

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Normale Supérieure d'Enseignement Technologique de Skikda

المدرسة العليا لأساتذة التعليم التكنولوجي بسكيكدة

Département des Sciences Naturelles

قسم العلوم الطبيعية



Mémoire de fin d'étude
مذكرة التخرج

Thème :
الموضوع :

Contribution à l'évaluation de risque des inondations dans
la région de Skikda (N-E Algérien).

En vue de l'obtention du diplôme de : Professeur d'Enseignement Secondaire

لنيل شهادة : أستاذ التعليم الثانوي

Réalisé par :

OULEDDIAF Inès
ZOGLAMI Chaima

Soutenu devant le Jury :

Présidente: Dr. GACEM Habiba
Examinatrice : Dr. KAHAL Amina
Promoteur : Dr. KHELFAOUI Fayçal

MCA. ENSET de Skikda
MCB. ENSET de Skikda
MCA. ENSET de Skikda



Remerciement

À la fin de ce travail, nous souhaitons exprimer nos sincères remerciements à Dieu, le Grand Créateur, qui nous a guidées dans cette entreprise.

Nous tenons également à exprimer notre gratitude envers notre encadreur de recherche, le Dr. Fayçal Khelfaoui, pour sa disponibilité et ses conseils précieux qui ont guidé nos pas.

Nous remercions chaleureusement les membres du jury pour leur évaluation attentive de notre travail et leur participation à la soutenance.

Nous souhaitons exprimer notre profonde reconnaissance au personnel de la direction des ressources en eau de la wilaya de Skikda pour avoir mis à notre disposition les données nécessaires à notre étude.

Nous adressons nos remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Un hommage particulier est également rendu à tous les enseignants du département des Sciences Naturelles de l'École Normale Supérieure d'Enseignement Technologique - ENSET- Skikda.

Nous exprimons notre reconnaissance à la promotion des Sciences Naturelles 2019/2024 pour son soutien et son encouragement.

Enfin, si par inadvertance, nous avons omis de mentionner quelqu'un, nous lui demandons pardon et le remercions sincèrement pour sa contribution.

Ines & Chaima

Dédicace

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

*À ma très chère mère, qui me donne toujours l'espoir de vivre et
qui n'a jamais cessé de prier pour moi.*

*À mon très cher père, pour ses encouragements, son soutien,
surtout pour son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le
déroulement de mes études.*

*À mon frère Mohamed Samine et mes sœurs « Meriem,
Basmala, Hadil, Youmna », et surtout Ousaid.*

*À mon oncle Hajj DOU Muhammad Ali et mon oncle
Zoghslami Ommar*

Et mes meilleurs amis et mes chers collègues

Et tout qui m'aide et compulse ce modeste travail

*Et enfin, je remercie mon binôme, Ines, qui a contribué à la
réalisation de ce modeste travail.*

Chaïma

Dédicace

*À mon cher père et ma chère mère, je voudrais vous exprimer ma joie et ma
profonde gratitude pour votre soutien constant et votre amour
inconditionnel. Enfin, le rêve de devenir Professeure s'est réalisé grâce à
toi, papa, et à ton soutien continu. Et toi, maman, je te remercie du fond du
cœur pour toute la tendresse et le soutien que tu m'as apportés tout au long
de mon parcours scolaire.*

*À mon cher frère Ayman, tu es le modèle et la raison de mon succès. Merci
pour tout ce que tu m'as apporté en termes d'encouragement et de soutien,
et j'espère avoir été à la hauteur de tes attentes.*

*À ma chère sœur Lyna, je te souhaite tout le succès et la réussite dans tes
études. je suis toujours là pour te soutenir et t'accompagner à chaque étape.
Enfin, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à l'âme de ma grand-mère
bien-aimée Aicha, à ma grand-mère Massouda et à ma tante Malika, pour
tout le soutien et l'amour qu'ils m'ont apportés au fil des ans.*

*Et surtout je remercie mon binôme, Chaïma, qui a contribué à la réalisation
de ce modeste travail.*

*Merci à toutes les personnes qui ont laissé une empreinte positive dans ma
vie, et j'espère pouvoir être une source de fierté pour vous tous.*

*Je crois fermement que l'amour est l'arme la plus puissante que nous
pouvons utiliser pour atteindre le succès et surmonter les défis avec succès.*

Ines

الملخص

تتصدر مشكلة المخاطر الطبيعية وخاصة الفيضانات، اهتمام الجزائر والعالم، لاسيما بعد سلسلة الفيضانات الكارثية التي خلفت دمارا هائلا في الفترة الأخيرة. باتت إدارة هذا الخطر ضرورة تتطلب تضافر جهود جميع أصحاب المصلحة (صناع القرار- فنيين - سكان محليين) لتحديد الأوليات وتنفيذ الحلول المناسبة للتخفيف من الاضرار البشرية والمادية.

يركز هذا العمل على دراسة تفصيلية لولاية سكيكدة، بهدف تحديد العوامل الرئيسية التي تُقاوم من حدوث وخطورة الفيضانات. كما يحدد المناطق والأحياء الأكثر عرضة لهذا الخطر، مع تحليل التدابير الوقائية والمشاريع التي تبنتها السلطات المحلية للتخفيف من مخاطر الفيضانات على الانسان والاقتصاد، مع اقتراح حلول واستراتيجيات جديدة تتوافق مع القوانين والتنظيمات المعمول بها وتهدف الى تحقيق التنمية المستدامة ومكافحة مخاطر الفيضانات على المدى الطويل.

الكلمات المفتاحية :

المخاطر الطبيعية، فيضانات، الاضرار البشرية والمادية، سكيكدة ، التنمية المستدامة، مكافحة مخاطر الفيضانات.

Résumé

Le problème des risques naturels, en particulier les inondations, occupe l'attention de l'Algérie et du monde, surtout après une série d'inondations catastrophiques qui ont causé d'énormes dégâts ces derniers temps. La gestion de ce risque est devenue une nécessité qui exige la collaboration de toutes les parties prenantes (décideurs, techniciens, habitants locaux) pour définir les priorités et mettre en œuvre des solutions appropriées pour atténuer les dommages humains et matériels.

Ce travail se concentre sur une étude détaillée de la wilaya de Skikda, dans le but d'identifier les principaux facteurs qui exacerbent la fréquence et la gravité des inondations. Il identifie également les zones et les quartiers les plus exposés à ce risque, tout en analysant les mesures préventives et les projets adoptés par les autorités locales pour réduire les risques d'inondations sur les humains et l'économie, tout en proposant de nouvelles solutions et stratégies conformes aux lois et réglementations en vigueur et visant à réaliser un développement durable et à lutter contre les risques d'inondations à long terme.

Mots- Clés

Risque naturel, inondations, dommages humains et matériels, Skikda, développement durable, lutte contre le risque des inondations.

Abstract

The issue of natural hazards, especially floods, has become a concern for Algeria and the world, particularly after a series of catastrophic floods that caused massive destruction recently. Managing this risk has become a necessity requiring the concerted efforts of all stakeholders (decision, maker-technicians, and local residents) to prioritize and implement appropriate solutions to mitigate human and material damages. This work focuses on a detailed study of the Skikda province, aiming to identify the key factors exacerbating the frequency and severity of floods. It also identifies the areas and neighborhoods most vulnerable to this risk, analysing the preventive measures and projects adopted by local authorities to reduce the risks of floods on humans and the economy. It proposes new solutions and strategies that comply with existing laws and regulations and aim to achieve sustainable development and long- term flood risk mitigation.

Keywords:

Natural hazards, floods, human and material damages, Skikda, sustainable development, flood risk mitigation.

Table de Matières

Remerciements

Dédicaces

Résumés

Table de Matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale

Partie théorique : Notions sur les inondations.

Chapitre 01 : Généralités sur les inondations.

Introduction	1
1.Définitions	1
1.1. Inondations	1
1.2. Crue	1
2.Mécanismes de l'inondation.....	3
2.1. Facteurs physiques qui influencent les inondations	3
2.2. Facteurs aggravants du risque d'inondation.....	4
3. Division temporelle des inondations.....	4
3.1. La courbe de concentration	5
3.2. Le pic de l'hydrogramme.....	5
3.3. La courbe de décroissance.....	5
3.4. La courbe d'épuisement.....	5
3.5. La phase de récession hydrologique.....	5
4. Types d'inondations.....	6
4.1. Les inondations des plaines.....	6
4.2. Les crues torrentielles.....	7
4.3. Les inondations par ruissellement en secteur urbain.....	8
4.4. Les inondations par remontée des nappes phréatiques.....	9

4.5.	Les Inondations par submersion marine.....	9
4.6.	Inondation par rupture d'une protection.....	10
5.	Les causes des inondations.....	11
5.1.	Causes d'origine naturelle.....	11
5.2.	Causes d'origine humaine directe.....	11
5.3.	Causes d'origine humaine indirecte.....	11
6.	Conséquences engendrées par les inondations.....	12
6.1.	Sur la santé humaine.....	12
6.2.	Sur la situation économique et sociale.....	12
6.3.	Sur l'environnement.....	13
7.	Le risque d'inondation dans le monde et en Algérie.....	13
7.1.	Le risque d'inondation dans le monde.....	13
7.2.	Les inondations en Algérie	15
7.2.1.	Catastrophe de Bab El Oued.....	17
7.2.2.	Inondation du Sud de l'Algérie.....	17
7.3.	Historique des inondations en Algérie (2000, 2023).....	19
	Conclusion.....	20

Chapitre 02 : Méthodes et Moyens de lutte contre le risque des inondations.

	Introduction.....	22
1.	Etude de risque des inondations	22
1.1.	Connaissance de l'aléa.....	23
1.2.	La vulnérabilité.....	25
2.	Les facteurs augmentant les effets des inondations.....	27
3.	La gestion du risque.....	29
3.1.	La maîtrise de l'urbanisation.....	30
3.2.	La prévision.....	30
3.2.1.	Le suivi du phénomène.....	30
3.2.2.	La surveillance du phénomène.....	31
3.2.3.	La préparation la crise.....	31

4. Plans de Prevention des Risques Inondation (PPRI).....	31
4.1. Qu'est-ce qu'un PPRI ?.....	31
4.2. Les objectifs des PPRI.....	31
4.3. Compositions d'un PPRI.....	32
4.4. Elaboration d'un PPRI.....	32
5. Cadre juridique et institutionnel national.....	33
5.1. Les lois spécifiques de la prévention des risques et catastrophes naturels	33
5.2. Le SNAT et la gestion des risques naturels.....	34
6. Les Plans Généraux de Prévention des Risques d'Inondation (PGPR).....	34
7. Procédés de protection des agglomérations contre les inondations.....	35
7.1. Les protections classiques.....	35
7.1.1. La prévention passive.....	35
7.1.2. L'entretien des lits.....	35
7.1.3. Les travaux de protection.....	36
7.2. Recalibrage du cours d'eau	36
7.2.1. Les conséquences d'un recalibrage.....	37
7.3. Digue de protection contre les inondations.....	38
7.4. Reboisement	40
7.5. Barrage écrêteur.....	41
7.5.1. Principes de fonctionnement.....	42
7.5.2. Conséquences et effets perturbateurs possibles.....	43
7.6. Correction torrentielle.....	43
7.7. Ouvrages de stockage en dérivation.....	45
7.8. Les épis.....	46
7.9. Banquette.....	46
7.10. Les outils techniques de protection.....	48
7.10.1. Les microtechniques.....	48
7.10.2. Les toitures stockantes.....	49
7.10.3. Les fossés et les noues.....	50

Conclusion.....	51
-----------------	----

Partie Pratique : Problématique des inondations à Skikda.

Chapitre 03 : Cadre physique et climatique de la région de Skikda.

Introduction.....	53
1. La situation géographique et astronomique de la province de Skikda.....	53
1.1. Situation géographique.....	53
1.2. Situation astronomique.....	54
2. Organisation administrative.....	54
3. Environnement Naturel.....	56
3.1. Relief.....	56
3.1.1. Les montagnes.....	56
3.1.2. Les Plaines.....	57
4. Le Cadre géologique.....	57
5. Le couvert végétal.....	60
6. Ressources en eau.....	60
6.1. Les eaux souterraines.....	60
6.2. Les eaux de surface.....	61
6.2.1. Vallées.....	61
6.2.2. Les barrages.....	63
7. Contexte Climatique.....	63
7.1. Précipitations.....	64
7.1.1. Les variations annuelles des précipitations.....	64
7.1.2. Les variations mensuelles des précipitations.....	65
7.1.3. Les variations saisonnières des précipitations.....	66
7.2. La température.....	68
7.2.1. Les variations mensuelles de la température.....	69
7.3. La relation entre les précipitations et la température : (Courbe de Gaussen).....	71
7.4. Les autres phénomènes climatiques.....	72
7.4.1. L'évaporation.....	72

7.4.2. L'humidité.....	74
7.4.3. Les vents.....	75
7.5. Le bilan hydrique.....	76
Conclusion.....	78

Chapitre 04 : Les inondations à Skikda ; problèmes et solutions.

Introduction.....	80
1. Historiques des crues (la ville de Skikda).....	80
2. Les caractéristiques du bassin versant de la zone d'étude.....	83
2.1. Le bassin versant de l'oued Saf-saf	83
2.2. Le sous-bassin de Zeramna	83
3. Les zones inondables et les facteurs aggravant le risque d'inondation.....	85
3.1. Municipalité de Skikda.....	86
3.2. Municipalité de Ramande Djamel.....	90
3.3. Municipalité d'El Hadaiek.....	90
3.4. Municipalité de Salah Bouchaour.....	90
3.5. Municipalité d'Azzaba.....	90
4. Détermination des enjeux.....	90
4.1 Les enjeux humains.....	91
4.2. Les quartiers.....	92
4.3. Les équipements éducatifs.....	92
4.4. Les équipements administratifs, services et les activités.....	93
5. Prévention du risque inondation par des mesures structurelles.....	94
5.1. Règles générales.....	95
5.2. Règles spécifiques.....	95
6. Programme de prévention (Plan de Prévention contre le Risque des Inondation 'PPRI').....	96
7.Recommandations.....	101
Conclusion.....	102
Conclusion générale	

Liste de Figure:

Figure	Titre	Page
Figure 1.1.	Éléments descriptifs d'une crue simple.	2
Figure 1.2.	Crue simple et crue complexe.	3
Figure 1.3.	Temps de base d'un hydrogramme de crue.	6
Figure 1.4.	L'inondation de plaine.	7
Figure 1.5.	Inondation par crues torrentielles	8
Figure 1.6.	Les inondations par ruissellement en secteur urbain.	8
Figure 1.7.	Les inondations par remontée des nappes phréatiques	9
Figure 1.8.	Les submersions marines.	10
Figure 1.9.	Inondation par rupture d'une protection.	10
Figure 1.10.	EL niño.	14
Figure 1.11.	Inondation d'Inde 2019.	15
Figure 1.12.	Les grandes inondations survenues en Algérie.	16
Figure 1.13.	Inondations Bab El Oued- Alger du 10 novembre 2001.	17
Figure 1.14.	Inondation de Ghardaïa du 1 ^{er} octobre 2008.	18
Figure 1.15.	Inondation de Béchar 10 octobre 2008.	19
Figure 2.1.	Schéma du risque inondation.	23
Figure 2.2.	Schéma sur la vulnérabilité	25
Figure 2.3.	Zone à enjeux et zone sans enjeux.	26
Figure 2.4.	Schéma sur les zones d'expansion de crue	27
Figure 2.5.	Schéma sur le bassin versant et son complexe	29
Figure 2.6.	La procédure de l'élaboration d'un PPRI.	32
Figure 2.7.	Recalibrage d'un cours d'eau.	37
Figure 2.8.	Schéma de différents constituants d'une digue.	39
Figure 2.9.	Aménagement des berges contre le glissement.	41
Figure 2.10.	Schéma de fonctionnement d'un barrage écrêteur de crue.	42
Figure 2.11.	Schéma de fonctionnement d'un barrage à pertuis ouvert	43
Figure 2.12.	Correction torrentielle.	44
Figure 2.13.	Ouvrages de correction torrentielle	45
Figure 2.14.	Fonctionnement d'ouvrage de stockage en dérivation	46
Figure 2.15.	Un épi artificiel.	47
Figure 2.16.	Technique de banquettes.	49
Figure 2.17.	Structure de stockage (puits ou tranchée).	50
Figure 2.18.	Les toitures stockantes	51
Figure 2.19.	Principe de fonctionnement d'une noue ou d'un fossé de rétention.	52
Figure 3.1.	Situation géographique de la province de Skikda	54

Figure 3.2.	Organisation administrative de la province de Skikda	56
Figure 3.3.	Extrait de carte géologique de la région de Skikda	59
Figure 3.4.	Diagramme ombro-thermique dans la station de Skikda	72
Figure 3.5.	Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de C.W. thornthwaite de la station de Skikda.	78
Figure 4.1.	L'agglomération de Ramande Djamel.	82
Figure 4.2.	La crue de février 2011	82
Figure 4.3.	La crue de 2023	82
Figure 4.4.	Carte des bassins et sous bassins de la région de Skikda	84
Figure 4.5.	Carte des zones à risque d'inondation dans la wilaya de Skikda	85
Figure 4.6.	Carte de l'historique des inondations de l'Oued Zeramna.	86
Figure 4.7.	Inondation de cité merdjeddib	87
Figure 4.8.	Inondation de cite frères Saker.	88
Figure 4.9.	Carte des quartiers de la ville de Skikda touches par les inondations depuis 1957.	89
Figure 4.10.	Inondation de Ramande Djamel	90
Figure 4.11.	Carte des enjeux de la ville de Skikda	94
Figure 4.12.	La réalisation de l'aménagement de chaabet Merdj Eddib à Skikda	97
Figure 4.13.	La réalisation de l'aménagement d'Oued Konda et El Mrdjene à El Hadaiek	98
Figure 4.14.	La réalisation de l'aménagement de m'embouchure de l'oued Zerga et l'aménagement du canal qui longe la RN 03 à Ramadan Djamel	98
Figure 4.15.	La réalisation de l'aménagement d'une partie de L'oued Essai	99
Figure 4.16.	La réalisation de l'aménagement l'oued Merdj Echaara et l'oued Chouikar à Kerkera	99
Figure 4.17.	La réalisation de chaabet lekhailia a Es-Sebt	100
Figure 4.18.	La réhabilitation des berges de l'oued Fendek à Azzaba	100

Liste des graphiques

Graphique	Titre	Pages
Graphique 3.1	Distribution des précipitations mensuelles dans la zone d'étude (1980/81 à 2010/11)	66
Graphique 3.2	Distribution des précipitations saisonnières dans la zone d'étude (1980/81 à 2010/11)	68
Graphique 3.3	Moyenne mensuelle des températures dans la station d'Azzaba (1980/81 à 2010/11).	70
Graphique 3.4	Moyennes mensuelles des températures dans la station de Skikda (1980/81 à 2010/11)	71
Graphique 3.5	Moyennes mensuelles d'évaporation pour la station de Skikda (1992/93 à 2011/12)	73
Graphique 3.6	Moyennes mensuelles d'humidité pour la station de Skikda (1992/93 à 2011/12)	75
Graphique 3.7	Moyennes mensuelles des vents pour la station de Skikda (1970/71 à 2011/12)	76

Liste de tableau:

Tableau	Titre	Pages
Tableau 1.1.	Les inondations récentes les plus graves dans le monde.	14
Tableau 1.2.	Les plus dangereuses inondations survenues en Algérie au cours de la période (2000- 2023).	20
Tableau 2.1.	Critères d'identification des zones à risques.	26
Tableau 2.2.	L'analyse fonctionnelle du les composant d'une digue.	39
Tableau 2.3.	Types de banquettes à réaliser en fonction de la pente et de spéculation agricole.	48
Tableau 3.1.	Organisation administrative de la wilaya de Skikda.	55
Tableau 3.2.	Les principaux massifs montagneux.	57
Tableau 3.3.	Nombre de sources dans la wilaya de Skikda.	61
Tableau 3.4.	La volume moyen d'eau dans les valles de la wilaya de Skikda.	62
Tableau 3.5.	Le volume d'eau produit par les quatre barrages de la wilaya de Skikda pour l'année 2016.	63
Tableau 3.6.	Caractéristiques des stations utilisées dans l'étude à travers la wilaya.	64
Tableau 3.7.	Les moyennes mensuelles et annuelles des précipitations pour les stations de Skikda, Azzaba et Kenitra.	65
Tableau 3.8.	Les moyennes saisonnières des précipitations pour la station de Skikda, Azzaba et Kenitra (1980/81 a 2010/11).	67
Tableau 3.9.	La moyenne mensuelle des températures dans les stations de Azzaba et Skikda (1980/81 a 2010/11).	69
Tableau 3.10.	La moyenne mensuelle de l'évaporation pour la station de Skikda (1992 /93 a 2011/12).	73
Tableau 3.11.	La moyenne mensuelle de l'humidité pour la station de Skikda (1992 /93 a 2011/12).	74
Tableau 3.12.	La moyenne mensuelle des vents pour la station de Skikda (1970 /71 a 2011/12).	76
Tableau 3.13.	Bilan d'eau selon méthode de c.w. Thornthwaite de la station de Skikda (1970 /71 a 2011/12).	77
Tableau 4.1.	L'historique des crues dans la ville de Skikda.	81
Tableau 4.2.	Répartition de la population des zones inondable au niveau de la ville de Skikda.	91
Tableau 4.3.	Les cités menacées par l'inondation.	92
Tableau 4.4.	Les équipements éducatifs menacés par l'inondation.	92
Tableau 4.5.	Les équipements administratifs et les services et les activités menacées par l'inondation.	93

Liste des Acronymes :

- **PPR** : Plans de Prévention des Risques
- **PPRI** : Plans de Prévention des Risques Inondation.
- **CW** : Chemin de wilaya.
- **DPSB** : Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaires.
- **ADE de Skikda** : Algérienne des Eaux de Skikda.
- **SNAT** : Schéma National de l'Aménagement du Territoire.
- **DRE de Skikda** : Direction des Ressources en Eau de Skikda.
- **Km** : Kilomètres.
- **MEDD** : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable.
- **NOAA** : National Oceanic and Atmospheric Administration.
- **PDAU** : Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme
- **OR-SEC** : Organisation de la Réponse de Sécurité Civile.
- **PGPRI** : Les Plans Généraux de Prévention des Risques d'Inondation.
- **T** : Température.
- **P** : Précipitation.
- **m/s** : Mètre par seconde.
- **mm** : Millimètre.
- **%** : Pourcentage.
- **ETR** : Éapotranspiration Réelle.
- **ETP** : Évapotranspiration Potentielle.



Introduction Générale



Introduction générale

Les inondations sont des phénomènes naturels aux conséquences dévastatrices, affectant la sécurité et le développement de diverses régions, y compris l'Algérie. La Wilaya de Skikda, située au Nord-Est du pays, est confrontée à des inondations récurrentes. Cette vulnérabilité est le résultat de multiples facteurs, notamment les changements climatiques, les pratiques d'urbanisation non planifiée, la croissance démographique et la déforestation, qui perturbent les écosystèmes et modifient le régime hydrologique.

Face à ce défi majeur, ce mémoire s'engage à mener une analyse en abordant les causes, conséquences et impacts des inondations dans la Wilaya de Skikda. Il vise à comprendre les mécanismes sous-jacents de ces événements et à proposer des mesures préventives et des solutions adaptées pour atténuer les risques associés.

En adoptant une approche multidisciplinaire, ce travail intègre différentes perspectives, notamment environnementales, géographiques, sociales et économiques. Ce travail vise à sensibiliser et de mobiliser divers intervenants, y compris les autorités locales, les décideurs politiques, les experts en gestion des risques naturels et la population locale. L'objectif est de renforcer la préparation, la résilience et la capacité d'adaptation de la Wilaya de Skikda face aux inondations, tout en promouvant une gestion intégrée et durable des risques hydrologiques dans la région.

Partie théorique :

Notions sur les inondations

Chapitre1 :

Généralités sur les inondations

Introduction

Les eaux de surface telles que les rivières et les lacs sont une ressource vitale et essentielle pour l'environnement et la vie quotidienne, contribuant au cycle de vie en fournissant l'eau nécessaire à la croissance des plantes et à la survie des animaux. Cependant, de nombreux phénomènes naturels tels que de fortes poussées, la fonte des neiges et l'augmentation soudaine du niveau des eaux dans les rivières, entre autres facteurs, peuvent entraîner des catastrophes naturelles telles que les inondations, avec leurs effets et pertes humaines et matérielles dans tous les domaines.

1. Définitions

1.1. Inondations

Les inondations sont des catastrophes naturelles qui touchent tous les pays du globe terrestre. Ce sont des événements au cours desquels une zone généralement sèche est submergée, que ce soit de manière rapide ou progressive. Le risque d'inondation résulte de deux éléments principaux : la possibilité pour l'eau de quitter son cours normal et l'intervention humaine consistant à s'installer dans les plaines alluviales pour y construire divers types de bâtiments, d'infrastructures et d'activités. De manière plus générale, les inondations englobent les débordements des cours d'eau, les remontées des nappes phréatiques, les écoulements de ruissellement causés par de fortes pluies orageuses, les inondations consécutives à la rupture de structures de protection, telles que des brèches dans les digues, et les inondations estuariennes résultant de la combinaison de marées importantes, de conditions dépressives et de la montée des rivières. (Aïssa Madaoui O, Aïssa Madaoui R,2016).

1.2. Crue

La crue est un phénomène naturel et saisonnier se manifestant par une augmentation rapide et temporaire du débit d'un cours d'eau, ne causant pas de perturbations majeures lorsque son ampleur est modérée. Elle est décrite à partir de trois paramètres :

- Le débit.
- La hauteur d'eau.
- La vitesse du courant.

Selon l'importance des débits, une crue peut rester dans le lit mineur du cours d'eau ou déborder vers son lit moyen ou majeur. Les caractéristiques des précipitations : (extension, intensité, durée) et des bassins versants peuvent engendrer trois types de crues, en fonction du mode de propagation de l'onde de crue :

- * Les crues simples (résultant de pluies intenses de courte durée affectant généralement l'ensemble du bassin).

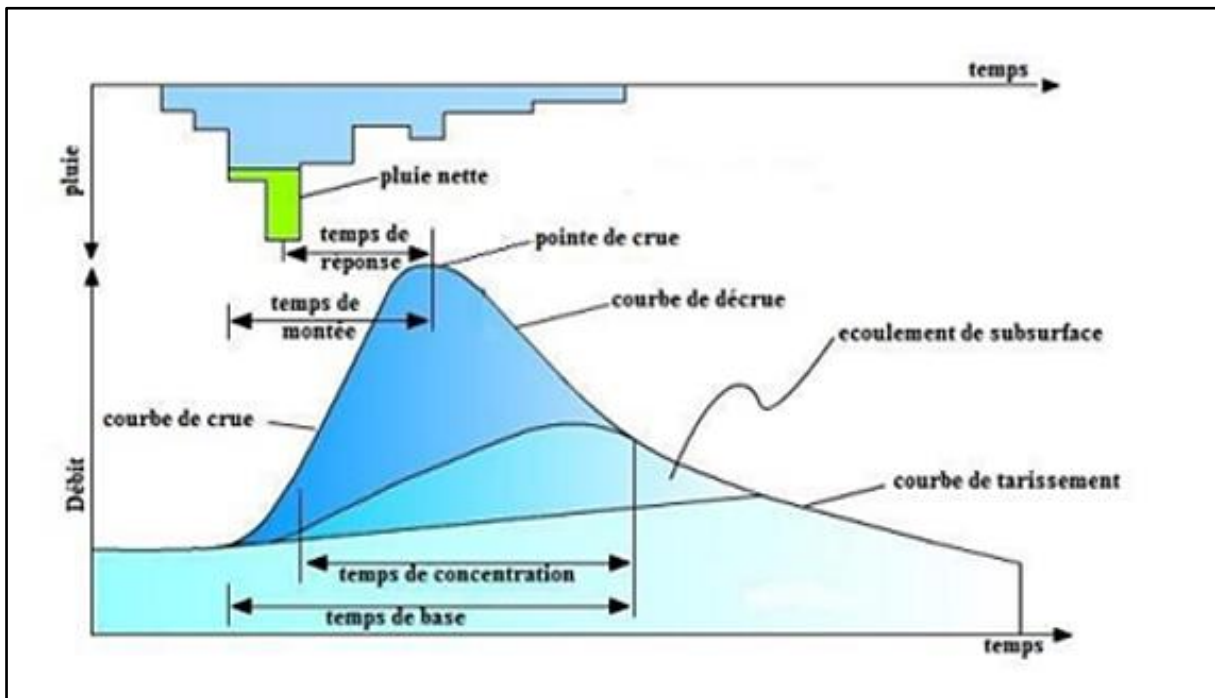


Figure 1.1. Éléments descriptifs d'une crue simple. (Abdelkebir R,2018, P 05).

- * Les crues multiples (succession de précipitations sur un intervalle de temps inférieur au temps de réponse le plus long du bassin, ou pluies de longue durée).
- * Les crues complexes, qui combinent les deux types de crues précédents. (Abdelkebir R,2018).

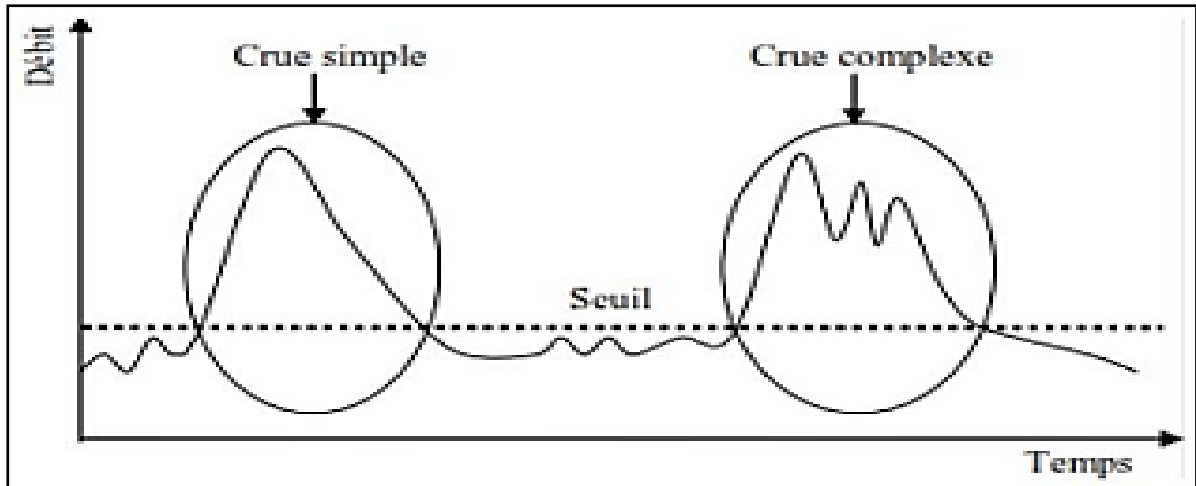


Figure 1.2. Crue simple et crue complexe. (Abdelkebir R,2018, P 05).

2. Mécanismes de l'inondation

Les inondations sont le résultat de mécanismes complexes, et les facteurs qui sont transmis sont en effet essentiels pour comprendre ces mécanismes. Voici une explication plus détaillée des facteurs physiques qui influencent les inondations et des facteurs aggravants du risque d'inondation :

2.1. Facteurs physiques qui influencent les inondations

Les inondations sont souvent influencées par divers facteurs physiques qui peuvent agir individuellement ou en combinaison. Voici quelques-uns des principaux facteurs physiques qui influent sur les inondations :

- Le régime des pluies : La quantité, la distribution temporelle et l'intensité des précipitations sont des facteurs clés. Les fortes pluies, en particulier sur une période courte, peuvent rapidement saturer le sol et entraîner un ruissellement accumulé dans les cours d'eau.
- Le relief : La topographie d'une région a un impact significatif. Les zones en pente peuvent accélérer le ruissellement, tandis que les dépressions peuvent retenir l'eau, contribuant aux inondations.

- La taille du bassin versant : Un bassin versant est la zone d'alimentation en eau d'un cours d'eau. Plus le bassin versant est grand, plus il peut collecter d'eau de pluie, ce qui augmente le risque d'inondations.
- L'état des sols : La capacité des sols à absorber l'eau (taux d'infiltration) dépend de leur composition, de leur humidité préexistante et de leur degré de saturation. Les sols déjà saturés ou imperméables sont plus susceptibles de provoquer des inondations. (Bekri A, Ghassri I, 2020, P 05).

2.2. Facteurs aggravants du risque d'inondation

Les facteurs aggravants du risque d'inondation sont des éléments ou des conditions qui contribuent à intensifier les conséquences néfastes d'un événement inondation. Ils peuvent aggraver les impacts négatifs sur les populations, les infrastructures et l'environnement. Certains des facteurs aggravants courants incluent :

- L'usage et l'occupation des sols : L'urbanisation non planifiée, la construction dans des zones inondables, le pavage excessif et le drainage considérablement peuvent réduire la capacité des sols à absorber l'eau, augmentant ainsi le ruissellement et le risque d'inondations.
- L'aménagement du territoire : Les choix d'aménagement, tels que la construction de barrages, de digues ou de canaux, peuvent altérer le cours naturel des eaux, affectant la répartition des crues. Une mauvaise gestion de l'aménagement du territoire peut aggraver le risque d'inondation.
- Le manque d'entretien des cours d'eau : Les cours d'eau et les infrastructures associées doivent être entretenus pour assurer un écoulement efficace. L'accumulation de sédiments, l'obstruction des canaux ou l'insuffisance des digues de protection peuvent augmenter le risque d'inondations. (Bekri A, Ghassri I, 2020, P 05).

3. Division temporelle des inondations

En examinant la figure 1.3 représentant l'hydrogramme des inondations et leur répartition dans le temps, on peut observer la possibilité que des inondations surviennent à plusieurs reprises au cours de la même année si les conditions adéquates sont réunies. Ces inondations surviennent généralement pendant les saisons de fortes pluies, telles que

l'hiver et l'automne, ainsi qu'à la fin de l'été dans les régions au climat méditerranéen. Dans les régions à climat saisonnier, elles ont tendance à se produire en été lors des précipitations saisonnières. La chronologie des phases de l'inondation peut être représentée à travers l'hydrogramme illustré dans le graphique précédent, qui se décompose en plusieurs étapes distinctes :

3.1. La courbe de concentration

Elle représente l'augmentation du débit d'eau pendant les inondations, et cette augmentation peut être le résultat de plusieurs facteurs :

- La durée et la distribution temporelle des précipitations.
- Les caractéristiques morphométriques du bassin versant, telles que les altitudes, les pentes, et la forme générale de la région.
- Le degré de saturation du bassin versant, c'est-à-dire le degré de saturation du sol et des étendues d'eau dans le bassin.

3.2. Le pic de l'hydrogramme

Il représente l'ampleur du débit maximal de l'inondation, tandis que la durée de ce débit critique est un élément essentiel de l'analyse.

3.3. La courbe de décroissance

Elle commence après le pic, indiquant la diminution progressive du débit du cours d'eau. Cette décroissance se produit plus lentement que la phase de montée, car malgré l'arrêt des précipitations, le débit continu à s'écouler en raison de l'apport d'eau des zones éloignées du bassin versant et des nappes souterraines.

3.4. La courbe d'épuisement

Elle survient après que le cours d'eau ait évacué la totalité des eaux produites par l'inondation et retrouve son lit habituel, qui est maintenu par les couches aquifères (les sources).

3.5. La phase de récession hydrologique

Elle se produit en raison de l'alimentation du sol, entraînant une diminution du débit du cours d'eau. (أحمد عفاقية، 2005).

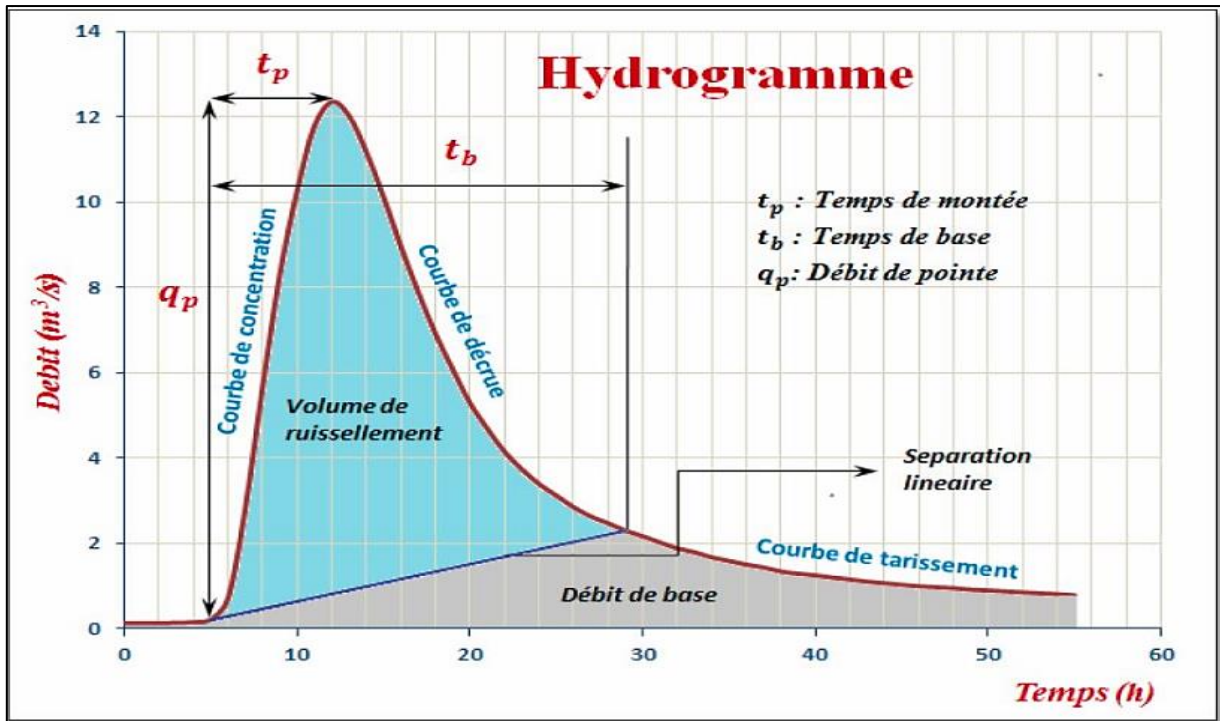


Figure 1.3. Temps de base d'un hydrogramme de crue. (Rocha, N.R, 2014).

4. Types d'inondations

Les inondations peuvent être classées en plusieurs types en fonction de leurs causes et de leurs caractéristiques.

4.1. Les inondations des plaines

Ces inondations surviennent lorsque les cours d'eau débordent de leurs lits habituels (appelés lits mineurs) et occupent leurs lits majeurs. Parfois, ces débordements peuvent être précédés ou suivis par une élévation du niveau des nappes phréatiques. Ces inondations se caractérisent par une montée lente et une submersion prolongée, pouvant durer plusieurs semaines. (Bachiri A, 2021).

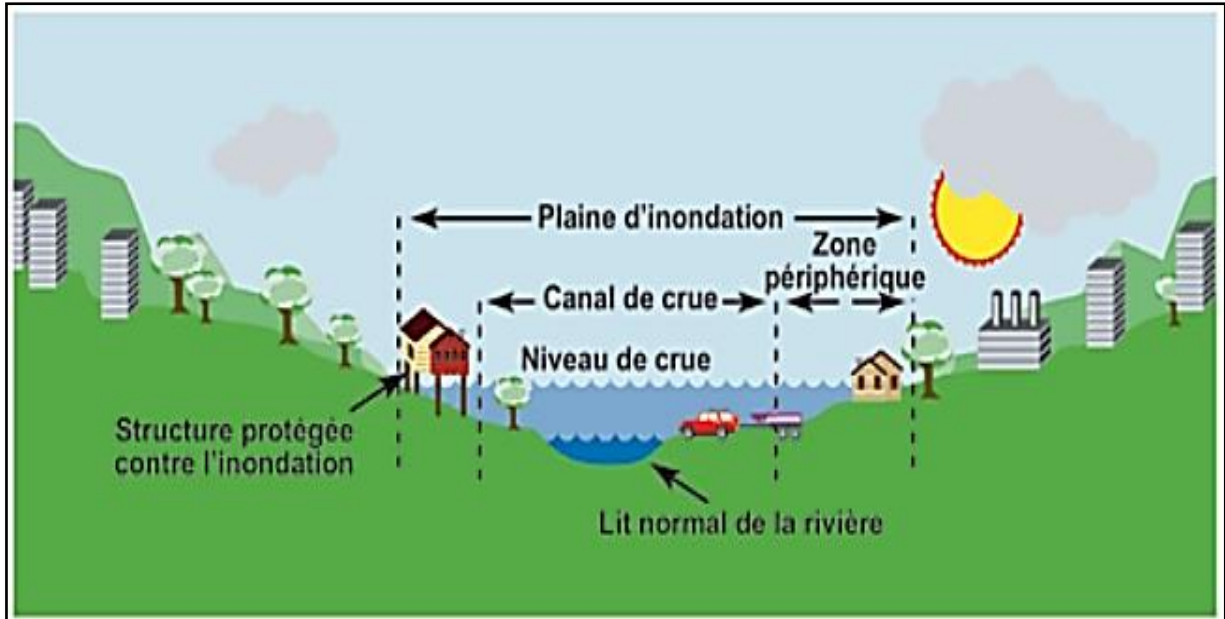


Figure 1.4. L'inondation de plaine. (Bachiri A, 2021, P 06).

4.2. Les crues torrentielles

Ce sont des inondations soudaines et violentes causées par de fortes pluies en moins de 24 heures dans des régions de petite taille avec des pentes moyennement élevées. Ces inondations se produisent principalement dans les régions montagneuses et près des rivières autour de la mer Méditerranée. Elles se caractérisent par des niveaux d'eau élevés et un important transport de matériaux solides. Les dommages causés par ces phénomènes sont principalement dus à la rapidité du courant, accentuée par les matériaux charriés par les rivières pendant ces inondations. (Benkoibich MB, Galmi A, 2021).

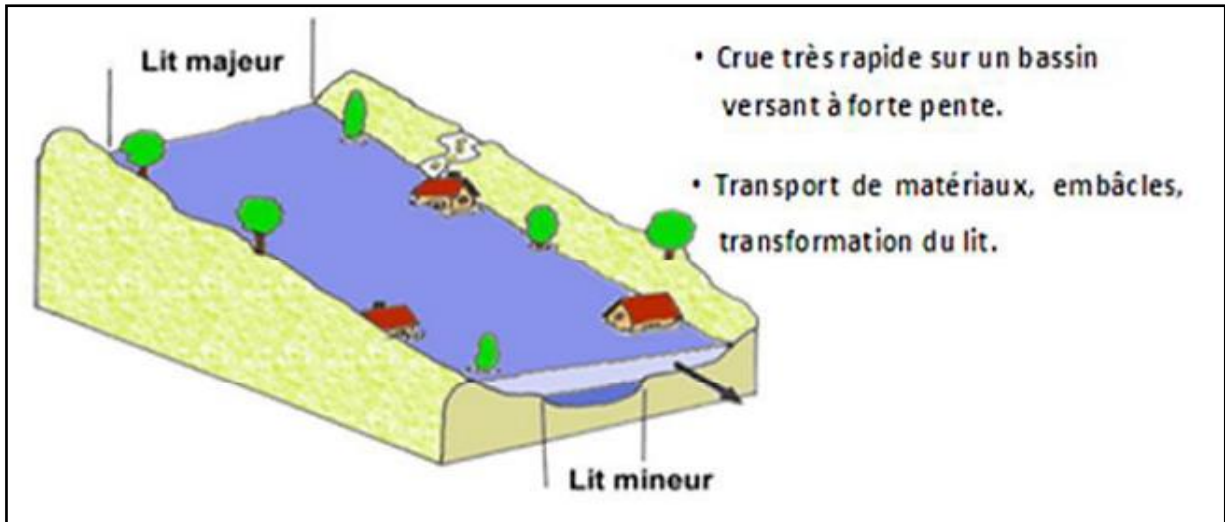


Figure 1.5. Inondation par crues torrentielles (Saouli A, 2019, P 12).

4.3. Les inondations par ruissellement en secteur urbain

Se produisent lorsque de grandes quantités d'eau de pluie s'écoulent dans les rues à partir du site ou de ses environs, sans être absorbées par les systèmes de drainage à la surface ou sous-terrain. L'imperméabilisation du sol due à la présence de bâtiments, de routes, de parkings, etc., restreint la capacité d'infiltration de l'eau de pluie, ce qui amplifie le ruissellement. (Benkoibich MB, Galmi A, 2021).

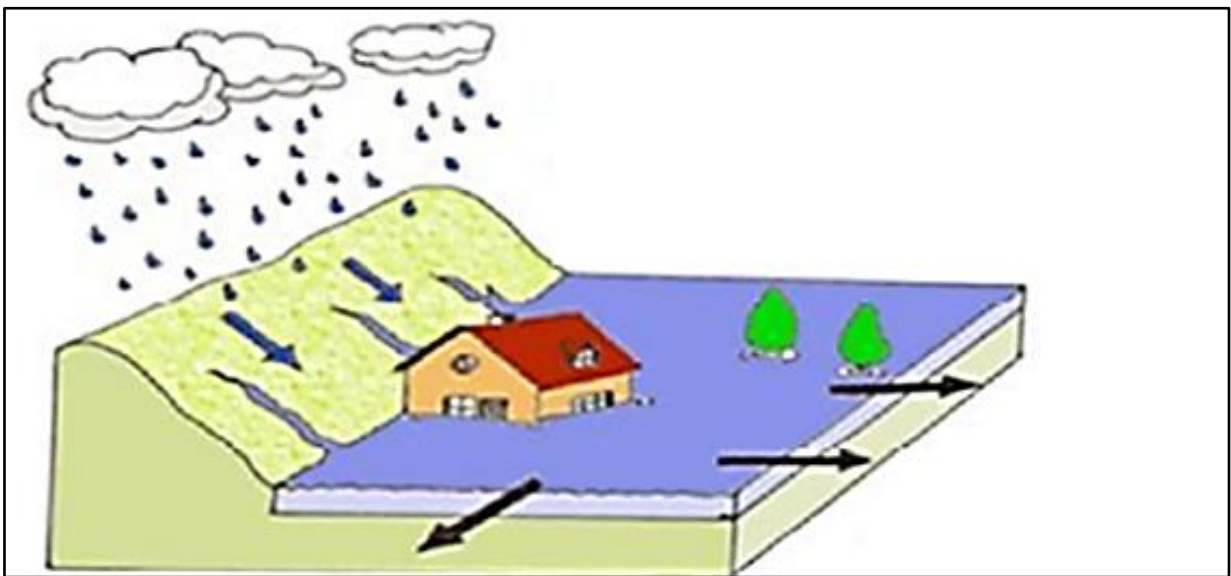


Figure 1.6. Les inondations par ruissellement en secteur urbain. (Saouli A, 2019, P 12).

4.4. Les inondations par remontée des nappes phréatiques

Ce sont le résultat de débordements indirects provoqués par l'élévation de la nappe phréatique jusqu'à la surface du sol et/ou par l'infiltration de l'eau dans les divers réseaux d'assainissement. Les conséquences de ce type d'inondations se manifestent par des remontées d'eau sous les bâtiments, la submersion des infrastructures souterraines, la déstabilisation des pentes, le tassement des remblais, des glissements de terrain, des perturbations sur les réseaux publics et des pressions exercées sous les constructions.

(Saouli A, 2019).

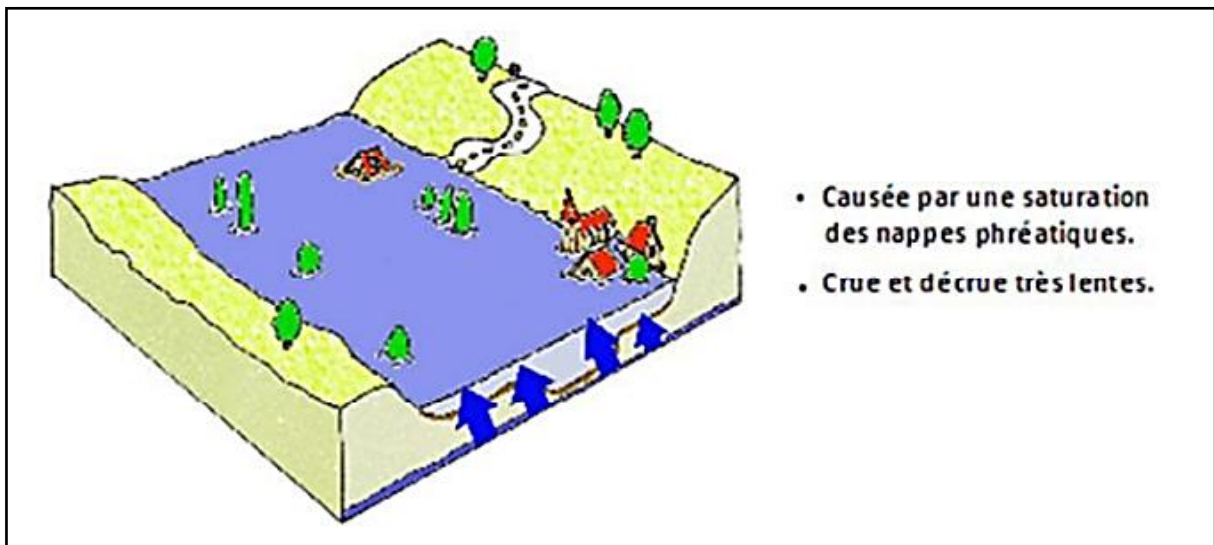


Figure 1.7. Les inondations par remontée des nappes phréatiques. (Saouli A, 2019, P 11).

4.5. Les Inondations par submersion marine

Ce sont des inondations temporaires de la zone côtière provoquées par la mer dans des conditions météorologiques particulières, notamment de fortes dépressions, des vents marins puissants, et des coefficients de marée élevés. Elles se caractérisent par l'intrusion d'eaux salées agressives. Ces inondations surviennent soit lors d'un raz-de-marée ou d'un tsunami, bien que leur occurrence soit rare, mais les dégâts qu'elles engendrent sont dévastateurs. Elles se produisent également lors de tempêtes avec des vagues, des vents violents et d'importantes précipitations, ou en cas de rupture des défenses côtières. (Saouli A, 2019).

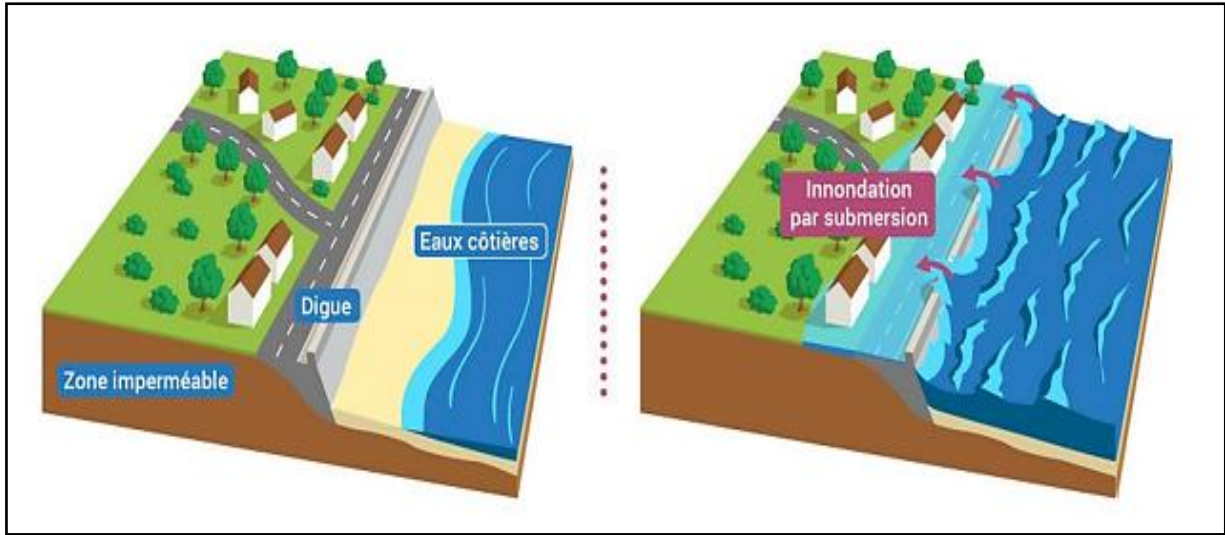


Figure 1.8. Les submersions marines. (<https://www.eaufrance.fr/les-inondations-et-les-submersions-marines>).

4.6. Inondation par rupture d'une protection

Une inondation due à une rupture de digue est un événement soudain et d'autant plus destructeur si le site se trouve à proximité de la digue, car une rupture peut entraîner l'arrivée d'un mur d'eau de plusieurs mètres de haut, et la prévision de la rupture d'un ouvrage de protection est très difficile, rendant la prévention de ce type d'accident incertaine. (Abdelkebir R,2018).

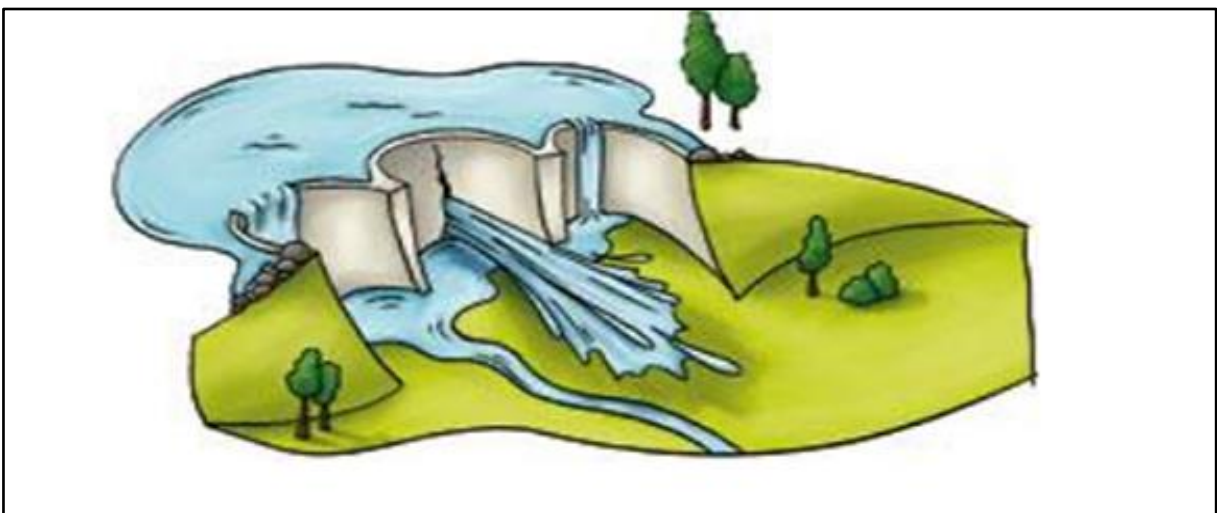


Figure 1.9. Inondation par rupture d'une protection. (Abdelkebir R,2018, P 08).

5. Les causes des inondations

Généralement, les inondations peuvent être déclenchées par divers facteurs, souvent agissant en combinaison. Voici quelques-unes des principales causes des inondations :

5.1. Causes d'origine naturelle

Les inondations d'origine naturelle sont souvent déclenchées par des phénomènes météorologiques et climatiques tels que des pluies exceptionnelles, des orages violents, des pluies torrentielles, la fonte des neiges, les cyclones, et les ouragans. Ces conditions météorologiques extrêmes peuvent générer des excès d'eau dépassant la capacité d'absorption des sols et des cours d'eau.

5.2. Causes d'origine humaine directe

- *Modification du système fluvial* : Construction d'ouvrages hydrauliques, changements dans les caractéristiques morphologiques des cours d'eau (altération de leur largeur, longueur, pente), création de barrages, canaux, et urbanisation non planifiée qui peut perturber le drainage naturel.

- *Activités humaines* : telles que le drainage excessif, l'irrigation extensive, la déforestation, l'agriculture intensive qui peuvent accélérer le ruissellement de l'eau et réduire la capacité d'infiltration du sol.

- *Urbanisation non planifiée* : L'expansion urbaine sans planification adéquate peut conduire à la suppression des zones tampons naturelles et à une augmentation des surfaces imperméables, ce qui aggrave le ruissellement des eaux de pluie.

- *Déforestation* : La suppression massive des forêts réduit la capacité des arbres à absorber l'eau du sol, augmentant ainsi le ruissellement et le risque d'inondation.

5.3. Causes d'origine humaine indirecte

Les inondations d'origine humaine indirecte résultent de l'impact des activités humaines sur l'environnement, contribuant ainsi aux risques d'inondation. Ces causes incluent :

- *La pollution et le réchauffement climatique* : Les émissions de gaz à effet de serre altèrent le climat, entraînant des changements dans les schémas météorologiques et climatiques. Le réchauffement climatique provoque la fonte des glaciers et des calottes glaciaires, augmentant ainsi le niveau des océans et des cours d'eau. Cela peut présenter

l'intensité et la fréquence des phénomènes météorologiques extrêmes tels que les cyclones et les tempêtes, conduisant à des inondations.

Ces différentes causes peuvent interagir de manière complexe et variée, en fonction des conditions géographiques et climatiques, ainsi que de l'impact des activités humaines sur l'environnement. (Abdelkbir R, 2018).

6. Conséquences engendrées par les inondations

Les conséquences des inondations varient en fonction de leur dynamique, le risque augmentant à mesure que la puissance et la rapidité du débit d'eau augmentent parmi ces effets :

6.1. Sur la santé humaine

On compte des décès dus à la noyade, des blessures telles que des chutes et des électrocutions ce qui complexifie davantage la situation c'est que ces répercussions ne se limitent pas aux régions touchées localement mais peuvent également affecter des zones inondées comme source d'approvisionnement alimentaire. De plus, le risque de troubles mentaux (la dépression, suicide et la schizophrénie) augmente en raison de la perte de proches, de logements et de biens. (Hafiane I, Benzaid I, 2019).

6.2. Sur la situation économique et sociale

Les inondations ont des répercussions économiques significatives, car elles entraînent la destruction de biens et d'infrastructures, ce qui entraîne des coûts considérables de réparation et de récupération, affectant la croissance économique et augmentant la dette nationale. De plus, elles impacts négatifs sur le secteur agricole, car les inondations détruisent les fermes et les récoltes, provoquant des pénuries alimentaires et une augmentation des prix des denrées alimentaires. De plus, les inondations entraînent la perte d'emplois et la réduction du revenu personnel pour de nombreuses personnes, laissant des effets psychologiques et sociaux négatives sur les communautés touchées. Enfin, elles augmentent considérablement les coûts de l'assurance et rendent certaines régions moins attrayantes pour l'investissement en raison des risques liés aux catastrophes. (Hafiane I, Benzaid I, 2019).

6.3. Sur l'environnement

L'impact des inondations sur l'environnement peut être catastrophique. L'un des principaux impacts est la pollution de l'eau, car les eaux de crue emportent de nombreuses substances polluantes des usines, des exploitations agricoles et des égouts vers les rivières et les lacs. Cela entraîne la contamination des sources d'eau et a un impact négatif sur la vie marine et les plants aquatiques.

Les sols sont également fortement affectés, car les inondations emportent les sédiments et les sols fertiles, entraînant la perte de terres agricoles et l'érosion environnementale. De plus, les inondations contribuent à l'émission de gaz à effet de serre en raison de la décomposition de la matière organique transportée par les eaux. En outre, ce phénomène a un impact significatif sur la faune et les écosystèmes, pouvant entraîner la perte de la vie sauvage et la destruction des habitats naturels. (Hafiane I, Benzaid I, 2019).

7. Le risque d'inondation dans le monde et en Algérie

Les inondations constituent une problématique complexe et sensible. À l'échelle mondiale, de nombreuses régions sont exposées à des risques d'inondation en raison de divers phénomènes tels que les changements climatiques, les précipitations abondantes et les cyclones. En Algérie, le risque d'inondation est également une réalité, avec des facteurs spécifiques variant selon les régions.

7.1. Le risque d'inondation dans le monde

La moitié des catastrophes naturelles mondiales sont attribuables à des inondations. Certaines sont le résultat des phénomènes se produisant chaque année, tels que la mousson, tandis que d'autres sont le produit de circonstances particulières, comme (les cyclones, les typhons et les orages violents) ou résultent de dérèglements climatiques, comme El Nino. (Reffai R, Bessouda A, 2017).

- **Une crue centennale** : est une crue théorique calculée à partir de l'analyse des crues passées et a une probabilité d'un pour cent de se produire chaque année. On peut aussi dire qu'une crue centennale se produit en moyenne dix fois par millénaire. En Asie, la mousson d'été responsable des inondations les plus catastrophiques à l'échelle mondiale. L'air surchauffé des tropiques s'élève au-dessus de l'Himalaya, créant une

dépression qui attire l'air plus humide de la mer entre Avril et octobre. En altitude, la vapeur d'eau se condense et provoque des pluies durables et abondantes.

- **El Nino** : est phénomène climatique mondial qui perturbe le mouvement des masses d'air et entraine simultanément des précipitations torrentielles en certains endroits du globe et des sécheresses sévères ailleurs. (Reffai R, Bessouda A, 2017).

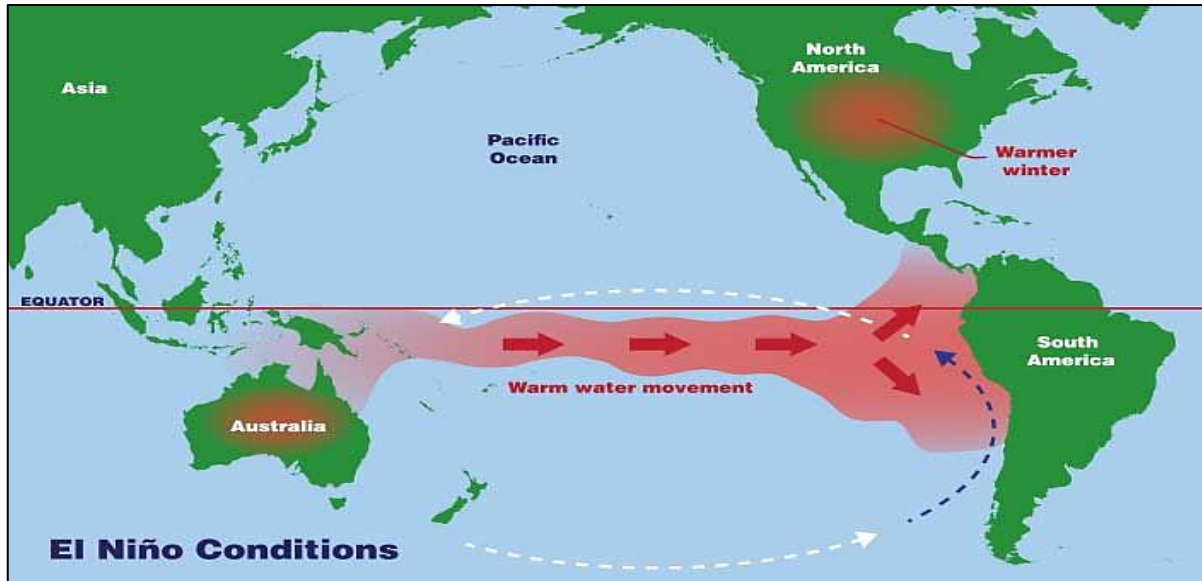


Figure.1.10. El Nino (<https://scijinks.gov/el-nino/>)

Tableau. 1.1. Les inondations récentes les plus graves dans le monde.

Année	Localisation	Victimes
2019	Inde	1600 morts
2020	Asie du sud	6511 décès
2021	Asie du sud	1107 décès
2022	Asie du sud	4422 décès
2023	Derna	Au moins 6000 morts

(Source : Oulediaf & Zoghلامي, 2023)



Figure.1.11. Inondations d'Inde en 2019. ([https:// www.wikipedia.com](https://www.wikipedia.com)).

7.2. Les inondations en Algérie

L'Algérie, tout comme la plupart des pays du monde, est périodiquement touchée par des phénomènes des crues et d'inondations qui se manifestent de manière catastrophique, représentent ainsi une contrainte majeure pour les activités et un obstacle au développement économique et social.

De nombreuses régions du pays sont régulièrement menacées par ces catastrophes naturelles, dont les effets sont souvent exacerbés par d'autres facteurs qui amplifient les crues. Ces événements tragiques ont souvent des conséquences graves en termes de pertes humaines et matérielles. Cependant, ils ne sont pas toujours le résultat de conditions météorologiques exceptionnelles et surviennent fréquemment dans de nombreuses régions à la suite de précipitations saisonnières ordinaires. (Hafiane I, Benzaid I, 2019).

D'après le recensement effectuée par les services de la protection civile, une commune sur trois est susceptible d'être inondée partiellement ou en totalité. Ces inondations sont parmi les catastrophes naturelles les plus fréquentes et les plus destructrices. Elles atteignent parfois l'ampleur d'une catastrophe nationale. (Guerbi, Abdelkbir,2017).

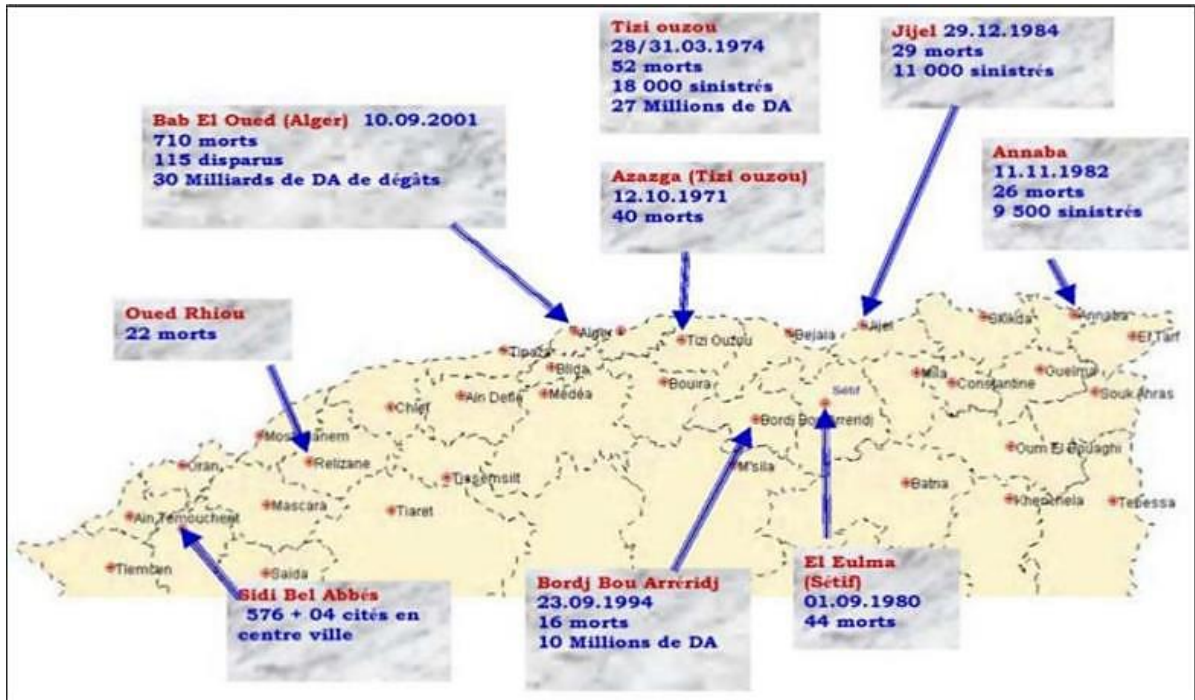


Figure 1.12. Les grandes inondations survenues en Algérie. (Guerbi, Abdelkbir,2017).

L'Algérie fait face régulièrement à des phénomènes de crues et d'inondations, illustrés par des événements dévastateurs tels que les inondations de mars 1973 dans l'Est algérien, de janvier 1992 dans le centre, de janvier 1999 dans l'ouest du Sahara algérien, d'octobre 2000 à Sidi Bel Abbas, et de novembre 2001 sur la côte algéroise (inondation de Bab El Oued). Ces incidents, imprévisibles dans le temps et l'espace, constituent une contrainte majeure pour le développement économique et social (Oufella, 2003). Les précipitations en Algérie présentent une irrégularité extrême, tant d'une année à l'autre que d'une saison à l'autre, entraînant des étiages sévères des cours d'eau et des crues violentes, provoquant d'importants dégâts humains et matériels. La genèse des crues et leurs impacts environnementaux varient d'une région à l'autre en fonction des caractéristiques géographiques, climatiques et d'occupation des sols (Merabet, 2006).

7.2.1. Catastrophe de Bab El Oued

En milieu urbain, des pluies torrentielles peuvent provoquer un ruissellement intense en dehors des cours d'eau habituels, en raison de l'imperméabilisation des sols et de la conception urbanistique entravant l'écoulement normal des fortes précipitations. Un exemple marquant de cette situation fut les inondations de Bâb El Oued le 10 novembre 2001. Des pluies exceptionnellement abondantes, totalisant environ 214 mm en 24 heures sur une zone de 40 km², ont entraîné des conséquences dévastatrices avec 750 décès, 120 disparus, et plus de 10 000 familles sinistrées. Cette tragédie, considérée comme la pire inondation de l'histoire de l'Algérie, a frappé principalement Alger du 10 au 14 novembre 2001. L'événement météorologique extrême a engendré 751 victimes, dont plus de 700 à Alger, et occasionné des dommages estimés à 300 millions de dollars américains. Le nombre de personnes déplacées s'élevait à 24 000, plus de 2 700 habitations ont été sévèrement endommagées, entre 40 000 et 50 000 personnes ont perdu leur domicile, et près de 109 routes ont subi des dégâts. (Asseb M., et Touhami A., 2021)



Fig.1.13. Inondations Bab El Oued –Alger du 10 November 2001.

7.2.2. Inondation du Sud de l'Algérie

Des inondations, qu'elles soient de portée locale ou d'envergure régionale, ont également touché le Sud du pays. Cela s'est manifesté dans les régions d'Illizi, Adrar et Tamanrasset en mars 2005, à Tindouf en février 2006, à Béchar en octobre 2007 et 2008, ainsi qu'à Ghardaïa en octobre 2008. Les averses torrentielles et de courte durée ont

entraîné une concentration des eaux ruisselées dans les lits des oueds et torrents, généralement à sec, provoquant des débordements particulièrement dévastateurs. À titre d'exemple, une pluie quotidienne de 79 mm (équivalent à la quantité enregistrée sur deux ans) a suffi pour détruire entre 50% et 60% des infrastructures dans les camps de réfugiés sahraouis à Tindouf entre le 9 et le 11 février 2006. Selon l'évaluation du Haut-Commissariat des Nations Unies pour les réfugiés (HCR) à Tindouf, au moins 70% des stocks alimentaires des familles ont été anéantis. En réponse, le Croissant Rouge Sahraoui (CRS) a lancé un appel à la communauté internationale pour des dons comprenant des tentes, des médicaments, de la nourriture et des couvertures. (Asseb M., et Touhami A., 2021).



Figure 1.14. Inondation de Ghardaïa du 1er octobre 2008. (Asseb M., Touhami A., 2021)

En raison de fortes intempéries persistantes pendant plus de trois jours, notamment avec les oueds Mâadar, Zouzfana et Bechar en crues, la wilaya de Béchar a été sévèrement touchée le 18 octobre 2007. Outre les deux victimes emportées par les eaux, les infrastructures de base ont subi des dommages importants, avec des lignes téléphoniques coupées, la circulation automobile interrompue, et des routes bloquées en raison de l'effondrement de plusieurs dalots et ponts, entraînant des infiltrations d'eau dans de

nombreuses habitations. En moins d'une année, la ville de Béchar a de nouveau été frappée, cette fois par l'inondation du 10 octobre 2008, entraînant la perte de huit vies et causant d'importants dégâts. Cet événement a été la plus grande inondation depuis 1959. (Asseb M., et Touhami A., 2021)



Figure 1.15. Inondations de Béchar 10 octobre 2008 (Asseb M., Touhami A., 2021)

7.3. Historique des inondations en Algérie (2000, 2023)

Il est impératif d'entreprendre une première étude exhaustive de ces identifications plus précise des zones exposées à des risques d'inondation concrets. Cette démarche vise également à fournir des paramètres hydrologiques détaillés permettant de caractériser ces événements. (Reffai R, Bessouda A, 2017). Le tableau met en évidence les plus dangereuses survenues en Algérie au cours de la période (2000- 2023)

Tableau 1.2. Les plus dangereuses inondations survenues en Algérie au cours de la période (2000 - 2023)

Année	Région / wilaya	Dégâts
▪ 28 septembre 2000	▪ Bou Saada	01 mort, 01 disparu, 13 habitations détruites et 38 familles évacuées.
▪ 14 octobre 2000	▪ Ain Temochent	04 morts, plusieurs disparus et habitations démolies.
▪ 10 novembre 2001	▪ Quartier de Bab El Oued (Fig.1.12)	800 morts, 150 disparus, pertes matérielles évaluées à plus de 30 milliards de DA.
▪ Décembre 2005, septembre 2009	▪ Annaba. (Fig .1.14)	Destruction des zone boisées, D'énormes pertes financières.
▪ 1 Octobre 2011	▪ El Bayadh	11 morts, 170 maison détruite, 02 ponts touchés.
▪ 15 septembre 2015	▪ Tamanrasset	13 morts, plusieurs humaines disparus et habitations démolies.
▪ Janvier et février 2019	▪ Annaba (Fig.1.13.)	Dizaines de voitures ont été submergées par les eaux, utiliser des barques pour se rendre chez eux.
▪ 20 Décembre 2020	▪ Jijel	D'énormes pertes financières
▪ 06 mars 2021, 03 mai 2021.	▪ Chlef ▪ Medeia	10 morts 04 morts.
▪ 2023	▪ Tlemcen ▪ El-Bayad, Guelma, Tarif, Tebessa	04 morts. 04morts. 05 morts.

Source : ([https:// www.wikipedia.com](https://www.wikipedia.com)).

Conclusion

Les inondations posent une problématique complexe à l'échelle mondiale, résultant de divers facteurs naturels et humains. L'Algérie, bien que confrontée à des risques inondation spécifiques à chaque région, doit relever des défis significatifs en la matière. Les conséquences désastreuses de ces événements, qu'elles soient influencées par des causes naturelles ou humaines, soulignent l'impératif d'adopter des stratégies préventives et de gestion efficace pour atténuer les impacts sur les populations et l'environnement.

Chapitre 2 :

Méthodes et Moyens de lutte contre le risque des inondations

Introduction

En raison de son emplacement géographique et des vicissitudes auxquelles elle est exposée, l'Algérie fait face à divers risques naturels majeurs, nécessitant une gestion de crise appropriée. Ces dernières décennies, le pays a subi de graves inondations, entraînant des pertes humaines et d'importants dégâts. Cette série d'évènements a suscité une réelle prise de conscience législative Algérie.

1. Etude de risque des inondations

Le risque d'inondation émerge de deux éléments distincts : la possibilité pour l'eau de déborder de son lit habituel et l'implantation humaine dans les zones alluviales, ou des structures diverse sont érigée.

Cette forme d'inondation est répandue, entraînant des pertes humaines et de dommages matériels varies. Elle représente 58% des victimes des catastrophes naturelles et contribue à hauteur de 31% des pertes économiques totales. Historiquement, la réponse à ce risque se concentrait sur la gestion des crues, intervenant exclusivement sur le phénomène naturel de la crue sans prendre en compte les enjeux ou leur vulnérabilité, se limitant ainsi à l'aléa.

Le risque d'inondation se caractérise par l'intersection de deux élément l'aléa, qui résulte du phénomène aléatoire des crues et de la morphologie des cours d'eau, et la vulnérabilité, évaluée en fonction des conséquences anticipées des inondations sur les individus et leurs biens (Djelabi K, 2015).

La formation mathématique du risque s'exprime comme le produit de l'aléa et de la vulnérabilité.

$$\text{Risque} = \text{Aléa} \times \text{vulnérabilité}$$

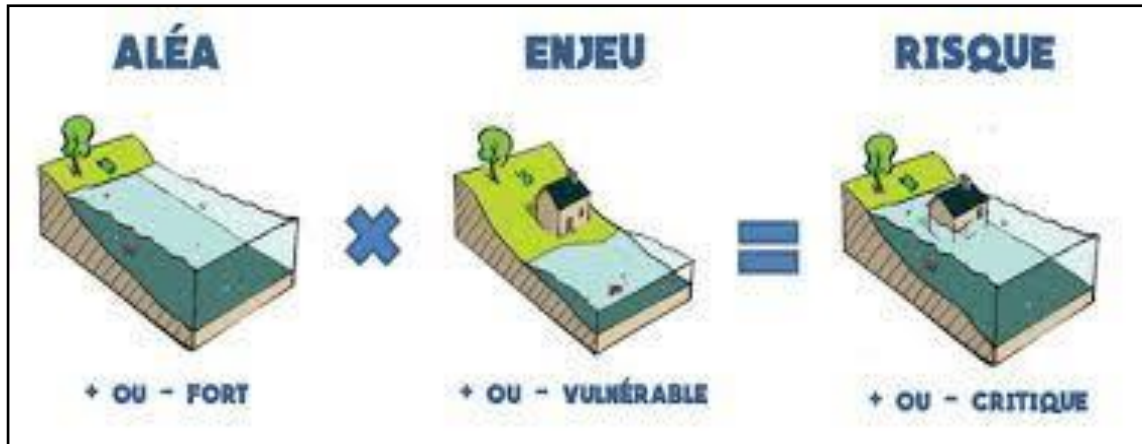


Figure 2.1. Schéma du risque inondation. (<https://image.jimcdn.com>).

1.1. Connaissance de l'aléa

La compréhension de l'aléa lié aux inondations requiert l'utilisation d'outils sophistiqués tels que les modèles hydrodynamiques, étant donné la complexité inhérente à ce phénomène naturel. Dans le domaine de la gestion des inondations, la modélisation hydrodynamique est devenue une pratique courante et essentielle (Djelabi K, 2015).

La modélisation hydrodynamique vise à prédire numériquement l'évolution spatio-temporelle des caractéristiques hydrauliques d'une rivière pendant une crue, englobant le débit, les courants, la hauteur d'eau, les surfaces inondées.

L'aléa, dans ce contexte, est exclusivement lié au phénomène physique de la crue, et la recherche en hydrologie et hydraulique se concentre principalement sur son analyse pour la gestion des risques d'inondation. Cette évaluation dépend du comportement hydrologique du bassin versant et du fonctionnement hydraulique du réseau hydrographique, pouvant être quantifiée sur une parcelle avec une certaine précision grâce à des variables telles que la profondeur d'eau, la durée d'inondation et la période de retour. Cette dimension probabiliste de l'aléa reflète la notion de fréquence ou de période moyenne de retour. (Djelab K, 2015). Les paramètres clés nécessaires pour évaluer l'aléa comprennent. (Charif H & Fardjaoui N, 2018).

➤ La période de retour

La période de retour, notée « T », représente une manière de caractériser la fréquence d'occurrence d'un phénomène a un moment donné. Statistiquement, elle est définie comme l'inverse de la probabilité d'occurrence de dépassement, notée « p » pour ce phénomène : $T = \frac{1}{p}$

Par exemple, un phénomène avec une période de retour de cent ans (phénomène centennal) a une probabilité d'un pour cent de se produire ou d'être dépassé chaque année. Cette probabilité est valable sur une très longue période, bien que sur des périodes courtes (quelques années), le phénomène puisse se répéter plusieurs fois. En d'autres termes, sur vingt ans, un individu a une chance sur cinq de vivre la crue centennale. La notion de crue est souvent associée à celle de période de retour (crue décennale, centennale, millénaire, ...) ; plus la période est grande, plus les débits et intensité sont importants. (Bentaleb M, Ouardi A, 2021).

➤ Hauteur et durée de submersion

La hauteur de submersion peut exercer un impact significatif sur les structures, surtout si elle dépasse la cote de référence. Une durée prolongée de submersion peut entraîner des problèmes sanitaires, avec une eau souvent contaminée par les égouts. Pour la sécurité humaine, des hauteurs d'eau dépassant généralement 50 cm sont considérées comme dangereuses. A titre d'illustration, une voiture commence à flotter dès que la hauteur d'eau atteint 30 cm. (Bentaleb M, Ouardi A, 2021).

➤ Vitesse du courant

La Vitesse d'écoulement est influencée par la pente du lit et sa rugosité. La dangerosité de cet écoulement est étroitement liée au rapport entre la hauteur de l'eau et la vitesse du courant. Par exemple, à partir de 0,5 m/s, la vitesse du courant présente un danger potentiel pour les individus, avec le risque d'être emporté par le flux ou blessé par des objets transportés à grande vitesse dans le cours d'eau. (Bentaleb M, Ouardi A, 2021).

➤ Volume de matière transportée

Le volume de matière en déplacement, désigne sous de « transport solide », englobe divers matériaux tels que les argiles, limons, sables, graviers, galets et blocs, présents

dans les cours d'eau. Ce transport peut se réaliser par suspension dans l'eau ou par déplacement sur le fond du lit, sous l'influence des forces liées au courant. Dans le contexte des rivières torrentielles, le risque d'inondation est principalement déterminé par une vitesse de courant élevée et un important transport solide. (Bentaleb. M, Ouardi A, 2021).

1.2. La vulnérabilité

La vulnérabilité, un concept complexe, englobe divers paramètres géographiques et socioéconomiques. La littérature propose plusieurs définitions, parmi lesquelles deux officielles ont été retenues : (Chachoua A,2010).

➤ La première, du MEDD (Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable français), considère la vulnérabilité comme le niveau des conséquences prévisibles de phénomènes naturels sur des enjeux tels que les personnes, les biens, les activités et le patrimoine.

➤ La seconde, du NOAA (National Oceanic And Atmospheric Administration), se concentre sur la susceptibilité des ressources à être impactées par des aléas.

La vulnérabilité peut être appréhendée à travers la perception sociale de l'aléa, les conséquences prévisibles de celui-ci sur les enjeux son impact, et enfin, les enjeux eux-mêmes. (Bentaleb M, Ouardi A, 2021).

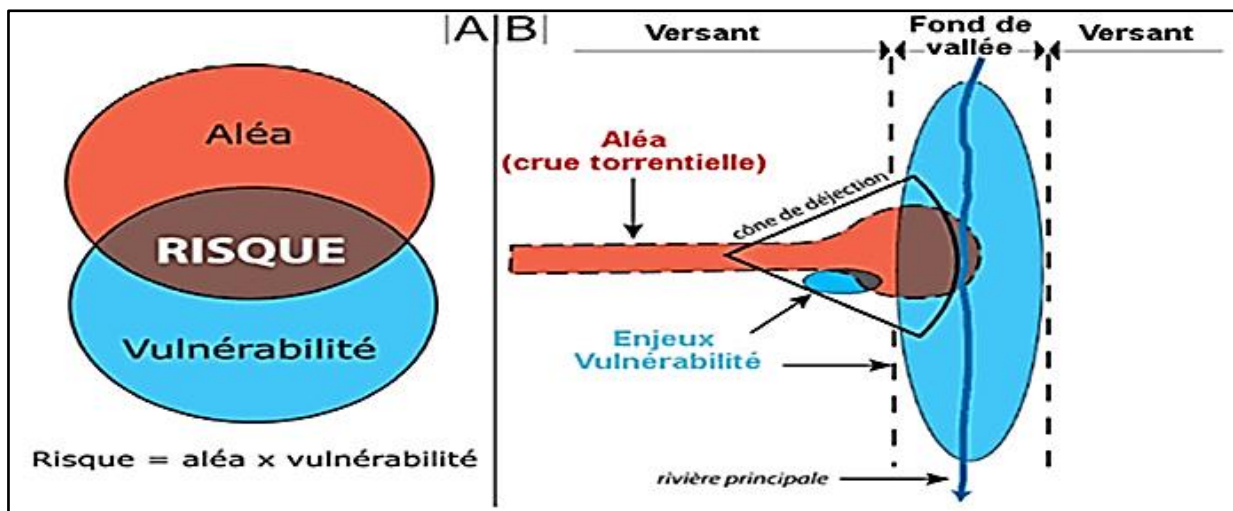


Figure 2 .2. Schéma sur la vulnérabilité (https://e-cours.univ-paris1.fr/modules/uved/risques-naturels/html/0/ressources/images/fig0_intro_up1.gif)

Tableau 2.1. Critères d’identification des zones à risques.

Aléa	Définition	Critères d’identification
Elevé	Zones où les vitesses de l’écoulement et/ou les hauteurs d’eau peuvent être importantes lors des crues exceptionnelles	- Ces zones correspondent principalement au lit mineur et à ses abords immédiats (berges instables) -Fonds des ravines
	Zones où il est envisageable que le talweg principal puisse changer de tracé et /ou évoluer dans son tracé (méandres).	Le changement de tracé d’un cours d’eau peut se produire lors de débordement important durant une crue exceptionnelle et /ou par suite d’accumulation ponctuelle importante d’embâcles et /ou d’apports solides
Moyen	Dans ses zones, les vitesses et les hauteurs de submersion pourront être faible voire moyennes, la durée de submersion étant limitée	- zones de débordement au niveau du lit majeur lors des crues exceptionnelles. -zones de stagnation des eaux pluviales avec hauteur de submersion relativement importante.
Modéré	Zones ou les vitesses d’écoulements seront faibles voire nulles	- zones de stagnation des eaux pluviales. -zones inondées par remontée de la nappe.
Faible à nul	Probabilité d’inondation faible à nulle	- zones hautes - zones en dehors du lit mineur ou majeur d’un cours d’eaux - zones éloignées de la bordure littorale.

(Bentaleb M, Ouardi A,2021)

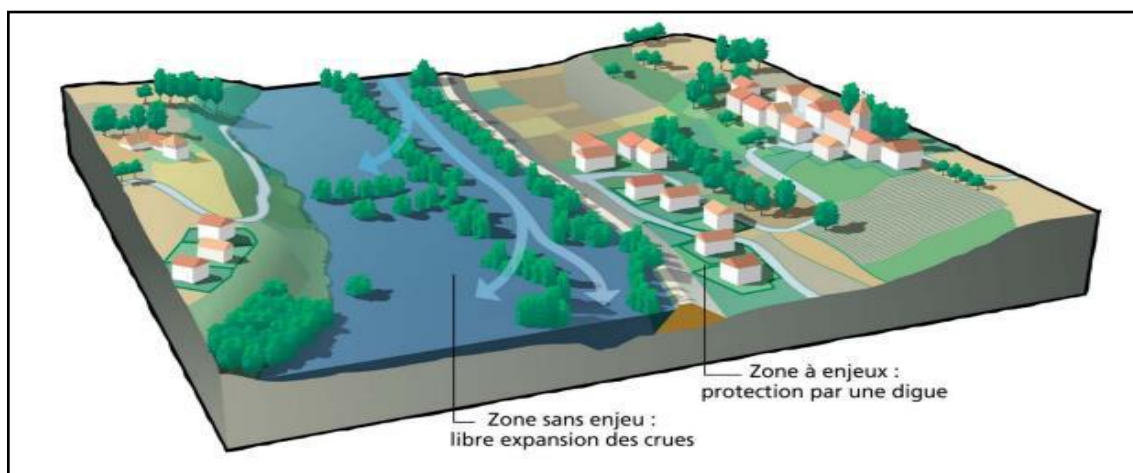


Figure 2.3. Zone à enjeux et zone sans enjeux. (Guerbi & Abdelkbir, 2017).

2. Les facteurs augmentant les effets des inondations

- **L'urbanisation et l'implantation d'activités dans les zones inondables**

L'extension urbaine et l'établissement d'activités dans les zones sujettes aux inondations représentent la principale source d'aggravation de ce phénomène. Simultanément, l'amélioration du niveau de vie et l'expansion des réseaux d'infrastructures ont significativement accéléré la valeur totale des biens exposés, augmentant ainsi la fragilité des activités face aux inondations (vulnérabilité). (Bouzidi O, Bouloudenine H, 2018).

- **La diminution des champs d'expansion des crues**

La réduction des zones d'expansion des crues, induite par l'urbanisation et parfois accentuée par la construction de digues ou de remblais, entraîne une diminution de l'effet naturel d'écrêtement des crues. Ce phénomène, bénéfique aux zones habitées en aval des cours d'eau, a pour conséquence une altération de la capacité naturelle à atténuer les crues, accentuant ainsi les risques pour les secteurs résidentiels en aval. (Bouzidi O, Bouloudenine H, 2018).

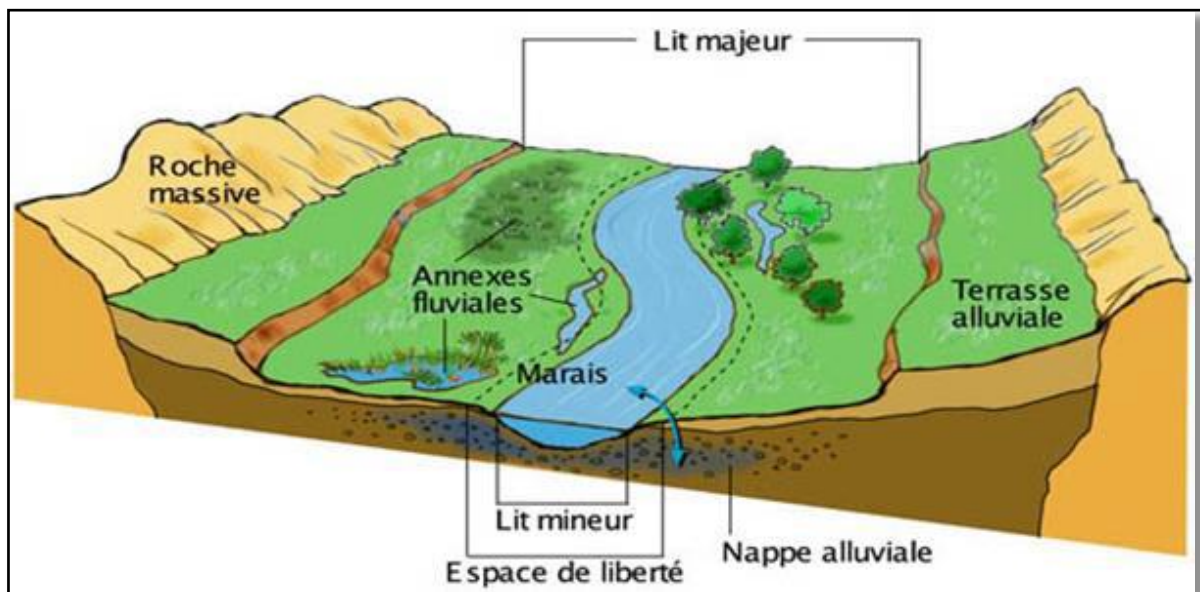


Figure 2 .4. Schéma sur les zones d'expansion de crue. (Bouzidi O, Bouloudenine H,2018).

- **Le ménagement parfois hasardeux des cours d'eau**

L'aménagement parfois imprudent des cours d'eau, caractérisé par des modifications locales de nombreuses rivières sans prendre en compte les conséquences en amont ou en aval, peut entraîner des résultats néfastes. Ces interventions, telles que la suppression de méandres et l'endiguement, ont le potentiel d'accélérer les crues en aval et de causer des préjudices en altérant le milieu naturel. Il est essentiel de prendre en considération ces aspects dans la planification des aménagements afin de préserver l'équilibre écologique des cours d'eau.

- **La défaillance des dispositifs de protection**

La défaillance des dispositifs de protection, tels que les digues et les déversoirs, peut entraîner des limitations dans leur fonctionnement. Une utilisation inadéquate et un défaut d'entretien peuvent parfois accroître l'exposition de la plaine alluviale aux risques, faisant ainsi peser des menaces plus importantes que si aucune mesure de protection n'avait été mise en place.

- **L'utilisation ou l'occupation des sols sur les pentes des bassins versants**

L'utilisation ou l'occupation des sols sur les pentes des bassins versants joue un rôle crucial. Toute altération, telle que le déboisement, la suppression des haies, les pratiques agricoles intensives, ou l'imperméabilisation, entrave le processus de laminage des crues et la pénétration du ruissellement, un écoulement plus rapide, et une concentration des eaux, contribuant ainsi à des phénomènes accrus d'écoulement superficiel et à des risques accrus d'inondations. (Bouzidi O, Bouloudenine H, 2018).

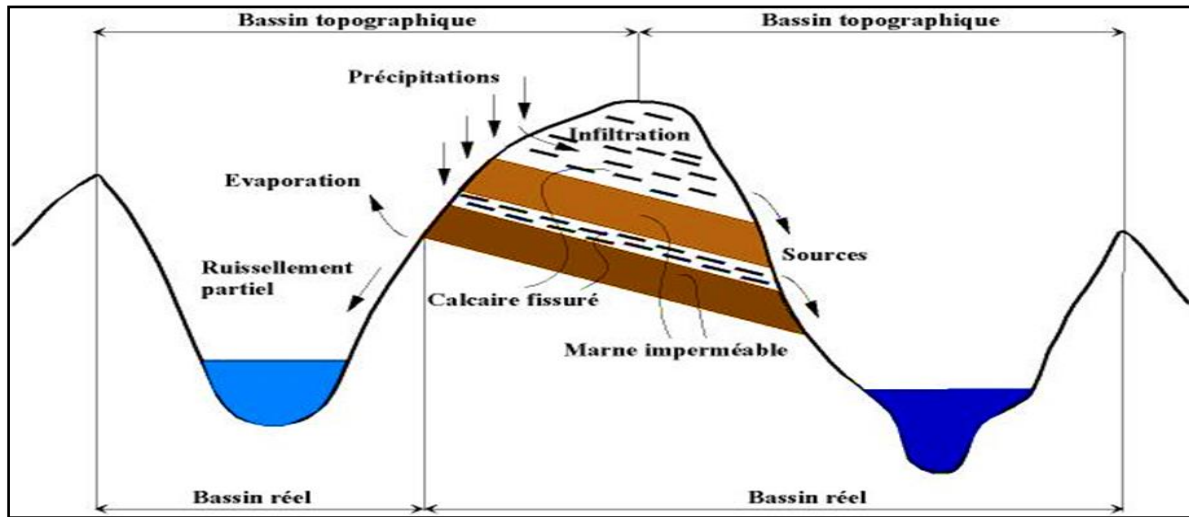


Figure 2 .5. Schéma sur le bassin versant et son complexe.

(<https://echo2.epfl.ch/e-drologie/chapitres/chapitre2/figures/figure2.2.jpg>)

❖ La complexité inhérente aux concepts d'aléa et de vulnérabilité met en évidence que la simple considération du risque comme le produit de deux facteurs est réducteur. Afin d'établir une politique de gestion rigoureuse et scientifique, il est impératif de décomposer ces deux facteurs en plusieurs éléments. Cette approche permet d'identifier les paramètres pouvant être maîtrisés afin de minimiser efficacement le risque. (Chachoua A, 2010).

3. La gestion du risque

La gestion du risque d'inondation en globe l'ensemble des techniques, procédures et méthodes qui peuvent être mises en place pour atténuer les éventuelles conséquences d'une inondation, que ce soit à l'échelle individuelle, sociale, ou institutionnelle d'un territoire. Il n'est possible d'en minimiser les impacts en veillant à ce qu'ils restent gérables. L'objectif de la gestion du risque est précisément de rendre cet événement, qu'il soit mineur ou majeur, envisageable, et que ses retombées puissent être absorbées par la fonctionnalité normale des ménages, des groupes sociaux ou des territoires. La gestion est soit ex ante, c'est la gestion des inondations en tant qu'événement c'est la gestion des inondations en tant qu'événement, en tant que risque réalisé pour reprendre le langage

assurantiel. Elle est basée essentiellement sur les principes suivants : (Bentaleb M, Ouardi A, 2021).

3.1. La maîtrise de l'urbanisation

Notamment dans le contexte des plans de prévention des risques naturels (PPRN) est essentielle pour gérer les risques, en particulier ceux liés inondations. Les PPRN ; également appelés PPRI en cas des risques d'inondation, ont pour objectif de délimiter les zones menacées en prenant en considération la nature et intensité de ces risques. Cela implique donc :

- L'identification des zones à risque en fonction de la nature des menaces.

La prise en compte de l'intensité des risques, ce qui signifie évaluer à quel point ces zones sont vulnérables aux inondations.

- La réglementation de l'urbanisation dans ces zones afin de réduire les risques.
- La sensibilisation des habitants aux risques encourus et aux mesures de prévention à adopter. L'objectif ultime est de minimiser les conséquences potentiellement graves des catastrophes naturelles en planifiant l'urbanisation de manière plus sûre et plus durable.

(Bentaleb M, Ouardi A, 2021)

3.2. La prévision

C'est une série d'actions visant à anticiper des potentiels et repose sur la collecte d'information, l'analyse des données et mise en place de mesures proactives pour faire face à des événements dangereux ou perturbateurs. Elle est cruciale pour la sécurité et gestion des crises. Elle est basée sur les principes. (Bentaleb M, Ouardi A, 2021)

3.2.1. Le suivi du phénomène

Il s'agit de collecter des données et des informations sur le phénomène en question. Cela peut inclure la surveillance de paramètres comme la météo, le niveau d'une rivière, la sismicité, ou tout autre élément prédictif. Le suivi permet de comprendre l'évolution du phénomène au fil du temps.

3.2.2. La surveillance du phénomène

Cette étape consiste à analyser les données collectées pour détecter des tendances ou des signes avant-coureurs de la crise potentielle. Par exemple, des modèles météorologiques peuvent indiquer la possibilité d'une tempête imminente, ce qui nécessite une action préventive.

3.2.3. La préparation la crise

Une fois que des signaux d'alerte sont identifiés, il est essentiel de se préparer à réagir. Cela peut inclure la mise en place de plans d'évacuation, le stockage de fournitures d'urgence, la coordination des secours, et l'information du public. La préparation vise à minimiser les conséquences négatives d'une crise potentielle.

4. Plans de Prévention des Risques Inondation (PPRI)

4.1. Qu'est-ce qu'un PPRI ?

Est un dossier réglementaire de prévention visant à informer les populations et les aménageurs des zones à risques, tout en établissant des mesures pour atténuer la vulnérabilité. Il s'intègre dans un cadre plus large de réflexions et de dispositifs de prévention des risques, déterminant les directives urbanistiques dans les zones sujettes aux inondations.

4.2. Les objectifs des PPRI

Les objectifs des PPRI consistent à prévenir une augmentation de l'exposition aux inondations des personnes et des biens, tout en diminuant les conséquences néfastes sur la vie humaine, l'environnement, l'activité économique et le patrimoine culturel. Atteindre ces objectifs requiert une compréhension détaillée des éléments suivants et de leurs interactions :

- L'aléa inondation sur l'ensemble du territoire concerné, incluant les niveaux de danger atteints dans la zone inondable.
- Les enjeux soumis à cet aléa, évaluant leur vulnérabilité aux inondations ou leur capacité d'expansion de crue.

- Les PPRI délimitent les zones exposées au risque d'inondation, règlementent l'urbanisation en fonction de l'occupation actuelle du territoire et du niveau de danger, et prévoient des mesures pour réduire la vulnérabilité et sauvegarder les enjeux existants.

(Bouzidi O, Bouloudenine H, 2018).

- Détermine les zones selon les critères suivants :

- Les zones inconstructibles, caractérisées par une interdiction générale d'ériger de nouvelles constructions, sauf exceptions autorisées sous conditions.

- Les zones constructibles, où la règle générale permet l'implantation de nouvelles constructions, sous réserve du respect de prescriptions, adaptées au type d'enjeu et au niveau de risque associé. (Bouzidi O. Bouloudenine H. 2018)

4.3. Compositions d'un PPRI

Le PPRI partage une similitude structurelle avec les documents d'un instrument d'urbanisme tel que le PDAU ou le POS, comprenant les éléments suivants :

a. Rapport descriptif : Description et définition du phénomène à risque sur le territoire spécifique.

b. Documents cartographiques :

- Carte informative des phénomènes passés.
- Carte de l'aléa inondation.
- Carte des enjeux exposés.
- Carte de zonage obtenue par le croisement de l'aléa et des enjeux exposés.

(Bouzidi O, Bouloudenine H, 2018).

4.4. Elaboration d'un PPRI

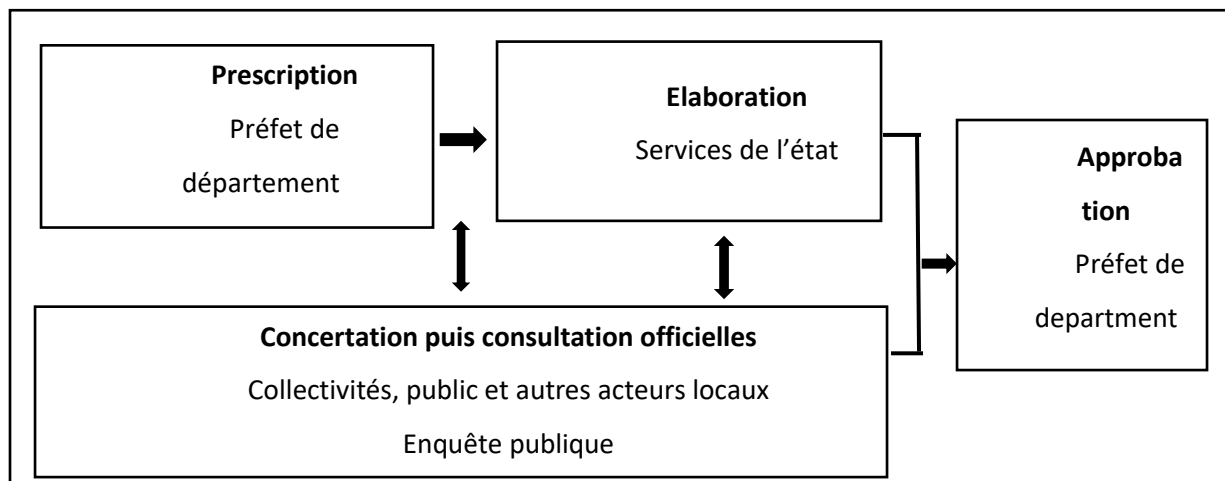


Figure 2.6. La procédure de l'élaboration d'un PPRI. (Bouzidi O, Bouloudenine H, 2018).

5. Cadre juridique et institutionnel national

Avant les années 80, l'Algérie ne disposait d'aucune loi ou texte juridique prenant en compte les risques naturels. Suite au séisme d'El Asnam en 1980, qui a engendré d'importants dégâts humains et matériels, le législateur algérien a été contraint de mettre en place plusieurs lois relatives à la prévention et à la gestion des risques naturels. L'objectif était de réduire et limiter la vulnérabilité des personnes et de leurs biens face aux aléas naturels en mettant en œuvre des procédures et des règles d'intervention dans les zones vulnérables.

Toutes les lois et les décrets sont élaborés dans l'objectif de :

- Prévenir et gérer les risques naturels.
- Contrôler et maîtriser l'urbanisation.
- Réglementer la construction.
- Impliquer les populations dans la protection de l'environnement et la gestion des risques naturels.

5.1. Les lois spécifiques de la prévention des risques et catastrophes naturels :

Ces lois ont été mises en place après le séisme d'El Asnam, avec deux décrets du législateur algérien.

L'un des décrets les plus importants liés à la prévention des risques et catastrophes naturels en Algérie est le Décret N°85-231 du 25 août 1985. Ce décret fixe les conditions et modalités d'organisation et de mise en œuvre des interventions et secours en cas de catastrophe. L'article 3 de ce décret stipule que chaque wilaya, commune et unité doit élaborer son propre plan d'organisation des interventions et secours (OR-SEC).

Un autre décret significatif est le Décret N° 85-232 du 25 août 1985 relatif à la prévention des risques de catastrophes. Selon cet acte, chaque commune doit élaborer un plan de prévention des risques potentiels sur son territoire. L'article 3 souligne que chaque wali est chargé de superviser la mise en œuvre et, si nécessaire, l'adaptation des mesures et normes de prévention des risques dans les communes de sa wilaya.

D'autres textes législatifs importants comprennent le Décret N°90-402 du 15 décembre 1990 régissant l'organisation et le fonctionnement du Fonds de Calamités Naturelles et

de Risque Technologique Majeur, l'Ordonnance N°03-12 du 26 août 2003 concernant l'obligation d'assurance des catastrophes naturelles et l'indemnisation des victimes, et la Loi N° 04-20 du 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.

En complément, des décrets et lois ultérieurs ont été émis, abordant divers aspects de la prévention des risques majeurs, y compris la création d'organismes tels que l'Agence Nationale des Sciences de la Terre, des Agences Nationales de Prévention et de Gestion des Risques Majeurs, et des Plans de Prévention des Risques (PPR). Un accent particulier est également mis sur la communication liée aux risques naturels et technologiques majeurs, la prévention des crues, et d'autres mesures visant à renforcer la résilience face aux risques majeurs.

5.2. Le SNAT et la gestion des risques naturels

Sa mission principale :

- Identifier et prévenir les risques majeurs, naturels et industriels.
- Renforcer les capacités techniques et de mise en œuvre de la prévention des

risques. (Le SNAT 2025).

6. Les Plans Généraux de Prévention des Risques d'Inondation (PGPR)

Constituant des instruments réglementaires établis en vertu de la loi n°04-20 du 25 décembre 2004, précisément dans ses articles 16, 18, 24 et 25. Ces plans sont une composante essentielle de la politique nationale de prévention des inondations, déployée par l'État dans le dessein de renforcer la sécurité des citoyens, notamment dans le domaine de l'urbanisme, de la construction et de la gestion des territoires, tant dans les zones exposées que dans les zones non exposées mais susceptibles de contribuer à l'aggravation ou à la création du risque.

❖ Les PGPR sont réalisés par bassins de risque, à partir d'une approche globale et qualitative des phénomènes, qui correspondent le plus souvent à une échelle pluri communale et sur la base des atlas des zones inondables.

❖ Ils couvrent les domaines de l'utilisation du sol, de la construction, de l'exploitation des sols et de la sécurité publique.

❖ Ils proposent des mesures appropriées à l'importance des risques et proportionnées à l'objectif de prévention recherché.

❖ Ils doivent être conduits avec une grande transparence, en recherchant la concertation la plus large possible avec l'ensemble des acteurs locaux de la prévention des risques, en particulier les élus communaux. (Ben Gharbi M, 2021).

7. Procédés de protection des agglomérations contre les inondations

7.1. Les protections classiques

L'homme a réussi à diminuer les victimes des inondations en développant des solutions classiques telles que l'adaptation à des lieux sûrs et la maîtrise du phénomène. Historiquement, la meilleure protection était de choisir des zones non inondables, éliminant ainsi le risque ou l'acceptant en connaissance de cause.

7.1.1. La prévention passive

La prévention passive historiquement privilégiée face aux inondations consistait à éviter l'installation dans les zones réputées inondables. Les villages étaient situés sur des sites élevés reconnus comme sûrs. En cas de construction dans des zones inondables, les maisons étaient édifiées avec au moins un étage pour servir de refuge lors des crues, et le rez-de-chaussée était conçu pour résister à une inondation temporaire, par exemple en étant carrelé sans parquet. (Bekri A, Ghessri I, 2020)

7.1.2. L'entretien des lits

Au cours des siècles passés, les cours d'eau non domaniaux ont été exploités pour divers usages tels que la pêche et la production d'énergie. Les riverains assuraient leur entretien, considéré comme essentiel. Cependant, le déclin économique de ces activités jugées « rurales » a entraîné un désintérêt progressif, laissant les rives des cours d'eau sans entretien.

Les collectivités locales ont progressivement négligé cette responsabilité en raison de restrictions budgétaires et de priorités changeantes, et bien que l'entretien parfait du cours d'eau ne soit pas la seule réponse aux inondations, son abandon peut contribuer à aggraver les dégâts au fil du temps. (Hafiane I, Benzaid I, 2019).

7.1.3. Les travaux de protection

L'aménagement d'un cours d'eau peut prendre diverses formes, allant de la suppression d'obstacles au recalibrage, en passant par le curage, la protection des rives, les enrochements, les épis, et la construction de seuils. Ces travaux de protection influent sur la dynamique fluviale, le régime des crues, les interactions entre les cours d'eau et les milieux humides, ainsi que sur le milieu aquatique à court terme et pour les crues moyennes, les actions les plus efficaces sont généralement les travaux de correction et de régularisation du cours d'eau. (Aïssa Madaoui O, Aïssa Madaoui R, 2016).

7.2. Recalibrage du cours d'eau

Le recalibrage des cours d'eau implique l'augmentation de la débitante du lit mineur par l'élargissement du lit, l'approfondissement, ou les deux. C'est une intervention fréquente, historiquement mise en œuvre dans les zones urbaines pour réduire les inondations, souvent associée à des endiguements. Dans les zones rurales, surtout entre les années 1950 et 1980, le recalibrage a été largement utilisé pour minimiser les submersions des terres agricoles. Il est souvent combiné à d'autres interventions telle que :

- La rectification du lit mineur.
- La protection des berges contre l'érosion.
- La suppression de la ripisylve (systématique sur au moins l'une des deux berges).
- L'endiguement « rustique » (merlon réalisé avec les déblais du recalibrage).

(Hafiane I, Benzaid I, 2019).

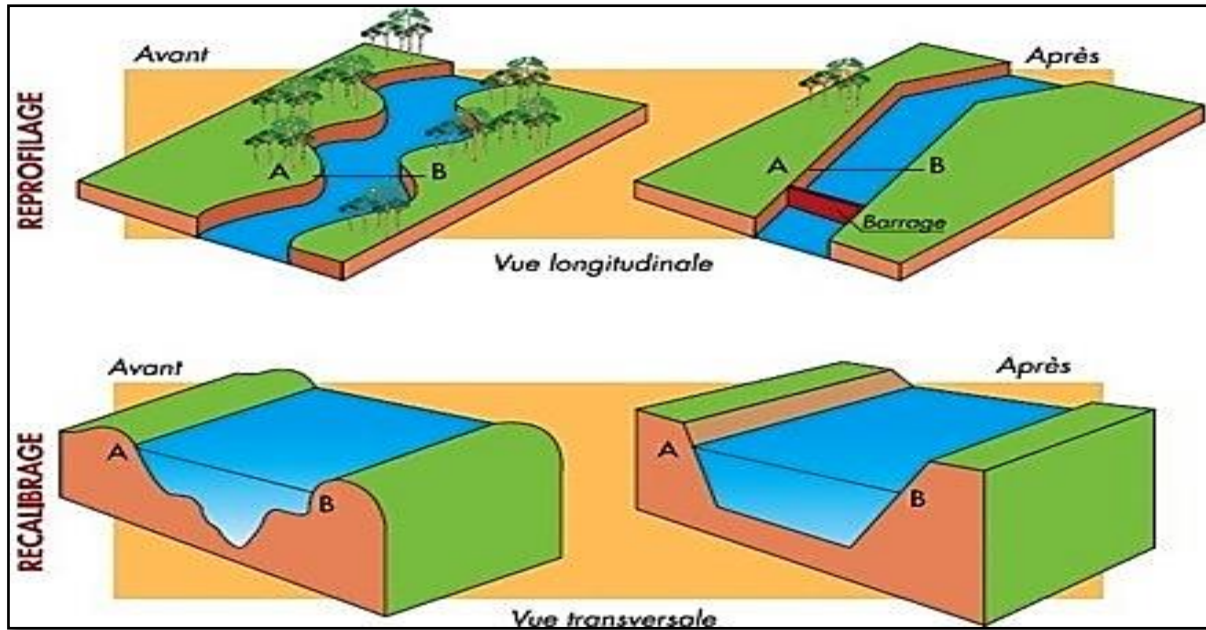


Figure 2.7. Recalibrage d'un cours d'eau. (<https://bassin-isle.fr/renaturation-des-cours-deau/>).

7.2.1. Les conséquences d'un recalibrage

- Sur les débits de pointe :

Le recalibrage inévitablement réduit la fréquence des inondations à l'échelle locale, réduisant ainsi l'effet d'atténuation des crues par débordement dans le lit majeur. (Talah S, 2014).

- Morphologiques pour le profil en long :

Le recalibrage avec la présence d'une risberme, entraîne des conséquences morphologiques similaires sur le profil en long. Si la risberme est sujette à des inondations fréquentes, elle accumule des dépôts fins ou grossiers, entraînant son surélévation. En supprimant d'anciens seuils, cela génère une érosion régressive et une élévation du niveau aval. (Talah S, 2014).

- Morphologiques pour les berges :

Le recalibrage souvent accompagné de la suppression importante de végétation, accroît la vulnérabilité des berges à l'érosion. De plus, il augmente la vitesse de l'eau, entraînant une érosion accrue sur les rives concaves. Cette augmentation de vitesse infléchit le courant vers l'aval dans les coudes, tandis qu'une autre conséquence est une

décru plus rapide, affectant la stabilité des berges vis-à-vis des glissements. Les solutions sont :

- L'adoption de pentes de berges suffisamment douces pour améliorer la tenue au glissement.
- La pose de matériaux plus résistants dans les coudes les plus prononcés.
- Et chaque fois qu'il est possible le maintien des arbres ou au moins des souches et le maintien des seuils existants. (Talah S, 2014).

- o Sur les milieux aquatiques :

Les conséquences sur les milieux aquatiques suite à ces impacts ont perturbé le fonctionnement naturel. Cela se traduit principalement par une diminution de la diversification des écoulements, une intensification des incisions du lit et des nappes dues à l'accélération du débit, une augmentation des inondations et des étiages, des déconnexions des zones humides, ainsi que des modifications des ouvrages hydrauliques. (<https://bassin-isle.fr/renaturation-des-cours-deau/>).

7.3. Digue de protection contre les inondations

Les digues de protection contre les inondations sont des structures élevées construites pour retenir l'eau et protéger les zones naturellement inondables le long des cours d'eau. Elles peuvent être près des rivières ou éloignées de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres. Il y a un type spécifique est la "digue de ceinture", entourant complètement ou partiellement des zones clés (villes, villages) en se reliant aux collines avoisinantes. Ces digues jouent un rôle essentiel dans la prévention des inondations en contenant périodiquement les flux d'eau. (Elfetni K, 2019).

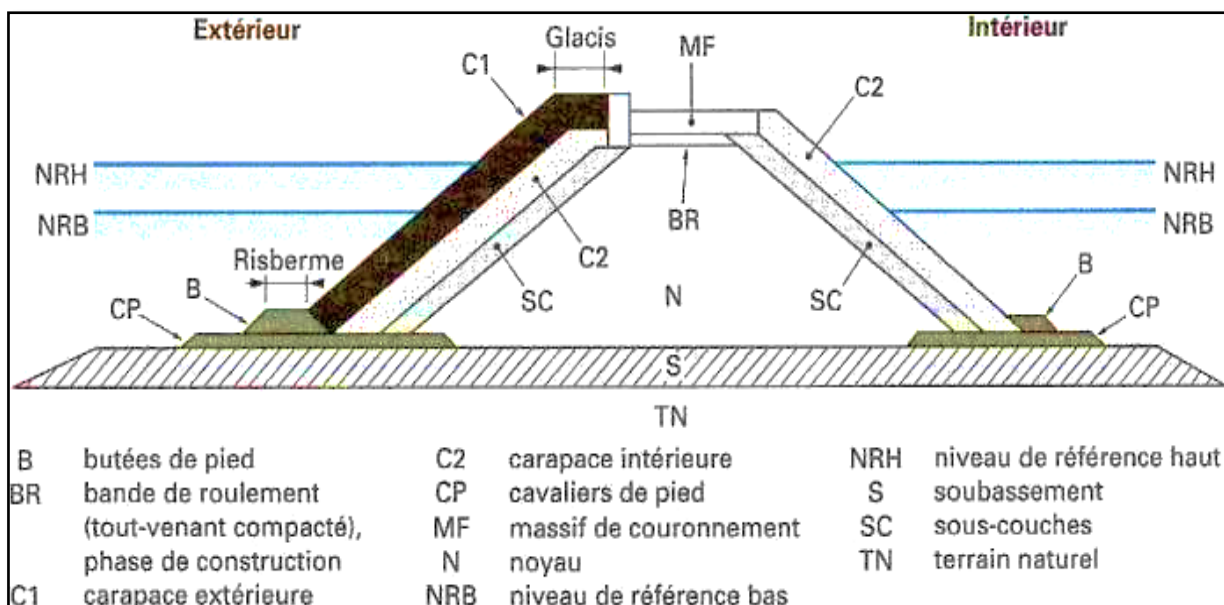


Figure 2.8. Schéma de différents constituants d'une digue. (Kaidi S, et all, 2009).

Tableau 2.2. L'analyse fonctionnelle des composants d'une digue

Composant géotechnique	Fonction géotechnique possible
Corps	1.Stabilité mécanique d'ensemble. 2.Etanchéité 5.Auto-filtration.
Organes d'étanchéité (de l'ouvrage, de la fondation).	2.Etanchéité. 1.Stabilité mécanique d'ensemble.
Organes de drainage (de l'ouvrage, de la fondation).	3.Drainage.
Organes de filtration (aux interfaces : drain, étanchéité...)	4.Filtration. 8.Ecoulement.
Organes de protection (d'un talus, de la crête, de la berge, de la fondation)	6.Resistance a l'érosion externe. 7.Resistance aux agressions externes intrusives.
Structure type mur ou poids	1.Stabilité mécanique d'ensemble. 2.Etanchéité.
Fondation (pouvant comprendre la berge si elle est proche)	1.Stabilité mécanique d'ensemble. 2.Etanchéité. 5.Auto-filtration.

(Méthodologie d'analyse de risque. IRSTEA).

○ Caractéristiques des digues de protection contre les inondations :

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

1. À la montée de crue, la rivière déborde de son lit.
2. 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 du lit naturel.
 - Dans le cas des fortes crues, le rôle des digues est limité et la vallée sera complètement inondée. (Elfetni K, 2019).

7.4. Reboisement

Les forêts, en plus de leur rôle écologique et touristique, jouent un rôle crucial dans la préservation des sols et de l'eau. Elles interceptent une quantité significative de pluie, contribuant ainsi à ralentir la montée des crues. Il est important de protéger les forêts existantes contre le déboisement, car des coupes sélectives ont été associées à une augmentation importante du ruissellement. Sous une végétation naturelle non altérée, le taux d'infiltration est généralement élevé, et le ruissellement est rare, sauf en cas de pluies exceptionnellement violentes. (Aïssa Madaoui O, Aïssa Madaoui R, 2016).

Les arbres tels que le platane, jouent un rôle crucial dans la stabilité des berges en fonction de leur taille et de leur position, en les recouvrant et en les protégeant de l'érosion. Sur le plan morphologique, la présence de végétation le long des berges réduit la largeur du lit de la rivière, approfondit le cours d'eau, et crée des berges plus abruptes. (Bekri A, Ghesri I, 2020).



Figure 2.9. Aménagement des berges contre le glissement. (Bekri A, Ghessri I, 2020)

7.5. Barrage écrêteur

Les barrages écrêteurs de crues font partie intégrante d'une stratégie de gestion des crues à l'échelle d'un bassin versant. Ils sont généralement situés à travers le thalweg d'une rivière et ont pour objectif de stocker temporairement une certaine quantité d'eau dans le lit du cours d'eau. Cela vise à réduire le débit maximal de la crue en aval, contribuant ainsi au ralentissement dynamique des crues. (Bensafi S, Bouzidi A, 2019).

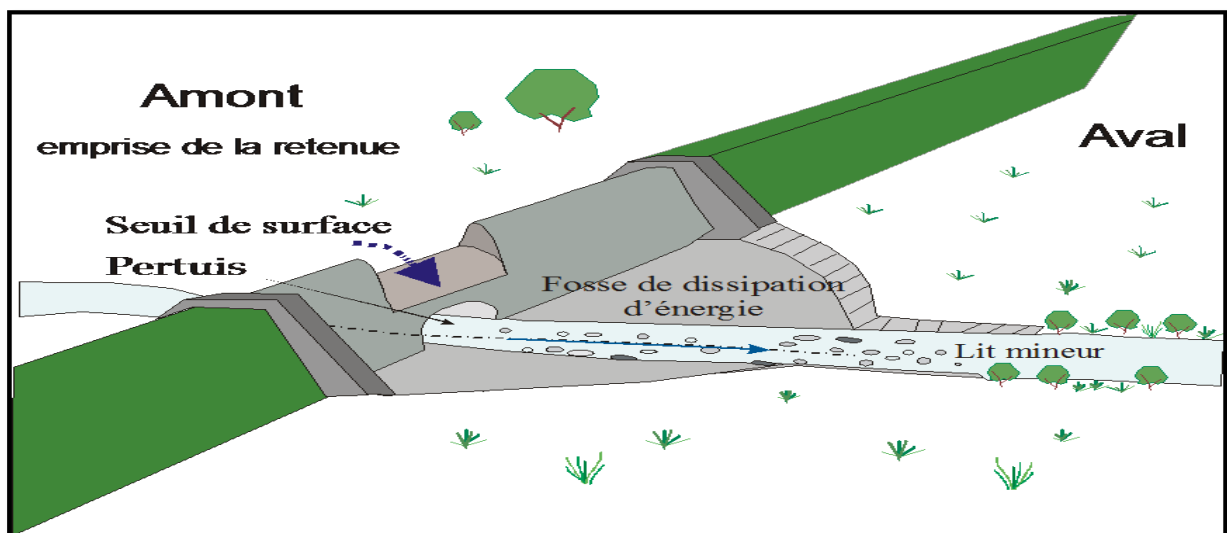


Figure 2.10. Schéma de fonctionnement d'un barrage écrêteur de crue.

(<http://wiklimat.developpement-durable.gouv.fr/>).

7.5.1. Principes de fonctionnement

Le principe général de fonctionnement dans le cas d'un barrage écreteur sans vannes, lorsqu'il a l'unique fonction d'écrêtement des crues, et pour réserver le maximum de capacité à cet usage, le barrage écreteur de crues est normalement équipé d'un pertuis de fond ouvert qui maintient la retenue vide.

Pour les débits courants et les petites crues, l'écoulement se fait sans modification (figure 2.12.a). Au-delà, il y a progressivement mise en charge de l'entonnement du pertuis (figure 2.12.b), avec stockage temporaire dans la tranche d'eau de laminage, jusqu'à atteindre la cote d'un déversoir de surface dimensionné pour assurer la fonction de sécurité du barrage lors des événements exceptionnels à extrêmes (figure 2.12.c). (Deroo L, Royet P, Poulard C, 2016).

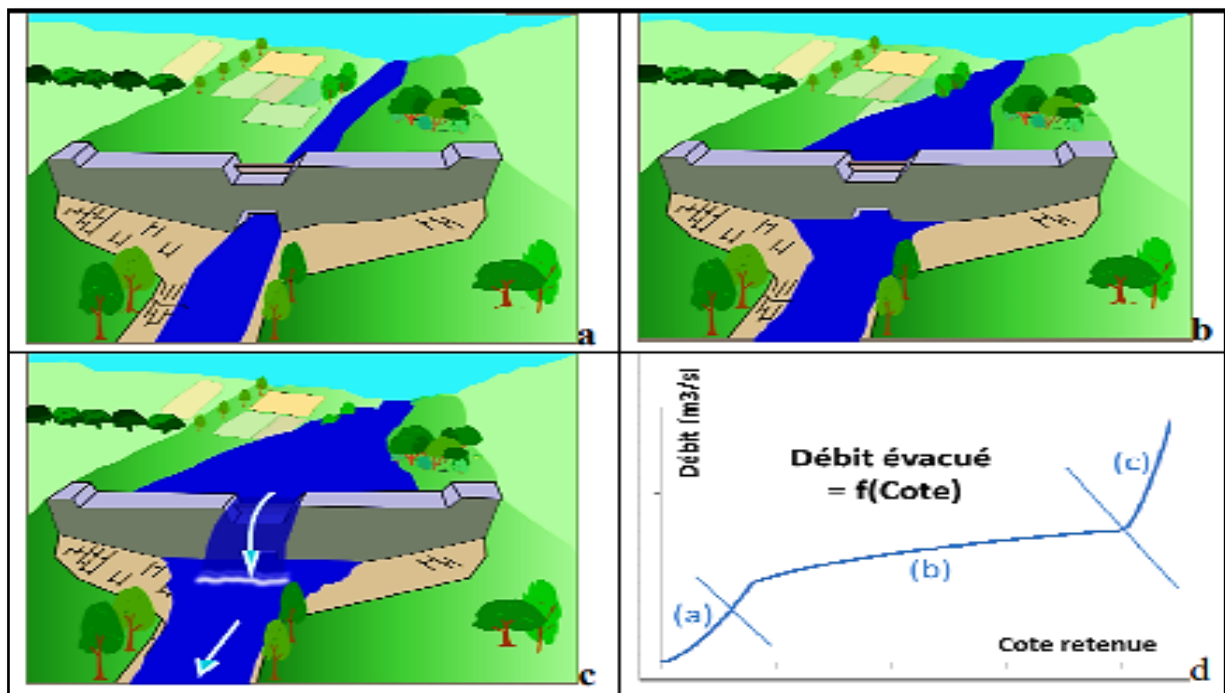


Figure 2.11. Schéma de fonctionnement d'un barrage à pertuis ouvert.

(Deroo L, Royet P, Poulard C, 2016).

Une illustration typique des régimes d'écoulement est donnée par la (figure 2.12.d) : La transition hydraulique entre les régimes (a) et (b) dépend de chaque situation.

7.5.2. Conséquences et effets perturbateurs possibles

Parmi les conséquences des barrages écrêteurs, on note :

- Une efficacité relative limitée en cas de crue lorsque le barrage est déjà plein.
- Des risques spécifiques potentiels, notamment celui de rupture du barrage.
- Un lissage du régime en aval, avec la disparition des crues fréquentes à moyennes, et une interruption totale ou partielle du transport de sédiments, entraînant l'érosion en aval et le dépôt dans la cuvette.
- Des perturbations des dynamiques biologiques, affectant la circulation des animaux et des propagules végétales. (Bachiri A, 2021).

7.6. Correction torrentielle

La correction torrentielle est une technique visant à limiter les vitesses des écoulements dans les cours d'eau caractérisés par des régimes torrentiels.

Elle implique la construction d'un certain nombre de digues transversales successives sur les lits des canaux naturels pour maîtriser le cours du torrent. (Bekri A, Ghessri I, 2020).



Figure 2.12. Correction torrentielle. (<https://www.irma-grenoble.com/>).

Le nombre des digues à construire est déterminé par la formule suivante :

$$I. \quad N = \frac{L \times (P - I)}{H}$$

- N : Nombre de Dignes.
- L : Longueur du ravin (m).

- P : Pente moyenne du lit.
- H : Hauteur moyenne des digues (1 à 4 mètres).
- I : Pente de compensation (pente inter digue, elle est inférieure à la pente initiale du lit de ravin) $i \approx 0.01$. (Aïssa Madaoui O, Aïssa Madaoui R, 2016).

$$II. \quad I = \frac{f.b.(d-p)}{0,076 \times 0,0625^2 \times c^2 \times R^2}$$

- f : Coefficient de frottement des matériaux.
- b : Longueur du caillou (m).
- d : Densité du caillou.
- P : Densité de l'eau boueuse (varie de 1 à 1,8).
- C : Coefficient dépendant des parois de la digue.
- R : Rayon hydraulique moyen du ravin (m). (Aïssa Madaoui O, Aïssa Madaoui R, 2016).

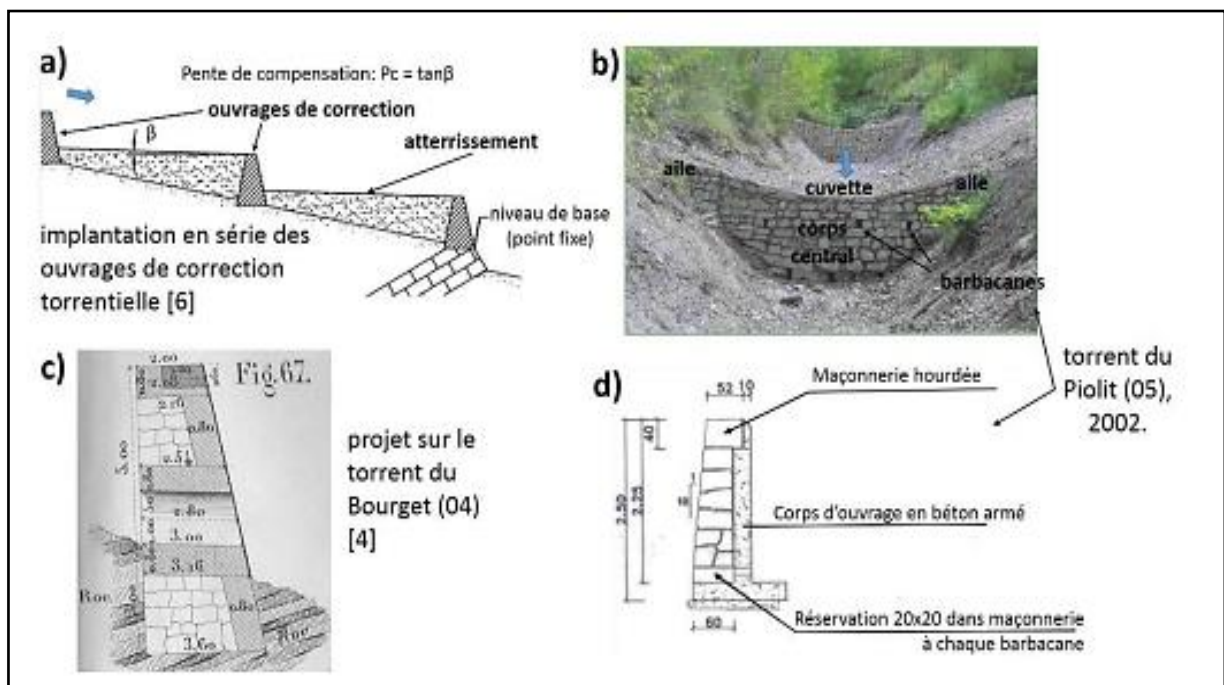


Figure 2.13. Ouvrages de correction torrentielle

- a) implantés sur le profil en long et b) vue de l'aval et exemples de coupes en travers de structures c) poids et d) auto-stable en maçonnerie. (Carladous S, et All, 2018)

Fonctionnellement, ces ouvrages de correction torrentielle sont disposés en série pour stabiliser le fond du lit (corps central) et recentrer les écoulements (ailes), facilitant leur transfert vers l'ouvrage aval (cuvette déversoir) (Figure 2.14.a-b). Du point de vue structurel, ces ouvrages de correction torrentielle, appelés atterris, sont dimensionnés comme des soutènements capables de résister aux forces liées à leur poids, à la pression des terres, aux écoulements (surcharge sur l'atterrissement, impacts des laves) et à des phénomènes spécifiques tels que les poussées de berges ou les affouillements de berge et de pied. (Carladous S, et All, 2018).

7.7. Ouvrages de stockage en dérivation

À la différence du fonctionnement naturel des zones d'expansion, ce type d'ouvrage est alimenté par la dérivation d'un cours d'eau via une prise d'eau et un canal d'amenée. Les bassins de stockage sont soit creusés dans le terrain naturel, soit construits avec des digues. Selon la topographie, ils peuvent être agencés en plusieurs bassins en cascade, se remplissant successivement de l'amont vers l'aval par déversement. Le schéma de fonctionnement de ces ouvrages est illustré dans la figure 2.15 suivante : (Elfetni K, 2019).

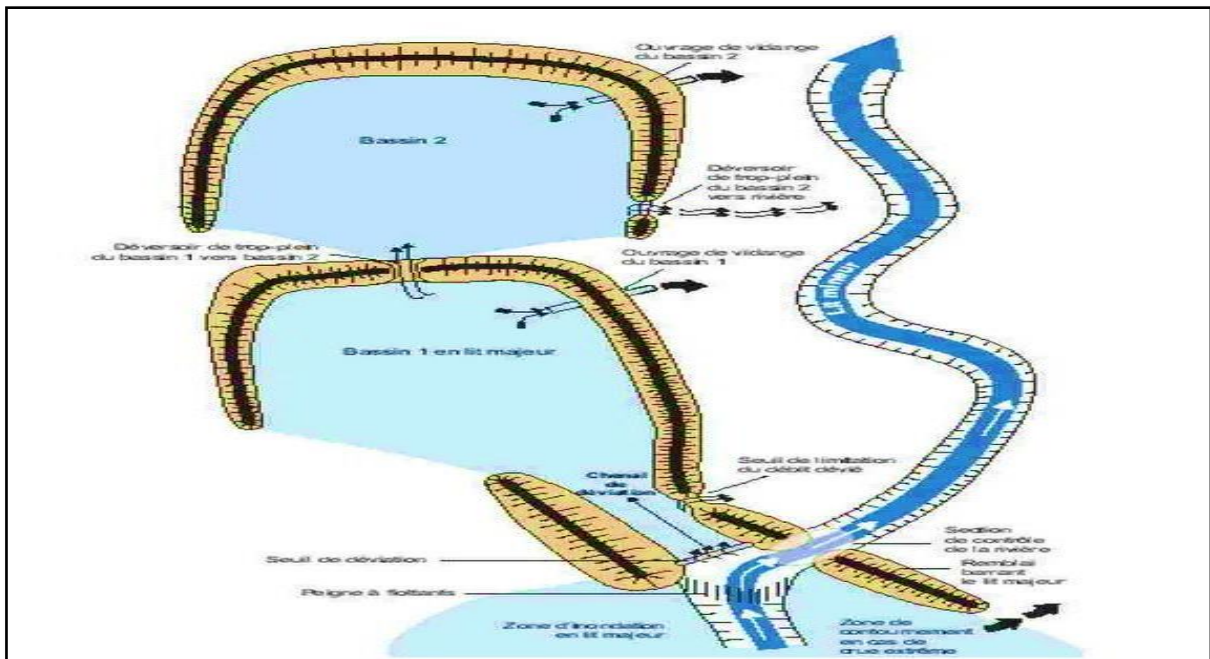


Figure 2.14. Fonctionnement d'ouvrage de stockage en dérivation. (Aïssa Madaoui O, Aïssa Madaoui R, 2016).

7.8. Les épis

Les épis en rivière sont des structures transversales au courant, ancrées dans la berge, ne bloquant qu'une partie du lit et partiellement submersibles. Leur utilisation vise à protéger les berges ou à faciliter la navigation. Dans le domaine maritime, les épis peuvent également être employés pour la protection des plages. L'espacement entre les épis est déterminé par la largeur de la rivière, leur longueur et leur nature. Idéalement, pour assurer l'efficacité d'un système d'épis, l'écart entre deux épis successifs devrait être d'environ une fois et demie (1,5) leur longueur moyenne. (Hafiane I, Benzaid I, 2019).



Figure 2.15. Un épi artificiel. (<https://fr.wikipedia.org/>).

7.9. Banquette

Une banquette est simultanément une petite terrasse et un fossé, comprenant un talus de déblais, un fond d'infiltration et de canalisation des eaux, ainsi qu'un talus de remblais (bourrelet) à l'aval. La mise en place d'un réseau de banquettes nécessite des calculs pour déterminer ses différentes dimensions. Cette technique poursuit un double objectif : lutter contre l'érosion et réduire le ruissellement en favorisant l'infiltration grâce à la diminution de la pente et leurs effets sont considérables dans la défense et la restauration de sol. (Bekri A, Ghessri I, 2020).

La banquette mécanique est divisée en quatre zones distinctes (figure) :

- Le fossé large recueille les eaux de ruissellement de l'impluvium.

- Le talus reçoit la pluie ainsi qu'un apport latéral des eaux du fossé.
- L'impluvium situé en amont du fossé, une zone cultivée entre les bourrelets, qui n'est alimentée que par la pluie, moins le ruissellement.
- La zone de l'impluvium en aval et proche du bourrelet, susceptible de recevoir un apport d'eau par drainage à travers le bourrelet lors de fortes averses. (Bensafi S, Bouzidi A, 2019).

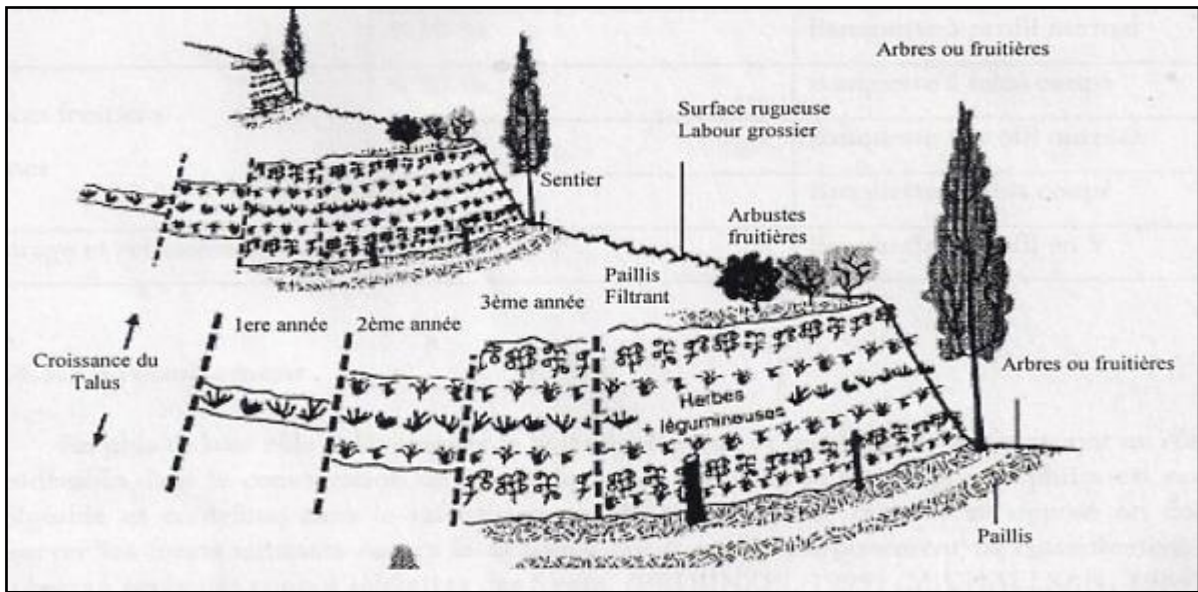


Figure 2.16. Technique de banquettes. (Bensafi S, Bouzidi A, 2019).

L'installation d'un réseau de banquettes nécessite des calculs pour déterminer ses différentes dimensions. À cet effet, nous nous limiterons à la mise au point des types de banquettes à réaliser, comme indiqué dans le tableau suivant, en fonction de la pente des terrains à traiter et des spéculations agricoles adoptées. (Boulghobra N, 2006).

Tableau 2.3. Types de banquettes à réaliser en fonction de la pente et de spéculation agricole.

Culture	Pente du terrain	Type de banquette à adopter
Céréales	2 à 3 %	Labours horizontaux.
	3 à 6 %	Cultures en bandes.
	3 à 5 %	Banquettes à triple courbure.
	5 à 12 %	Banquettes à double courbure.
	12 à 18 %	Banquettes à simple courbure.
	18 à 30 %	Banquettes à talus coupé en V.
	30 à 35 %	Banquettes à profil en V.
Céréales et arbre fruitiers sur bourrelet	Inf à 18 %	Banquettes à simple courbure.
	Inf à 30 %	Banquettes à talus coupé.
	Inf à 50 %	Banquettes à profil normal.
Arbres fruitiers vigne	Inf à 30 %	Banquettes à talus coupé.
	Inf à 50 %	Banquettes à profil normal.
	Inf à 30 %	Banquettes à talus coupé.
Pâturage, reboisement	Inf à 80 %	Banquettes à profil en V.

Source : (Boulghobra N, 2006).

7.10. Les outils techniques de protection

7.10.1. Les microtechniques

Les microtechniques sont des approches destinées à de petites surfaces, particulièrement adaptées aux parcelles. Elles mettent en œuvre le principe de maîtrise des eaux pluviales à la source, trouvant leur pertinence dans des lotissements ou immeubles où la multiplication des ouvrages permet de gérer l'ensemble des eaux pluviales.

Ces techniques intègrent les principes de stockage, réutilisation, infiltration, ralentissement et allongement du parcours de l'eau, prenant des formes variées comme citernes, toitures stockantes, dépressions dans le sol, puits, et surfaces drainantes. (Mouaz S, Saidi A, 2021).

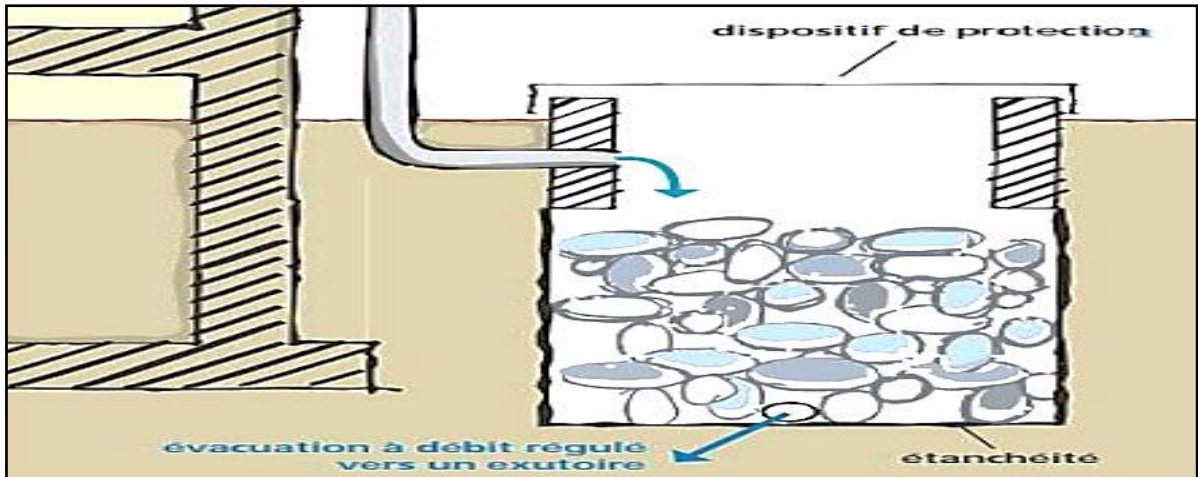


Figure 2.17. Structure de stockage (puits ou tranchée). (Mouaz S, Saidi A, 2021).

✚ Parmi leurs points forts, on note une intégration efficace dans l'aménagement, une adaptation à l'échelle de la parcelle, une diversité des traitements, une emprise foncière réduite ou absente, une réduction à la source de la pollution, un risque de colmatage limité, et dans le cas des citernes, une réduction de l'utilisation d'eau potable pour l'arrosage. (Mouaz S, Saidi A, 2021).

7.10.2. Les toitures stockantes

Les toitures stockantes consistent à ralentir le ruissellement en stockant temporairement l'eau sur les toitures. Cette technique utilise des dispositifs tels que des parapets en pourtour de toiture, des toitures végétalisées, ou des caissons sur les toits pentus. La régulation de la vidange du stockage est contrôlée par des dispositifs de vidange, avec des choix architecturaux permettant des réalisations variées et esthétiques.

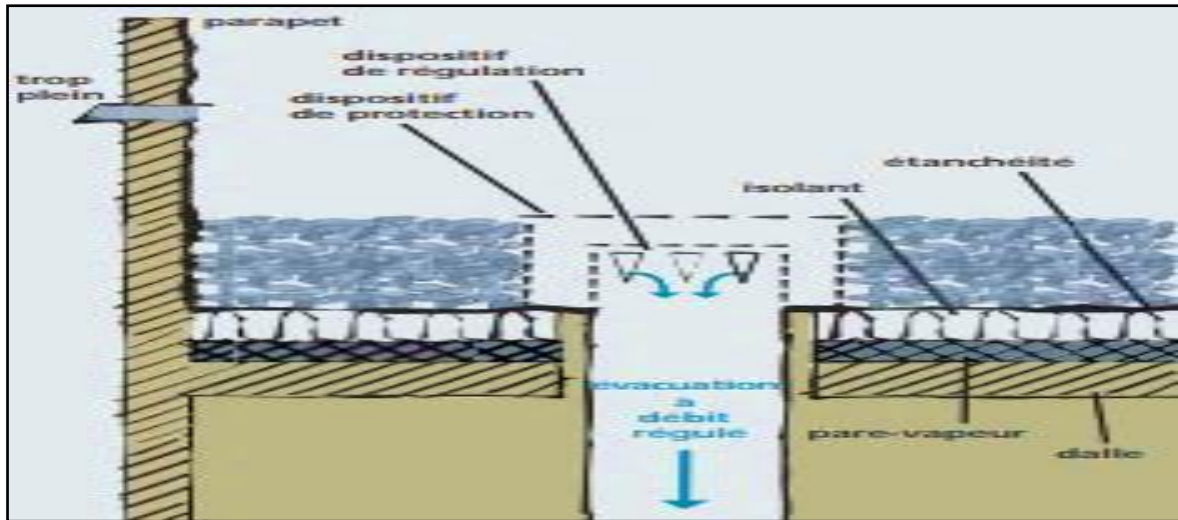


Figure 2.18. Les toitures stockantes. (https://www.graie.org/graie/graiedoc/doc_telech/PlaqTA.pdf)

✚ Parmi les points forts de cette technique, on souligne l'absence d'emprise foncière, l'adaptation à l'échelle de la parcelle, la polyvalence sur les toitures traditionnelles, la simplicité technique, l'intégration esthétique dans l'architecture et l'aménagement, la diversité des traitements possibles, ainsi que la possibilité d'ajouter une fonction thermique avec des toitures végétalisées.

7.10.3. Les fossés et les noues

Les noues sont des fossés larges et peu profonds avec des rives à pentes douces, visant à ralentir l'écoulement de l'eau. Alimentés par des canalisations ou le ruissellement direct, ils évacuent l'eau par infiltration ou vers des exutoires (puits, bassin, réseau de collecte). Ces ouvrages linéaires structurent l'espace et s'adaptent à la géographie du site, tout en piégeant et dégradant les polluants le long de l'écoulement. (Mouaz S, Saidi A, 2021).

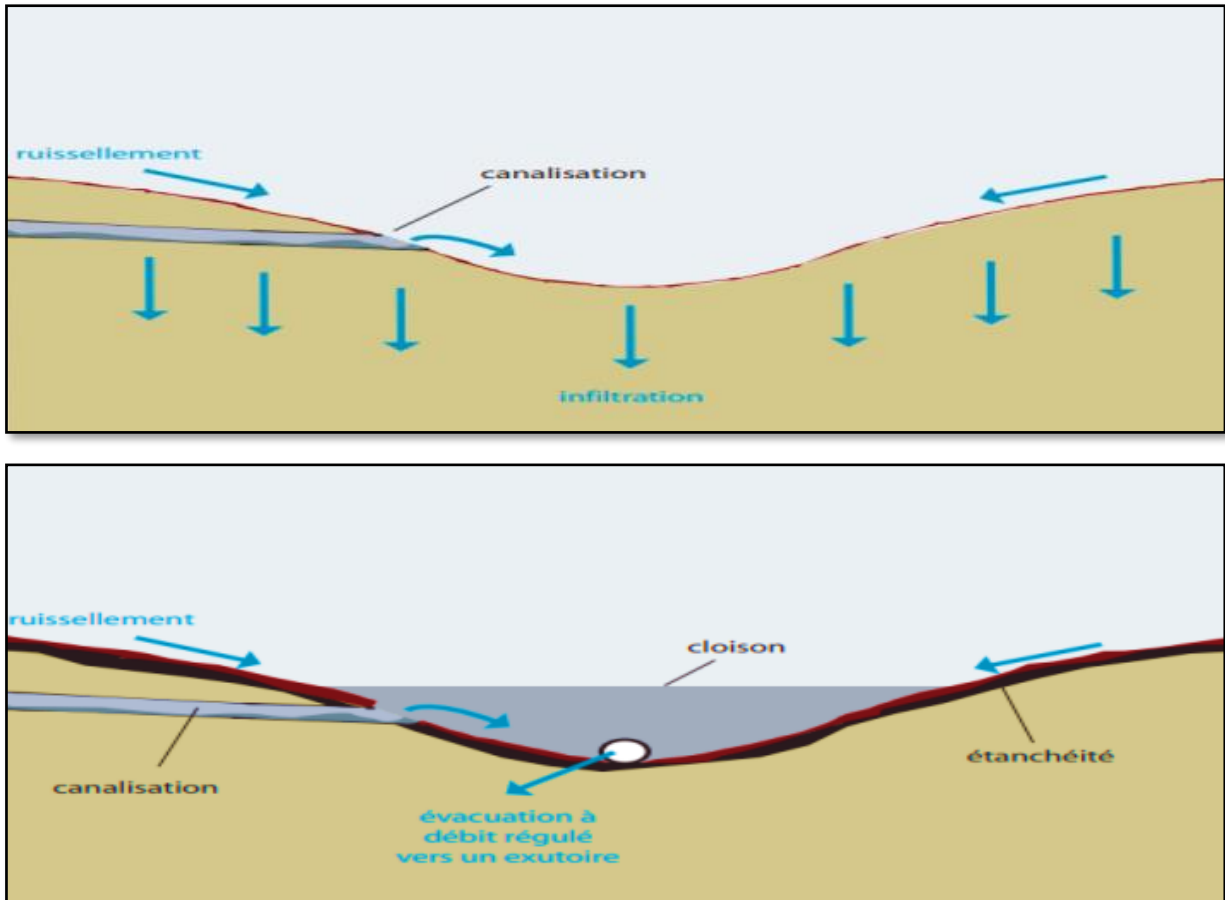


Figure 2.19. Principe de fonctionnement d'une noue ou d'un fossé de rétention.

(https://www.graie.org/graie/graiedoc/doc_telech/PlaqTA.pdf)

Conclusion

En conclusion, la protection contre les inondations est un défi complexe qui nécessite des approches adaptées à chaque contexte local. Il n'existe pas de solution universelle en raison de la diversité des conditions géographiques et environnementales. La sélection des mesures de protection doit être soigneusement étudiée en tenant compte des particularités de chaque zone inondable.

Les études économiques, bien que souvent approximatives, jouent un rôle crucial dans l'évaluation de la faisabilité des opérations envisagées et dans la comparaison des différentes options. La prudence et la flexibilité sont essentielles pour concevoir des stratégies de protection efficaces tout en reconnaissant les limites des méthodes d'analyse disponibles.



Partie pratique :

Problématique des inondations à Skikda

Chapitre 3 :

|

Cadre physique et climatique de la région de Skikda

|

Introduction

La région de Skikda se distingue par des caractéristiques naturelles uniques, étant située sur la côte nord -est de l'Algérie. Le climat se caractérise par une abondance de pluies et un taux d'humidité élevé, contribuant à la formation de reliefs diversifiés. La plaine côtière est marquée par des terres agricoles fertiles, tandis que les montagnes avoisinantes présentent des paysages naturels magnifiques. Les inondations sont un phénomène important dans le contexte climatique, ou les fortes précipitations entraînent le flux des rivières et des cascades. L'élévation du niveau d'eau dans certaines situations provoque des inondations, impactant l'environnement et la vie quotidienne des habitants. Comprendre cette relation entre les caractéristiques naturelles et climatiques et le phénomène des inondations renforce notre compréhension des effets des changements climatiques sur la région et souligne la nécessité de planification pour l'adaptation et la prévention.

1. La situation géographique et astronomique de la province de Skikda

1.1. Situation géographique

La wilaya de Skikda se situe dans le Nord – Est de l'Algérie (Fig. 3.1). Elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée, à l'Est par la wilaya de Annaba, à l'Ouest par la wilaya de Mila au Sud - Ouest. Elle couvre une superficie totale de 4137,68 Km² et sa frange littorale s'étale sur 142 km, soit 12 % du littoral algérien. (Zennir. W .2018).

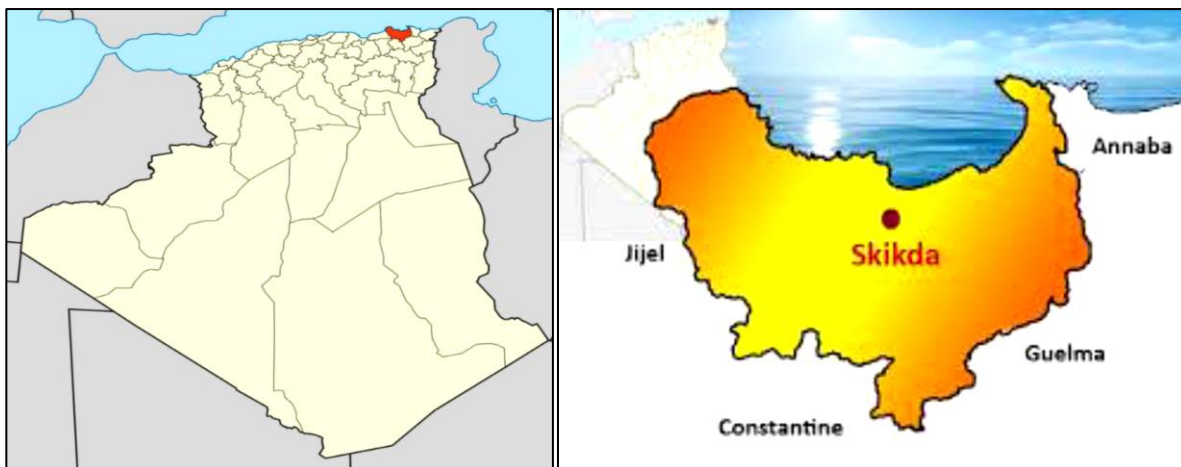


Figure 3.1. Situation géographique de la wilaya de Skikda. (Monographie wilaya de Skikda).

1.2. Situation astronomique

La wilaya de Skikda se trouve entre les Longitudes $06^{\circ} 15'$ et $07^{\circ} 45'$ Est, ainsi qu'entre les Latitudes $36^{\circ} 30'$ et $37^{\circ} 45'$ Nord. (بوغرارة ر، فتح الله و، 2019)

2. Organisation administrative

Située au Nord-Est de l'Algérie, la wilaya de Skikda s'étend sur une superficie de 4138 km^2 , s'étirant le long d'une côte méditerranéenne de 130 km . Son territoire, composé de reliefs montagneux et de plaines fertiles, abrite une mosaïque de paysages et de richesses naturelles.

Administrativement, la wilaya est divisée en 13 daïras, chacune regroupant plusieurs communes. On compte ainsi 38 communes au total, chacune dotée de ses propres caractéristiques et potentialités. Cette organisation permet une gestion administrative plus efficiente et une meilleure proximité avec les citoyens.

Tableau 3.1. Organisation administrative de la wilaya de Skikda.

Daïra	Commune	Superficie (km²)
Skikda	- Skikda - Filfila - Hamadi krouma	148
Azzaba	- Azzaba - Es Sebt - Ain Charchar - El Ghadir - Djendel	782
Ben Azzouz	- Ben Azzouz - El Marsa - Bekkouch Lakhdar	501
El Harrouch	- El Harrouch - Emjez Edchiche - Zerdaza - Ouled Hbaba - Salah Bouchaour	570
Sidi Mezghiche	- Sidi Mezghiche - Beni Ouelbane -Ain Bouziane	333
Tamalous	-Tamalous -Kerkera -Bin el Ouidene	368
Ain Kechera	- Ain Kechera - Ouldja Boulbalout	213
Oum Toub	- Oum Toub	179
Collo	- Collo - Beni Zid - Cheraia	229
Zitouna	- Zitouna - Kanoua	102
Ouled Attia	- Ouled Attia - Khenak Mayoune -Oued Zhour	239
Ramdane Djamel	- Ramdane Djamel -Beni Bechir	186
El Hadaiek	-El Hadaiek -Bouchetata -Ain Zouit	268
13	38	4138

(Source : DPSB)



Figure 3.2. Organisation administrative de la wilaya de Skikda (Monographie wilaya de Skikda).

3. Environnement Naturel

3.1. Relief

La région environnante de la ville se distingue par des formations physiques prédominantes de caractère montagneux, principalement une extension naturelle de la chaîne de montagnes de l'Atlas Tell. Cette chaîne s'étend vers la mer méditerranée, se caractérisant par une densité forestière et des vallées profondes, de plus en plus marquées en direction de l'Ouest. Du côté Sud, la région se distingue par des plaines et des bassins fertiles de haute qualité, résultant des inondations continues des vallées.

En général, la wilaya de Skikda se caractérise par la diversité de son relief, en fonction de sa formation géologique. Parmi ces reliefs, les plus importants sont :

3.1.1. Les montagnes

Le paysage montagneux de la wilaya se distingue par deux ensembles distincts :

- Une série de montagnes côtières exhibant des crêtes souvent entières et arrondies, érigées en tant qu'obstacles naturels. Leurs altitudes oscillent entre 400m et 600m, avec des exemples notables tels que le Djebel El Alia et le Filfila.

➤ Une chaîne numidique située au sud, agissant comme la dorsale de l'Atlas tellien, formant une barrière physique substantielle. Cette chaîne, orientée Est- Ouest, se compose d'une succession de massifs, la crête principale atteignant une altitude de 1264 m à Kef Sidi Driss. La partie septentrionale de cette chaîne adopte une orientation Sud-Ouest, Nord -Est, Avec des altitudes plus modestes, environ 620 m à Kef Msouna et 600 m à Sebarvoud.

Ainsi, les principaux massifs montagneux sont : (Labar, S, 2009).

Tableau 3.2. Les principaux massifs montagneux

Au Sud		Au Nord	
Sidi Driss	1364 m	Tengout	649 m
Goufi	1183 m	Bissy	530 m
Aguilman	974 m	Al Alia	476 m
		Filfila	586m

(Labar, S, 2009).

3.1.2. Les Plaines

Les plaines constituent une portion modeste, représentant seulement 9% de la totalité du territoire de la wilaya. Elle se trouvent principalement dans les sous -régions de Collo, Ain Charchar, Ben Azzouz, et plus spécifiquement dans la zone industrielle de Skikda. Ces plaines côtières de dimensions réduites sont délicates, se formant aux embouchures des oueds. Les plus significatives d'entre elles servent de zones de transition ou d'aération entre les régions montagneuses, contribuant ainsi à l'équilibre écologique de la région. (Labar, S, 2009).

4. Le Cadre géologique

La géologie de la région de Skikda peut être divisée en fonction de la réalité géographique de cette dernière, qui, se divise en deux formations contrastées : La chaîne de montagnes de l'Atlas Tell à l'Ouest et les régions de plaines ainsi que les montagnes moins élevées vers l'est et le sud. Si la première se caractérise

géologiquement par des roches schisteuses argileuses et certaines couches de quartz, typiques de la plupart de l'Atlas Tell.

La deuxième formation se distingue par son enrichissement géologique résultant de l'éruption granitique qui entraîne la solidification des roches sablonneuses en minéraux, en particulier dans les régions de Filfila, de la vallée des mosquées et jusqu'à Ras El Hadid à l'est. Ces zones sont devenues le centre d'exploration des géologues à la recherche de mines de fer. De plus, la présence des principales carrières de marbre est notable dans cette région, en particulier dans la carrière de marbre de Filfila, qui se distingue par sa haute qualité. (بوغزارة ر، فتح الله و، 2019)

🗺️ La configuration structurelle s'avère hautement complexe, résultant de la superposition de diverses unités structurales. On peut identifier plusieurs composantes distinctes :

- Le socle Kabyle (Paléozoïque): Ce regroupement de formations métamorphiques, telles que les gneiss, schistes et phyllades, émerge au nord de la dorsale. Le socle Kabyle se caractérise principalement par des schistes et micaschistes, remontant au précambrien, ayant subi des plissements variés au paléozoïque.
- La dorsale Kabyle ou (chaîne calcaire) : il s'agit de la couverture d'âge permo-triasique recouvrant une série paléozoïque qui est elle-même adossée à un socle métamorphique composé de phyllades. La stratigraphie se compose de quatre formations principales, notamment les couches permo-triasiques. Au-dessus de ces deux ensembles, on trouve le Domerien et le lias supérieur, caractérisés par des calcaires marneux jaunâtres et des silex sombres.
- La série massigienne : cette séquence diversifiée de flysch évolue du flysch shisto-quartziteux Crétacé inférieur au flysch sénonien.
- La série Oligo -miocène : recouvrant le socle Kabyle de manière discordante, elle englobe un ensemble conglomératique et gres-micace daté de l'oligocène terminal.
- La série numidienne : D'une épaisseur remarquable, cette série se caractérise par des bancs de grès quartziteux surplombant des argiles aux couleurs variées.

- Le Quaternaire : Reparti géographiquement en raison de dépôts alluviaux et colluviaux, il suit les cours de l'oued Saf-Saf et des affluents. (Djabri.L.2007).

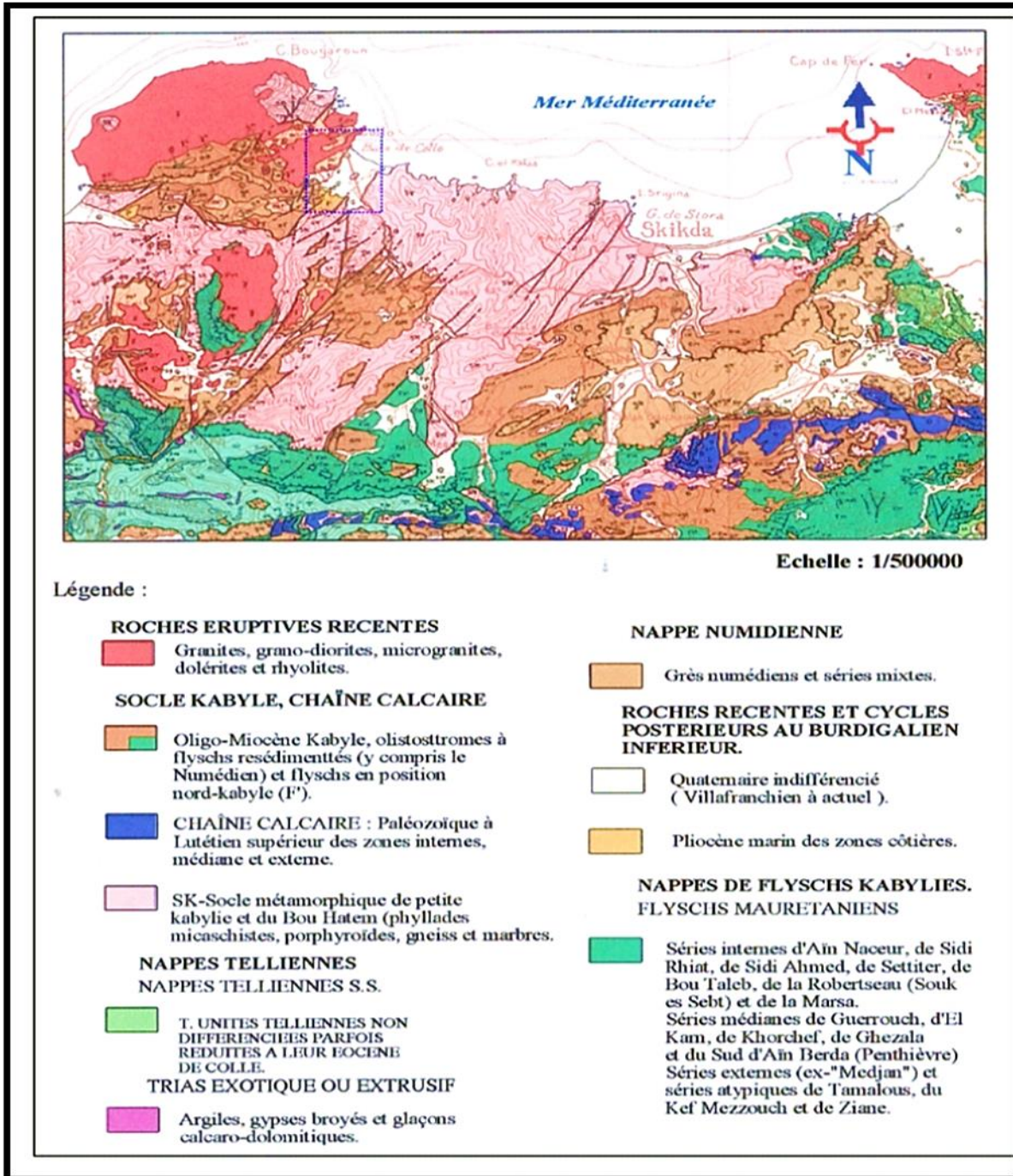


Figure 3.3. Extrait de carte géologique de la région de Skikda. (Khelfaoui.,2014).

5. Le couvert végétal

La végétation de la région appartient au type méditerranéen et se compose de plantes annuelles et vivaces. Les massifs forestiers de Skikda, Filfila et El Hadaiek sont principalement constitués de chêne-liège. Le maquis couvre une superficie de 1 678 hectares, tandis que la forêt, située au nord-ouest, s'étend sur 193,5 hectares dans la commune de Skikda, avec des plantations d'eucalyptus et de pin maritime.

Les vergers occupent 341,25 hectares au sud-est, avec une répartition par espèces. Le chêne-liège (*Quercus suber*) est l'essence dominante, associée au chêne zen (*Quercus faginea*), généralement trouvé à une altitude supérieure à 300 mètres. Le pin maritime (*Pinus pinaster*), une espèce subspontanée, colonise d'importantes surfaces. Les essences secondaires comprennent *Quercus afares*, *Cerasus avium*, *Populus alba*, *Salix pedicella*, *Ulmus compestis*, formant de petites forêts galeries le long des oueds. L'eucalyptus se trouve dans de petites plantations, avec la présence d'*Olea europea*, *Juglans regia*, *Ficus carola*.

La végétation arbustive se développe bien sous le couvert arborescent, comprenant principalement des familles telles que Ericaceae, Papilionaceae, Myrtaceae. La végétation herbacée est abondante et variée dans la clairière. (Zennir W, 2018).

6. Ressources en eau

Les ressources hydriques naturelles sont divisées en deux types en fonction de leur source ; les eaux souterraines et les eaux de surface. Les eaux souterraines se subdivisent à leur tour en eaux de forage et en sources. Quant aux eaux de surface, elles comprennent les rivières, les lacs et les barrages, comme suit :

6.1. Les eaux souterraines

La wilaya dispose de ressources hydriques souterraines, principalement des forages, avec environ 279 forages en 2005, concentrés dans différentes régions : Zeramna, Skikda, Tamalous, Collo, et Azzaba. Ces forages se répartissent entre eau potable (225), industrie (32), et irrigation (22). Actuellement, seuls 127 forages subsistent, utilisés pour l'eau potable (72), l'irrigation (16), et l'industrie (20). En 2016, la wilaya ne comptait que 36 forages, dont 14 étaient impropres à l'utilisation et 22 étaient utilisables dans certaines

conditions. Il existe également 53 sources fournissant de l'eau potable, avec un débit global d'environ 193,6 litres par seconde (2019, عميروش إ، عيشوش ر، 2019), comme indiqué dans le tableau suivant :

Tableau 3.3. Nombre de sources dans la wilaya de Skikda.

Le Cercle	Nombre de sources	Débit (L/S)
Skikda	3	2,6
El Hadaiek	3	1,5
Ramdane Djamal	1	3
El Harroush	7	14
Sidi Mezghiche	6	13
Ain Kechra	8	6
Oum Toub	1	0,3
Collo	2	6
Zitouna	7	70
Ouled Attia	13	52,2
Azzaba	2	25
Total	53	193,6

(ADE de Skikda, 2016).

6.2. Les eaux de surface

Les eaux de surface se divisent en vallées et barrages comme suit :

6.2.1. Vallées

La région d'étude (wilaya de Skikda) compte un nombre considérable de vallées, parmi lesquelles les plus importantes sont :

- Les vallées principales : Oued El Kébir El Gharbi, Oued El Safsaf, Oued Guebli.
- Les vallées secondaires : Oued Bibi, Oued Zohor, Oued Keira.

(عميروش إ، عيشوش ر، 2019).

La représentation générale du réseau hydrographique dans la zone d'étude est étroitement liée à la topographie. Plusieurs bassins de réception des précipitations sont identifiés :

- Oued Saf-Saf : Situé au centre de la wilaya, il est considéré comme l'axe hydrographique central. Il traverse la ville d'El Harroush, avec un débit estimé à 150 millions de mètres cubes par an.

- Oued Fendek : Traversant la commune d'Azzaba du sud-ouest vers le nord-ouest, passant à l'ouest d'Azzaba.
- Oued Ajatta : Résultant de la convergence d'Oued Fendek avec de petits affluents, il traverse la commune d'Azzaba vers le nord, loin de la ville.
- Oued Echerka : S'étendant sur environ 2,75 km, il traverse la plaine d'El Kala à travers le centre secondaire d'Ouled Mouazouz à Collo.
- Oued Boumahajer : Il prend sa source dans le bassin des Cheraïa puis se joint à Oued Echerka.
- Oued El Cyan : Traversant la commune de Collo d'ouest en est, passant par le centre principal de la ville.
- Oued Guebli : Originaire de la région de Beni Ouelbane, il provient de la collecte des eaux des bassins de Témalous et de la plaine de Collo. Son débit moyen est de 390 millions de mètres cubes par an.
- Oued El Kébir El Gharbi : Situé dans la région de Boumaïza à l'est de la wilaya. Il résulte de la confluence d'Oued El Hammam et d'Oued Mechkel. (بوغزارة ر، فتح الله و، 2019).

Tableau 3.4. Le volume moyen d'eau dans les vallées de la wilaya de Skikda.

Les vallées	La surface (km^2)	Le volume annuel (Millions m^3 /an)	Le volume recrute dans le barrage (m^3)
Ras Bougaroun	479	477	-
Oued Guebli	988	49	117,82+39,39
Oued Bibi	203	75	-
Oued Saf-Saf	1165	150	18,11
Filifla	134	37	-
Oued El Kébir El Gharbi	1169	282	116,59
Total	4139	1070	292

(ADE de Skikda, 2016).

6.2.2. Les barrages

La wilaya de Skikda dispose de quatre (04) grands barrages, avec une capacité totale d'environ 317 millions de mètres cubes. Ces barrages, relevant de la Direction des Ressources en Eau de Skikda, sont les suivants :

- Barrage de Zardezas, avec une capacité d'environ 32 millions de mètres cubes par an, couvrant El Harrouch, Aïn Bouziane, Zerdaza, et Emdjez Edchich.
- Barrage de Kenitra, avec une capacité d'environ 135 millions de mètres cubes par an, couvrant Skikda, El Hadaik, Hamadi Krouma, Oum El Toub, et Sidi Mezghiche.
- Barrage de Beni Zid, avec une capacité d'environ 40 millions de mètres cubes par an, couvrant Collo, Beni Zid, Kerker, et Cheraïa.
- Barrage de Zit anba, avec une capacité d'environ 120 millions de mètres cubes par an, couvrant Azzaba, Aïn Cherchar, Jendel, et El Sabbat. (عميروش، عيشوش، ر، 2019).

En ce qui concerne la production d'eau de chaque barrage pour l'année 2016, elle peut être résumée dans le tableau suivant :

Tableau 3.5. Le volume d'eau produit par les quatre barrages de la wilaya de Skikda pour l'année 2016.

Barrage	Volume d'eau produite (millier de m^3)	Pourcentage (%)
Kenitra	13,784	42,60
Zerdaza	5,987	18,50
Beni Zid	6,408	19,80
Zit Anba	6,190	19,10
Total	32,369	100

(ADE de Skikda, 2016).

7. Contexte Climatique

La Wilaya de Skikda, située dans un climat méditerranéen, est caractérisée par des facteurs écologiques interdépendants qui influent sur la distribution et la vie des êtres vivants. Les principaux facteurs climatiques comprennent des éléments énergétiques tels que la lumière et la température, des facteurs hydrologiques tels que les précipitations et l'hygrométrie, ainsi que des facteurs mécaniques tels que le vent et l'enneigement.

Le climat méditerranéen de la région se divise en une saison froide tempérée, marquée par des perturbations cycloniques apportant des pluies, surtout sur les reliefs, suivie d'une période sèche et atmosphérique calme. La Wilaya de Skikda appartient aux domaines bioclimatiques subhumides, avec des variations douces et tempérées le long du littoral et des conditions plus froides à l'intérieur. La majeure partie du territoire de la wilaya est classée en domaine subhumide, avec une pluviométrie comprise entre 1000 et 1500 mm/an, principalement sous l'influence maritime. L'étage humide couvre la zone occidentale montagneuse ainsi que les sommets à l'est et au sud de la région. (Zennir W, 2018).

Pour étudier le climat de la région de Skikda, nous utiliserons les données des stations météorologiques de Skikda, Azzaba et Oum El Toub (Kenitra), en raison de leur inclusion de la plupart des données nécessaires et de l'absence de lacunes dans ces données. Le tableau suivant illustre les caractéristiques de ces stations :

Tableau 3.6. Caractéristiques des stations utilisées dans l'étude à travers la wilaya.

Station	X (m)	Y (m)	Z (m)	Longitude	Latitude	Période
Azzaba	892,35	392,35	90	07°05' E	36°44' N	80 – 1981/ 10 – 2011
Skikda	850,43	405,15	01	06°56' E	36°52' N	80 – 1981/ 10 – 2011
Kenitra	852,00	386,50	169	06°43' E	36°37' N	80 – 1981/ 10 – 2011

(بوغراة ر، فتح الله و، 2019).

7.1. Précipitations

Dans le cadre de l'étude et de l'analyse des précipitations, nous examinerons les variations annuelles des précipitations, suivies par l'analyse du régime des précipitations saisonnières et mensuelles, ainsi que les niveaux quotidiens maximums de précipitations, en vue de recharger les nappes phréatiques.

7.1.1. Les variations annuelles des précipitations

La période étudiée s'étend de (1980/81 à 2010/11) pour les stations de Skikda, Azzaba et Kenitra. Au cours de cette période, la moyenne annuelle des précipitations est estimée à 682,4 mm.

On observe que la région de Skikda est l'une des zones les plus pluvieuses, avec une moyenne annuelle de précipitations dépassant 761 mm. La valeur la plus basse a été enregistrée à la station d'Azzaba avec 635 mm, tandis que la station de Kenitra (Oum El Toub) se situe entre les deux avec une valeur moyenne de 650 mm.

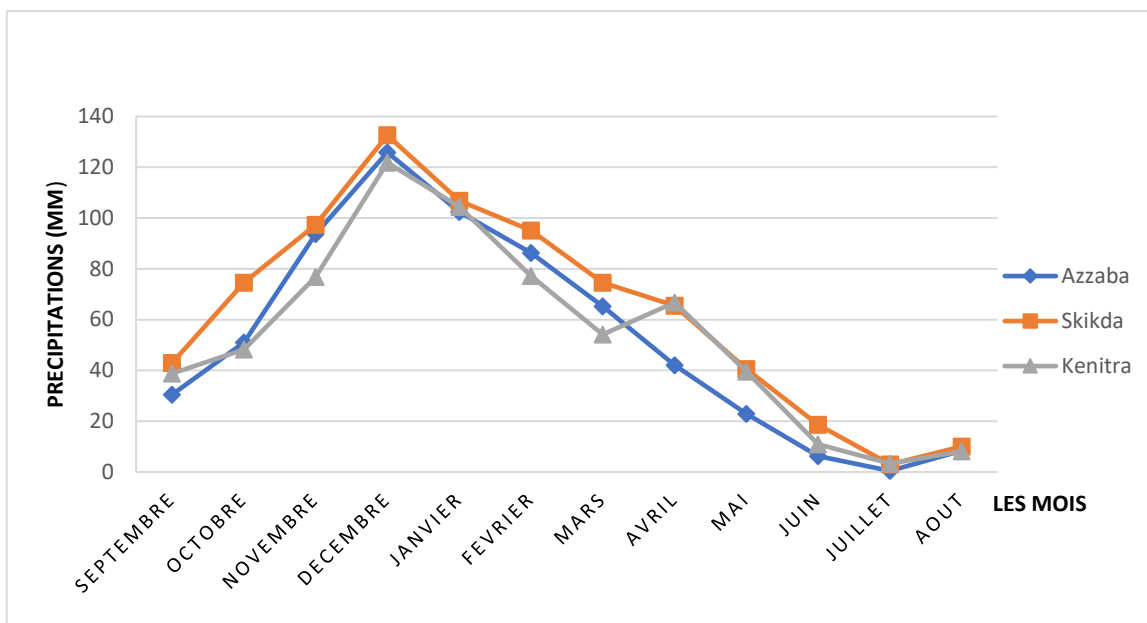
7.1.2. Les variations mensuelles des précipitations

- La valeur maximale des précipitations a été enregistrée au cours du mois de décembre pour toutes les stations, mais avec des quantités variables. Elle a atteint son maximum à la station de Skikda avec 132,60 mm, avec une moyenne de 125,9 mm à la station d'Azzaba, et le minimum à la station de Kenitra avec 121,8 mm.
- Les valeurs minimales aux stations d'Azzaba et de Skikda étaient respectivement de 0,44 mm et 3 mm au cours du mois de juillet, tandis qu'elles étaient de 3,30 mm à la station de Kenitra pendant le même mois.

Tableau 3.7. Les moyennes mensuelles et annuelles des précipitations pour les stations de Skikda, Azzaba et Kenitra (1980/81 à 2010/11).

	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Total
Azzaba	30,40	51,03	93,75	125,90	102,38	86,32	65,18	42,06	22,94	6,22	0,44	8,45	635,07
Skikda	43,00	74,60	97,40	132,60	106,80	95,10	74,60	65,50	40,50	18,60	3,00	10,10	761,70
Kenitra	38,80	48,20	76,80	121,80	104,40	77,20	54,20	66,70	39,50	10,90	3,30	8,20	650,00

(بوغراة ر، فتح الله و، 2019)



Graphique 3.1. Distribution des précipitations mensuelles dans la zone d'étude (1980/81 à 2010/11).

7.1.3. Les variations saisonnières des précipitations

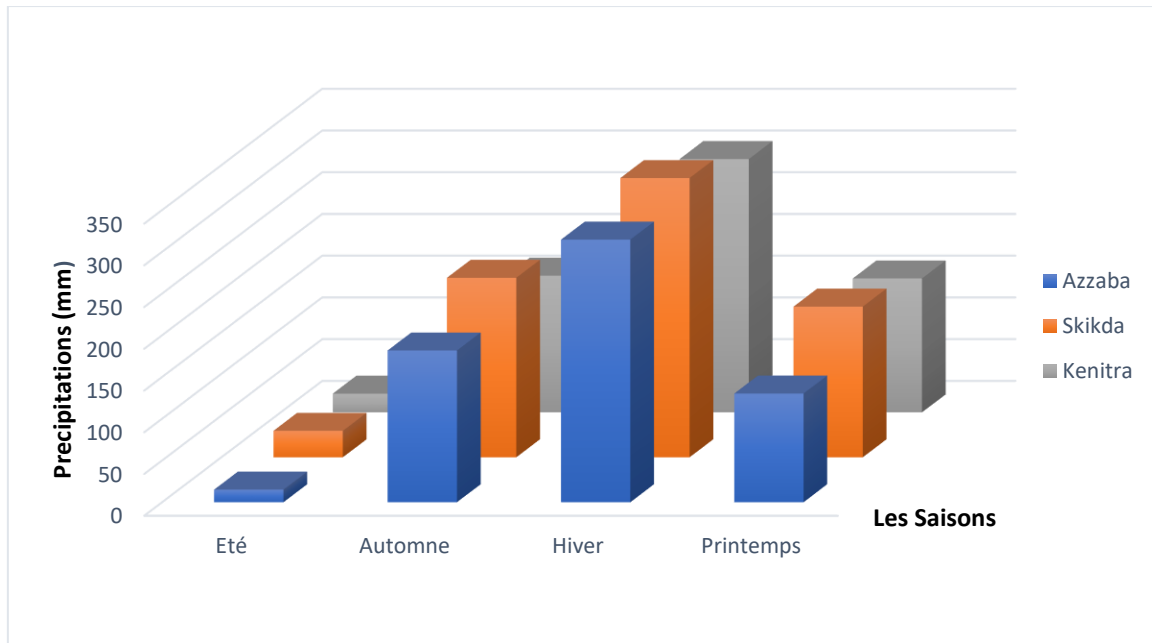
L'hiver est considéré comme la saison la plus pluvieuse dans la wilaya de Skikda, avec une moyenne annuelle de précipitations de 317,5 mm, ce qui représente 71,46% du total annuel. Après l'hiver, la saison automnale se positionne comme la deuxième en termes d'abondance de précipitations, avec une proportion de 27% du total annuel moyen, équivalant à 184,7 mm de pluie. En troisième position, nous trouvons la saison printanière, où la région reçoit 157 mm de précipitations. En dernière position, la saison estivale est la moins pluvieuse, avec des précipitations de 23,1 mm, représentant 33,3% du total annuel moyen.

Ces résultats montrent que l'hiver est la saison la plus pluvieuse, tandis que l'été connaît des précipitations plus faibles.

Tableau 3.8. Les moyennes saisonnières des précipitations pour les stations de Skikda, Azzaba et Kenitra (1980/81 à 2010/11).

	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Total
Station	Azzaba												
Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			Total
Précipitations (mm)	181,75			314,6			130,18			15,11			635,07
Pourcentage %	27,58			49,54			20,50			2,38			100
Station	Skikda												
Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			Total
Précipitations (mm)	215,0			334,5			180,5			31,7			761,7
Pourcentage %	28,23			43,91			23,70			4,16			100
Station	Kenitra												
Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			Total
Précipitations (mm)	163,8			303,4			160,4			22,4			650,0
Pourcentage %	25,20			46,68			24,68			3,44			100
	Moyennes saisonnières des précipitations pour les stations de Skikda, Azzaba et Kenitra.												
Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			Total
Précipitations (mm)	184,70			317,50			157,0			23,1			2368
Pourcentage %	27,00			46,71			22,96			3,33			100

(بوغرارة ر، فتح الله و، 2019)



Graphique 3.2. Distribution des précipitations saisonnières dans la zone d'étude (1980/81 à 2010/11).

En général, la wilaya de Skikda est l'une des régions les plus pluvieuses du pays, recevant en moyenne 682 mm de précipitations par an. On observe une variabilité annuelle des précipitations dans la wilaya de Skikda, avec des années pluvieuses et des années sèches. L'étude des précipitations nous donne une idée de la situation prédominante dans la wilaya de Skikda. Les eaux de surface, en plus de leur utilisation directe, contribuent également à l'alimentation des nappes phréatiques en cas de fortes précipitations.

Cette analyse met en lumière l'importance des précipitations dans la région de Skikda, tant pour leur utilisation immédiate que pour leur impact sur les réserves d'eau souterraines lors de fortes chutes de pluie.

7.2. La température

La température est l'un des éléments les plus importants qui caractérisent le climat, car elle permet de déterminer les valeurs d'évaporation ainsi que le déficit de ruissellement de surface. Par conséquent, il est nécessaire d'aborder ce sujet en détail. Les données des stations d'Azzaba et Skikda ont été utilisées, en raison de l'absence de données à la station de Kenitra.

La période étudiée s'étend de (1980/81 à 2010/11). Les températures connaissent une hausse pendant la saison estivale et une baisse relative pendant la saison hivernale, comme le montre le tableau ci-dessous. (بوغرارة ر، فتح الله و، 2019)

7.2.1. Les variations mensuelles de la température

Le tableau suivant représente les moyennes des variations mensuelles des températures minimales et maximales pour les stations d'Azzaba et Skikda sur la période de 1980/1981 à 2010/2011. La température maximale mensuelle la plus élevée a été enregistrée en août à 36,9 °C, tandis que la température minimale mensuelle la plus basse a été enregistrée en février à 4,6 °C à la station d'Azzaba.

À la station de Skikda, la température maximale mensuelle la plus élevée a été enregistrée en août à 29,2 °C, tandis que la température minimale mensuelle la plus basse a été enregistrée en janvier à 9,9 °C.

On remarque que les moyennes des températures hivernales varient entre 9,2 et 13,9 °C, avec le mois de janvier étant le plus froid à 9,2 °C enregistré à Azzaba. En été, les moyennes des températures varient entre 25,5 et 36,9 °C, avec le mois de juillet enregistrant la température maximale moyenne la plus élevée à Azzaba.

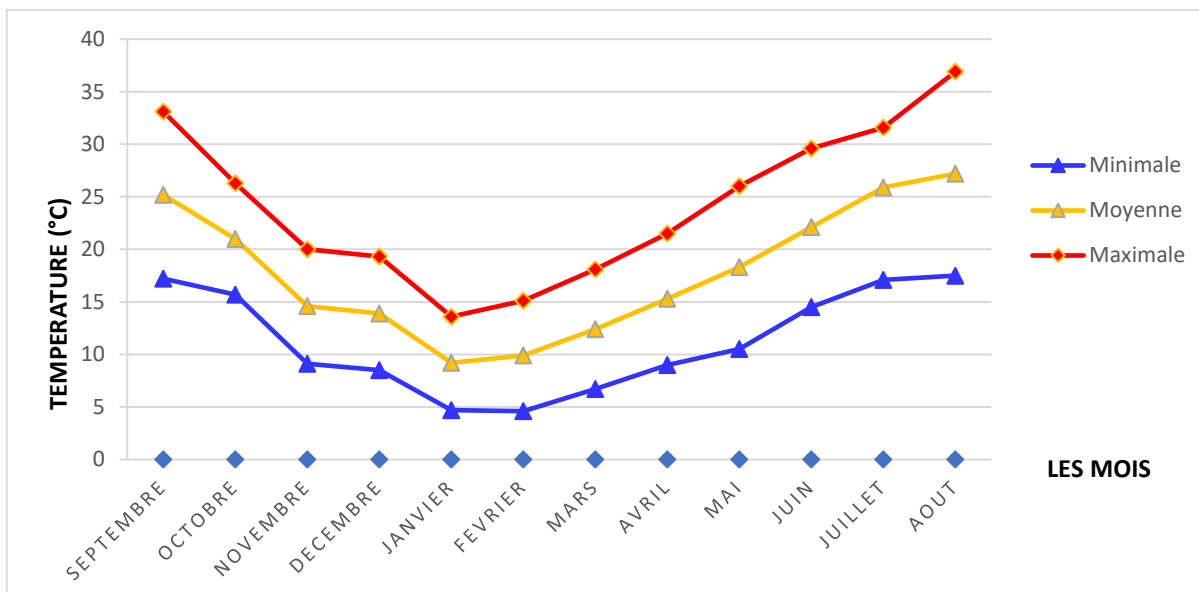
Tableau 3.9. La moyenne mensuelle des températures dans les stations de Azzaba et Skikda (1980/81 à 2010/11).

	Température (°C)	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Total Annuel
Azzaba	Mini-male	17,2	15,7	9,1	8,5	4,7	4,6	6,7	9,0	10,5	14,5	17,1	17,5	11,25
	Moy-enne	25,2	21,0	14,6	13,9	9,2	9,9	12,4	15,3	18,3	22,1	25,9	27,2	17,9
	Maxi-male	33,1	26,3	20,0	19,3	13,6	15,1	18,1	21,5	26,0	29,6	31,6	36,9	24,25
Skikda	Mini-male	22,1	18,2	15,1	10,5	9,9	10,1	12,5	11,0	13,5	20,3	22,0	23,6	15,7
	Moy-enne	23,9	20,9	16,7	13,8	12,5	12,6	14,1	16,0	18,7	22,2	25,2	25,9	18,5
	Maxi-male	25,7	23,3	18,1	16,1	15,2	14,8	17,9	18,3	21,0	25,5	28,1	29,2	21,1

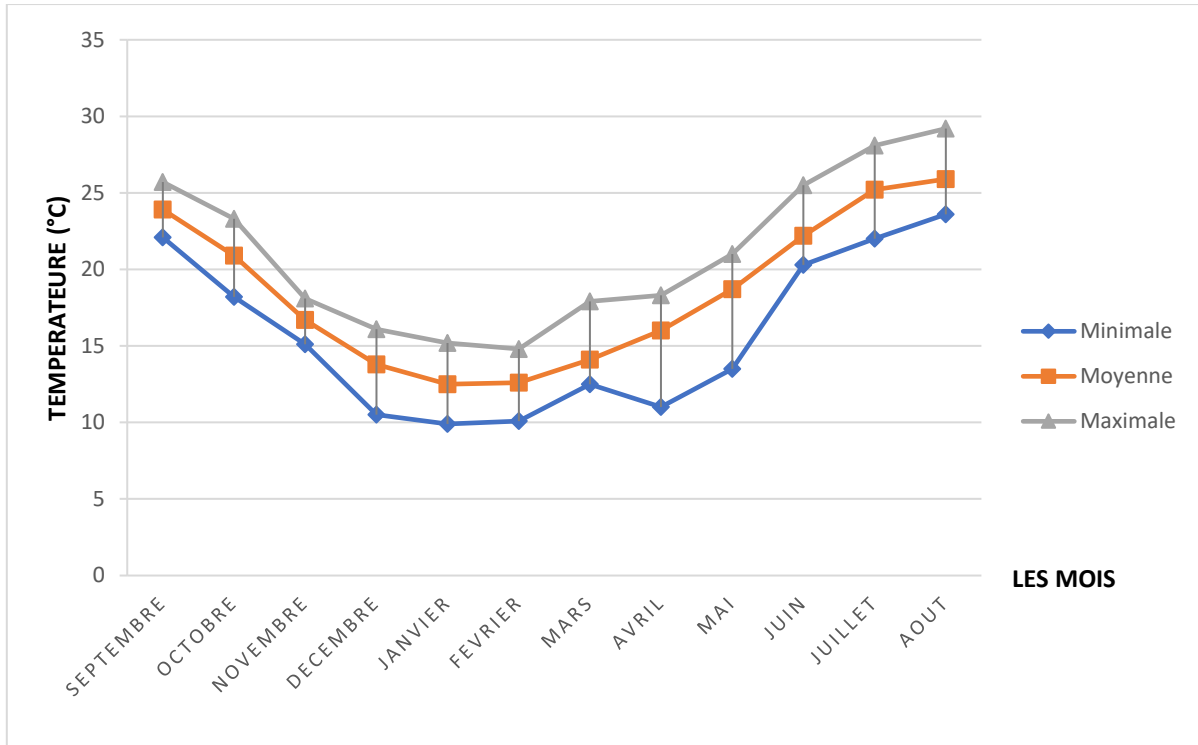
(بوغرارة ر، فتح الله و، 2019)

En se basant sur la moyenne mensuelle des températures, on distingue deux périodes :

- La première période, où la température dépasse la moyenne annuelle estimée à 17,9 et 18,5 (°C), se situe de mai à octobre pour les stations d'Azzaba et de Skikda respectivement.
- La deuxième période représente le moment où la température est inférieure à la moyenne annuelle, s'étendant de novembre à avril pour les deux stations.



Graphique 3.3. Moyenne mensuelle des températures dans la station d'Azzaba (1980/81 à 2010/11).



Graphique 3.4. Moyennes mensuelles des températures dans la station de Skikda (1980/81 à 2010/11).

7.3. La relation entre les précipitations et la température : (Courbe de Gaussen)

La courbe de Gaussen est utilisée pour déterminer les périodes humides et sèches. Le mois sec, selon Gaussen, est défini par une somme de précipitations égale ou inférieure au double de la température ($P \leq 2T$), tandis que le mois humide a une somme de précipitations égale au double de la température ($P = 2T$)

On observe que les deux stations, Azzaba et Skikda, présentent deux périodes distinctes

Station d'Azzaba :

- Période sèche : Elle s'étend de mi-avril à octobre, soit environ 5 mois, marquée par la sécheresse avec une diminution significative des précipitations et une hausse importante des températures.

- Période humide : Généralement sur 7 mois, de septembre à la deuxième moitié d'avril, caractérisée par une augmentation des précipitations simultanément à une baisse significative des températures à la station. (بوغرارة ر، فتح الله و، 2019)

✚ Station de Skikda :

- Période sèche : Elle s'étend de mai à août, soit environ 4 mois, marquée par la sécheresse avec une diminution significative des précipitations et une hausse sensible des températures.

- Période humide : Généralement sur 8 mois, de septembre à avril, caractérisée par une augmentation des précipitations simultanément à une importante baisse des températures à la station. (Khelfaoui.,2014).

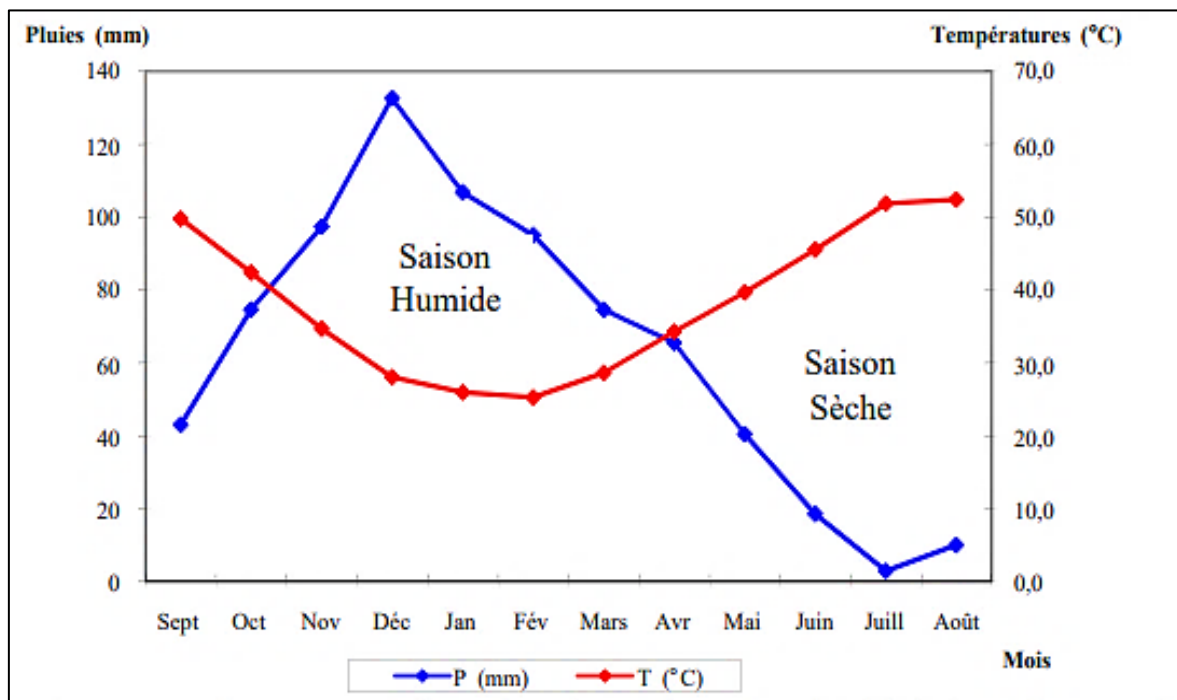


Figure 3.4. Diagramme ombro-thermique dans la station de Skikda. (Khelfaoui.,2014).

7.4. Les autres phénomènes climatiques

7.4.1. L'évaporation

La connaissance des valeurs d'évaporation mesurées donnera une idée plus claire sur le climat dominant et son impact sur la perte de pluie par évaporation, réduisant ainsi le volume d'eau alimentant les nappes phréatiques.

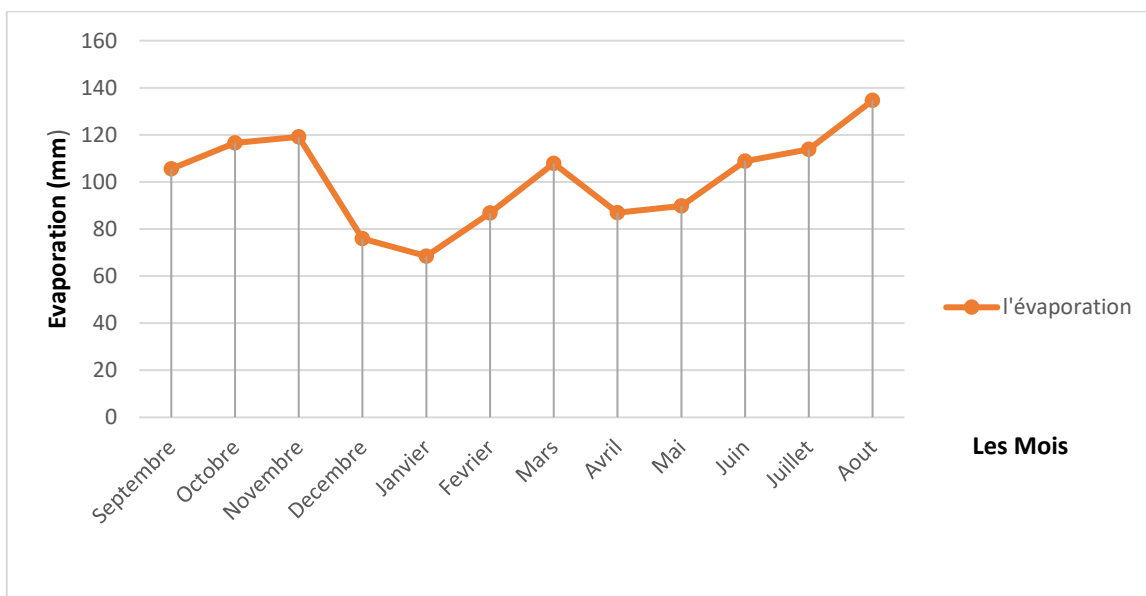
Dans l'étude de ce facteur, nous nous appuyerons sur les données de la station de Skikda, car c'est la seule station qui dispose de données mesurées pour l'évaporation.

Le tableau suivant montre que la moyenne annuelle de l'évaporation mesurée à la station de Skikda pour la période de (1992/93 à 2011/12) est égale à 1214,3 mm. A l'échelle mensuelle, la valeur maximale d'évaporation a été enregistrée en août (134,6 mm), en raison de l'augmentation du nombre d'heures d'ensoleillement, tandis que le mois de janvier a enregistré une évaporation de 68,5 mm, considérée comme la plus basse de l'année, en raison de la baisse des températures et du nombre d'heures d'ensoleillement.

Tableau 3.10. La moyenne mensuelle de l'évaporation pour la station de Skikda (1992/93 à 2011/12).

Les mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
L'évaporation (mm)	105,6	116,6	119,1	75,9	68,5	86,8	107,9	87,0	89,8	108,8	113,9	134,6	1214,3

(بوغرارة ر، فتح الله و، 2019)



Graphique 3.5. Moyennes mensuelles d'évaporation pour la station de Skikda (1992/93 à 2011/12).

7.4.2. L'humidité

L'humidité atmosphérique est considérée comme l'un des éléments essentiels du cycle hydrologique et constitue la source de toutes les précipitations. De plus, elle influence les taux d'évaporation.

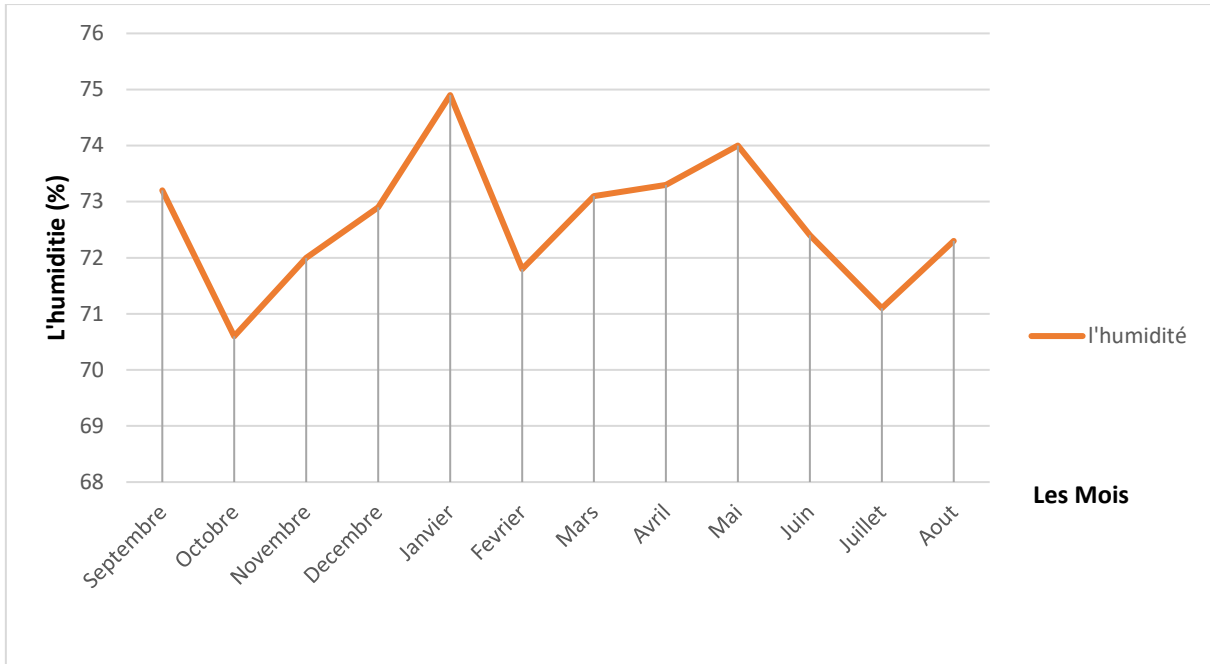
Selon les données de la station de Skikda, la moyenne annuelle de l'humidité relative est de 72,6%. La moyenne mensuelle la plus basse est enregistrée en octobre, atteignant 70,6%, suivi du mois de juillet avec une humidité estimée à 71,1%, correspondant au mois le plus chaud. La moyenne mensuelle la plus élevée de l'humidité relative est enregistrée en janvier, atteignant 74,9%.

En général, l'humidité relative est élevée dans la zone d'étude, ce qui contribue à augmenter les taux d'évaporation. En d'autres termes, l'humidité relative est un facteur déterminant pour la recharge des nappes phréatiques dans la région.

Tableau 3.11. La moyenne mensuelle de l'humidité relative pour la station de Skikda (1992/93 à 2011/12).

Les mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
L'hum- idité (%)	73,2	70,6	72,0	72,9	74,9	71,8	73,1	73,3	74	72,4	71,1	72,3	72,6

(بوغرارة ر، فتح الله و، 2019)



Graphique 3.6. Moyennes mensuelles d'humidité pour la station de Skikda (1992/93 à 2011/12).

7.4.3. Les vents

Les vents sont des éléments importants du climat, caractérisés par leur vitesse et leur direction. Les vents sont définis comme des mouvements horizontaux de l'air résultant des différences de pression atmosphérique, se déplaçant des hautes pressions vers les basses pressions.

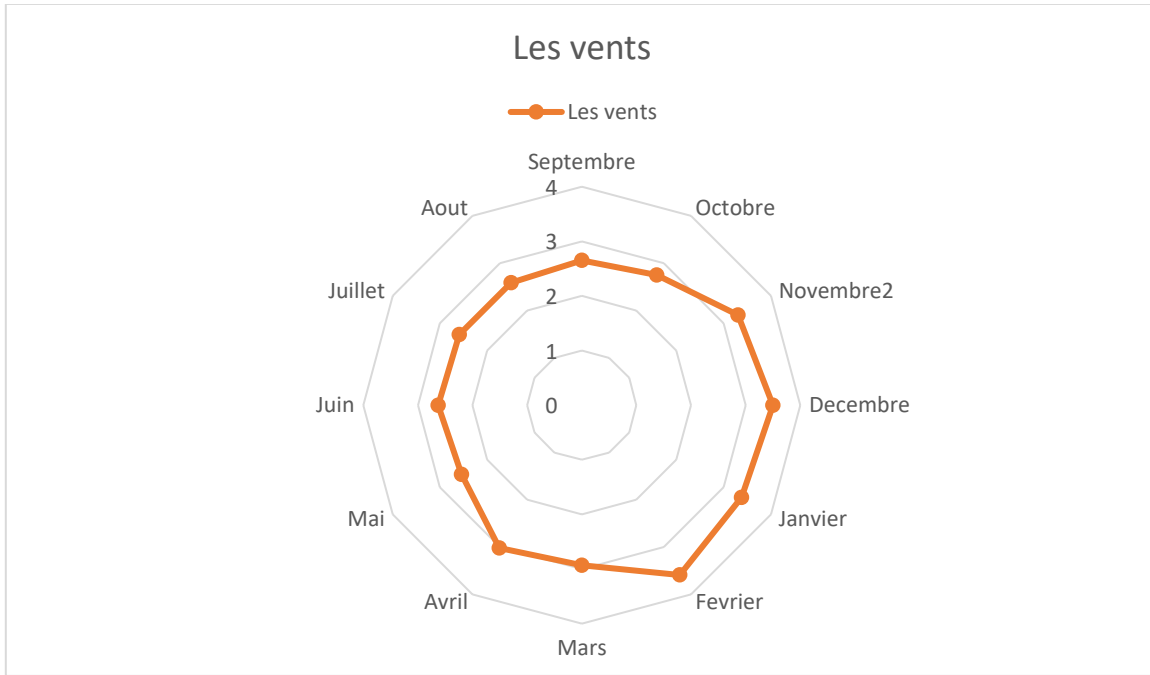
La région de Skikda est principalement affectée par des vents du nord et du nord-ouest, en particulier pendant la période froide, en raison de l'influence des masses d'air en provenance de la mer Méditerranée et de l'océan Atlantique. En été, les vents du sirocco sont fréquents, surtout en août.

En ce qui concerne les taux de vent, la vitesse moyenne annuelle pour la période de (1970/71 à 2011/12) est estimée à 962 m/s. La vitesse mensuelle moyenne montre des valeurs relativement constantes tout au long de l'année, avec une valeur minimale enregistrée en mai à 2,54 m/s et une valeur maximale en février à 3,59 m/s.

Tableau 3.12. La moyenne mensuelle des vents pour la station de Skikda (1970/71 à 2011/12).

Les mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
Les vents (m/s)	2,65	2,75	3,30	3,50	3,38	3,59	2,93	3,02	2,54	2,63	2,59	2,59	2,96

(بوغرارة ر، فتح الله و، 2019)



Graphique 3.6. Moyennes mensuelles des vents pour la station de Skikda (1970/71 à 2011/12)

7.5. Le bilan hydrique

La balance hydrique (bilan hydrique) permet de confirmer le climat semi-humide de la wilaya de Skikda en analysant la distribution des précipitations entre les différents composants de la balance hydrique, à savoir l'écoulement de surface, l'infiltration, et l'évaporation. Cette dernière est la plus importante car elle contrôle l'abondance ou l'absence d'écoulement de surface.

La connaissance de la balance hydrique d'une région permet en réalité d'évaluer la répartition des précipitations entre les différents composants, à savoir l'écoulement, l'infiltration et l'évaporation. La balance hydrique nous informe sur les périodes de déficit hydrique et les périodes d'excédent hydrique.

Pour estimer l'évapotranspiration potentielle (ETP) de la wilaya de Skikda, la méthode de C.W. Thornthwaite sera utilisée, car elle est parmi les méthodes les plus fiables qui ont donné des résultats acceptables à l'échelle mondiale. (Khelfaoui F,2014).

Les valeurs des éléments de la balance hydrique sont indiquées dans le tableau suivant

Tableau 3.13. Bilan d'eau selon la méthode de C.W. Thornthwaite de la station de Skikda (1970/71-2011/12).

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
P (mm)	43,0	74,6	97,4	132,6	106,8	95,1	74,6	65,5	40,5	18,6	3,0	10,0	761,7
T (°C)	24,9	21,2	17,3	14,0	13,0	12,6	14,3	17,1	19,8	22,8	25,9	26,2	19,1
I	11,1	8,73	6,43	4,68	4,19	4,00	4,48	6,32	7,88	9,73	11,79	11,99	I=91.69
K	1,05	0,91	0,75	0,70	0,73	0,78	1,02	1,15	1,32	1,33	1,33	1,24	/
ETP (mm)	119,88	75,72	40,42	25,75	23,21	23,32	39,12	62,70	96,02	127,69	164,08	156,48	954,39
ETR (mm)	43,0	74,6	40,42	25,75	23,21	23,32	39,12	62,70	96,02	63,08	3,00	10,00	504,32
RFU	0	0	56,98	100	100	100	100	100	44,48	0	0	0	/
Excédent	0	0	0	63,83	83,59	71,78	35,48	2,80	0	0	0	0	257,48
Déficit Ag	76,8	1,12	0	0	0	0	0	0	0	64,61	161,08	146,48	450,17

(Khelfaoui F,2014).

La différence calculée entre les précipitations et l'évapotranspiration potentielle nous permet de distinguer entre les périodes de surplus hydrique climatique et les périodes de déficit hydrique climatique. La représentation graphique du bilan hydrique dans la région de Skikda montre clairement que la somme de l'évapotranspiration potentielle (ETP) atteint 954 mm, une valeur relativement élevée. En ce qui concerne les valeurs mensuelles, la valeur maximale a été enregistrée en juillet (164,08 mm).

D'autre part, l'évapotranspiration réelle (ETR) dans la région d'étude est estimée à environ 504 mm, ce qui est considéré comme faible par rapport à l'évapotranspiration potentielle (ETP), en raison du volume important des précipitations annuelles (761 mm) et de la température modérée. On observe une période de déficit hydrique agricole, notamment en été et au début de l'automne (de juin à septembre), nécessitant l'irrigation des zones agricoles. À l'exception de cela, pendant les mois de novembre à mars, une relative abondance d'eau est enregistrée, permettant de recharger les réservoirs d'eau souterraines dans la région, avec un écoulement de surface des eaux. (Khelfaoui.,2014).

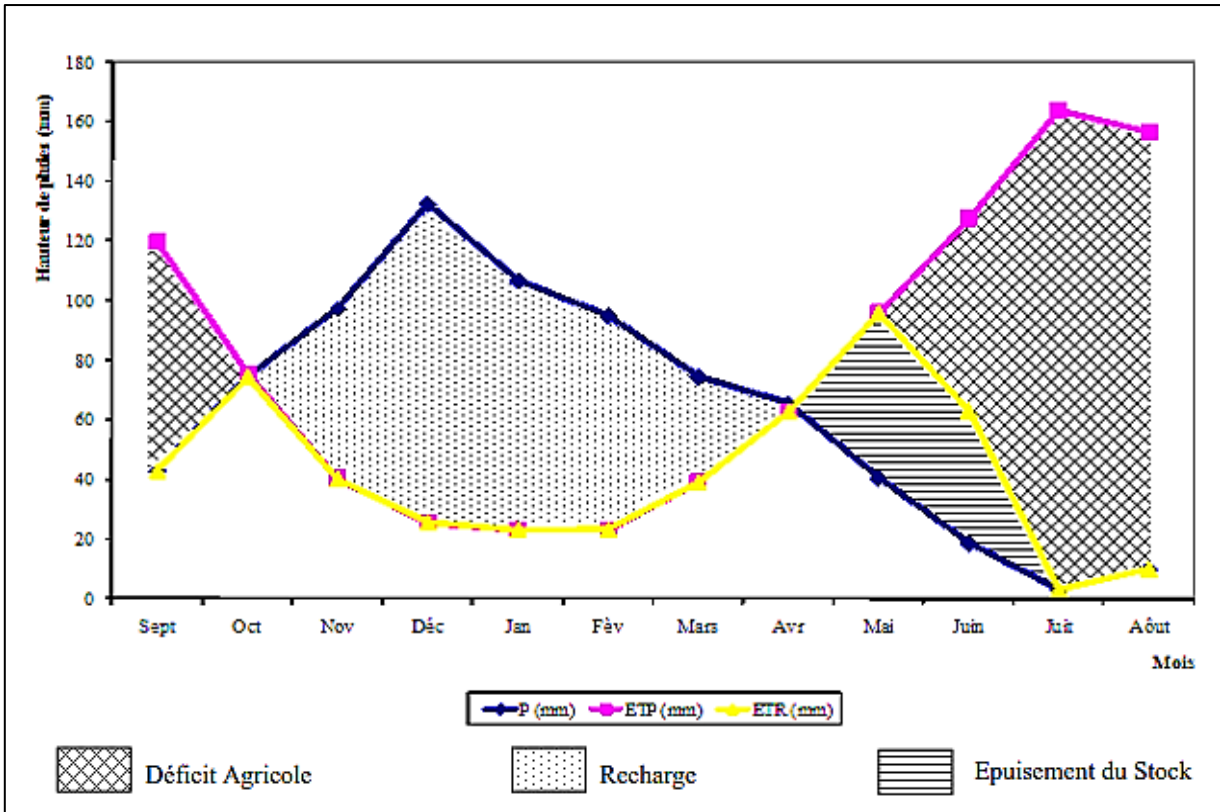


Figure 3.5. Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de C.W. Thornthwaite de la station de Skikda (1970/71-2011/12). (Khelfaoui.,2014).

Conclusion

En conclusion de ce chapitre, pour l'étude naturelle, nous constatons que la wilaya de Skikda porte en elle une diversité naturelle remarquable qui constitue la base de la vie. Elle met en lumière l'importance de la préservation de l'équilibre écologique et de la durabilité des ressources naturelles dans la région. Et pour l'étude climatique, la wilaya se caractérise par un climat méditerranéen, modéré à humide, contribuant largement à l'enrichissement de la région en ressources hydriques. Cela prépare le terrain pour des stratégies efficaces dans la gestion des risques naturels auxquels la région est exposée en général, et oriente les efforts vers la gestion des risques d'inondations en particulier.

Chapitre 4 :

|

Les inondation à Skikda; problème et solution

|

Introduction

À la fin du siècle dernier, de nombreux états ont connu une augmentation des inondations, et parmi ces états se trouve la wilaya de Skikda en Algérie, considérée comme l'une des plus exposées. Cela est partiellement de l'eau caractéristiques géographiques de la wilaya, où le principal défi réside dans le passage des cours d'eau à travers les tissus urbains des villes et des villages, en plus des précipitations annuelles considérables atteignant parfois 1800mm, ce qui accroît le risque d'inondations. Ce risque est exacerbé par l'expansion démographique dans les zones inondables, l'infrastructure médiocre dans les zones où les eaux stagnent, l'accumulation de déchets et de matériaux de construction dans les égouts et les canaux de drainage, ainsi que le non-respect des normes de construction, facilitant ainsi l'érosion du sol et l'obstruction des canaux d'eau.

1. Historiques des crues (la ville de Skikda)

Les crues exceptionnelles ayant provoqué des inondations dans la ville de Skikda sont :

Tableau 4.1. Historique des crues dans la ville de Skikda

Crues	Pluviométrie enregistrée	Dégâts
Novembre 1957	170 mm	- Les Zones inondées sont : La RN 03 entre Skikda et El Hadaiek, les terres agricoles de part et d'autre de l'oued, l'école de l'agriculture, le stade de 20 Aout 55. Inondation de 4700Ha de terres agricoles, les routes Skikda-Constantine et Skikda-H /Krouma. On a note 0,80m a 1m de hauteur d'eau a l'ex aéroport de Skikda.
Janvier 1958	222,8 - 245 mm.	- Les dégâts ont été aussi importants qu'en 1957.
Février 1984	152,4 mm.	- 174 maisons démolies et 500 familles sinistrées et l'altération de 450Ha de produits fourragers, 300Ha d'agrumes, 54Ha de terrains à reboiser et 850ha de céréales. En plus le central électrique a été inonde et endommagée.
Décembre 1990	92 mm	- Les montant des dégâts a été estime à 60 000 000.00D.A.
Décembre 2002		- On cause des dommages matériels importants, notamment la destruction de maisons, de commerces et de routes.
Novembre 2004	92 mm	- L'inondation de la zone basse de Skikda, par le débordement du Zeramna, et H /Krouma et Ramande Djamel.
Octobre 2007	/	- Dommages matériels importants, notamment la destruction de maisons, de commerces et de routes.
Février 2011	220mm.	- Coupure de la RN 44 et la RN 03. Les sites des frères Saker, Merdj Eddibe, Hamada / Boulesnane, les 490 Logements, les 700 et 500 logts sont pleinement isolées par le débordement de l'oued Zeramna, ainsi que cites de Salah Bolkeroua et du 20 Aout 55.
Novembre 2014	/	- Les inondations ont cause des dommages matériels importants, notamment la destruction de maisons, de commerces et de routes et perturbations dans les transports et les communications.
Février 2023	/	- 87 familles ont été évacuées de leurs maisons inondées, Del Harrouch, Hammadi Krouma, d'Azzaba et Ramadane -Djamel.
24 Novembre 2023	/	- 20 familles ont été évacuées et 12 personnes ont été secourues.

(Source : Direction de la protection civile. Wilaya de Skikda.)



Figure 4.1. L'agglomération de Ramande Djamel. (Crue de 23 Février 1984)

Source : (Direction de la protection civile. Wilaya de Skikda.2017).



Figure 4.2. La crue de février 2011

Source : (Direction de la protection civile, wilaya de Skikda 2017).



Figure 4.3. La crue de Novembre 2023

Source : (Direction de la protection civile, wilaya de Skikda).

2. Les caractéristiques du bassin versant de la zone d'étude

Les villes sont souvent situées dans les exutoires des bassins versant, ce qui les expose aux risques des inondations. La zone d'étude qu'est la ville de Skikda se situe dans un espace géographique très particulier. Nous allons nous concentrer dans notre étude sur les bassins versants de l'oued Saf-saf et sous-bassin de Zeramna, étant donné qu'ils ont le plus grand impact sur la région.

2.1. Le bassin versant de l'oued Saf-saf :

Le bassin versant de l'oued Safsaf est un vaste territoire s'étendant sur une superficie de 1190 km². Il est délimité au sud par les monts de Constantine, à l'est par le massif de l'Edough et le Cap de fer, à l'ouest par le massif de Collo, et au nord il s'ouvre sur la Méditerranée. Cette région englobe des zones de basse altitude allant d'El Harrouch à Skikda, en passant par les communes de Salah Bouchaour, Ramdane Djamel, et El Hadaiek

La série sédimentaire de ce bassin est dominée par un massif calcaire composé de calcaires du Jurassique et de marno-calcaires du Crétacé.

Ce bassin versant est subdivisé en trois sous-bassins principaux, en fonction des affluents majeurs de l'oued Safsaf :

1. Sous-bassin de Zeramna.
2. Sous-bassin de l'oued Ghbel.
3. Sous-bassin de l'oued Haddratz. (Ben Rabeh S,2006).

2.2. Le sous-bassin de Zeramna

Le sous-bassin de Zeramna est principalement drainé par l'oued Zeramna, un affluent de l'oued Safsaf. L'oued Zeramna prend sa source dans les zones montagneuses de Bouchtata et parcourt une distance de 15,5 kilomètres à travers le socle métamorphique de la Petite Kabylie.

La zone de remplissage alluvionnaire est initialement limitée, mais elle devient significative à partir d'El Hadaik, indiquant la présence d'une basse terrasse.

Les pentes des flancs Est et Ouest du sous-bassin sont très abruptes, ce qui favorise la survenue de crues lors des périodes de hautes eaux. (Ben Rabeh S,2006).

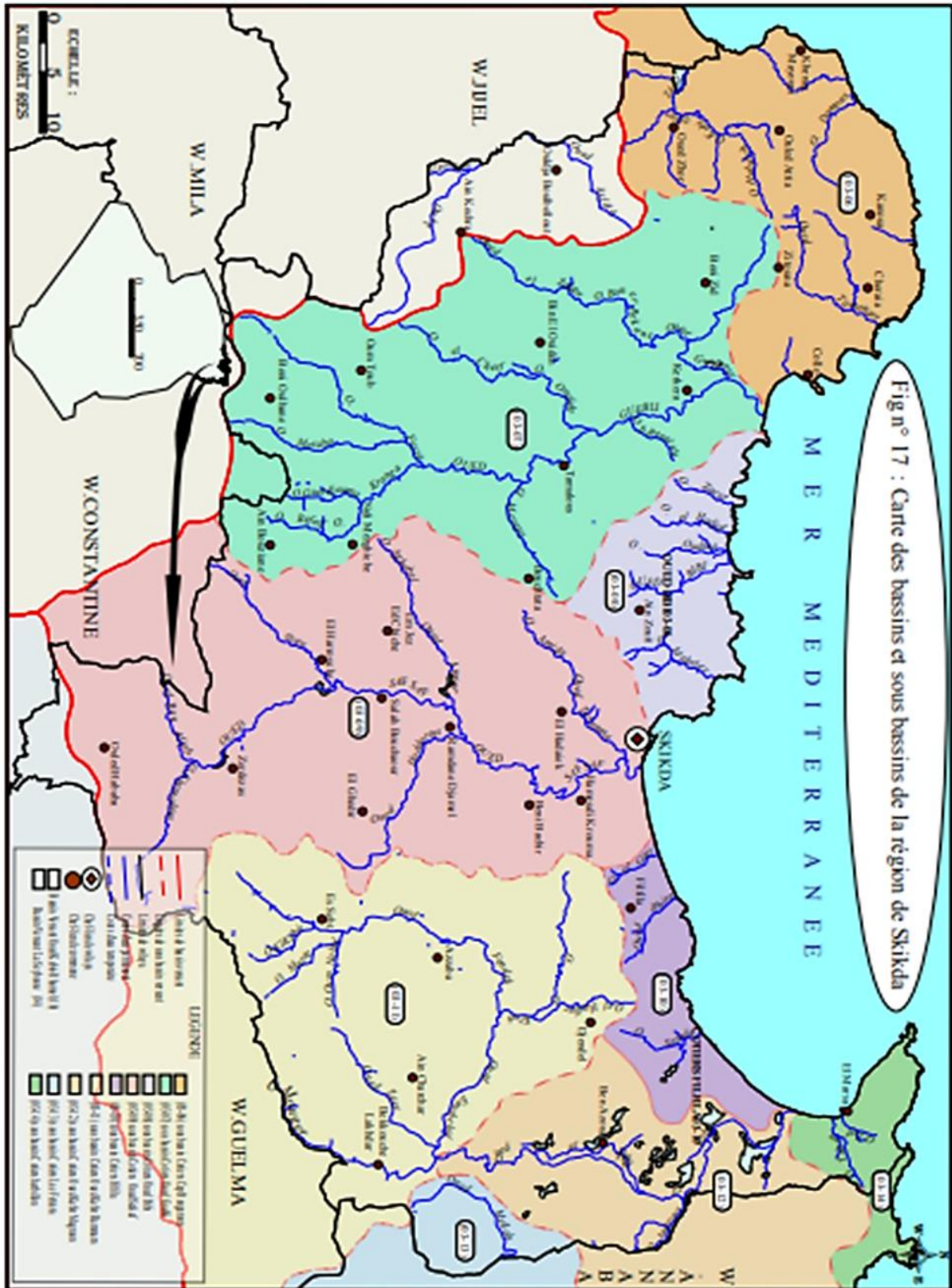


Figure 4.4. Carte des bassins et sous bassins de la région de Skikda. (Ben Rabeh S,2006).

3. Les zones inondables et les facteurs aggravant le risque d'inondation

La ville de Skikda est construite en partie sur une plaine alluviale et est bordée par la mer Méditerranée. Ces zones basses sont vulnérables aux inondations marines et pluviales. Les réseaux d'assainissement souvent insuffisants et l'imperméabilisation des sols en milieu urbain augmentent le risque de ruissellement et d'inondations.

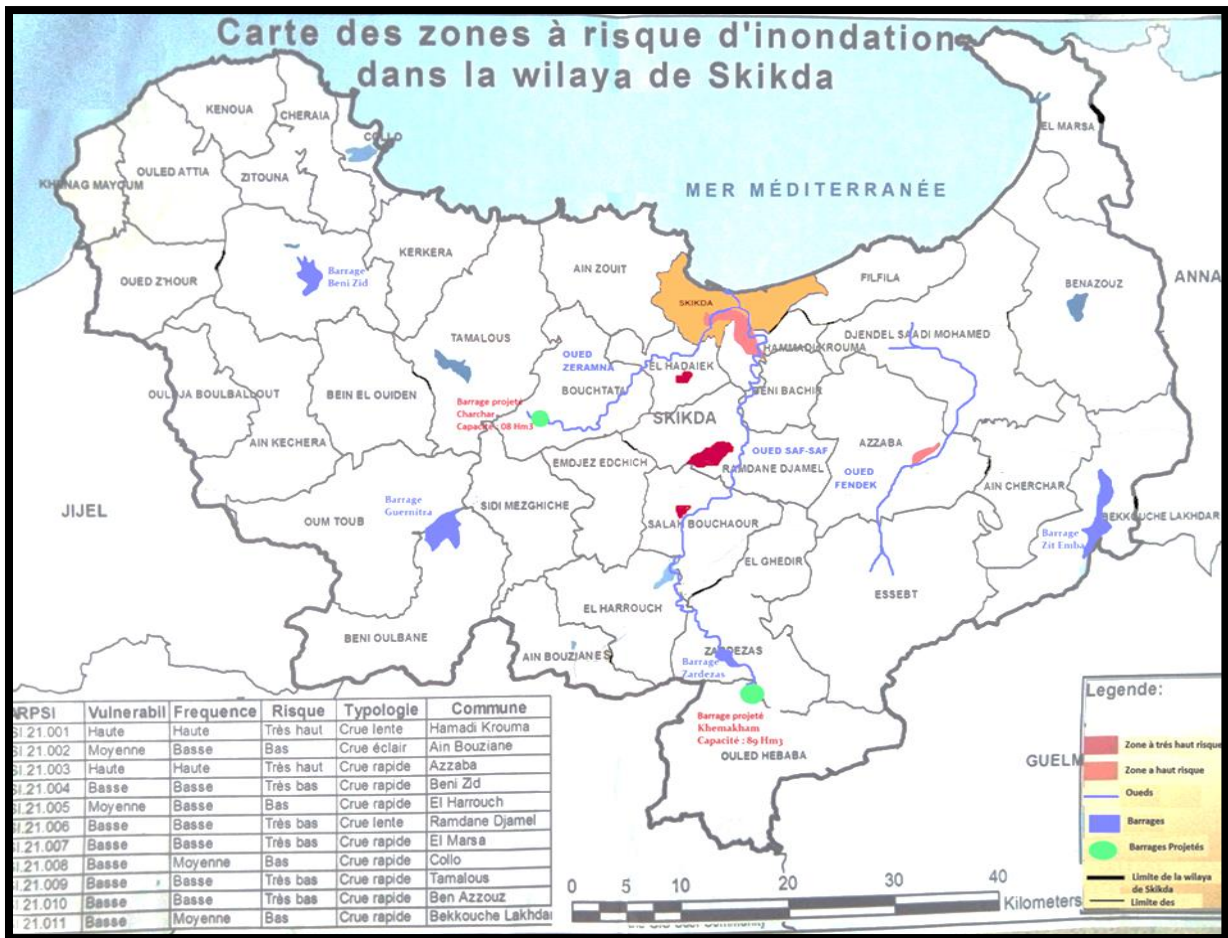


Figure 4.5. Carte des zones à risque d'inondation dans la wilaya de Skikda.

Source : (DRE Skikda,2022)

Dans la wilaya de Skikda, plusieurs cités sont exposées au risque d'inondation, notamment :

3.1. Municipalité de Skikda

La zone basse, la plus exposée aux inondations, comprend les quartiers suivants :

- Le quartier du 20 Aout 1955, le quartier Saleh Boukroua, le quartier des Allées du 20 Aout 1955, en raison du débordement de l'oued Zeramna. (Figure 4.5.)

(Bensouiki. R.et Lekmakem .DJ.2016).

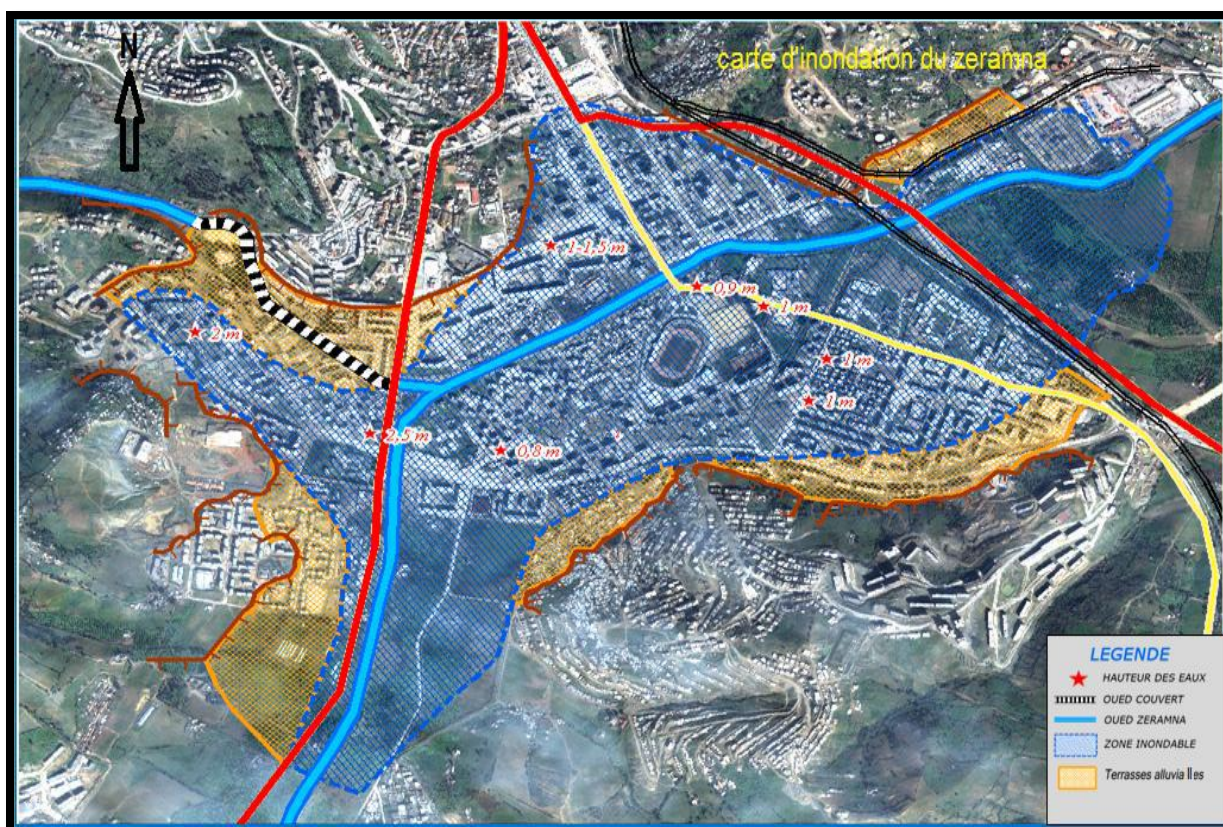


Figure 4. 6. Carte de l'historique des inondations de l'Oued Zeramna.

(Source : protection civile/Skikda 2016).

- **La cité Merdjeddibe** : l'importante stagnation observée dans cette zone est principalement due au colmatage du canal des eaux pluviales prévenant du boulevard Houari Boumediene, qui reçoit les eaux usées des immeubles adjacents. (Figure 4.6). (Bensouiki. R.et Lekmakem DJ.2016)



Figure 4.7. Inondation de la cité Merdjeddib. (Source : protection civile/Skikda 2016.)

- **La cité des 500, 700 et 490 logements :** les inondations dans cette cité sont étroitement liées au débordement du Chabaat m'Siouan au sous dimensionnement du réseau d'eaux pluviales qui collecte toutes les eaux usées et pluviales des cites des 700 et 490logements ainsi que de la briqueterie.
- **La cité des Frères Saker :** l'importante stagnation d'eau observée dans cette zone pendant les intempéries est directement liée au sous – dimensionnement du réseau d'assainissement unitaire et a son colmatage avancé. (Figure 4.7). (Bensouiki. R. et Lekmakem .Dj.2016).



Figure 4.8. Inondation de cite frères Saker. (Source : protection civile/Skikda 2016).

- **Les quartiers de la ville de Skikda touchés par les inondations depuis 1957**

Depuis 1957, la ville de Skikda a connu de nombreuses inondations, causant des dégâts matériels importants, des perturbations économiques et des pertes en vies humaines.

Afin de mieux comprendre l'ampleur de ce phénomène et d'identifier les zones les plus vulnérables, la carte suivante mis l'accent sur les quartiers touchés par les inondations depuis 1957.

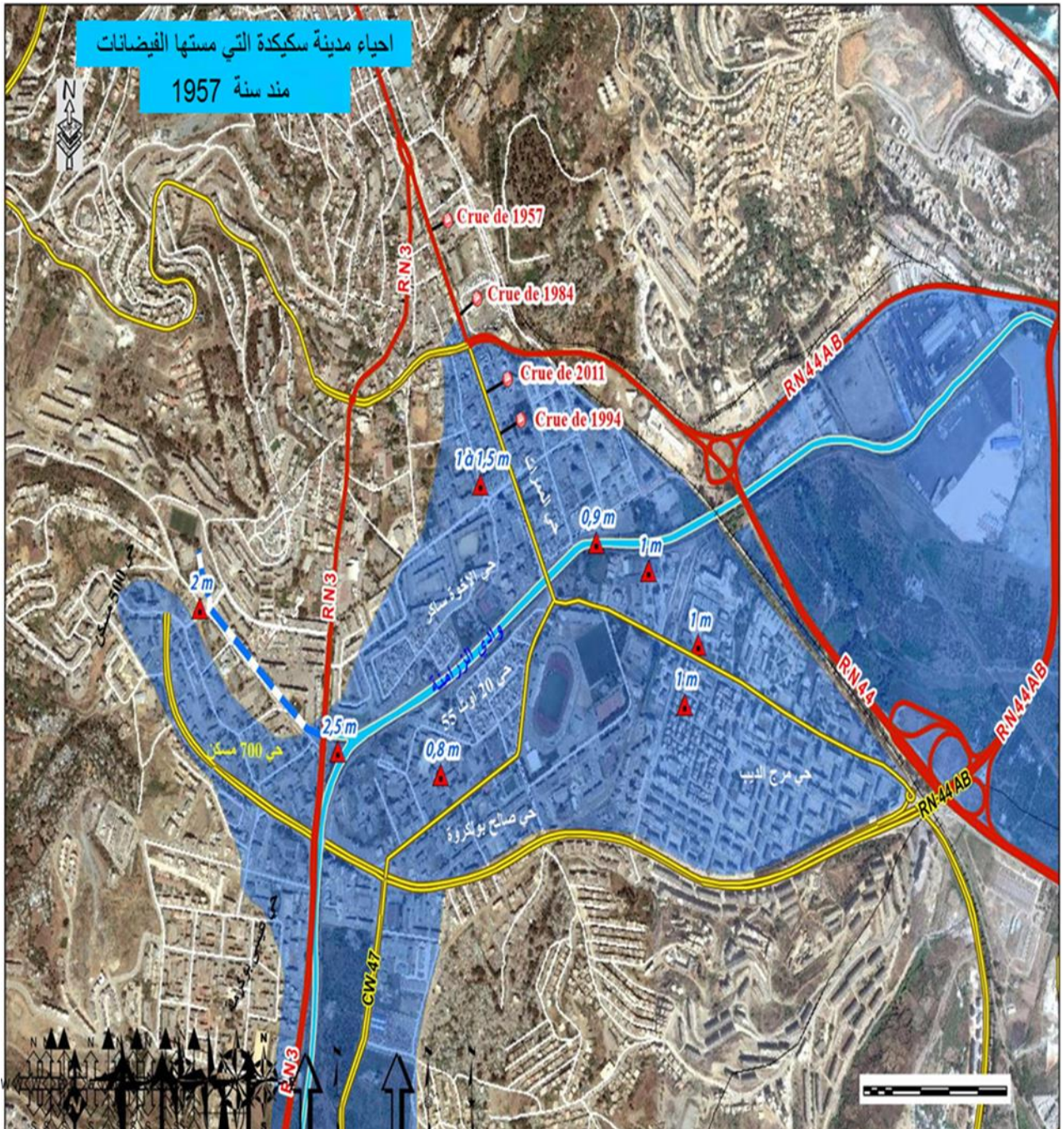


Figure 4.9. Carte des quartiers de la ville de Skikda touchés par les inondations depuis 1957. (Source : Direction des Ressources en Eau de la wilaya de Skikda. 2022).

3.2. Municipalité de Ramande Djamel

Le centre de la municipalité est le plus exposé aux inondations en raison de l'inondation de l'Oued Zergua qui traverse le centre de la municipalité de Ramande Djamel. (DRE Skikda, 2022).



Figure 4.10. Inondation de Ramande Djamel.

3.3. Municipalité d'El Hadaiek

Les inondations au niveau de ce centre, sont causées par les débordements de chaabat El medjen et chaabat Konda. (DRE Skikda, 2022)

3.4. Municipalité de Salah Bouchaour

Le centre de la Municipalité est le plus exposé, soit en raison de l'élévation du niveau des eaux, soit en raison de la sortie de l'Oued Safsaf de son lit, ce qui entraîne la sortie des Oueds Tambour et El Faham de leur lit naturel.

3.5. Municipalité d'Azzaba

Exactement à l'entrée de la ville d'Azzaba en raison de la sortie de l'Oued Fendek de son lit. (DRE Skikda, 2022)

4. Détermination des enjeux

Suite aux dégâts catastrophiques causés par les inondations de 1984 et 2011, ces deux crues ont été choisies comme références en raison de leur caractère particulièrement orageux. Cette étude vise à synthétiser les enjeux de notre site à travers une carte des enjeux, définissant ainsi les zones où les personnes et les biens sont susceptibles d'être affectés par des phénomènes naturels.

Les principaux enjeux identifiés sont les suivants :

4.1. Les enjeux humains

(Répartition de la Population des zones inondables au niveau de la ville de Skikda et sa proximité).

Tableau 4.2. Répartition de la population des zones inondable au niveau de la ville de Skikda.

Communes	Les zones inondables	Population menacée
Skikda	- Merdj el Dib	- 11818 hab.
	- AissaBoukarma	- 3765 hab.
	- EL Zitouna	- 2665 hab
	- Cité du 08 mai 45	- 4038 hab
	- Hamada boulesnane	- 4480 hab.
	- Les frère Saker	- 0584 hab.
	- Cité du 20 aout55	- 4735 hab.
	- Les allées (centre-ville)	- 4905 hab.
Hamadi Krouma	- Les 02 rêvés de l'oued saf-saf de sultane Azouz Jusqu'à la route nationale	- 1500 hab.
	- La zone d'activité à proximité du 1 er virage du la route N°44	
	- Hamrouche hamoudi	
Ramdane Djamel	- EL Mastoura	- 915 hab.
	- Cité 100 logements EPLF	- 731 hab.
	- Rue Ahcene Bouacida	- 615 hab.
	- Rue Ahcene Merkae	- 342 hab.
	- Cité sécurité sociale (Dhmane, jtimai)	- 565 hab.
	- Rue Boukabou	- 836 hab.
	- Rue MaroucheMustaphe	- 210 hab.
	- Rue Amar Ettaib	- 135 hab.
EL Hadaiaik	- Cité des 35 logements	- 427 hab.
	- Cité Thabet Salah	- 327 hab.
	- Cité du 01novembre 1954	- 879 hab.
	- Rue Mekhalfi Amar	- 42 hab.
	- Rue Boukerma moussa	- 65 hab.
	- Zone Nai	- 64 hab.
	- Cité des 70 logements	- 302 hab.

Source : protection civile /Skikda 2017.

4.2. Les quartiers

Tableau 4.3. Les cités menacées par l'inondation

Les cites inondables	Les infrastructures menacent
- -Cité 08 mai 45	- Route zef zaf
- Cité Merj Dib	- Place l'abattoir
- Cité Issa Boukerma	- Route inférieur Stora
- Cité D'olive	- Route ilots des chèvres
- Cité Hammadi Boulasnan	- Sous boulevard
- Cité Frères Sakar	- RN 44
- Cité 20 Aout 55	- RN 44 AB
- Cité Les Allées	- CW 104
- Cité Salah Boulkaroua	

Source : protection civile /Skikda 2017.

4.3. Les équipements éducatifs

Tableau 4.4. Les équipements éducatifs menacés par l'inondation

Les écoles Primaires	Les CEM	Lycée et centres de formation
- Ecole Saad Karmch	- CEM 700 logement	- Lycée Loussif Rachid
- Ecole Hambarak Ali	- CEM Salem Sobhi	- Technicom Bouras Abbas
- Ecole Tahar Cheloufi	- CEM AouedZidane	- Institut national de Skikda
- Ecole 08-05-45	- CEM Salah Saadi.	- Centre de formation Professionnelle de boukarma
- Ecole Mrabat Ismail	- CEM El Moukawim Si Zighoud	- Institut national de l'agriculture Skikda
- Ecole Frères Bouafia		

Source : protection civile /Skikda 2017.

4.4. Les équipements administratifs, services et les activités

Tableau 4.5. Les équipements administratifs et les services et les activités menacées par l'inondation

Les équipements Administratifs	Service et commerce	Les activités et L'industrie	Des Autres Équipements
<ul style="list-style-type: none"> - La daïra de Skikda - La wilaya de Skikda - Palais de justice - Tribunal de Skikda - La direction des travaux publics - Algérie télécom 	<ul style="list-style-type: none"> - La SNTVI de Skikda - La SNTF de Skikda - Agence de transport - Plus des locaux commerciaux dans les RDC des bâtiments et des constructions individuelles. 	<ul style="list-style-type: none"> - La petite zone d'activité qui contient 15 unités productives d'une surface de 238070m². 	<ul style="list-style-type: none"> -Centre culturel. - Stade de tennis 20 Aout 1955. - Stade 20 Aout 55.

Source : Direction de la protection civile. Wilaya de Skikda.op.cit.



Figure 4.10. Carte des enjeux de la ville de Skikda. (Bouزيد O, Bouloudenine H,2018).

5. Prévention du risque inondation par des mesures structurelles

Les mesures de prévention du risque d'inondation par des mesures structurelles impliquent la mise en place de travaux ou de constructions d'ouvrages de génie civil au sein du lit du cours d'eau, principalement dans le lit mineur plutôt que dans le lit majeur. Ces actions ont pour objectif de modifier les conditions d'écoulement des crues et leur hydrologie, dans le but de diminuer le risque d'inondation. Parmi ces mesures, on compte la construction de murs de soutènement ou de levées des berges, la création de lacs artificiels, de barrages et de retenues pour régulariser et atténuer l'impact des crues. De plus, l'élargissement ou le redressement du chenal d'écoulement ainsi que l'utilisation de

zones peu exploitées pour le stockage temporaire des eaux sont également des stratégies mises en œuvre.

Les règles générales et spécifiques pour atténuer le phénomène des inondations sont les suivantes :

5.1. Règles générales

- Aménagement des cours d'eau des vallées et des ruisseaux.
- Réalisation d'une plantation intensive autour des zones les plus exposées aux inondations pour les protéger des crues torrentielles d'une part, et pour absorber l'eau d'autre part.
- Aménagement et protection des reliefs contre les crues de surface.
- Élaboration de cartes prévisionnelles du risque d'inondation (basées sur les bulletins météorologiques émis par l'Agence nationale de la météorologie en identifiant tous les points noirs et le niveau de risque).
- Mise en place d'un système d'alerte précoce pour les risques d'inondation avec une cellule de crise pour intervenir en cas de danger d'inondation.

5.2. Règles spécifiques

- Nettoyage périodique des cours d'eau, des vallées et des ruisseaux.
- Activation de la police de l'eau et de l'urbanisme pour surveiller les constructions sauvages et anarchiques dans les zones riveraines des vallées et des ruisseaux, et pour empêcher le déversement de débris et de déchets dans les cours d'eau.
- Campagnes de sensibilisation pour éviter le déversement anarchique des déchets domestiques et solides dans les réseaux d'égouts et les canaux de drainage, car cela provoque l'obstruction des regards et des canaux. (DRES, 2022).

6. Programme de prévention (Plan de Prévention contre le Risque des Inondation "PPRI") :

Le Plan de Prévention contre le Risque d'Inondation (PPRI) est un programme de prévention élaboré par les autorités compétentes pour réduire les risques liés aux inondations dans une zone spécifique, L'impact de ce plan est la protection des citoyens et des biens contre la crue des oueds et chaabets.

* *À court terme*

La Direction des Ressources en Eau de la wilaya de Skikda a pris en charge le phénomène de la lutte contre les inondations par l'élaboration des études y afférentes ainsi que la réalisation des travaux de protection des agglomérations exposées aux risques d'inondations. Parmi les réalisations les plus importantes enregistrées, on peut citer :

▪ *Au niveau de la commune de Skikda :*

- Changement du cours d'Oued Safsaf afin d'éloigner le point de confluence avec Oued Zeramna, responsable des inondations dans la partie basse de la ville de Skikda.
- Aménagement de sections des berges d'Oued Safsaf avec des murets de protection dans les zones résidentielles de Ramadan Jamal, Saleh Bouchaour et El Harrouch.
- Modification et équilibrage du cours d'Oued Zeramna sur une distance de 04 kilomètres au niveau de la zone résidentielle.
- Rehaussement des digues d'Oued Zeramna et aménagement du lit d'Oued avec du béton armé.
- Réalisation d'une station de pompage pour la zone de Merdj El Dib.
- Rehaussement des digues d'Oued Zeramna sur 1,5 kilomètre.
- Curage et élargissement d'Oued Zeramna et connexion de plusieurs tunnels à l'oued.
- Aménagement de Chabat 500 logements sur 1200 mètres pour la protection contre les inondations.

- Aménagement d'Oued El Wahch sur 1000 mètres pour protéger 700 logements du quartier Hamada Boulsenane contre les inondations.
- Aménagement de Chabat Boulkroua pour protéger la zone de Merdj El Dib contre les inondations.
- Réalisation d'un canal pour drainer les eaux pluviales à Béni Malek.
- Protection des quartiers Frères Saker 1 et 2 contre les inondations (projet en cours de réalisation).



Figure 4.11. La réalisation de l'aménagement de chaabet Merdj Eddib à Skikda. (Source : DRE Skikda,2017).

▪ ***Au niveau de Hamadi Krouma :***

- Réalisation de la protection du barrage de bordure de la rive gauche d'Oued Safsaf sur une longueur de 400 mètres et aménagement de Chabat Al Kahla à Hamadi Krouma.
- Étude de traitement des glissements de terrain sur le bord d'Oued Safsaf au niveau de la région de Hamadi Krouma.

▪ ***Au niveau de la commune de El Hadaiek :***

- Aménagement d'Oued Kenda et d'Oued Majen à El Hadaiek.



Figure 4.12. La réalisation de l'aménagement d'Oued Konda et El Mrdjene à El Hadaiek. (Source : DRE Skikda,2017).

▪ ***Au niveau de la commune de Ramadan Djamal :***

- Réalisation de l'aménagement d'Oued El Zarka et de ses affluents à Ramadan Jamal.
- Réalisation de l'aménagement du point de confluence d'Oued El Zarka et de ses affluents avec Oued Safsaf à Ramadan Jamal.
- Réalisation de l'aménagement du canal parallèle à la route nationale numéro 03 à Ramadan Djamal.



Figure 4.13. La réalisation de l'aménagement de m'embouchure de l'oued Zerga et l'aménagement du canal qui longe la RN 03 à Ramadan Djamal.

(Source : DRE Skikda,2017).

▪ ***Au niveau de la commune de El Harrouch :***

- Réhabilitation et protection par gabionnage des berges de l'Oued Enssa.
- Curage et nettoyage de l'Oued Safsaf, au niveau du pont urbain.

- Réalisation de la protection de Said Boussebaa, contre les eaux de ruissellement.
- Aménagement Chaabet Merroudj à El Harrouch.



Figure 4.14. La réalisation de l'aménagement d'une partie de L'oued Enssa.

(Source : DRE Skikda,2017).

▪ ***Au niveau de la commune de Beni Ouelbane :***

- Réalisation du réseau d'assainissement du quartier Hamrouch Ketaf
- Réhabilitation du réseau des eaux pluviales du V.S.A et la cité Bouassida.

▪ ***Au niveau de la commune de Kerkera :***

- Aménagement de l'oued Merdj Echaara et l'aménagement de l'oued Chouikar à Ahmed Salem.



Figure 4.15. La réalisation de l'aménagement l'oued Merdj Echaara et l'oued Chouikar à Kerkera. (Source : DRE Skikda,2017).

▪ ***Au niveau de la commune de Collo :***

- Aménagement de chabat Boussebhane

- ***Au niveau de la commune de Es Sebt :***
 - Aménagement Chaabet Lekhailia à Es Sebt



Figure 4.16. La réalisation de chaabet lekhailia a Es-Sebt.

(Source : DRE Skikda,2017).

- ***Au niveau de la commune de Azzaba :***
 - Réhabilitation des berges de l'oued Fendek à Azzaba.



Figure 4.16. La réhabilitation des berges de l'oued Fendek à Azzaba.

(Source : DRE Skikda,2017).

- ***Au niveau de la commune de Ain Charchar :***
 - Réalisation de la protection du V.S.A Chebikia contre les inondations. (DRE Skikda, 2022).

7. Recommandations

Pour pallier au phénomène des inondations il est recommandé ce qui suit :

- Procéder à la levée du gel sur les projets rentrant dans le cadre de la protection des villes contre les inondations.
- Réactiver le rôle de la police de l'urbanisme.
- Curage et nettoyage permanent des émissaires d'eau, notamment les réseaux d'évacuation des eaux pluviales (Oueds, chaabets, caniveaux, regards, avaloirs, etc...).
- Concrétiser la réalisation des deux (02) barrages écrêteurs (Barrage de Ramdane Djamel, sur l'oued Khemakham et le barrage de Charchar, sur l'oued Charchar à Bouchetata.
- Suivi rigoureux des projets d'aménagement urbain.
- Interdiction des rejets des gravats et déchets dans les cours d'eau.
- Evacuation des terres excédentaires générées par les promoteurs au niveau des parties hautes des villes.
- Matérialiser les endroits des stagnations des eaux pluviales.
- Interdire toute construction à l'intérieur du couloir de servitude des oueds et chaabets, ou sur des caniveaux et réseaux d'assainissement.
- Procéder à des corrections torrentielles et reboisement des talus, de façon à minimiser les transports solides, source principale de colmatage des réseaux d'assainissement. (DRE de Skikda, 2017).

Conclusion

Les inondations dans la wilaya de Skikda, ont révélé la fragilité de la région face à ces événements climatiques extrêmes. Ces crues ont eu des conséquences graves sur les populations, les infrastructures et l'environnement local, soulignant l'urgence d'une prise en charge efficace des risques d'inondation.

Il est crucial d'adopter une approche holistique pour atténuer ces risques, incluant la mise en place de mesures préventives telles que la gestion des bassins versants, l'amélioration des systèmes de drainage et la sensibilisation des communautés locales. De plus, une meilleure coordination entre les autorités locales, régionales et nationales est nécessaire pour élaborer et mettre en œuvre des stratégies d'adaptation et de résilience adaptées aux spécificités de la wilaya de Skikda.



Conclusion Générale & Recommandations



Conclusion générale

La question cruciale de prévention des risques majeurs et de la gestion des catastrophes majeur et de la gestion des catastrophes nécessitent une collaboration étroite entre les différentes entités impliquées.

Notre étude révèle que le tissu urbain de la ville de Skikda, se trouve dans un environnement à la fois naturel et humain particulièrement vulnérable aux inondations, aggravé par une concentration importante d'enjeux socio-économiques et un développement rapide.

Cette conjonction de facteurs précaires rend la ville particulièrement exposée aux risques, nécessitant une action urgente en matière de prévention et d'organisation des secours pour renforcer la sécurité civile.

Nous avons essayé à travers notre modeste travail, mis en lumière les zones les plus exposés au risque d'inondation dans cet état ainsi que les facteurs qui augmentent ce risque. Nous avons également examiné les solutions adoptées par les autorités compétentes pour atténuer ce risque, en plus de présenter plusieurs stratégies et solutions pouvant être adoptées par les parties concernées pour éviter les effets catastrophiques de ce phénomène, parmi ces recommandations :

- Levée du gel sur les projets de protection civile contre les inondations.
- Interdiction de la construction dans les cours d'eau et les réseaux d'assainissement.
- Surveillance continue des projets de développement des déchets dans les cours d'eau.
- Correction des flux d'écoulement et reboisement pour réduire les dépôts dans les réseaux d'assainissement.
- Nettoyage régulier des réseaux de drainages et des cours d'eau.
- Achèvement de la construction des barrages de prévention.
- Élimination des excès de sol des zones élevées des villes.
- Identification des zones de collecte des eaux de pluie.
- Activation du rôle de la police de l'urbanisme.



Références Bibliographiques



Référence bibliographiques

1. Asseb M, et Touhami A. (2021) : Contribution à l'évaluation du risque d'inondation par la simulation bidimensionnelle de la propagation des crues. Cas de l'Oued Sidi El Kébir dans la ville de Blida. Mémoire de master. Université Saad Dahlab-Blida.144p.
2. Aïssa Madaoui Oussama, Aïssa Madaoui Rabie, (2016), `` Protection des villes contre les inondations cas du centre d'Ain Fezza – Tlemcen``, Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaid- Tlemcen.
3. Abdelkebir R,2018, Contribution à la méthodologie des études de protection contre les inondations par l'utilisation d'ARC GIS, HEC GEO RAS et HEC RAS. Cas de la ville de Mouilha. W. M'sila, Mémoire de Master, Université Mohamed Boudiaf – M'sila.
4. Boucenna Nawel (2007). Impact de la décharge publique sur la qualité des eaux souterraines cas de ZEF-ZEF (Skikda). Mémoire de magister. Université d'Annaba.
5. Bentaleb Mohamed Salah Eddine et Ouardi Aïssa Ihab Eddine (2021). Les inondations : Etude de risque dans la région de Saïda. Mémoire de master. Université de Saida.
6. Bouzidi Okba et Bouloudenine Hamza (2018). Villes et inondations Essai d'elaboration d'un P.P.R.I. Cas de la ville de Skikda.
7. Ben Rabah Fairouz et Amara Ikram (2022). Vulnérabilité de l'agglomération de Hchachta (Mostaganem) face aux inondations. Mémoire de master. Université de Mostaganem.
8. Bensouiki Ryma et Lekmakem Djihad (2016). Planification Opérationnelle pour gestion d'une catastrophe naturelle dans un milieu urbain. Gestion d'une catastrophe d'inondation dans la ville de Skikda selon un scenario probable. Mémoire de master. Université de Constantine 3.
9. Boulghobra nouar (2006). Protection de la ville de Skikda contre l'inondation « essai de :P. P.R.I. Mémoire de magister. Université de Batna.
10. Benamira Fella (2017). Etude diachronique de l'evolution de la végétation forestière par télédétection : cas de la wilaya de Skikda. Mémoire de master. Université de Constantine

11. Ben Gharbi Mohamed, (2021), ``Identification des zones à risque d'inondation par la logique flou et l'analyse multicritères -cas d'étude nouvelle ville de Boughezoul –‘, Mémoire de Master, Université Ziane Achour – Djelfa.

12. Bekri Abdelfath, Ghessri Ibtissam, (2020), `` Aménagement de l'oued Barika pour lutter Contre L'inondation'', Mémoire de Master, Université Mohamed Boudiaf – M'sila.

13. Bensafi Souhila, Bouzidi Asmaa, 2019, Protection de la ville de Béni Saf contre les inondations, Mémoire de Master, Centre Universitaire Belhadj Bouchaib - Ain-Temouchent.

14. Bachiri Aida,2021, Examen du risque d'inondation due aux eaux pluviales de la ville de Sidi Aissa, Mémoire de Master, université Mohamed Boudiaf M'sila.

15. Boulghobra Nouar, 2006, Protection de la ville de Skikda contre l'inondation – Essai de PPRI-. Mémoire de Magister, Université de Batna.

16. Benkoibich Mohamed Bendhiba, Galmi Ahmed,2021, Vulnérabilité des bâtiments face aux inondations, Master Academique, Université Abdelhamid Ibn Badis- Mostaganem.

17. Ben Rabah Samia, 2006, état actuel des ressources en eau dans la wilaya de Skikda (essai de synthese) bilan – gestion – perspective, Mémoire de Magister, Badji Mokhtar- Annaba Université.

18. Bouzid O, Bouloudenine H,2018, Villes et inondations Essai d'élaboration d'un P.P.R.I - Cas de la Ville De Skikda - Mémoire de Master, Université Salah Boubnider Constantine 3.

19. Charif, H., et Fardjaoui, N.,2018 : Risque d'inondation et occupation des sols. Cas de la ville d'Ain El Melh.Memoire de master en hydraulique, université de M'sila, p164.

20. Carladous S, et All, 2018, ouvrages en maçonnerie et protection contre les risques naturels en montagne, Journées nationales maçonnerie,

21. Djebali, k., 2015 : Contribution à l'étude de l'aléa « inondations » : Genèse et prédiction -Cas de la vallée d'El-Acadia (w. Ain Defla). Mémoire de master en hydraulique, L'école nationale supérieure d'hydraulique, p89.

22. Deroo L, Royet P, Poulard C, 2016, Sûreté et efficacité des barrages écrêteurs de crue.

23. Direction de la protection civile. Wilaya de Skikda.

24. Direction de la protection civile, wilaya de Skikda 2017
25. DRE Skikda,2022
26. ADE de Skikda, 2016
27. Elfetni Khawla, 2019, Etude de protection contre les inondations de la ville de Doucen (Oued Tamda), Mémoire de Master, Université Mohamed khider –Biskra.
28. Guerbi, M., et Abdelkbir, B (2017). Protection contre les inondations par l'utilisation d'ArcGIS, Hec-Geo-Ras et Hec-ras-Cas de la ville d'El-Ksour, W. Bejaia. Mémoire de master. Université de M'sila, p68.
29. Hafiane Ikram et Benzaid Ismahane (2019). Lutte contre les inondations de la commune de Bouhachanna. Mémoire de master. Université de Guelma.
30. Kouidri Marwa et Labeled Bochra (2019). Modélisation des inondations du segment de l'Oued Seybouse par HEC-RAS. Mémoire de magister. Université d'Annaba.
31. Kaidi S, et all, 2009, Couplage Ecoulement-Structure pour simuler la stabilité des digues en enrochement
32. Khelfaoui,2014, qualité et gestion integree des ressources en eau dans le bassin versent du SAF-SAF (Nord-Est Algérien), Thèse de Doctorat en Sciences, Badji Mokhtar- Annaba Université.
33. Labar Sofiane (2009). Evaluation de la pollution des eaux souterraines dans un milieu industriel (Cas de la zone industrielle de Skikda, N.E. algérien). Thèse de doctorat. Université d'Annaba
34. M. Yahiaoui Abdelhalim (2012). Inondations Torrentielles Cartographie des zones vulnérables en Algérie du nord (Cas de l'Oued Mekerra, wilaya de Sidi Bel Abbes). Thèse de doctorat. Université de Bechar.
35. Marion Tanguy (2012). Cartographie du risque d'inondation en milieu urbain adaptée à la gestion de crise analyse préliminaire. Rapport de recherche R1395.
36. Mecibah Ilyes (2017). Les ressources en eau et gestion intégrée du Bassin versant d'Oued Guebli N-E Algérien Thèse de doctorat. Université d'Annaba.
37. Mouaz Souad Selma, Saidi Amel, 2021, Contrôle des risques des crues à distance par système d'information géographique et propositions des techniques de protection

contre les inondations : Cas de la w. de Tiaret. Mémoire de Master, Université Ibn Khaldoun de Tiaret

38. Monographie wilaya de Skikda

39. Reffai Roumaissa et Bessouda Amina (2017). Analyse de l'impact des inondations à l'aide du SIG et le modele arcSWAT dans le bassin versant de SAF-SAF Skikda. Mémoire de master. Université d'Annaba

40. Saouli A, 2019, Problématique du risque inondation en milieu urbain cas de la ville D'el-Bayadh, Mémoire de Master, Université Mohamed khider –Biskra.

41. TALAH S, 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.

42. Zennir Walid (2018). Inventaire de la faune Diptérique et Lépidopétrique dans la région de Skikda. Mémoire de master. Université de Tébessa.

المراجع باللغة العربية:

1. أحمد عقاقبة، 2005، خطر الفيضانات في المناطق شبه الجافة - دراسة حالة العلةمة - مذكرة مقدمة لنيل درجة الماجستير، جامعة الحاج لخضر - باتنة.
2. بوغرارة روميصة وفتح الله وهيبة (2019). تشخيص الموارد المائية واستعمالاتها بولاية سكيكدة. مذكرة تخرج لنيل شهادة أستاذ تعليم متوسط. المدرسة العليا لأساتذة التعليم التكنولوجي بسكيكدة.
3. عميروش إ، عيشوش ر، فعالية استخدام الموارد المائية في الجزائر - دراسة حالة ولاية سكيكدة - مجلة العلوم الاقتصادية والتسيير والعلوم التجارية، المجلة 12 / العدد: 01 (2019)، س 296- 510 .
4. مخطط الوقاية من خطر الفيضانات. أكتوبر 2022. مديرية الموارد المائية لولاية سكيكدة .

Webographie

1. (<https://bassin-isle.fr/renaturation-des-cours-deau/>).
2. <https://www.irma-grenoble.com/>
3. https://www.eaufrance.fr/les-inondations-et-les-submersions_marines