

N° d'ordre : 3833

THÈSE

En vue d'obtention du : **DOCTORAT**

Structure de recherche : Laboratoire de Géosciences, Eau et Environnement(LG2E)

Discipline : Science de la terre

Spécialité : Hydrologie-Risques naturels-modélisation hydrologique-Sciences de l'eau

Présentée et Soutenue le : 12/09/2023

Par :

Noura JOTTI

***Risques naturels et Vulnérabilité des régions présahariennes
aux intempéries imprévisibles et répétitives du Sud Marocain***

Devant le jury

Ilias KACIMI	PES, Université Mohammed V, Faculté des sciences Rabat	Président / Rapporteur
Mohamed ACHAB	PES, Université Mohammed V, Institut Scientifique, Rabat	Rapporteur / Examineur
Mohamed HILALI	PES, Université Moulay Ismaïl, Faculté des sciences, Meknès	Rapporteur / Examineur
Nezha MAHMOUHI	PH, Centre régional des métiers et de l'éducation et de la formation du Grand Casablanca-Settat	Examinatrice
Saïd ETTAZARINI	PH, Centre régional des métiers et de l'éducation et de la formation du Grand Casablanca-Settat	Examineur
Mohamed EL WARTITI	PES, Expert, Université Mohammed V, Faculté des Sciences Rabat	Co-Encadrant
Tarik BAHAJ	PH, Université Mohammed V, Faculté des sciences, Rabat	Directeur de thèse

Année universitaire : 2023/2024

Dédicace

Je dédie cette thèse à mes parents, pour leur amour incommensurable, leur soutien indéfectible et leurs sacrifices sans fin. Vous avez été ma source constante d'inspiration, de force et de motivation tout au long de ce parcours.

À ma famille, pour leur patience, leur compréhension et leurs encouragements.

Vous m'avez toujours encouragé à poursuivre mes rêves et à aller au-delà de mes limites. Cette thèse est avant tout le fruit de votre soutien et de vos croyances en moi.

Je vous remercie du fond du cœur pour tout ce que vous avez fait et continuez de faire pour moi.

Remerciements

Un souffle de bonheur s'exalte très profondément de mon cœur, en sachant que mon modeste travail prend fin, et ce avant tout grâce à Dieu que je remercie, c'est lui qui ailluminé mon chemin et m'a armé de forces et sagesse ainsi qu'une très bonne volonté durant toutes ces années de recherches et de labour.

En premier lieu, je tiens à remercier **Pr. Souad ELHAJJAJI** Responsable de centre de recherche et vice doyenne. Merci pour vous Madame d'avoir accepté la soutenance de ce travail. Je profite de cette occasion de remercier tous les membres du centre de recherche ERNE2D.

J'adresse mes remerciements à Monsieur **Ilias KACIMI**, Professeur, PES à l'Université Mohammed V, Faculté des Sciences de Rabat, et Responsable de la structure de recherche du Laboratoire des Géosciences, Eau et Environnement, pour ses encouragements, ses orientations, ainsi que pour avoir accepté de présider le jury.

Je remercie également mon directeur de thèse, Monsieur **Tarik BAHAJ**, Professeur, PH à l'Université Mohammed V, Faculté des Sciences de Rabat, pour sa patience, ses compétences, ses orientations, ses précieux conseils, et surtout ses encouragements continus durant mon cursus universitaire en général, et pour la préparation du Doctorat en particulier. Je lui suis très reconnaissante, car il m'a toujours encouragé à aller en avant, en m'incitant à participer aux différentes rencontres scientifiques et congrès internationaux. Mille Merci Monsieur.

Je remercie également Monsieur **Mohamed ACHAB**, Professeur, PES, Université Mohammed V, Institut Scientifique, Rabat, pour son acceptation d'examiner mon travail.

Je tiens à remercier Monsieur **Mohamed HIALI**, professeur PES, Université Moulay Ismaïl, Faculté des sciences, Meknès, pour son acceptation d'examiner ce travail.

Je tiens à remercier Madame **Nezha MAHMOUHI** et **Saïd ETTAZARINI**, Professeurs, PH au Centre régional des métiers et de l'éducation et de la formation du Grand Casablanca-Settat, de me faire l'honneur d'être examinateurs de mon travail.

Je remercie Monsieur **EL WARTITI Mohammed**, Professeur, PES, Expert en Géologie à la Faculté des Sciences Rabat (FSR) à l'Université Mohammed V- Agdal, et Directeur du Laboratoire de Géologie Appliquée.). Vous m'avez fournie d'une documentation intéressante de point de vue risque naturel et vulnérabilité des régions présahariennes qui m'a aidé à mieux comprendre la problématique de ce mémoire. Grand merci pour le savoir mais également l'humanité que vous m'avez transmise.

Je lui suis très reconnaissante pour l'aide moral et scientifique qu'il m'a apporté durant mes séjours scientifiques à Rabat.

Je tien à remercier **Monsieur Mohammed ZAHRAOUI** : merci pour votre accompagnement, vos judicieuses remarques scientifiques, vos corrections pertinentes, votre expérience que vous avez su partager avec moi ainsi que votre bonne humeur et votre joie de vivre, pour votre commentaire, vos conseils, vos encouragements et suggestions fructueuses ; vous m'avez faite profiter de vos connaissances très

Mes remerciements vont également à **Madame KEMMOU Souad** et **Madame ZELI Lamia**, membres de l'équipe de recherche du Laboratoire de Géologie Appliquée à la Faculté des Sciences Rabat (FSR) à l'Université Mohammed V- Agdal, pour leurs aides, leurs conseils utiles et discussions intéressantes à propos de mon thème de recherche.

Résumé

Les inondations représentent un risque naturel majeur au Maroc, particulièrement dans les régions présahariennes caractérisées par des systèmes oasiens vulnérables. Ce phénomène s'est accentué au fil des dernières décennies en raison du changement climatique, qui entraîne des événements pluviométriques extrêmes affectant principalement les zones isolées et pauvres.

La dégradation de l'environnement, l'urbanisation à proximité des cours d'eau et l'usage inadapté des terres aggravent cette vulnérabilité. Pour y faire face, une gestion multidisciplinaire et préventive des risques s'impose, impliquant plusieurs acteurs institutionnels.

Cette recherche envisage l'élaboration d'un indice de vulnérabilité aux inondations (OFVI), spécifiquement adapté aux régions oasiennes, en s'appuyant sur six éléments clés : climatique, physiographique, usage des terres, anthropique, économique et accès aux services. L'indice a été appliqué à cinq sous-bassins versants.

Une attention particulière est portée au bassin versant de Ouarzazate, considéré comme le plus vulnérable. La simulation et la cartographie des risques permettent de mieux cibler les zones à risque et d'orienter les actions urgentes des autorités pour protéger les populations locales et limiter les dégâts.

Mots-clés : Inondations, Régions, présahariennes, Vulnérabilité, Changement climatique, Zones oasiennes Bassin versant de Ouarzazate

Abstract

Floods represent a major natural hazard in Morocco, particularly in the pre-Saharan regions characterized by vulnerable oasis systems. This phenomenon has intensified over recent decades due to climate change, which leads to extreme rainfall events that mainly affect isolated and poor areas.

Environmental degradation, urbanization near riverbeds, and inappropriate land use further aggravate this vulnerability. To address this, a multidisciplinary and preventive approach to risk management is essential, involving multiple institutional stakeholders.

This study proposes the development of a Flood Vulnerability Index (OFVI), specifically adapted to oasis areas. The index is based on six components: climatic, physiographic, land use, anthropogenic, economic, and access to services. It has been applied to five selected sub-watersheds.

Particular attention is given to the Ouarzazate watershed, identified as the most vulnerable. Risk simulation and mapping help to better target high-risk areas and guide urgent actions by authorities to protect local populations and minimize damage.

Keywords:

Floods, Pre-Saharan regions, Vulnerability, Climate change, Oasis areas, Ouarzazate watershed

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AFP :	Agence France-Presse
AGRHYMET :	Centre agrohydrométrie
AIC :	Akaike Information Criterion
BIC :	Bayesian information criterion
CCFVI :	Coastal City Flood Vulnerability Index
CEREMA :	Centre d'Études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement
DEM :	Digital Elevation Model
EM-DAT :	Emergency Events Database
ENS :	École Normal Supérieure
EVICC :	Évaluation de la vulnérabilité et des impacts du changement climatique
FEMA :	Federal Emergency Management Agency
FVI :	Flood Vulnerability Index
GIEC :	Group Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat
HCP :	Haut Commissariat au Plan
HECRAS :	Hydrologic Engineering Centers River Analysis System
IP :	Indice de Pluviométrie
IPCC :	Intergovernmental Panel on Climate Change
IS :	Indice de Sécheresse
IVI :	Indice de Vulnérabilité aux Inondations
MDV :	Sous bassin versant de Zagora
MEA :	Millennium Ecosystem Assessment
MNE :	Modèle Numérique d'Élévation
MNT :	Modèle Numérique de Terrain

OFVI :	Oasen Flood Vulnerability Index
OMM :	Organisation Météorologique Mondial
OMS :	Organisation mondiale de la santé
ONEP :	Office Nationale de l'eau potable
ONU :	Organisation des Nations unies
ORSE :	Observatoire sur la responsabilité sociétale des entreprises
Pa :	Précipitations annuelles
PACC :	Programme d'Appui à la Compétitivité et à la Croissance verte
PAH :	Processus d'Analyse Hiérarchique
PHE :	Plus Hautes Eaux
Pm :	Précipitations mensuelles
RBOSM :	Réserve de Biosphère du Sud marocain
RGPH :	Recensement général de la Population et de l'Habitat
SAU :	Superficie Agricole Utile
SIG :	Système d'Information Géographique
SoVI :	Social Vulnirabilty Index
TIN :	Triangulated Irregular Network
UDV :	Sous bassin versant de Ouarzazate
UN ;	United Nations
UNDRO :	United Nation Disaster Relief Office
UNESCO :	Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture
UNISDR :	Bureau des Nations Unies pour la réduction des risques de Catastrophes
USD :	United States dollar
VRD :	Voirie et Réseaux Divers
WMS :	Warehouse Management System

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau I-1 : Critères de classification de l'aléa d'après (Scarwell & Laganier, 2017a)</i>	31
<i>Tableau I-2 : Inondations subies par le Maroc lors des vingt dernières années (1999-2009)</i>	42
<i>Tableau I-3 : Évolution de l'extension urbaine de la ville de Guelmim (Source : Atbir, 2014)</i>	42
<i>Tableau II-3 : Données pluviométrique la station Assaka Tafounante</i>	76
<i>TableauII-4 : Pluie de référence Retenue station Assaka Tafounante</i>	78
<i>TableauII-5: Caractéristiques de bassin versant Timjjichte</i>	79
<i>Tableau II-6 : Pluie journalier maximale ajusté Station Assaka Tafounante</i>	79
<i>Tableau II-7: Résultat de calcule des débits</i>	79

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

<i>Photographie I.1 : Le lit de l'Oued Agay avant son entrée au Mellah, avec au centre le vieux rempart à ouvertures pour laisser passer l'eau 1950, (Source : Fès éternelle et mystérieuse 2017)</i>	28
<i>Photographie I.2 : Situation et Rupture du rempart, lors de la Crue 25 septembre de Oued Agay -Sefrou 1950 (Source : Fès éternelle et mystérieuse 2017)</i>	28
<i>Photographie I.3 : Une habitation détruite par l'oued d'ourika en 1995 (ELMEHDI SAIDI 2010)</i>	30
<i>Photographie I.4 : Commerces et habitations emportés par la crue du 17 août 1995 (ELMEHDI SAIDI2010).</i>	30
<i>Photographie I-5 : Inondations dans des villes préSahariennes Sud du Maroc en 2014 et 2019</i>	32
<i>Photographie I-6 : Inondations dans les régions présahariennes du sud du Maroc en 2009 et 2012</i>	33
<i>Photographie I-7 : Photographie aérienne de la ville de Tata</i>	42
<i>Photographie I-8 : L'extension de l'habitat à côté du lit de l'oued Oum-Laâchar à Guelmim. Quartiers Rahma (Tarkez) et El Gramez installés près de la rive droite de l'oued</i>	43
<i>Photographie I-9 : L'extension de l'habitat à côté du lit de l'oued Ifrane à Ifrane Anti-Atlas central</i>	77

LISTE DES FIGURES

<i>Figure I-13 : les provinces des régions oasiennes, sud du Maroc (Source : Monographie PRDT, 2015)</i>	34
<i>Figure I-14 : Pré-Sahara marocain : Zone oasienne, comprenant les sous-bassins versants de Guelmim, Tata, Zagora (MDV), Ouarzazate (UDV) et Errachidia (Tafilalet)</i>	35
<i>Figure I-15 : Répartition géographique des communes de la province d'Errachidia (Source : Monographie DRDT, 2019)</i>	36
<i>Figure I-16 : Situation géographique de la province d'Ouarzazate [Source : Monographie DRDT, 2019]</i>	36
<i>Figure I-17 : Découpage communal de la région de Guelmim-Oued Noun [Source : Monographie générale RGON, 2015]</i>	36
<i>Figure II-1 : Indice de vulnérabilité aux inondations de l'Oasean des cinq zones urbaines ;</i>	36
<i>Figure II-2 : Indice de vulnérabilité aux inondations des cinq sous-bassins-versants pour les composantes climatique, physiographique, utilisation des terres, anthropique, économique et accès aux services, et l'OFVI total</i>	39
<i>Figure II-3 : Indice de vulnérabilité aux inondations des cinq sous-bassins-versants pour la composante climatique et l'OFVI total</i>	47

Table des matières

Dédicace	I
Remerciements	II
Dédicace	III
Résumé	IV
Abstract.....	V
LISTE DES ABRÉVIATIONS	VI
LISTE DES TABLEAUX	VII
LISTE DES PHOTOGRAPHIES.....	VIII
LISTE DES FIGURES	IX
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
PARTIE I. REACTIONS ANTHROPIQUES A LA VULNERABILITE AUX RISQUES D'INONDATIONS DES CENTRES URBAINS DANS LE SUD MAROCAIN.9	
Introduction 9	
Chapitre1 : Le cadre géographique : présaharien bassin, des villes oasiennes propices des risques et catastrophes naturelles	52
Introduction 52	
1.1 Paradigme conceptuel dans villes présahariennes.....	22
1.2 Le risque des inondations au Maroc (dans villes présahariennes).....	27
1.3 Situation géographique et administrative.....	34
1.3.1Tafilalet	35
1.3.2 Le Drâa (Sous-Bassin Versant UDV et MDV).....	36
1.3.3 Sous-bassin versant de Guelmim	37
1.3.4 Sous-bassin versant de Tata.....	39
1.4 Facteurs climatiques et hydrologiques (Climat, pluviométrie et vents).....	41
1.4.1 Facteurs socio-économiques	41
1.4.2 Évolution démographique et urbaine	41
1.4.3 Croissance démographique.....	42
1.4.4L'urbanisation croissante.....	42
Chapitre2 : Méthodologie d'évaluation du degré de vulnérabilité et de cartographie du risque d'inondation	
Introduction	
2.1 Délimitation des zones inondable	44
2.2 Cartographie de l'aléa.....	44
2.3 Cartes thématiques finales.....	46
2.4 Outils utilisés :	46
2.4.1 - Le modèle hydrologique géospatial HEC-GeoDozer version 1.0.....	46

2.4.2 Le modèle hydrologique géospatial HEC-GeoHMS « Geospatial Hydrologic Modeling Extension » version 5.0	
2.4. 3 Le modèle hydrologique HEC-HMS « Hydrologic Modeling System » version 3.5:.....	46
2.4.4 Le modèle hydraulique HEC-RAS « River Analysis System » version 4.1.0:.....	46
Conclusion	47

PARTIE II. EVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX RISQUES D'INNOUATION : PROVINCES PRÉ-SAHARIENNES, SUD DU MAROC..... 50

Chapitre4 : degré de vulnérabilité aux inondations dans les régions pré-sahariennes en relation avec les changements climatiques 51

Introduction 106

3 .1 Analyse et vulnérabilité aux risques d'inondation.....	56
3.2 Mesure de de vulnérabilité à base de nouvel indice OFVI	63
3.2.1 L'échelle urbaine	63
3.2. 2 Échelle du sous-bassin versant.....	63
3.3 Résultats	64
3.3.1 A l'échelle urbaine du pré-Sahara marocain	64
3.3.1.1 Composante climatique	65
3.3.1.2 Composante physiographique	65
3.3.1.3Composante de l'utilisation des terres.....	67
3.3.1.4Composante anthropique.....	67
3.3.1.5Composante économique	67
3.3..1.6Composante accès aux services.....	67
3.3.1.7 Indice total de vulnérabilité aux inondations de l'Oasean (OFVI total).....	68
3.3.2. A l'échelle des sous-bassins versants du pré-Sahara marocain.....	68
3.3.2.2 Composante climatique	68
3.3.2.3 Composante physiographique.....	68
3.3.2.4 Composante d'utilisation des terres.....	68
3.3.2.5 Composante anthropique	68
3.3.2.6Composante économique.....	68
3.3.2.7Composante d'accès aux services.....	69
3.3.2.8 Indice total de vulnérabilité aux inondations de l'Oasean (OFVI total)	69
3.3.2.9Constats-Discussion-Suggestions.....	72

Conclusion 72

Chapitre 4 : Analyse et Cartographie des risques d'inondation : Le cas de bassin Versant d'Ouarzazate 74

Introduction 90

4.1 zone d'étude	74
4.2-Méthodologie de recherche	76
4. 3. Résultats et discussion	76
4.3.1 Analyse des caractéristiques de notre zone d'étude morphologique et climatique	76
4.3.2 Délimitation des bassins versants	100
5.3.3 Modélisation hydraulique et Cartographie des Zone inondable	

Conclusion	101
Conclusion générale.....	102
Références	104
<i>Annexes</i>	107

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La question de la gestion des risques naturels est restée au centre des enjeux internationaux et nationaux, tant sur le plan politique, institutionnel et scientifique que dans l'ensemble de la population, depuis près de cinquante ans (Dauphiné & Provitolo, 2013). L'analyse des risques est désormais d'une importance cruciale pour toutes les entreprises, en raison de son influence croissante sur le mode de vie et la qualité de vie des populations à l'échelle mondiale. Effectivement, la survenue d'événements nuisibles peut affecter tous les niveaux d'activités et engendrer des risques pour les personnes et leurs possessions matérielles. De ce fait, des aléas variés tels que les inondations, la sécheresse ou encore les accidents technologiques engendrent chaque année d'importants bouleversements et désastres dans de nombreux endroits, exposant ainsi les défis auxquels sont confrontées les sociétés pour gérer les préjudices. Ainsi, les responsables politiques sont de plus en plus évalués sur leur aptitude à gérer de manière efficace l'apparition d'événements nuisibles, surtout en ce qui a trait à la sécurité des individus et des biens. L'intégration du risque dans la gestion de l'espace est progressivement devenue une exigence essentielle lors de la conception des politiques d'aménagement du territoire, en raison des transformations souvent irréversibles qu'elles provoquent dans toutes les sociétés.

La médiatisation croissante des catastrophes naturelles ou d'origine humaine soulève des questions sur la sécurité et la fragilité de notre société (Bonnet, 2002), ce qui met la scène en danger. Depuis près de cinquante ans, une bataille s'est engagée à l'échelle mondiale contre les événements nuisibles grâce à la réalisation de divers projets, programmes et études. Toutefois, malgré tous les efforts déployés, il est crucial que les États se préparent à l'échelle nationale, régionale et mondiale à la survenue de catastrophes, principalement celles associées aux risques naturels, afin d'anticiper leur prévention et leur gestion.

Les catastrophes naturelles, parmi les plus destructrices au monde, peuvent être modérées ou graves et être causées par des éléments atmosphériques, biologiques, géologiques ou hydrologiques. Ces dernières années, leur fréquence a considérablement augmenté. Selon le Centre de recherche sur l'épidémiologie des catastrophes (CRED), la fréquence des catastrophes naturelles a considérablement augmenté au cours des 20 dernières années : 7 348 cas ont été recensés entre 2000 et 2019, contre 4 212 entre 1980 et 1999.

Dans les pays riches comme dans les pays en développement, les catastrophes naturelles, telles que les inondations, les sécheresses, les ouragans et les éruptions volcaniques, causent de graves dommages aux populations et aux biens matériels. Bien que ces dangers soient présents dans tous les pays, leur fréquence et les méthodes de gestion varient, certaines régions étant plus touchées que d'autres. Les catastrophes naturelles frappent plus fréquemment les pays en

développement comme le Maroc, où une plus grande proportion de la population est touchée que dans d'autres pays. Leur situation géographique, leur démographie et les ressources technologiques et humaines dont ils disposent pour gérer ces événements en sont les raisons.

Depuis le troisième millénaire (Douglas et al., 2008), la situation s'est aggravée dans de nombreux pays en raison du changement climatique, notamment de la hausse des températures et des phénomènes météorologiques extrêmes. À mesure que les effets du changement climatique s'aggravent, cette tendance devrait se poursuivre.

Selon Hauhouot (2008), plus d'un demi-million de personnes en Afrique sont menacées par les inondations. Entre 2000 et 2019 (CRED, 2020), le continent a connu au moins 1 143 catastrophes naturelles, faisant 337 millions de victimes et 46 078 morts. Les principales caractéristiques de ces catastrophes sont les sécheresses et les inondations, qui entraînent d'importantes pertes financières et humaines, perturbent l'ordre social et forcent fréquemment les populations à se déplacer.

En examinant de manière approfondie la vulnérabilité dans le sud du Maroc, on constate que la région présaharienne s'est démontrée au fil du temps comme l'une des zones les plus sensibles aux événements climatiques extrêmes, en raison de ses capacités d'adaptation limitées dues à la pauvreté. C'est également une région particulièrement touchée par les calamités naturelles, avec des dégâts évalués à environ 8 milliards de dirhams au cours des deux dernières décennies, soit précisément entre 2008 et 2021.

L'une des occurrences climatiques marquantes qui ont touché spécifiquement cette région reste la sécheresse des années 70, qui a affaibli la zone et changé le comportement socioéconomique de ses habitants. Cependant, depuis le début des années 2000, les données pluviométriques indiquent un retour des précipitations dans les zones présahariennes, ce qui provoque des inondations. Ces événements, qui sont souvent le résultat de phénomènes naturels (pluie et/ou crue), peuvent être intenses et ont presque toujours un impact humain et économique significatif lors des hivers : par exemple, en novembre 2014, des pluies diluviennes ont entraîné de nombreux décès et d'importantes pertes financières. Le sud du Maroc a connu des intempéries meurtrières. 45 morts dans les provinces de Guelmim et Tata. Plusieurs zones ont été touchées, des enjeux sensibles fortement impactés. Plus de 23 000 maisons ont été endommagées avec des quartiers sous les eaux pendant plusieurs jours. Ainsi, en 2020, sur la ville de Tata, 200 victimes des inondations ont été hébergées dans les écoles avec plusieurs quartiers immergés.

Dans ces régions oasiennes, on observe que l'accélération démographique contributive par la croissance de la ville crée une pression d'installation anarchique de la population dans le territoire, y compris au sein des localités à risques. Les responsables du secteur en charge de la prévention et de la gestion des risques naturels dans la zone présaharienne, depuis une vingtaine d'années, se sont engagés en amont dans la lutte contre les risques climatiques avec un soutien

fort des institutions internationales et étatiques pour une réduction des risques de catastrophes.

Néanmoins, face à la hausse constante du nombre de catastrophes dans ces zones ainsi que des individus affectés, il est évident que les plans d'action mis en place, bien qu'ils soient d'envergure, se révèlent inadéquats surtout dans les zones urbaines où les défis touchés sont plus multiples.

L'étude examine cinq villes présentant des caractéristiques géographiques, démographiques, climatiques et de moyens de subsistance comparables afin d'aborder la gestion des risques d'inondation dans les régions présahariennes. Elle cherche à déterminer si les problèmes de gouvernance, les lacunes de gestion ou les actions des habitants des zones à haut risque sont à l'origine de l'échec des programmes de réduction des risques d'inondation en milieu urbain. En mettant l'accent sur les caractéristiques physiques de l'environnement, les initiatives communautaires et les couches socio-économiques, l'étude cherche à déterminer les facteurs qui augmentent la vulnérabilité aux inondations en milieu urbain et rural. Les résultats pourraient apporter de nouvelles informations importantes sur les stratégies de réduction des risques d'inondation dans les régions présahariennes.

Nous avons décidé de concentrer nos recherches sur cinq bassins, choisis pour leurs ressemblances en termes de climat et de démographie, ainsi que pour leur importance stratégique en tant que provinces des villes présahariennes au sud du Maroc. Il s'agit de Zagora, Ouarzazate, Guelmim, Tata et Errachidia. Ces cinq cités font face, d'une part, à une urbanisation accélérée entraînant une vaste expansion territoriale et, d'autre part, à un essor démographique parmi les plus significatifs dans le sud du Maroc. Ces traits font de ces régions des sujets d'étude captivants pour comprendre la vulnérabilité des zones territoriales à l'entrée du désert marocain. Il est également crucial de comprendre les disparités entre ces villes, car elles peuvent justifier les variations en termes de vulnérabilité.

Le but principal de cette recherche, dans ces provinces se reflète dans plusieurs questions-réponses de notre recherche que nous synthétisons ci-dessous :

- Les facteurs environnementaux physiques causent des inondations et induisent une vulnérabilité biophysique variable selon les villes et les zones. Autrement dit, certaines caractéristiques environnementales rendent le territoire vulnérable, ce qui influence les divers enjeux en jeu.
- L'espace et les populations présentes dans cette région présaharienne sont des facteurs qui font varier les inégalités spatiales et sociodémographiques, constituant ainsi une source de vulnérabilité sociale. En d'autres termes, les résidents urbains sont exposés aux inondations, mais à des degrés différents en fonction de leurs caractéristiques sociales intrinsèques.
- La coordination déficiente entre divers acteurs et politiques, allant de l'administration

centrale aux collectivités locales, qui peut entraîner des carences dans la réponse lors d'inondations, est une problématique importante dans la gestion des catastrophes naturelles.

En effet, la réduction de la vulnérabilité aux inondations est un enjeu interdisciplinaire. Cela nécessite une étude scientifique multidisciplinaire pour résoudre les problèmes socioéconomiques existants et spécifiques des régions présahariennes.

Le choix d'une approche permettant d'évaluer la vulnérabilité aux inondations implique de fixer des priorités de chaque ville pour améliorer les pratiques décisionnelles afin de réduire la vulnérabilité à différents niveaux spatiaux ; elle s'avère nécessaire pour contribuer au développement durable de ces régions oasiennes ainsi que pour la bonne gestion territoriale des risques liés aux inondations.

Notre thèse vise à vérifier ces hypothèses formulées en comparant la vulnérabilité relative entre cinq villes : Zagora, Ouarzazate, Guelmim, Tata et Errachidia. Cette vérification se déroule à travers plusieurs phases :

- Déterminer et isoler les caractéristiques distinctives et spécifiques pour chaque ville analysée.
- Évaluer les niveaux de vulnérabilité dans les cinq villes étudiées.
- Analyser la vulnérabilité globale des communautés en lien avec les facteurs énumérés pour toutes les villes concernées dans l'étude.
- Déterminer la ville la plus vulnérable au changement climatique parmi les cinq provinces.
- Mettre en place une carte et repérer les zones vulnérables pour le bassin le plus sensible aux changements climatiques, en utilisant un modèle hydrologique et hydraulique.

Cette étude se distingue par son approche d'analyse interdisciplinaire, voire pluridisciplinaire, fondée sur plusieurs critères. Effectivement, aucune étude en régions présahariennes n'a fait intervenir à la fois l'évaluation de la vulnérabilité et la modélisation dans une même recherche, ainsi qu'une dimension comparative entre toutes les villes d'étude.

Dans le cadre de cette recherche interdisciplinaire a appliqué une technique utilisant principalement des instruments basés sur la géographie et les sciences de l'environnement.

Notre étude sur la vulnérabilité aux inondations dans les villes oasiennes, qui implique une approche multidisciplinaire, se divise en deux segments principaux :

- La première partie se focalise sur le cadre théorique et la situation actuelle des études menées en géographie et en sciences environnementales concernant le risque d'inondation. De plus, nous exposons de manière globale la région présaharienne et les villes impliquées dans cette recherche, en mettant en évidence leurs spécificités naturelles et humaines ainsi que les éléments susceptibles d'exacerber leur vulnérabilité face à de

futures inondations. En persévérant dans cette direction, nous préparons une présentation sur les villes d'étude en lien avec les risques hydrologiques passés qui ont façonné le développement des communautés. Cela implique une analyse des événements extrêmes et de leur lien avec les inondations dans les provinces. De ce fait, nous abordons également un chapitre consacré aux études et aux techniques d'évaluation de la vulnérabilité aux inondations.

- La seconde partie résume l'état des cinq zones examinées et suggère des mesures à appliquer par les responsables pour résoudre les enjeux d'inondation dans chaque zone, mais aussi de façon plus générale pour les régions présahariennes. Elle associe la présentation des degrés de la vulnérabilité et les problèmes auxquels doivent faire face les cinq provinces présahariennes pour l'amélioration avec la comparaison et la cartographie des zones à risques.

Dans un premier temps, nous discutons la méthode que nous avons employée pour illustrer l'évaluation de la vulnérabilité, puis nous démontrons de façon concrète comment elle se manifeste spatialement sur les cinq territoires à travers une modélisation hydraulique dédiée au bassin le plus exposé au changement climatique. Finalement, nous abordons les résultats en tenant compte des éléments qui pourraient exacerber le risque hydrologique.

PARTE

I

**RÉACTIONS ANTHROPIQUES À LA VULNÉRABILITÉ AUX
RISQUES D'INONDATIONS DES CENTRES URBAINS DANS**

Chapitre 1 : Le cadre géographique : présaharien du bassin ; des villes oasiennes propices des risques et catastrophes naturelles

Introduction

Depuis une vingtaine d'années, la région présaharienne du sud du Maroc subit des calamités naturelles à répétition dont la fréquence ne fait qu'augmenter, affectant de manière significative divers défis économiques et sociaux notamment dans les cités du sud. Les inondations ont des effets dévastateurs, et il est essentiel de mettre en place des mesures de prévention et d'atténuation pour soulager les communautés déjà affectées par une insécurité croissante. Dans ce contexte, il est essentiel de mener des études scientifiques sur les inondations, et cela présente un intérêt social indéniable. Néanmoins, il est impraticable d'examiner tous les bassins urbains présahariens dans le cadre d'une thèse en raison du volume considérable des études et des informations nécessaires.

Nous avons donc choisi de limiter l'analyse à cinq bassins, que nous avons sélectionnés en raison de leurs ressemblances climatiques et démographiques, ainsi que de leur importance stratégique en tant que provinces des villes présahariennes. De plus, il était crucial de comprendre les disparités entre ces villes, car elles aident à expliquer les variations de vulnérabilité. Par conséquent, cette étude s'est concentrée sur les villes oasis de Zagora, Ouarzazate, Guelmim, Tata et Errachidia.

Nous avons donc choisi de limiter l'analyse à cinq bassins, que nous avons sélectionnés en raison de leurs ressemblances climatiques et démographiques, ainsi que de leur importance stratégique en tant que provinces des villes présahariennes. De plus, il était crucial de comprendre les disparités entre ces villes, car elles aident à expliquer les variations de vulnérabilité. Par conséquent, cette étude s'est concentrée sur les villes oasis de Zagora, Ouarzazate, Guelmim, Tata et Errachidia.

L'objectif de ce chapitre est de détailler les cinq villes sélectionnées pour l'étude de cas en analysant leur position géographique, leurs spécificités climatiques et hydrologiques, ainsi que les éléments géomorphologiques, anthropogéniques et démographiques qui leur sont propres.

Apprécier ces facteurs est fondamental pour établir un cadre raisonnable pour analyser l'impact des inondations sur ces régions qui forment une ceinture climatique équatoriale dans le sud du Maroc.

1.1 Paradigme conceptuel dans les villes présahariennes

Les termes clés utilisés dans le contexte de la gestion des catastrophes se réfèrent à diverses interprétations et sont déclinés de différentes façons selon les disciplines d'étude. Les idées et principes discutés ci-après sont évoqués en raison de leur importance cruciale dans l'élaboration des décisions pour minimiser les risques et améliorer la résilience des communautés. Nous les introduisons en les recontextualisant dans le cadre disciplinaire géographique (Longitude et Latitude) ainsi que dans une perspective environnementale. Il y a moins de confusion avec le monde rural comparativement à d'autres villes.

Toutefois, dans ces régions présahariennes, en particulier dans les cinq villes que nous avons étudiées (Zagora, Ouarzazate, Guelmim, Tata et Errachidia), l'usage de l'espace favorise la coexistence entre modernité et tradition. Il intervient ainsi en ville une espèce de ruralité que Robineau (2014) qualifie « d'espace de l'entre-deux ». Cette dichotomie du mode de vie a eu un impact sur la structure urbaine, désormais caractérisée par des zones définies comme des centres urbains formant le cœur des activités commerciales, ainsi que des quartiers situés en périphérie. Dans les villes oasis, et en particulier dans nos cinq zones d'analyse, le tissu urbain comprend divers genres de quartiers :

– L'ancien quartier colonial

Dans toutes les villes d'origine coloniale, l'ancien quartier est devenu le centre-ville », englobant le quartier administratif et les principaux services. Cet espace est incontestablement la partie, la mieux structurée dans les villes de la région. Les constructions s'inscrivent dans un plan géométrique bien aéré par des voies orthogonales assez larges, l'habitat y est souvent en terre branchée ou briques de terre et plus ou moins bien équipé en VRD. Les équipements sociocollectifs, les commerces et les services, notamment ceux de sphère supérieure y sont bien représentés, le plus souvent, autour d'une place publique de forme rectangulaire et plantée d'arbres « tamaris ». Aujourd'hui, le centre colonial est parsemé de constructions nouvelles qui comprennent deux étages et même plus ; ce sont le plus souvent des maisons anciennes rachetées ou reconstruites sur un modèle de construction plus moderne et réutilisée à des fins commerciales (location de logement ou implantations de commerces). Ces quartiers, non pas parce qu'ils sont plus ordonnés en apparence, c'est - à-dire plus géométriques, sont considérés comme une formalisation exemplaire. Ainsi, le tracé réduit les formes architecturales urbaines en les ordonnant plutôt qu'il contribue à les enrichir de perspectives nouvelles. C'est la raison pour laquelle beaucoup de centres ne finissent pas perdre leur âme.

– Les anciens ksour intégrés dans les périmètres urbains

Suite à leurs extensions successives, ces ksour, quoique liés à leurs oasis, ou ce qui en reste,

font actuellement partie intégrante du paysage urbain des villes. Cette intégration fait qu'avec le temps ils ont changé généralement de fonction en devenant une des composantes urbaines plutôt que rurales. Ce changement est dû au fait que les habitants de ces anciens ksour s'adonnent de plus aux activités urbaines en délaissant leurs activités rurales d'origines devenues difficilement rentables, notamment à cause de la réduction des terres cultivables affectées par la désertification et la pression démographique.

– Les quartiers des lotissements règlementaires

Ce type de quartiers est le prolongement immédiat du centre-ville ; il se distingue de ce dernier par la typologie de son habitat d'économie allant du pavillonnaire moyen au haut standing tout en passant par le vertical collectif. Ce type d'habitat reflète le profil socioéconomique et professionnel des propriétaires. Le programme des opérations d'habitat étant peu familier des populations locales, tels les immeubles collectifs à plusieurs niveaux ou les villes somptueuses. Ils sont présents à Errachidia, mais Ouarzazate, la ville locomotive, témoigne déjà, et avec force de ce changement en matière d'habitat.

– Les quartiers de recasement

Phénomène restreint en villes présahariennes, les quartiers de recasement comprennent une partie des habitants sinistrés par les inondations et/ou déplacés de leurs anciens ksour couverts par les eaux retenues par le barrage Hassan addakhil. Ces quartiers, réservés initialement pour des populations rurales, subissent les mêmes mutations que les anciens ksour intégrés dans les périmètres urbains des villes.

– Les quartiers populaires

Souvent, ils relèvent de la ville illégale et d'un urbanisme non règlementaire à cause de la pression de l'exode rural, et ce, parfois au détriment des terres cultivables (oliveraies, palmeraies...) et des espaces restent sous-intégrés. La typologie de l'habitat dans ces quartiers est identique à l'habitat économique dans les quartiers populaires des différentes villes du Maroc. Le parcellaire est très réduit et les constructions sont à deux et trois niveaux avec encorbellements et des boutiques ou garages en rez-de-chaussée. Les rues sont généralement étroites, mais souvent rectilignes.

À l'opposé du noyau ancien ou des lotissements règlementaires, ces quartiers populaires, densément peuplés et très diversifiés, présentent exactement les caractéristiques inverses. En l'occurrence, un habitat hétérogène souvent précaire, avec une déficience sinon une absence totale des infrastructures, une pauvreté en équipement sociocollectif et une carence des commerces et de services. Ces quartiers sont composés pour l'essentiel des extensions survenues récemment notamment grâce aux apports migratoires à cause de l'éclatement des ksour ; ils représentent un espace inadapté à une vie décente et à une réhabilitation correcte. Ce sont des villes de mixité sociale (habitat traditionnel, semi-rural, économie précaire, économie améliorée, ect.

– Les quartiers industriels

Là où ils existent, les quartiers industriels commencent à se distinguer par leur morphologie et leur fonction même si leur développement reste encore timide.

– Les équipements touristiques groupés ou dispersés

L'implantation de diverses structures d'accueil dans ces villes, voire dans les communes rurales et les villages implique la création d'espace destiné à recevoir davantage d'équipements touristiques variés.

– Les casernes militaires

Destinées au départ à des ceintures des villes et donc, situées en dehors des périmètres urbains ; les casernes occupent un site à position centrale et à valeur foncière élevée suite aux nouvelles extensions urbaines. La présence de ces casernes marque très fortement le paysage et l'organisation urbaine par leur nombre, leur emplacement et leur superficie. C'est surtout à Errachidia et Ouarzazate que ces casernes jouent un rôle de coupures dans l'espace urbain rendant difficiles les liaisons entre les quartiers, leur fonctionnalité et leurs paysages urbains qui restent fortement militarisés.

– L'ancien quartier colonial

Dans toutes les villes d'origine coloniale, l'ancien quartier est devenu le centre-ville », englobant le quartier administratif et les principaux services. Cet espace est incontestablement la partie, la mieux structurée dans les villes de la région. Les constructions s'inscrivent dans un plan géométrique bien aéré par des voies orthogonales assez larges, l'habitat y est souvent en terre branchée ou briques de terre et plus ou moins bien équipé en VRD. Les équipements sociocollectifs, les commerces et les services, notamment ceux de sphère supérieure y sont bien représentés, le plus souvent, autour d'une place publique de forme rectangulaire et plantée d'arbres « tamaris ».

Aujourd'hui, le centre colonial est parsemé de constructions nouvelles qui comprennent deux étages et même plus ; ce sont le plus souvent des maisons anciennes rachetées ou reconstruites sur un modèle de construction plus moderne et réutilisée à des fins commerciales (location de logement ou implantations de commerces). Ces quartiers, non pas parce qu'ils sont plus ordonnés en apparence, c'est - à-dire plus géométriques, sont considérés comme une formalisation exemplaire. Ainsi, le tracé réduit les formes architecturales urbaines en les ordonnant plutôt qu'il contribue à les enrichir de perspectives nouvelles. C'est la raison pour laquelle beaucoup de centres ne finissent pas perdre leur âme.

– Les anciens ksour intégrés dans les périmètres urbains

Suite à leurs extensions successives, ces ksour, quoique liés à leurs oasis, ou ce qui en reste, font actuellement partie intégrante du paysage urbain des villes. Cette intégration fait qu'avec le temps ils ont changé généralement de fonction en devenant une des composantes urbaines

plutôt que rurales. Ce changement est dû au fait que les habitants de ces anciens ksour s'adonnent de plus aux activités urbaines en délaissant leurs activités rurales d'origines devenues difficilement rentables, notamment à cause de la réduction des terres cultivables affectées par la désertification et la pression démographique.

– Les quartiers des lotissements règlementaires

Ce type de quartiers est le prolongement immédiat du centre-ville ; il se distingue de ce dernier par la typologie de son habitat d'économique allant du pavillonnaire moyen au haut standing tout en passant par le vertical collectif. Ce type d'habitat reflète le profil socioéconomique et professionnel des propriétaires. Le programme des opérations d'habitat étant peu familier des populations locales, tels les immeubles collectifs à plusieurs niveaux ou les villes somptueuses. Ils sont présents à Errachidia, mais Ouarzazate, la ville locomotive, témoigne déjà, et avec force de ce changement en matière d'habitat.

– Les quartiers de recasement

Phénomène restreint en villes présahariennes, les quartiers de recasement comprennent une partie des habitants sinistrés par les inondations et/ou déplacés de leurs anciens ksour couverts par les eaux retenues par le barrage Hassan addakhil. Ces quartiers, réservés initialement pour des populations rurales, subissent les mêmes mutations que les anciens ksour intégrés dans les périmètres urbains des villes.

– Les quartiers populaires

Souvent, ils relèvent de la ville illégale et d'un urbanisme non règlementaire à cause de la pression de l'exode rural, et ce, parfois au détriment des terres cultivables (oliveraies, palmeraies...) et des espaces restent sous-intégrés. La typologie de l'habitat dans ces quartiers est identique à l'habitat économique dans les quartiers populaires des différentes villes du Maroc. Le parcellaire est très réduit et les constructions sont à deux et trois niveaux avec encorbellements et des boutiques ou garages en rez-de-chaussée. Les rues sont généralement étroites, mais souvent rectilignes.

À l'opposé du noyau ancien ou des lotissements règlementaires, ces quartiers populaires, densément peuplés et très diversifiés, présentent exactement les caractéristiques inverses. En l'occurrence, un habitat hétérogène souvent précaire, avec une déficience sinon une absence totale des infrastructures, une pauvreté en équipement sociocollectif et une carence des commerces et de services. Ces quartiers sont composés pour l'essentiel des extensions survenues récemment notamment grâce aux apports migratoires à cause de l'éclatement des ksour ; ils représentent un espace inadapté à une vie décente et à une réhabilitation correcte. Ce sont des villes de mixité sociale (habitat traditionnel, semi-rural, économie précaire, économique amélioré, etc.

– Les quartiers industriels

Là où ils existent, les quartiers industriels commencent à se distinguer par leur morphologie et leur fonction même si leur développement reste encore timide.

– Les équipements touristiques groupés ou dispersés

L'implantation de diverses structures d'accueil dans ces villes, voire dans les communes rurales et les villages implique la création d'espace destiné à recevoir davantage d'équipements touristiques variés.

1.2 Le risque des inondations au Maroc (villes présahariennes)

Destinées au départ à des ceintures des villes et donc, situées en dehors des périmètres urbains ; les casernes occupent un site à position centrale et à valeur foncière

Par rapport à d'autres nations du monde, le Maroc a subi des inondations comparables qui, selon nous, semblent plus mortelles et ravageuses que celles qui se sont produites dans les pays du bassin méditerranéen. Durant la dernière décennie, nous avons eu accès à des données concernant certaines inondations, dont :

Le 28 août 2019, une crue causée par un oued a submergé un terrain de foot à Tizirt, dans la commune d'Imi N'Tayart (District d'Ighrem, province de Taroudant), entraînant au moins sept morts.

Dans un communiqué météo spécial du 30/08/2019, la Direction de la Météorologie Nationale (DMN) a signalé que des orages localement forts, classés niveau orange, sont prévus dans les provinces de Taroudant, Al Haouz, Tata, Ouarzazate, Chichaoua, Azilal, Midelt, Tinghir, Zagora et Errachidia ainsi que Figuig et Boulmane. Smara, Boujdour ainsi que Laayoune (zone intérieure), Oued eddhab et Aousserd font également partie des régions concernées. En outre, ces conditions météorologiques auront un impact sur les paysages associés à Tiznit, Chtouka Ait Baha et Sidi Ifni, ainsi que Guelmim.

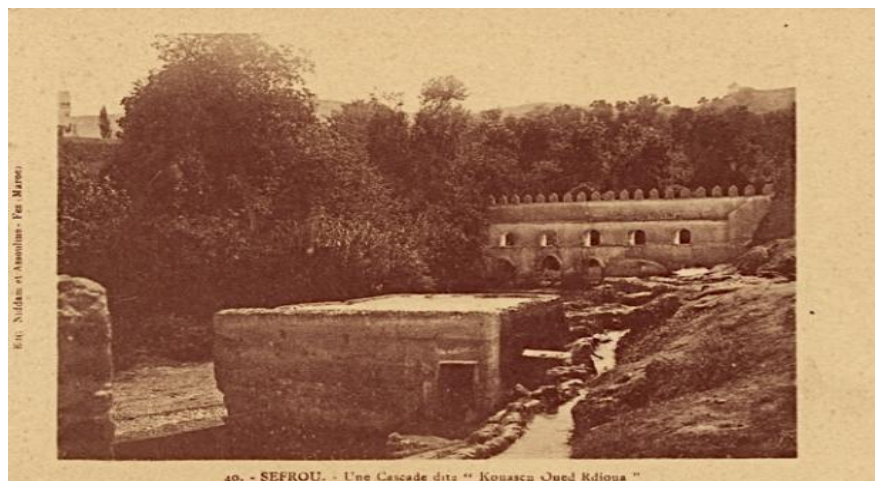
Le drame Tizirt, largement médiatisé et marqué par des images et vidéos de scènes insoutenables vécues par ces Marocains, rappelle d'autres inondations fatales qui se sont produites au Maroc bien avant l'accession à l'indépendance.

L'inondation du 25 septembre 1950, qui a marqué l'histoire marocaine de manière mémorable et déplorable, en fait partie. Dans un article publié en mai dernier, nos collègues de Zamane soulignent que « l'Oued Agay dévalait à grande vitesse » sur Sefrou cette année. « La lame atteint six mètres et cause la mort de plus d'une centaine de personnes. »



Photographie I.2 : Le lit de l'Oued Agay avant son entrée au Mellah, avec au centre le vieux rempart à ouvertures pour laisser passer l'eau 1950, (Source : Fès éternelle et mystérieuse 2017)

Lors des cues, les branchages et autres matériaux ont obstrué ces ouvertures et entraîné la rupture du rempart



Photographie I.1 : Situation et Rupture du rempart, lors de la Crue 25 septembre de Oued Agay - Sefrou 1950 (Source : Fès éternelle et mystérieuse 2017)

Le rempart finit par céder et c'est un mur d'eau qui s'abat sur la Médina et le Mellah, l'eau monte dans les rues qui sont emportées par les flots et ravinées par endroits sur plus de 2 mètres. Une soixantaine d'immeubles et de maisons au bord de l'oued s'effondrent. C'est partout cave et maisons inondées, une accumulation de ruines, de pans de remparts écroulés, le pont des moulins en médina est emporté, les souks et les fondouks dévastés, les stocks à la rivière, les bêtes attachées périssent sur place.

D'après un rapport émanant de la Direction de la surveillance et de la prévention des risques, qui dépend du secrétariat d'État à l'Eau, 100 décès ont été signalés. L'événement regrettable est également mentionné dans une revue du Colloque culturel de Sefrou, publiée en mai 2012. La réaction étonnée des résidents, le déplacement du sultan Mohammed Ben

Youssef vers le lieu de l'incident, et l'émergence d'un mouvement de solidarité au Maroc en tant que protectorat sont particulièrement mises en évidence dans cette publication.

Selon un rapport de l'Agence du bassin hydraulique du Tensift, en 2029, soit six ans après, l'Oued Tensift a entraîné « de nombreux décès » dans le quartier Sidi Youssef Ben Ali à Marrakech suite à des inondations. Toutefois, le nombre précis de victimes n'a pas été indiqué.

C'est le 23 mai 1963 que la rivière Moulouya commence à déferler, détruisant tout sur son chemin, de la jonction des massifs du Moyen et du Haut Atlas jusqu'à la mer Méditerranée. Bien que le nombre exact de victimes soit encore inconnu, l'inondation a entraîné la « démolition de la base du côté gauche du barrage Mohammed V », comme l'indique le rapport fourni par la Direction de la veille et de la prévention des risques.

Le 5 novembre 1965, des inondations ont ravagé la vallée du Ziz, notamment l'Oued Ziz, qui a atteint un « débit maximal de 7200 m³ par seconde et un volume total de 570 millions de m³ ». Cette calamité laissera 25 000 individus sans logement. Il n'est pas non plus évident de déterminer combien d'individus ont perdu la vie ou ont été blessés à cause de cette catastrophe.

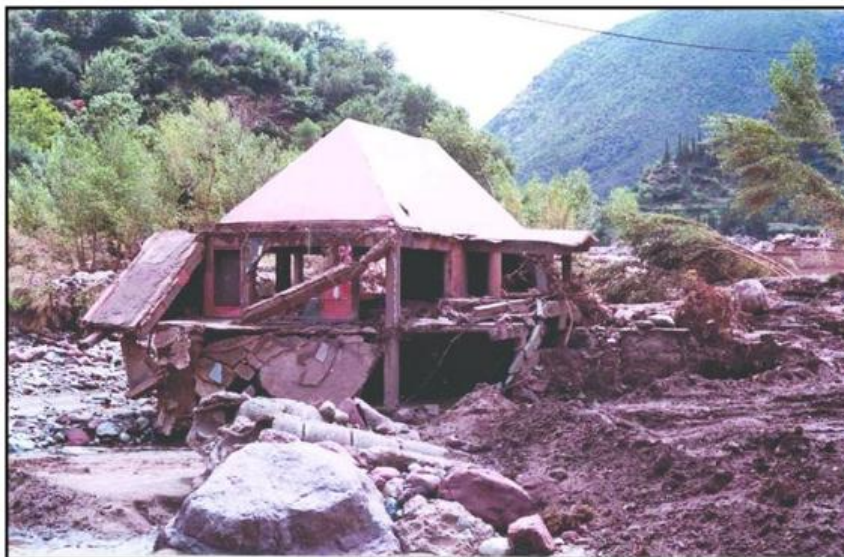
Il y'a également de plusieurs inondations qui ont frappé le Maroc dans les années 70 et 80, mais qui sont mal documentées. Ensuite, à partir de janvier 1990 et au fil des années suivantes, une série de tragédies s'est produite. Dans le courant de ce mois, 530 hectares de terres cultivées seront submergés par les flots tumultueux de l'Oued Tensift. Celui-ci, qui trouve son origine dans le Haut Atlas, se déverse dans l'océan Atlantique entre Safi et Essaouira. Ces inondations provoqueront la mort de quatre personnes et entraîneront des blessures pour une vingtaine d'autres.

L'une des catastrophes naturelles les plus destructrices surviendra cinq ans plus tard. Plusieurs événements se sont déroulés au cours de la même année, avant les crues de l'Oued Ourika, à proximité de Marrakech. On observe parmi ces cas la montée du niveau de l'oued Zat, qui est l'un des affluents de l'Oued Tensift en 1995, à proximité d'Ait Ourir. On prétend qu'elle provoquera « 11 morts attribuables aux résidus de Chaâbat tighadouine », « 22 maisons réduites en cendres », « 2 982 bêtes d'élevage décéderont et 3 700 hectares de terres agricoles seront noyés ».

La tragédie s'est produite le 17 août 1995 dans la vallée de l'Ourika, quand la crue de l'oued éponyme, qui est aussi un affluent du Tensift, a entraîné le décès de 730 individus.

« Sitti Fadma, le dernier village au pied de la montagne, jusqu'à Souk Tnine Ourika, soit environ trente kilomètres en aval, se déversant des pentes du Haut Atlas, avec des masses de pierres qui délogent des arbres et entraînent dans leur sillage hommes et bétail, ainsi que la flore. « Les véhicules des vacanciers furent réduits à l'état de débris et la sortie se muait

pour eux en véritable cauchemar », rapporte un article du quotidien Le Matin.



Photographie I.3 : Une habitation détruite par l'oued d'Ourika en 1995 (ELMEHDI SAIDI 2010)



Photographie I.4 : Commerces et habitations emportés par la crue du 17 août 1995 (ELMEHDI SAIDI 2010).

Quatre ans après, les inondations qui frapperont les villes d'El Hajeb, Taza et Khénifra feront 60 morts. En 1999, l'oued R'dat (un sous-affluent de l'Oued Tensift) dans le hameau d'Algu, qui « connaît au moins une crue par an », a causé la perte de six personnes en détruisant plusieurs maisons lors de sa dernière crue.

L'année 2003 connaîtra également de graves inondations dans diverses villes comme Mohammedia et dans la région du Rif. Les pertes en vies humaines continueront : En 2008, 11 individus trouveront la mort à Nador lors de « pluies diluviennes et un océan de boue », provenant de l'oued Kirt.

Les inondations à Tanger en 2008 ont entraîné la mort de 30 personnes et provoqué

d'importants dommages matériels ainsi que des pertes économiques significatives, particulièrement dans la zone industrielle.





Les inondations dans la région d'Al Gharbe en 2009 ont causé la destruction de 400 maisons et l'impact sur les terres s'élève à 100 000 hectares, avec des dommages dépassant le milliard de dirhams.

Le phénomène des inondations a commencé à être ressenti de manière plus intense au cours des dernières décennies dans la région pré-saharienne du sud du Maroc. Ceci est principalement dû à l'occupation de plus en plus importante des zones vulnérables

Tableau I.1: Inondation subie par le Maroc lors des vingt dernières années (1999-2009)

Début	Fin	Localisation	Nbr de morts	Total affectés
23/10/2008	03/11/2008	Driouch (Province de Nador)	30	20 000
26/02/2008	28/02/2008	Marrakech, Kalâat Seraghna	9	ND
28/10/2006	29/10/2006	Ouarzazate, Errachidia	-	1 000
25/10/2006	27/10/2006	Provinces d'Essaouira et de Safi	11	ND
26/05/2006	28/05/2006	Province d'Er Rachidia	6	1 100
17/11/2003	18/11/2003	Boufrah, Nador, Al Hoceima	35	10 000
24/11/2002	29/11/2002	Régions de Settat et de Fès	80	15 017
23/12/2001	26/12/2001	Settat, Essaouira	15	300
22/12/2000	22/12/2000	Tétouan, Tanger, Chefchaouène	6	650
22/10/2000	25/10/2000	Région de Taza	-	300
28/09/1997	29/09/1997	El Hajeb, Taza, Khénifra, ...	60	ND
21/01/1996	01/02/1996	Beni Mellal, Sebâa Ayoune, ...	25	60 000
04/09/1995	04/09/1995	Taza, Oued Amlil, Zouagha ...	43	ND
17/08/1995	18/08/1995	Marrakech (Région de l'Ourika)	730	35 000
01/04/1995	01/04/1995	Région de Tata	18	3 000
TOTAL			1 068	+146 367

d'une part, et à l'intensification des événements extrêmes (sécheresse et inondations) provoqués par les changements climatiques d'autre part, qui entraînent de violents orages localisés responsables de crues rapides et sévères (photographie I-6).

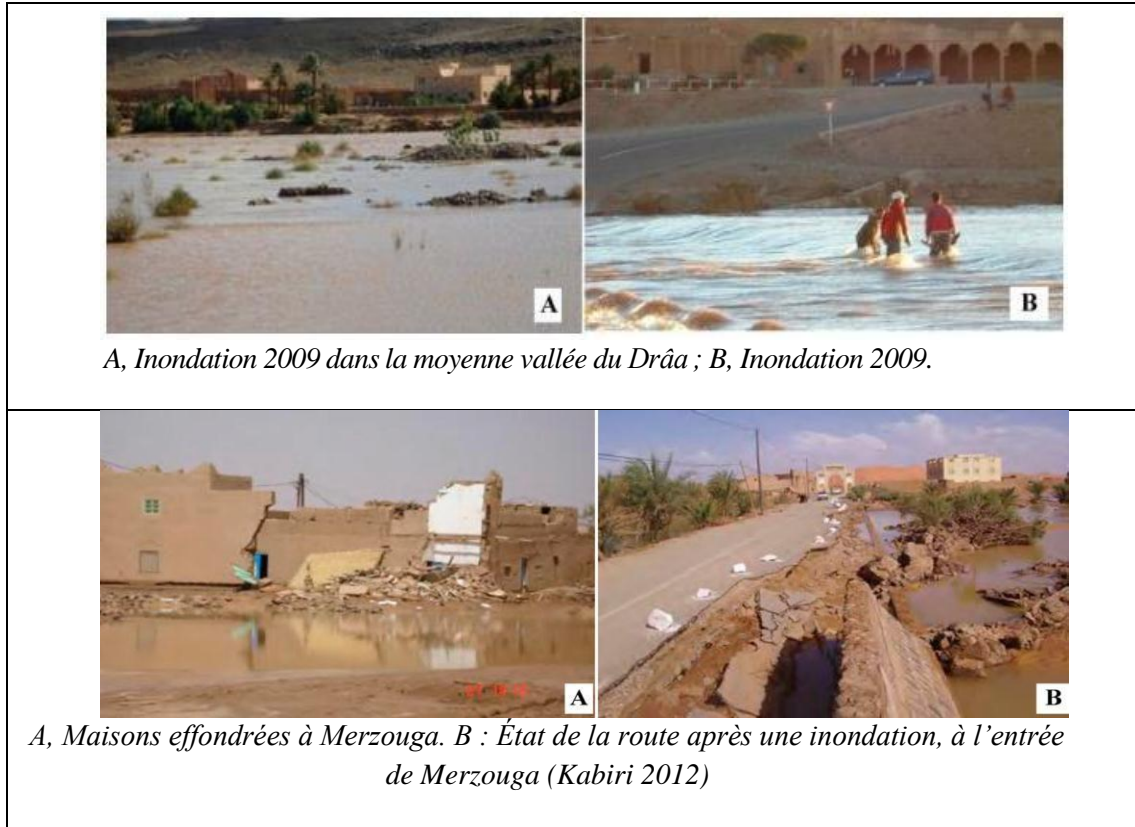
Voitures et personnes noyées au cours des inondations torrentielles au sud du Maroc	
<p><i>a</i>-La ville de TATA Source : le journal électronique ; le Monde. Publié le 24 novembre 2014</p>	<p><i>b</i>-La ville de Guelmim Source : le journal électronique ; le Monde. Publié le 24 novembre 2014</p>
	
<p><i>c</i>-La ville d'Ouarzazate 2019 Source : https://www.menara.ma/fr/article/inondations-%C3%A0-taroudant-et-ouarzazate-6-morts-et-2-port%C3%A9s-disparus</p>	<p><i>d</i>- la ville d'Errachidia 2019 Source : https://www.geo.fr/environnement/inondations-au-maroc-17-morts-dans-l'accident-dun-bus-emporte-par-une-crue-197434</p>
	

Photographie I-5 : Inondations dans des villes prèsSahariennes Sud de Maroc en 2014 et 2019

Au cours des dernières années, les régions oasiennes situées au sud du Maroc ont dû faire face à un changement climatique inédit (l'augmentation de la pluviométrie avec des intensités plus élevées que durant les périodes de sécheresse), provoquant des crues dévastatrices. Par exemple, en novembre 2014, des conditions météorologiques extrêmes ont causé de nombreux décès dans le sud du Maroc. Le Sud du Maroc a été frappé par des pluies torrentielles, entraînant de nombreux décès et d'importantes pertes. Plus de 32 individus ont perdu la vie suite à de fortes pluies entraînant des inondations et des débordements de plusieurs rivières au pied des montagnes de l'Atlas, dont certains sommets atteignent plus de 4000 mètres d'altitude. En cette année, plus de 23 000 habitations ont subi des dommages et certains quartiers ont été inondés pendant plusieurs jours. Cela a été une situation hors du commun, particulièrement dans les provinces de Guelmim et TATA (Photographie I-5).

Bien que les inondations provoquent davantage de dommages dans les pays développés en termes absolus, leurs conséquences sont plus sévères dans les pays démunis qui mettent plus longtemps à se remettre. Ce constat est particulièrement préoccupant dans le sud du Maroc, notamment dans les régions présahariennes. Ces zones, déjà touchées par

une pauvreté diffuse, sont confrontées à des inondations presque chaque année depuis vingt ans. On peut attribuer cette situation autant aux extrêmes précipitations et aux modifications climatiques (GIEC, 2007) qu'aux évolutions des zones urbaines, en termes de rythme, de forme et de gouvernance (Hangnon et al., 2015).



Photographie I-6 : Inondations dans les régions présahariennes, sud de Maroc en 2009 et 2012

L'impact économique des inondations est fréquemment considérable. D'après le ministère de l'Équipement et de l'Eau, les dégâts causés par les inondations au Maroc s'élèvent à environ 8 milliards de dirhams au cours des deux dernières décennies, plus précisément entre 2008 et 2021.

1.3. Situation géographique et administrative

13.1 Présentation des régions présahariennes du Maroc

L'Afrique du Nord présaharienne constitue un indicateur majeur de l'évolution climatique dans la région sud-méditerranéenne ; elle connaît actuellement une forte irrégularité climatique rapide et une désertification (RBOSM 2008). Cette situation fait de la région (figure I-13) une zone de plus en plus vulnérable. Depuis le milieu du vingtième siècle, les oasis ont subi des pressions démographiques et d'investissements croissants, ce qui se traduit par des exploitations excessives d'eau plus importantes, une salinisation des sols, la perte de la végétation environnante et l'érosion des sols (MEA 2005).

La zone d'étude correspond aux périmètres des provinces oasiennes de Zagora, Ouarzazate, Tinghir, Errachidia, Midelt, Tata et Errachidia.

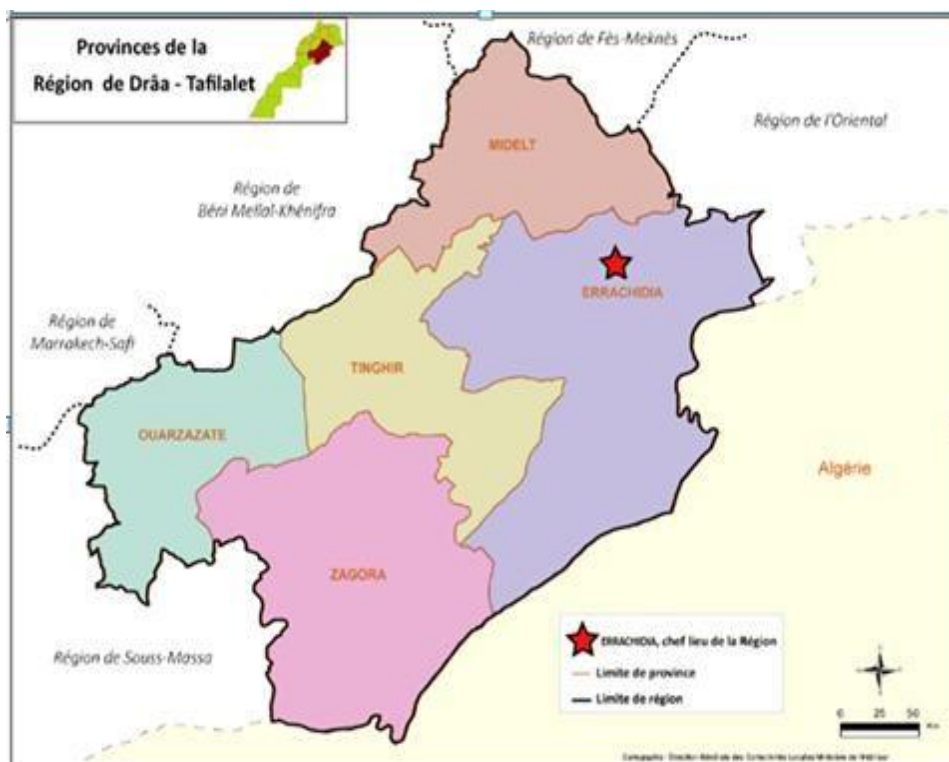


Figure I-13 : les provinces des régions oasiennes, sud du Maroc (Source : Monographie PRDT, 2015)

Elle est située dans une partie du bassin du Drâa (Haut, Moyen et Bas Drâa), et du bassin du Tafilalet. Au niveau économique de l'ensemble de la zone, l'agriculture occupe une place prépondérante dans l'économie de ces provinces ; en effet, elle est l'une des principales sources de revenus et occupe la plus grande partie de la population ; principale source de revenus, elle occupe la majeure partie de la main-d'œuvre (EVICC 2011a). L'activité industrielle est presque inexistante et l'activité touristique reste bien en deçà du potentiel existant.

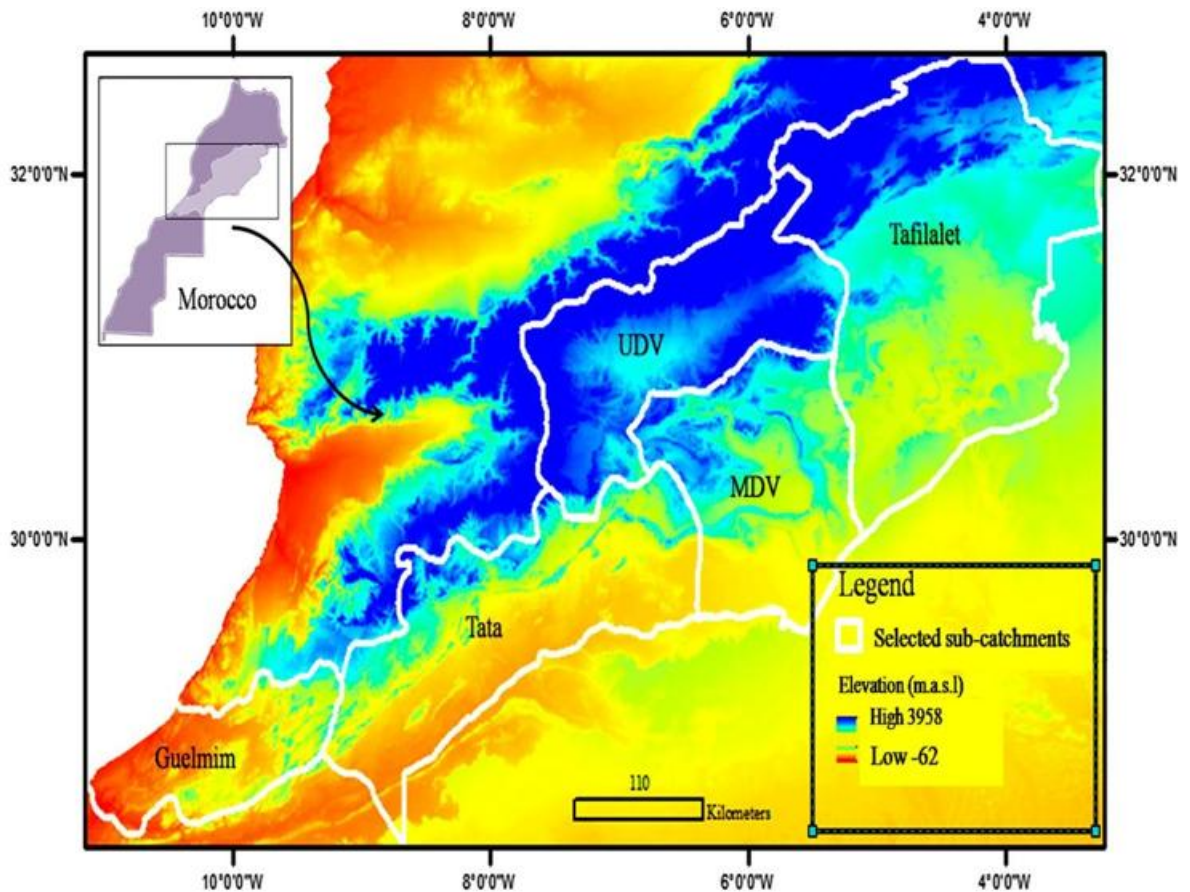


Figure I-14 : Pré-Sahara marocain : Zone oasienne, comprenant les sous-bassins versants de Guelmim, Tata, Zagora (MDV), Ouarzazate (UDV) et Errachidia (Tafilalet)

Les bassins de ces oasis (Figure I-14) sont situés près des Wadis (rivières temporaires) afin de faciliter l'utilisation des eaux de surface et des eaux souterraines en période sèche. L'emplacement près des lits des Oueds est important pour la mobilisation de l'eau. Cependant, elle entraîne l'exposition de ces zones au risque d'inondation (EVICC 2011e). Les inondations sont rares dans le bassin du Drâa. (UDV, MDV, sous-bassin versant de Tata, et sous-bassin versant de Guelmim), mais, elles sont brutales et violentes pendant les intempéries (PACC 2012). La zone d'étude a connu plusieurs inondations répétitives, causant des dommages socioéconomiques considérables ; nous citerons les plus importantes de la zone d'étude :

13.1.1 Tafilalet

Le 5 novembre 1965, une inondation a détruit la vallée du Ziz (Tafilalet), laissant 25 000 personnes sans abri et accélérant la décision de construire le barrage Hassan Addakhil (Saidi et al. 2010). À Merzouga, la dernière inondation importante a été enregistrée le 26 mai 2006 après une pluie intense (112 mm en trois heures) (Minoia et al. 2010) ; (Minoia et Kaakinen 2012 en 3 h). Les dégâts de l'inondation en dommages ont été importants, avec la destruction de 140 maisons et hôtels, la détérioration de la route Taouz- Merzouga (Photographie I -6 : À & B, chapitre 1) et de la conduite d'eau de l'ONEP (Agence nationale

de l'eau potable et de l'assainissement), ce qui a conduit à une pénurie d'eau potable pour les villages de Merzouga et de Taouz (Kabiri 2012).

En 1965 sur la rivière Rhéris (Tafilalet), un débit annuel moyen observé et mesuré de 9,2 m³/s (PACC 2012).

La même chose a été observée sur la rivière Dadès (Haute vallée du Drâa) : entre 1965 et 1966, la rivière Dadès et son affluent Assif Mgoun ont respectivement enregistré des débits moyens de 7,8 et 12,5 m³/s respectivement avec un apport annuel de 103,6 et 147 millions de mètres cubes dans le même ordre.

– La province d'Errachidia

Suite à la réorganisation administrative de la province, effectuée en 2015 (par le Décret n° 2.15.10 du 1er Joumada I 1436, 20 février 2015), on compte actuellement 29 communes, dont 7 sont classées comme municipalités et 22 comme communes rurales. D'après les résultats du recensement général de 2014, la population compte 418 451 résidents, soit 25 % de la population régionale. Avec une superficie de 27 037 m, elle représente 30 % de l'étendue de la région. Concernant sa localisation, la province d'Errachidia est bordée :

- Au nord par la province de Midelt,
- Au nord-est par la province de Figuig,
- À l'ouest par les provinces de Tinghir et Zagoura,
- Au sud ainsi qu'au sud-est par l'Algérie.

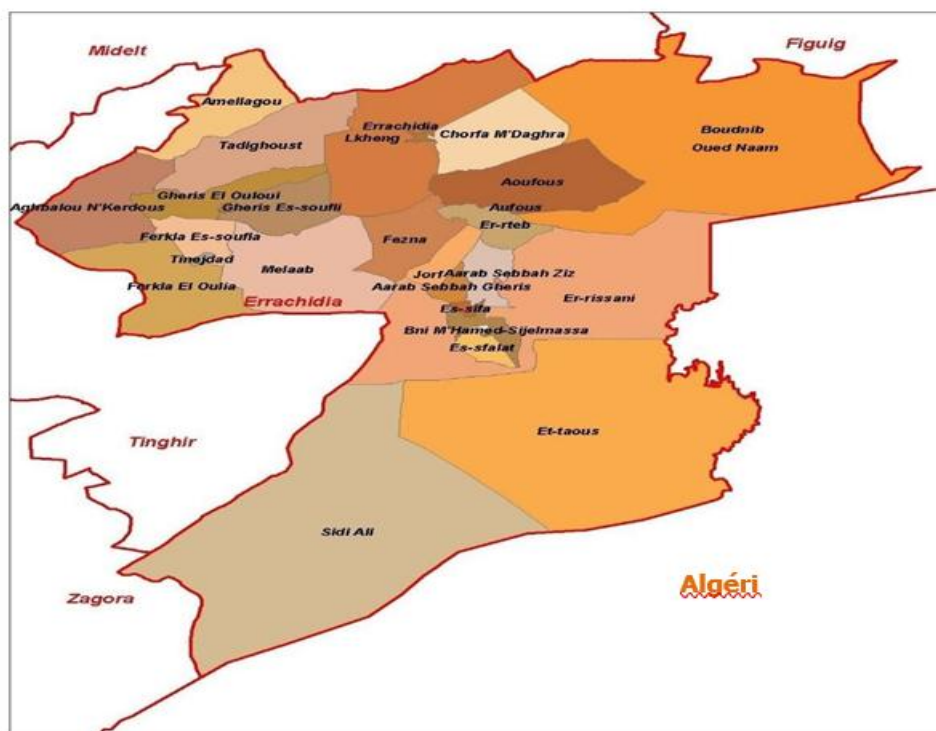


Figure I-15 : Répartition géographique des communes de la province d'Errachidia (Source : Monographie DRDT, 2019) |

13.1.2 Le Drâa (Sous-Bassin Versant UDV et MDV)

Le système de drainage du Haut-Draa est constitué par les cours d'eau temporaires suivants les rivières Ouarzazate et Douchen à l'Ouest et par les cours d'eau pérennes de l'Oued Dades Mgoun à l'Est. Ils sont alimentés par des aquifères karstiques qui prennent naissance dans les hautes montagnes du Nord-Est du Haut Atlas. Cet aquifère est alimenté par la fonte de la neige et des infiltrations d'eau. Le Haut-Drâa reçoit en moyenne de 514 mm³ (EVICC 2011d). Le système de drainage du Drâa Moyen est moins dense et drainé principalement par le Drâa et ses affluents. Le débit moyen enregistré à Zagora est de 13,4 m³/s et le maximum enregistré est en 1965 a atteint 213 m³/s. Cependant, en août de la même année, dans cette zone ne coulait que 0,13 m³/s (Ait-Hamza et al. 2008).

La violence de l'inondation provoque les processus de l'érosion hydrique agressive qui réduit la fertilité des terres agricoles (EVICC 2011d). La photographie I-6 (chapitre 1) montre un exemple de l'inondation de 2009 qui a isolé plusieurs villages de Beni Zouli de la route nationale N9, puis l'arrêt des services d'approvisionnement pendant 15 jours.

– La province de Ouarzazate

La province de Ouarzazate a été créée le 20 mars 1956 selon le Dahir du 27 Châabane 1375. Le territoire provincial de Ouarzazate a une superficie de 12 464 km² : il compte pour 14 % de la superficie régionale totale. La province est incluse dans la région de Drâa-Tafilalet suite au découpage de la carte régionale du Maroc en 2015. Recouvre la circonscription provinciale de Ouarzazate par les frontières suivantes :

- Au Nord par la province d'El Haouz et la province d'Azilal,
- A l'Est par la province de Tinghir,
- Au Sud par la province de Zagora,
- Au Sud-Ouest par la province de Tata,
- A l'Ouest par la province de Taroudannt.

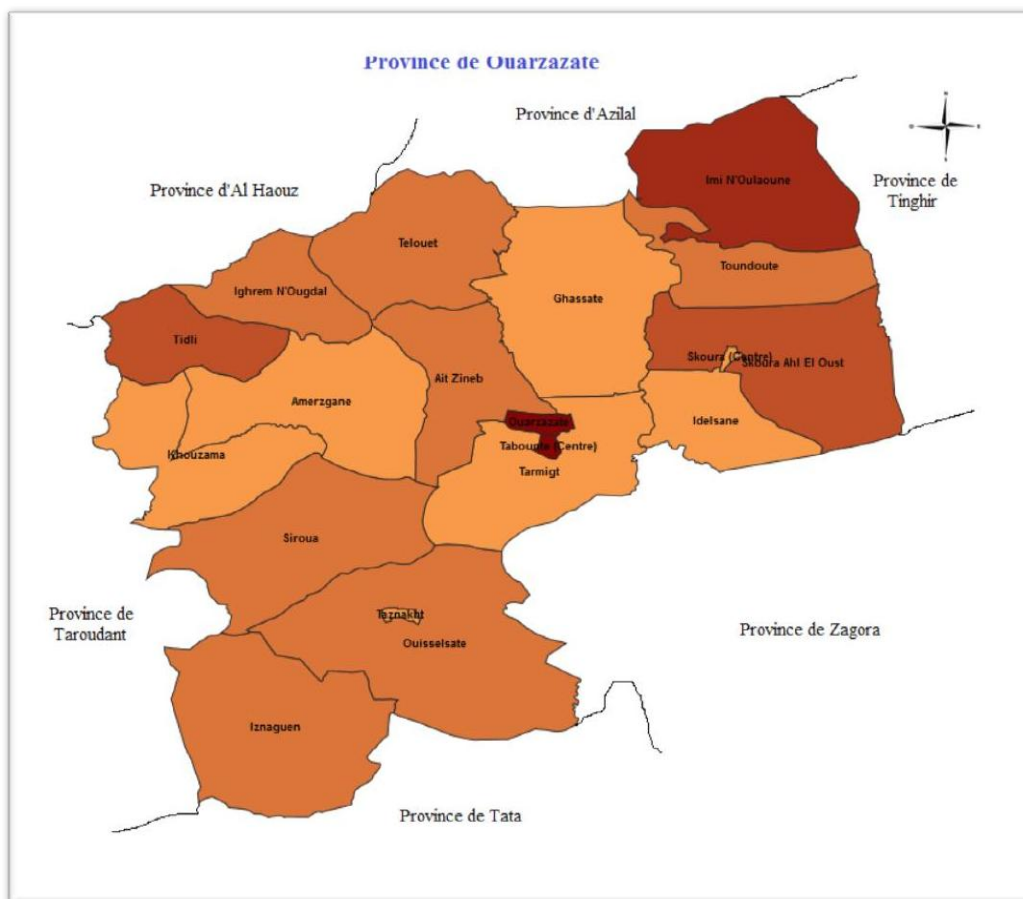


Figure I-16 : Situation géographique de la province d'Ouarzazate (Source : Monographie DRDT, 2019)

La province de Zagora, située au sud-est du pays, a été créée par le décret n° 2.97.281 du 1er avril 1417, correspondant au 9 avril 1997, dans le cadre de la politique de réunification de l'administration citoyenne. Malheureusement, elle a toujours été considérée comme périphérique. Elle fait partie de la région économique Souss-Massa-Drâa et est bordée au nord et à l'ouest par la province de Ouarzazate, à l'ouest par la province de Tata, à l'est par la province d'Errachidia et au sud par la frontière maroco-algérienne longue de 200 kilomètres. Elle se compose de 25 communes, dont deux urbaines, sept districts, deux villages et deux pachaliks. Selon le recensement de 2004, elle compte entre 283 368 habitants et occupe une superficie de 23 000 km², dont 240 566 habitants vivent en zone rurale.

1.3.2 Sous-bassin-versant de Guelmim

Dans le sous-bassin-versant de Guelmim, le système de drainage est composé de l'oued Seyad, l'oued Oum El Achar, l'oued Ourg et l'oued Assaka. Il est donc soumis au risque d'inondation par débordement de ces oueds. Les principaux affluents de l'Oued Assaka (Seyad et OumLaa - char) servent à l'épandage des eaux de crues. Ainsi, sept seuils de dérivation (petit barrage) en béton, maçonnerie ou gabions ont été construits et servent à dériver des débits de 15 à 30 m³/s par petit barrage, et une capacité totale de dérivation de 174 m³/s (ministère de l'Eau et de l'Environnement).

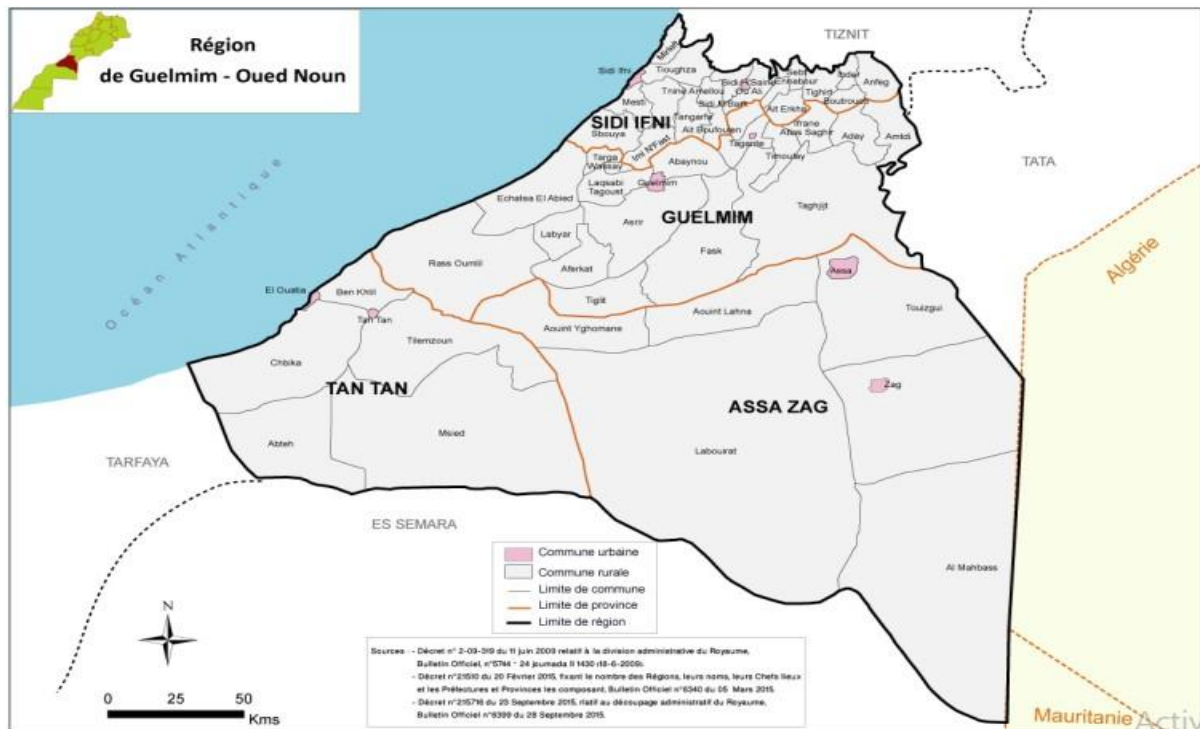


Figure I -17 : Découpage communal de la Région de Guelmim-Oued Noun (Source : Monographie générale RGON, 2015)

1.3.3 Sous-bassin-versant de Tata

La province de Tata a connu par le passé plusieurs périodes d'inondations. L'histoire indique que les inondations qui ont fait déborder la rivière Akka en 1995 sont les principaux événements qui ont touché la zone. Les dégâts sont les suivants : 13 décès, 3 blessés, 4 disparus et 350 familles sans abri, ainsi que la destruction de 655 maisons (EVICC 2011b).

- **La province de tata** qui est localisée au sud-est du Royaume, appartient à la région Guelmim-Esmara. Elle s'étend :
- au nord vers les provinces d'Ouarzazate et Taroudannt,
- au sud vers la frontière entre le Maroc et l'Algérie,
- à l'ouest en direction de la province de Zagora
- et à l'ouest en se dirigeant vers la province de Guelmim. Facteurs climatiques et hydrologiques (Climat, pluviométrie et vents)

D'un point de vue bioclimatique, la région oasienne est semi-aride à aride, avec des précipitations très variables d'une année sur l'autre, ce qui témoigne d'une forte continentalité. Des orages fréquents et violents entraînent souvent des crues rapides et leurs dépôts nutritifs. L'année, à peine plus de vingt jours sont pluvieux, avec une moyenne de seulement 132 mm de précipitations. Néanmoins, on peut observer des microclimats dans certaines vallées où l'aridité est réduite grâce à la végétation présente et à la sauvegarde de ces vallées par des reliefs élevés.

La région est caractérisée par des crues qui sont très imprévisibles et plus ou moins intenses, provoquant ainsi d'importants dommages. Elles sont uniquement attribuées aux périodes de pluie et d'orages, de plus, leur fréquence augmente de l'est vers l'ouest. Toutefois, les barrages-réservoirs construits, à savoir Mansour Addahbi sur l'Oued Drâa et Hassan Addakhil sur l'Oued Ziz, ont permis de diminuer le risque de ces inondations. Ces structures ont assuré un approvisionnement constant en eau pour les principales palmeraies des oueds Drâa et Ziz du Tafilelt. Cependant, le bilan hydrique des barrages-réservoirs, en restreignant fortement la recharge des nappes aquifères, en particulier la nappe phréatique, sur l'ensemble du tracé des oueds et dans les zones de faible altitude (bassin de Maïder - dépression endoréique et nappe de Fezna-Jorf).

Même si le climat en matière de température reste assez constant d'année en année, celui concernant les précipitations est extrêmement variable : l'oscillation interannuelle y est marquée. Le reste est dû à la conjonction de sinistres répétitifs, à savoir les inondations et les sécheresses. Les agriculteurs demeurent constamment dans l'attente de la pluie bienfaisante et craignent toujours les conséquences irrégulières des inondations et de la sécheresse. Les vents, grâce à leur force, intensifient le pouvoir d'évaporation de l'atmosphère et l'activité de transport des sables. Voici les principaux atouts de la vulnérabilité générale de la région :

- Climat sec et sols de qualité inférieure
- Influences sahariennes très strictes : érosion par le vent, tempêtes de sable, sécheresse et désertification
- Insuffisance de ressources en eaux souterraines, forte évaporation et évapotranspiration ;
- Une biodiversité remarquable de la faune et de la flore, majoritairement endémique.

1.4 Facteurs socioéconomiques

1.4.1 Évolution démographique et urbaine

Des travaux antérieurs précisent que la croissance démographique urbaine est soutenue depuis les années 1964 (Atbir, 2014) et le phénomène frappait principalement les zones pré-sahariennes du sud du Maroc. Cependant, en raison du bouleversement de la population, de l'exode rural et d'un changement du mode de vie, les logements sont politisés pour devenir plus urbains et pour devenir des logements. Ainsi, les villes des régions ont commencé à s'étendre de manière effrénée. En unissant le processus d'expansion rapide, il a une conséquence négative sur la population. En ce sens, les plus pauvres subissent un type de marginalisation et sont contraints de se rendre dans les zones les moins éclairées en matière de services sociaux.

1.4.2 Croissance démographique

Avec une population de 1,733 million d'individus répartis sur une superficie de 115 563 km², la région oasienne du Sud marocain présente une densité de 15 personnes par km². C'est un chiffre assez notable si l'on considère que seulement 2% de cette superficie est dédiée à l'agriculture. Cela indique que 98% de la zone concernée est pratiquement entièrement désertique. La densité d'habitants par hectare de SAU dépasse largement les sept cents au kilomètre carré. Mais le donné le plus frappant concerne sans doute la forte évolutivité de cette population qui a presque augmenté de moitié en vingt ans, et ce, sur une base économique qui a plutôt tendance à se dégrader.

La croissance démographique rapide que nous avons connue, associée à une transformation profonde des modes de vie et aux difficultés économiques persistantes, a indéniablement exercé une pression considérable sur nos ressources naturelles. On observe cette pression notamment à travers une intensification notable de l'agriculture et un puisage parfois excessif de l'eau des nappes phréatiques. Ce gaspillage d'une ressource aussi précieuse est particulièrement préoccupant, étant donné qu'elle sert fréquemment à irriguer des exploitations agricoles dont la productivité économique demeure faible, souvent par le biais de méthodes traditionnelles d'irrigation, comme la méthode gravitaire, qui, il faut le reconnaître, entraîne des pertes importantes. De cette situation découlent la dégradation des sols, le dépérissement des palmiers, l'assèchement progressif des khetaras et, bien sûr, la surexploitation des ressources en eau. La conséquence directe est, malheureusement, la diminution de la productivité agricole et une érosion de l'agrobiodiversité.

En plus cette situation de pénurie d'eau et des rendements faibles d'agriculture ont favorisé l'installation des populations sur des zones à risques (lit des oueds) et contribué à l'exode rural et au glissement des populations vers les centres urbains et principalement les villes

« chef lieux » des régions oasiennes.

En raison du manque de terrains à bâtir en milieu urbain, les zones périphériques gagnent en popularité et les coûts d'achat d'un bien immobilier explosent au fil des ans. Ainsi, l'achat d'un logement dans ces cités oasis devient de plus en plus difficile, car il nécessite de répondre à des standards économiques que la majorité des habitants de ces villes présahariennes ne peut pas atteindre.

1.4.3L'urbanisation croissante

Le tableau I-3 donne l'exemple bien clair de la ville de Guelmim. L'étendue de la ville, exprimée en hectares, a connu une évolution notable : elle est passée de 80 hectares en 1964 à 1226 hectares en 2012, comme l'illustre le Tableau I-3. Divers éléments ont contribué à ce phénomène d'urbanisation. On peut citer, par exemple, un exode rural conséquent, lui-même accentué par la sécheresse qui a éprouvé les campagnes, particulièrement dans les années 80. De plus, la promotion de Guelmim, suite à la Marche verte, en tant que chef-lieu de province, puis chef-lieu de région en 1997, a joué un rôle important. Il en a résulté une expansion des zones urbaines, qui s'est parfois faite à proximité immédiate des lits d'oueds (voir photographies I-8 et 9).

Tableau I-3 : Évolution de l'extension urbaine de la ville de Guelmim (Source : Atbir, 2014)

Années	Surfaces en (ha)
1964	80
1983	400
1993	615
2003	895
2012	1226



Photographie I-8 : L'extension de l'habitat à côté du lit de l'oued Oum-Laâchar à Guelmim. Quartiers Rahma (Tarkez) et El Gramez installés près de la rive droite de l'oued (Source : ATBIR, 2019)



*Photographie I-9 : L'extension de l'habitat à côté du lit de l'oued Ifrane à Ifrane
Anti-Atlas central(source : ATBIR, 2019)*

Chapitre2 : Méthodologie d'évaluation du degré de vulnérabilité et de cartographie du risque d'inondation

2

2.1 Introduction

Ce chapitre est consacré à la méthodologie qui a été définie pour mesurer la vulnérabilité au risque d'inondation et pour repérer où une action est souhaitable. Deux axes sont abordés:

- La mesure globale de la vulnérabilité par la méthode OFVI,
- La cartographie du risque d'inondation du bassin le plus vulnérable choisi sur la base des résultats de l'analyse OFVI.

Après, résultats obtenus, cela nous permet de trouver le bassin le plus vulnérable, que nous avons retenu pour la suite de la mission.

Une fois le bassin le plus vulnérable trouvé, nous appliquons la marche suivante pour réaliser la carte du risque d'inondation.**Cartographie du risque d'inondation**

2.2 Délimitation des zones inondable

Pour la cartographie de risque inondation nous avons utilisé ;

- Des données historiques (archives d'événement, zones inondées),
- Des modèles numériques de terrain (MNT) et une étude des petits bassins versants,
- Des données climatologiques (pluies fortes, crue décennale),
- Des outils de simulation tel que HEC-RAS, ArcHydro.

L'ensemble de ces résultats permet de délimiter les zones inondées selon les niveaux d'inondation (faible, moyen, fort).

2.3 Cartographie de l'aléa

- Estimer les pluies et les crues de référence correspondant chacune à une hauteur et une fréquence.
- Calcul des zones inondées par une modélisation hydraulique (HEC-RAS). Les zones inondées représentent des linéaires de cours d'eau et des surfaces inondées par débordement.
- Ressortir les crues de différentes hauteurs et fréquences, moyennant des années de retour. Ces simulations permettant de construire des plans débordement et des plans de retrait en fonction du débordement dans le lit mineur (parent) ou dans la plaine alluviale (enfant).

2.4 Cartes thématiques finales

- Carte du bassin,
- Carte des zones inondables (aléa),
- Carte du risque d'inondation (qui montre l'ensemble des expositions du bassin aux différents aléas).

2.5 Outils utilisés :

Les différents modèles utilisés pour la réalisation de ce travail sont : le modèle hydrologique HEC-HMS et le modèle hydraulique HEC-RAS avec leurs extensions (HEC-GeoDozer, HEC-GeoHMS et HEC-GeoRAS) sous le SIG (ArcGis). Le choix de ces modèles est basé sur les avantages qu'ils offrent. Ces modèles sont: gratuits, téléchargeables par internet, performants, conviviaux, fonctionnent sous Windows, possèdent des manuels d'utilisation et des notices techniques ainsi que des fichiers d'exemples. Ces modèles facilitent les échanges de données entre eux ou avec d'autres logiciels. Nous présentons dans ce qui suit les différents modèles utilisés.

2. 5.1- Le modèle hydrologique géospatial HEC-GeoDozer version 1.0 :

Est une extension développée par ESRI en collaboration avec le Centre des Ingénieurs Américain (Hydrologic Engineering Center) (HEC), elle est utilisée sous le programme (ArcGis) (Dartiguenav et al., 2009). Son but premier est d'épauler les Systèmes d'Information Géographique (SIG), notamment dans le secteur de l'hydrologie. En fait, elle a été conçue pour, disons, servir de base au modèle hydrologique géospatial (HEC-GeoHMS), facilitant la correction des données issues du terrain. Plus concrètement, elle autorise l'exécution de diverses tâches, comme par exemple : la projection des Modèles Numériques de Terrain (MNT), ces Modèles Numériques de Terrain, dans le système de coordonnées géographiques requis, l'assemblage des grilles de terrain en un seul MNT, le traitement des MNT pour la définition du réseau hydrographique, la modification des MNT pour la correction des écoulements, ainsi que la préparation d'un MNT corrigé hydrologiquement « Hydrologically Corrected » pour être utilisé par le modèle HEC-GeoHMS.

2.5.2 Le modèle hydrologique géospatial HEC-GeoHMS « Geospatial Hydrologic Modeling Extension » version 5.0 :

C'est un ensemble d'instruments employés dans (ArcGis), spécialement élaboré pour le traitement des données géospatiales (Fleming et al., 2010). Il a été conçu en tant qu'outil d'hydrologie géospatiale pour les ingénieurs et hydrologues. Cet outil donne la possibilité aux utilisateurs d'effectuer des études spatiales sur un MNT net (ajusté hydrologiquement) en définissant le réseau hydrographique et les

bassins versants, en extrayant les propriétés physiques du réseau hydrographique et des bassins versants, en estimant les paramètres hydrologiques basés sur les caractéristiques des bassins versants et des rivières, ainsi qu'en élaborant et générant les entrées pour le modèle hydrologique HEC-HMS.

2.5.3 Le modèle hydrologique HEC-HMS « Hydrologic Modeling System » version 3.5:

Est un modèle déterministe conceptuel, il permet de simuler les phénomènes « Pluie-débit » dans des systèmes dendritiques (Scharffenberg et al., 2010). Il dispose d'une très grande capacité de simulation hydrologique car il inclut les méthodes les plus utilisées dans l'ingénierie hydrologique. Il permet d'estimer les différents paramètres d'une manière automatique ce qui représente un avantage probant par rapport à d'autres logiciels. Les données d'entrées de ce modèle sont les caractéristiques physiques (des bassins versants et leurs cours d'eau) et les paramètres hydrologiques issues de HEC-GeoHMS en ajoutant les données météorologiques sous forme de précipitations sous HEC-HMS pour pouvoir réaliser les simulations.

2.5.4 Le modèle hydraulique géospatial HEC-GeoRAS « GIS Tools for Support of HEC-RAS using ArcGIS » version 4.3 :

Est une extension utilisée sous le SIG (ArcGis), elle a été développée par ESRI dans le cadre d'une coopération de recherche et de développement entre le Centre d'Ingénierie Hydrologique HEC et ESRI (Cameron et al., 2009). L'extension est sous forme d'un ensemble d'outils utilisés sous (ArcGis), elle a été spécifiquement conçue pour traiter les données géospatiales pour une utilisation avec le modèle hydraulique HEC-RAS. Elle permet de créer des données géométriques à partir d'un modèle numérique de terrain et les transférées vers le modèle hydraulique HEC-RAS.

2.5.5 le modèle hydraulique HEC-RAS « River Analysis System » version 4.1.0:

Est un modèle monodimensionnel intégré pour l'analyse hydraulique, il permet de simuler les écoulements en régime permanent ou transitoire (Brunner, 2010). Il a été élaboré dans le but de gérer les rivières, les ports et les ouvrages hydrauliques. Ce système permet d'analyser les débits dans les lits des rivières et de déterminer et d'effectuer la cartographie des zones inondables. Les résultats du modèle peuvent être appliqués à la gestion des plaines inondables et des études des inondations. Les données d'entrées de ce modèle sont : l'hydrogramme de ruissellement calculé par le modèle hydrologique HEC-HMS

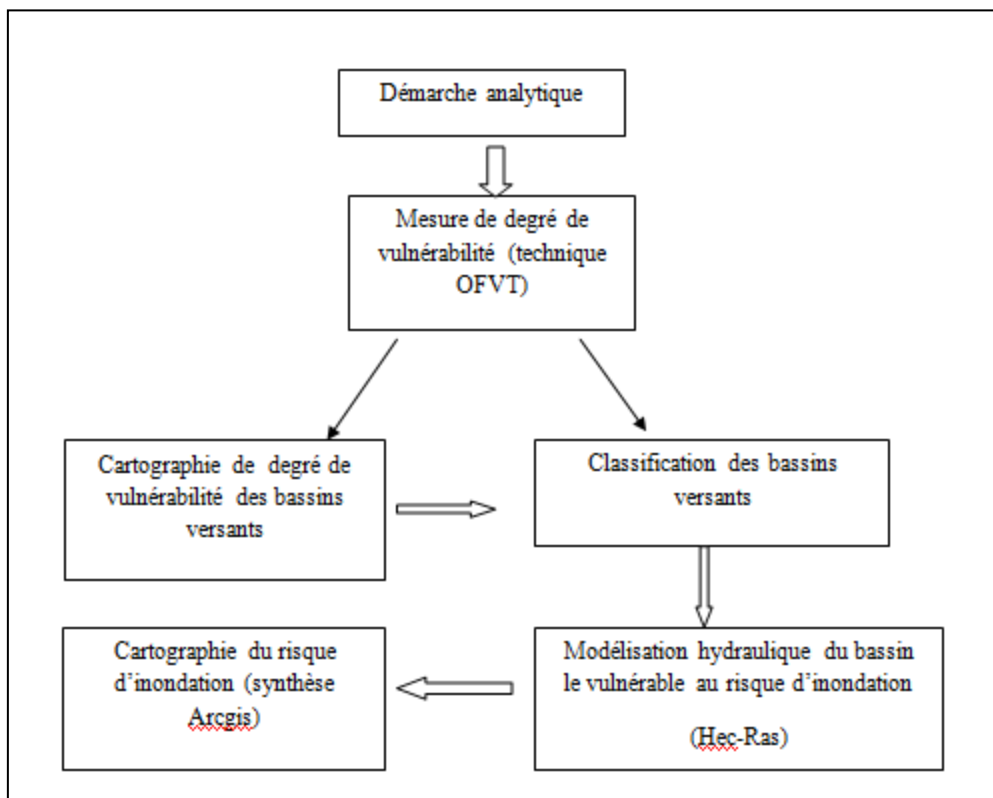


Figure : I.18 Résumé de la méthodologie utilisée

Conclusion

La méthodologie que nous avons présentée dans ce chapitre repose sur une approche intégrée et complémentaire, permettant une évaluation approfondie du risque d'inondation. En alliant une analyse analytique par courbes, fondée sur la méthode OFVI (Objectif de Fonction de Vulnérabilité Intégrée), à une cartographie spatiale détaillée du risque, elle offre une vision à la fois synthétique et localisée des dynamiques de vulnérabilité dans les zones à risque.

La première phase, qui se concentre sur la quantification de la vulnérabilité à travers les courbes OFVI, permet d'identifier les facteurs les plus influents (climatiques, anthropiques, économiques, etc.) qui contribuent à l'augmentation du risque. Elle facilite également la comparaison entre différentes unités spatiales (quartiers, communes, sous-bassins), rendant possible une analyse stratégique des zones prioritaires sans avoir besoin d'une cartographie immédiate. Cette approche par courbes rend la méthode plus accessible et adaptable, surtout dans des contextes de données limitées ou lors des phases de diagnostic préliminaire.

La deuxième étape de notre méthodologie consiste à cartographier le risque d'inondation dans le bassin versant le plus vulnérable, que nous avons identifié lors de l'analyse précédente. Cette phase nous permet de croiser les niveaux de risque hydrologique avec les indices de vulnérabilité que nous avons calculés, afin de créer des cartes claires des niveaux de danger. Ces cartes constituent une base

solide pour la planification territoriale, la prévention des catastrophes naturelles et la gestion de l'aménagement urbain dans les zones sensibles.

Ainsi, cette approche double présente plusieurs avantages majeurs :

- Une compréhension approfondie et ciblée des facteurs de vulnérabilité qui exacerbent le risque d'inondation,
- Une hiérarchisation des zones à risque, basée sur des critères objectifs et reproductibles,
- Un outil d'aide à la décision pour les collectivités locales, les urbanistes et les gestionnaires de bassin versant,
- Un soutien à l'élaboration de stratégies d'adaptation, fondées sur des données scientifiques et intégrées dans le territoire.

En somme, cette méthodologie offre une base solide pour toute initiative de gestion intégrée des risques hydrométéorologiques. Elle peut également être étendue à d'autres types de risques naturels (comme l'érosion ou la sécheresse) ou à des contextes climatiques variés, tout en respectant le principe fondamental de l'interdisciplinarité et de l'intégration spatiale.

PARTIE

II

PARTIE II. ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX RISQUES
D'INONDATION : PROVINCES PRÉSAHARIENNES, SUD DU MAROC

PARTIE II. ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX RISQUES D'INONDATION : PROVINCES PRÉSahariennes, SUD DU MAROC

Introduction

La zone présaharienne du Maroc est un écosystème d'Oasis, qui se caractérise par des événements extrêmes quand cela arrive, comme la sécheresse et les inondations. Les risques d'inondation vont probablement augmenter en fréquences et en magnitudes en raison du changement climatique global et régional. Les inondations ont tendance à avoir un impact important sur les régions isolées et pauvres telles que les régions oasiennes, situées loin des gros centres urbains au regard de la plaine atlantique.

Afin de résoudre les problèmes socio-économiques des régions présahariennes et de s'adapter au changement climatique, la réduction de la vulnérabilité aux inondations est une question interdisciplinaire qui nécessite une recherche scientifique pluridisciplinaire. Le développement durable dépend de la stratégie utilisée pour évaluer la vulnérabilité, établir les priorités urbaines, améliorer les procédures et appuyer la prise de décision. La deuxième partie de l'étude porte sur la création et l'évaluation d'un nouvel indicateur de risque d'inondation pour les zones présahariennes du Maroc. Les six composantes de l'indice de vulnérabilité aux inondations oasiennes – climatiques, physiographiques, foncières, anthropiques, économiques et d'accessibilité aux services – sont examinées pour cinq sous-bassins versants. Cela permet d'identifier les mécanismes du risque d'inondation et les secteurs prioritaires, ainsi que d'estimer les effets des inondations sur les zones métropolitaines ou les sous-bassins versants des régions présahariennes.

Le deuxième chapitre de cette partie et le dernier (chapitre 4) : il met en relief les liens des résultats du chapitre 3 à la recherche de proposer une modélisation hydraulique qui est effectuée pour le bassin de Tata le plus vulnérable très sensible par ses diverses données naturelles au changement climatique. L'élaboration de la cartographie et la délimitation des zones inondables ont été effectuées à l'aide des logiciels HEC-RAS, (Arc-Gis).

Chapitr3 : degré de vulnérabilité aux inondations dans les régions présahariennes en relation avec les changements climatiques

3

Introduction

La zone présaharienne du Maroc est un système d'oasis, qui se caractérise par des événements extrêmes, comme la sécheresse et les inondations. Les risques d'inondation vont probablement augmenter en fréquence et en magnitude en raison du changement climatique global et régional.

Les inondations ont tendance à avoir un impact important sur les régions isolées et pauvres par leur milieu physique et anthropique tel que les régions oasiennes. Les impacts de ces événements extrêmes sont observés en même temps dans les secteurs sociaux et économiques et sont accélérés par les facteurs physiques et environnementaux de la terre sèche comme l'utilisation des terres, la topographie, la proximité des rivières permanentes ou temporaires.

Au Maroc, l'utilisation d'indices composites pour évaluer les catastrophes naturelles est nouvelle. La réduction de la vulnérabilité aux inondations ne peut être accomplie par un seul secteur. Par conséquent, compte tenu de l'interférence de paramètres naturels, il est nécessaire d'utiliser une approche multidisciplinaire pour mesurer la vulnérabilité.

Ce chapitre a pour objectif d'exposer et de tester la pertinence d'un nouvel indice dans la région présaharienne du Maroc, l'indice de vulnérabilité aux inondations de l'Oasean. Celui-ci a été élaboré pour six volets : climatique, physiographique, utilisation des terres, anthropique, économique. Ces composantes peuvent aider à déterminer les mécanismes et les secteurs prioritaires de la vulnérabilité aux inondations afin de prendre des mesures urgentes. Pour cette étude, cinq sous-bassins versants ont été sélectionnés : la méthodologie proposée pour calculer un OFVI fournit une approche pour quantifier combien les inondations affectent ou peuvent affecter un sous-bassin versant ou une zone urbaine dans les régions présahariennes.

3.1 Analyse et vulnérabilité aux risques d'inondation

À l'échelle mondiale, on estime que les terres arides représentent environ 41 % de la surface terrestre, qu'elles abritent un tiers de l'humanité et qu'elles concentrent le taux élevé de pauvreté (Mortimore et al. 2009). Les terres arides sont principalement situées dans les pays pauvres : 72 % de cette superficie se trouve dans les pays en développement et seulement 28 %

dans les pays en transition dans les zones industrielles (MEA 2005). Le Maroc est l'un de ces pays. Géographiquement, il est situé dans le coin nord-ouest de l'Afrique, bordé par la mer Méditerranée et l'océan Atlantique au nord et à l'ouest, par l'Algérie à l'est et par la Mauritanie au sud. Sa superficie totale est de 710 850 km² et comprend différentes formes de terrain, comme des plaines agricoles, des vallées fluviales, des plateaux et des chaînes de montagnes (Anon 2004). La plupart de ces terres sont arides à semi-arides, dont 75 % sont des terres de parcours, 13 % des forêts et 8 % des terres cultivées (Dahan 2012). Dans les terres arides et (IPCC 2012) hyperarides (le biome du désert), la plupart des activités agricoles se déroulent dans des oasis, où l'irrigation est assurée par des sources d'eau fluviale, souterraine ou locale (MEA 2005, Karmaoui et al. 2014a, 2014 b, 2015a, 2015 b). La grande dépendance des cultures de l'oasis à l'eau fait de cette région l'une des plus affectées par les phénomènes extrêmes, tels que la sécheresse ou les inondations. L'évolution du climat peut avoir des conséquences sur les extrêmes. Selon ce rapport, l'impact des changements dans les inondations dépend fortement de la façon dont le climat évoluera à l'avenir. Les sociétés humaines se sont développées en essayant de faire face en limitant l'impact.

L'impact des catastrophes naturelles est corrélé à la vulnérabilité des communautés dans les pays en développement, car les vulnérabilités socioéconomiques antérieures peuvent accélérer ces catastrophes, rendant la récupération très difficile (Vatsa et Krimgold 2000). Ainsi, l'impact de tels événements accroît la pauvreté (Carter et al. 2007). Le changement climatique peut augmenter les événements extrêmes. Comme la sécheresse et les inondations) dans une zone déjà affectée par des risques naturels. Comme les inondations, les catastrophes naturelles semblent être le risque qui a le plus d'impact, nous avons décidé de nous concentrer sur celui-ci. Alors que le concept de vulnérabilité est fréquemment utilisé dans la recherche sur les catastrophes, la notion de vulnérabilité chez les chercheurs a changé au cours des deux dernières décennies et, par conséquent, il y a eu plusieurs tentatives pour définir et saisir ce que l'on entend par ce terme. McEntire et al. (2010) et Hufschmidt (2011) analysent et comparent un grand nombre de concepts de vulnérabilité aux risques naturels, à travers le regard de différentes écoles. Dans la variété des définitions de la vulnérabilité, les définitions des dangers exposés diffèrent selon les sociétés.

Plusieurs définitions de la vulnérabilité font référence au changement climatique (IPCC 2007), d'autres aux risques environnementaux, et il existe plusieurs définitions de la vulnérabilité aux inondations (Connor et Hiroki 2005, Balica et al. 2009). Il est désormais généralement admis que « la vulnérabilité est la cause première des catastrophes » (Lewis 1999) et que « la vulnérabilité est le contexte du risque » (Gabor et Griffith 1980). La définition de Timmerman (1981) inclut le degré de risque d'un système de dommages, la fréquence d'un

incident dangereux. La qualité et le degré de la rétroaction sont conditionnés par la résilience du système. Pour sa part, Chambers (1989), a décrit la vulnérabilité « comme un potentiel de perte », avec deux côtés : les chocs et les perturbations de l'exposition extérieure, et la capacité ou le manque de capacité du côté interne, sa résilience.

Ensuite, la définition de la vulnérabilité a été réduite aux éléments à risques, à l'exposition (potentiel de dommages) et à la susceptibilité (de pertes), alors que Pratt et al. (2004) exprime la vulnérabilité comme une fonction de l'exposition, de la résilience et de la résistance. Un large groupe de chercheurs en environnement (IPCC 2007), voit la vulnérabilité en combinant les concepts ci-dessus dans une fonction de vulnérabilité liée à l'exposition, la sensibilité et la résilience (capacité d'adaptation). Adger et al. (1999) définissent la vulnérabilité sociale aux dangers comme étant déterminée par leur « état existant, c'est-à-dire par leur capacité » - ou capacité à réagir et à se rétablir, et à faire face aux stress quotidiens. Elle est considérée comme des impacts résiduels du changement climatique après la mise en œuvre de mesures d'adaptation. Cette définition couvre l'exposition, la vulnérabilité et la capacité d'un système à se rétablir et à résister aux risques liés au changement climatique. Sarewitz et al. (2003) proposent trois définitions modernes (assez similaires) de la vulnérabilité, la décrivant comme un préjudice ou un désavantage potentiel pour un système, causé par une catastrophe ou un événement naturel extrême. Adger (2006) se concentre sur les « chocs et facteurs de stress » et la « capacité d'adaptation », soulignant que la vulnérabilité est l'état de vulnérabilité aux dommages causés par l'exposition au stress lié aux changements environnementaux et sociaux, ainsi que par un manque de capacité d'adaptation. McEntire et al. (2010) abordent la vulnérabilité à travers une approche intégrée : l'auteur prend en considération deux écoles technocratiques et deux écoles sociologiques. L'école des sciences physiques insiste sur le fait de vivre dans des zones sûres, l'école d'ingénierie se concentre sur l'environnement bâti et les moyens d'accroître la résistance. L'école structurelle se concentre sur les notions traditionnelles de la vulnérabilité plus que les trois autres, et elle souligne la susceptibilité basée sur des facteurs socioéconomiques et des caractéristiques démographiques.

En revanche, l'école organisationnelle met l'accent sur la résilience ou l'efficacité de la

réponse et de la récupération, tandis que Hufschmidt (2011) analyse les concepts de la vulnérabilité à travers les points de vue de l'« école de l'écologie humaine » et de la « vue structurelle » de point de vue structurel ». La vulnérabilité peut être déterminée par la concomitance de l'économie et la politique du pays. Cutter (1996) définit la vulnérabilité comme un danger qui comprend les risques naturels ainsi que la réaction de récupération à la vulnérabilité sociétale. En 2003, il révisé la définition en considérant « la vulnérabilité comme le potentiel de perte et implique une combinaison de facteurs qui déterminent le degré auquel la vie ou les moyens de subsistance d'une personne sont mis en danger par un événement particulier » (Cutter et al. 2003). Plus tard, Cutter (2006) mentionne la difficulté d'évaluer la vulnérabilité, les liens et les bénéfices mutuels entre les différents systèmes pour comprendre la vulnérabilité à la calamité. McEntire et al. (2010) définissent la vulnérabilité comme une évaluation de l'exposition au danger.

Dans le passé, les Nations Unies (1979) ont défini la vulnérabilité aux inondations comme le degré de perte pour un (des) élément(s) donné(s), à risques résultant d'une inondation d'une magnitude donnée et exprimé sur une échelle de 0 (aucun dommage) à 1 (dommage total). Puisque la quantification de la vulnérabilité peut aider dans les processus et l'approche de prise de décision, les paramètres et les indicateurs (indices) devraient être conçus pour produire des informations pour des zones cibles spécifiques et ils devraient fournir des informations pour contrer les différents dangers auxquels les sociétés sont confrontées, comme les inondations (Davidson 2004, Dinh et al. 2012).

La vulnérabilité aux inondations est définie comme la mesure dans laquelle un système est susceptible de subir des inondations en raison d'une exposition, d'une perturbation, en conjonction avec sa capacité (ou son incapacité) à faire face, à se rétablir ou, fondamentalement, à s'adapter (Balica et al. 2009). Dans les sciences socioéconomiques, Ramade (1989) inclut les termes humains et socioéconomiques dans son approche de la vulnérabilité.

Dans les sciences socioéconomiques, Ramade (1989) inclut les termes humains et socioéconomiques dans son approche de la vulnérabilité, impliquant la prédisposition des biens, des personnes, des bâtiments, des infrastructures et des activités à être endommagés, offrant une faible résistance, telle qu'elle a été introduite dans les années 1980 dans certaines études géographiques. Ces dernières études ont interprété la vulnérabilité d'un système géographique comme le résultat de différentes capacités d'adaptation dans des contextes socialement, économiquement et technologiquement hétérogènes (Quinn et al. 2010). La vulnérabilité sociale est analysée dans le contexte des risques et des réponses des communautés pour faire face à la résistance et à la résilience.

La vulnérabilité sociale est intrinsèquement liée à plusieurs processus : la fragilité, la susceptibilité et le manque de résilience des éléments exposés. Balica et al. (2009) appellent l'exposition, la fragilité physique et tentent d'intégrer de manière holistique les contributions des sciences physiques et sociales pour définir une vision des indicateurs qui créent la vulnérabilité.

La vulnérabilité est le degré de fragilité d'une communauté ou d'un système (naturel ou socioéconomique) face aux risques naturels. La vulnérabilité est une question construite socialement, les inégalités sociales divisent les gens en vulnérables ou non et conduisent leurs activités dans les catastrophes ou est la perception de l'esprit social à s'adapter.

La vulnérabilité est une fonction de l'exposition, de la susceptibilité, de la résilience et de l'état des connaissances. Contrairement aux modèles de simulation, l'approche basée sur les indicateurs méthodologiques est simple (souvent linéaire) et non explicite dans le temps, mais peut être utilisée comme outil de prédiction (Dinh et al 2012). Durant ce changement de définition, Connor et Hiroki (2005) ont développé un indice de vulnérabilité aux inondations (FVI), qui permet une analyse comparative de la vulnérabilité aux inondations entre différents bassins fluviaux. Cette approche permet aux opérateurs de reconnaître les principales causes de conscience de la vulnérabilité d'un bassin hydraulique. La vulnérabilité est censée se produire dans certaines conditions d'exposition, de susceptibilité et de résilience, mesurant l'étendue des dommages (Fuchs et al. 2011).

Le présent chapitre utilisera la définition suivante de la vulnérabilité, spécifiquement liée aux inondations (Balica et al. 2009) : le degré de susceptibilité d'un système naturel ou artificiel aux inondations en raison d'une exposition, d'une perturbation, en cooccurrence avec sa capacité (ou son incapacité) à faire face, à se rétablir ou, fondamentalement, à s'adapter. La gestion des risques liés aux inondations devrait être une composante importante de l'adaptation au changement climatique. Cette étude se concentre sur une approche permettant d'évaluer la vulnérabilité aux inondations et de discuter des avantages des options d'adaptation à l'échelle d'une ville et d'un sous-bassin-versant, en développant et en appliquant la méthodologie OFVI développée dans la région présaharienne. Les indicateurs utilisés montrent les variables affectant la vulnérabilité aux inondations dans la région présaharienne. Ils fournissent un outil important pour les décideurs afin de suivre et évaluer les changements dans le temps. L'OFVI est un indice basé sur des indicateurs qui reflètent l'état de la vulnérabilité aux inondations d'une échelle préétablie.

Cet indice a été déterminé pour connaître les composantes (climatiques, physiographiques, utilisation des terres, anthropiques, économiques et accès aux services) et les secteurs prioritaires de la vulnérabilité aux inondations afin de prendre des mesures urgentes.

3.2 Mesure de vulnérabilité à base de nouvel indice OFVI.

L'OFVI crée une base numérique pour quantifier le risque et fournir des conseils aux gouvernements et décideurs politiques pour prioriser les mesures d'atténuation. L'approche adoptée pour créer l'indice est basée sur les relations déjà établies dans les études de Connor et Hiroki (2005) et de Balica et al. (2009) et appliquée en plusieurs parties à l'échelle mondiale, telles que : le Japon, plusieurs bassins fluviaux d'Europe, d'Asie et des Philippines. Ces études ont été utilisées pour construire les indicateurs et les composants de l'OFVI.

Lors de la construction de l'OFVI, les étapes suivantes ont été appliquées et peuvent être utilisées pour identifier un processus de gestion des inondations à l'échelle régionale :

1. La sélection des sites étudiés (échelle urbaine et échelle du sous-bassin-versant) et collecte des données ;
2. L'emploi de variables appropriées communes aux sites sélectionnés et associées à la vulnérabilité aux inondations ;
3. L'étude de la gestion des risques, La détermination du plan et sa mise en œuvre.

Les données ont été recueillies auprès de diverses sources (annexe B), notamment des documents, le gouvernement et les ministères. Le site des données recueillies se rapportait à l'indicateur particulier à calculer des cinq sous-bassins-versants oasiens et des cinq centres urbains.

L'OFVI est un indice basé sur des indicateurs qui reflète l'état de la vulnérabilité d'une échelle aux inondations. Cet indice a été déterminé pour six composantes : climatique, physiographique, utilisation des terres, anthropique, économique et accès aux services.

Les indicateurs de vulnérabilité aux inondations sont hétérogènes. Les données pour chacun d'entre eux ont été collectées à travers la littérature technique à partir de sites Web et de rapports officiels. Il existe trois types de données pour calculer l'OFVI :

1. Les données accessibles fournies par les institutions officielles ;
2. Les valeurs déterminées en utilisant des cartes ou des données dispersées
3. Les données indisponibles ont été estimées en se basant sur l'enquête ;

Dans ce chapitre, nous avons utilisé et normalisé différentes variables (indicateurs) pour chaque échelle spatiale sélectionnée (zon urbaine et zone rurale) et sous bassin versant). ; dans un indice numérique qui reflète le statut de la vulnérabilité d'une région aux inondations. L'outil développé est l'Indice de vulnérabilité aux inondations d'Oasean. L'indice global de l'OFVI pour chaque échelle a été calculé en se basant sur les 36 indicateurs pour l'échelle du sous-bassin versant et 34 pour l'échelle urbaine.

Ces indicateurs ont été liés aux trois facteurs de vulnérabilité : susceptibilité, exposition et résilience (Tableau II -1).

Les sociétés sont vulnérables aux inondations en raison de trois facteurs principaux : L'exposition, la susceptibilité et la résilience (Balica et al. 2009). Le site de la vulnérabilité de ce système (à toute échelle) reflète (ou est fonction) de l'exposition et de la susceptibilité.

L'effet de ce mécanisme dans des circonstances périlleuses et la capacité de résilience du système à s'ajuster et/ou à se récupérer des conséquences de ces circonstances (Smit et Wandel 2006). L'exposition peut être comprise comme les valeurs qui sont présentes à l'endroit où les inondations peuvent se produire. Ces valeurs peuvent être des biens, des infrastructures, un patrimoine culturel, des champs agricoles et des personnes (UN 2003). L'exposition est généralement décrite comme des modèles et des processus qui estiment son intensité et sa durée (Balica et al. 2009). Fekete (2009) décrit l'exposition comme la mesure des éléments sensibles dans une région menacée par un danger, tandis que pour Penning-Rowsell et al. (2005), l'exposition est définie comme la probabilité que les humains et/ou des éléments physiques (biens, infrastructures, patrimoine culturel...) soient affectés par une inondation. Pour l'indice de vulnérabilité des villes côtières face aux inondations (CCFVI), on caractérise l'exposition comme « la susceptibilité à l'inondation ». La vulnérabilité d'un système aux perturbations causées par une inondation, du fait qu'il se situe dans la même zone d'impact.

Le concept de susceptibilité ou de sensibilité s'est développé au fil des années. Par exemple, Penning-Rowsell et Chatterton définissaient la susceptibilité en 1977 comme « la possibilité relative des biens et des matériaux lors d'inondations ou d'autres événements dangereux ». Le GIEC (2001) a défini la susceptibilité comme suit comme la mesure dans laquelle un système est affecté, soit ou bénéfique, par des stimuli liés au climat. À ce jour, la définition est toujours en discussion et crée une confusion entre les spécialistes des sciences sociales et naturelles. La susceptibilité dépend des caractéristiques du système, notamment le contexte social des dégâts infligés par les inondations, principalement la sensibilisation et la préparation (Messner et Meyer 2006).

Pour Watts et Bohle 1993, Blaikie et al. (1994), les indicateurs de susceptibilité englobent des informations générales sur les relations sociales et la population ayant des besoins particuliers (enfants, personnes âgées ou handicapées). Holling (1973), il définissait initialement la résilience comme « une évaluation de la persistance des systèmes et de leur aptitude à supporter les modifications et les perturbations tout en préservant les mêmes relations entre les populations et les variables d'état ». D'après Pelling (2003), « la résilience représente la faculté de toute sorte de système, de communauté, de société ou d'environnement, susceptible d'être confronté à des dangers, à s'adapter à tout bouleversement, en persistant ou en évoluant, dans le but de préserver ou d'atteindre un état satisfaisant en termes de fonctionnement et de structure».

La résilience est donc analysée à travers une organisation politique, administrative, environnementale et sociale de l'organisation (Di Mauro 2006). Sur la base du principe de Chatelier (Hatta 1987),

« Tout changement dans le statut qui provoque une réaction opposée dans le système qui y répond ». Tous les systèmes sont en danger, mais leur vulnérabilité reflète les dommages possibles qui peuvent être attendus dans le cas d'un événement. Tous les composants du système peuvent être affectés par des inondations. Après chaque inondation, le système sociale renforce généralement et donne un retour d'information pour réduire la vulnérabilité aux futures inondations. Un système à risques est plus vulnérable lorsqu'il est plus exposé à un danger et qu'il est plus sensible à ses forces et à ses impacts. Cependant, le système sera moins vulnérable lorsqu'il est plus résilient et moins exposé.

L'OFVI général (équation [1]) établit un lien entre tous les indicateurs et les éléments de la vulnérabilité aux inondations (tels que le climat, la physiographie, l'utilisation des sols, l'anthropisme, l'économie et l'accès aux services), ainsi que les facteurs (à savoir la susceptibilité, l'exposition et la résilience), sans équilibrage ou recours à un lissage sur un jeu de données spécifique.

$$\text{OFVI} = \frac{\text{Exposition} * \text{Susceptibilité}}{\text{Résilience}} \quad (1)$$

Les indicateurs appartenant à l'exposition et à la susceptibilité augmentent l'OFVI, par conséquent, ils sont placés au numérateur ; cependant les indicateurs appartenant à la résilience diminuent l'indice de vulnérabilité aux inondations, c'est pourquoi ils sont placés au dénominateur (Dinh et al. 2012).

Les indicateurs augmentant la vulnérabilité aux inondations (exposition et susceptibilité) sont multipliés et divisés par les indicateurs diminuant la vulnérabilité aux inondations (indicateurs de résilience), et intégrés dans le calculateur (Excel Office par exemple).

Le calcul de chaque composante, tant à l'échelle urbaine qu'à l'échelle du sous-bassin-versant, est basé sur les équations suivantes

Où : S, représente l'échelle du sous-bassin versant ; et U, représente l'échelle urbaine

Tableau II-1 : Relation entre les composantes et les facteurs d'exposition, de susceptibilité et de résilience.

Composant	Exposition	Echelle	Susceptibilité	Echelle	Résilience	Echelle
Climat	Forte pluviométrie (Hr)	SU				
	Taux d'évaporation (Er)	SU				
	Fréquence d'appantion (Fo)	S				
	Evapo_Rainfall (Ev/R)	SU				
Physio-graphique	Topographie (T)	SU			Barrages et capacité de stockage (Dsc)	SU
	Proximité de la rivière (Pr)	SU			Routes (Rd)	SU
	Débit du fleuve (Rds)	SU			Digues / levées (Dl)	SU
Utilisation des terres	Zone dégradée (Da)		Réserves naturelles (Nr)	S	Temps de récupération aux inondations (Rt)	U
	Zone de terre non habitée (Ula)		Industries (In)	U	Zone forestière (Fa)	S
	% de la zone urbanisée (Ua)		Croissance urbaine (Ug)	SU	Zone verte (Ga)	U
	Contact avec la rivière (Cr)		Système de drainage (Ds)	U		
Anthro-pogène	Densité de population (Pd)	SU	Expérience passée (Pe)	SU	Système d'alerte (Ws)	SU
	Population en zone inondable (Pfa)	SU	Sensibilisation et préparation (A)	SU	Routes d'évacuation (Ed)	SU
	% de la zone urbaine (Ua)	S	Pénétration des communications (Cp)	SU	Service d'urgence (Es)	U
	Population rurale (Rp)	S	Croissance de la population	U		
	Patrimoine culturel (C)	U	Mortalité infantile	SU		
	HDI (H)	SU	Personnes handicapées	SU		
	Indice d'espérance de vie (Lex)	S	Hôpitaux et abris (Hs)	SU		
Economie	Indice d'espérance de vie (Lex)	SU	Chômage (Un)		Barrages et capacité de stockage (Dsc)	SU
	Proximité d'une rivière (Pr)	S	Inégalité (In)		Assurance contre les inondations (Fi)	SU
	% de la zone urbanisée (Ua)	S	Croissance urbaine (Ug)		Temps de récupération (Rt)	U
			Mortalité infantile (Cm)		Expérience passée (Pe)	SU
				Digues/levées (Dl)	SU	
				Reprise économique (Er)	SU	
Accès aux services			Personnes handicapées (Dp)	SU	Routes d'évacuation (Ed)	SU
			Mortalité infantile (Cm)	SU	Hôpitaux et abris (Hs)	U
			Pénétration de la communication (Cp)	SU	Service d'urgence (Es)	U

3.1.1L'échelle urbaine

Composante climatique :

$$OFVIc = \left[Hr, Er, \frac{Ev}{Er} \right] \quad (2)$$

Physiographique :

$$OFVIph = \frac{[T, Pr, Rds]}{[Dsc, Rd, Dl]} \quad (3)$$

Composante de l'utilisation des sols :

$$OFVilu = \frac{[Cr, In, Ug, Ds]}{[Rt, Ga]} \quad (4)$$

Composante anthropique

$$OFVIan = \frac{[Pr, Pfa, C, H, Pe, A, Cp, Cm, Dp, Hs]}{[Ws, Ed, Es]} \quad (5)$$

Composante économique :

$$OFVI_{ec} = \frac{[Pr, Un, In, Ug, Cm]}{[Dsc, Fi, Rt, Pe, Dl]} \quad (6)$$

Composante « accès aux services » :

$$OFVI_{as} = \frac{[Dp, Cm, Cp]}{[Ed, Hs, Es]} \quad (7)$$

3.1. 2 Échelle du sous-bassin-versant

Composante climatique :

$$OFVI_c = \left[Hr, Er, \frac{Ev}{Er}, Fo \right] \quad (8)$$

Physiographique :

$$OFVI_{ph} = \frac{[T, Pr, Rds]}{[Dsc, Rd, Dl]} \quad (9)$$

Composante de l'utilisation des sols

$$OFVI_{lu} = \frac{[Da, Ula, Ua, Nr, Ug]}{[Fa]} \quad (10)$$

Composante anthropique :

$$OFVI_{an} = \frac{[Pr, Pfa, Ua, Rp, H, Lex, Pe, A, Cp, Cm, Dp, Hs]}{[Ws, Ed]} \quad (11)$$

Composante économique

$$OFVI_{ec} = \frac{[Pr, Ua, Ai, Un, In, Ug, Sm]}{[Dsc, Fi, Pe, Dl, Er]} \quad (12)$$

Composante « accès aux services » :

$$OFVI_{as} = \frac{[Dp, Cm, Cp]}{[Ed]} \quad (13)$$

Les données permettant de calculer l'OFVI (et de fixer initialement les niveaux de réponse) ont été collectées pour cinq provinces oasiennes : Guelmim, Tata, Zagora, Ouarzazate et Errachidia, afin de procéder à un premier test du modèle. Ces données ont été obtenues à partir de rapports nationaux et régionaux (annexe B).

Une méthode de normalisation a été utilisée pour ajuster les valeurs des indicateurs sur une échelle de 0 à 1 (Tableau II-2).

La formule standardisée de l'OFVI est la suivante

$$OFVI_{standardisé} = \frac{[OFVI_{echele}]}{[OFVI_{max}]} \quad (14)$$

L'analyse de la vulnérabilité d'Oasean face aux inondations a été réalisée par une étude minutieuse des six aspects de cette vulnérabilité : l'aspect climatique, l'aspect physiographique, l'aspect de l'utilisation des terres, l'aspect anthropique, l'aspect économique et l'accès aux services. Ces éléments ont été assemblés et listés afin de déterminer la vulnérabilité globale.

L'application de cette formule pour chaque composant conduit à six indices OFVI distincts ;

$OFVI_{Climatique}$, $OFVI_{physiographique}$, $OFVI_{L'utilisation\ des\ terres}$, $OFVI_{Antropique}$,
 $OFVI_{Economique}$ and $OFVI_{Accès\ aux\ services}$ qui s'agèrent en:

$$Total\ OFVI = \sum OFVI_c, OFVI_{ph}, OFVI_{lu}, OFVI_a, OFVI_e, OFVI_{as} \quad (15)$$

L'OFVI total est calculé comme la somme des OFVI totaux des sous-bassins-versants et des composantes urbaines. L'OFVI de chacune des composantes sociales, économiques, environnementales et physiques est calculé à l'aide de l'équation (1). Les résultats de chaque composante de l'OFVI (climatique, physiographique, utilisation des terres, anthropique, économique et accès aux services) sont additionnés dans l'équation (15). La méthodologie OFVI ne demande pas aux chercheurs de juger de l'importance relative des différentes composantes, c'est-à-dire qu'ils n'ont pas besoin de développer des pondérations arbitraires pour les indicateurs. L'équation (1) relie les valeurs de tous les indicateurs aux composantes et facteurs de vulnérabilité aux inondations (exposition, susceptibilité et résilience), sans pondération, comme le suggèrent Cendrero et Fischer (1997). Ceci est fait en raison du nombre différent de jugements d'évaluation qui « se trouvent derrière les poids combinés » ou l'interpolation.

3.1.3 Résultats

Après la collecte des données, l'indice de vulnérabilité aux inondations de l'Oasisan a été calculé pour les six composantes de la vulnérabilité aux inondations et comme l'OFVI total. Les valeurs des indicateurs sont recueillies, compilées et standardisées pour cinq études de cas sélectionnées dans la région présaharienne du Maroc, tandis que l'OFVI total a été déterminé en le calculant à partir des 36 indicateurs de chaque sous-bassin-versant et des 34 indicateurs de chaque zone urbaine.

3.1.1.1 À l'échelle urbaine du pré-Sahara marocain

À l'échelle urbaine, nous avons utilisé les équations suivantes : Équation (2) pour la composante climatique, Équation (3) pour la composante physiographique, Équation (4) pour la composante d'utilisation des terres, Équation (5) pour la composante anthropogénique, Équation (6) pour la composante économique et l'équation (7) pour la composante accès aux services. Ces équations permettent d'obtenir les résultats de la figure II-1.

La figure II-1 montre une comparaison (valeurs normalisées) entre les cinq zones urbaines sélectionnées, la ville de Ouarzazate dans la haute vallée du Drâa (province de Ouarzazate), la ville de Zagora dans la moyenne vallée du Drâa (province de Zagora), la ville de Tata dans la basse vallée du Drâa (province de Tata), la ville de Guelmim dans la province de Guelmim et la ville d'Errachidia dans la province de Tafilalt ou (province d'Errachidia), pour les six composantes et l'OFVI total.

3.1.1.2 Composante climatique

Errachidia (1) et Guelmim (0,78) ont une vulnérabilité très élevée aux inondations ; tandis que Tata (0,19), Zagora (0,10) et Ouarzazate (0,09) sont classées comme ayant une faible vulnérabilité aux inondations.

3.1.1.3 Composante physiographique

Errachidia (1) a une vulnérabilité très élevée aux inondations ; Guelmim (0,28) et Ouarzazate (0,26) sont vulnérables ; tandis que Tata (0,02) et Zagora (0,02) sont classés comme peu vulnérables aux inondations.

3.1.1.4 Composante de l'utilisation des terres

Ouarzazate (1) présente une vulnérabilité très élevée aux inondations ; Tata (0,67) et Errachidia (0,54) sont très vulnérables ; tandis que Guelmim (0,34) est vulnérable et Zagora (0,11) est classée comme ayant une faible vulnérabilité aux inondations.

- Le barrage Mansour Eddahbi (560 Mm³), localisé près d'Ouarzazate et en amont de Zagora, ainsi que cinq autres réservoirs de moindre taille dans la province de Zagora : Agadez (3,14 m³/s), Tansikht (6,77 m³/s), Ifly (11 m³/s), Azghar (3. 3-11 m³/s) et Bounou (4 m³/s), parmi lesquels Agdez, Tnasikht et Ifly se situent en amont de Zagora.
- Pour ajouter Mansour Eddahbi, la province de Ouarzazate a un deuxième barrage appelé Tiouine (100 Mm³).
- Hassan Edakhil (347,0 mm³) situé en amont de la ville d'Errachidia ; les apports au barrage de Guelta Zerga sont estimés entre 160 et 200 millions de m³/an. Cependant, à Guelmim, il n'y a que sept seuils de dérivation (petits barrages) en béton, en maçonnerie ou en gabions ont été construits et permettent de dériver des débits de 15 à 30 m³/s par petit barrage, pour une capacité totale de dérivation de 174 m³/s dans la province de Guelmim (www.water. gov.ma).

3.1.1.7 Composante accès aux services

Selon la Figure II-1, Errachidia (1) présente une vulnérabilité très élevée aux inondations, Zagora (0,46) a une vulnérabilité élevée, tandis que Tata (0,46) et Ouarzazate (0,34) sont vulnérables aux inondations.

La vulnérabilité relativement basse de Tata et Ouarzazate découle des éléments suivants : une pluviosité réduite, une faible valeur d'exploitation des terres et un indice évaporation/pluie important. La susceptibilité d'Errachidia et de Zagora aux crues est supérieure à celle des trois autres cités examinées. La figure II-1 montre que la ville d'Errachidia est plus vulnérable aux inondations en raison de la quantité relativement importante de précipitations et du faible taux d'évaporation, d'une quantité relativement importante de précipitations et du faible pourcentage de zones vertes.

Indice total de vulnérabilité aux inondations de l'Oasean (OFVI total)

L'ensemble des composants établit la valeur totale de l'indice de vulnérabilité aux inondations pour chaque étude de cas vulnérabilité aux inondations (chaque zone urbaine).

Errachidia (0,75) est très fortement vulnérable, Guelmim (0,59) est très vulnérable aux inondations, tandis que les trois autres villes Ouarzazate (0,40), Tata (0,39) et Zagora (0,28) sont vulnérables aux inondations. L'OFVI, en additionnant les données des quatre dernières villes, indique qu'Errachidia et Guelmim sont les zones urbaines les plus vulnérables. Elles sont suivies par Ouarzazate, Tata, et Zagora.

La maîtrise des inondations contribue à atténuer les effets de ces dernières sur le secteur socioéconomique dans la zone présaharienne.

sous-bassin versant de Tata (vallée du Drâa inférieur ou province de Tata), le sous-bassin versant de Guelmim dans la province de Guelmim et le sous-bassin versant d'Errachidia dans la ville de Tafilalt ou (province d'Errachidia), pour les six composantes (composante climatique, composante physiographique, composante d'utilisation des terres, composante anthropique, composante économique, composante d'accès aux services) et l'OFVI total.

- ***Composante climatique***

Les cinq sous-bassins-versants sont tous vulnérables à la composante climatique. Le sous-bassin-versant de Tata (1), la vallée du Drâa moyen (0,84) et la vallée supérieure du Drâa (0,74) sont les plus vulnérables aux inondations.

- ***Composante physiographique***

On se sert de six paramètres pour définir les valeurs de la composante physiographique dans les cinq études de cas. Le sous-bassin versant de l'UDV (1) est le plus exposé aux inondations (vulnérabilité extrêmement élevée) du fait de son importante variation d'altitude allant de 4000 à 1000 (m.a.s.l.). À l'inverse, Guelmim présente une vulnérabilité notable (0,25), tandis que celle de Tata est faible (0,11). Pour sa part, MDV (0,065) et Errachidia (0,006) montrent respectivement une vulnérabilité faible et très faible face aux inondations.

- ***Composante d'utilisation des terres***

En ce qui concerne l'utilisation des terres, MDV (1) affiche un indice de vulnérabilité très fort tandis que Guelmim (0,15) démontre une vulnérabilité basse et UDV (0,048). Nous avons observé que les valeurs de l'OFVI à Errachidia et à Tata sont presque nulles. On pourrait expliquer ces chiffres par une influence humaine restreinte. Ces données peuvent aider à l'analyse de la vulnérabilité face aux inondations et à définir des stratégies pour réduire l'OFVI de l'utilisation des terres, particulièrement dans les régions présentant une vulnérabilité d'une extrême hauteur.

- ***Composante anthropique***

En comparant les cinq sous-bassins versants, MDV (1) est socialement le plus vulnérable aux inondations (vulnérabilité très élevée), suivi de Guelmim qui est vulnérable. Cette vulnérabilité est due au nombre élevé de la population rurale (la plupart des personnes handicapées), et au système d'alerte moins fonctionnel que les autres sous-bassins versants. En ce qui concerne les autres sous-bassins-versants, l'UDV (0,13) est peu vulnérable, mais Errachidia et Tata sont très peu vulnérables aux inondations.

- ***Composante économique***

L'OFVI montre que le sous-bassin-versant MDV présente une vulnérabilité plus importante face aux inondations par rapport aux autres sous-bassins-versants présahariens. Ces sous-bassins récents présentent des valeurs allant de 0 à des chiffres proches de 0, avec une

différence négligeable entre chacun. L'aspect économique de l'OFVI est fortement influencé par la capacité de stockage.

Son OFVI économique reflète qu'il n'est pas économiquement vulnérable aux inondations. Les installations industrielles sont très petites et non vulnérables.

- **Composante d'accès aux services**

D'après la Figure II-2, MDV (1) et Guelmim (0,76) ont une vulnérabilité très élevée aux inondations, tandis que. Les sous-bassins-versants de Tata (0,69), UDV (0,57) et Errachidia (0,54) ont une vulnérabilité élevée.

La vulnérabilité significative de ces sous-bassins-versants s'explique par les éléments suivants : l'insuffisance d'hôpitaux et de services d'urgence dotés d'équipements, un taux alarmant de mortalité infantile et une faible portée des moyens de communication.

Indice total de vulnérabilité aux inondations de l'Oasean (OFVI total)

La valeur totale de l'indice de vulnérabilité aux inondations dans chaque sous-bassin versant de l'Oasean est déterminée cumulativement par des éléments tels que le climat, la physiographie, l'utilisation des terres, les facteurs anthropiques, économiques et l'accès aux services.

Le Tata (0,30), le Guelmim (0,34), et à peu près l'UDV (0,41), ont des valeurs très similaires. Ces valeurs conduisent à classer ces trois sous-bassins-versants comme vulnérables aux inondations. En ce qui concerne les deux autres sous-bassins versants, on peut voir que MDV (0,81) est très vulnérable, cependant, Errachidia (0,17) a une faible vulnérabilité aux inondations. En comparant l'ensemble des composantes, le sous-bassin-versant MDV est le plus vulnérable, à l'exception de la composante physiographique.

L'élaboration de plans visant à minimiser ces composants pourrait diminuer l'OFVI total du MDV.

3.1.3 Constat-Discussion-Suggestion.

Les enjeux climatiques actuels soulignent d'autant plus la nécessité de s'adapter dans les zones présahariennes du Maroc. Il est illusoire de penser qu'un seul secteur, isolé, puisse à lui seul réduire la vulnérabilité et permettre l'adaptation face au changement climatique. C'est une affaire qui concerne l'ensemble des secteurs, qu'ils dépendent de près ou de loin des services rendus par cet environnement fragile. Or, les pratiques actuelles ont des conséquences notables : la perte de terres fertiles, la diminution des ressources naturelles (pensez à la biodiversité qui s'amenuise, à l'agriculture qui souffre), et d'une manière générale, l'érosion des sols. Tous ces éléments combinés contribuent à une dégradation des conditions de vie et, par conséquent, à l'aggravation de la pauvreté, touchant particulièrement les populations rurales. Aujourd'hui, le changement climatique aggrave ces problèmes. Cette étude fournit également à partir de ses résultats une gestion de base du risque d'inondation et informe les décideurs en matière de

développement et d'urbanisme.

À l'échelle urbaine, la vulnérabilité anthropique est très élevée, et le gouvernement devrait réduire la vulnérabilité principalement à Guelmim et Errachidia, mais aussi réduire la vulnérabilité économique à Guelmim, la vulnérabilité de l'utilisation des terres à Ouarzazate et Tata et la vulnérabilité physiographique à Errachidia. Les violents orages (atteignant 250 mm en quelques heures en haute altitude) qui se sont produits en novembre 2014 ont fait au moins 32 morts et des dégâts et ont été déclarés « zone sinistrée » (Theilen-Willige et al. 2015). Quels sont les résultats de la rupture des digues de l'Oued ? De nombreuses routes ont été fermées et les réseaux électriques et téléphoniques ont été endommagés, une centaine de maisons ont été détruites...

Au niveau des sous-bassins-versants, il serait judicieux que le gouvernement élabore des stratégies pour diminuer les vulnérabilités liées au climat, à l'utilisation des terres, aux activités humaines, aux aspects économiques et à l'accès aux services. L'accent devrait être mis principalement sur la vallée du Drâa moyen, tout en cherchant également à réduire la vulnérabilité physiographique dans le sous-bassin-versant de la vallée du Drâa supérieur et celle liée au climat dans le sous-bassin-versant de Tata.

Afin d'améliorer la situation socioéconomique des populations les plus défavorisées, il est impératif que l'État investisse dans les transports en commun, mais aussi dans l'éducation, notamment par le biais des établissements scolaires. L'offre de logements décentes, abordables sur le plan financier, est également un facteur déterminant, comme le soulignait Khan en 2001. Par ailleurs, réduire les disparités sociales face à la vulnérabilité aux inondations n'est pas seulement une question d'efficacité, c'est une question de justice sociale, comme le rappellent Walker et Burningham (2011). Réduire la vulnérabilité permet également de lutter contre les problèmes socioéconomiques existants. Car la réduction de la vulnérabilité est un problème interdisciplinaire.

Elle exige que les scientifiques et les ingénieurs en sciences physiques, sociales et économiques travaillent ensemble pour prendre la direction des questions de vulnérabilité aux inondations.

Ce chapitre s'appuie sur une multitude d'indicateurs relatifs à divers facteurs et deux niveaux géographiques, en mettant l'accent sur les inondations urbaines et fluviales. Plusieurs paramètres ont été considérés pour juger de la vulnérabilité face aux inondations. L'OFVI offre des solutions en repérant les zones géographiques les plus et les moins vulnérables dans divers domaines (climatique, physiographique, utilisation du sol, anthropique, économique et accès aux services), tout en développant un outil convivial qui peut être mis en œuvre par la communauté non scientifique.

Les résultats de l'étude OFVI permettent d'affirmer qu'une meilleure connaissance de ces

secteurs peut aider à évaluer et à gérer les inondations présumées. De cette façon, l'OFVI aide à identifier les zones exactes de vulnérabilité potentielle pour la particularité ou les éléments à risques, indépendamment de l'intensité de l'inondation qui peut se produire. L'approche OFVI a tenté d'accomplir de prendre en compte les connaissances en sciences sociales pour définir les indicateurs de l'indice individuellement et ainsi calculer leur vulnérabilité.

Pour rappel, la limite des travaux existants montre que la plupart des données collectées sont descriptives. Cela s'explique par le fait que la plupart des données sont recueillies et stockées de différentes manières et sous différents formats, ce qui peut rendre les comparaisons difficiles. Par conséquent, le calcul et la préparation des données pour de telles évaluations aident à obtenir une plus grande précision. L'évaluation de l'OFVI a démontré que l'outil OFVI peut être appliqué à une zone aride (pré-Sahara marocain), et peut générer une série d'informations pour aider à mettre en œuvre des projets d'infrastructure et à identifier les zones à risques.

L'analyse OFVI offre des données concernant la vulnérabilité naturelle et sociale aux inondations pour les six dimensions liées à l'aspect climatique, l'aspect physiographique, l'aspect de l'exploitation des terres, l'aspect anthropique, l'aspect économique et finalement, celui de l'accès aux services à l'échelle urbaine. Les conclusions de l'étude OFVI pourraient servir à la conception de nouvelles installations ou d'installations mieux sécurisées dans la zone.

Le développement économique est souvent associé à des pressions sur les écosystèmes et les services écosystémiques par le biais de la surexploitation des forêts, du développement urbain, du manque d'eau, etc. Pour lutter contre les effets des inondations, deux types de mesures doivent être prises (mesures structurelles et non structurelles). Plusieurs mesures structurelles peuvent être prises comme les barrages et les digues. La plantation d'arbres dans la zone amont de chaque sous-bassin-versant peut être considérée comme une méthode de protection et de lutte contre l'érosion des sols. Cependant, les mesures non structurelles sont les actions telles que ; la réponse, la préparation, les systèmes d'alerte, la planification de la réhabilitation, la lutte contre les inondations, etc.

Les zones oasiennes du Maroc sont situées à proximité du fleuve pour faciliter l'utilisation des eaux de surface. Cette localisation à proximité du lit des cours d'eau entraîne l'exposition de ces zones au risque d'inondation. L'oasis est à la fois à haute valeur agricole, écologique, paysagère et culturelle et les territoires fragilisés. De toute évidence, comme dans d'autres pays, la réduction du risque, tout en minimisant les impacts sur l'environnement naturel et le secteur socioéconomique, par la construction de barrages et d'installations permet de maintenir les zones inondables. La politique actuelle, la construction de grands et petits barrages, contre les inondations dans les bassins oasiens peut permettre la réduction du risque d'inondation. En analysant la vulnérabilité aux inondations dans les zones urbaines par rapport aux sous-bassins-

versants, nous constatons que sur le plan urbain, en prenant en compte l'élément anthropique dans tous les centres urbains choisis et surtout à Guelmim, le gouvernement devrait prioritairement diminuer la vulnérabilité à Guelmim puis à Errachidia. De plus, il faudrait réduire la vulnérabilité économique à Guelmim, la vulnérabilité physiographique à Errachidia et l'usage des sols à Ouarzazate avant de se concentrer sur Guelmim.

Initialement, le gouvernement devrait s'attacher à réduire la vulnérabilité à Guelmim et Errachidia. Ensuite, il serait souhaitable de diminuer la vulnérabilité économique à Guelmim, la vulnérabilité physiographique à Errachidia ainsi que l'occupation des sols à Ouarzazate et Guelmim. Toutefois, pour les autres sous-bassins, il serait plus judicieux de minimiser la vulnérabilité à Guelmim, puis dans la vallée du Moyen Draa. En outre, cela devrait diminuer la vulnérabilité associée à l'accès aux services dans les autres sous-bassins de la MDV et de Guelmim, tout comme la vulnérabilité économique à travers le reste du sous-bassin de la vallée du Moyen Draa et en termes de physiographie.

L'Indice de Vulnérabilité OASI (OFVI) possède des avantages et des inconvénients. Cet outil permet de recueillir des indicateurs relatifs à tous les aspects de la vulnérabilité face aux inondations et d'incorporer des informations quantitatives et qualitatives à diverses échelles (des bassins versants aux niveaux urbains) pour juger de la vulnérabilité locale face aux inondations selon six critères distincts. Cette méthode est particulièrement efficace pour analyser la vulnérabilité de la région oasienne et pour appliquer des techniques de modélisation numérique des données.

Néanmoins, cet indice présente des lacunes majeures en matière de collecte de données dispersées, d'accès difficile et de coût prohibitif associé à la collecte des données. Pour notre cas, nous avons rassemblé, compilé, parfois estimé toutes les données nécessaires à partir de plusieurs documents et sites Internet officiels (comme mentionné dans l'annexe B, colonne 5). Comme indiqué par Karmaoui et Moumane (2016), l'utilisation de ce type d'indicateurs composites est affectée par la qualité des données. Un autre défi, c'est le caractère qualitatif de cet indice. L'incertitude n'est pas supprimée, mais est intégrée dans l'évaluation. D'autre part, la complexité de la méthode de l'OFVI constitue aussi un inconvénient, étant donné qu'elle demande un investissement temporel considérable et une compréhension approfondie de la région et du système qui soutient l'OFVI pour être en mesure d'évaluer l'indice, derrière l'OFVI pour être capable de la mettre en œuvre.

Conclusion

La méthodologie utilisée dans ce chapitre repose sur plusieurs indicateurs pour différents facteurs et deux échelles géographiques, axées sur les inondations et les submersions urbaines. Différents indicateurs ont été pris en compte pour évaluer la vulnérabilité aux inondations, l'indice oasisien étant utilisé pour ces études à l'échelle du sous-bassin versant et de la zone. De nombreuses données ont été nécessaires pour estimer les indicateurs de vulnérabilité aux inondations pour chacune des deux zones. Une évaluation précise de la vulnérabilité aux inondations est difficile, en raison du manque de données officielles nécessaires. Cependant, afin de compléter cette évaluation, davantage de données ont été collectées via des questionnaires sociaux, des documents officiels et des sites Internet (voir Annexe B).

À ce propos, l'OFVI peut montrer des résultats facilement implicites et facilement communiquer qui peuvent aider les décideurs à identifier les mesures les plus efficaces à prendre. Les indicateurs sociaux sont difficiles à quantifier. D'un autre côté, une telle méthode paramétrique peut donner un moyen de base pour caractériser ce qui est en réalité un système complexe.

De tels résultats permettront d'indiquer si un système est résilient, sensible ou exposé aux risques d'inondation et aideront à identifier les mesures qui obtiendront le meilleur retour sur investissement dans un contexte de changement climatique, d'expansion de la population et du développement.

Dans la zone urbaine (Figure II-1), Errachidia (0,75) est très vulnérable ; Guelmim (0,59) est très vulnérable aux inondations, tandis que les trois autres villes Ouarzazate (0,40), Tata (0,39) et Zagora (0,28) sont vulnérables aux inondations.

En comparant ces quatre dernières villes, l'OFVI total rend Errachidia et Guelmim plus vulnérables que Ouarzazate, Tata et Zagora. En ce qui concerne l'échelle des sous-bassins versants (Figure II-2), les valeurs de Tata (0,30), Guelmim (0,34), et plus ou moins UDV (0,41) sont très proches. Ces valeurs conduisent à classer ces trois sous-bassins-versants comme vulnérables aux inondations. En ce qui concerne les deux autres sous-bassins-versants, on peut voir que le MDV (0,81) est très vulnérable, cependant, Errachidia (0,17) a une faible vulnérabilité aux inondations. Par la suite, le sous-bassin-versant MDV est le plus vulnérable.

À l'échelle des sous bassins versants et selon les résultats de la composante climatique le bassin de Tata est classé le plus vulnérable par rapport aux autres bassins sahariens. (Figure II-3). Afin de prendre les mesures urgentes, une étude plus profonde est nécessaire dans ce sens. Dans ce cadre, nous consacrons le chapitre qui suit à une analyse climatique p

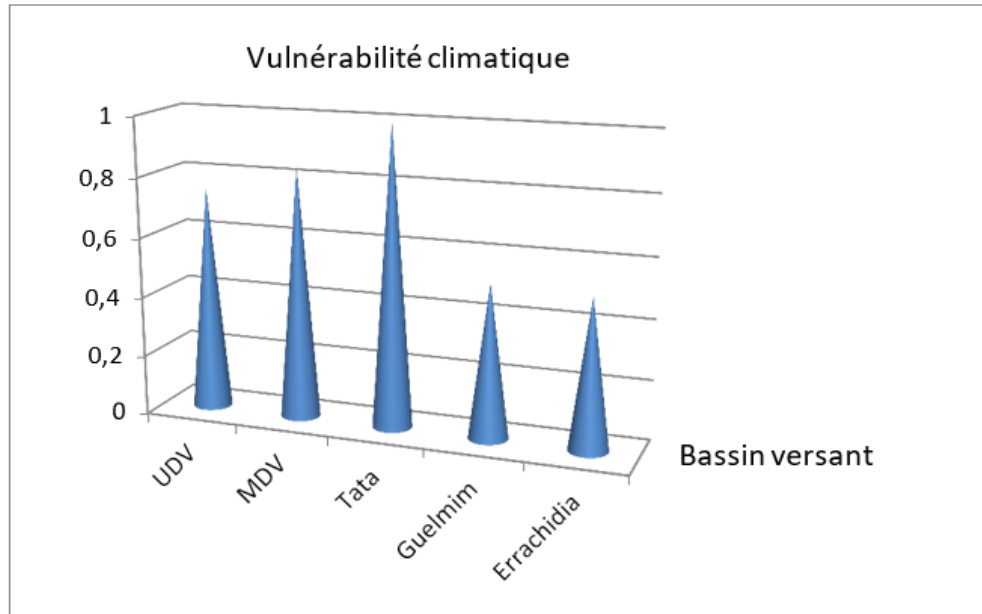


Figure II-3 : Indice de vulnérabilité aux inondations des cinq sous-bassins-versants pour la composante climatique et l'OFVI total.

Des études ont été déjà faites sur la protection du bassin versant de Tata de ce faites nous avons choisi de travailler dans le chapitre suivant sur le bassin de Ouarzazate très vulnérable aussi au inondation. Une étude détaillée avec une simulation des inondations de ce dernier avec l'élaboration de la cartographie (Arc-Gis) par la délimitation des zones inondable sera présenter en chapitre suivant.

Chapitre 4 : Analyse et Cartographie des risques d'inondation : Le cas du bassin versant d'ouarzazate

Introduction

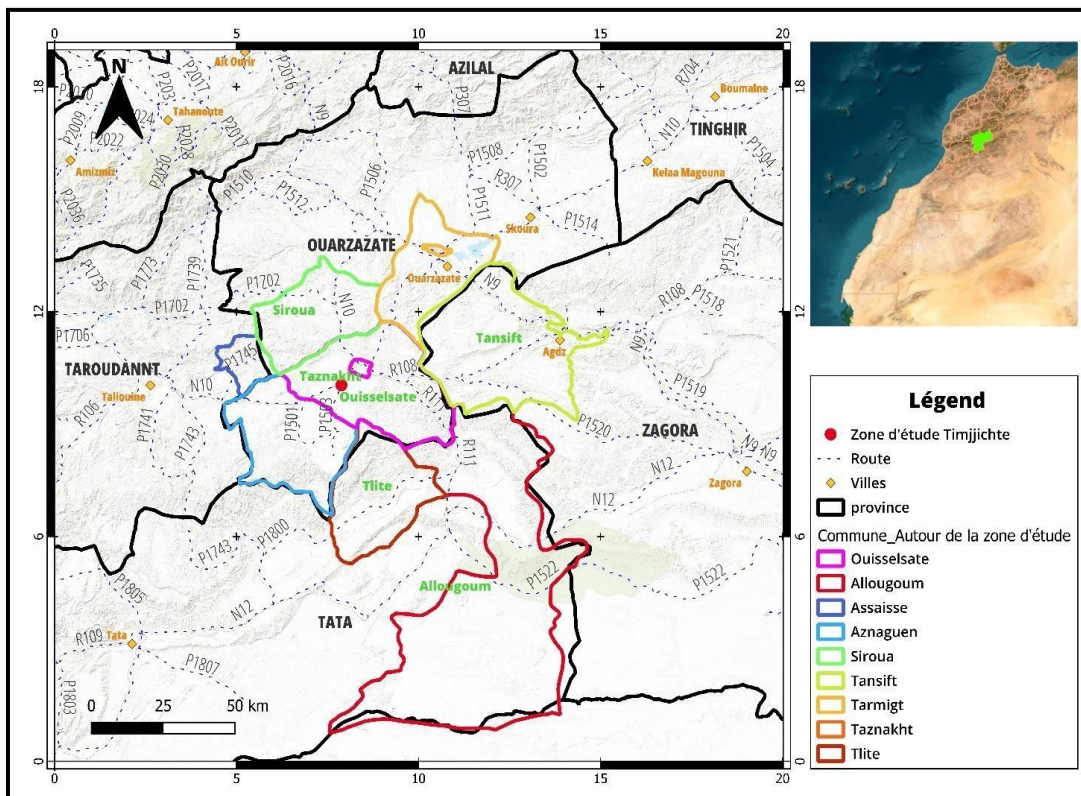
Bien que moins fréquentes, les inondations dans les régions sahariennes et arides du Maroc (Jotti .N ET Wartiti. M, 2020), comme dans la province de Ouarzazate, peuvent être dévastatrices (GARTET.A ET GARTET.J, 2003). Ces zones connaissent des crues soudaines lorsque des pluies torrentielles, rares mais intenses, tombent sur des sols arides incapables d'absorber rapidement l'eau. Ces crues causent des dégâts importants aux infrastructures fragiles et isolées de ces régions. (Dahroni, Arozaq M. et Khoirunisa 2017).

Le douar timjjichte est un exemple qui souffre de ces inondations dévastatrices et soudaines .Il est confronté aux risques des inondations et l'érosion des berges résultant de l'oued principale. Les majeurs problèmes dans le douar se résument à l'encroûtement des constructions et des terres agricoles sur le domaine public hydraulique ces débordements sont causées par l'oued Iriri qui traverse le douar d'une vallée de Largeur moyenne de 34 mètres. Le débordement de cet oued entraîne le transport de débris solides et de matériaux vers les constructions, ainsi que l'inondation des maisons par l'empiétement des eaux.

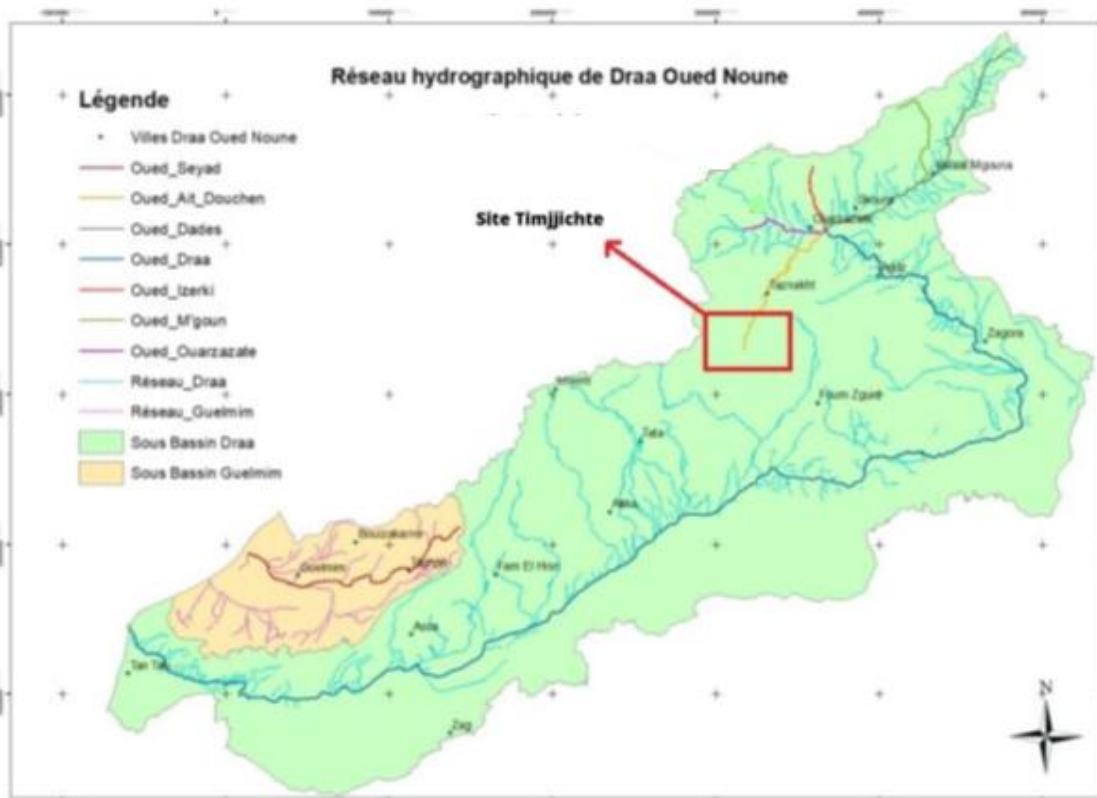
Après une analyse approfondie de la zone d'étude, il est clair que les inondations ont un impact significatif. Les terres cultivables subissent des pertes de rendement, les habitations sont exposées à des dommages matériels et à des risques pour la sécurité, tandis que la dégradation des berges accroît le risque d'érosion et de perturbation environnementale. Par conséquent, des mesures immédiates de gestion des inondations sont nécessaires pour protéger les ressources agricoles, sécuriser les habitations et préserver l'écosystème riverain. (BOUKILI M A,2022)

4.1 Zone d'étude

Le douar Timjjichte se trouve à une distance d'environ 84 km à Ouarzazate, pour un trajet d'environ 2h par la Route Régionale 108 ighles, Tensift et taznakht. Les coordonnées géographiques moyennes : Latitude 30°31'6'' et Longitude 7°15'25''.Il apparie à la commune rural Ouisselssate fait partie du cercle Amerzgane, Province de Ouarzazate et Région Draa Oued Nounne (Manal Z,2021).



FigureII-4: La situation Géographique De Site Timjjichte (QGIS)



FigureII -5: Réseaux hydrographique de Draa oued Noun (d'après P.D.A.I.R.E, 2011)

4.2 Méthodologie de recherche

Afin de mieux comprendre les facteurs qui influencent les fluctuations des régimes hydrologiques dans le bassin versant étudié et leur impact sur la formation des inondations dans notre région d'analyse, nous avons procédé à la délimitation de notre bassin versants suite à une évaluation des caractéristiques physiographiques, climatiques, topographiques ainsi que l'extraction du réseau hydrographique (Khalid El Jakani, 2013) et (Salomon, 1997). Par la suite, en s'appuyant sur une série de données relatives aux précipitations maximales journalières sur 40 ans, fournies par l'Agence de bassin hydraulique de la région Oued Noun, et obtenues à partir de la station météorologique d'Assaka Tafounante, située à proximité de notre zone d'étude, nous avons réussi à projeter les débits de crue. Cela a été réalisé grâce à une étude hydrologique principalement centrée sur l'estimation des débits de pointe via différentes formules empiriques, ainsi que par le biais d'ajustements statistiques effectués grâce au logiciel Hyfranplus et à l'aide de la méthode du Gradex (CTGREF, 2006). Ces débits de pointe ont été déterminés pour différentes périodes de retour : 10, 20, 50 et 100 ans.

Une étude hydraulique nous a finalement permis d'identifier et de cartographier les zones sujettes aux inondations, grâce à la modélisation hydraulique de la diffusion de l'onde de crue le long de l'oued en utilisant le logiciel HEC-RAS (US Army Corps of Engineers, 2005).

4.3 Résultats et discussion

4.3.1-Analyse des caractéristiques de notre zone d'étude morphologique et climatique

Le bassin versant étudié présente une diversité morphologique marquée par les altitudes variant de 500 à 2050. Cette variation de relief influence directement la dynamique hydrologique du bassin, avec des conséquences sur le ruissellement, l'érosion et la répartition spatiale des précipitations. La variation de reliefs affecte le schéma de ruissellement, avec des zones de haut altitude susceptible de générer des écoulements plus rapides, et des zones de bas Altitude pouvant accumuler l'eau.

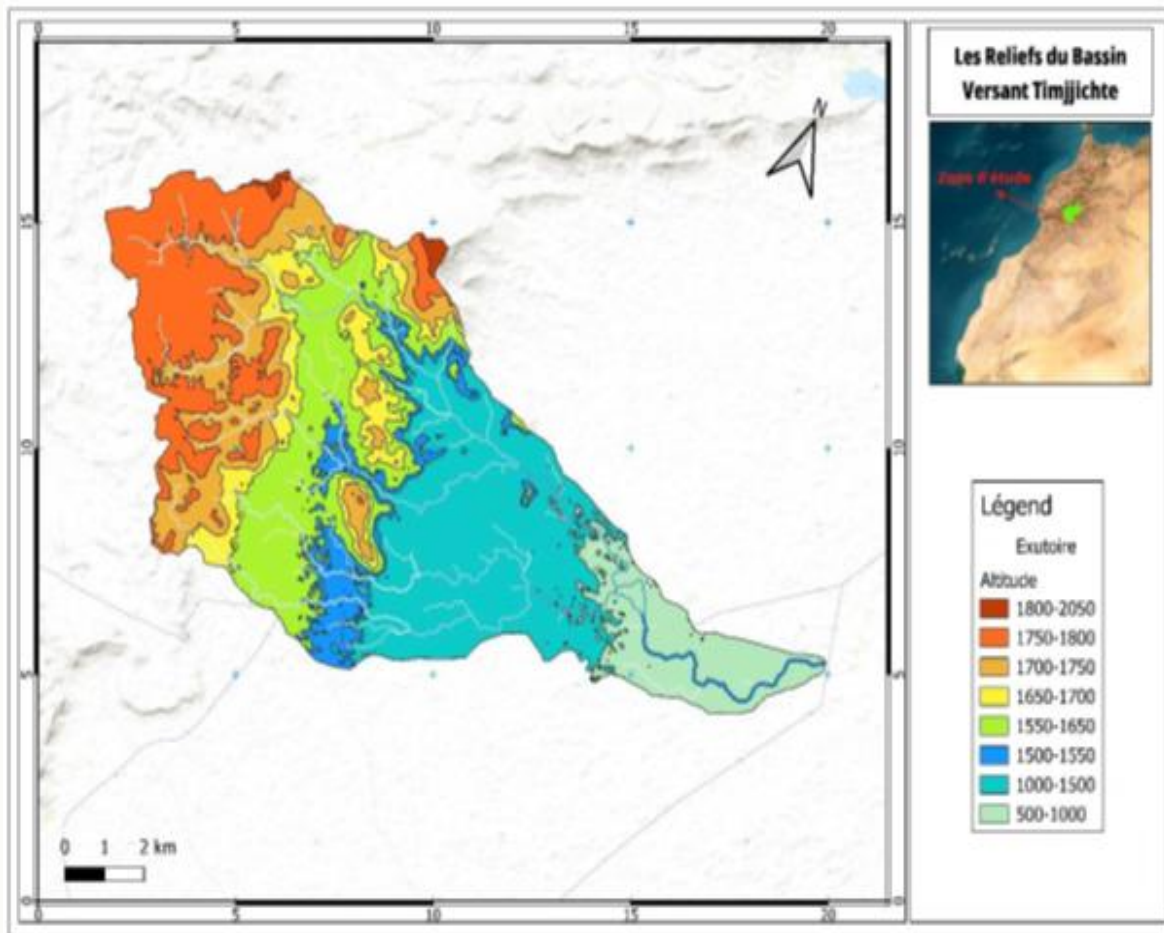


Figure II-6 : Les Reliefs du Bassin de Timjijchte

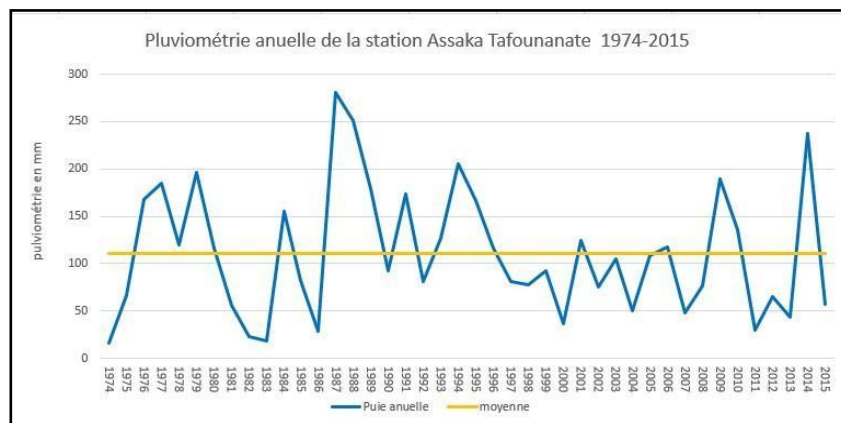


Figure II-7: La pluviométrie annuelle de la station Assaka Tafounante 1974-2015

Dans notre étude nous nous sommes basés sur les données pluviométriques de la station Assaka Tafounate qui est la station la plus proche de notre site d'étude.

Il s'agit d'une unité climatique différente du reste du Maroc au sein de laquelle règne une aridité croissante, en allant vers le sud et vers l'est. Ces caractéristiques font de cette région une terre de contrastes extrêmes.

Le graphique (figureII-7) des précipitations de la zone d'étude est inclus ci-dessous. la pluviométrie moyenne annuel est de l'ordre de 110.80 mm.

Les données utilisées (tableauII-3) sont formulées comme suit :

Tableaux II-3: Données pluviométrique la station Assaka Tafounante

ANNEE	PJ Max	ANNEE	PJ Max	ANNEE	PJ Max	ANNEE	PJ Max
1974	6.9	1986	6.2	1998	15.7	2010	18.7
1975	10.9	1987	55.7	1999	30.7	2011	13.5
1976	41.2	1988	44	2000	26.2	2012	17.1
1977	27.7	1989	45.8	2001	71	2013	8.8
1978	31.3	1990	11.7	2002	30.9	2014	72
1979	41.2	1991	21.5	2003	38.9	2015	36.9
1980	29	1992	14.8	2004	20.3	2016	10,3
1981	13.2	1993	20.6	2005	15	2017	15,3
1982	5.7	1994	39	2006	30.7	2018	12,4
1983	10.2	1995	23.9	2007	6.8	2019	17,9
1984	28.6	1996	31.7	2008	36	2020	16,7
1985	22.3	1997	16.4	2009	43	2021	18,5

La valeur maximale des précipitations journalières maximales annuelles observées au niveau de la station Assaka Tafounante sur une période de 40 années est de l'ordre de 55.7 mm observé en 1987.

4.3.2-Ajustements statistiques des données pluviométriques

Les précipitations journalières maximales ont été soumises à un ajustement à l'aide de diverses lois de distribution (log-normale, gamma, Gumbel, Weibull, GEV), en utilisant deux méthodes distinctes pour calculer les paramètres (Maximum de Vraisemblance : MV, Moments : MM). L'adéquation des lois ajustées est évaluée au moyen du test de Student-Fisher, de graphiques obtenus, ainsi que des critères de comparaison AIC et BIC.

$$AIC = 2K - 2(L) \quad BIC = -2(L) + LN(N) * k$$

Tel que k est le nombre des paramètres à estimer du modèle, L le maximum de la fonction de vraisemblance du modèle et N le nombre d'observations dans l'échantillon.

L'ajustement qui s'adapte mieux aux observations est celui qui présente les plus faibles valeurs des paramètres AIC, BIC et du χ^2 .

Les résultats d'ajustement sont représentés dans **la figure II-8**

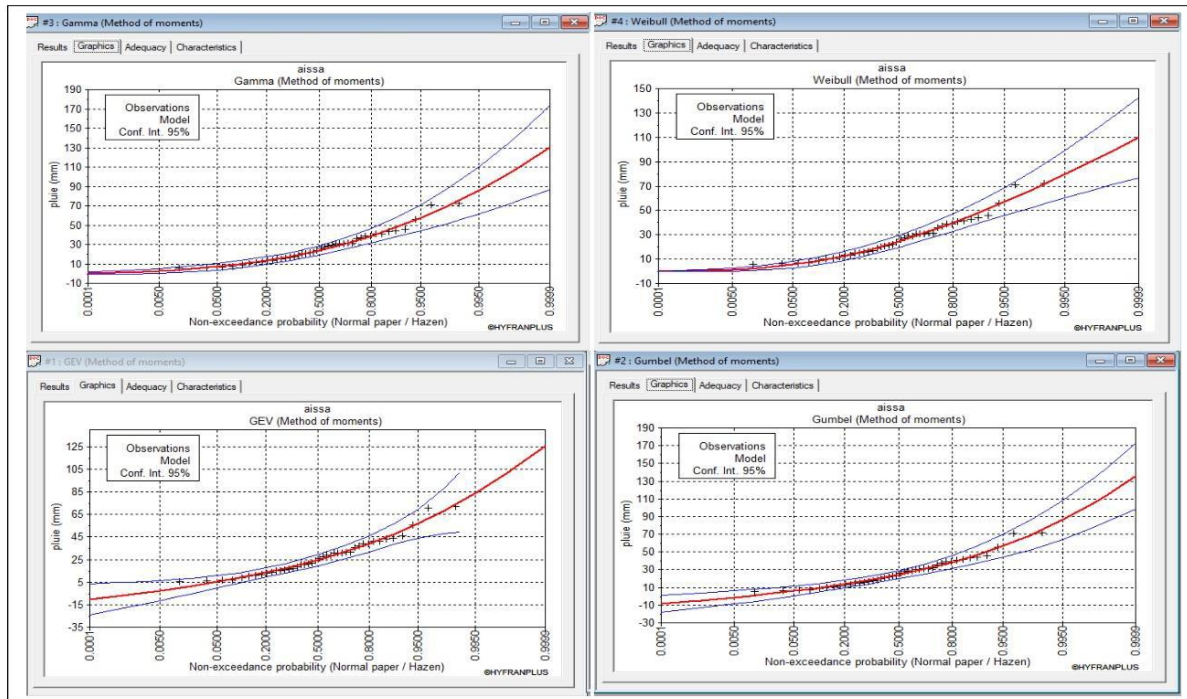


Figure II-8: Graphe d'ajustement série pluviométrique Timjjichte

Les tableaux suivants présentent les résultats de la comparaison des lois en fonction des critères d'adéquation.

Comparison criteria of the distributions

Return period : WARNING ! The decision-support system (comparison criteria as described in the HYFRAN menu) is still being developed. It should therefore only be used as an indication.

Sample size :

Model	Nb param.	XT	P(Mi)	P(Mi x)	BIC	AIC
Gamma (Method of moments)	2	77.706	16.67	48.51	349.111	345.635
Weibull (Method of moments)	2	73.381	16.67	29.53	350.104	346.628
Gumbel (Method of moments)	2	77.530	16.67	15.86	351.347	347.871
GEV (Method of moments)	3	76.033	50.00	6.10	355.455	350.242

P(Mi) : A priori probability P(Mi | x) : A posteriori probability (Method of Schwarz) BIC : Bayesian information criterion AIC : Akaike information criterion

Ponderated mean by A posteriori probability of quantiles :

OK Printing

Figure II-9: Résultat de la comparaison des lois d'ajustements

La comparaison des ajustements selon les critères mentionnés précédemment révèle que la loi Gamma offre un meilleur ajustement aux valeurs des précipitations journalières maximales observées à la station Assaka Tafounante. Les précipitations de référence retenues pour notre stations sont présentées dans le tableau suivant :

TableauII-4 : Pluie de référence Retenue station Assaka Tafounante

Période de retour (T)	pluie journaliers maximale (PJ max)
T=10 ans	48.6
T=20ans	57.7
T=50ans	69.3
T=100ans	77.7

4.3.3 Délimitations des bassins versant

Le bassin versant du cours d'eau principal est délimité initialement par la méthode automatique (FigureII-10), puis cette délimitation est vérifiée à l'aide de la méthode manuelle et à la base de l'image satellitaire

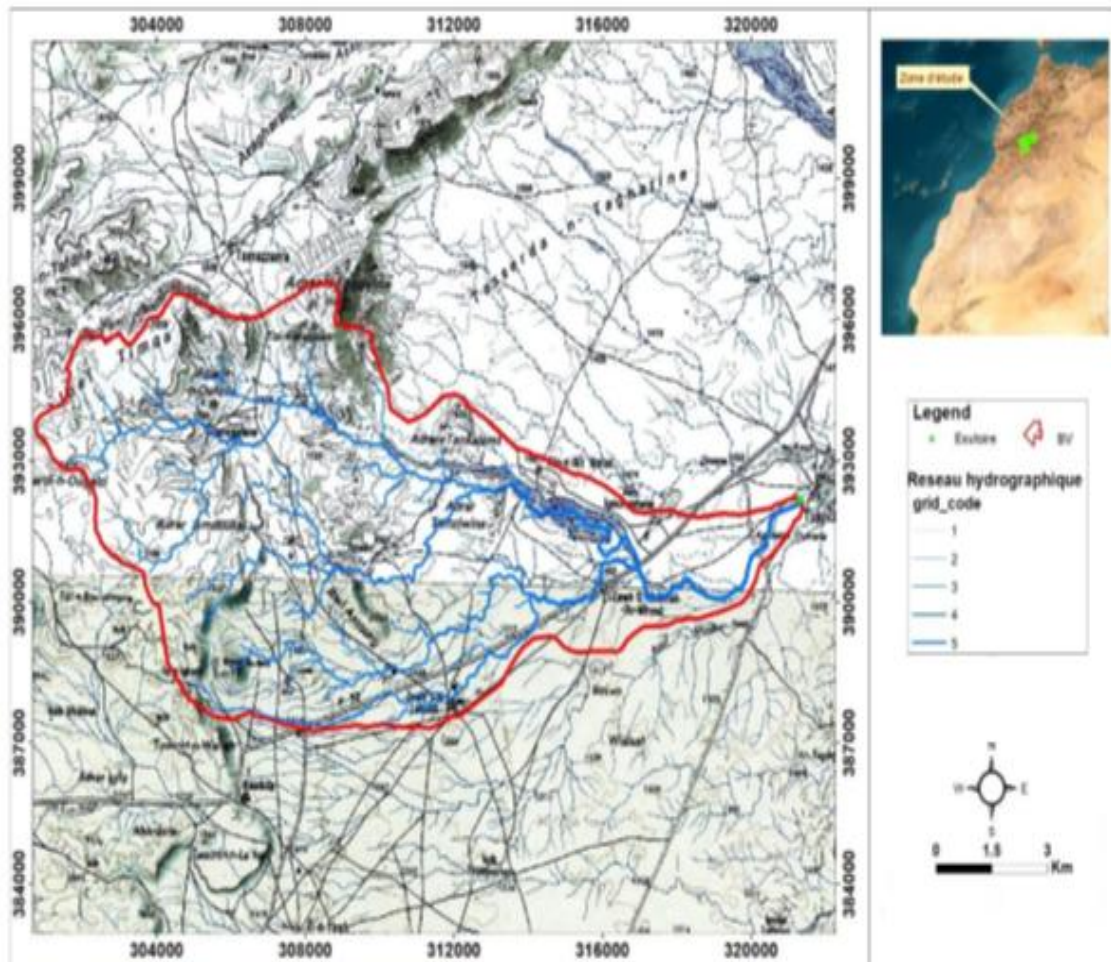


Figure II-10: Bassin versant de site Timjjichte sur la carte topographique

Les caractéristiques de ce bassin versant sont résumées dans le tableau ci-dessous (TableauII-5)

Tableau II-5: Caractéristiques de bassin versant Timjjichte

Bassin Versant du Timjjichte							
Superficie (KM ²)	Périmètre (KM)	Longueur Talweg (KM)	Altitude Max	Altitude Min	Dénivelé	La pente (%)	IC Gravelius
103.83	52.78	18.82	1627	1450	177	0.94	1.46

Les PJ max obtenue par l'ajustement statistique des donner de pluie sont dressé sur le tableau ci-dessous (**Tableau II-6**)

Tableau II-6 : Pluie journalier maximale ajusté Station Assaka Tafounante

T (ans)	PJ max(T) mm
10	49
20	58
50	70
100	79

Les résultats des débits de pointes calculé par les formules empiriques (HAZAN et LAZAREVIC, 1969) et la méthode de Gradex sont Rassemblais dans le **Tableau II-7** ci-dessous.

Tableau II-7: Résultat de calcul des débits

Formules	Débit de pointe en m ³ /s	Site Timjjichte
Fuller II	Q (10)	145.56
	Q (20)	167.47
	Q (50)	196.43
	Q (100)	218.34
Hazan Lazarevic	Q (10)	140.67
	Q (20)	163.77
	Q (50)	194.30
	Q (100)	217.40
Gradex	Q (10)	117.57
	Q (20)	154.40
	Q (50)	202.06
	Q (100)	237.78
BURKLIER ZIEGLER	Q (10)	85.52
	Q (20)	115.80
	Q (50)	121.54
	Q (100)	152.26
Mallet Gautier	Q (10)	118.23
	Q (20)	140.07
	Q (50)	164.55
	Q (100)	180.88

Pour choisir le débit de notre projet , la moyenne des résultats obtenue par les formules empirique et Gradex nous donne un débit de **213.60m³ /s .**

4.3.4 Modélisation hydraulique et Cartographie des Zone inondable

Notre tâche de modélisation commence par la création du modèle numérique de terrain. Ensuite, nous définissons le système de projection et importons-le MNT dans le logiciel de modélisation (HEC-Ras). Parallèlement, nous procédons à la création de la géométrie du projet et à la détermination du débit projeté, résultant de l'étude hydrologique. De plus, nous définissons les conditions aux limites en amont et en aval avant de lancer la simulation (AHATTAB .J,2016)et (DAIDE .F,2017).

Les résultats de la simulation Hydraulique Q (100 ans) dans la zone de Timjjichte, générés par HEC-RAS comprennent le profil en long de l'oued, la visualisation en 3D et les sections transversales sont présentés dans les **figures II 11,12,et 13.**

- **Profil en Long**

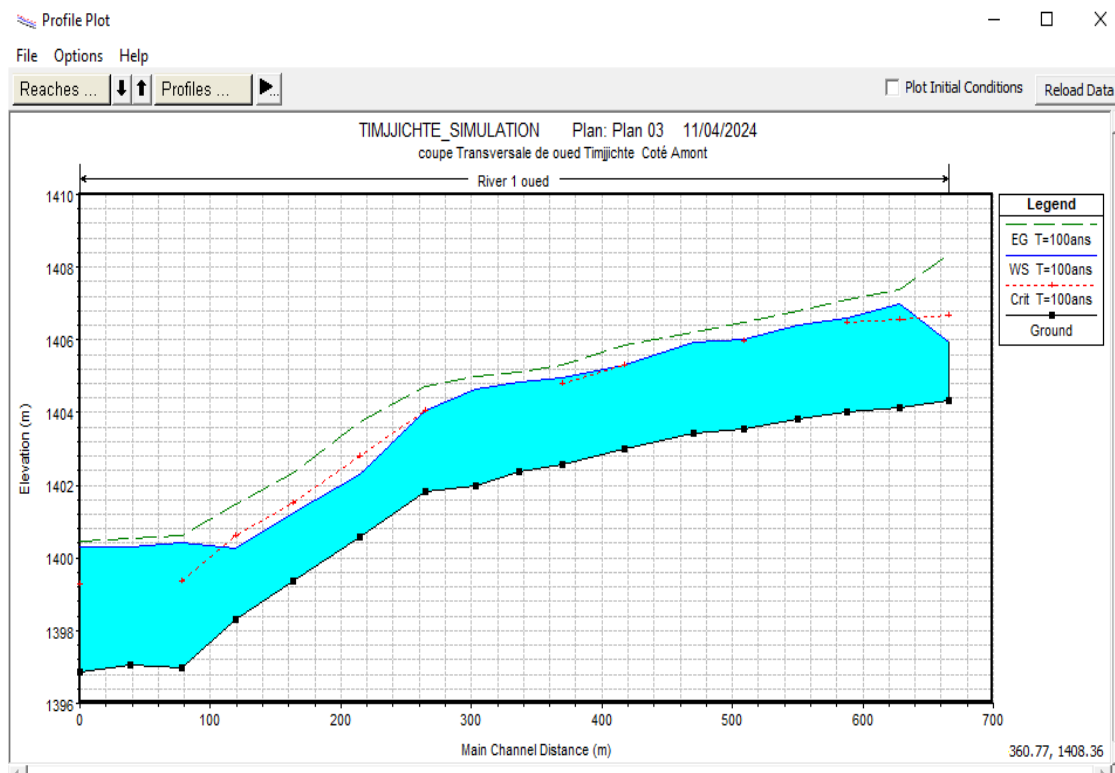
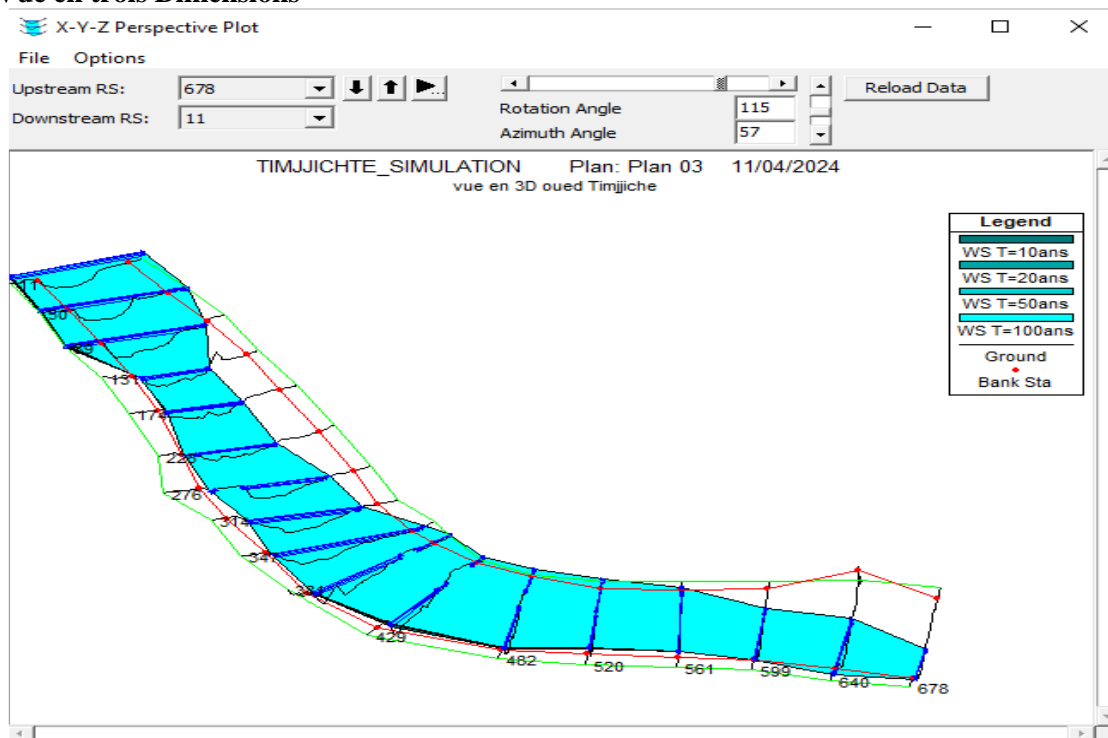


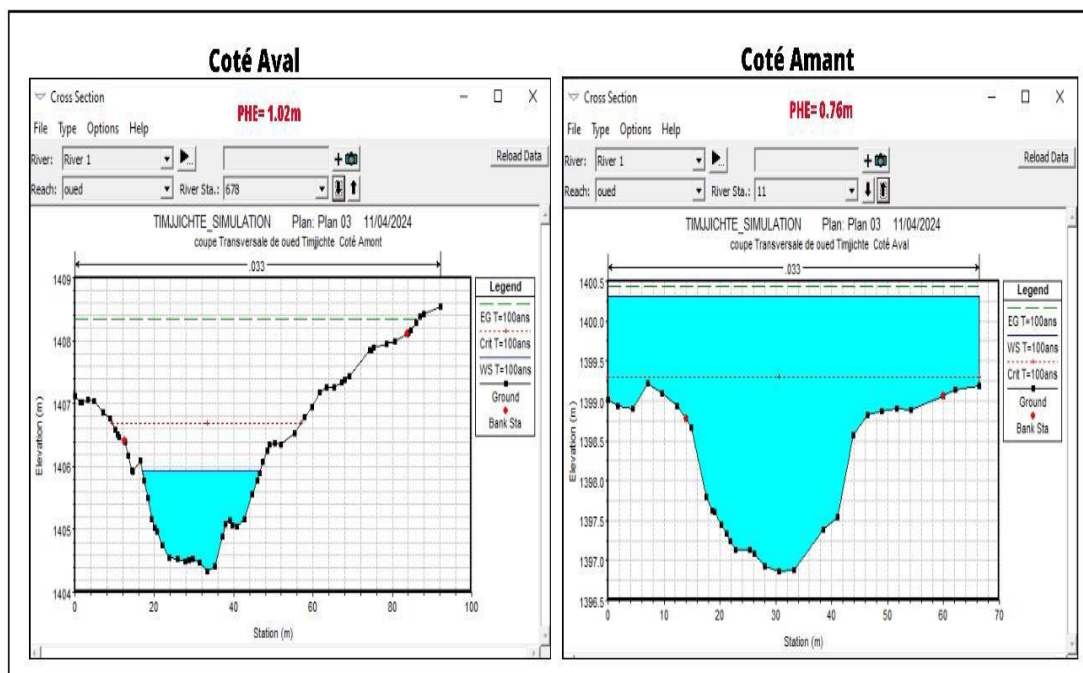
Figure II-11: Profil en long Oued Timjjichte

- **Vue en trois Dimensions**



FigureII-12 :Vue en Trois Dimensions Oued Timjjichte

- **Profile en travers**



FigureII-13 : Profil en travers Oued Timjji

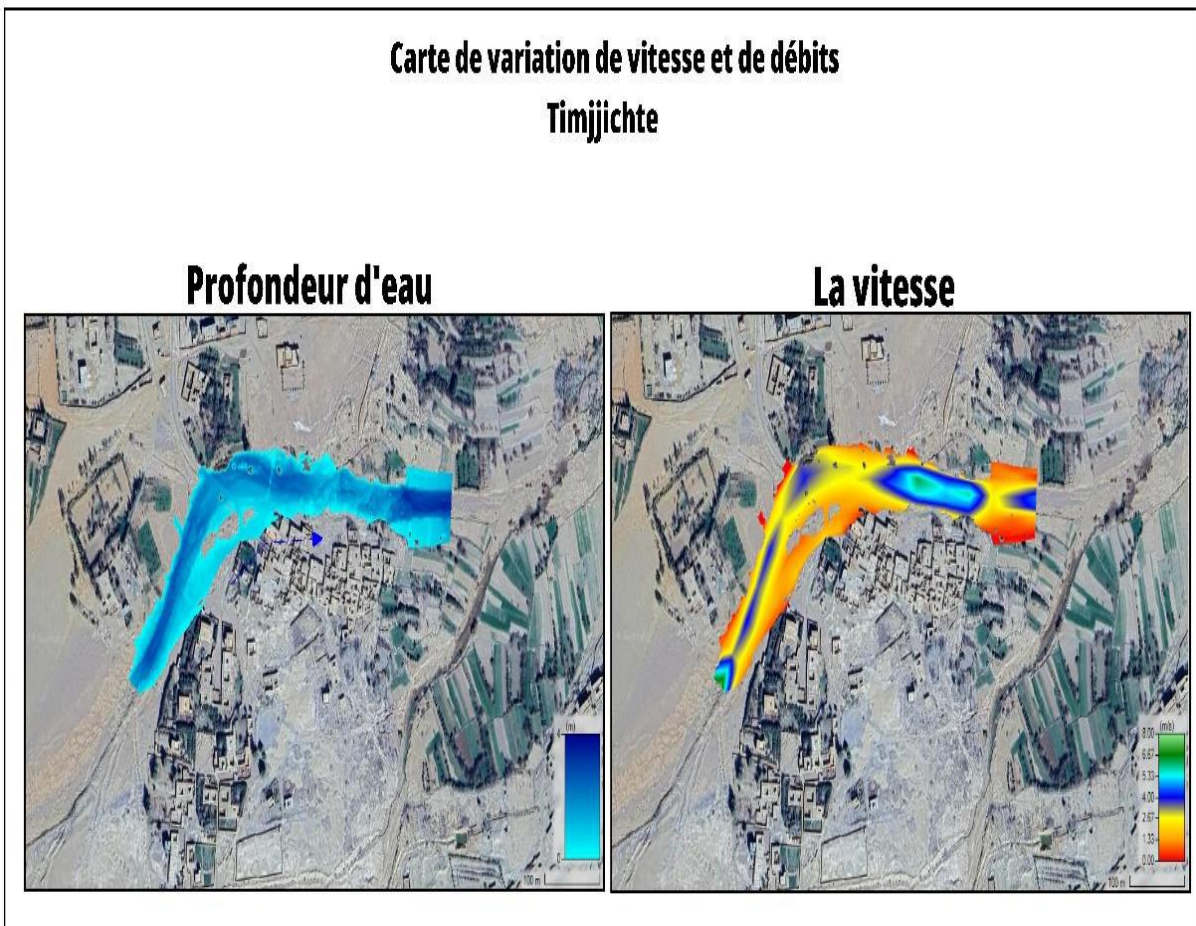
- **Carte des zones inondables**

Les résultats obtenus montrent bien la zone sujette a risque d'inondation avec des profondeurs d'eau dans qui varient de 0.50 m à 2.50 m ; sur le bassin timjjichte. Les vitesses maximales d'écoulement dans l'Oued Timjjichte atteignent 6.90 m/s pour la période de retour centennale est 3.31 m/s en moyenne ;

Les débordements de la chaâba sont observés sur les deux rives ;

Le nombre de Froude est moyennement de 0.94.

ces résultats peuvent être une base de proposition d'aménagement pour la protection du douar timjjichte contre les inondations torrentielles que connait la région.



Conclusion

Le travail réalisé au cours de l'étude hydraulique a permis de décrire la propagation de l'onde de crue pour le débit de pointe centennal, en examinant différentes variables telles que la profondeur d'eau, la vitesse d'écoulement, et le régime d'écoulement. Les résultats obtenus indiquent que l'altitude dépasse 2,5 mètres au niveau de l'Oued **Timjjichte**, avec une vitesse d'écoulement atteignant 6,90 m/s, ce qui peut entraîner des débordements menaçant le site d'étude. Cette délimitation des zones inondables permet de cibler spécifiquement les zones touchées par les inondations, en recommandant des aménagements adaptés pour réduire les impacts et les dommages causés par ce phénomène naturel et Protéger les zones critiques identifiées comme inondables et à améliorer la résilience de la région face aux précipitations futures, plus intenses ainsi que limiter l'impact de ces averses destructives.

Conclusion générale

Les régions présahariennes du sud du MAROC, renferment des villes métropoles de moyenne ampleur et pôles de gestion touristique du pays, souffrent épisodiquement d'une manière irrégulière des problèmes d'inondations urbaines. Ces dernières sont dues à une combinaison complexe

de causes qui tiennent à la conjugaison de facteurs météorologiques et hydrologiques et activités anthropiques. Cependant, elles sont très fréquemment la résultante d'activités humaines, en particulier l'évolution d'une urbanisation anarchique et l'extension du béton dans les banlieues des gros centres urbains.

La situation pré-saharienne est marquée par un ensemble d'éléments naturels et anthropiques qui expliquent la susceptibilité à l'urbanisation des inondations, a priori catastrophiques. D'une part, on assiste à de fortes pluies concentrées dans le temps entraînant des crues violentes, d'autre part, une forte densité de l'urbain, son expansion effrénée avec des phénomènes ruraux d'exode, ainsi que la colonisation sur les lits d'oued au sein de ces villes chef-lieu et Province. Tous ces facteurs ont amplifié et encouragé les chances ainsi que les incroyablement destructrices inondations.

La prééminence dans l'infrastructure à risques a facilité la répartition du désastre visant les potentiels affectés, ce qui a permis d'atteindre plusieurs Objectifs de Développement Durable. Le risque des inondations représente une menace cynique pour diverses régions, les aléats définissants, et a même le potentiel de dénicher des impacts tout en perturbant le reste, et des conséquences insoupçonnées pour les lignes de souffrance.

L'évaluation, ciblant les cinq provinces sous l'approche pré-saharienne, au Sud du Maroc, sur le traitement de l'abus d'une approche de gestion spatiale, montre une vulnérabilité alarmante sur l'ensemble des localités. Visibilité clairement désastreuse, même accentuée pour le reste appréhendé sur les autres pans optiques à toute la ville concernée citée.

Avec les résultats, grâce à cette recherche, il a été possible d'affirmer la présence simultanée frustrante de multivotants sur l'altération des catastrophes extrêmes.

Les études de cas aux deux niveaux (sous-bassin et zone urbaine) ont été analysées à l'aide de L'indice de vulnérabilité aux inondations Oasean. Cet indice a atteint son

objectif et a permis d'élaborer une estimation quantitative et qualitative des indicateurs de vulnérabilité aux inondations qui pourra aisément être utilisé comme outil de sensibilisation et de communication.

La technique utilisée a donné des résultats synthétisés sous forme d'expertises de prospection pour une anticipation préventive et de prévoyance de décisions et d'actions. Ce qui pourrait aider tous les acteurs impliqués dans la gestion des crises de catastrophes naturelles, en particulier les décideurs des hautes autorités provinciales et de collectivités territoriales à identifier les mesures immédiates les plus efficaces à prendre pour atténuer et réduire les dégâts et les pertes humaines et des biens, sachant que les indicateurs sociaux sont difficiles à quantifier. D'un autre côté, une telle méthode paramétrique est d'une grande utilité et peut servir d'une banque d'informations pratiques de base pour caractériser ce qui est en réalité un écosystème humain et naturel complexe.

De tels résultats permettront d'indiquer si un écosystème socioéconomique et matériel est résilient, sensible ou exposé aux risques d'inondation et aideront à identifier les mesures adéquates qui donneraient une certaine confiance et le meilleur retour sur investissement dans un contexte régional qui tient compte de l'impact du risque réel présent lié aux changements climatiques, afin de promouvoir les motivations d'amélioration de mode de vie de la population subsaharienne et du développement régional (changer la façon et le concept du discours et de la communication).

les résultats peuvent servir dans la prévention des risques d'inondation, en informant les populations des dangers qui existent dans ces zones censées être accompagnées par un suivi des autorités concernées pour instaurer une vigilance accentuée, en particulier pendant les périodes hivernales.

L'analyse de la vulnérabilité des régions présahariennes aux inondations a permis de cartographier l'indice de vulnérabilité de l'ensemble du bassin dans la zone d'étude et d'identifier divers facteurs aggravants. Les résultats révèlent que les régions oasiennes sont très vulnérables aux inondations en raison de la prise en compte de plusieurs facteurs naturels et anthropiques. Parmi ces facteurs naturels figurent des terrains métamorphiques imperméables à faibles infiltrations aquifères, un réseau hydrographique dense, des rivières encaissées et un climat semi-aride caractérisé par des précipitations intenses et de courte durée. Les facteurs anthropiques sont, quant à eux, le déboisement des versants et l'influence très dure des conditions sahariennes : érosions éoliennes, urbanisation anarchique, taux de surfaces imperméables en forte augmentation, artificialisation du réseau hydrographique, dégradations et

dysfonctionnements des réseaux, installation sédentaire sur les zones à risque.

Nous pouvons conclure que les cinq provinces présentent des niveaux de risque relativement fort, du fait d'un aléa fort, et d'une vulnérabilité plus forte caractérisée par une urbanisation mal contrôlée.

Il est permis d'écrire que l'analyse des problèmes d'inondations urbaines doit conduire les collectivités territoriales à s'engager à assimiler des expertises scientifiques et s'intéresser à de telles études de vulnérabilité des régions oasiennes sous un climat très hostile dans le tissu urbain. Il est donc indispensable de procéder de rassembler toutes les informations disponibles actuelles et historiques dans une synthèse globale et multidisciplinaire à l'échelle du bassin versant, en tenant compte de tous les paramètres différents et complexes associant l'Humain au naturel au service d'une meilleure gestion durable des villes futures afin d'amoindrir les conséquences négatives socioéconomiques.

RÉFÉRENCES

- Aaron C, Venkatesh M (2009) Effet des données topographiques, de la configuration géométrique et de l'approche de modélisation sur la cartographie des inondations. configuration géométrique et de l'approche de modélisation sur la cartographie de l'inondation. *Journal of Hydrology* 377 : 131-142.
- Adger, W.N.(2006).Vulnerability.Global Environmental Change, 16 (3),268-281.<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>.
- Adlouni S El, Ouarda TBMJ, Zhang X, Bobée B (2007) Generalized Maximum Likelihood Estimators for the Nonstationary Generalized Extreme Value Model. *Likelihood Estimators for the Nonstationary Generalized Extreme Value Model. Water Resour Res* 43.
- AFP Agence France- Presse (2018). Les pertes économiques liées aux catastrophes climatiques explosent partout dans le monde, consulté le 13/09/2020 sur https://www.20minutes.fr/economie/2352087-20181010_France-monde-pertes_economiques-liees-catastrophes-climatiques-explosent.
- Aguilar, E., Peterson, T., Obando, P. R., Frutos, R., Retana, J. A., Solera, M., Soley, J., García, I. G., Araujo, R., & Santos, A. R. (2005). Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South America, 1961–2003. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 110(23), 1- 15.
- Ait Hamza, M, B, El Faskaoui and Fermin, Alfons., 2009. Migration and environmental change in Morocco: The case of rural oasis villages in the Middle Draa Valley, EACHFOR
- Akaike H (1973) Théorie de l'information et extension du principe du maximum de vraisemblance. maximum de vraisemblance. 2e Symposium international sur la théorie de l'information, Akademiai Kiado, 199-213.
- Al-Zahrani M, Al-Areeq A, Sharif H (2016) Flood analysis using HEC-RAS model : case study for Hafr Al-Batin Saudi Arabia. une étude de cas pour Hafr Al-Batin, Arabie Saoudite. 3e Conférence européenne sur la gestion des risques d'inondation.
- Amalric, M. (2019). Habiter l'environnement pour une géographie sociale environnementale : Nature, paysage, risque [HDR]. Université de Bretagne occidentale. *Annales de géographie*, 627- 628, 452- 470.
- Anon, 2004. Chiffres clés 2004. Rabat : Haut Commissariat au Plan. Direction de la statistique. <http://www.statistici-hcp.ma/>
- Antea Group. (2020). Étude d'impact environnemental et social pour le projet de construction du tronçon nord de la boucle225kV autour de Bamako (98 094/VD ; p. 234).
- Aribi, F., & Sghaier, M. (2021). Livelihood vulnerability assessment to climate change and variability : The case of farm households in South-East Tunisia. *Environment, Development and Sustainability*, 1- 28.

- Assemblée nationale. (2016). Commission d'enquête parlementaire sur le foncier urbain au BurkinaFaso (p. 38) [Rapport de synthèse]. Assemblée nationale.
- Baccini, A. (2010). Statistique Descriptive Multidimensionnelle (pour les nuls). Institut de Mathématiques de Toulouse. <https://www.math.univ-toulouse.fr/~baccini/zpedago/asdm.pdf>.
- Balica S, Wright NG, 2009. A network of knowledge on applying an indicator based methodology for minimizing flood vulnerability. *HydrolProc* 23: 2983-2986.
- Balica, S., Douben, N., & Wright, N. G. (2009). Flood vulnerability indices at varying spatial scales.
- Balica, S.F. and Wright, N.G, 2010. Reducing the complexity of flood vulnerability index. *Environmental Hazard Journal*, 9 (4), 321–339.
- Balica, S.F., Wright, N.G., van der Meulen, F., 2012, A flood vulnerability index for coastal cities and its use in assessing climate change impacts, *Natural Hazards*, Vol. 52, Springer Publisher, ISSN 0921-030X
- Banque mondiale. (2011). Analyse environnementale du milieu urbain- Volume 2 : Profil environnemental des villes de Bamako, Gao, Mopti et Sikasso (Rapport final N° 60788- ML ;
- Banque Mondiale. (2016). Communiqué de Presse, consulté le 14/09/2020 sur <https://www.banquemondiale.org/fr/news/press-release/2016/11/14/natural-disasters-force-26-million-people-into-poverty-and-cost-520bn-in-losses-every-year-new-world-bank-analysis-finds>.
- Barroca, B., & Hubert, G. (2008). Urbaniser les zones inondables, est-ce concevable ? Développement durable et territoires. *Économie, géographie, politique, droit, sociologie*, Dossier 11, Article Dossier 11. <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.7413>.
- Barroca, B., Pottier, N., & Lefort, E. (2005). Analyse et évaluation de la vulnérabilité aux inondations du bassin de l'Orge aval. 1- 12.
- Basara, N. (2019). L'érosion des littoraux à falaises meubles en Bretagne : Aléa, enjeux et gestion du risque [Thèse de Géographie]. Université de Bretagne occidentale.
- Bastie, J., & Dézert B. (1980). *L'espace urbain*. (Masson) Paris, 381 p.
- Bawa, I. H. (2018). Sentiment d'efficacité personnelle et performances des étudiants de l'Université de Lomé : Impact du sexe. *Les cahiers du CEDIMES*, 12(3), 29- 39
- Becerra, S. (2012). Vulnérabilité, risques et environnement : L'itinéraire chaotique d'un paradigme sociologique contemporain. *Vertigo- la revue en sciences de l'environnement*, 12(1), 1- 27. <https://doi.org/10.4000/vertigo.11988>.
- Becerra, S., Peltier, A., Antoine, J. M., Labat, D., Chorda, J., Ribolzi, O., Daupras, F., & Dartus, D. (2013). Comprendre les comportements face à un risque modéré d'inondation - Étude de cas dans le périurbain toulousain (Sud-Ouest de la France). *Hydrological Sciences Journal*, 58(5), 945- 965. <https://doi.org/10.1080/02626667.2013.786181>.

- Bechler-Carmaux, N., Mietton, M., & Lamotte, M. (2000). Le risque d'inondation fluviale à Niamey (Niger). *Aléa, vulnérabilité et cartographie/River flood risks in Niamey (Niger). Hazards, vulnerability and mapping. Annales de géographie*, 109(612), 176- 187.
- Bell, V.A., Houghton-Carr, H.A., Miller, J., Rameshwaran, P., Rickards, N., & Warnaars, T. (2019). Modéliser les futures inondations et les ressources en eau en Afrique de l'ouest. *Ied Afrique*, Numéro spécial, [en ligne].
- Benitez, F., Reghezza-Zitt, M., & Meschinet de Richemond, N. (2020). Culture du risque cyclonique et résilience individuelle en Guadeloupe et à Saint-Martin. *EchoGéo*, 51, Article51. <https://doi.org/10.4000/echogeo.18567>.
- Benmohammadi A., Ben Mohammadi L., Ballais, J.L., Riser, J. 2000. Analyse des interrelations anthropiques et naturelles : leur impact sur la recrudescence des phénomènes d'ensablement et de désertification du sud-est du Maroc, *Sécheresse* 11 : 297-308.
- Bertoni, J. C. (2006). Inondations urbaines en Amérique latine : Réflexions sur le rôle des facteurs de risque. 123- 141.
- Bertrand D. (2007). Variabilité et tendances pluviométriques dans le nord-ouest de la Centrafrique : enjeux environnementaux, Mémoire online, Université d'Abomey-Calavi - DEA
- Bertrand, M. (2012). Gouvernance des services essentiels à Bamako, Mali. Contribution au Chapitre « Métropoles » du Rapport GOLD III (p. 59).
- Bertrand, M. (2019). Banlieues populaires de Bamako : Ici aussi, « on est tous dans le brouillard ».
- Bhagat, R. S., & Bisen, D. K. (2015). Flood Study of Wainganga River in Maharashtra Using GIS & Remote Sensing Techniques. *International Journal of Science and Research*, 782- 785.
- Bikienga, I., & Garane, A. (2012). Étude sur la prévention et la gestion des catastrophes et crises humanitaires au Burkina Faso- Contexte général des catastrophes et crises humanitaires au Burkina Faso (p. 126) [Version finale]. SP/CONASUR.
- Birkmann, J. (2007). Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications. *Environmental Hazards*, 7(1), 20- 31. <https://doi.org/10.1016/j.envhaz.2007.04.002>.
- Birkmann, J., & Wisner, B. (2006). Measuring the unmeasurable : The challenge of vulnerability [Report of the Second Meeting of the UNU-EHS Expert Working Group on Measuring Vulnerability, 12-15 October 2005]. UNU-EHS.
- Bodian, A. (2014). Caractérisation de la variabilité temporelle récente des précipitations annuelles au Sénégal (Afrique de l'Ouest). 18.
- Boissier, L. (2013). La mortalité liée aux crues torrentielles dans le sud de la France : Une approche de la vulnérabilité humaine face à l'inondation.
- Bonaccorsi, J., Jacquino, F., & Vogt, M. (2018). Regard pluridisciplinaire sur les usages sociaux de géovisualisations 3D pour la sensibilisation au risque d'inondation - un exemple rhodanien.

- Revue internationale de Géomatique, 28(1), 69- 94. <https://doi.org/10.3166/riG.2017.00038>.
- Bonnefoy, N. (2018). Catastrophes climatiques : Mieux prévenir, mieux reconstruire, mission d'information sur la gestion des risques climatiques et l'évolution de nos régimes d'indemnisation (note de synthèse N° 628 ; p. 4).
- Bonnet, E. (2002). Risques industriels : Évaluation des vulnérabilités territoriales : Le cas de l'estuaire de seine [Doctorat en Géographie]. Université Le Havre.
- Bonnet, E., Almaric, M., Nikiema, A., Robert, E., & Hangnon, H. (2017a). Comportements des Ouagalais face aux inondations (p. 4) [Note de politique]. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02362050>.
- Bonnet, E., Almaric, M., Nikiema, A., Robert, E., & Hangnon, H. (2017 b). Connaissances des inondations par les Ouagalais (p. 4) [Note de politique]. IRD. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02362045>.
- Boudou, M. (2015). Approche multidisciplinaire pour la caractérisation d'inondations remarquables : Enseignements tirés de neuf évènements en France (1910-2010). Université Paul Valéry-Montpellier III.
- Boulbry, G. (2006). Enquêtes verbales et biais méthodologiques. La Revue des Sciences de Gestion, n° 222(6), 69- 78
- Bouraima, Z. (2019). Sociologie de l'assainissement : Latrinisation, représentations sociales et logiques d'action dans les villes moyennes au Burkina Faso. 431.
- Bourhis, J.-P. L. (2007). Du savoir cartographique au pouvoir bureaucratique. Les cartes des zones inondables dans la politique des risques (1970-2000). Genèses, n° 68(3), 75- 96.
- Bouvier, C. (2004). De la pluie à l'inondation : Contribution à la compréhension et à la prévision des évènements extrêmes sur petits bassins tropicaux et méditerranéens [Habilitation à diriger des recherches de l'École doctorale Sciences de la Terre et de l'Eau, Université Montpellier II]. http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-03/010041698.pdf
- Bouvier, C., Alcoba, M., Cazenave, F., Chahinian, N., Coulibaly, G., Crès, A., Crespy, A., Gosset, M., Fowe, T., Miller, J., Turko, M., & Sawadogo, L. (à paraître). Modélisation à fine résolution spatiale des inondations dans une agglomération urbaine, par couplage d'un modèle hydrologique et d'un modèle de transfert en réseau. La Houille Blanche-Revue internationale de l'eau, 10.
- Box, G. E. P. (1979). Robustness in the strategy of scientific model building, *Robustness in Statistics*.
- Boyard-Micheau, J., & Camberlin, P. (2015). Reconstitution de séries de pluies quotidiennes en Afrique de l'Est : Application aux caractéristiques des saisons des pluies. *Climatologie*, 12, 83- 105.
- Breysse. (2009), Historique, vocabulaire, perception – le risque, consulté le 24/06/2021 sur http://www.unit.eu/cours/cyberRisques/etage_1/co/Module_Etage_1_14.html.
- Brunner GW (1995) HEC-RAS, River analysis system. Manuel de référence. US Army Corps of

- Engineers, Hydrologic Engineering Center.
- Buckle, P., Marsh, G., & Smale, S. (2001). *Assessing resilience and vulnerability : Principles, strategies and actions* (N° 15/2000; EMA Project, p. 50). Victorian Government Publishing Services.
- Cadier, E., Zevallos, O., & Basabe, P. (1996). Le glissement de terrain et les inondations catastrophiques de la Josefina en Équateur. *Bull. Inst. fr. études andines*, 25(3), 421- 441.
- CADRI. (2015). *Rapport d'évaluation des capacités nationales pour la réduction des risques, la préparation et la réponse aux urgences au Mali* (p. 78). Capacity for disaster reduction initiative. Calédonie). *Physio-Géo. Géographie physique et environnement*, Volume 14, 277- 306. <https://doi.org/10.4000/physio-geo.9431>
- Cannon, T. (2000). Vulnerability analysis and disasters. In *Floods* (Parker J.A., eds, Vol. 1, p.
- Cardona, O. D. (2004). The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective : A necessary review and criticism for effective risk management. In *Mapping Vulnerability : Disasters, Development and People* (1st edition, p. 37- 51). Routledge.
- Carpenter, S., Walker, B., Anderies, J., & Abel, N. (2001). From Metaphor to Measurement : Resilience of What to What? *Ecosystems*, 4, 765- 781. <https://doi.org/10.1007/s10021-001-0045-9>.
- Carter, M. R., Little, P., and Mogue, T. 2007. Poverty traps and natural disasters in Ethiopia and Honduras. *World Development*, 35(5), 835-856.
- Cattle, H. and Boscolo, R. (2007) . CLIVAR/Commission for Climatology ETCCDI contributions to studies of climate extremes. *Geophysical Research Abstracts*, 9, 5–2 .
- Centre for Research on the Epidemiology of Disasters- CRED. (2019). *Disasters in Africa : 20 years review (2000-2019)*. 56, 2.
- Cerema. (2016). *Référentiel national de vulnérabilité aux inondations* (p. 128) [Guide]. Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer (MEEM).
- Cherqui, F. (2005). *Méthodologie d'évaluation d'un projet d'aménagement durable d'un quartier- méthode ADEQUA*.
- Civate, M., & Mandel, F. (2008). *La mesure de la hauteur des précipitations (comprendre la météo,*
- Coeur, D. (2012). *Guide méthodologique pour la collecte des informations historiques sur les inondations (Base de données historiques sur les Inondations (BDHI) N° 3 ; p. 40)*.
- Colbeau-Justin, L. [2002]. *Stratégies de faire face dans le cas d'une inondation catastrophique : Analyse des paramètres psychosociaux dans les procédures de gestion de crise* [p. 89] [Rapport pour le Programme de recherche RIO2]. Ministère de l'Écologie et du Développement durable.
- Comby, E., & Lay, Y.-F. L. [2011]. *Raconter la crise : les extrêmes hydrologiques au prisme de la presse locale [Drôme]*. *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, Hors-série 10.
- Condomines, B., & Hennequin, E. [2013]. *Étudier des sujets sensibles : les apports d'une approche mixte*.

- 2[5], 12- 27.
- Connor R.F., & Hiroki K. 2005. Development of a method for assessing flood vulnerability, Coulson, D., Joyce,
- CRED. (2020). Human Cost of Disasters (2000-2019) (N°. 61 ; p. 2). Centre for Research on the Epidemiology of Disasters CRED; UCLouvain; USAID. <https://cred.be/sites/default/files/CRED-Disaster-Report-Human-Cost2000-2019.pdf>
- CSIG [2008] Étude pour la réalisation d'une cartographie et d'un système d'information géographique sur les risques majeurs au Maroc. Mission 1 identification des risques le risque d'inondation.
- CSIG, 2008. Étude pour la réalisation d'une cartographie et d'un système d'information géographique sur les risques majeurs au Maroc. Mission 1 identification des risques le risque d'inondation. Version 1.0 Septembre-2008.
- Cutter, S. L. [2003]. The Vulnerability of Science and the Science of Vulnerability. *Annals of the Association of American Geographers*, 93(1), 1- 12. <https://doi.org/10.1111/1467-8306.93101>.
- Cutter, S. L., & Emrich, C. T. [2017]. Social vulnerability index [SoVI®]: Methodology and limitations. Columbia, SC : Hazards and Vulnerability Research Institute, 1- 6.
- Cutter, S. L., Boruff, B. J., & Shirley, L. W. [2003]. Social vulnerability to environmental hazards.
- Cutter, S. L., Burton, C. G., & Emrich, C. T. [2010]. Disaster resilience indicators for benchmarking baseline conditions. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 7(1), 1- 22. <https://doi.org/10.2202/1547-7355.1732>.
- Cutter, S. L., Mitchell, J. T., & Scott, M. S. [2000]. Revealing the vulnerability of people and places : A case study of Georgetown County, South Carolina. *Annals of the association of American Geographers*, 90(4), 713- 737.
- CYPRES. [nd], Aléas dans Glossaire des risques majeurs, consulté le 04/01/2019 sur <https://www.cypres.org/Default/glossaire-des-risques-majeurs.aspx#>.
- D'Ercole, R., & Metzger, A. [2009]. La vulnérabilité territoriale : Une nouvelle approche des risques en milieu urbain. *Cybergeog : European Journal of Geography [A ligne]*, Document447, 16.
- Da, M. L. C., & Bonnet, E. [2020]. Risques d'inondations au Sahel : Modélisation des facteurs sociaux porteurs de dommages structurels aux ménages de Bamako [Mali]. *Regardsuds, Numéro spécial*, 75- 89.
- Dahan R, Boughlala M, Mrabet R, Laamri A, Balaghi R and Lajouad L, 2012. A Review of available knowledgs on land degradation in Morocco.ICARDA, International Center for Agricultural Research in the Dry Areas.
- Dahroni, Arozaq M. and Khoirunisa N. (2017). Disaster Risk Reduction and Climate Change Investment in Disaster Education Context, *Sumatra Journal of Disaster, Geography and Geography Education*, 1(2), 79-83
- Danvidé, T. B. (2015). Gouvernance des politiques de planification urbaine et gestion des inondations à

- Cotonou [Bénin] [Thèse de doctorat en géographie humaine et régionale, Université Paris 8 et en urbanisme et gestion de l'environnement, Université d'Abomey-Calavi]. <http://www.theses.fr/2015PA080149>
- Dauphiné, A., & Provitolo, D. [2013]. Risques et catastrophes. Observer, spatialiser, comprendre, gérer [Armand Collin].
- Dazé, A., Ambrose, K., & Ehrhart, C. [2010]. Analyse de la vulnérabilité et de la capacité d'adaptation au changement climatique [1re édition]. CARE International.
- De Sardan, J.-P. O. [2008]. La crise humanitaire vue d'en bas. *Afrique contemporaine*, 225, 217- 294.
- Deepak, S., Rajan, G., & Jairaj, P. [2020]. Geospatial approach for assessment of vulnerability to flood in local self-governments. *Geoenvironmental Disasters*, 7(1), 1- 19.
- Dequincey O. et Thomas P. [2017]. Aléas et risques dans Planet Terre- Ressources scientifiques pour l'enseignement des sciences de la Terre et de l'Univers, consulté le 18/01/2019 sur <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/FEL2017.xml>.
- Dewan, A. [2013]. Floods in a megacity : Geospatial techniques in assessing hazards, risk and vulnerability. Springer.
- DHS, 2004. PAUVRETÉ, DÉVELOPPEMENT HUMAIN ET DÉVELOPPEMENT SOCIAL AU MAROC.
Données cartographiques et statistiques. Septembre 2004.
- Douglas, I. [2017]. Flooding in african cities, scales of causes, teleconnections, risks, vulnerability and impacts. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 26, 34- 42. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.09.024>
- Douglas, I., Alam, K., Maghenda, M., McDonnell, Y., Mclean, L., & Campbell, J. (2008). Unjust waters : Climate change, flooding and the urban poor in Africa. *Environment and Urbanization*, 20(1), 187- 205. <https://doi.org/10.1177/0956247808089156>
- Dunglas, J. (2005). Typologie des aléas et connaissance de la vulnérabilité. Le point de vue de l'ingénieur. *Annales des mines*.
- Encounters Across the Atlas : Fieldtrip in Morocco 2011. <http://hdl.handle.net/10138/37939>. ISSN 0786-2172.
- ENS Lyon. (2015). Risques dans Géoconfluences, consulté le 20.11.2018 sur <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/risque-s>.
- Environmental Change and Forced Migration Scenarios, Deliverable reference number and title. SSP : D 2.5.2.3.
- EVICC, 2011a. Évaluation de la vulnérabilité et des impacts du changement climatique dans les oasis du Maroc et structuration de stratégies territoriales d'adaptation. Mission 1.1 : Bilan- Diagnostic des vulnérabilités climatiques et des capacités d'adaptation en situation actuelle, Bassin oasien de Dadès- Draa - Mai 2011. Pages 64 et 65.

- EVICC, 2011b. Évaluation de la vulnérabilité et des impacts du changement climatique dans les oasis du Maroc et structuration de stratégies territoriales d'adaptation. Mission 1.1 : Bilan-Diagnostic des vulnérabilités climatiques et des capacités d'adaptation en situation actuelle. Rapport complémentaire - octobre 2011.
- EVICC, 2011c : Évaluation de la vulnérabilité et des impacts du changement climatique dans les oasis du Maroc et structuration de stratégies territoriales d'adaptation. Mission 1.1 : Bilan-Diagnostic des vulnérabilités climatiques et des capacités d'adaptation en situation actuelle Bassin oasien du Ziz- Tafilalet - Mai 2011
- EVICC, 2011d. Évaluation de la vulnérabilité et des impacts du changement climatique dans les oasis du Maroc et structuration de stratégies territoriales d'adaptation. Mission 1.1 : Bilan-Diagnostic des vulnérabilités climatiques et des capacités d'adaptation en situation actuelle Bassin oasien de Dadès- Draa - Mai 2011
- EVICC, 2011e. Évaluation de la vulnérabilité et des impacts du changement climatique dans les oasis du Maroc et structuration de stratégies territoriales d'adaptation. Mission 1.1 : Bilan-Diagnostic des vulnérabilités climatiques et des capacités d'adaptation en situation actuelle. Bassin oasien de Guelmim - Tata –Mai 2011.
- Fatemi, F., Ardalán, A., Aguirre, B., Mansouri, N., & Mohammadfam, I. (2017). Social vulnerability indicators in disasters : Findings from a systematic review. *International journal of disaster risk reduction*, 22, 219- 227.
- Felli, R. (2014). Adaptation et résilience : Critique de la nouvelle éthique de la politique environnementale internationale. *Éthique publique. Revue internationale d'éthique sociétale et gouvernementale*, 16 (vol. 16, n° 1), Article 1. <https://doi.org/10.4000/ethiquepublique.1371>.
- FEMA. (2013) Plan pluriannuel d'identification des risques d'inondation (MHIP), version 1.0,
- Fortin, G., Poirier, C., Duhamel, F., & Germain, D. (2020). Risques d'inondation et vulnérabilité : L'exemple du bassin versant de la rivière Kennebecasis, Nouveau-Brunswick, Canada. *Idées d'Amériques*, 15. <https://doi.org/10.4000/ideas.7999>.
- Fouchier, C. (2010). Développement d'une méthodologie pour la connaissance régionale des crues [Doctorat en Hydrologie]. Université Montpellier II.
- Fuchs S, Kuhlicke C, Meyer V, 2011. Editorial for the special issue: vulnerability to natural hazards— the challenge of integration. *Nat Hazards* 58: 609- 619.
- Fujiki, K. (2017). Étude prospective des impacts sociaux d'une inondation majeure en région Ile- de France. Disparités sociospatiales dans la prise en charge des populations franciliennes en situation de crise et post-crise : Une analyse cartographiée et quantifiée des besoins des ménages, de l'évacuation à la reconstruction [Thèse de Géographie]. Université de Lyon (Université Jean Moulin Lyon 3).
- Fulleriger, D. (1996). Incertitude du risque industriel majeur [Thèse de doctorat de troisième cycle].

Université de Savoie, École Supérieure d'ingénieurs de Chambéry.

- Gascon, E. (2017). Conception par l'opportunité pour des villes écorésilientes aux inondations [Doctorat en Architecture et aménagement de l'espace]. Université Paris-Saclay.
- GIEC (2012) Gérer les risques d'événements extrêmes et de catastrophes pour faire progresser l'adaptation au changement climatique. l'adaptation au changement climatique. Rapport spécial du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution Climate Change. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat : 978-1-107- 02506-6.
- GIEC. (2007). Bilan 2007 des changements climatiques [Rapport de synthèse]. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.
- Gilles D, Moore M (2010) Review of hydraulic flood modeling software used in Belgium, The Netherlands, and The United Kingdom, Int. Perspectives in Water Resource Management, IIHR, Hydroscience & Engineering University of Iowa.
- Gleyze, J.-F., & Reghezza, M. (2007). La vulnérabilité structurelle comme outil de compréhension des mécanismes d'endommagement. *Géocarrefour*, 82(1- 2).
- Gómez-Quintero, J. D., Martínez, J. G., & Maldonado, L. (2020). Socioeconomic vulnerability and housing insecurity : A critical factor in child care in Spain. *Children and Youth Services Review*, 114, 105021.
- Gosset, M., Cazenave, F., Zougmore, F., Doumounia, A., & Kacou, M. (2015). Rainfall measurements from cellular networks microwave links : An alternative ground reference for satellite validation and hydrology in Africa. *Environmental Science*.
- Gwatkin, D. R., Rutstein, S., Johnson, K., Suliman, E., Wagstaff, A., & Amouzou, A. (2007). Socio-Economic Differences in Health, Nutrition, and Population Within Developing Countries : An Overview (Country Reports on HNP and Poverty N° 48361; p. 301). The World Bank. <http://jama.jamanetwork.com/article.aspx?doi=10.1001/jama.298.16.1943>.
- Hallegatte, S., Vogt-Schilb, A., Bangalore, M., & Rozenberg, J. (2016). Unbreakable- Building the resilience of the poor in the face of natural disasters (Climate Change and Development Series, p. 201) [Résumé de rapport]. World Bank Group. <https://doi.org/10.1596/978-1- 4648-1003-9>.
- Hammond, M. J., Chen, A. S., Djordjević, S., Butler, D., & Mark, O. (2015). Urban flood impact assessment : A state-of-the-art review. *Urban Water Journal*, 12(1), 14- 29.
- Hauhouot, C. (2008). Analyse du risque pluvial dans les quartiers précaires d'Abidjan. Étude de cas à Attécoubé. *Geo-Eco-Trop*, 32, 75- 82
- HCP, 2010. LE MAROC DES RÉGIONS 2010. ROYAUME DU MAROC. HAUT- COMMISSARIAT AU PLAN
- Heidecke C & Roth, —Drought Effects on Livestock Husbandry in IMPETUS Atlas Morocco. Research Results 2000–2007. 3rd Edition, edited by Schulz, Oliver and Judex, Michael, Department of Geography, University of Bonn, Germany, (2008).
- Heitz, C., Brun, J., Rozan, A., & Martin, B. (2018). Analyse diachronique de la vulnérabilité par

- l'évaluation des dommages potentiels : Quels enjeux dans le temps? VertigO : la revue électronique en sciences de l'environnement, 18(3).
- Holand, I. S., Lujala, P., & Rød, J. K. (2011). Social vulnerability assessment for Norway : A quantitative approach. *Norsk Geografisk Tidsskrift-Norwegian Journal of Geography*, 65(1), 1- 17.
- Horitt MS, Bates PD (2001) Effects of spatial resolution on a raster based modèle d'écoulement des crues. *Journal of Hydrology* 253 : 239-249.
- Hostache, R. (2007). Analyse d'images satellitaires d'inondations pour la caractérisation tridimensionnelle de l'aléa et l'aide à la modélisation hydraulique [Sciences of the Universe (Physics)]. École Nationale du Génie rural, des Eaux et forêts (ENGREF).
- Hountondji, Y.-C., De Longueville, F., & Ozer, P. (2011). Trends in extreme rainfall events in Benin (West Africa), 1960-2000. *Proceedings of the 1st International Conference on Energy, Environment and Climate Change..*
- Hubert, G., & Ledoux, B. (1999). *Le Coût du risque... : L'évaluation des impacts socio- économiques des inondations*. Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées.
- Huete A. R. (1988). A Soil—Adjusted Vegetation Index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 25, 295- 309.
- Hugon, P. (2017). Les trappes à vulnérabilité et les catastrophes : Niveaux d'analyse et approches systémiques. *Mondes en développement*, 45(180), 13- 34.<https://www.monde-diplomatique.fr/2017/10/180>
- IIED, London, UK and UNDP/DDC, Nairobi, Kenya. x + 86p. Ouhajou L, 1996. *Espace Hydraulique et Société au Maroc. Cas des Systèmes d'Irrigation dans la Vallée du (Doctoral thesis)*. Agadir : Université Ibn Zohr.
- In *Vulnérabilités résidentielles (La Tour d'Aigues, p. 163- 179)*. Éditions de l'aube.
- INERIS. (2014). *Risque dans PRIMARISK®- Plateforme des ressources intégrées pour la maîtrise des risques*. International journal of environmental studies, 61(1), 31- 38.
- IPCC, 2001. Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate change 2001 : Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. IPCC, 2012., *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. Special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Intergovernmental panel on climate change : 978-1-107-02506-6. Kabiri, 2012. *Desertification trends and local action in the oases of Tafilalt, South-East Morocco*.
- IPCC, *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. Special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Intergovernmental panel on climate change : 978-1-107- 02506-6. (2012)
- Janssen, M., Schoon, M., Ke, W., & Borner, K. (2006). *Scholarly networks on resilience, vulnerability*

- and adaptation within the human dimensions of global environmental change. *Global Environmental Change*, 16, 240- 252. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.04.001>.
- Javadi, S., Hashemy, S., Mohammadi, K., Howard, K., & Neshat, A. (2017). Classification of aquifer vulnerability using K-means cluster analysis. *Journal of hydrology*, 549, 27- 37.
- Jonkman, S. N., & Kelman, I. (2005). An analysis of the causes and circumstances of flood disaster deaths : An analysis of the causes and circumstances of flood disaster deaths. *Disasters*, 29(1), 75- 97. <https://doi.org/10.1111/j.0361-3666.2005.00275.x>.
- Judge, V. (2019). Apport de l'apprentissage automatique pour la modélisation et l'analyse des changements d'occupation du sol. Université Bourgogne Franche-Comté.
- Karmaoui A, Balica S.F, Messouli M (2016) Analyse de l'applicabilité de l'indice de vulnérabilité aux inondations dans la région présaharienne. vulnérabilité dans la région présaharienne, une étude pilote pour évaluer les inondations au Sud du Maroc. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discutez*.
- Karmaoui A, Messouli M, Yacoubi Khebiza M, Ifaadassan I (2014). Vulnérabilité environnementale face aux changements climatiques et aux impacts anthropiques en zones arides, (étude pilote : vallée du Draa moyen, sud du Maroc). *J Earth Sci Clim Change* 2014, S11, pp : 1-12.
- Kellens, W., Zaalberg, R., Neutens, T., Vanneuville, W., & De Maeyer, P. (2011). An Analysis of the Public Perception of Flood Risk on the Belgian Coast. *Risk Analysis*, 31(7), 1055- 1068. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2010.01571.x>.
- Kessler, M.-C., Lascoumes, P., & Thoenig, J.-C. (1998). Évaluation des politiques publiques.
- Klose A, 2009. Soil characteristics and soil erosion by water in a semi-arid catchment (WadiDrâa, South Morocco under the pressure of global change.
- Kouassi, A., Nassa, R., Yao, K., Kouame, K., & Biemi, J. [2018]. Modélisation statistique des pluies maximales annuelles dans le District d'Abidjan [sud de la Côte d'Ivoire]. *Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science*, 31[2], 147- 160.
- Koumassi, D. H., Tchibozo, A. E., Vissin, E., & Houssou, C. [2014]. Analyse fréquentielle des évènements hydropluviométriques extrêmes dans le bassin de la Sota au Bénin. *Afrique Science : Revue internationale Des Sciences et Technologie*, 10[2], Article 2. <https://doi.org/10.4314/afsci.v10i2>.
- Kursah, M. B. [2013]. Application of GIS in flood detection for road infrastructure planning in north-eastern corridor of Northern Ghana. *International Journal of Applied*, 3(5), 94- 106.
- L., 2006. Indexing variability: A case study with climate change impacts on ecosystems, *Ecological Indicators* 6, pp. 749-769.
- Laganier, R. (2006). Territoires, inondation et figures du risque. La prévention au prisme de l'évaluation. L'Harmattan.
- Lallau, B., & Rousseau, S. [2009]. De la vulnérabilité à la résilience : Une approche par les capacités de la gestion des risques. In *Risques et environnement : Recherches interdisciplinaires sur la*

- vulnérabilité des sociétés [A. Peltier et S. Beccera [dir.], p. 213- 234]. L'Harmattan.
- Lang, M., Coeur, D., Bard, A., Bacq, B., Becker, T., Bignon, E., Blanchard, R., Bruckmann, L., Delserieys, M., & Edelblutte, C. (2013). Les inondations remarquables en France : Premiers éléments issus de l'enquête EPRI 2011. *La Houille Blanche*, 5, 37- 47.
- Lavallée, S., & Maljean-Dubois, S. [2016]. L'Accord de Paris : Fin de la crise du multilatéralisme climatique ou évolution en clair-obscur ? *Revue juridique de l'environnement*, Volume 41[1], 19- 36.
- Le Duff, M., Dumas, P., & Allenbach, M. [2019]. L'approche géohistorique pour la cartographie des risques naturels : Application au risque de submersion marine à Ouvéa [Nouvelle-
Le Jallé, C., [2013]. La gestion des eaux pluviales [GEP] en milieu urbain dans les pays en développement - État des lieux et pistes de réflexion pour un futur programme de recherche-action [p. 38]. Programme Solidarité Eau.
- Le Lay, Y.-F., & Rivière-Honegger, A. [2009]. Expliquer l'inondation : La presse quotidienne régionale dans les Alpes et leur piedmont [1882-2005]. *Géocarrefour*, 2009(Vol. 84/4), 259- 270. <https://doi.org/10.4000/geocarrefour.7555>
- Lee KS, Lee SI (2003) Assessment of Post-Flooding Conditions of Rice Fields with Multi-Temporal Satellite Sar Data. *Fields with Multi-Temporal Satellite Sar Data. International Journal of Remote Sensing*, 24 : 3457-3465. *Sensing*, 24 : 3457-3465.
- Lefaso.net. (2011). Protection civile : Conduite à tenir en cas d'inondation, d'éclair et de tonnerre. Lefaso.net. <https://lefaso.net/spip.php?article43429>.
- Leone & Vinet. (2006). La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles- analyse géographique [Analyses géographiques].
- Leone, F., & Vinet, F. [2006]. La vulnérabilité, un concept fondamental au cœur des méthodes d'évaluation des risques naturels. In *La vulnérabilité des sociétés et territoires face aux menaces naturelles* [Ouvrage collectif sous la direction de Leone F. et Vinet F., Vol. 4].
- Leone, F., Deymier, J., Chapelon, L., Colas, A., & Jomelli, V. (2011). Debris flows et accessibilité routière dans les Alpes françaises : Caractérisation et modélisation des vulnérabilités physiques, fonctionnelles, et territoriales. *Actes du XXIVe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, Rovereto, Italy, 369- 374.
- Lhéréty, H. [2011]. La solitude du thésard de fond. *Sciences humaines*, 10, 10- 10.
- Lhomme, S., Serre, D., Diab, Y., & Laganier, R. [2010]. Les réseaux techniques face aux inondations ou comment définir des indicateurs de performance de ces réseaux pour évaluer la résilience urbaine. *Bulletin de l'Association de géographes français*, 487- 502.
- Loba, A. D. F. V. [2020]. Restitution et présentation de travaux de recherche suivant la formulation IMRAD. *Kafoudal- Revue des sciences sociales de l'Université Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo*, 6, 1- 6.

- Mahé G. et L'hôte Y. S[2004], une sécheresse persistante et un environnement profondément modifié. *La Météorologie*, **44**[8], 2-3.
- Mama, V. J., & Oloukoi, J. [2003]. Évaluation de la précision des traitements analogiques des images satellitaires dans l'étude de la dynamique de l'occupation du sol. *Télédétection*, 3[5], 429- 441.
- Manuscript under review for journal Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Published : 11 April 2016 Author(s) 2016. CC-BY 3.0 License.
- Mara, F. [2010]. Développement et analyse des critères de vulnérabilité des populations sahéliennes face à la variabilité du climat : Le cas de la ressource en eau dans la vallée de la Sirba au Burkina Faso [Thèse de doctorat en sciences de l'environnement, Université du Québec à Montréal]. <https://archipel.uqam.ca/3608/>
- Margossian, N. [2006]. Risques et accidents industriels majeurs- caractéristiques-règlementation-prévention [Dunod].
- Masse A., 2013, Développement et automatisation de méthodes de classification à partir de séries temporelles d'images de télédétection - Application aux changements d'occupation des sols et à l'estimation du bilan carbone. Université de Toulouse, 235 p.
- McDonnell RA (1996) Including the spatial dimension : using geographical d'information géographique en hydrologie. *Progrès en géographie physique : Earth and Environment* 20 : 159-177.
- MEDD. (2004). Les inondations [p. 24] [Dossier d'information sur les risques naturels majeurs]. Ministère de l'Écologie et du Développement durable, Direction de la prévention des risques majeurs, sous-direction de la prévention des risques majeurs.
- Meschinet de Richemond, N., & Reghezza, M. [2010]. La gestion du risque en France : Contre ou avec le territoire ? *Annales de géographie*, 3[673], 248- 267. <https://doi.org/10.3917/ag.673.0248>.
- Nasiri, H., Yusof, M. J. M., & Ali, T. A. M. [2016]. An overview to flood vulnerability assessment methods. *Sustainable Water Resources Management*, 2(3), 331- 336.
- Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss., doi : 10.5194/nhess-2016-96, 2016
- Natural Hazards, 63(2), 823- 843.
- New, M. . (2006) .Evidence of trends in daily climate extremes over Southern and West Africa. *Journal of Geophysical Research*, 111, D14102
- Ngo, A. T. [2014]. Évaluation environnementale du risque d'inondation dans le delta du fleuve Ha Thanh [centre Viêt-Nam] [Doctorat en Géographie]. Université d'Orléans.
- Niang, A. J. [2008]. Les processus morphodynamiques, indicateurs de l'état de la désertification dans le sud-ouest de la Mauritanie. Approche par analyse multisource.
- Noman NS, Nelson EJ, Zundel AK (2001) Review of Automated Floodplain delineation from digital terrain models. *Journal of water resources planning and management* 127 : 394-402. management 127 : 394-402.
- November, V. (2002). Les territoires du risque : Le risque comme objet de réflexion géographique.

[Numéro BOOK]. Peter Lang.

Novembre.

Observatoire sur la responsabilité sociétale des entreprises [ORSE]. (2003). Analyse comparative d'indicateurs de développement durable. Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie.

Ologunorisa, T. E. [2004]. An assessment of flood vulnerability zones in the Niger Delta, Nigeria.

ONU Habitat. (2002). Qu'est-ce qu'une ville ? United Nations.

ONU Habitat. (2014). Les expulsions forcées [Fiche d'information n°25 ; p. 66]. Haut-commissariat des Nations Unies pour les Droits de l'Homme.

Organisation météorologique mondiale [OMM] [2003] Integrated Flood Management. des inondations. Étude de cas du Bangladesh : Flood Mahagement. Monde Organisation météorologique mondiale, OMM 544.

Ouedraogo, J., & Ndiaye, R. [2008]. La réduction des risques de catastrophes naturelles en Afrique de l'Ouest et en Afrique centrale : Perspectives locales. *enda Tiers-Monde*.

Ould Sidi Cheikh, M. A., Ozer, P., & Ozer, A. [2007]. Risques d'inondations dans la ville de Nouakchott. *Revue internationale de géologie, de géographie et d'écologie tropicales*, 31, 19- 42.

Ozer, P., & Mahamoud, A. [2013]. Recent Extreme Precipitation and Temperature Changes in Djibouti City (1966–2011). *Journal of Climatology*, 2013, e928501. <https://doi.org/10.1155/2013/928501>

Ozer, P., Laminou Manzo, O., Tidjani, A. D., Djaby, B., & De Longueville, F. (2017). Évolution récente des extrêmes pluviométriques au Niger [1950-2014]. *Geo-Eco-Trop*, 3[41, n.s.], 375- 384.

p. 11]. Météo France.

p. 69). Département du développement durable Banque Mondiale, Région Afrique.

PACC, 2011- Projet d'adaptation au changement climatique au Maroc : vers des oasis résilientes - mission 1 : mise en place d'un système d'alerte et de vigilance et d'alerte contre les risques climatiques dans les régions des oasis du sud du Maroc. Composante Guelmim – Tata. Mai 2011

PACC, 2012a. Projet d'adaptation au changement climatique au Maroc : vers des oasis résilientes. Cap sur la résilience. Vers l'adaptation des territoires oasiens. Note de communication. MAI 2012.

PACC, 2012b. Projet d'adaptation au changement climatique au Maroc : Vers des oasis résilientes - mission 1 : Mise en place d'un système d'alerte et de vigilance et d'alerte contre les risques climatiques dans les régions des oasis du sud du Maroc. RBOSM, 2008. Plan-cadre de gestion de la Réserve de Biosphère des Oasis du Sud marocain (RBOSM) ; 2008. Version provisoire.

Panda, A., & Sahu, N. (2019). Trend analysis of seasonal rainfall and temperature pattern in Kalahandi, Bolangir and Koraput districts of Odisha, India. *Atmospheric Science Letters*, 20(10), e932.

Panthou, G. (2013). Analyse des extrêmes pluviométriques en Afrique de l'Ouest et de leurs évolutions

- au cours des 60 dernières années [Doctorat spécialité Océan Atmosphère et Hydrologie].
Université de Grenoble.
- Parker, D. J. (Éd.). (2000). *Floods* (1st edition). Routledge.
- Pelling, M. (2003). *Natural Disasters and Development in a Globalizing World* (Routledge). Taylor & Francis Group.
- Periyasamy, P., Yagoub, M. M., & Sudalaimuthu, M. (2018). Flood vulnerable zones in the rural blocks of Thiruvallur District, South India. *Geoenvironmental Disasters*, 5(1), 1- 16.
- PFRRS, 2012. (Post-flood relief and recovery survey). Cambodia: Post-flood relief and recovery survey, May 2012 (<http://www.unicef.org/cambodia/>)
- PGRCI. (2020). Étude de planification de la gestion des risques climatiques (GRC) pour évaluer les codes/textes de construction et d'établissements existants en termes de risques et de dangers liés aux inondations au Mali [Rapport final].
- Picon, B., Allard, P., Claeys-Mekdade, C., & Killian, S. (2006). *Gestion du risque inondation et changement social dans le delta du Rhône : Les « catastrophes » de 1856 et 1993-1994*. Éditions Quae.
- Pigeon, P. (2002). *Réflexions sur les notions et les méthodes en géographie des risques dits naturels*.
- PilgrimDH, ChapmanTG, DoranDG (1988) Problems of rain fall-runoff modeling in arid and semiarid regions. *Hydrological Sciences Journal*, 33 :379-400.
- Posner, R. A. (2004). *Catastrophe : Risk and Response*. Oxford University Press, USA.
https://books.google.bf/books?hl=fr&lr=&id=udfIRrm9C5kC&oi=fnd&pg=PR9&dq=catastrophe&ots=n0qCj5zAm6&sig=IF0vU-0UCEYpNRI36oZOfyFtjwA&redir_esc=y#v=onepage&q=catastrophe&f=false.
- Provitolo, D. (2007a). Vulnérabilité aux inondations méditerranéennes en milieu urbain : Une nouvelle démarche géographique. *Annales de géographie*, 653(1), 23.
<https://doi.org/10.3917/ag.653.0023>.
- Provitolo, D. (2007 b). Vulnérabilité aux inondations méditerranéennes en milieu urbain : Une nouvelle démarche géographique. 1, 23- 40.
- Qazi, K. A. (2006). *Changement climatique, inondations et gestion des crues : Le cas du Bangladesh*. *Herodote*, no 121(2), 73- 94.
- Quenault, B. (2015a). La vulnérabilité, un concept central de l'analyse des risques urbains en lien avec le changement climatique. *Les Annales de la recherche urbaine*, 110(1), 138- 151.
<https://doi.org/10.3406/aru.2015.3175>.
- Quenault, B. (2015 b). De Hyōgo à Sendai, la résilience comme impératif d'adaptation aux risques de catastrophe : nouvelle valeur universelle ou gouvernement par la catastrophe ? *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie*, Vol. 6, n°3, Article Vol. 6, n°3. <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.11010>.

- Reghezza, M. (2006). La vulnérabilité : Un concept problématique. In F. Leone et F. Vinet, La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles. Analyses géographiques, Montpellier, PULM, coll. Géorisque (p. 35- 40).
- Reghezza-Zitt, M. (2015). Territorialiser ou ne pas territorialiser le risque et l'incertitude. La gestion territorialisée à l'épreuve du risque d'inondation en Île-de-France. L'Espace politique. Revue en ligne de géographie politique et de géopolitique, 26, Article 26. <https://doi.org/10.4000/espacepolitique.3543>.
- Reghezza-Zitt, M. (2017). Penser la vulnérabilité dans un contexte de globalisation des risques grâce aux échelles spatiales et temporelles. Espace populations sociétés. Space population societies, 2016/3, Article 2016/3. <https://doi.org/10.4000/eps.6641>.
- Renard, F. (2010). Le risque pluvial en milieu urbain. De la caractérisation de l'aléa à l'évaluation de la vulnérabilité : Le cas du Grand Lyon [Doctorat en Géographie et Aménagement]. Université Jean Moulin Lyon 3.
- Renard, F., & Chapon, P.-M. (2010). Une méthode d'évaluation de la vulnérabilité urbaine appliquée à l'agglomération lyonnaise. L'espace géographique, 39(1), 35- 50.
- Renisio, T., & Sinthon, R. (2014). L'analyse des correspondances multiples au service de l'enquête terrain- pour en finir avec le dualisme « quantitatif »/« qualitatif ». Genèses, n°97, 109- 125.
- Rérolle, C., Faisant, M., Telmon, N., & Saint-Martin, P. (2015). Mise en évidence des profils individuels des assurés impliqués dans les expertises de sécurité sociale. La Revue de Médecine Légale, 6(2), 53- 59. <https://doi.org/10.1016/j.medleg.2015.06.001>. Responsabilité & environnement, 43, 57- 63.
- RIAD, 2003. Typologie et analyse hydrologique des eaux superficielles 0 partir de quelques bassins versants représentatifs du Maroc. Thèse en cotutelle université des sciences et technologies de Lille & université IbnouZohr d'Agadir.
- Rousseau, C. (2001). Capabilités, risque et vulnérabilité. [Http://data.over-blog-kiwi.com/0/06/34/58/201302/ob_0dbe187435f56682b6c9c67c2270b030_sarousseau.pdf](http://data.over-blog-kiwi.com/0/06/34/58/201302/ob_0dbe187435f56682b6c9c67c2270b030_sarousseau.pdf).
- Royaume du Maroc (2008) Conseil Régional du Tourisme Guelmim Résidence Sahara, monographie de Tata. Réf : 3_tata_14_1_x152
- Rufat, S. (2010). Existe-t-il une « mauvaise » résilience ? Le Manuscript. [Https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00693161](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00693161).
- Rufat, S., Tate, E., Burton, C. G., & Maroof, A. S. (2015). Social vulnerability to floods : Review of case studies and implications for measurement. International Journal of Disaster Risk Reduction, 14, 470- 486. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2015.09.013>.
- Ruin, I. (2007). Conduite à contre-courant. Les pratiques de mobilité dans le Gard : Facteur de vulnérabilité aux crues rapides [Doctorat en Géographie]. Université Joseph Fourier.
- Ruin, I., & Lutoff, C. (2004). Vulnérabilité face aux crues rapides et mobilités des populations en temps

- de crise. *La Houille Blanche*, 6, 114- 119. <https://doi.org/10.1051/lhb:200406016>.
- Sadia, C. (2014). Risque climatique et réactivité des populations urbaines vulnérabilisées face à la montée des eaux de mer à Gonzagueville, Abidjan (Côte d'Ivoire). [VertigO] *La revue électronique en sciences de l'environnement*, 14(1).
- Saidi M. Elmehdiet al, 2010., The Ourika floods (High Atlas, Morocco), Extreme events in semi-arid mountain context. *Comunicações Geológicas*, 2010, t. 97, pp. 113-128.
- Saidi ME, Daoudi L, Aresmouk ME, Fnguire F, Boukrim S (2010) The Ourika (Haut Atlas, Maroc), événements extrêmes en contexte de montagne semi- aride. *Comunicações Geológicas* 97 : 113-128.
- Sanou, M., & Ouedraogo, E. (1998). Profil de pauvreté urbaine et accès aux services sociaux de base (p. 60). INSD.
- Scarwell, H.-J., & Laganier, R. (2017a). Chapitre 1 : Les excès hydrologiques : processus, rythmes et impacts anthropiques. In *Risque d'inondation et aménagement durable des territoires* (p. 21-53). Presses universitaires du Septentrion. [Http://books.openedition.org/septentrion/15682](http://books.openedition.org/septentrion/15682).
- Scarwell, H.-J., & Laganier, R. (2017 b). Chapitre 2 : L'intégration matérielle du risque par le biais des mesures structurelles. In *Risque d'inondation et aménagement durable des territoires* (p. 117- 162). Presses universitaires du Septentrion. [Http://books.openedition.org/septentrion/15687](http://books.openedition.org/septentrion/15687).
- Schneiderbauer, S. (2007). Risk and Vulnerability to Natural Disasters from Broad View to Focused Perspective : Theoretical background and applied methods for the identification of the most endangered populations in two case studies at different scales.
- Schwarz G (1978) Estimating the dimension of a model. *Annales de statistique* 6 :461-464.
- Sivakumar M. V. K., Das H. P. and Brunini O(2005). Impacts of present and future climate variability and change on agriculture and forestry in the arid and semi-arid Tropics, *Climate Change*, **70**, 31 -72.
- Social Science Quarterly*, 84(2), 242- 261.
- SOMAGEF. (2019). Étude de la définition des indicateurs de vulnérabilité et production des cartes des infrastructures situées dans les zones d'inondation du PGRCI (Projet de gestion des risques climatiques et d'inondation au Mali en vue de préserver des vies humaines et des biens [PGRCI], p. 123) [Rapport final]. Ministère de l'Environnement, de l'assainissement et du Développement durable.
- Soulet, M.-H. (2005). La vulnérabilité comme catégorie de l'action publique. *Pensée plurielle*, no 10(2), 49- 59.
- Tanguy, M. (2012). Cartographie du risque d'inondation en milieu urbain adaptée à la gestion de crise : Analyse préliminaire (Rapport de recherche N° R1395 ; p. 103).

- [Http://espace.inrs.ca/id/eprint/1641](http://espace.inrs.ca/id/eprint/1641).
- Tanguy, M. (2016). Développement d'une méthode de caractérisation et d'évaluation du risque humain lié aux inondations en milieu urbain [Thèse de doctorat]. Université du Québec.
- Texier, P. (2009). Vulnérabilité et réduction des risques liés à l'eau dans les quartiers informels de Jakarta- Réponses sociales, institutionnelles et non in institutionnelles [Doctorat en Géographie]. Université Paris-Diderot - Paris VII.
- Thomas, H. (2008). Vulnérabilité, fragilité, précarité, résilience, etc. Recueil Alexandries. article697.html
- Thouret, J.-C., & D'ercole, R. (1996). Vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain : Effets, facteurs et réponses sociales. Cahiers des sciences humaines. ORSTOM, 32(2), 407- 422.
- Thouret, J.-C., Leone, F., & Moriniaux, V. (2003). Aléas, vulnérabilité et gestion des risques naturels. In Questions de géographie- les risques (Éditions du temps, p. 37- 70).
- Tomety, Y. D. (2017). Exposition et vulnérabilité face aux risques d'inondation au Burkina Faso : Cas de la ville de Dori [Mémoire de fin d'études]. Université de Liège, Liège, Belgique.
- Torterotot, J. P. (1993). Le coût des dommages dus aux inondations : Estimation et analyse des incertitudes [Phd thesis]. École Nationale des Ponts et Chaussées, <https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-00421862>.
- Torterotot, J. P., Kauark-Leite, L. A., & Roche, P.-A. (1992). Analysis of individual real-time responses to flooding and influence on damage to households. In Floods and flood management (p.363-387). Springer.
- UNDRO. (1980). Natural disasters and vulnerability analysis [Report of Experts Group Meeting of 9–12 July 1979]. UNDRO.
- UNESCO. (2017). Réduction des Risques de Catastrophe, consulté le 04/01/2021 sur <http://www.unesco.org/new/fr/natural-sciences/special-themes/disaster-risk-reduction/>
- UN-Habitat. (2014). Plus de la moitié de la population mondiale vit désormais dans des villes – ONU. <https://www.un.org/development/desa/fr/news/population/world-urbanization-prospects.html>, consulté le 15/07/2018
- UNISDR. (2009). Terminologie pour la Prévention des risques de catastrophe, Genève, Stratégie internationale de prévention des catastrophes des Nations unies, consulté le 05/12/2018 sur http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologyFrench.pdf.
- UNISDR. (2015). Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe 2015-2030 (p. 40). The United Nations Office for Disaster Risk Reduction.
- UNISDR. (2016). Report of the open-ended intergovernmental expert working group on indicators and terminology relating to disaster risk reduction (A/71/644; p. 41). United Nations General Assembly.
- US Army Corps of Engineers (2010) Hydrologic Engineering Center, HEC- RAS River Analysis

- System, manuel de l'utilisateur.
- Vatsa K & Krimgold F, 2000 Financing disaster mitigation for the poor. In A. Kreimer, and M. Arnold (eds), *Managing Disaster Risk in Emerging Economies*. World Bank, Washington.
- Verlynde, N. (2018). De la perception du risque d'inondation aux propositions d'adaptation en territoire de côtes basses densément peuplées : Le cas de la communauté urbaine de Dunkerque [Doctorat de Géographie]. Université du littoral Côte d'Opale. NNT:2018DUNK0500. tel-02085107
- Veyret, Y., & Reghezza, M. (2005). Aléas et risques dans l'analyse géographique. *Annales des mines*, 40, 61- 69.
- Veyret, Y., & Reghezza, M. (2006). Vulnérabilité et risques. L'approche récente de la vulnérabilité.
- Villeneuve, J. P., Hubert, P., Mailhot, A., & Rousseau, A. N. (2005). La modélisation hydrologique et la gestion de l'eau. *Revue des sciences de l'eau*, 11, 19- 39. <https://doi.org/10.7202/705327ar>.
- Vinet, F. (2010). Le risque inondation- Diagnostic et gestion (Éditions Tec & Doc Lavoisier), coll.« Science du Risque et du Danger (SRD) », 318 p.
- Vinet, F., Boissier, L., & Defossez, S. (2011). La mortalité comme expression de la vulnérabilité humaine face aux catastrophes naturelles : Deux inondations récentes en France (Xynthia, var, 2010). *Vertigo- La revue en sciences de l'environnement*, 11(2), 1- 23. <https://doi.org/10.4000/vertigo.11074>.
- Wahnich, S. (2006). Enquetes quantitatives et qualitatives, observation ethnographique : Trois méthodes d'approche des publics. *Bulletin des Bibliothèques de France*, 51, 8- 12.
- Ward, J. H. (1963). Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. *Journal of the American Statistical Association*, 58(301), 236- 244. <https://doi.org/10.1080/01621459.1963.10500845> *Water science and Technology*, 60(10),2571- 2580.
- Wheater HS, Butler AP, Stewart EJ, Hamilton GS (1991a) A Multivariate spatial- temporal model of rainfall in southwest Saudi Arabia. I. Data characteristics and model formulation. *Journal of Hydrology* 125 : 175-199.
- Wheater HS, Butler AP, Stewart EJ, Hamilton GS (1991 b) A Multivariate spatial- temporal model of rainfall in southwest Saudi Arabia. II. Regional analysis and long-term performance. *Journal of Hydrology* 125 : 201-220.
- Wilson, T. (2006). Les risques de blessures et de décès par imprudence lors des inondations.
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., & Davis, I. (2003). *At risk- Natural hazards, people's vulnerability and disasters* (2nd edition). Routledge.
- Wodon, Q., A. Liverani, G. Joseph and N. Bougnoux(2014), *Extreme Weather Events and Migration: The Case of Morocco*, MPRA ,World Bank June.
- Yoon, D. K. (2012). Assessment of social vulnerability to natural disasters : A comparative study.

Annexes

Annexe A :

Quelques facteurs de vulnérabilité

La densité de population, l'extension du bâti

Facteurs techniques (quelques exemples parmi beaucoup d'autres)

Mauvaise qualité de la construction

Mauvaise maîtrise de l'eau

Sous-dimensionnement des ouvrages d'évacuation et de traitement des eaux usées

Facteurs économiques

Population pauvre, dépourvue de moyens de transports et souvent de système d'information

Habitat de médiocre qualité

Difficulté à laisser les maigres biens que cette population possède

Facteurs culturels

Ignorance du danger, absence de conscience du risque (risque banalisé, intégré au quotidien)

Acceptation pour raisons religieuses

Facteurs institutionnels et politico-administratifs

Trop de niveaux politico-administratifs de décision

Manque de coordination entre ces différents acteurs

Absence de programme de prévention

Absence de réflexion sur les programmes de planification

Législation laxiste

Acteurs politiques, gestionnaires parfois peu impliqués, corruption

Facteurs structurels

Vulnérabilité fonction de la localisation et du moment précis de l'impact

Dysfonctionnements fonctionnels et techniques imprévisibles

Facteurs fonctionnels

Absence d'une prévision efficace

Absence de système d'alerte

Mauvaise gestion de crise,

Annexe B : Sources de données de référence

Zone urbaine

Nom	Définition	Unités	Références
1 Densité de la population	Il y a une exposition importante à un danger donné si la population est concentrée	les gens/ km ²	EVICC(2011a, 2011c, 2011d, 2011e)
2 Population inondée zone exposée	Nombre de personnes vivant dans une zone exposée aux inondations	personnes	EVICC(2011a, 2011e)
3 Patrimoine culturel	Nombre de bâtiments historiques, de musées, etc., en danger quand l'inondation se produit, si aucun ne prend l		Enquête Rapports monographiques (2008, 2011)
4 Croissance de la population	de la croissance de la population dans les zones urbaines au cours des 10 dernières années.	%	Rapports monographiques (2008, 2011) provinciaux et régionaux www.hcp.com
5 Personnes handicapées	Pourcentage de la population souffrant d'un quelconque handicap, y compris les personnes âgées.	%	www.hcp.com
6 Développement humain Index	moins de 15 et plus de 65 *HDI= $\frac{1}{3}(LEI)+\frac{1}{3}(EI)+\frac{1}{3}(GI)$		www.hcp.com
7 Mortalité infantile	Nombre d'enfants de moins d'un an, morts pour 1000 naissances		www.hcp.com et DHS (2004)
8 Expérience passée	Nombre de personnes touchées par les inondations au cours des 10 dernières années ;	personnes	Enquête et entretiens
9 Sensibilisation et Préparation aux catastrophes	Plage comprise entre 1 et 10 (aide)		Enquête et entretiens
10 Communication Taux de pénétration	% de ménages disposant de sources d'information	%	www.hcp.com
11 Abris/Hôpitaux	Nombre d'abris par km ² , y compris les hôpitaux	#/km ²	Enquête et entretiens
12 Système d'alerte	Si No WS, la valeur est 1, si oui WS, la valeur est 1. 10		EVICC(2011b, 2011c)
13 Service d'urgence	Nombre de personnes travaillant dans ce service	#	Enquête
14 Routes d'évacuation	% de routes asphaltées	%	Monographie 2011
15 Industries	# d'industries ou de tout type d'activités économiques en zone urbaine	#	Monographie 2008.
16 Contact avec la rivière	Distance de la ville le long de la rivière	km	Google earth
17 Chômage	UM=[$\frac{\#of_people_unempl}{Total_Pop_AptToWork}$] * 100	%	www.hcp.com
18 Inégalité	Coefficient de Gini pour l'inégalité de richesse, entre 0 et 1		2004GINI: http://www.memoireonline.com/12/06/305/realisation-objectifs-du-millenaire-developpement-mar-optimisation-spatiale.html
19 Assurance contre les inondations	Le nombre d'assurances contre les inondations pour 100 habitants, si 0 que de prendre 1	enquête	
20 Montant de l'investissement	Ratio de l'investissement sur le PIB total		Calculé à partir du PIB régional HCP, 2010
21 Digués_Levés	Km de digues/levées	km	Earth google and interviews
22 Capacité de stockage	stockage en m ³ des barrages, polders, etc., en amont.	m ³	EVICC (2011b, 2011c, 2011d) www.water.gov.ma
23 Temps de récupération	Le temps nécessaire à la ville pour se rétablir à une fonctionnalité fonctionnelle après des inondations	jours	Enquête
24 Précipitations	Les précipitations moyennes par an	m/an	www.water.gov.ma EVICC, (2011b, 2011c, 2011d)
25 Zone verte	Superficie destinée aux espaces verts à l'intérieur de la zone urbaine	%	Google earth
26 Croissance urbaine	% d'augmentation de la zone urbaine au cours des 10 dernières années ; une croissance urbaine rapide peut entraîner des logements de mauvaise qualité et rendre ainsi les gens plus vulnérables.	%	Historique de googleearth
27 Taux d'évaporation	Taux annuel de diminution du niveau des eaux souterraines	m/an	EVICC(2011b, 2011c, 2011d) www.water.gov.ma
28 Topographie	Pente moyenne de la ville		http://www.toutcalculer.com/batiment/calculer-une-pente.php
29 Décharge de la rivière	Débit maximal enregistré au cours des 10 dernières années, m ³ /s	m ³ /s	www.water.gov.ma
30 Taux d'évaporation/Pluie	Evaporation annuelle sur les précipitations annuelles		Calculé à partir de 24 et 27 indicateurs
31 Barrages Capacité de stockage les barrages,	Le volume total d'eau qui peut être stocké par polders, etc. (quantité de capacité de stockage)	m ³	www.water.gov.ma EVICC(2011b, 2011c, 2011d)
32 Système de drainage	Km de canalisation dans la ville	km	Enquête et entretiens
33 Rivière moyenne Décharge	moyen du fleuve à l'embouchure	m ³ /s	www.water.gov.ma
34 Capacité de stockage par rapport au débit annuelle	Capacité de stockage supérieure à la moyenne annuelle volume de ruissellement		EVICC (2011b, 2011c, 2011d) www.water.gov.ma

Sous-bassin-versant

	Nom	Définition	Unités	Références
1	Densité de la population	Il y a une exposition importante à un danger donné si la population est concentrée	les gens/ km ²	EVICC (2011a, 2011c, 2011d, 2011e)
2	Population inondée zone exposée	Nombre de personnes vivant dans une zone exposée aux inondations	personnes	EVICC (2011a, 2011e)
3	Zone urbanisée	Pourcentage de la superficie totale qui est urbanisée	%	
4	Population rurale	Pourcentage de la population vivant en dehors de la zone urbanisée	%	EVICC (2011a, 2011e)
5	Personnes handicapées	Pourcentage de la population souffrant d'un handicap, quel qu'il soit, y compris les personnes âgées de moins de 18 ans, 15 et plus de 65	%	www.hcp.com
6	Développement humain Index	* HDI=1/3(LEI)+ 1/3(EI)+1/3(GI)		www.hcp.com
7	Mortalité infantile	Nombre d'enfants de moins d'un an, morts pour 1000 naissances		www.hcp.com EVICC (2011c, 2011d, 2011e)
8	Expérience passée	Nombre de personnes touchées par les inondations au cours des 10 dernières années ;	personnes	Enquête et entretiens
9	Sensibilisation et Préparation aux catastrophes	Plage comprise entre 1 et 10 (aide)		Enquête et entretiens
10	Communication Taux de pénétration	% de ménages disposant de sources d'information	%	www.hcp.com
11	Système d'alerte	Si aucun WS, la valeur est de 1, si oui WS, la valeur est de 10.		EVICC (2011a, 2011e)
12	Routes d'évacuation	% de routes asphaltées	%	
13	Proximité de la rivière	proximité moyenne des zones habitées par rapport aux zones inondables	km	Google earth, enquête et entretiens
14	Utilisation des terres	% de la surface utilisée pour l'industrie, l'agriculture, tous les types d'économie activités	%	Utilisation des sols
15	Chômage	UM=[#of_people_unempl /Total_Pop_AptToWork] * 100	%	www.hcp.com
16	Inégalité	Coefficient de Gini pour l'inégalité de richesse, entre 0 et 1		2004 GINI: http://www.memoireonline.com/12/06/305/realisation-objectifs-du-millenaire-developpement-maroc-optimisation-spatiale.html
17	Indice d'espérance de vie	LEI=(LE - 25) / (85 - 25)		
18	Assurance contre les inondations	Le nombre d'assurances contre les inondations pour 100 habitants, s'il est inférieur à 0 prendre 1		Enquête et entretiens
19	Montant de l'investissement	Ratio de l'investissement sur le PIB total		Calculé à partir du PIB régional HCP, 2010
20	Digues_ Levées	Km de digues/levées sur la longueur totale du fleuve	%	Google earth et enquête
21	Barrages_Capacité de stockage	Quantité de capacité de stockage sur la surface du sous-bassin versant www.water.gov.ma	m	
22	La reprise économique	Dans quelle mesure l'économie d'une région est-elle affectée à une grande échelle de temps, à cause des inondations		Enquête et entretiens
23	Précipitations	La pluviométrie moyenne/année d'une RB entière =mm / (1000 *m/an année)=m / an		EVICC (2011b, 2011c, 2011d) www.water.gov.ma
24	Zone dégradée	% de la zone dégradée	%	Utilisation des terres
25	Croissance urbaine	Pourcentage d'augmentation de la zone urbaine au cours des 10 dernières années ; une croissance urbaine rapide peut entraîner des logements de mauvaise qualité et donc rendre les gens plus vulnérables.	%	Google Earth historique
26	Zone forestière	% de la surface forestière	%	Monographie, 2008 et 2011 EVICC (2011b, 2011c, 2011d)
27	Taux d'évaporation	Taux d'évaporation annuel	m/an	www.water.gov.ma EVICC (2011b, 2011c, 2011d)
28	Réserve naturelle	% de la réserve naturelle par rapport à la superficie totale de la SC	%	
29	Zone non peuplée	% de la zone dont la densité de population est inférieure à 10 pers./km ²	%	
30	Topographie	Pente moyenne du sous-bassin versant		MNT et http://www.toutcalculer.com/batiment/calculer-une-pente.php www.water.gov.ma
31	Décharge de la rivière	Débit maximal enregistré au cours des 10 dernières années,	m ³ /s	www.water.gov.ma
32	Fréquence des occurrence	Années entre les inondations	années	
33	Taux d'évaporation/pluie	Évaporation annuelle sur les précipitations annuelles		www.water.gov.ma
34	Barrages_Capacité de stockage	Le volume total d'eau qui peut être stocké par les barrages, polders, etc.	m ³	www.water.gov.ma
35	Rivière moyen Décharge	(quantité de capacité de stockage) Débit moyen du fleuve à l'embouchure	m ³ /s	www.water.gov.ma
36	Capacité de stockage supérieure à Décharge annuelle	Capacité de stockage divisée par le volume annuel de ruissellement		www.water.gov.ma

Annexe C : Questions appliquées à l'entretien

[Adapté de Molino 2012 ; PFRRS 2012]

Exemple de questions d'entretien avec les parties prenantes

1. Quel a été le rôle de votre organisation dans les inondations ?
2. Quel était votre rôle dans l'incident ?
3. Les organisations de gestion des urgences ont-elles fourni à la communauté une approche transparente et intégrée pendant l'incident ? Oui/Non [raisons]
4. Qu'est-ce qui pourrait être amélioré pour fournir une approche plus transparente et intégrée ?
5. Avez-vous rencontré ou connaissez-vous des problèmes d'interopérabilité pendant l'incident ? Oui/Non ; si oui, quels étaient-ils ? [liste des problèmes]
6. Avant l'inondation, la communauté, les particuliers, les entreprises et les organismes de gestion des urgences comprenaient-ils leurs rôles en cas d'inondation ? Oui/Non [raisons]
7. Quels plans étaient en place pour s'assurer que l'incident était bien géré, coordonné et communiqué ?
8. Le plan local a-t-il été activé pendant l'incident ? Oui/Non [raisons]
9. Comment la gestion de l'incident pourrait-elle être améliorée ? [liste des moyens]
10. Avec quelle efficacité les personnes vulnérables ont-elles été soutenues lors de l'incident ?
11. Les personnes ont-elles été bien informées sur la manière d'accéder au soutien et aux services essentiels tels que les abris, la nourriture, l'eau et les soins médicaux ? Oui/Non [raisons]
12. Partenaires intéressés par l'aide aux ménages les plus pauvres et la réduction de l'impact des futures catastrophes naturelles
13. Les ménages les plus pauvres et les plus vulnérables ont besoin d'un soutien financier supplémentaire, sous la forme d'activités ciblées de filets de sécurité sociale, afin de protéger contre la détérioration de la santé et de l'état nutritionnel de leurs familles, en particulier des enfants.
14. Cette aide a-t-elle été fournie en temps opportun ? Oui/Non [raisons]
15. Les personnes ont-elles continué à recevoir des services essentiels et critiques pendant l'incident ? Oui/Non [raisons]
16. Les impacts sociaux, économiques et environnementaux ont-ils été rapidement évalués pour développer le plan de récupération ? Oui/Non
17. Les efforts de préparation et de relèvement devront être orientés vers l'éducation à l'hygiène, ainsi que vers le repositionnement stratégique et la distribution continue de matériel de traitement de l'eau dans les zones à haut risque et touchées par les inondations.