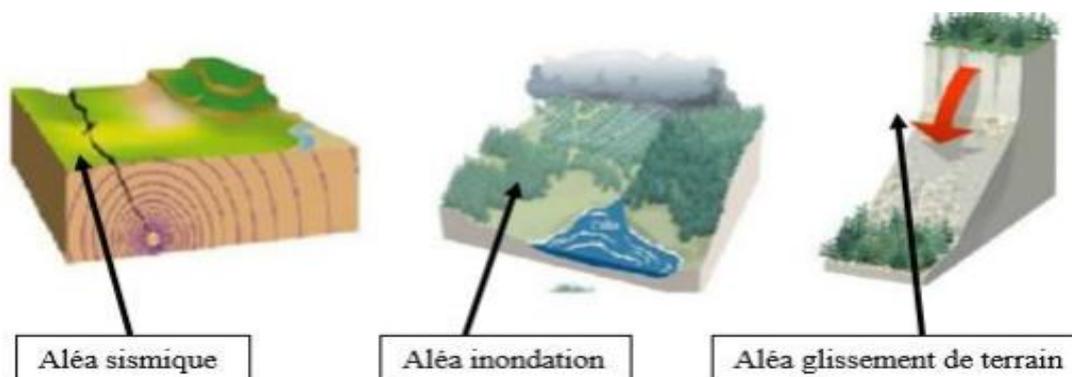


Figure 6- exemples d'Aléas naturels¹⁵.

b) Vulnérabilité

La vulnérabilité est une notion composite. Elle prend en compte divers paramètres géographique et socioéconomique. Plusieurs définitions existent dans la littérature, parmi lesquelles on choisit deux définitions officielles. La définition de MEDD (le Ministère de l'Ecologie et de Développement Durable français) « la vulnérabilité est le niveau des conséquences prévisibles d'un phénomène naturel sur les enjeux », et celle de NOAA (National Océanique and Atmosphérique Administration) « la susceptibilité des ressources à être affectées par des aléas ». Les enjeux sont les éléments à risque

¹⁵ <https://www.bing.com/th?id=OIP.88BhoP1ZUUUdwqH91qJsVAHaGJ&w=172&h=170&c=8&rs=1&qlt=90&o=6&pid=3.1&rm=2>

(personne, biens, activités, patrimoine...) attribuent à la vulnérabilité une dimension complexe quantitative et qualitative. La notion de vulnérabilité peut être résumée en quatre points :

- La perception sociale de l'aléa ;
- L'aléa et ses conséquences prévisibles sur les enjeux ;
- Les dispositions prises pour limiter l'effet de l'aléa ; Les enjeux¹⁶.

C) Risque d'inondation

Cette complexité de concepts d'aléa et de la vulnérabilité figure ci-après montre que la considération de risque sommairement comme un produit de deux facteurs est limitative et pour mettre en œuvre une politique de gestion précise et scientifique, on doit décomposer ces deux facteurs en plusieurs éléments afin de déterminer ceux susceptibles d'être maîtrisés pour minimiser le risque (Chachoua, 2010)



Figure 7- Le risque d'inondation¹⁷

I.1.3 Types d'inondations

1) Les inondations des plaines

Les crues de plaine (on parle aussi de crues fluviales) surviennent à la suite d'épisode pluvieux océaniques prolongés mais d'intensités modérée, s'abattant sur des sols ou le ruissellement est long à déclencher, le cours d'eau sort de son lit ordinaire pour occuper. Son lit majeur et l'inondation est caractérisée par une montée lente des eaux, le débordement du cours d'eau peut parfois être précédé de remontées des nappes

¹⁶<http://dSPACE.univ-tlemcen.dz>

¹⁷<https://th.bing.com/th/id/OIP.M49wd7hNVqSmRnSIhQKMnQHaCE?pid=ImgDet&rs=1>

phréatiques. La durée de submersion peut atteindre plusieurs jours à quelques semaines¹⁸.

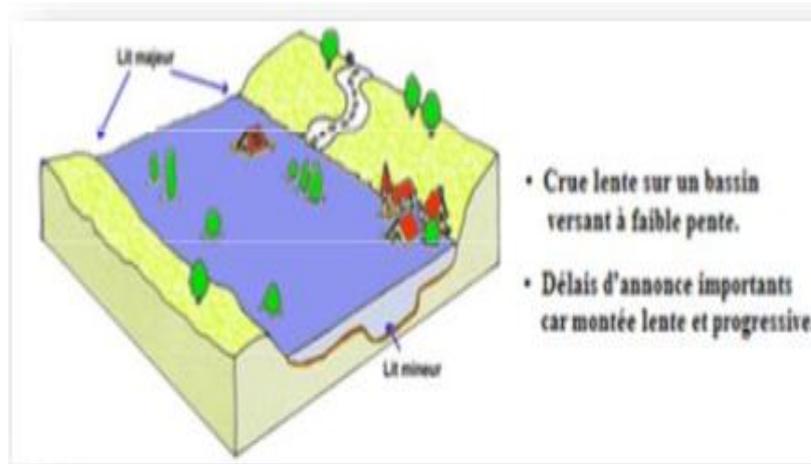


Figure 8- inondation de Plaine.

2) Inondations par crues torrentielles

Les crues torrentielles sont des phénomènes soudains et violents causés par de fortes pluies de moins de 24 heures dans des bassins versants de petite échelle avec des pentes moyennement importantes. Ces inondations touchent principalement les montagnes et les rivières autour de la mer Méditerranée. Les crues torrentielles se caractérisent par des débits élevés un très fort transport solide. Les dommages imputables à ces phénomènes sont avant tout liés à la vitesse du courant, renforcés par les matériaux que peuvent charrier les rivières générant de telles crues¹⁹.

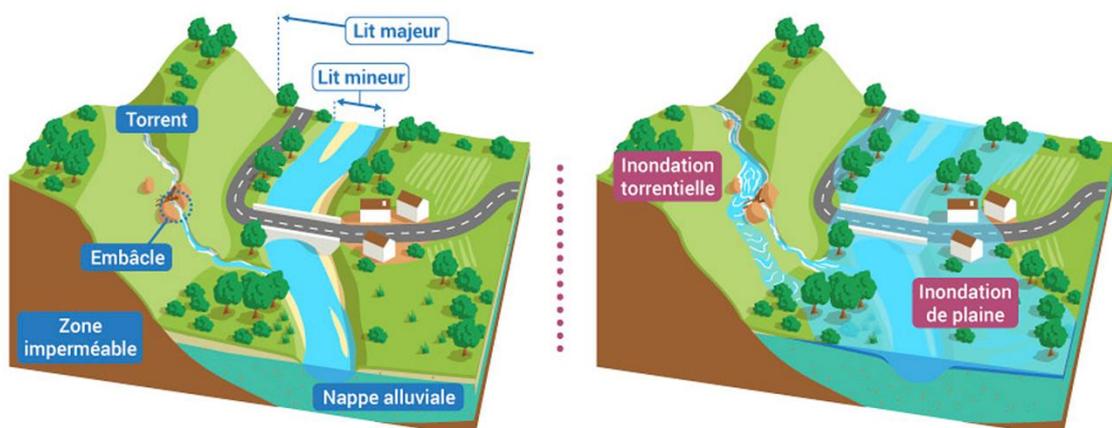


Figure 9- Inondation par crues torrentielles²⁰

¹⁸ <http://www.mementodumaire.net/wp-content/uploads/2012/07/Risque-inondations-2004.pdf>

¹⁹ <https://biblio.univ-annaba.dz/ingeniorat/wp-content/uploads/2021/06/Memoire-Hami-amira-et-Tabechache-Safa.pdf>

²⁰ <https://www.eaufrance.fr/les-inondations-et-les-submersions-marines>

3) Inondations par ruissellement en secteur urbain

Les inondations par ruissellement en secteur urbain sont celles qui se produisent par écoulement dans les rues de volumes d'eau ruisselée sur le site ou à proximité et qui ne sont pas absorbés par le réseau d'assainissement superficiel et souterrain. L'imperméabilisation du sol (bâtiments, voiries, parkings, etc.) limite l'infiltration des pluies et accentue le ruissellement²¹.



Figure 10- Inondation par ruissellement en secteur urbain (Alger).

4) Inondations par remontées des nappes phréatiques

Elles correspondent à des inondations par débordement indirect qui se manifestent par la remontée de la nappe phréatique qui affleure en surface et/ou par l'intrusion d'eau dans les différents réseaux d'assainissement (Merabet, 2006).

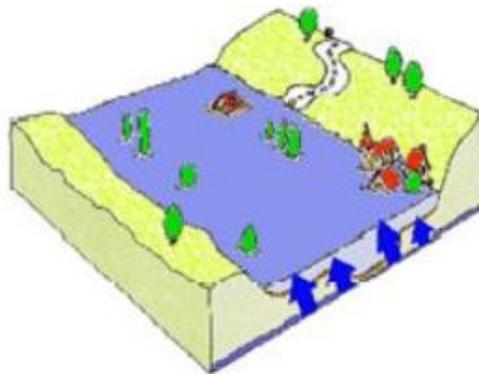


Figure 11- inondation par remontées des nappes phréatiques.

²¹<http://www.prim.net>

5) Les coulées de boue

Le terme de coulée de boue pose un problème délicat de définition car il est utilisé avec des acceptations très diverses. Dès l'origine, les arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle au titre de la loi de juillet 1982 ont utilisé l'intitulé "inondation et coulées de boue". L'expression désignant dans la grande majorité des cas une eau chargée en particules fines, par opposition à une eau "claire". Or, l'eau de la plupart des inondations, même celle des plaines, est toujours chargée en terre, en plus ou moins grandes quantités en fonction des sols du bassin versant et de lit majeur submergé (SPPPI, 2004).



Figure 12- Un bulldozer dégage la boue sur une route près de Montecito, en Californie, le 9 janvier 2018.

6) Inondations par rupture d'ouvrage ou d'embâcle

La rupture de barrage correspond à la destruction partielle ou totale de l'ouvrage, qui entraîne la formation d'une onde de submersion se traduisant par une élévation brutale du niveau de l'eau à l'aval, voire un gigantesque torrent²².

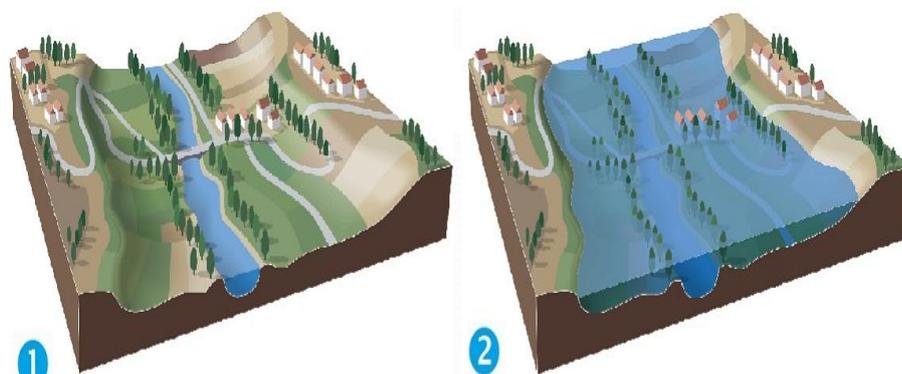


Figure 13- Inondation par débordement au-dessus de la digue²³.

²² <http://risquesenvironnementaux-collectivites.oree.org/le-guide/risques-mon-territoire/risques-technologiques-majeurs/rupture-de-barrage.html>

7) Inondations marines

Les submersions marines sont des inondations temporaires de la zone côtière par la mer dans des conditions météorologiques (fortes dépressions et vents de mer) et forts coefficients de marée. Elles se traduisent par l'invasion par des eaux salées particulièrement agressives. Elles se manifestent soit lors d'un raz de marée ou de tsunami (occurrence très faible, mais phénomène dévastateur), soit lors d'une tempête (surcote marine, vents et précipitations importants) ou en cas de rupture des défenses contre la mer (dans ce cas, les risques se concentrent le long du boulevard de littoral dans les secteurs dépressionnaires) (SPPPI, 2004)

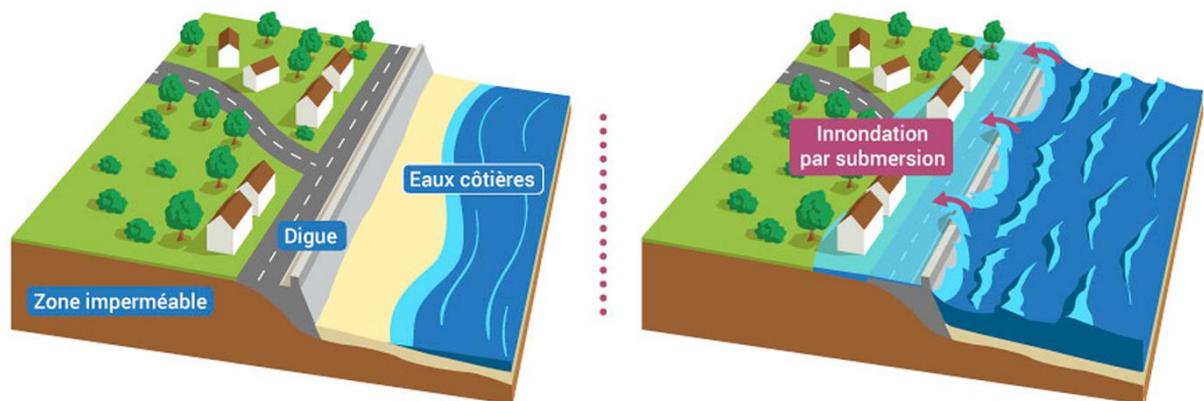


Figure 14- Inondations côtières d'origine marine²⁴.

Conclusion

L'inondation est un aléa naturel prévisible dans son intensité, mais il est difficile de connaître le moment où elle se manifestera. Les facteurs de formation des inondations sont multiples en particulier la pluie. Par conséquent, la prévision de cet aléa consiste principalement en une observation continue des précipitations. L'inondation est souvent qualifiée de risque naturel de lourdes conséquences (pertes humaines, sociales, économiques et environnementales). La capacité à gérer l'impact de l'inondation varie d'un pays, et d'une région à l'autre. En somme, il est primordial de s'intéresser aux procédés de protection contre les inondations.

²³ <https://www.eaufrance.fr/les-inondations-et-les-submersions-marines>

²⁴ <https://www.eaufrance.fr/les-inondations-et-les-submersions-marines>

Chapitre 2

Causes et conséquences des inondations

II. Causes de formation des crues et des inondations

Introduction

La plupart des inondations se produisent lorsque le volume d'eau d'une rivière ou d'un cours d'eau dépasse la capacité du lit. Il y a également des inondations le long des lacs et des littoraux maritimes lorsque le niveau normal de l'eau augmente au-delà du niveau des terres riveraines.

De nombreux facteurs influent sur le débit d'une rivière, et donc sur les risques d'inondation. Parmi les plus importants, mentionnons la quantité et le type de précipitations, la nature et l'état du bassin versant, ainsi que le climat²⁵.

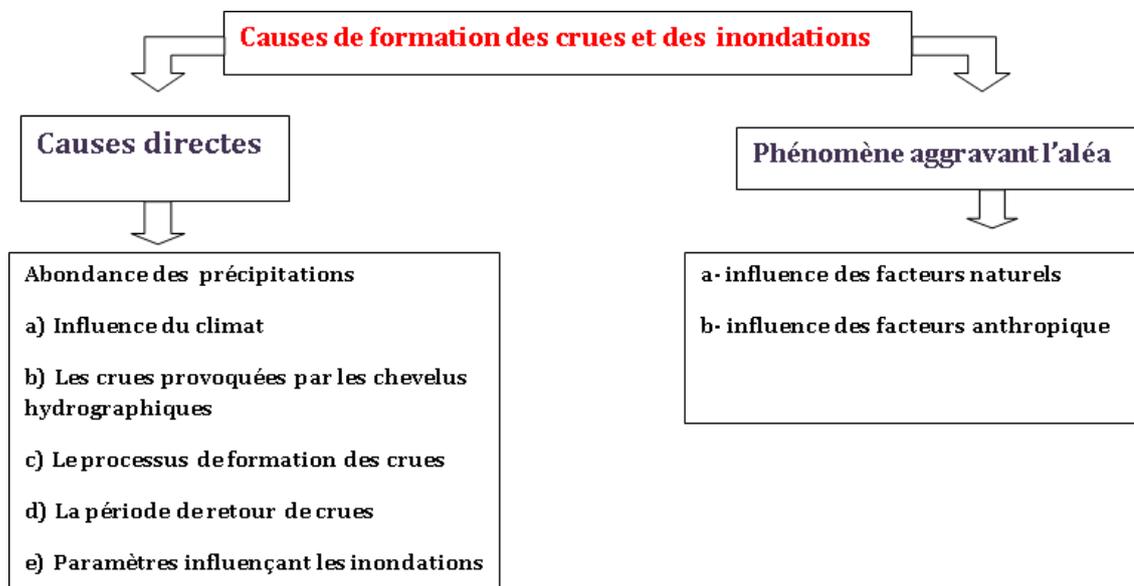


Figure 15- Causes de formation de l'aléa inondation.

II.1 Causes directes

II.1.1 Abondance des précipitations

C'est le principal facteur explicatif des crues et des inondations. On peut distinguer plusieurs types :

Les averses brutales de type orageux où les orages porteurs de précipitations ont des lames d'eau de 200 à 300 mm en quelques heures. Par exemple une intensité de 01 mm/min représente un débit d'eau météorique de $16,6\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$, il n'est pas surprenant que certains petits bassins versants puissent fournir des débits spécifiques record, parfois

²⁵<https://ijc.org/sites/default/files/2020-03/9056-CMI%20Rapport%20public%20FR-FINAL-HR.pdf>

supérieurs à $30 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ pendant quelque temps, avec les conséquences catastrophiques que l'on suppose :

Les averses durables qui sont moins brutales car elles comportent en fait des séries d'averses successives entrecoupées de périodes de tranquillité, mais elles sont tout aussi dévastatrices.

Les pluies de type orographique et cyclonique²⁶ ;

En règle générale, la puissance de la crue et les dégâts qu'elle occasionne sont d'autant plus forts que les précipitations sur le bassin versant ont été fortes, intenses et durables, que les quotients d'écoulement sont plus élevés et que la morphologie et la nature des matériaux d'érosion (**Salomon, 1997**).

a) Influence du climat

Les conditions climatiques jouent un rôle déterminant sur le régime d'un cours d'eau, ce sont les précipitations surtout liquides, qui constituent le facteur essentiel. Elles Interviennent par :

- Leur répartition spatiale.
- Leur répartition temporelle.

Ces différents aspects des précipitations sont plus ou moins modifiés selon un effet Combiné des autres paramètres physiques (altitude et exposition) et climatiques (la Température, l'évaporation, l'évapotranspiration, les vents et l'humidité) ; des facteurs qui influent sur l'écoulement et le régime hydrologique du bassin (**Talah, 2014**).



Figure 16- l'inondation et réchauffement climatique²⁷.

²⁶ <http://dspace.univ-jijel.dz:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/764/M-HDR.URB-2018>

²⁷ <http://images.vedura.fr/actualite/voitures-emporees-inondations+3202003.jpg>

b) Les crues provoquées par les chevelus hydrographiques

La crue correspond à l'augmentation de la quantité d'eau qui s'écoule dans la rivière (Débit) et peut concerner l'ensemble du lit majeur de la rivière. Elle dépend essentiellement de l'abondance et de l'intensité de la pluie : son évolution Obéit principalement à la puissance et l'intensité de l'averse. Sa vitesse est largement influencée par le couvert végétal, la lithologie, par des paramètres morpho métriques du bassin (indice de compacité, densité de drainage, rapports des confluences et des Longueurs etc....), par la pente des thalwegs et la forme du lit (**Bouanani, 2004**).

Le processus de la genèse de crue est le résultat de plusieurs processus concomitants. Il peut être le résultat de l'écoulement superficiel ou souterrain ou les deux ensembles. Les crues sont de trois types :

- Les crues d'averses : Ce sont les crues les plus connus et plus répandues.
- Les crues de fonte de neige: caractéristiques aux régimes climatiques Neigeux. Elles sont liées à l'augmentation de température.
- Les crues d'embâcles : Généralement dues aux blocs de glaces ou troncs d'arbres qui s'accumulent formant des petits barrages et provoquant des Inondations à l'amont. La débâcle est l'effet de la rupture de ces petits Barrages résultant des inondations à l'aval (**Benmia, 2012**). Les entrepôts, ateliers et locaux industriels.

c) Le processus de formation des crues

Comprendre ce processus de formation des crues revient à analyser les différents facteurs concourant à la formation et à l'augmentation temporaire des débits d'un Cours d'eau. En simplifiant, on distingue :

- L'eau mobilisable** : constituée de l'eau reçue par le bassin versant.
- Le ruissellement** : qui correspond à la part de l'eau qui n'a pu s'infiltrer dans le sol. Il dépend de la nature du sol, de sa pente, de son occupation de surface et de l'intensité de l'épisode pluvieux.
- Le temps de concentration** : qui est défini par la durée nécessaire pour qu'une goutte d'eau partant du point le plus éloigné de l'exutoire du bassin versant parvienne jusqu'à celui-ci.
- La propagation de l'onde de crue** : qui est fonction de la structure du lit et de la vallée alluviale, notamment de la pente et des caractéristiques du champ d'inondation (**Asnoui, 2014**).

d) La période de retour de crues

On associe souvent à la notion de crue la notion de période de retour (crue décennale, centennale, millénaire, etc.) : plus cette période est grande, plus les débits et l'intensité sont importants.

Selon ce paramètre, on distingue :

- Les crues fréquentes : dont la période de retour est comprise entre un et deux ans.
- Les crues moyennes : dont la période de retour est comprise entre dix et vingt ans.
- Les crues exceptionnelles : dont la période de retour est de l'ordre de cent ans.
- La crue maximale vraisemblable : qui occupe l'intégralité du lit majeur.

e) Paramètres influençant les inondations

Un grand nombre de facteurs autres que celles dictés précédemment intervient, souvent de façon aggravante, dans les dégâts occasionnés par les inondations. Parmi ces derniers, on peut rappeler l'influence des facteurs naturels et anthropiques (**Ledoux et al, 2006**).

II.1.2 Phénomène aggravant l'aléa

a- influence des facteurs naturels

Surface et forme du bassin versant : ainsi pour une même surface, l'allure de l'hydrogramme de crue résultant d'une pluie donnée est très différente suivant la forme du bassin versant ; un bassin très allongé ne réagit pas comme un bassin de forme ramassée ce qui a amené l'utilisation d'un indice pour évaluer le « coefficient de compacité ». En principe plus cet indice est faible, plus la concentration des eaux apportées par les affluents est rapide et plus les crues risquent d'être brutales et bien différenciées (Defrance, 2009).

La Configuration du relief des lits des cours d'eau : La pente exerce une influence directe sur la rapidité de l'écoulement et donc sur la puissance de la crue si le profil en long du cours d'eau est assimilable à une suite de segments plus ou moins pentus, il exerce une action visible sur la crue²⁸.

Densité des cours d'eaux et perméabilité du bassin versant : ainsi la densité des cours d'eau était fonction de la nature des terrains, le réseau est d'autant plus développé et complexe que le terrain est moins perméable On comprend aisément que plus

²⁸ <https://books.openedition.org/pub/1487?lang=fr>

l'imperméabilité est forte, plus les eaux météoriques sont disponibles pour le ruissellement de surface. De ce point de vue, à priori les cours d'eau drainant les régions imperméables ont une plus forte probabilité à développer des crues dangereuses (Barroca, 2006).

Facteurs biogéographiques : la végétation joue un rôle climatique complexe, elle agit sur le ruissellement, retient une part des pluies, évapore l'eau etc. L'osait depuis longtemps qu'une couverture végétale dense réduit et ralentit considérablement l'écoulement. D'abord la forêt intercepte la pluie et la neige, cette dernière pouvant mettre très longtemps à fondre sous couvert. Ensuite elle accroît fortement l'évapotranspiration ; pour la zone tempérée celle-ci atteint ou dépasse fréquemment 500 à 700 mm/an. On comprend facilement que cela limite le ruissellement direct et l'alimentation des cours d'eau. Bien souvent une végétation vigoureuse aux arbres dotés de racines nombreuses et bien enchevêtrées, constitue une excellente protection naturelle, quasi totale, contre l'érosion torrentielle. Inversement la destruction du couvert végétal constitue un facteur aggravant la puissance des crues (Ledoux, 2006).

b- influence des facteurs anthropiques

Occupation de zones riveraines : la concentration des personnes et l'accumulation des biens dans les champs d'inondation génère le risque d'inondation par accroissement des enjeux, augmentation des vulnérabilités et absence de prévention-précaution.

Imperméabilisation forte (conséquences d'aménagements urbains ou agricoles).

Défiance des dispositifs de protection (digues, déversoirs) (Ledoux et al, 2006)

II.2 Conséquences des inondations

Économique : les inondations entraînent la perte de grandes quantités de biens matériels, à laquelle il faut ajouter le coût de la reconstruction des infrastructures. Elles peuvent aussi être globales, par exemple, le pays sinistré subit une perte importante d'un certain produit, ce qui signifie que l'offre est moindre, que les prix augmentent et que les autres pays doivent satisfaire cette demande avec leurs exportations. Par ailleurs, elles peuvent faire des sans-abri, en raison de la destruction des maisons.

Environnemental : dommages aux terres agricoles, dommages aux cultures et à la production alimentaire. De plus, les inondations répandent également la pollution, nuisant aux animaux et aux humains.

Santé : les inondations augmentent le risque de maladies féco-orales et transmettent des agents pathogènes tels que le paludisme, la dengue, la leptospirose, la fièvre jaune ou le choléra. Les personnes peuvent également être blessées par la chute d'arbres, des lignes électriques ou d'autres débris.

Chapitre 3

Vulnérabilité de la commune de Sidi Belattar aux inondations

III. Vulnérabilité de la commune de Sidi Belattar aux inondations

Introduction

Dans ce chapitre, on procède à l'étude de l'effet des inondations sur certaines communes algériennes. Nous allons montrer des événements survenus dans différentes régions de l'Algérie. L'objectif de ce chapitre est de constater la vulnérabilité de communes affectées par des crues dans le passé, à travers un constat de différents endommagements enregistrés avec une concentration sur la commune Sidi Belattar.

III.1 Causes produites dans certaines régions

Présentant un environnement topographique défavorable comme le cas des villes traversées par des oueds (Bordj Bou Arreridj, Oued R'hiou, Sidi Bel Abbés) ou situées au pied d'une montagne (Ain Defla, Batna, Médéa). Ces agglomérations à forte population et sous l'effet d'une urbanisation anarchique et non réglementée présentent un risque élevé, des pertes humaines et des destructions de constructions sont enregistrées à chaque inondation aussi légère qu'elle soit. **(OUFELLA.O.TOABIA.B,2005)**. Ces inondations selon les caractéristiques des crues, leurs durées et leurs étendues sont de deux types :

a. Inondations engendrées par des crues torrentielles

Elles affectent les petits bassins versants de quelques dizaines de Km² et elles sont le plus souvent liées à des chutes de pluies isolées et localement intenses issues de phénomènes de convection sous forme de tempêtes orageuses se produisant généralement en automne et été. Les crues de ce type sont particulièrement dangereuses en raison de la soudaineté et de la rapidité avec lesquelles elles se produisent, les ruissellements extrêmement rapides et violents peuvent intervenir moins d'une heure après la pluie et les débits des oueds passent de quelques m³/s à plusieurs milliers de m³/s en 02 ou 03 heures seulement. L'inondation de la ville de Oued R'hiou, (le 20 octobre 1993) où 20 minutes de pluies ont fait 23 morts, 20 blessés et plusieurs disparus, est l'exemple parfait de ce type de crues **(MARABET ,2006)**.

b. Inondations des grands bassins versants

Elles résultent le plus souvent des précipitations importantes généralisées sur des grandes étendues et caractérisées par leur quantité et leur durée qui peut atteindre 10 à 15 jours. Les crues sont massives, lentes et à évolution facilement prévisibles sauf lorsqu'elles sont brutalement aggravées par des affluents avals plus courts et plus rapides. En Algérie, ce type d'inondation survient généralement en saison hivernale entre les mois de Décembre et Mai²⁹.



Figure 17- Schéma bassin versant³⁰.



Figure 18- Ces significations des inondations survenues en Algérie.

²⁹ <http://himaya34.info/wp-content/uploads/2014/10/raport-sur-les-inondations-pour-DP-ET-CABINE1.pdf>

³⁰ <http://www.semnon.fr/image>

III.2 Vulnérabilités des communes algériennes aux inondations

III.2.1 Les inondations d'Oran

Dans le bassin des côtiers oranais, les zones les plus touchées par des crues destructives concernent les wilayas d'Oran et Tlemcen .A l'ouest du pays, la crue la plus violente remonte au mois d'Octobre 1948 qui a vu le débordement de l'Oued Tlélat provoquer d'immenses dégâts humains et matériels et la destruction d'une partie du barrage Tlélat.

Le 17 mai 2020 Oran, des pluies torrentielles qui se sont abattues durant la nuit de samedi à dimanche sur la wilaya d'Oran ont atteint par endroits 18 à 35 millimètres provoquant des inondations et des dégâts matériels et causant la mort d'un nourrisson (Figure III.1). Les fortes pluies qui se sont abattues de manière continue dans la nuit de samedi à dimanche à Oran ont enregistré de nombreux accidents, à l'instar de l'effondrement partiel de certaines habitations précaires et l'inondation par la crue de plusieurs axes routiers principaux, places publiques et cités d'habitations. Les unités de la protection civile sont intervenues pour pomper les eaux infiltrées dans les habitations, évacuer la boue charriée par les eaux et secourir des personnes coincées dans plusieurs communes, à Mers El Kebir, Bousfer, Tafraoui, Aïn El Turck et Bir El Djir.



Figure III.19: Les inondations à Oran

III.2.2 Les inondations d'Alger

Les pluies abattues sur Alger (Bab el Oued) entre le 9 et le 11 Novembre 2001 (262 mm dont 204 mm en 24 heures) ont provoqué l'une des inondations les plus dramatiques qu'a connue l'Algérie. Le bilan de la catastrophe s'est soldé par plus de 700 morts, 115 disparus et 15 des milliers de blessés. Les dommages aux biens (effondrement des constructions, coupures des routes et de l'électricité, renversement de voitures, arbres et poteaux électriques arrachés, liaisons ferroviaires interrompues entre Alger et les autres villes) ont été estimés à 30 milliards de dinars algériens (300 millions de dollars). Ces pluies torrentielles (130 mm enregistrées à la station de Bouzareah durant la matinée du 10 Novembre), accompagnées de violentes rafales de vent et de coulées de boue, ont provoqué tellement de dégâts que les autorités algériennes ont déclenché le plan ORSEC pour venir au secours des victimes (évacuation des milliers de familles) et ont appelé à la solidarité internationale (Figure III.2).

Les inondations qui ont affecté l'Algérois en novembre 2001 sont dues à plusieurs causes dont les plus importantes sont anthropiques. En plus du caractère remarquable des pluies diluviennes abattues sur la ville, il faut noter que la colline qui surplombe la ville d'Alger et qui était recouverte d'une forêt de pins d'Alep et autres espèces méditerranéennes, stabilisant le terrain, a été complètement déboisée et envahie par des constructions, souvent illicites surtout ces dernières années à cause de la guerre civile et de l'exode vers la ville, plus «sécurisée». Il faut dire aussi que la ville d'Alger, conçue pour 500 à 600 000 habitants en supporte près de trois millions actuellement. La population algéroise a quintuplé depuis les trois ou quatre dernières décennies et la demande de logement s'est accrue ; c'est ainsi que les constructions occupent tout l'espace y compris les terrains glissants et accidentés, accentuant de ce fait l'érosion. La configuration géographique particulière du bassin versant accélère les écoulements en cas de pluie très forte, d'autant plus que peu d'ouvrages ont été proposés pour la protection d'Alger et particulièrement de la commune de Bab El Oued, située en contre bas et bordant la mer. De plus, l'imperméabilisation des sols a été accentuée par la construction de routes et pis encore, une voie rapide qui dessert les hauteurs d'Alger vers le centre de Bab El Oued se situe dans le lit de l'oued Koriche, ce qui a accentué davantage l'écoulement de l'eau et le transport des boues et débris lors de la tragédie. Ces inondations ont eu de très lourds impacts et ont provoqué une catastrophe nationale tant par les pertes humaines que des dégâts matériels. En effet,

selon les informations publiées par plusieurs sources, on note plus d'un millier de morts et de nombreux disparus.

Ces nombreux dégâts ont permis de dresser un diagnostic et de recommander la mise en place d'une politique de maintenance du patrimoine public immobilier et d'entretien des biens privés. La nécessité d'établir une carte des risques en fonction d'une classification des sols, de veiller aux règles d'urbanisation, de respecter scrupuleusement le plan d'occupation des sols constituent les priorités des services concernés.(Djellouli ; A. Saci, 2003).

10 Novembre 20, le niveau d'eau maximum mesuré (laisse de crue) est de 2,45m, ce qui donne un débit de crue max 730 m³/s et un apport total 2.600.000m³ L'estimation empirique des sédiments charriés a donné un volume de 800.000 m.

Le bilan de lacatastrophe de Bab el Oued

- ✚ 712morts,115disparus,311blessésetplusde 145 familles sansabri,
- ✚ matériels roulants détruits et ensevelis (389 véhicules toutes catégories confondues),
- ✚ d'importants dégâts occasionnés aux infrastructures: (détériorations des routes, formation de cratères de plus de 10 mètres de diamètre,
- ✚ réseaux d'assainissement fortement endommagés,
- ✚ envasement des rues etc.....),
- ✚ Dégradation des immeubles et des établissements (scolaires, et commerciaux (55) et des maisons
- ✚ glissements de terrain, érosion et poussées sur les fondations et les éléments des structures
- ✚ coût économique (évalué à 544 millions de dinars dégâts)



Figure III.20: Les inondations à Alger

III.2.3 L'inondation du 3 mai 2021 à Beni Slimane (Médéa)

Les inondations du 3 mai 2021 à Beni Slimane, à 70 km à l'est de Médéa, ont occasionné plusieurs décès et des dégâts à l'infrastructure routière qui relie le chef-lieu de la commune à plusieurs agglomérations urbaines, situées à la périphérie immédiate de la ville. Le gros des dégâts a été enregistré sur le réseau routier communal où de nombreux tronçons ont été fortement dégradés suite aux inondations provoquées par le débordement des oueds Boukraa et Alim qui traversent le chef-lieu de la commune de Beni Slimane (Figure III.3).

Le débordement des eaux des oueds Boukraa et Alim, qui ont atteint par plus d'un mètre de hauteur, a particulièrement affecté des tronçons de la RN 18, notamment l'axe Beni Slimane–Sidi Lakrouit et Beni Slimane–Souk El Djemaa et les localités de la wilaya, telles que Bouskène, Sidi El Habchi, Souagui, et El Azzizia³¹.



Figure III.21: Les inondations de 3 mai 2021 à Beni Slimane (Médéa)³²

III.2.4 Les inondations du 01 octobre 2008 à Ghardaïa

Porte du désert située dans la vallée du M'zab reliant les hauts plateaux algériens au Sahara, Ghardaïa est une des nouvelles destinations de cet hiver, à 600 km au sud d'Alger. Le 1^{er} octobre, des pluies diluviennes ont provoqué de graves inondations,

³¹ <https://www.djazairress.com/fr/elwatan/1718504>

³² <http://lecourrier-dalgerie.com/inondations-de-beni-slimane-a-medea-une-commission-technique-pour-letude-des-risques-menacant-la-ville/>

faisant 29 victimes et détruisant de nombreuses habitations. Alors qu'il n'avait pas plu depuis quatre ans, l'eau a débordé des oueds pour atteindre par endroits huit mètres de hauteur. Selon des spécialistes, il s'agit d'une crue centennale. Le gouvernement algérien a envoyé de l'assistance par avion, aidé sur place par un mouvement de solidarité populaire.

En aout 2008, Au moins 33 personnes sont mortes, selon un nouveau bilan annoncé vendredi par le ministère algérien de l'intérieur, et près de 600 maisons ont été détruites dans des inondations très importantes dans la région de Ghardaïa, à 500 km au sud d'Alger, jeudi 2 octobre. Quatre-vingt-quatre personnes ont été blessées. Toute la journée de mercredi, des pluies diluviennes s'étaient abattues sur la région, faisant dangereusement monter les cours d'eau. Une cellule de crise a été créée à Ghardaïa, chef-lieu de la préfecture du même nom où, selon la radio, on craint la découverte d'autres victimes. *"Le survol que nous avons effectué nous pousse à dire que le bilan pourrait être malheureusement plus important"*, a expliqué le ministre de l'intérieur, Noureddine Yazid Zerhouni, précisant que de *"300 à 600 maisons"* au moins avaient été endommagées par ces inondations, notamment dans les oasis. Ghardaïa, porte du désert située dans la vallée du M'zab, site classé au Patrimoine mondial, occupe une position centrale reliant les hauts plateaux algériens au Sahara.

Analyse de l'évènement

- 28 sept 2008 (11mm); 29 sept 2008 (40.5mm)
- Une averse d'une intensité de 15mm/h s'est produite entre 21h et 22h de la journée du 29sept 2008.
- le 30 sept 2008 une averse entre 3h et 4h du matin d'une intensité estimé à 150mm/h.
- Le 1er octobre 2008 une averse entre 3h et 4h du matin avec une intensité de 28.2 mm/h.
- Le matin du 1 octobre 2008 et suite au 28.2mm, une crue dévastatrice s'en est suivie sur l'oued M'zab avec débordement général

Oued Mzab

A travers ce que nous avons discuté dans les chapitres précédents, nous avons constaté que la région de oued M'Zab est une région désertique caractérisée par un

climat sec, mais elle est exposée à des pluies soudaines et des inondations en plus de l'impact des changements climatiques. cycle était sec, ce cycle est pluvieux, donc le risque d'inondation est l'un des dangers les plus importants qui menace la population, d'autant plus que l'on connaît l'ampleur de l'augmentation de la population ces dernières périodes en plus de l'expansion urbaine sur les rives de la vallée et au détriment des terres agricoles, et la construction aléatoire incontrôlée dans le cours de la vallée et cela a augmenté la gravité et le danger de l'inondation dans la région, nous avons donc essayé dans ce chapitre de définir ce phénomène en général et ce que L'étendue de sa dangerosité et sa fréquence dans la vallée du M'Zab, ainsi que les raisons de la montée des eaux lors de la récente crue. Nous avons également essayé de mettre en évidence le niveau d'inondation des eaux afin de préciser les zones urbaines qui étaient soumis à l'inondation d'eau, et c'est en utilisant le système MNT et l'image satellite, alors que nous attendions dans le Centre Technologique La chaîne satellite, dont le problème était centré sur les techniques de réalisation et d'utilisation du MNT pour montrer la réalité de l'inondation en oued du M'Zab, et nous avons également essayé de traiter les vestiges les plus importants de l'inondation et ses effets sur Aspects socio-économiques et structures de base.

Les conséquences de la crue de la vallée du M'Zab

Les inondations affectent tous les aspects de la vie, qu'elle soit humaine ou agricole. Une ville qui est touchée par une inondation ne revient à son état d'origine qu'après une période de temps écoulée depuis ses travaux de préparation. Les inondations causent des pertes humaines à la suite de décès comme par noyade ou électrocution, ou par des épidémies et des maladies qui se sont propagées à la suite de la pollution de l'eau et de sa conversion en eau non potable. Lors de la récente crue de la vallée du M'Zab, la mort d'une quarantaine de personnes a été enregistrée, en plus des pertes dans divers secteurs.

Pertes de logement

Ces inondations ont causé la destruction de bâtiments, d'équipements et de routes, et le déplacement de milliers d'habitants, notamment lors de la prise d'assaut de la crue, et le confinement d'autres, en plus d'isoler la population entre les deux rives de la vallée. Environ 29 229 logements ont été endommagés et submergés par l'eau, et plus

de 2 370 logements se sont complètement effondrés et plus de 4 000 résidents ont été déplacés.

Pertes dans le secteur des services

Le secteur des services, tant publics que privés, a été touché par les inondations du 01 octobre 2008, lorsque les eaux de la vallée ont inondé la région et emporté tout ce qui obstruait son passage et détruisait ses équipements.

Dans le secteur de l'éducation, un grand nombre d'écoles et d'établissements d'enseignement ont été endommagés et certains d'entre eux ont été emportés, ainsi que la destruction d'installations gouvernementales et d'institutions des secteurs public et privé, notamment le siège de la sécurité, la gendarmerie nationale, la protection civile et le siège de l'état de Ghardaïa, et la destruction de 70% des réseaux d'eau, d'électricité, de gaz et de téléphone, où la durée de leur interruption a dépassé 15 jours. Ainsi que le réseau d'égouts des inondations torrentielles qui ont conduit à la paralysie totale de la région. L'inondation a également affecté négativement le secteur du commerce, car elle a entraîné la destruction de plus de 500 magasins et l'eau a inondé les bâtiments commerciaux, ce qui a endommagé une très grande partie des marchandises et des marchandises.



Figure III.22: Les dégâts d'oued Mzab

III.2.5 L'inondation de Béchar

Les épisodes successifs d'intempéries qui ont touché les zones sahariennes, en particulier les villes de Timimoune (2004), de Béchar (2008) et d'Aoulef (2009), ont causé des dégâts matériels considérables : habitations totalement ou partiellement détruites, infrastructures gravement détériorées, équipements collectifs dévastés, etc.

À vrai dire, l'importance des dégâts dans les trois villes que nous avons étudiées n'est pas due seulement au caractère exceptionnel des précipitations qu'elles ont reçues. Celles-ci n'ont eu autant d'effets que parce que de très nombreuses habitations des vieux quartiers (ksour³) sont construites en toub⁴, qu'elles sont vétustes et mal entretenues. Mais les précipitations ont eu d'autres effets : elles ont provoqué la crue des oueds sur les rives desquels de très nombreuses maisons d'habitation avaient été construites, avec ou sans autorisation, au cours des dernières décennies. Ainsi, à Béchar, la plus grosse part des dégâts occasionnés l'a été par la crue de l'oued Béchar, qui traverse la ville du nord-est au sud-ouest. Tout ce qui était situé dans les secteurs inondables a été sérieusement touché, que ce soient les maisons d'habitation ou les quelques équipements collectifs qui y avaient été localisés. Il va de soi que ces secteurs n'auraient jamais dû être urbanisés – les constructions y étaient effectivement interdites –, mais comme ils se trouvaient en plein centre-ville, il s'exerçait sur eux de telles pressions que les autorités fermaient les yeux sur le non-respect des plans d'urbanisme. Dans une agglomération comme Béchar, la tension sur le foncier urbain est extrême : en l'occurrence, elle a conduit à ce que des lotissements soient aménagés par la commune en pleine zone inondable.

Les dégâts

En 2008, la furie des eaux de l'oued Béchar (13 km) a emporté les quelques animaux faméliques du jardin public riverain de l'oued et provoqué l'effondrement d'une école primaire au quartier Haï Nour. Pour l'instant, soixante-dix familles ont été évacuées au centre d'accueil des sinistrés créé dans la précipitation au niveau d'une auberge de jeunesse, de l'ex-CFA et de l'école paramédicale alors qu'elles n'étaient la veille que vingt-six. Vingt autres familles du quartier Tinerkouk sont venues se joindre, jeudi aux autres sinistrés, a-t-on appris ce vendredi. Les pluies diluviennes n'ont pas épargné non plus les habitants des communes éloignées d'oued Saoura, car vingt-six familles à Béni Abbès (240 km au sud de Béchar) ont été touchées, cinq familles à Abadla

et cinq autres à Béni Ounif ont été évacuées mais à titre préventif, signale-t-on. L'armée est intervenue pour dégager par endroits les axes routiers et faciliter la circulation.

Le commandant de compagnie de la Gendarmerie nationale de Béchar a failli perdre la vie en tentant de porter secours à un autocar en difficulté arrivant d'Abadla au niveau de l'oued Béchar au sud de la ville. Mais le bilan définitif des inondations n'est pas encore arrêté.

Depuis 1958, affirme-t-on, jamais les eaux de l'oued Béchar n'ont entraîné une aussi importante crue (850 m³ de débit à la seconde) qui, dans leur furie, se sont infiltrées à l'intérieur des habitations riveraines de l'oued pourtant distantes et détérioré dans leur violence deux ponts séparant le quartier Debdaba au centre-ville. Le pont de la Chouffane emprunté par les passants, a été sérieusement endommagé et menace de s'effondrer.

Des attroupements de dizaines de citoyens touchés par les inondations ont eu lieu devant le siège de la wilaya hier.

Il est à noter que la quantité d'eau tombée au cours des deux jours est de 90 mm alors que la moyenne annuelle enregistrée dans la région est de 100 mm. Mais la persistance du temps pluvieux ce samedi laisse présager une détérioration que la population redoute avec anxiété et avec les conséquences qui pourraient être dramatiques.



Figure III.23: Les constructions affectées par les crues à Béchar

III.2.6 L'inondation d'Adrar

Le 25 septembre 2018, les pluies qui se sont abattues lundi après-midi sur la ville d'Adrar ont causé l'effondrement partiel de quatre habitations et des pannes à une

dizaine de compteurs d'électricité de divers maisons outre l'apparition de plusieurs points noirs dans différents quartiers suite aux eaux pluviales.

Les agents de la protection civile ont dégagé les voies des fortes quantités d'eau afin de faciliter le passage des véhicules et même des piétons. De fortes pluies se sont abattues pendant près de deux heures de temps à Adrar, causant des inondations au niveau des routes et quartiers.



Figure III.24: Les inondations à Adrar en 2018

III.2.7 L'inondation d'El-Bayadh en 2011

La ville d'El-Bayadh est sujette à diverses inondations. Les crues de la vallée Deffa ont causé de nombreuses pertes matérielles et humaines. Le début d'octobre 2011, des pluies estimées à 20 mm en moins d'une heure ont généré une inondation majeure d'oued qui a submergé la plupart des quartiers adjacent aux deux côtés de la vallée.

Les eaux de crue qui se sont déversées dans la vallée au cours du premier octobre 2011 ont atteint de 11 mètres de hauteur dépassant la hauteur habituelle estimée à 6 mètres. Le débit a atteint 401m³/s. Les dégâts étaient considérables (Figure III.9) (Laroussi et Morsli 2012)³³

³³ Laroussi H et Ghezzali M (2012) L'impact des obstacles naturels, techniques et immobiliers sur l'expansion urbaine de la ville d'El-Beidh. Mémoire d'ingénieur. Université d'Oran, 98 pages.



Figure III.25: Les inondations de la ville d'El-Bayadh en 2011

III.2.8 L'inondation du 08/09/2015 à Djelfa

La wilaya de Djelfa a été soumise à une série d'inondations ces dernières années. L'inondation la plus importante a été celle du 08 septembre 2015, qui a causé deux morts et d'énormes pertes matérielles dont 25 quartiers de la ville ont été inondés³⁴.

Durant cet événement, la ville de Djelfa a enregistré de grandes quantités de pluie sur une courte période (53 mm en deux heures), ce qui est équivalent à un tiers du taux annuel de précipitations. Le niveau d'eau de l'oued El Malah a atteint plus de 4,5 m de hauteur et un débit de 340 m³/sec. Les eaux de pluies ont inondé un certain nombre d'habitations de la ville de Djelfa en plus de l'érosion des routes ce qui a conduit à la fermeture de certaines axes routiers (Figure III.10).



Figure III.26: Les inondations de Djelfa le 08/09/2015

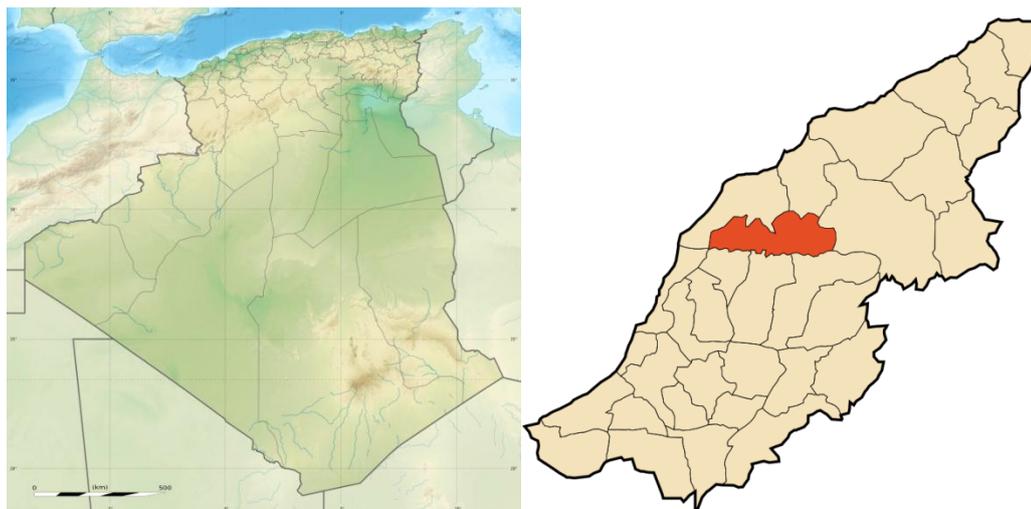
³⁴ <https://www.djelfa.info/ar/mobile/news/djelfa/8999.html>

III.3 Vulnérabilité de la commune de Sidi Belattar face aux inondations

III.3.1 Présentation de la ville de Sidi Belattar

Géographie

Sidi Belattar est une commune qui se trouve au nord centre de la wilaya de Mostaganem. Cette commune.



De point de vue naturel la commune de Sidi Belattar se trouve à l'embouchure de oued Chlef qui se jette dans la méditerranée.



Localisation de la commune de Sidi Belattar dans le bassin versant d'oued Chlef³⁵

³⁵ <https://www.erudit.org/fr/revues/rseau/2020-v32-n4-rseau05304/1069569ar/>

Historique

Colonie romano-berbère dans l'Antiquité, elle était appelée Quiza ou Quiza Xenitana. Le village-centre est une des colonies agricoles constituées en vertu du décret de l'Assemblée nationale française du 19 septembre 1848. Il est constitué sous le nom de Pont du Chélif, sur un territoire de 1889 ha³⁶.

Démographie

Selon le recensement général de la population et de l'habitat de 2008, la population de la commune de Sidi Belattar est évaluée à 6 794 habitants contre 6 670 en 1998, c'est la commune de la wilaya de Mostaganem qui enregistre le plus faible taux de croissance annuel (0,2 % contre 1,6 % pour l'ensemble de la wilaya), sur la période 2008-1998 et l'une des communes les moins peuplées de la wilaya³⁷.

III.3.2 Les inondations historiques

a. Les inondations de janvier 1904

L'ancien village de Sidi Belattar était situé au pied d'une montagne dont les inondations sont causées par la nature du relief et par le ruissellement des eaux dans la partie haute de la zone, ces inondations ont causé la destruction de plusieurs maisons (de 4 à 5 maisons restées entières) aussi l'écoulement du presbytère, ainsi que les archives de la poste et de la mairie ont été portées par la crue par quelques pièces de mobiliers.

b. Les inondations de 2001

L'inondation de la partie Est du village par le débordement d'oued Cheliff et la présence de la pente qui a accentué l'écoulement des eaux, la partie Ouest n'a pas été inondée car elle était protégée par la digue et les vannes murales au niveau des regards.

c. Les inondations de janvier 2017

L'épisode pluvieux sur la wilaya de Mostaganem a laissé des traces dues à la violence et l'intensité des précipitations enregistrées en quelques heures seulement. Parmi les conséquences les plus importantes, le lâcher de l'excédent d'eau du barrage du Chélif, qui a eu pour incidence l'inondation des terres en aval et presque à l'embouchure

³⁶ https://fr.wikipedia.org/wiki/Sidi_Belattar

³⁷ https://fr.wikipedia.org/wiki/Sidi_Belattar

de l'oued en crue. La zone de sidi Belattar a enregistré la violence et l'intensité des précipitations seulement en quelques heures, ce qui muni a la lâcher de l'excédent d'eau du barrage du Cheliff qui a eu par incidence l'inondation de la partie Est du village (la nouvelle extension), par le débordement de l'Oued sur les terrains agricole ; le chemin wilaya N60 demeure fermé la circulation. Des patrouilles d'inspection ont été effectuées sur les abords de l'oued jusqu'à l'embouchure en utilisant des zodiacs d'intervention. Les mêmes services sont intervenus pour secourir huit familles aux douars de Mehaïdia et Ouled Mokhtar à Sour³⁸.



Débordement d'oued Chlef sur les terrains agricoles et la route

³⁸ <https://www.algerie360.com/mostaganem-un-lacher-du-barrage-du-cheliff-inonde-la-plaine/>

Submersion des maisons

Le centre de la commune a été également affecté où plusieurs maisons et immeubles ont été submergés.



Submersion des immeubles au centre de la commune

d. Les inondations de février 2018

Suite aux dernières pluies qui se sont déversées sur la région au cours des 24 dernières heures, menant à la saturation des rivières, les services de l'unité de la protection civile de la daïra d'Ain Tadles ont enregistré l'inondation des eaux de l'oued entraînant de la boue sur la route wilaya n° 60 reliant entre Sidi Belattar et Mostaganem, ce qui a entraîné une obstruction partielle du trafic routier, ce qui a nécessité l'intervention des services de la protection civile pour retirer un minibus bloqué en utilisant un tir-fort, en attendant l'arrivée des services de la commune et des travaux publics pour enlever la boue a ton précisé³⁹.

³⁹ <https://www.djazair.com/fr/reflexion/50248>

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons montré la vulnérabilité de certaines communes algériennes face au risque d'inondation. Plusieurs cas ont été abordés dans différentes régions du pays. Le constat fait a montré que les communes algériennes ne sont pas à l'abri des effets des crues, ce qui nécessite une prise en charge de vulnérabilité de ces territoires face aux crues et inondations. La commune de Sidi Belattar illustre l'exposition élevée de nos communes à cet aléa.

Chapitre 4
Prévention et protection contre les
inondations

IV. Prévention et protection contre les inondations

Introduction

Une inondation est le phénomène occasionnel qui peut noyer de vastes parties du lit majeur ou de la plaine, à la suite d'une crue particulièrement importante et du débordement des eaux⁴⁰. De façon plus pragmatique, on admet qu'une rivière est en crue lorsqu'elle déborde des limites de son lit mineur. Il s'agit d'un phénomène naturel périodique qui n'est exceptionnel que lorsque les débits deviennent considérables par rapport à son module : on parle alors de crue critique, laquelle peut engendrer une inondation sur les zones riveraines. Cependant la distinction classique entre lit mineur et lit majeur est souvent exagérément remplissage du chenal il est possible d'affiner la notion de lit fluvial et de distinguer successivement⁴¹.

Une fois la situation du risque est décrite, il est possible de faire une prévision d'un large éventail d'aménagements qui pourra a priori participer à la réduction des conséquences des écoulements provoquant les inondations. Ces aménagements peuvent être prévus au niveau du bassin versant, dans les réseaux primaires et dans le lit majeur des cours d'eau **(Hachemi, 2014)**.

Dans ce chapitre, il s'agit de traiter les différents moyens pour limiter les dégâts des crues, des projets et des travaux d'aménagements contre les inondations.

IV.1 Moyens de prévention du risque d'inondation

En matière d'inondation, il est difficile d'empêcher les événements de se produire. Et, les ouvrages de protection collectifs, comme les digues, ne peuvent garantir une protection absolue et procurent un faux sentiment de sécurité⁴².

En conséquence, il est nécessaire de développer l'ensemble des types d'actions suivants pour réduire l'impact des inondations :

⁴⁰ <https://books.openedition.org/pub/1484?lang=fr>

⁴¹ <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/construction-et-travaux-publics-th3/techniques-du-batiment-la-reglementation-administrative-et-les-contrats-43819210/prevention-du-risque-inondation-tba251/generalites-tba251niv10001.html>

⁴² <http://www.laregion-risquesnaturels.fr/213-quels-moyens-pour-prevenir-le-risque-inondation-.htm>

IV.1.1. Amélioration des connaissances

La connaissance des aléas et des risques d'inondation est un préalable fondamental à leur prévention. De nombreuses études ont déjà été réalisées et sont régulièrement lancées en vue d'améliorer les connaissances sur le risque inondation :

a) A un niveau régional

Elaboration d'Atlas des Zones Inondables (cartographie permettant de localiser les zones exposées), estimation de la population résidant en zones inondables, retours d'expérience après les grandes inondations afin d'améliorer les dispositifs de prévention...

b) A un niveau plus local :

Etudes hydrauliques sur le comportement des cours d'eau en crue pour connaître les caractéristiques des crues, les fréquences et l'importance des inondations...

- Analyse des risques liés aux habitations, établissements publics et activités économiques.
- Les plus hautes eaux observées (PHE).
- Les crues historiques⁴³.

IV.1.2. Information préventive et sensibilisation des populations

- la création de sites Internet diffusant des informations sur le risque inondation.
- la réalisation et la diffusion de plaquettes d'information.
- la mise en place de repères de crue.
- l'organisation de journées de sensibilisation.
- la mise en place d'expositions itinérantes⁴⁴.

IV.1.3. Surveillance, alerte et gestion de crise

- La surveillance des cours d'eau.
- La surveillance météorologique.
- La préparation à la gestion de crise⁴⁵.

⁴³ <http://www.laregion-risquesnaturels.fr/213-quels-moyens-pour-prevenir-le-risque-inondation-.htm>

⁴⁴ <http://www.laregion-risquesnaturels.fr/213-quels-moyens-pour-prevenir-le-risque-inondation-.htm>

IV.2 Risques et aménagement du territoire

- **Plans de Prévention des Risques Inondation (PPRI)**

Le plan particulier d'intervention est un plan d'urgence spécifique, qui précise les mesures destinées à donner l'alerte aux autorités et aux populations, l'organisation des secours et la mise en place de plans d'évacuation. Ce plan s'appuie sur la carte du risque et sur des dispositifs techniques de surveillance et d'alerte. Les Plans Communaux de Sauvegarde doivent s'articuler avec les dispositions du PPI.

Après avis du comité technique permanent des barrages sur les documents techniques préparatoires à l'établissement du PPI, le PPI est arrêté par le préfet et mis en œuvre par les services de l'État chargés de la sécurité civile.

Les Plans de Prévention des Risques Inondation, établis par l'État, définissent des zones d'interdiction et des zones de prescription, constructibles sous réserve. Ils peuvent imposer d'agir sur l'existant pour réduire la vulnérabilité des biens.

L'objectif est double : la limitation de l'urbanisation en zone inondable (zones déterminées sur la base de la crue de référence, c.à.d. de la crue centennale, ou de la plus forte crue connue) et la préservation des champs d'expansion des crues⁴⁶.

- **Le plan ORSEC**

Le plan ORSEC (organisation des secours) a été créé par la loi 04-20 du 25 décembre 2004, Il s'agit de mettre en place une organisation opérationnelle permanente et unique de gestion des événements touchant gravement la population, à titre d'exemple les inondations.

***Le dispositif opérationnel ORSEC :** Le dispositif ORSEC comprend un processus administratif et technique d'analyse et d'élaboration qui a pour objectif la mise en place d'une organisation opérationnelle permanente : le dispositif opérationnel ORSEC placé sous la direction du président de l'assemblée populaire communale.

ORSEC s'appuie sur :

⁴⁵ <http://www.laregion-risquesnaturels.fr/213-quels-moyens-pour-prevenir-le-risque-inondation-.htm>

⁴⁶ <http://www.laregion-risquesnaturels.fr/213-quels-moyens-pour-prevenir-le-risque-inondation-.htm>

***Un chef** : président de l'assemblée populaire communale, de zone de défense et de sécurité. Il a autorité pour mobiliser les acteurs publics et privés pour la gestion de la situation.

***Un réseau** : service d'aide médicale urgente (SAMU), police, gendarmerie, service départemental d'incendie et de secours (SDIS), associations, communes, Conseil général, entreprises.

***Un recensement des risques** : ayant comme objectif d'aboutir à un répertoire unique des risques prévisibles reconnu par tous les acteurs concernés. Ce répertoire permet de partager une culture et des données communes sur les risques et contribue à une mise en cohérence avec la politique de prévention. L'élaboration du dispositif ORSEC est effectuée sur le fondement de ce document.

***La réalisation systématique** : La mise en pratique par les exercices est une étape indispensable dans le processus de validation du dispositif prévu. La réalisation systématique d'exercices est nécessaire à l'entraînement des acteurs.

Le dispositif opérationnel ORSEC est destiné à traiter les effets sur les populations, les biens et l'environnement des situations de plus en plus multiformes comme suite :

***Modulaire**: c'est la somme de procédures d'actions, outils opérationnels utilisables selon les circonstances.

***Adapté** : aux risques prévisibles recensés.

***Adaptable** : à tous les risques ne peuvent pas être planifiés. ORSEC permet de faire face par son caractère de « boîte à outils opérationnels » à tout type de situation⁴⁷.

- **Réduction de l'aléa dans les zones exposées**

- Rétention amont et ralentissement des crues.
- Protection rapprochée⁴⁸.

⁴⁷ <http://www.laregion-risquesnaturels.fr/213-quels-moyens-pour-prevenir-le-risque-inondation-.htm>

⁴⁸ <http://www.laregion-risquesnaturels.fr/213-quels-moyens-pour-prevenir-le-risque-inondation-.htm>

IV.3 Procédés de protection des agglomérations contre les inondations

IV.3.1 Espaces urbains

Parfois, les interventions de l'homme peuvent aggraver les dommages causés par une inondation. Cependant, l'aménagement des cours d'eau a tendance à rendre la rivière uniforme : tracé rectiligne, profil large et peu profond... Pour lutter contre les préjudices causés par les inondations, des opérations sont proposées pour faciliter l'évacuation des eaux, elles visent à limiter la submersion⁴⁹.

L'entretien des cours d'eau

Les atteintes causées par les inondations confirment l'intérêt d'un entretien régulier, où les embâcles risquent de se former en cas de crue au niveau des ouvrages de franchissement (telles les ponts), aggravant l'inondation des terres riveraines et détériorant les ouvrages (pont, voies ferrées...). L'entretien des cours d'eau englobe l'enlèvement de la végétation présente dans le lit mineur et surtout l'enlèvement des embâcles⁵⁰.



Figure 27- Le jet des remblais dans les cours d'eau aboutit à des inondations liées aux embâcles (Oued Zeramna prêt de la zone industrielle -Skikda -août 2005) (Boulghobra, 2006).

⁴⁹ https://library.ensh.dz/images/site_lamine/pdf/these_master/2014/6-0011-14.pdf

⁵⁰ <http://dSPACE.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/5610/1/memoire.pdf>

Limiter l'érosion

Limiter l'érosion permet d'éviter des modifications très importantes de la rivière après une crue et la création d'embâcles qui occasionnent de nombreux dégâts et favorisant l'apparition de "vagues"

Plusieurs techniques sont utilisées⁵¹ :

a. Les enrochements

Ils sont posés ou fixés le long des berges particulièrement soumises à l'érosion. Cette méthode est couramment utilisée dans les zones urbanisées et offre un bon niveau de protection⁵².



Figure 28- Enrochement à Thuir (La trencade - France). (Boulghobra ,2006).

b. Les techniques végétales

Il s'agit de planter de la végétation pour stabiliser les berges. En comparaison avec les techniques habituelles de l'ingénierie civile, on peut accorder aux techniques végétales un certain nombre d'avantages :

- Régulation du cycle hydrologique (favorisation de l'infiltration et écrêtement des pointes des crues).
- Excellente intégration paysagère des ouvrages de stabilisation dans le milieu.
- Absence de perturbation dans les échanges entre le lit mineur et la nappe phréatique, à plus grande échelle entre le cours d'eau et ses zones humides et milieux annexes.

⁵¹ https://library.ensh.dz/images/site_lamine/pdf/these_master/2014/6-0011-14.pdf

⁵² <https://www.rapport-gratuit.com/risques-des-inondation/>

- Participation à l'autoépuration du cours d'eau par absorption d'éléments nutritifs ou polluants et filtration d'apports sédimentaires. Ce filtre se réalise essentiellement par les essences herbacées et buissonnantes, qui par la densité de leurs tiges aériennes, piègent les particules en transport dans les eaux.
- Résistance souple opposée aux contraintes hydrauliques, permettant de mieux dissiper l'énergie. **(Duglas ,2004)**

c. Les épis

Un épi est un talus en enrochement de faible hauteur, enraciné à la berge et établi transversalement par rapport au cours d'eau. Il constitue un obstacle à l'écoulement de l'eau et provoque différents types de coursant. L'espacement entre les épis dépend de la largeur de la rivière, de leur longueur et de leur nature. Théoriquement, pour qu'un système d'épis soit efficace, il faut que l'écart entre deux épis successifs soit de l'ordre d'une fois et demie (1,5) leur longueur⁵³.

IV.3.2 Protection des édifices contre les crues

Pour protéger les structures riveraines contre les inondations, il faut recourir à quelques techniques de base :

- ✓ Rehausser les fondations au-dessus du niveau de crue, en utilisant un remblai ou des pieux.
- ✓ Enduire le pourtour de la structure de murs étanches en béton, ou l'entourer d'un talus.
- ✓ Placer les transformateurs électriques et téléphoniques ainsi que les systèmes mécaniques) au-dessus du niveau de crue.
- ✓ Pour les nouvelles constructions, il faut surélever le bâtiment au-dessus du niveau de la crue centennale en rehaussant les terrains autour⁵⁴

IV.4. Aménagement en versants avant le lit du cours d'eau

Les aménagements sur les versants ont plusieurs avantages sur le ruissellement de crue est sur l'érosion. Leur implantation en zone rurale se fait en fonction de la topographie en repérant sur la carte topographique, les zones de ruissellement importante et les biefs secs, et étudier la faisabilité des aménagements. En zone

⁵³ <http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/9196/1/Ms.Hyd.Hachemi.PDF.pdf>

⁵⁴ <https://www.rapport-gratuit.com/risques-des-inondation/>

urbanisée la réalisation de nombreux espace de stockage de différentes natures dont leur nombre influence relativement le volume l'eau ruisselé⁵⁵.

IV.4.1 Changement d'occupation de sol

Le changement de type de culture de certain champs et pairies et le reboisement sont des techniques qui favorisent la stabilité de sol contre l'érosion et ralentir le ruissèlement et par conséquence laminer les crues, l'effet de réduction de ruissellement n'est pas illimité lorsque ils tombent de grands volumes dans des courtes durées (Besson, 2007).

IV.4.2. Banquettes

La technique des banquettes est de doubles objectifs, la lutte contre l'érosion et la réduction de ruissellement en favorisant l'infiltration due à la diminution de pente. Leur effet est considérable dans la défense et la restauration de sol. La banquette mécanique se divisée en quatre zones.

1. Le fossé large reçoit les eaux de ruissellement de l'impluvium ;
2. Le talus reçoit la pluie et un apport latéral des eaux fossé ;
3. L'impluvium à l'amant du fossé ; zone cultivé entre les bourrelets, qui ne reçoit plus que la pluie moins le ruissellement ;
4. La zone de l'impluvium à l'aval et proche du bourrelet qui pourrait recevoir un appoint d'eau par drainage à travers le bourrelet des grosses averses⁵⁶.

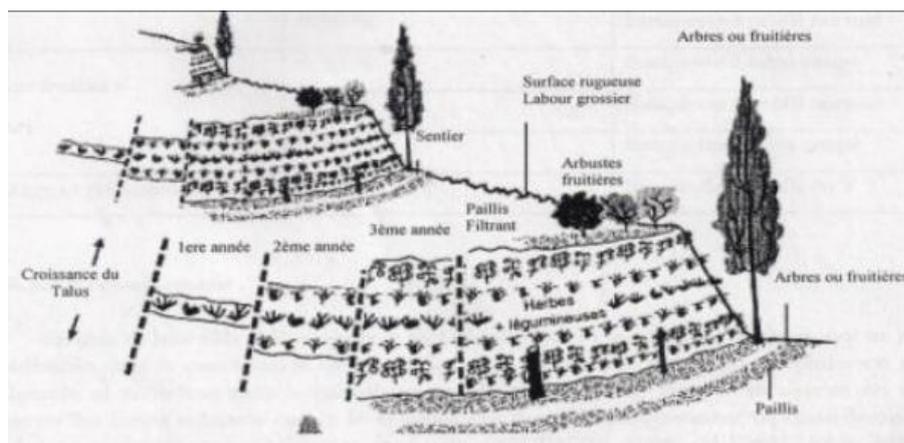


Figure 29- Technique de banquettes (Douglas ,2004).

⁵⁵ https://library.ensh.dz/images/site_lamine/pdf/these_master/2014/6-0011-14.pdf

⁵⁶ https://library.ensh.dz/images/site_lamine/pdf/these_master/2014/6-0011-14.pdf

Banquettes pour épandage des crues

Ce type de travaux aura le but de limiter l'intensité du ruissellement et par conséquent de l'érosion. Il se réalise en inversant la pente de certaines banquettes à partir du cours d'eau, sur lequel un petit barrage de dérivation (seuil en gabion) est construit. Ce barrage – sorte de barrage de rétention – alimente les banquettes au moyen de canal calibré ou buse. Et de là, il régularise l'écoulement du cours d'eau, et rend les crues plus étendues dans le temps⁵⁷.

IV.4.4. Travaux de correction torrentielle sur les lits des Oueds

Le réseau de banquette ne fait que favoriser l'infiltration des eaux pluviales, donc mieux drainer la surabondance hydrologique, et étendre les crues. Cependant, en cas d'orages violents, les cours d'eau débitent une quantité d'eau supérieure à celle qui s'infiltré. Pour cela, les travaux de la correction des cours d'eau s'avèrent complémentaires. Ils aboutissent à freiner graduellement l'écoulement en construisant une série de digues successives au long du cours d'eau (Figure 46).

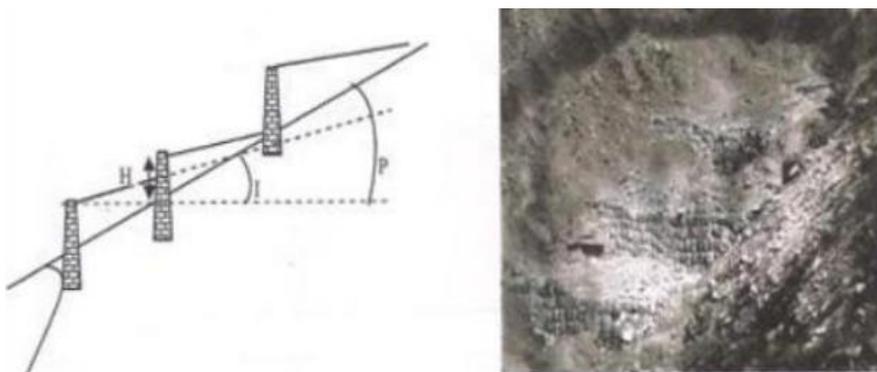


Figure 30- Correction torrentiel. (Besson, 2007).

Le reboisement

En plus de leur rôle à développer le volet écologique et touristique, les forêts ont un rôle considérable dans la conservation de sol et des eaux. Le volume intercepté de pluies est non négligeable et contribue dans le ralentissement de la montée de crue et en opposé on doit conserver les forêts existantes contre le déboisement (un fort accroissement de ruissellement a été observé après des coupes sélectives des forêts (Bruijnzel, 1999).

⁵⁷ <https://www.rapport-gratuit.com/risques-des-inondation/>

Le taux d'infiltration sous un couvert végétal naturel non modifié est généralement élevé et le ruissellement est un phénomène relativement rare sauf dans le cas de pluie exceptionnellement violente⁵⁸.

IV.4.5. Aménagement en lit mineur

Correction torrentiel

Selon la pente, les rivières se classifient en trois types, dans les rivières torrentielles et les torrents la vitesse d'écoulement est très élevée et provoque le transport des sédiments par la force de l'eau de lave torrentielle, pour diminuer cette vitesse on utilise les travaux de correction torrentiel qui consistent à implanter des digues le long du cours d'eau⁵⁹.

IV.4.5.3 Création des zones d'expansion de crue

Le principe est proche de celui de barrage écrêteur. Il consiste à aménager un rétrécissement d'une section sur le cours d'eau afin d'augmenter la ligne d'eau en amont et si nécessaire de construire des remblais barrant le lit majeur. Le fonctionnement de tel aménagement est plus proche du fonctionnement naturel.

Les champs d'expansion doivent prendre en considération la nature juridique des espaces aménagés afin d'indemniser les propriétaires ou les exproprier. Ce type d'aménagement n'a que peu d'impact sur la vie aquatique de la rivière et sur son fonctionnement **(Douglas, 2004)**.

IV.4.5.4 Ouvrages de stockage en dérivation

Contrairement au fonctionnement naturel des champs d'expansion, ce type d'ouvrage est alimenté par dérivation de cours d'eau par un ouvrage de prise et un chenal d'amené. Les bassins de stockage sont creusés dans le terrain naturel ou par construction de digues. Selon la topographie, ils peuvent être aménagés en plusieurs bassins en cascade qui se remplissent successivement de l'amont vers l'aval par déversement⁶⁰.

Le schéma de fonctionnement de ces ouvrages est montré dans la figure suivante

⁵⁸ <https://www.rapport-gratuit.com/risques-des-inondation/>

⁵⁹ https://library.ensh.dz/images/site_lamine/pdf/these_master/2014/6-0011-14.pdf

⁶⁰ <https://www.rapport-gratuit.com/risques-des-inondation/>

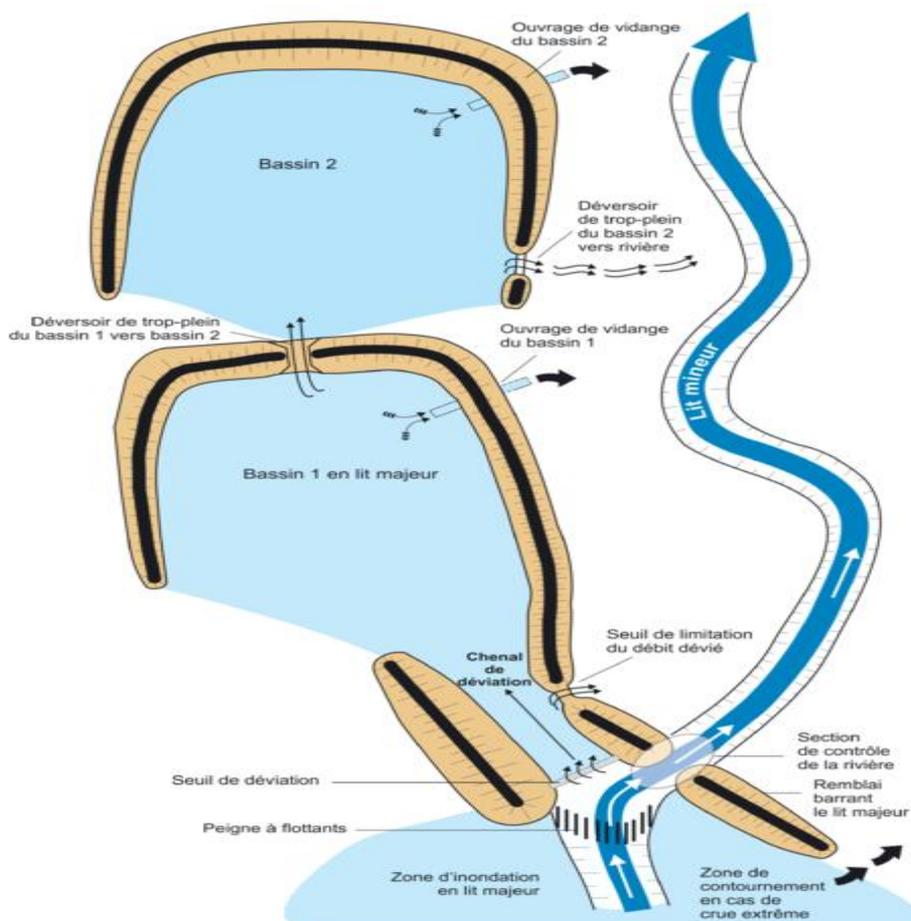


Figure 31- Fonctionnement d'ouvrage de stockage en dérivation (Duglas ,2004).



Figure 32- Canal de dérivation au Sud de la ville de Sidi Bel Abbés (Hallouche, 2007).

L'ouvrage n'entre en jeu que lorsque la crue dépasse une certaine hauteur. En cas de crue exceptionnelle un dispositif de sécurité limite les débits déversés pour protéger les bassins de surverse⁶¹.

⁶¹ <http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/16123/1/Doc.Hyd.BEKHIRA.pdf>

IV.5. Digue de protection contre les inondations

Les digues de protection contre les inondations sont des ouvrages dont au moins une partie est construite en élévation au-dessus du niveau du terrain naturel et destinés à contenir épisodiquement un flux d'eau afin de protéger des zones naturellement inondables⁶².

Les digues de protection contre les inondations constituent le deuxième grand type de digues. On trouve ces digues essentiellement le long des cours d'eau, parfois positionnées directement en contact avec la berge, ou éloignées de plusieurs mètres, ou plus (quelques centaines de mètres), de celle-ci (**Serre, 2005**).

Il existe un type particulier de digues de protection contre les inondations : les digues de ceinture. Elles ont la particularité d'entourer, totalement ou partiellement, une zone à enjeux (ville, village, hameau...) en se rattachant à flanc de coteau⁶³.

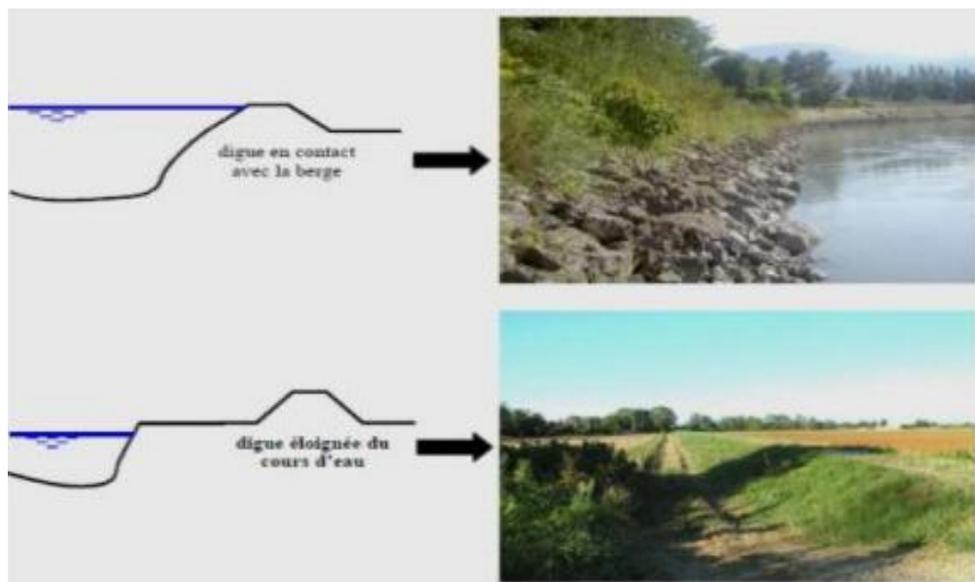


Figure 33- Positionnement de la digue par rapport aux cours d'eau (Duglas ,2004).

Il s'agit d'aménagement longitudinal le long des berges qui sert à protéger de l'inondation des zones où sont présents des enjeux importants (habitations, zones commerciales industriels....etc).

⁶² <https://www.geotechnique-journal.org/articles/geotech/pdf/2006/02/geotech2006115p57.pdf>

⁶³ http://archives.univ-biskra.dz/bitstream/123456789/14970/1/khaoula_ELFETNI.pdf

Les digues sont des ouvrages dont au moins une partie est construite au-dessus du niveau du terrain naturel destinés à contenir le flux d'eau dans les périodes de crue de protéger les zones inondable (Serre, 2005).

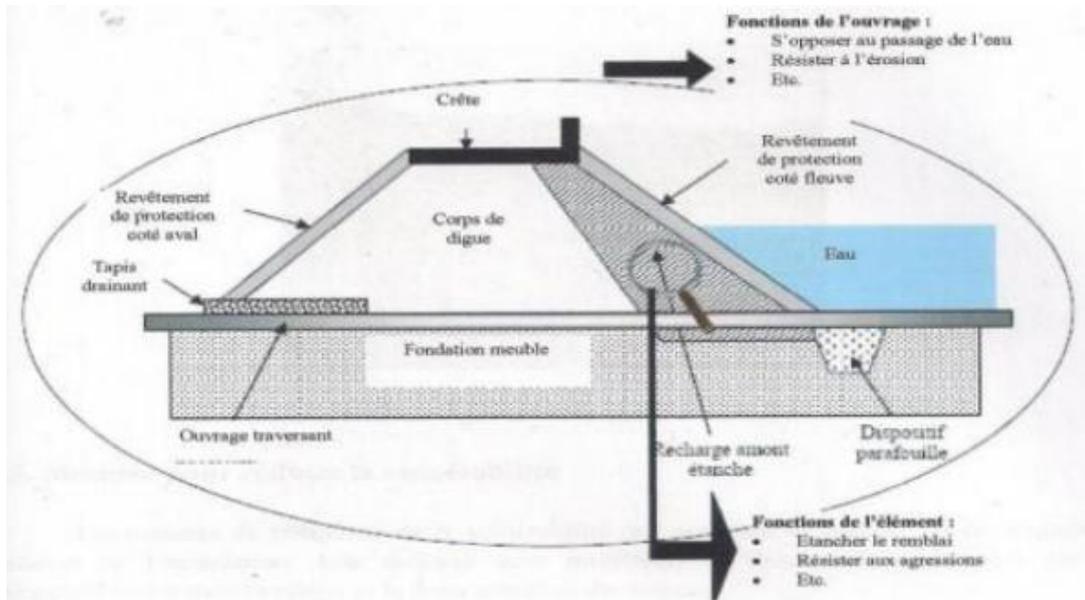


Figure 34- Schéma de digue (Serre, 2005).

Le fonctionnement hydraulique d'une vallée endiguée peut être décrit comme suit :

- ✚ A la montée de crue, la rivière déborde de son lit ;
- ✚ La digue limite les crues relativement fortes mais elle surélève la ligne d'eau là où la présence des digues conduit à rétrécir sensiblement la largeur de lit naturel ;
- ✚ Dans le cas des fortes crues, le rôle des digues est limité et la vallée sera complètement inondée⁶⁴.

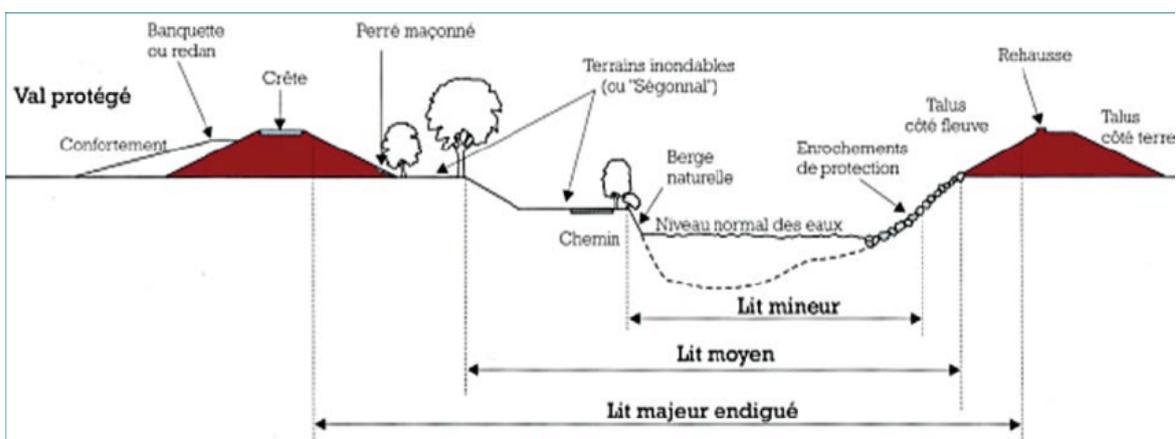


Figure 35- Coupe en travers type d'une vallée endiguée (Mériaux et al. 2001).

⁶⁴ <https://www.rapport-gratuit.com/risques-des-inondation/>

IV.5.1. Caractéristiques des digues de protection contre les inondations

IV.5.1.1 Fonctionnement d'un système endigué

On peut décrire le fonctionnement hydraulique d'une vallée endiguée de la façon suivante :

- ✓ Lors d'une crue, la rivière déborde de son lit mineur et inonde progressivement le lit majeur endigué (**Serre ,2005**).
- ✓ l'endiguement limite l'emprise de l'inondation pour les crues faibles et moyennes, mais il surélève la ligne d'eau là où la présence des digues conduit à rétrécir sensiblement la largeur du lit naturel (c'est très souvent le cas dans la traversée des villes).
- ✓ l'écrêtement (phénomène qui amortit les débits maximaux par inondation d'espaces en lit majeur) est, de ce fait, limité lors des crues courantes
- ✓ les zones protégées par des digues peuvent, dans certains cas, être inondées par le remous du fleuve à sa jonction avec un affluent, ou par les ruissellements issus de bassins versants latéraux dont les exutoires au fleuve se trouvent saturés, ou encore par remontée de la nappe phréatique.
- ✓ on aménage parfois des déversoirs qui permettent :
 1. De protéger la digue contre le déversement.
 2. L'écrêtement de la crue en permettant l'inondation d'une zone à enjeux limités.
- ✓ Pour les crues extrêmes, l'ensemble de la vallée est inondée, soit à la suite du fonctionnement des déversoirs, soit par des ruptures de digues ; le fleuve ou la rivière recouvrent ainsi l'ensemble de leur lit majeur, comme en l'absence de protections⁶⁵.

⁶⁵ <https://www.geotechnique-journal.org/articles/geotech/pdf/2006/02/geotech2006115p57.pdf>



Figure 36- : Digue enrochée.

IV.4 Mesure pour réduire la vulnérabilité

Face à ce constat, il faut agir sur la réduction de la vulnérabilité des enjeux, c'est-à-dire sur la limitation des éventuels dommages : on parle de mitigation. Celle-ci concerne notamment les biens économiques : les constructions (privées et publiques), les bâtiments industriels et commerciaux, ceux nécessaires à la gestion de crise, les réseaux de communication, d'électricité, d'eau, de communication, etc⁶⁶.

La mitigation suppose notamment la formation des divers intervenants (architectes, ingénieurs en génie civil, entrepreneurs etc.) en matière de conception et de prise en compte des phénomènes naturels (climatiques et géologiques), ainsi que la définition de règles de construction. Leur application doit par ailleurs être garantie par un contrôle des ouvrages. Cette action sera d'autant plus efficace quand tous les acteurs concernés, c'est-à-dire également les intermédiaires tels que les assureurs et les maîtres d'œuvre, y seront sensibilisés.

Si l'État et les communes ont des responsabilités dans ce domaine, les propriétaires, locataires ou plus simples citoyens, peuvent contribuer à se protéger efficacement et diminuer leur propre vulnérabilité. Pour cela, il est primordial que chacun connaisse au préalable le phénomène auquel il est exposé, en s'informant sur sa description, l'accident possible et les dommages potentiels.

⁶⁶ https://www.essonne.fr/fileadmin/5-cadre_vie_environnement/Environnement/risques_majeurs/dossier_information.pdf

Les mesures de réduction de la vulnérabilité ont pour but de mitiger les conséquences néfastes de l'inondation. Ces mesures sont multiples, ils doivent être précédés par la délimitation des zones à risque et la détermination des enjeux **(Meriaux ,2001)**.

IV.4.1. Délimitation des zones à risque

La délimitation des zones à risque est liée à la capacité hydrologique du bassin versant et la capacité hydraulique à transporter le débit de crue, ainsi que à la distribution des enjeux dans le lit majeur. On distingue généralement plusieurs zones de crues selon les périodes de retour.

IV.4.2.Travaux de protection pour réduire l'aléa

La protection consiste en l'aménagement du cours d'eau ou du bassin versant en vue de contrôler le déroulement et les conséquences de la crue : on parle de protection passive. Diverses mesures existent, tels que les enrochements, endiguements, pièges à matériaux, plages de dépôts, etc. Ces protections sont efficaces pour une certaine intensité du phénomène, appelée crue de projet. En cas de dépassement de celle-ci, les protections peuvent être inefficaces, voire dangereuses en cas de rupture. C'est le cas des digues qui peuvent être submergées ou des barrages égaliseurs sur les grands fleuves, dont l'efficacité est faible en cas de crue majeure. **(Cortes ,2006)**.

IV.4.3 Détermination des enjeux

Toutes les personnes ou leurs biens peuvent être classés comme des enjeux. Ils sont définis par leurs importances socioéconomiques. On cite les suivants :

- ✓ Habitations.
- ✓ Locaux à évacuation difficile (Les hôpitaux, les garderies d'enfant, les écoles primaires, les foyers de personnes âgées ou déficience intellectuelle).
- ✓ Locaux de stockage de matières toxiques.

IV.4.4 Réduire la gravité des crues torrentielles

La prévention en matière de crues torrentielles consiste à effectuer des travaux de correction active ou passive pour réduire le transport solide en provenance du lit et du bassin versant. Enfin, l'entretien des cours d'eau (curage régulier, entretien des rives et

des ouvrages, etc.) est une nécessité pour éviter l'aggravation des inondations. Cet entretien est à la charge du propriétaire, c'est-à-dire l'État ou les collectivités territoriales et leurs regroupements pour les cours d'eau domaniaux et les propriétaires riverains pour les cours d'eau non domaniaux. Dans certains cas de carence, la commune peut se substituer aux propriétaires privés.

IV.4.5. Maîtrise de l'urbanisation pour réduire la vulnérabilité

La maîtrise de l'urbanisation doit s'exprimer à travers deux documents : le document d'urbanisme et le plan de prévention des risques. Dans le premier, le code de l'urbanisme exige d'imposer la prise en compte des risques dans les documents d'urbanisme. Ainsi, les plans locaux d'urbanisme (PLU) doivent refuser ou accepter sous certaines conditions un permis de construire, notamment dans des zones inondables. Le refus concerne les biens économiques, les constructions (privées et publiques), les bâtiments industriels et commerciaux, les réseaux de communication, d'électricité, d'eau, etc. qui peuvent être situés dans les zones exposées. C'est pour cela, il est nécessaire d'effectuer une formation des divers intervenants (architectes, ingénieurs en génie civil, entrepreneurs etc.) en matière de conception et de prise en compte des phénomènes naturels climatiques, aussi que la définition de règles de construction. L'application de ces règles doit par ailleurs être garantie par un contrôle des ouvrages.

Tandis que les plans de prévention des risques (PPR), définissent des zones d'interdiction et des zones de prescription, constructibles sous réserve. Ils peuvent imposer d'agir sur l'existant pour réduire la vulnérabilité des biens. Ainsi, les propriétaires, locataires ou plus simples citoyens, peuvent contribuer à se protéger efficacement et diminuer leur propre vulnérabilité.

L'objectif de ces deux actions est double : le contrôle du développement en zone inondable et par conséquent la réduction de la vulnérabilité, et la préservation des champs d'expansion des crues (Oufella, 2003).

IV.5 Cartographie du risque d'inondation

IV.5.1 Carte du risque d'inondation

L'intensité de l'aléa d'inondation (c'est-à-dire l'ampleur de l'inondation et sa probabilité d'occurrence) peut être élevée, moyenne ou faible et, selon l'affectation du territoire et

le type d'activités (les enjeux), les conséquences négatives qui en résultent peuvent être importantes, moyennes ou faibles.

Les cartes de risques sont établies pour les différentes sources d'inondation, plus précisément:

- **Les inondations fluviales** (dues aux cours d'eau débordant au-dessus de leur berges), moins présentes en RBC,

- **Les inondations pluviales** (résultant du ruissellement des eaux lors des épisodes pluvieux intenses), qui englobent aussi le phénomène de refoulement des égouts lorsqu'ils sont saturés.

La carte de risque d'inondation représente les conséquences négatives que provoqueraient les inondations en zone d'aléa sur les enjeux suivants: la population, l'activité économique, les installations industrielles les zones de captage d'eau potable, les zones Natura 2000 et le patrimoine culturel. Cette carte est établie conformément à la Directive Inondation (2007/60/CE) et est mise à disposition du public par l'intermédiaire d'une application de consultation de données cartographiques (<http://www.environnement.brussels/> : > Thèmes > Eau > L'eau à Bruxelles > Eau de pluie et inondation > Cartes inondations pour la Région bruxelloise)⁶⁷.

Via le menu "Données" des applications cartographiques, les différentes couches de la carte inondation peuvent être activées.

La carte indique le nombre d'habitant potentiellement impacté par quartier et, au moyen d'un diagramme circulaire, la ventilation de ce nombre par scénario de risque: hors zone à risque (gris), en aléa faible (jaune), en aléa moyen (orange) et en aléa fort (rouge).

⁶⁷ www.environnement.brussels/carteinondation

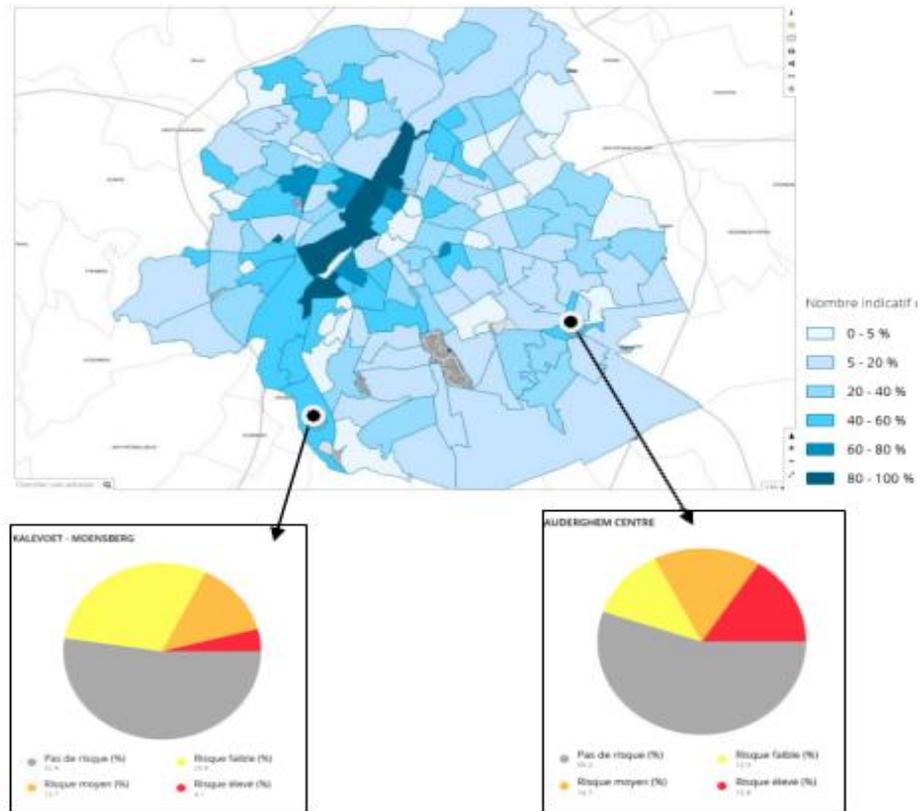


Figure 37- Exemple d'une carte de risque d'inondation (pluviale).

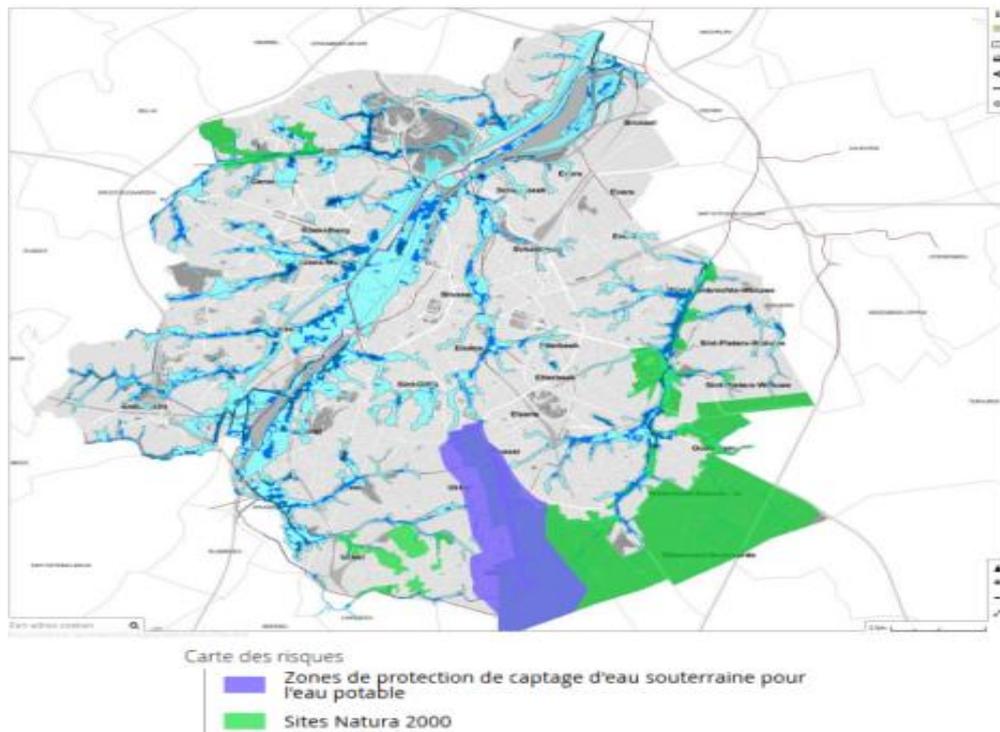


Figure 38- Exemple de carte de risque pour les zones protégées.

IV.5.2. Carte d'aléa

D'une façon générale, le phénomène de référence pour la carte des aléas est le plus fort événement historique connu, ou, lorsqu'il est plus fort, le plus fort des événements résultant de scénarios de fréquence centennale. En conséquence, les phénomènes d'occurrence plus faible ne sont pas pris en compte dans la carte des aléas, mis à part pour les phénomènes avalancheux et torrentiel, où un aléa exceptionnel peut être affiché à titre indicatif. Si certaines grandeurs sont relativement aisées à mesurer régulièrement (les débits liquides par exemple), d'autres le sont beaucoup moins, soit du fait de leur nature même (surpressions occasionnées par une coulée boueuse), soit du fait du caractère instantané du phénomène (chute de blocs). La probabilité du phénomène sera donc généralement appréciée à partir des informations historiques et des observations du chargé d'études.

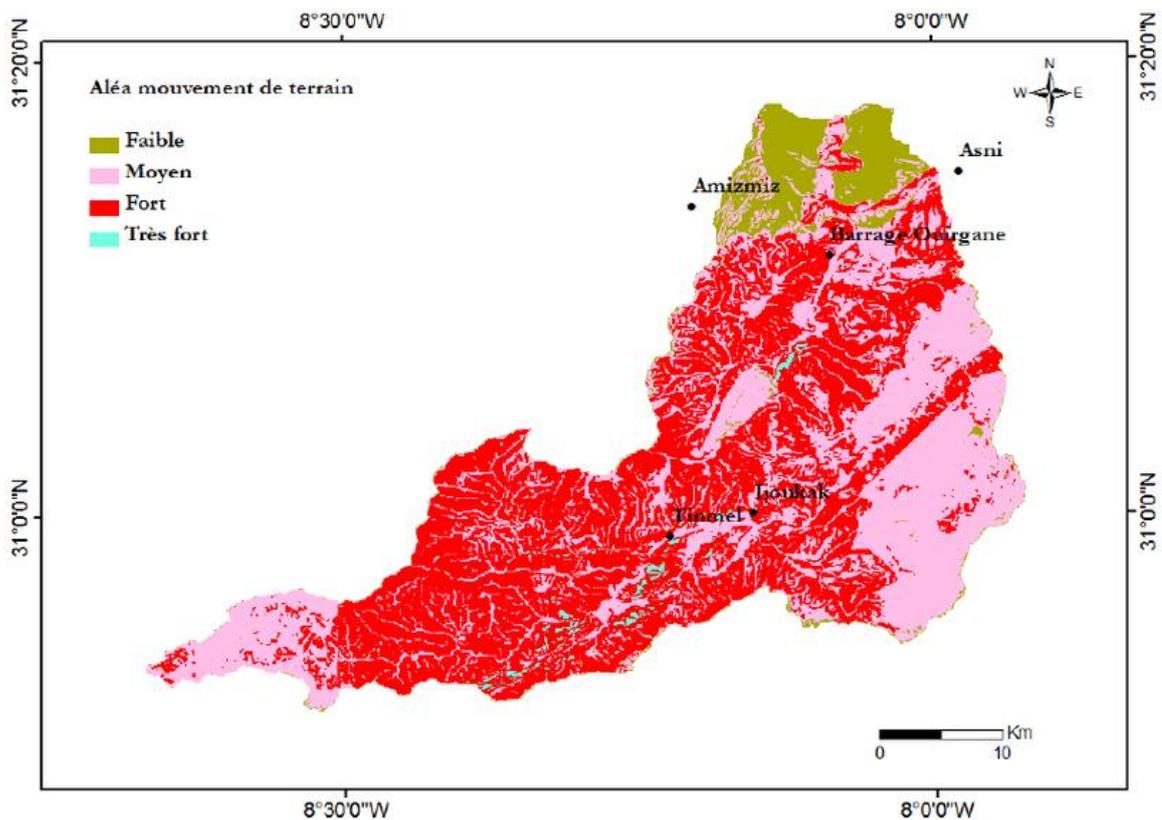


Figure 39- Carte d'aléa mouvement de terrain du bassin versant de N'fis.

IV.5.3 Carte de vulnérabilité

La méthode d'analyse de vulnérabilité élaborée par Thomas et Bleau (2012) dans le cadre d'un projet d'analyse de la vulnérabilité des communautés montréalaises situées sur la rive sud de la rivière des Prairies qui sépare l'île de Laval et celle de

Montréal. À l'aide de trois sous-indices, soit un indice de sensibilité sociale, un indice de sensibilité territoriale et l'indice de vulnérabilité, elle permet de mesurer la capacité d'adaptation des communautés potentiellement exposées au risque d'inondation. Elle se traduit sous la forme de cartographies réalisées à l'aide de systèmes d'information géographique (SIG).

Ainsi, la vulnérabilité se lit comme se suit :

Indice de vulnérabilité = (Indice de sensibilité sociale + Indice de sensibilité territoriale) – Capacité d'adaptation.

L'analyse de vulnérabilité a une importance primordiale pour l'élaboration d'une stratégie d'adaptation. À cet égard, elle permet :

- Une sensibilisation des décideurs politiques et des acteurs du territoire aux vulnérabilités intrinsèques de leur territoire ;
- Une meilleure compréhension des risques ;
- Une visualisation des territoires les plus susceptibles d'être impactés par certains risques (ex, inondations) par leur incapacité à mobiliser les services et les ressources indispensables à leur adaptation (Hume, 2018) ;
- Une meilleure planification des territoires (Thomas, Gagnon, 2019).

Dans un processus d'aide à la décision, l'analyse des vulnérabilités et des risques est indispensable et fondamentale. C'est dans cette optique que cet outil de cartographie sert à alimenter les discussions avec les décideurs politiques, les acteurs du milieu et les citoyens qui partagent leurs visions du risque (Thomas, Gagnon, 2019).

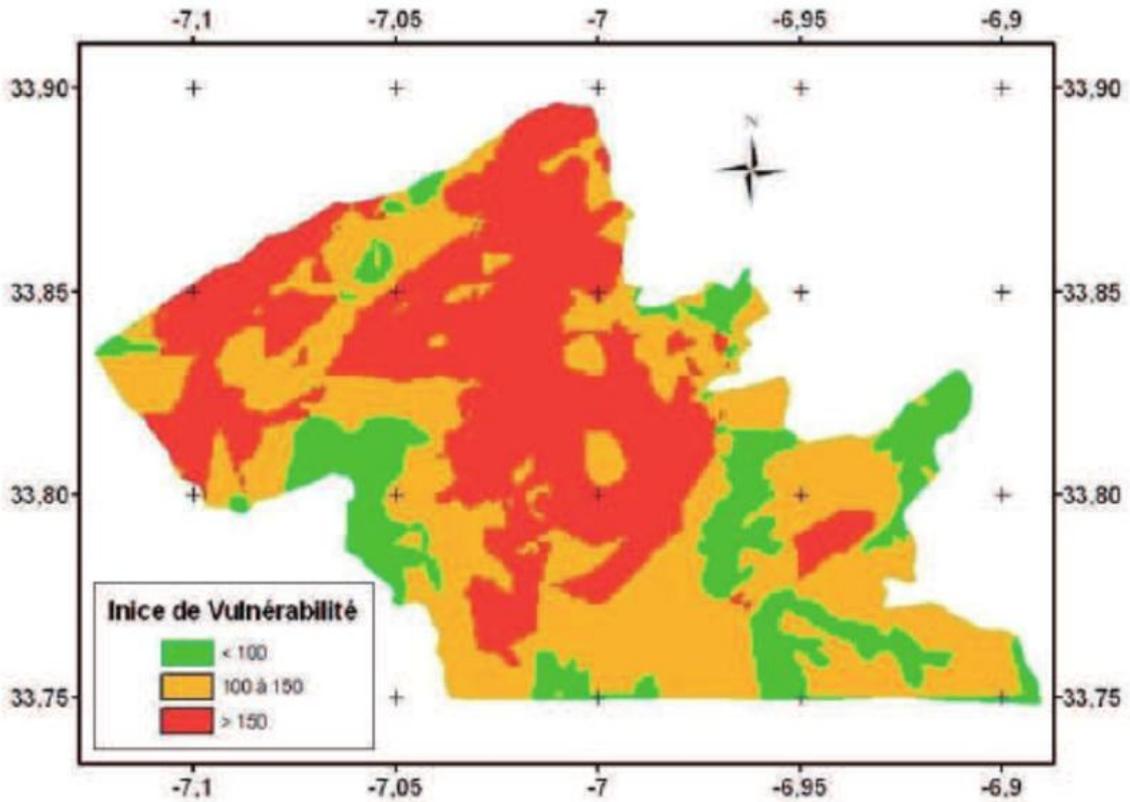


Figure 40- Carte de l'indice de vulnérabilité la zone d'étude.

Conclusion

En conclusion, le problème de protection contre les inondations ne possède pas de solution unique, car ce sont les conditions locales qui commandent. On peut dire qu'il y a autant de problèmes différents à résoudre que de zones inondables. De plus, la réalisation de telle ou telle protection nécessite la réunion d'un certain nombre de conditions qui la plupart du temps limite les possibilités et les résultats. Il faut donc rechercher toujours le type de protection le mieux adapté à la zone à protéger en prenant les marges de sécurité suffisantes, car les méthodes d'études ne sont pas toujours précises.

Dans le domaine de la protection contre les inondations, il ne faut pas attacher également une valeur formelle aux études économiques qu'elles n'ont pas. Les résultats auxquels elles conduisent doivent être beaucoup plus considérés comme étant des estimations grossières, mais qui permettent de juger si les opérations envisagées ne sont pas déraisonnables sur le plan économique et surtout de comparer les solutions entre elles.

Conclusion générale

Le travail de recherche que nous avons mené sur la vulnérabilité des bâtiments aux inondations a abouti aux résultats suivants :

- Expliquer la notion du risque inondation en montrant qu'il est un concept combinant en plus de l'aléa (le phénomène physique), la vulnérabilité qui est les conséquences dommageables de cet aléa sur les enjeux. Par conséquent, la maîtrise de sa gestion nécessite obligatoirement la connaissance de deux notions; d'une part la compréhension du fonctionnement de l'aléa et d'autre part la maîtrise de l'occupation du sol.
- Les inondations est un risque prévisible dans son intensité, mais il est difficile de connaître le moment où elle se manifestera.
- Les paramètres concourant à la formation des crues sont nombreux, cependant l'un d'eux est déterminant : la pluie.
- La prévision des inondations consiste donc principalement en une observation continue des précipitations.
- L'amélioration de la connaissance et l'information sur les inondations est nécessaire pour enrichir la stratégie de gestion des risques.
- Les effets des inondations en Algérie traduisent une récurrence des catastrophes affectant de nombreuses régions et villes
- La conception des bâtiments en zones inondables est un processus complexe, et nécessitera souvent des approches différentes dans la méthode d'analyse.

Bibliographie

Asnoui, (2014) _« Etude du transport solide en suspension dans le Bassin Versant d'oued

AL ABD », Mémoire de master en hydraulique, Université de Tlemcen.

Bachi M. 2011, Problématique du Risque Inondation en milieu urbain ; cas de l'agglomération de Sidi Bel Abbés » Mémoire de Magister en hydraulique, Université de Tlemcen.

BAHLOULI (2001) : « Les risques majeurs et l'aménagement du territoire», Colloque international, 2004- Alger.

BARROCA B, POTTIER N, LEFORT E, 2005, Analyse et évaluation de la vulnérabilité aux inondations du bassin de l'Orge Aval, Septièmes Rencontres de Théo Quant, janvier 2005.

BARROCA B., 2006 : _« Risque et vulnérabilités territoriales : les inondations en milieu urbain, Thèse de Doctorat en hydraulique », Université de Marne-La-Vallée.

BENMECHERNANE N, 2013 : _«étude de protection de la ville de bensekrane (w. Tlemcen) contre les inondations», Master en hydraulique, Université de Tlemcen.

BENMIA K., 2012, Evaluation de la performance des barrages de protection contre les inondations, cas de la ville de Ghazaouet, Thèse de magister, Université de Tlemcen.

Besson, 2007 : « Protection contre les risque des inondations » Thèse Doctorat.- institut national polytechnique de Grenoble.

BLIN PIERRICK., 2001, Développement d'une nouvelle méthode de cartographie du risque unitaire d'inondation (crue) pour des résidences-Université du Québec.

Bouanani, (2004) : _« BOUANANI A., 2004, Hydrologie, Transport solide et modélisation. Etude de quelques sous bassins de la Tafna (NW – Algérien) ». Thèse de Doctorat d'état, Univ. Tlemcen, 250

BOUDJERDA M., 2005:_« Protection contre les inondations de la région de fouka (W. Tipaza) », Mémoire de magister, Ecole national supérieur d'hydraulique.

Boulghobra, 2006 Protection de la ville de Skikda contre l'inondation. Essai de PPR. Mémoire de Magister Aménagement Des Milieux Physiques, Université De Batna-

BRAVARD. J.P., 1991, Les crues et inondations du Rhône, la dynamique fluviale à l'épreuve des changements environnementaux quels enseignements applicables à l'aménagement des rivières la houille blanche.

Bruijnzel, 1999, structures gestionnaires de digues de protection contre les inondations Thèse Doctorat. Université De Joseph Fourier.

CHACHOUA A, 2010, Gestion de crue dans un bassin versant –Etude hydrologique, hydraulique et aménagement, Mémoire de Magister, Université de Tlemcen.

CORTES AMANDINE (2006), L'appropriation active du risque inondation : intérêts et limites de la réglementation. Etude de cas entre Seyssel et Bregnier Cordon (Haut Rhône), Rapport de stage Ingénieur Maître-Institut de la Montagne.

DEFRANCE B, 2009 :« Plan de prévention des risques naturels d'inondation (PPRni) Brévenne –Turdine », Compte-Rendu de la 1ère réunion publique le 1er octobre 2009 à Tarare, P69, p80

Djebali K. 2015, Contribution à l'étude de l'aléa " inondations": Genèse et prédiction Cas de la vallée d'El-Abadia (W. Ain Defla). Mémoire de master, ENSH, 112 p.

Duglas , 2001,Caractérisation du régime des crues le modèle débit-durée-fréquence convergent Approche locale et régionale. Thèse Doctorat. Institut national polytechnique de Grenoble.

Hachemi, 2014 Protection Des Agglomérations Contre Les inondations cas Du Centre D'el Gouassir (W. TLEMEN), Mémoire de Master en hydraulique, Université de Tlemcen

HALLOUCHE B, 2007, Cartographie des zones inondables de la plaine de sidi Bel Abbes par l'approche Hydro géomorphologique Mémoire Magister Université de Sidi Bel Abbes.

LEDOUX B., 2006 : «La gestion du risque inondation, Edition TEC et DOC 11, rue La vorisier-Paris».

Lobled et al, 1987

Mariaux, 2001, Les digues sèches, destinées à la protection contre les inondations Thèse Doctorat.

Mémoire fin d'étude : « la prise en compte des risques d'inondations dans la planification urbaine », cas de la ville de Bab El Oued.

MERABET Abbés : « Etude de la protection de la ville de Sidi Bel Abbés contre les inondations », Mémoire de Magister, Université de Djilali Liabes- Sidi Bel Abbés (2006).

MERABET ABBES (2008), « sEtude de la protection de la ville de Sidi Bel Abbés contre les inondations», Mémoire de Magister, Université de Dj

OUFELLA. O, TOABIA.B (2005): « Contribution à la cartographie des zones vulnérables aux inondations : Application de la méthode inondabilité i; Cas de la ville de Sidi Bel Abbes », Revue Semestrielle Scientifique et Technique, Journal de L'eau et de l'environnement- ENSH Blida.

SALOMON JEAN-NOËL, (1997): « L'homme face aux crues et aux inondations », Presses Universitaire de Bordeaux, Université Michel de Montaigne - Bordeaux.p69-80

Serre, 2005, Evaluation de la performance des digues de protection contre les inondations. Thèse Doctorat. Université De Marne-La-Vallée -

Talah, (2014) : «Contribution à l'étude des risques des inondations de l'oued Mellah W. Djelfa par les systèmes d'informations géographiques (Arc Gis et HEC-geoRAS) ; en utilisant le logiciel HEC-RAS», Mémoire de Magister, Université de M'silla.

SPPPI. -Secrétariat Permanent pour la Prévention des Pollutions Industrielles- en Basse-Seine (2004) , Prise en compte du risque inondation dans les études de dangers des installations classées, Cahier technique N°8, DRIRE Haute-Normandie - 21, avenue de la Porte des champs - 76037 ROUEN CEDEX Tél. 02 35 52 32 00 - Fax 02 35 52 32 32.

Talah, (2014) : «Contribution à l'étude des risques des inondations de l'oued Mellah W. Djelfa par les systèmes d'informations géographiques (Arc Gis et HEC-geoRAS) ; en utilisant le logiciel HEC-RAS», Mémoire de Magister, Université de M'silla.

Xavier. L et JEN.P. « Risque et urbanisme », le moniteur, Paris 2004.

YAHIAOUI A., 2012 : « Inondations torrentielles_ cartographie des zones vulnérables en Algérie du nord (cas de l'oued Mekrria, Wilaya de Sidi Bel Abbés) ». Thèse de doctorat, Ecole Nationale Polytechnique.

Sites web

<http://www.prim.net>

<http://www.environnement.gouv.fr/dossiers/risques/guide-inondation/> Synthèse du livre « Inondation - Guide pratique », avril 1988, détaillant les précautions à prendre avant, pendant et après une inondation.

<http://www.environnement.gouv.fr/dossiers/eau/pages/politique/homme/eauhomme.htm> Informations concernant le domaine de l'eau et notamment les inondations.

http://www.prim.net/citoyen/definition_risque_majeur/21_4_risq_inondation.html Définition du risque d'inondation et références des documents de synthèse existants en matière d'inondations.

http://www.prim.net/citoyen/moi_face_au_risque/221_qui_fait_quoi.html Définition du concept de mitigation et liens vers d'autres sites Internet.

<http://www.irma-grenoble.com/04risques/041risques-naturels/inondations.htm> Informations sur le phénomène d'inondation.

<http://www.irma-grenoble.com/04risques/041risques-naturels/cruets.htm> Informations sur le phénomène de crue torrentielle.

https://www.cepri.net/tl_files/pdf/guidevulnerabilite.pdf,

<http://infoterre.brgm.fr/rapports/RR-40229-FR>,

<https://books.openedition.org/editions-cnrs/28005?lang=fr>,

https://www.indre-et-loire.gouv.fr/content/download/22189/150842/file/annexe_guide.pdf.

Audrey Aviotti est docteur en « Sciences et génie des activités à risques » de Mines Paris Tech

<http://www.mementodumaire.net/wp-content/uploads/2012/07/Risque-inondations-2004.pdf>

<http://www.environnement.gouv.fr/dossiers/risques/guide-inondation/> Synthèse du livre « Inondation - Guide pratique », avril 1988, détaillant les précautions à prendre avant, pendant et après une inondation.

<https://www.murprotec.fr/infiltration-inondation.php>.

<https://www.help-humidite.fr/infiltration-deau-et-inondation>

<https://www.expertise-humidite.fr/causes-humidite/sinistre/inondation>.

<https://www.habitatpresto.com/mag/plafond/plafond-degat-eaux>.

<https://www.leparisien.fr/environnement/inondations-dans-le-sud-ouest-on-a-40-cm-d-eau-dans-notre-rez-de-chaussee-03-02-2021-8422995.php>.

<https://www.eaufrance.fr/>.

<https://www.pinterest.fr/pin/345721708877422021>.