

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/2021

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTER ACADEMIQUE

Année universitaire : 2020 / 2021

Filière : Génie Civil

Spécialité : Structures

### *Thème*

**Vulnérabilité des bâtiments face aux inondations**

Présenté par:

Mr. GALMI Ahmed

Mr. BENKOIBICH Mohamed Bendhiba

*Soutenu publiquement le 27/10/2021 devant le jury composé de :*

Mr. ZELMAT Yassine	MAA	Université de Mostaganem	Président
Mr. SABEUR Bendehiba	MAB	Université de Mostaganem	Examineur
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 Voie et Ouvrages d'Art (2020/2021)*

# Résumé

Les inondations sont parmi les catastrophes naturelles les plus dévastatrices. Le territoire algérien est exposé aux phénomènes de crues fréquentes, qui causent souvent des dégâts humains et matériels importants. Le régime pluviométrique en Algérie est irrégulier, allant de la sécheresse aux pluies abondantes. Les inondations sont causées par la montée des eaux dans les oueds, qui affectent les bâtiments, endommagent les fondations, détruisent les structures, et isolent les communautés. Le but de ce travail est de mettre en évidence la vulnérabilité des bâtiments au risque d'inondation tout en prenant en considération quelques cas algériens. L'étude s'est appuyée sur une recherche bibliographique sur l'inondation en tant que risque naturel et son effet sur les bâtiments.

**Mots clés :** Inondations, bâtiments, vulnérabilité, Algérie

## Abstract

Floods are among the most devastating natural disasters. Algerian territory is exposed to frequent flooding phenomena, which often cause significant human and material damage. The rainfall pattern in Algeria is irregular, ranging from drought to heavy rains. Floods are caused by rising waters in wadis, which affect buildings, damage foundations, destroy structures, and isolate communities. The aim of this work is to highlight the vulnerability of buildings to the risk of flooding while taking into consideration some Algerian cases. The study was based on a literature search on flooding as a natural hazard and its effect on buildings.

**Keywords:** Floods, buildings, vulnerability, Algeria.

## ملخص

تعد الفيضانات من أكثر الكوارث الطبيعية تدميراً. المجال الجزائري معرض لظواهر الفيضانات المتكررة والتي تسبب في كثير من الأحيان أضرار بشرية ومادية كبيرة. نظام هطول الأمطار في الجزائر غير منتظم حيث يتراوح من الجفاف إلى الأمطار الغزيرة. تنتج الفيضانات جراء ارتفاع منسوب المياه في الوديان، مما يؤثر على المباني، ويتلف الأساسات، ويدمر الهياكل، ويعزل المجتمعات. الهدف من هذا العمل هو تسليط الضوء على قابلية تعرض المباني لخطر الفيضانات مع الأخذ في الاعتبار بعض الحالات الجزائرية. اعتمدت الدراسة على بحث بليوغرافي عن الفيضانات كخطر طبيعي وتأثيرها على المباني.

الكلمات المفتاحية: فيضانات، بنايات، هشاشة، الجزائر

# Table des matières

<b>Remerciements</b> .....	<b>III</b>
<b>Dédicace</b> .....	<b>IV</b>
<b>Résumé</b> .....	<b>V</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>V</b>
<b>ملخص</b> .....	<b>V</b>
<b>Table des matières</b> .....	<b>VI</b>
<b>Table des figures</b> .....	<b>IX</b>
<b>Introduction générale</b> .....	<b>10</b>
<b>I. Notions générales sur les inondations</b> .....	<b>13</b>
Introduction.....	13
I.1 Définitions.....	13
I.1.1 Aléa.....	13
I.1.2 Vulnérabilité.....	13
I.1.3 Risque.....	14
I.1.4 Crues.....	14
I.1.5 Inondation.....	14
I.2 Types d'inondations.....	14
I.2.1 Inondations par crues torrentielles.....	15
I.2.2 Inondations par ruissellement en secteur urbain.....	15
I.2.3 Inondations par rupture d'ouvrage ou d'embâcle.....	16
I.2.4 Inondations marines.....	16
Conclusion.....	17
<b>II. Vulnérabilité des bâtiments aux inondations</b> .....	<b>19</b>
Introduction.....	19
II.1 Typologie des bâtiments.....	19
II.1.1 Bâtiments collectifs.....	20
II.1.2 Logements individuels.....	20

II.1.3	Les entrepôts, ateliers et locaux industriels.....	20
II.2	La vulnérabilité des bâtiments.....	21
II.2.1	L'importance de l'étude des vulnérabilités des bâtiments.....	22
II.2.2	La vulnérabilité des maisons individuelles .....	23
II.3	Mécanismes d'atteinte des bâtiments .....	24
II.3.1	Les atteintes aux hommes, aux biens et aux activités .....	24
II.3.2	Les atteintes à l'environnement.....	24
II.3.3	La submersion.....	24
II.3.4	L'infiltration et l'humidité .....	25
II.3.5	L'action mécanique de l'eau .....	26
II.4	Impacts potentiels de l'atteinte des bâtiments.....	27
II.4.1	Sécurité des personnes.....	27
II.4.2	Coût des dommages.....	29
II.4.3	Effets domino et propagation .....	29
Conclusion.....		29
 <b>III. Vulnérabilité des bâtiments aux inondations : cas Algériens.....</b>		 <b>31</b>
Introduction.....		31
IV.1	Les inondations d'Oran .....	31
IV.2	Les inondations d'Alger .....	32
IV.3	L'inondation du 3 mai 2021 à Beni Slimane (Médéa) .....	34
IV.4	Les inondations du 01 octobre 2008 à Ghardaïa .....	35
IV.4.1	Analyse de l'évènement.....	36
IV.4.2	Oued Mzab.....	36
IV.4.3	Les conséquences de la crue de la vallée du M'Zab.....	37
IV.4.3.1	Pertes de logement.....	37
IV.4.3.2	Pertes dans le secteur des services.....	38
IV.4.4	L'inondation de Béchar .....	39
IV.4.4.1	Les dégâts.....	40
IV.5	L'inondation d'Adrar.....	42
IV.6	L'inondation d'El-Bayadh en 2011 .....	43
IV.7	L'inondation du 08/09/2015 à Djelfa.....	44
Conclusion.....		46

<b>IV. Prévention et protection contre les inondations</b> .....	<b>49</b>
Introduction.....	49
V.1 Aperçu.....	49
V.2 Mesures à prendre.....	49
V.2.1 Eviter.....	50
V.2.1.1 Surélévation des bâtiments.....	50
V.2.1.2 Evacuation à partir d'une zone refuge.....	51
V.2.1.3 Bâtiments amphibies.....	52
V.2.2 Résister.....	53
V.2.2.1 Barrières périphérique.....	53
V.2.2.2 Batardeaux anti inondations.....	54
V.2.2.3 Ouvrages de bâtiment résistant à la pénétration de l'eau.....	55
Conclusion.....	56
<b>Conclusion générale</b> .....	<b>57</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>58</b>

# Table des figures

Figure I.1: Inondation par crues torrentielles .....	15
Figure I.2: Inondation par ruissellement en secteur urbain (Alger).....	16
Figure I.3: Inondation par débordement au-dessus de la digue.....	16
Figure I.4: Inondations côtières d'origine marine .....	17
Figure II.1: Typologie de la vulnérabilité structurelle des bâtiments .....	21
Figure II.2: Réduction de la vulnérabilité.....	22
Figure II.3: L'infiltration et l'humidité dus aux inondations (a, b) Infiltrations d'eau où le plancher et le mur fondation et la superficie, (c, d) Conséquences d'un mur humide .....	26
Figure II.4: Opération de sauvetage des personnes prises dans les inondations (M'sila 2021) .....	28
Figure III.1: Les inondations à Oran .....	32
Figure III.2: Les inondations à Alger .....	34
Figure III.3: Les inondations de 3 mai 2021 à Beni Slimane (Médéa).....	35
Figure III.4: Les dégâts d'oued Mzab .....	38
Figure III.5: Effets des inondations sur une partie de la ville de Béchar (2007, 2009).....	40
Figure III.6: Les constructions affectées par les crues à Béchar .....	41
Figure III.7: Les inondations à Adrar en 2018.....	42
Figure III.8: Les inondations d'oued Timiaouin à Adrar en 2012 .....	43
Figure III.9: Les inondations de la ville d'El-Bayadh en 2011 .....	44
Figure III.10: Les inondations de Djelfa le 08/09/2015.....	45
Figure III.11: L'inondation du 02/08/2018 à in Guezzam (Tamanrasset) .....	46
Figure IV.1: Stratégies de protection et de prévention .....	50
Figure IV.2: Surélévation des bâtiments.....	51
Figure IV.3: principe d'évacuation à partir d'une zone refuge.....	52
Figure IV.4: Exemples de bâtiments amphibies utilisant différents types de flotteurs.....	53
Figure IV.5: Typologie de barrières périphériques (a), exemple de barrière périphérique (b, c). .....	54
Figure IV.6: Batardeaux anti inondations.....	55
Figure IV.7: Principe et banc de tests d'étanchéité à l'eau de maçonnerie .....	56

# Introduction générale

Les cours d'eau représentent, pour les riverains, à la fois une richesse et une menace. Cette dualité a longtemps été considérée comme globalement bénéfique, mais aujourd'hui il semble que cet équilibre est en danger.

D'après le Centre de Recherche sur l'Epidémiologie des Désastres (CRED), les inondations sont au cours des deux dernières décennies au premier rang des catastrophes naturelles dans le monde. Elles représentent 34% des catastrophes enregistrées à l'échelle mondiale entre 1990 et 2007 (CRED 2007).

Pour réduire les dommages causés par les inondations et pour assurer la sécurité des biens et des personnes, il faut une parfaite identification des régions présentant le risque d'inondabilité et des facteurs favorisant ou amplifiant l'ampleur des dégâts et des pertes engendrées par ces catastrophes. La détermination des débits des crues du projet reste un outil précieux pour le dimensionnement des ouvrages de protection contre les inondations.

La protection contre le risque 'inondations' est une action importante pour le développement durable. Depuis toujours, l'homme a aménagé les cours d'eau et a développé des systèmes d'assainissement urbain et agricole afin de réduire les risques d'inondation. Les mesures prises pour une réduction de la vulnérabilité sont le plus souvent des mesures structurelles telles que la réalisation d'endiguement, etc. Néanmoins, ces aménagements ont souvent des incidences perverses à l'aval.

L'Algérie est confrontée aux phénomènes des crues et d'inondations qui sont plus fréquents. Ces phénomènes provoquent des catastrophes plus destructrices et occasionnent d'importants dégâts humains et matériels. Les exemples les plus connus sont ceux de Bab El Oued à Alger en 2001, de Sidi Bel Abbès en 2006, de Ghardaïa en 2008 et El Bayadh en 2001.

De nombreuses recherches ont essayé de comprendre les processus de génération des débits et le fonctionnement du bassin versant qui représente l'entité hydrologique de production et de concentration des écoulements. D'autres études se sont focalisées sur la vulnérabilité des constructions afin comprendre leurs comportement au cas d'inondation, et pour améliorer les techniques de construction face à cet aléa.

Chapitre 01: intitulé notions générales sur les inondations, ce chapitre aborde des notions générales sur l'inondation comme aléa naturel avec une présentation des éléments générateurs de ce phénomène.

Chapitre 02: intitulé vulnérabilité des bâtiments aux inondations. Il aborde des connaissances essentielles sur les bâtiments, ensuite il montre les différents risques probables sur les bâtiments.

Chapitre 03: intitulé Vulnérabilité des bâtiments aux inondations: cas algériens, ce chapitre vise à l'étude de l'effet des inondations sur les bâtiments avec une prise en compte de quelques exemples en Algérie.

Chapitre 04: intitulé prévention et protection contre les inondations, ce chapitre montre les mesures et les dispositifs de prévention et de protection des bâtiments face aux impacts des inondations.

# **Chapitre 1**

## **Notions générales sur les inondations**

# I. Notions générales sur les inondations

---

## Introduction

Le niveau de risque varie d'une région à l'autre, et cette dernière peut être affectée par le type d'aléa et la vulnérabilité des enjeux. Si la zone inondable n'est pas utilisée par les humains, l'inondation ne provoquera pas de catastrophe.

Ce chapitre aborde des notions générales sur l'inondation comme aléa naturel avec une présentation des éléments générateurs, sa typologie, en plus aux notions liées aux cours d'eau.

## I.1 Définitions

### I.1.1 Aléa

L'aléa, ou événement ou processus, doit être défini par une intensité, une occurrence spatiale et temporelle. L'intensité traduit l'importance d'un phénomène. Elle peut être mesurée (hauteur d'eau) ou estimée (durée de submersion). La probabilité d'occurrence spatiale est conditionnée par des facteurs de prédisposition ou de susceptibilité (géologique par exemple). La probabilité d'occurrence temporelle dépend de facteurs déclenchant naturels ou anthropiques. Elle peut être estimée qualitativement (négligeable, faible, forte) ou quantitativement (période de retour de 10 ans, 30 ans, 100 ans). La durée du phénomène doit être également prise en compte (durée considérée pour les précipitations pluvieuses). Il est souvent nécessaire de dresser un tableau à double entrée pour caractériser l'aléa (intensité, durée). Pour l'aléa inondation, ce tableau donne la hauteur d'eau (en ligne) et la durée des précipitations (en colonne)<sup>1</sup>.

### I.1.2 Vulnérabilité

Vulnérabilité est un des termes les plus difficiles à définir, en matière de gestion des Inondations. Sur le site prim.net, la vulnérabilité est définie comme la plus ou moins

---

<sup>1</sup> [https://campus.mines-paristech.fr/esige/uved/risques/1.1/html/2\\_2-2\\_1.html](https://campus.mines-paristech.fr/esige/uved/risques/1.1/html/2_2-2_1.html)

grande capacité de l'enjeu à résister à l'aléa. Cependant, il existe de nombreuses autres définitions.

### **I.1.3 Risque**

La définition usuelle donnée pour le risque naturel est la suivante :

$$\text{(Risque)} = \text{(aléa)} \times \text{(enjeu)}$$

Le risque est donc la confrontation d'un aléa (phénomène naturel dangereux) et d'une zone géographique où existent des enjeux qui peuvent être humains, économiques ou environnementaux<sup>2</sup>.

### **I.1.4 Crues**

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. Une crue se caractérise par son hydrogramme graphique qui représente les variations de débit en fonction du temps. Plus précisément, c'est la partie montante de ce hydrogramme qui est appelé « crue », la partie descendante étant « la décrue ». Une crue se définit par différents critères : sa genèse, sa durée, sa fréquence, son débit de pointe et son volume (Salomon, 1997).

### **I.1.5 Inondation**

L'inondation est une submersion temporaire, par l'eau, de terres qui ne sont pas submergées en temps normal, quelle qu'en soit l'origine. L'expression recouvre les inondations dues aux crues des rivières, des torrents de montagne et des cours d'eau intermittents méditerranéens, aux remontées de nappe, aux ruissellements urbains et agricoles ainsi que les submersions marines au-delà des limites du rivage de la mer<sup>3</sup>.

## **I.2 Types d'inondations**

En fonction de l'événement créateur de la catastrophe, on peut distinguer plusieurs types d'inondation.

---

<sup>2</sup> [https://campus.mines-paristech.fr/esige/uved/risques/1.1/html/2\\_2-2\\_1.html](https://campus.mines-paristech.fr/esige/uved/risques/1.1/html/2_2-2_1.html)

<sup>3</sup> <https://www.gouvernement.fr/risques/inondation>

### I.2.1 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 crues (Ledoux, 2006)<sup>4</sup>.

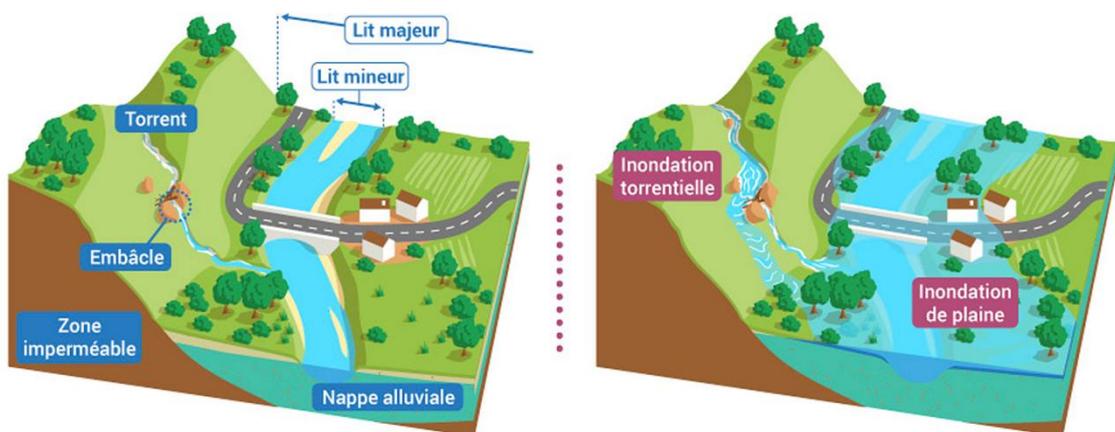


Figure I.1: Inondation par crues torrentielles<sup>5</sup>

### I.2.2 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 ruissellement<sup>6</sup>.

<sup>4</sup> La gestion du risque inondation », Edition Tec et Doc

<sup>5</sup> <https://www.eaufrance.fr/les-inondations-et-les-submersions-marines>

<sup>6</sup> <http://www.prim.net>



Figure I.2: Inondation par ruissellement en secteur urbain (Alger)

### I.2.3 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 torrent<sup>7</sup>.

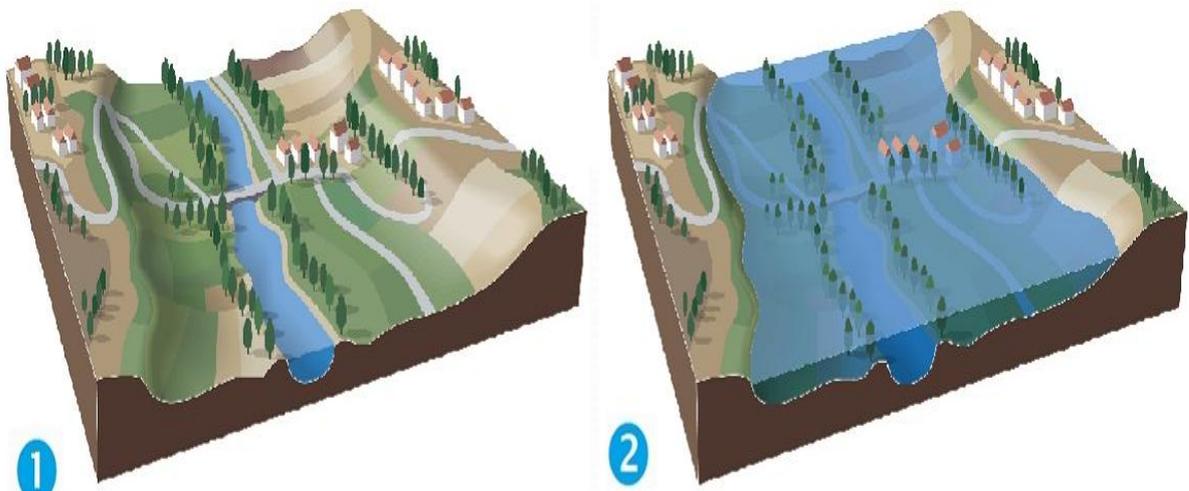


Figure I.3: Inondation par débordement au-dessus de la digue

### I.2.4 Inondations marines

L'inondation marine est une inondation temporaire dans les zones côtières dans des conditions météorologiques (forte basse pression et brise marine) et de forts coefficients vagues. Elles se manifestent soit lors d'un raz de marée ou de tsunami

<sup>7</sup> <http://risquesenvironnementaux-collectivites.oree.org/le-guide/risques-mon-territoire/risques-technologiques-majeurs/rupture-de-barrage.html>

(l'incidence est très faible, mais le phénomène dévastateur), que ce soit lors d'une tempête (vagues, vent et pluie) ou circonstances dans lesquelles le système de défense maritime se rompt.

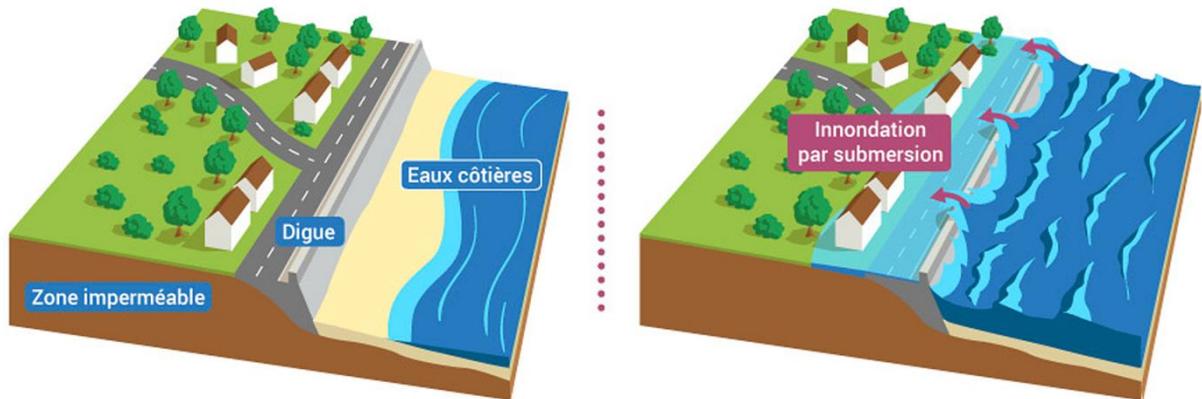


Figure I.4: Inondations côtières d'origine marine<sup>8</sup>

## Conclusion

En somme, les inondations poseraient de graves dommages matériels et affecterait la vie de milliers de personnes. Les causes des inondations sont variées en particulier la pluie, c'est pour cela la prévision des cet aléa se base sur l'observation continue des précipitations. En effet, la résilience varie d'un pays à l'autre d'où il est essentiel de s'intéresser à l'étude des inondations.

<sup>8</sup> <https://www.eaufrance.fr/les-inondations-et-les-submersions-marines>

## **Chapitre 2**

# ***Vulnérabilité des bâtiments aux inondations***

## II. Vulnérabilité des bâtiments aux inondations

---

### Introduction

Dans le monde, plusieurs millions de bâtiments sont directement exposés au risque d'inondation : logements individuels, collectifs, bâtiments publics, locaux d'entreprises, commerces et autres sont concernés. Cependant, la majorité de ces constructions présentent des modes constructifs inadaptés au risque d'inondation. Des diagnostics, réalisés sur des bâtiments publics montrent que leur adaptation n'est pas meilleure, dix mois de délais de travaux pour un collège soumis à 2 m d'eau pendant une semaine, dix mois également pour un centre social soumis aux mêmes conditions, 6 mois pour un centre de travaux soumis à 50 cm d'eau pendant une semaine, 7 mois pour des bâtiments exposés à 30 cm d'eau pendant quelques jours, abritant les services de gestion des déchets d'une agglomération<sup>9</sup>.

La récurrence des inondations nous invitent ainsi à agir sur l'adaptation des bâtiments qui abritent la vie de nos territoires. L'objectif de ce chapitre est inscrit dans cette optique à travers une mise en lumière de la vulnérabilité des bâtiments aux inondations.

### II.1 Typologie des bâtiments

Le premier niveau consiste à classer les bâtiments en fonction de leurs destinations. D'une façon générale, les bâtiments sont répartis en trois catégories.

Les bâtiments collectifs (logements, bureaux, commerces, activités diverses ...)

Les logements individuels

Les entrepôts, ateliers ou locaux industriels.

Le second niveau consiste à classer les bâtiments en fonction de leur type de construction. Différents types de constructions qui correspondent à l'utilisation de technologies qui ont varié en fonction des époques, des quartiers, du niveau social et des impératifs techniques.

---

<sup>9</sup> [https://www.cepri.net/tl\\_files/pdf/guidevulnerabilite.pdf](https://www.cepri.net/tl_files/pdf/guidevulnerabilite.pdf)

Il est constaté que les matériaux utilisés au cours du temps pour les structures des bâtiments sont la maçonnerie et le béton armé. Les autres matériaux sont utilisés d'une façon marginale pour la structure, ou interviennent seulement en tant que constituants des structures en maçonnerie<sup>10</sup>. En combinant les deux niveaux de classification, on obtient (Figure II.1)<sup>11</sup> :

### **II.1.1 Bâtiments collectifs**

- Les bâtiments anciens réalisés en maçonnerie;
- Les bâtiments très anciens en maçonnerie ;
- Les bâtiments en béton armés.

### **II.1.2 Logements individuels**

- Logements individuels anciens réalisés en maçonnerie ;
- Logements individuels récents associant la maçonnerie et le béton armé.

### **II.1.3 Les entrepôts, ateliers et locaux industriels**

- Constructions en maçonnerie ;
- Constructions en béton armé ;
- Constructions métalliques.

---

<sup>10</sup> <http://infoterre.brgm.fr> › rapports › RR-40229-FR

<sup>11</sup> Extrait de Drouet, 2011

Type de bâtiment	Individuel			Collectif	
Classes	A	B	C	D	E
Critères d'identification sur le terrain	Habitat précaire auto-construit en bois, en tôle et matériaux de récupération. style "Banga". Bâti petit, léger et très peu résistant.	Habitat traditionnelle auto-construit avec structure en béton peu renforcée (poteaux 20*20 cm). Toit en béton ou en tôle. Bâti de taille modeste et de faible résistance.	Habitat individuel maçonnerie avec structure en béton renforcée (poteaux > 20*20 cm). Présence systématique d'un étage. Toit en tôle. Bâti de taille importante et résistant.	Habitat collectif maçonnerie de bonne conception. Structure géométrique simple. Toit en tôle. Présence de 1 ou 2 étages. Bâti de grande taille et de bonne résistance.	Habitat collectif massif avec structure renforcée en béton. Présence de plusieurs étages, immeuble. Toit en tôle. Bâti de grande surface et très résistant.
Vue terrain					
Exemple de bâtiment (typologie de la commune de Dzaoudzi-Labattoir)					
Nom Attribué par la commune dans le PLU	Habitat précaire	Case en beton	Pavillon intermédiaire ou de standing	Habitat collectif	Hôpital de Dzaoudzi

Figure II.1: Typologie de la vulnérabilité structurelle des bâtiments

## II.2 La vulnérabilité des bâtiments

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 (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 enjeux.

Cette complexité de concepts d'aléa et de la vulnérabilité (figure I.2)<sup>12</sup> 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<sup>13</sup>.

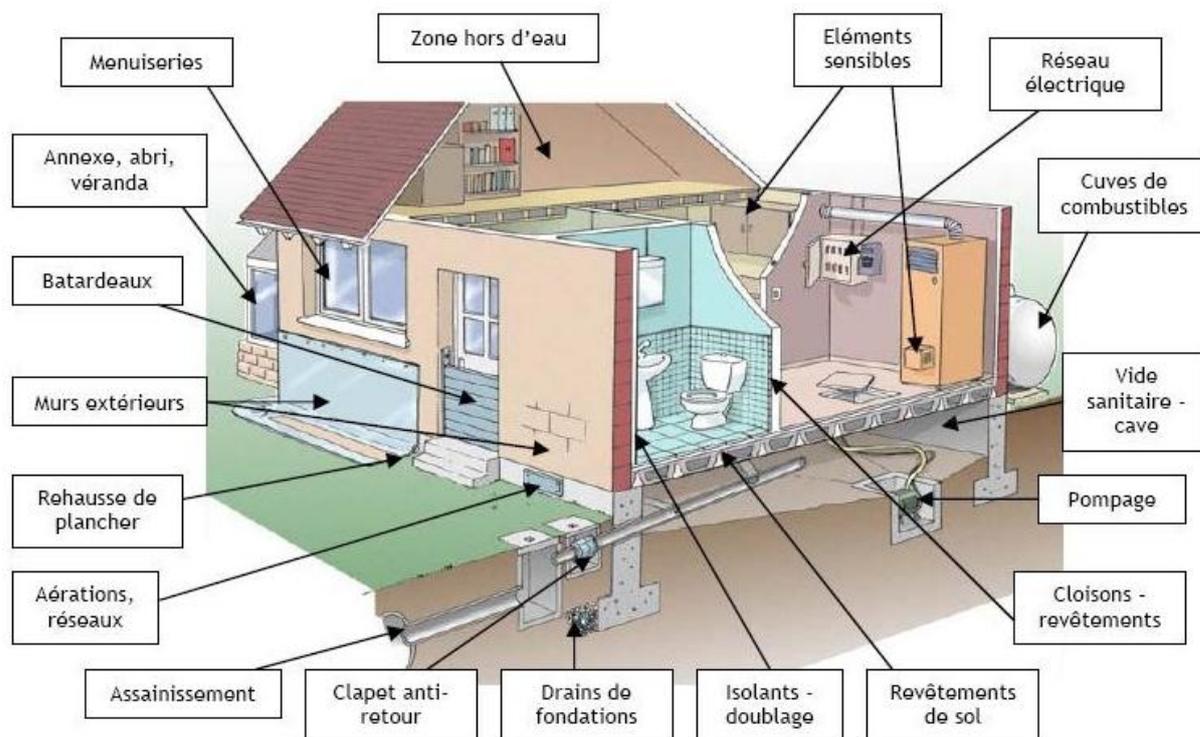


Figure II.2: Réduction de la vulnérabilité

### II.2.1 L'importance de l'étude des vulnérabilités des bâtiments

L'étude de vulnérabilité est élaborée par l'exploitant d'un bâtiment d'activité. Elle doit permettre, à partir d'un diagnostic de l'activité et des bâtiments existants ou projetés, d'identifier les mesures structurelles et/ou organisationnelles à mettre en œuvre pour réduire la vulnérabilité de l'activité aux inondations. Deux "stratégies d'action" sont possibles face à l'inondation :

- Céder : laisser l'eau entrer dans le bâtiment et prendre toutes les dispositions nécessaires à la limitation de l'endommagement et à la réduction du délai de retour à la normale
- Résister : empêcher la pénétration de l'eau dans le bâtiment.

<sup>12</sup> Syndicat Intercommunautaire Rivière Calavon-Coulon

<sup>13</sup> Chachoua, 2010)

Les dommages potentiels (bâtiments, biens,...) et donc les actions à mettre en œuvre pour réduire la vulnérabilité (de même que leur coût) sont différents.<sup>14</sup>

Une des manières de réduire le risque induit est d'agir directement sur la vulnérabilité des constructions. Par conséquent, il s'agit désormais d'offrir aux estimateurs des assurances, et le cas échéant aux propriétaires, des outils permettant de connaître le degré de vulnérabilité d'un objet, ainsi que les mesures et les coûts pour le réduire. Le croisement des champs de compétences de la construction, de l'assurance et de la prévention des risques induits par les dangers naturels permet de proposer une méthode de diagnostic de la vulnérabilité du bâti. Cette méthode se base sur une collecte exhaustive de données et de connaissances en matière d'éléments fragiles d'un bâtiment, elle propose des mesures de remédiations du risque.

### **II.2.2 La vulnérabilité des maisons individuelles**

La fréquence des événements qualifiés de catastrophes naturelles, l'augmentation du coût de la sinistralité et les conséquences socio-économiques affectant les particuliers et leurs biens sont autant d'indicateurs qui amènent les pouvoirs publics et la profession de l'assurance à s'orienter vers une meilleure connaissance de la vulnérabilité de l'habitat individuel face au risque inondation et ceci dans un contexte où la politique publique de prévention est en évolution.

Réduire la vulnérabilité de l'habitat individuel face à l'inondation présente la démarche de conception d'un outil d'autodiagnostic mettant le particulier en situation d'identifier et de réduire les vulnérabilités de son habitat aux inondations.

L'objectif de cette démarche est de renforcer d'une part, le positionnement du particulier dans la gestion du risque inondation et, d'autre part, le positionnement des pouvoirs publics et de la profession de l'assurance dans leur intégration de nouvelles connaissances et leur participation à l'orientation des changements en cours.

---

<sup>14</sup>[https://www.indre-et-loire.gouv.fr/content/download/22189/150842/file/annexe\\_guide\\_%C3%A9tude%20de%20vuln%C3%A9rabilit%C3%A9.pdf](https://www.indre-et-loire.gouv.fr/content/download/22189/150842/file/annexe_guide_%C3%A9tude%20de%20vuln%C3%A9rabilit%C3%A9.pdf)

## **II.3 Mécanismes d'atteinte des bâtiments**

### **II.3.1 Les atteintes aux hommes, aux biens et aux activités**

La vulnérabilité de la population est provoquée en particulier par sa localisation en zone inondable. Sa mise en danger survient surtout lorsque les délais d'alerte et d'évacuation sont trop courts ou inexistants, lors des crues rapides ou torrentielles<sup>15</sup>.

Le danger se traduit par le risque d'être emporté ou noyé, ainsi que par l'isolement sur des îlots coupés de tout accès. Lors des inondations du des dernières années, plus de victimes étaient des automobilistes surpris par la crue. L'interruption des communications peut gêner, voire empêcher l'intervention des secours. Par ailleurs, on estime que les dommages indirects (perte d'activité, chômage technique, etc.) sont souvent plus importants que les dommages directs occasionnés aux biens mobiliers et immobiliers.

### **II.3.2 Les atteintes à l'environnement**

Les dégâts au milieu naturel sont dus à l'érosion, aux déplacements du lit ordinaire, aux dépôts de matériaux, etc. Les phénomènes d'érosion, de charriage, de suspension de matériaux et d'alluvionnement participent à l'évolution du milieu naturel dans ces aspects positifs comme négatifs. Pour les zones industrielles situées en zone inondable, un risque de pollution et d'accident technologique est à prendre en compte<sup>16</sup>.

### **II.3.3 La submersion**

La hauteur de submersion peut avoir un impact important sur le bâti, notamment lorsqu'elle dépasse la côte de référence. La structure porteuse de l'habitation peut être endommagée et les sols et murs gorgés d'eau. Lorsque la durée de submersion est importante (supérieure à 24 h voire 48 h), des problèmes sanitaires peuvent survenir, l'eau étant souvent sale, contaminée par les égouts ou parfois le mazout échappé des cuves. Pour l'homme, on considère généralement que des hauteurs d'eau supérieures à 50 cm sont dangereuses. À titre d'exemple, une voiture commence à flotter à partir de 30 cm d'eau.

---

<sup>15</sup> <http://www.mementodumaire.net/wp-content/uploads/2012/07/Risque-inondations-2004.pdf>.

<sup>16</sup> <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).

### II.3.4 L'infiltration et l'humidité

Les problèmes d'humidité sont généralement créés par de l'eau (Figure II.3). L'eau présente dans le sol (nappes phréatiques, canalisations) qui peuvent parfois remonter par capillarité. Cette eau, associée à une mauvaise ventilation, ou à une étanchéité insuffisante peut être à l'origine de graves problèmes d'humidité, aux conséquences parfois désastreuses.

Un défaut d'étanchéité peut laisser entrer l'eau de pluie, qui pénètre à l'intérieur d'une maison par les parois ou le toit, et finit par les imprégner.<sup>17</sup>

Parmi les défauts d'étanchéité qui peuvent être la cause d'une infiltration d'eau :

- Fuites aux canalisations,
- Fissures sur les murs,
- Joints vieux et abîmés,
- Gouttière encombrée.

Une inondation, due à un volume d'eau plus conséquent, est souvent causée par un dégât des eaux (fuites des sanitaires, lave-linge, lave-vaisselle...), rupture de canalisation, problème de construction, etc.

Lors d'un problème d'infiltration d'eau, il est possible de voir apparaître plus ou moins rapidement des remontées capillaires (taches brunes sur le bas des murs) qui peuvent entraîner la prolifération de moisissures et de champignons, odeur désagréable, tâches qui s'étendent, menuiseries qui pourrissent, murs qui cloquent ... les dégâts possibles sont nombreux<sup>18</sup>.

Face à une inondation, les dégâts sont les mêmes, mais interviennent souvent plus rapidement. Les matériaux sont rapidement fragilisés, et peuvent entraîner un affaiblissement de la structure d'une habitation, en plus d'affecter l'aspect esthétique.

En parallèle, un trop fort taux d'humidité peut avoir des conséquences néfastes sur le système respiratoire (asthme, bronchite chronique...) et engendrer des allergies et réactions cutanées importantes (eczéma, boutons ...).<sup>19</sup>

---

<sup>17</sup> <https://www.murprotec.fr/infiltration-inondation.php>

<sup>18</sup> <https://www.help-humidite.fr/infiltration-deau-et-inondation/>

<sup>19</sup> <https://www.expertise-humidite.fr/causes-humidite/sinistre/inondation/>



Figure II.3: L'infiltration et l'humidité dus aux inondations (a, b) Infiltrations d'eau où le plancher et le mur fondation et la superficie, (c, d) Conséquences d'un mur humide

### II.3.5 L'action mécanique de l'eau

La hauteur d'eau est susceptible de déstabiliser et d'endommager la structure du bâtiment, à travers la poussée qu'elle génère sur les murs. Sur les ouvrages, le niveau d'endommagement n'est pas proportionnel à la hauteur d'eau de manière linéaire mais évolue plutôt par paliers.

### ***La vitesse du courant d'immersion***

La vitesse de l'écoulement peut être élevée dans le cas d'une crue torrentielle, près de la zone de rupture d'un ouvrage de protection ou encore le long des axes d'écoulement qui serviront de drainage lors de la vidange d'un val.

Une vitesse de courant élevée (supérieure à un mètre par seconde) peut augmenter notamment l'endommagement des éléments extérieurs de la construction.

En outre, elle aggrave dynamiquement le déséquilibre des pressions statiques sur les parois du bâtiment entre l'extérieur et l'intérieur. Elle peut aussi éroder le sol au droit du bâtiment et provoquer l'affouillement des fondations et l'effondrement du bâtiment. Enfin, la vitesse du courant d'eau peut provoquer, sur ces mêmes parois, des chocs de matériaux ou de matériels véhiculés par les flots (troncs d'arbres, cuves, véhicules, etc.)<sup>20</sup>.

### ***La turbidité et la pollution de l'eau***

La turbidité provient de la présence de fines particules (argiles ou limons) en suspension dans l'eau. Les dépôts sur les surfaces immergées amplifient naturellement les travaux de nettoyage. En dehors de l'immersion par remontée de nappe où l'eau est filtrée par le sol, on considère que l'eau est toujours turbide. Cette eau peut, en outre, être chargée de produits polluants tels que des hydrocarbures échappés de cuves ou de réservoirs de stockage endommagés.

## **II.4 Impacts potentiels de l'atteinte des bâtiments**

### **II.4.1 Sécurité des personnes**

Les inondations les plus soudaines sont les plus dangereuses pour la sécurité des personnes, parce qu'elles ne laissent pas le temps d'évacuer les zones inondables (Figure II.4). Pendant l'inondation, le courant est un danger réel : il peut emporter des personnes. Lors des submersions marines, il en va de même avec les vagues, qui peuvent emporter les personnes qui se promènent trop près du rivage.

Tous les biens peuvent subir des dommages à cause du courant : les voitures sont emportées, les bâtiments qui manquent de robustesse peuvent être détruits, etc. Les infrastructures de transport sont aussi vulnérables, en particulier les ouvrages de

---

<sup>20</sup> [https://www.cepri.net/tl\\_files/pdf/guidevulnerabilite.pdf](https://www.cepri.net/tl_files/pdf/guidevulnerabilite.pdf)

franchissement des cours d'eau tels que les ponts. Sous l'effet du courant, ils peuvent rompre.

Les difficultés pour les usagers peuvent perdurer après l'inondation, par exemple lorsque certains axes de communication restent coupés jusqu'à ce qu'ils soient réparés.

Concernant la sécurité des populations, le danger peut venir de l'isolement imposé par une inondation durable, si l'eau potable ou la nourriture viennent à manquer. Des accidents industriels ou technologiques peuvent aussi survenir, provoqués par exemple par une défaillance de systèmes de sécurité inondés (système de refroidissement par exemple)<sup>21</sup>.

Dans les zones industrielles et commerciales, la montée des eaux provoque des destructions matérielles, tant des bâtiments que des moyens de production (les machines) et des biens. A ces dégâts matériels s'ajoutent les pertes liées à un arrêt d'activité : la montée des eaux peut couper l'accès aux zones industrielles ou agricoles. Entrepreneurs, artisans, commerçants, agriculteurs sont alors paralysés jusqu'à ce que la décrue permette de nouveau l'accès aux zones de travail<sup>22</sup>.



Figure II.4: Opération de sauvetage des personnes prises dans les inondations (M'sila 2021)

<sup>21</sup> <https://www.eaufrance.fr/>

<sup>22</sup> [http://www.occitanie.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/bibliographie\\_vulnerabilite\\_cle22f191.pdf](http://www.occitanie.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/bibliographie_vulnerabilite_cle22f191.pdf)

## **II.4.2 Coût des dommages**

La plupart des inondations sont aujourd'hui vécues comme des catastrophes, que ce soit en territoires ruraux, comme en concentration urbaine. La gestion de ces événements pose aux différentes parties prenantes des questions, quant à l'évaluation du coût des dommages, quant au financement des réparations et enfin aux arbitrages en matière de décisions de gestion des risques associés à ces coûts<sup>23</sup>.

## **II.4.3 Effets domino et propagation**

Dans le domaine des risques potentiels et des catastrophes bien réelles, les effets de dominos sont reconnus depuis longtemps. Ces effets de dominos sont devenus essentiels dans les grandes métropoles. En effet, la ville produit des risques et des catastrophes complexes.

Ces derniers intègrent une double, voire une triple dimension, naturelle et technique ou technologique, naturelle et sociale ou encore, pour prendre un dernier exemple, naturelle, technique et sociale. Ce couplage entre des mécanismes d'origine différente est source de la complexité des risques et des catastrophes urbains.

## **Conclusion**

Face à l'accroissement du risque d'inondation, seule une action volontaire paraît appropriée, fondée sur le constat que la prise en compte des inondations dans l'aménagement et le développement du territoire ne peuvent se limiter à une approche trop locale, sectorielle et à court terme, mais elle suppose une politique globale de prévention des risques naturels à travers une stratégie fondée sur plusieurs actions :

- La connaissance des risques ;
- La surveillance des phénomènes ;
- L'information de la population ;
- La prise en compte des risques dans l'aménagement ;
- Les travaux de prévention ;
- La préparation aux situations de crise ;
- Le retour d'expérience.

---

<sup>23</sup> <https://www.pinterest.fr/pin/345721708877422021/>

## **Chapitre 3**

### ***Vulnérabilité des bâtiments aux inondations: cas Algériens***

### **III. Vulnérabilité des bâtiments aux inondations : cas Algériens**

---

#### **Introduction**

Dans ce chapitre, on procède à l'étude de l'effet des inondations sur les bâtiments en Algérie. Nous allons montrer des événements survenus dans différentes régions de l'Algérie. L'objectif de ce chapitre est de constater la vulnérabilité des bâtiments affectés par des crues dans le passé, à travers un constat de différents endommagements enregistrés.

#### **IV.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.

Les pluies ont provoqué également l'effondrement d'un mur à haï Lalla Khadidja dans la commune de Mers El Kébir ayant causé la mort d'un bébé et blessé sa mère. Le corps sans vie du nourrisson a été transféré à la morgue de l'hôpital d'Aïn El Turck et la maman a été évacuée à l'hôpital pour les soins nécessaires.



Figure III.1: Les inondations à Oran

## IV.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 m<sup>3</sup>/s et un apport total 2.600.000m<sup>3</sup> L'estimation empirique des sédiments charriés a donné un volume de 800.000 m.

### Le bilan de lacatastrophe de Bab el Oued

- ✚ 712morts,115disparus,311blesséetplusde 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.2: Les inondations à Alger

### IV.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 Azzizia<sup>24</sup>.



Figure III.3: Les inondations de 3 mai 2021 à Beni Slimane (Médéa)<sup>25</sup>

#### IV.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<sup>er</sup> octobre, des pluies diluviennes ont provoqué de graves inondations, 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

<sup>24</sup> <https://www.djazairress.com/fr/elwatan/1718504>

<sup>25</sup> <http://lecourrier-dalgerie.com/inondations-de-beni-slimane-a-medea-une-commission-technique-pour-letude-des-risques-menacant-la-ville/>

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.

#### **IV.4.1 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 estimée 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

#### **IV.4.2 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.

Quant à la deuxième partie de ce chapitre, nous avons abordé le projet de préparation, qui vise à réduire le phénomène d'inondation, en mettant en évidence les travaux les plus importants réalisés et les solutions proposées par l'Etat et les bureaux d'études.

#### **IV.4.3 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.

##### **IV.4.3.1 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.

#### **IV.4.3.2 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, le 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.4: Les dégâts d'oued Mzab

#### **IV.4.4 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 (ksour<sup>3</sup>) sont construites en toub<sup>4</sup>, 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.



Figure III.5: Effets des inondations sur une partie de la ville de Béchar (2007, 2009)

#### IV.4.4.1 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 m<sup>3</sup> 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.6: Les constructions affectées par les crues à Béchar

#### **IV.5 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.7: Les inondations à Adrar en 2018

En août 2012, des maisons effondrées et des personnes sont portées disparues. Des inondations survenues durant la nuit à Timiaouin à l'extrême sud-ouest de la wilaya d'Adrar.

La région de Timiaouin a été déclarée en situation d'urgence par les autorités de la wilaya d'Adrar. Des centaines de maisons ont été détruites par les fortes chutes de pluies, en outre, les interventions ont permis de sauver les dizaines personnes restées au milieu les eaux de pluies à plusieurs endroits de Timiaouin.



Figure III.8: Les inondations d'oued Timiaouin à Adrar en 2012

#### **IV.6 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  $401\text{m}^3/\text{s}$ . Les dégâts étaient considérables (Figure III.9) (Laroussi et Morsli 2012)<sup>26</sup>.

---

<sup>26</sup> 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.9: Les inondations de la ville d'El-Bayadh en 2011

#### IV.7 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 inondés<sup>27</sup>.

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

<sup>27</sup> <https://www.djelfa.info/ar/mobile/news/djelfa/8999.html>

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 m<sup>3</sup>/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.10:Les inondations de Djelfa le 08/09/2015

### III.10 L'inondation du 02/08/2018 à In Guezzam (Tamanrasset)

Les pluies qui se sont abattues à In Guezzam (30,4 mm) située à 400 km au sud de chef-lieu de la wilaya de Tamanrasset, ont causé plus de cinq morts et d'importants

dégâts (Figure. III.11a, b)<sup>28</sup>. Plusieurs habitations menaçant ruine ont été endommagés, et les quartiers situés aux bords de l'oued ont été inondés (Figure. III.11 c, d). Les images satellitaires montrent l'étendue des crues (Figure. III.11 e, f).



Figure III.11: L'inondation du 02/08/2018 à In Guezzam (Tamanrasset) (a, b) la ville de Tamanrasset inondée, (c, d) inondations à In Guezzam ; (e, f) images satellitaires de l'étendue de l'inondation à In Guezzam (ASAL 2018)<sup>29</sup>

## Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons montré la vulnérabilité des bâtiments face au risque d'inondation. Plusieurs cas ont été abordés dans différentes régions du pays. Le constat

<sup>28</sup> <https://www.liberte-algerie.com/actualite/les-intemperies-font-des-degats-a-in-guezzam-297529>

<sup>29</sup> <https://asal.dz/?p=228>

fait a montré que les anciennes constructions ou ceux nouvellement construites ne sont pas à l'abri des effets des crues, ce qui nécessite une prise en charge de vulnérabilité des bâtiments face aux crues et inondations.

Les effets des inondations en Algérie traduisent une récurrence des catastrophes affectant de nombreuses régions et villes. L'amélioration de la connaissance et l'information sur les inondations est nécessaire pour enrichir la stratégie de gestion des risques.

***Chapitre 4***  
***Prévention et protection contre les***  
***inondations***

## IV. Prévention et protection contre les inondations

---

### Introduction

Lorsque les bâtiments sont implantés dans des zones inondables, il est important de s'assurer de l'écoulement et l'élévation des eaux lors les crues. Dans ce cas, il faut prendre en considération les concepts de prévention, conception, et de protection.

### V.1 Aperçu

La protection et la prévention, peuvent recevoir de multiples définitions parmi lesquelles :

- La protection est l'action ou le fait de soustraire une personne ou un bien aux effets de l'aléa inondation qui pourrait le toucher ;
- La prévention est l'ensemble de mesures destinées à éviter que l'inondation prévisible n'entraîne un dommage aux personnes ou aux biens (une mesure de prévention a pour objet de limiter la vulnérabilité des personnes et des biens).

Dans la pratique, une même mesure peut relever de l'une ou l'autre notion :

- Une mesure de protection efficace (une digue par exemple) participe à la prévention puisqu'elle évite (jusqu'à un certain point) que l'inondation prévisible n'entraîne de dommage aux personnes ou aux biens ;
- Une mesure de prévention efficace des dommages pour les personnes (zone refuge accessible en toutes circonstances par exemple) les protège du risque de noyade mais ne protège pas le bâtiment et son mobilier ;
- Une mesure de prévention efficace des bâtiments (implantation d'un bâtiment sur une hauteur) est également une mesure de protection.

### V.2 Mesures à prendre

Les actions de protection/prévention à l'échelle du bâtiment peuvent être classées en trois groupes : « éviter », « résister », « céder » (Fig. VI.1).

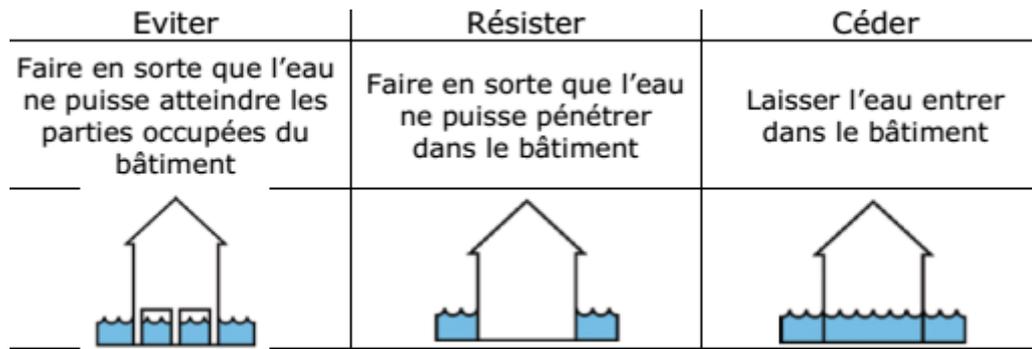


Figure IV.1: Stratégies de protection et de prévention<sup>30</sup>

### V.2.1 Eviter

La protection la plus efficace en matière de mise à l'abri des personnes et des biens est de ne pas s'exposer. Ce truisme fut appliqué avec succès par exemple par les fondateurs de la Nouvelle-Orléans qui furent bien avisés de construire la ville originelle hors d'atteinte des inondations côtières et du Mississippi. Ce principe de bon sens est repris par exemple dans les préconisations d'assureurs à l'attention de leurs clients industriels « *La meilleure solution pour éviter les effets de l'inondation est de choisir un site d'implantation hors d'atteinte. Faire un tel choix est de loin plus simple que de concevoir des dispositifs de protection d'une installation située en zone inondable* ».

La limite de ce principe simple s'impose d'elle-même du fait que la géographie de la région et la topographie des lieux ne présentent pas toujours de telles opportunités.

#### V.2.1.1 Surélévation des bâtiments

Au cas où la topographie des lieux n'offre pas de position élevée, la surélévation peut être assurée de manière artificielle soit en créant une plateforme à une hauteur suffisante, soit en utilisant des pilotis (Fig. VI.2). Ces mesures d'évitement ont été mises en œuvre par de nombreux groupes humains sur terre. Elles trouvent leur limite dès lors que le niveau de l'eau dépasse la cote de surélévation.

<sup>30</sup> <http://www.developpementdurable.gouv.fr/Referentiel-de-travaux-de.html>

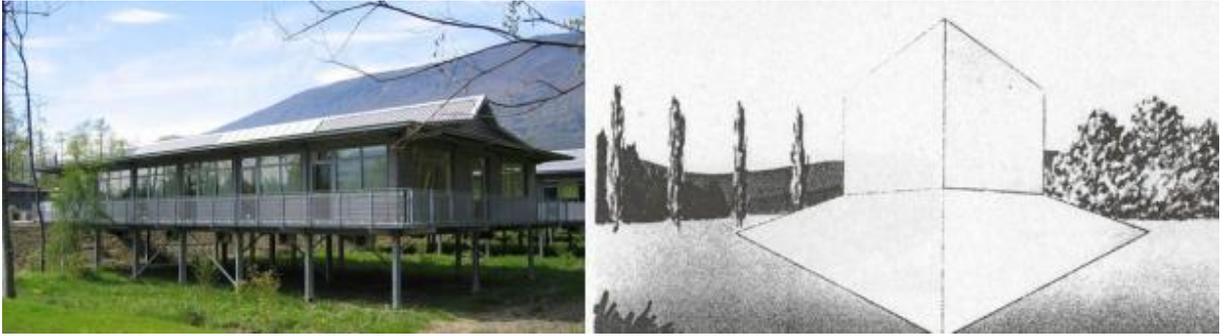


Figure IV.2: Surélévation des bâtiments

### V.2.1.2 Evacuation à partir d'une zone refuge

Si la protection des biens peut difficilement être garantie en toutes circonstances par la surélévation, cette mesure peut cependant se révéler vitale pour la protection des personnes.

A cette fin, la création d'une zone refuge est judicieuse dès lors que le type d'inondation (par exemple une inondation torrentielle) ne permet pas d'anticiper une évacuation du bâtiment en temps opportun. Cette zone peut être aménagée dans un étage élevé du bâtiment ou être créée par ajout d'un plancher abrité des intempéries. Elle doit favoriser l'évacuation par barque ou par hélitreuillage (Fig. VI.3a). La solution adoptée dépend de paramètres techniques (structure du bâtiment, possibilité de créer un accès intérieur), socio-économiques (nombre de personnes concernées, ressources disponibles, subventions éventuelles), administratifs (autorisation de construire) (Fig. VI.3b).

Quelle que soit la solution adoptée in fine, la zone refuge n'a d'autre fonction que d'accueillir temporairement les habitants dans l'attente des secours. Outre la constitution et la maintenance d'un kit de survie et de signalement au secours (MRN, 2005), les points essentiels sont l'accès en toutes circonstances (la nuit, sans éclairage, avec éventuellement de l'eau au niveau bas du bâtiment et des meubles qui flottent et obstruent le passage) et les possibilités d'évacuation (fenêtre de toiture, balcon) (DGALN, 2012) (Fig. VI.3c).

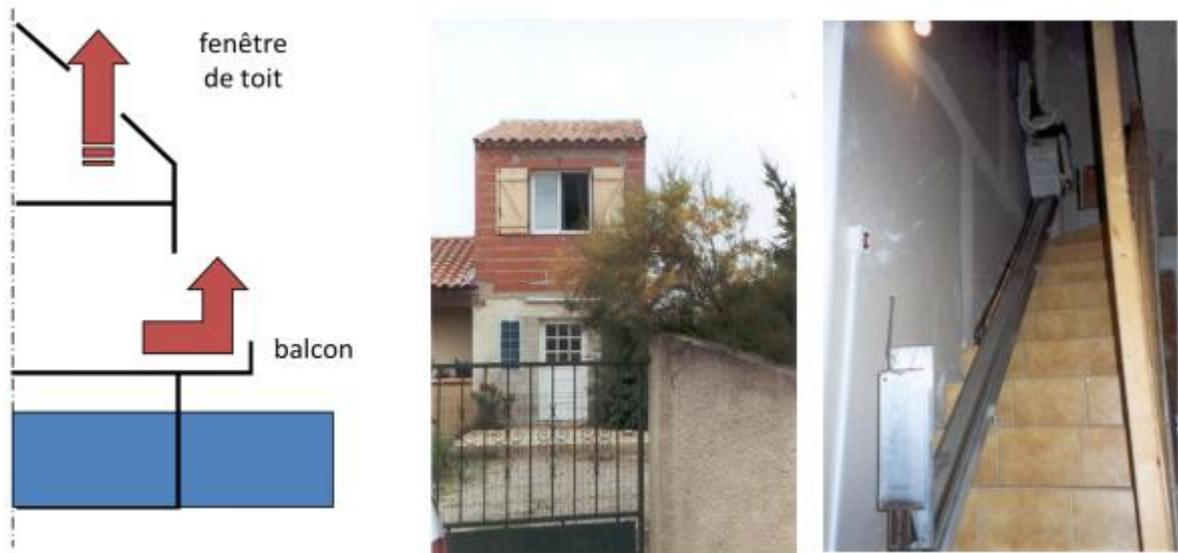


Figure IV.3: principe d'évacuation à partir d'une zone refuge

### V.2.1.3 Bâtiments amphibies

Là également, l'exemple vient de temps lointains : l'Arche de Noé n'est-elle pas le premier bâtiment amphibie ? Construite sur sol sec, elle se mit à flotter avec ses occupants dès que le niveau de l'eau permit la flottaison pour se redéposer sur le sol après le Déluge. Les bâtiments amphibies sont construits suivant ce même principe. Afin toutefois d'éviter la dérive du bâtiment flottant au gré des flots, les concepteurs contemporains prévoient des ducs d'Albe qui guident les mouvements verticaux du bâtiment.

Pour limiter le tirant d'eau, les bâtiments sont légers, généralement en bois. Les flotteurs sont quant à eux en béton, en acier, en matière plastique, en béton de fibre (Figure. IV.4). La production de ce type de bâtiment reste confidentielle malgré une médiatisation intense d'une expérimentation néerlandaise en 2007 portant sur 25 bâtiments amphibies.

Des projets de ville flottante sont également médiatisés qui généralisent le concept du bateau-logement installé par exemple en de multiples exemplaires le long des berges de la Seine à Paris.



Figure IV.4: Exemples de bâtiments amphibies utilisant différents types de flotteurs

## V.2.2 Résister

Limiter la pénétration de l'eau dans les bâtiments, voire dans tout un quartier, est également une solution très ancienne. Les digues le long des rivières y participent. Même dans des endroits où elles sont vitales, comme aux Pays-Bas, l'évolution des modes de gestion des inondations tend à ne plus les privilégier mais au contraire à promouvoir une nouvelle approche (voir chapitre 4). Les barrières temporaires et les batardeaux sont les moyens les plus courants de protéger respectivement un ensemble de bâtiments ou des bâtiments pris isolément, quelle que soit leur destination. La littérature de langue anglaise parle de « dry-proofing ».

### V.2.2.1 Barrières périphérique

La typologie des barrières est peu nombreuse (Figure IV.5). Outre le coût de ces équipements, le choix par une collectivité ou un industriel dépend de nombreux critères : type d'inondation, temps disponible pour déploiement, temps nécessaire pour montage, capacité de stockage des éléments, gestion du risque de vol des éléments de

barrières, capacité de maintenance, insertion paysagère des équipements fixes (murets support par exemple, pour ne retenir que ceux-là.

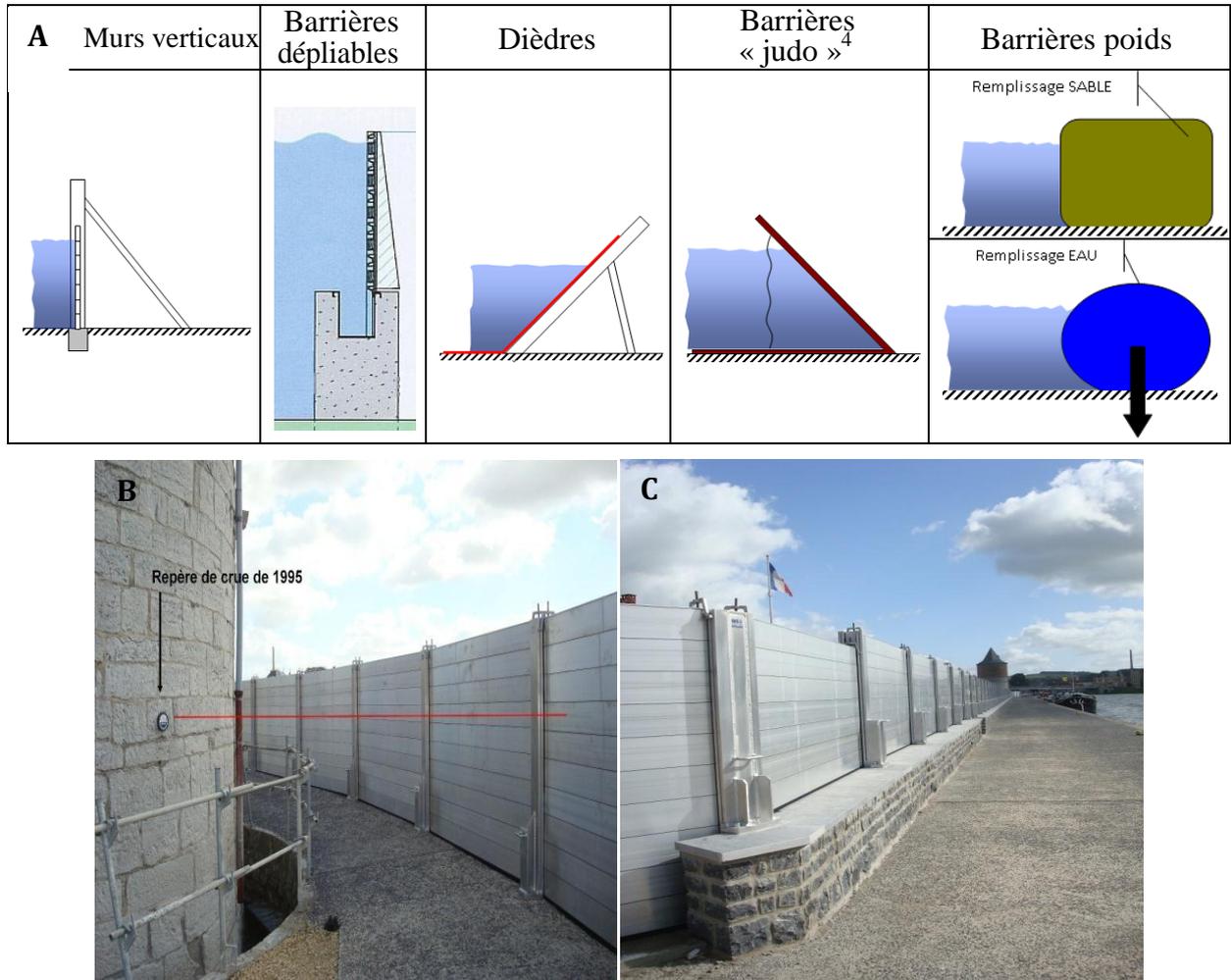


Figure IV.5: Typologie de barrières périphériques (a), exemple de barrière périphérique (b, c).

### V.2.2.2 Batardeaux anti inondations

La fonction des barrières provisoires de protection des bâtiments contre les inondations, communément appelées batardeaux (Figure IV.6), est de :

- Limiter la pénétration d'eau dans les bâtiments ;
- Retenir les débris transportés par l'inondation, jouant ainsi un rôle de filtre grossier.

Ce faisant, leur usage est de nature à limiter les dégâts provoqués à l'intérieur du bâtiment et le temps de reprise de possession de l'usage des locaux concernés.

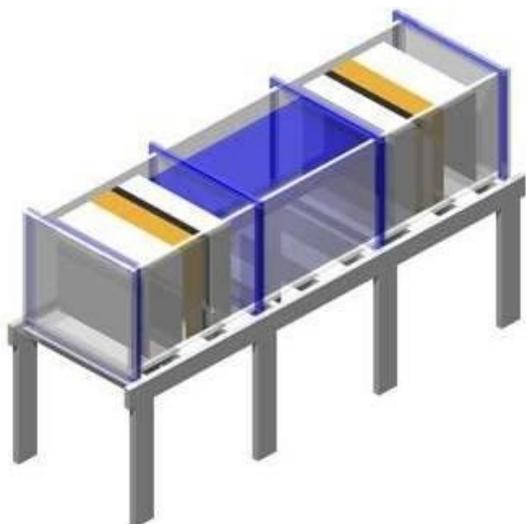
Le principe de ces équipements est d'occulter les baies des portes, des portes-fenêtres et éventuellement des fenêtres à l'aide de matériaux assemblés pour former une barrière présentant une certaine étanchéité à l'eau.



Figure IV.6: Batardeaux anti inondations

### V.2.2.3 Ouvrages de bâtiment résistant à la pénétration de l'eau

Un mur ordinaire en maçonnerie, bien conçu et réalisé, est imperméable à l'eau de pluie mais n'est pas étanche à l'eau qui l'entoure pendant une inondation. Le vide de construction est rempli d'une mousse assurant l'isolation thermique. Le mur soumis à la pression hydrostatique. Les résultats ont montré un faible débit de fuite et un comportement mécanique satisfaisant (peu de déformation, pas de fissures). Cependant l'influence sur les performances thermiques de l'ouvrage n'a pas été évaluée.



## **Conclusion**

La conception des bâtiments en zones inondables est un processus complexe, et nécessitera souvent des approches différentes dans la méthode d'analyse. La conception finale du bâtiment sera un compromis entre le coût, le niveau de protection ou la capacité. Cependant, l'absence de normes nationales peut être un réel problème pour l'application du processus de conception et peut entraîner l'application de méthodes et de normes inappropriées par d'autres pays qui ne connaissent pas les conditions spécifiques de la région en question. Cependant, il est possible d'utiliser les données et les méthodes d'autres pays s'il peut être démontré qu'elles sont appropriées.

## 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

**BRAVARD J.P.** et F. PETIT, (1997) Les cours d'eau. Dynamique du système fluvial, Armand Colin, Paris, 213 p.

**CRED.** (2007), Bilan des catastrophes naturelles dans le monde de 1975 à 2004, The OFDA/CRED International Disaster Database", Université Catholique de Louvain, Bruxelles, Belgique.

**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.

**LEDOUX.** (2006), La gestion du risque inondation, édition tec et doc.

**KREIS NICOLAS** (2004), Modélisation des crues des rivières de moyenne montagne pour la gestion intégrée du risque d'inondation application a la vallée de la Thur (Haut-Rhin) ; thèse de doctorat Spécialité : Sciences de l'Eau à l'Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg, 350p.

**GILARD O.** (1998) , Les bases techniques de la méthode Inondabilité, édition du Cemagref, 1998, 207 p.

**MERABET ABBES** (2008), Etude de la protection de la ville de Sidi Bel Abbés contre les inondations», Mémoire de Magister, Université de Djilali Liabes-Sidi Bel Abbés.

**VEYRET Y., MESCHINET DE RICHEMOND N.** (2003),Le risque, les risques. In Veyret Y. (dir). Les risques. Dossiers des Images Economiques du Monde, SEDES, Paris, pp.17-47.

**ESTUPINA. B.** (2004), Vers une modélisation hydrologique adaptée à la prévision opérationnelle des crues éclair Application à de petits bassins versants du sud de la France. Thèses Doctorat, Sciences de l'université de Montpellier II-.

**CHACHOUA ABDELJALIL.** (2009), Gestion de crue dans un bassin versant ; Etude Hydrologique, Hydraulique et Aménagement, Mémoire de Magister-Université de Tlemcen.

**SIMONA N. ET L.CEDRIC.** (2007), Gestion durable des zones inondables dans le Delta du Danube (Roumanie). Dans : 1<sup>res</sup> Journées Scientifiques Inter-Réseaux de l'AUF, Gestion Intégrée des Eaux et des Sols. Ressources, Aménagements et Risques en Milieux Ruraux et Urbains, 6-9 novembre 2007, Hanoi, Vietnam, 10 p.

**DUCROCQ V.** (2006), Crues rapides dans le midi de la France. Pour la SCI., 51, 82-85.

**SALOMON JEAN-NOËL** (1997), L'homme face aux crues et aux inondations, Presses Universitaires de Bordeaux, Université Michel de Montaigne - Bordeaux.

**YAHIAOUI.** (2012), Inondations Torrentielles Cartographie des Zones Vulnérables en Algérie du Nord (Cas de l'oued Mekerra, Wilaya de Sidi Bel Abbés) Thèse de doctorat, Ecole Nationale Polytechnique.

**KLEMES** (1975), Applications de l'hydrologie à la gestion des ressources en eau (au niveau de la planification et de la conception), OMM N° 356, Genève, 121 p.

**MEDD-DPPR** : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable-Délégation à la prévention des risques majeurs.

Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, DPPR/BICI, 1989, Procerisq, procédures et réglementations applicables aux risques technologiques et naturels majeurs.

**Ledoux** (2006) La gestion du risque inondation, édition tec et doc.

**Merabet A** (2006) Etude de la protection de la ville de Sidi Bel Abbés contre les inondations, Mémoire de Magister, Université de Djilali Liabes de Sidi Bel Abbès.

**Salomon J-N** (1997) L'homme face aux crues et aux inondations, Presses Universitaires de Bordeaux, Collection « Scieteren », France, 135 p.

### **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](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](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](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](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>.