

- ➔ **République Algérienne Démocratique et Populaire**
- ➔ Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
- ➔ Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem
- ➔ Faculté des Sciences et de la Technologie
- ➔ Département de Génie Civil
- ➔ Laboratoire Construction, Transport et Protection de l'Environnement



THESE DE DOCTORAT EN SCIENCES

Filière : Génie Civil

Spécialité : Gestion des risques majeurs

VULNERABILITE DE LA POPULATION FACE AUX INONDATIONS DANS L'OUEST ALGERIEN

Présentée par : **Mme. HADJJI Ilhem**

Membres du jury

Mme. LAREDJ Nadia	Pr	U. Mostaganem	Présidente
Mr. AYADI Abdelhakim	D R	CRAAG, Alger	Examineur
Mr. BENOUAR Djilali	Pr	USTHB, Alger	Examineur
Mr. BOUHAMOU Nasreddine	Pr	C.U El Bayadh	Examineur
Mr. MAOUCHE Said	D R	CRAAG, Alger	Membre invité
Mr. SARDOU Miloud	Dr	U. Mostaganem	Directeur de thèse
Mr. MISSOUM Hanifi	Pr	U. Mostaganem	Co-directeur de thèse

Soutenue publiquement le 10 février 2022

➤ **République Algérienne Démocratique et Populaire**

➤ Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

➤ Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem

➤ Faculté des Sciences et de la Technologie

➤ Département de Génie Civil

➤ Laboratoire Construction, Transport
et Protection de l'Environnement



THESE DE DOCTORAT EN SCIENCES

Filière : Génie Civil

Spécialité : Gestion des risques majeurs

**VULNERABILITE DE LA POPULATION FACE AUX
INONDATIONS DANS L'OUEST ALGERIEN**

Présentée par : **Mme. HADJJI Ilhem**

Membres du jury

Mme. LAREDJ Nadia	Pr	U. Mostaganem	Présidente
Mr. AYADI Abdelhakim	D R	CRAAG, Alger	Examineur
Mr. BENOUAR Djilali	Pr	USTHB, Alger	Examineur
Mr. BOUHAMOU Nasreddine	Pr	C.U El Bayadh	Examineur
Mr. MAOUCHE Said	D R	CRAAG, Alger	Membre invité
Mr. SARDOU Miloud	Dr	U. Mostaganem	Directeur de thèse
Mr. MISSOUM Hanifi	Pr	U. Mostaganem	Co-directeur de thèse

Soutenu publiquement le 10 février 2022

Remerciements

L'aboutissement de cette thèse est associé à un grand nombre de personnes pour lesquelles j'exprime ma profonde reconnaissance.

Tout d'abord, je tiens à remercier très sincèrement Monsieur Sardou Miloud, qui, en tant que Directeur de thèse, s'est toujours montré à l'écoute et disponible tout au long de la réalisation de cette thèse. Il a su m'apporter l'inspiration, l'aide et le temps nécessaire tout au long de ma thèse pour que celle-ci voie le jour.

Mes remerciements s'adressent également à Monsieur Missoum Hanifi, Co-encadrant de ma thèse pour le partage de son savoir et son expérience, pour l'enrichissement permanent de ma réflexion. Grâce à son soutien constant, son efficacité, il m'a permis d'aller au bout de cette thèse.

Je remercie très vivement les membres du jury de cette thèse, qui ont accepté d'évaluer ce modeste travail.

Le doctorat comme diplôme n'est pas seulement un exercice académique, mais aussi un cheminement personnel dans la vie. Le plus grand merci va à ma famille, à mes parents de m'avoir soutenu et encourager pour poursuivre mes rêves et trouver ma propre voie; mes sœurs et frères pour leur générosité, neveux et nièces pour leurs joie de vivre, et à mon défunt mari.

Merci à toutes et à tous.

Résumé

L'ouest algérien est exposé à l'aléa inondation qui pourrait s'aggraver en raison du changement climatique, et engendrer plus de pertes matérielles et humaines. Malgré les effets lourds des inondations sur ce territoire, les bases de données officielles et les études sur la vulnérabilité des populations face à cet aléa ne sont pas disponibles. Notre thèse a pour objectif de combler cette lacune pour la période de 1966 à 2019. A cet effet, une base de données a été créée en utilisant les sources d'information disponibles. Cette base comporte 324 décès causés par 52 événements d'inondations. Notre approche est basée en premier temps sur une analyse spatiotemporelle de l'aléa d'inondation et des décès, et en second temps sur une analyse de la vulnérabilité de population, réalisée selon des indicateurs déduits de l'analyse des caractéristiques des victimes et des circonstances des incidents. Les résultats montrent que les crues éclair ont causé la plupart des décès. On observe une tendance à la baisse du nombre de décès causés par les inondations au fil des ans. On constate une coïncidence entre les valeurs élevées des précipitations quotidiennes et les événements à forte mortalité, ainsi qu'une augmentation des taux de mortalité en automne et pendant les heures de la journée. Spatialement, les décès causés par les inondations se sont produits principalement dans les sites traversés par des cours d'eau et dans les zones de plaine à forte densité de population. L'analyse indique que les hommes sont plus vulnérables aux inondations mortelles que les femmes ; de plus, les jeunes enfants et les personnes âgées sont les groupes d'âge les plus exposés. La noyade est le principal type de cause de décès, et les incidents mortels se produisent principalement à l'extérieur, chez les piétons. Les résultats de ce travail contribuent à combler les lacunes sur les décès causés par les inondations qui reflètent la vulnérabilité de la zone d'étude et pourraient aider les décideurs à améliorer la stratégie contre les risques d'inondation.

Mots clés: vulnérabilité, population, inondation, décès, ouest Algérien.

ملخص

يتعرض الغرب الجزائري لخطر الفيضانات، الذي قد يتفاقم بسبب تغير المناخ مما يسبب المزيد من الخسائر المادية والبشرية. على الرغم من آثار الفيضانات في هذه المنطقة، إلا أن هذه الأخيرة لا تتوفر على قواعد بيانات رسمية أو على دراسات حول تعرض السكان لهذا الخطر. تهدف أطروحتنا إلى سد هذه الفجوة للفترة الممتدة من 1966 إلى 2019. ولهذا الغرض تم إنشاء قاعدة بيانات باستخدام مصادر المعلومات المتاحة. تحتوي قاعدة البيانات المنشئة على 324 حالة وفاة ناجمة عن 52 حادث فيضان. تعتمد منهجيتنا أولاً، على التحليل الزمني والمكاني لظاهرة الفيضانات والوفيات. تعتمد ثانياً على تحليل هشاشة السكان وفقاً للمؤشرات المستخلصة من تحليل خصائص الضحايا وظروف الحوادث. أظهرت النتائج أن السيول هي السبب الرئيسي في معظم الوفيات. كان هناك اتجاه تنازلي في عدد الوفيات الناجمة عن الفيضانات على مر السنين. تزامن ارتفاع معدلات هطول الأمطار اليومية مع ارتفاع معدل الوفيات، فضلاً عن ارتفاع معدل الوفيات في الخريف وأثناء ساعات النهار. مكانياً، حدثت الوفيات الناجمة عن الفيضانات بشكل رئيسي في المواقع التي تعبرها الأودية وفي المناطق السهلية ذات الكثافة السكانية العالية. يشير التحليل إلى أن الذكور هم أكثر عرضة للفيضانات المميتة مقارنة بالإناث؛ علاوة على ذلك، فإن الأطفال الصغار وكبار السن هم أكثر الفئات العمرية تعرضاً لآثار الفيضانات. الغرق هو السبب الرئيسي للوفيات، حيث تقع أغلبية الحوادث المميتة في الهواء الطلق وبين الأشخاص الراجلين. تساهم نتائج هذا العمل في سد الثغرات المتعلقة بوفيات الفيضانات التي تعكس هشاشة منطقة الدراسة ويمكن أن تساعد أيضاً أصحاب القرار على تحسين استراتيجيات مخاطر الفيضانات.

الكلمات المفتاحية: الهشاشة، السكان، الفيضانات، الوفيات، الغرب الجزائري

Abstract

Western Algeria is exposed to the flood hazard, which could increase due to climate change, and will cause more material damage and human losses. Despite the huge effects of floods in this region, official databases and studies related to the vulnerability of the population regarding this hazard are not available. Our thesis aims to fill this gap for the period 1966 to 2019. To this end, a database was created using available information sources. This database contains 324 deaths caused by 52 flooding events. Our approach is based firstly on a spatiotemporal analysis of the flood hazard and deaths, and secondly on an analysis of the vulnerability of the population regarding the indicators deduced from the analysis of the characteristics of the victims and the circumstances of the incidents. The data show that most of deaths occurred during flash floods. There has been a downward trend in the number of flood deaths over the considered period of study. A coincidence of high daily rainfall values with high mortality events, as well as increased mortality rates in autumn and during daylight hours. Spatially, flood deaths occurred mainly in sites crossed by rivers and in plain zones with high population density. Analysis indicates that males are more vulnerable to deadly floods than females are; moreover, young children and the elderly are the most exposed age groups. Drowning is the leading fatality cause type, and the fatal incidents occur mostly outdoor among individuals on foot. The results of this work contribute to filling gaps on flood fatalities that reflect the vulnerability of the study area and could help policy makers improve the flood risk strategy.

Keywords: vulnerability, population, flooding, death, western Algeria.

Table des matières

Remerciements	v
Résumé	vii
ملخص	viii
Abstract.....	ix
Table des matières	1
Introduction générale.....	5
Chapitre 1: Généralités sur la vulnérabilité de population face aux inondations	11
Introduction.....	12
1 Risque et vulnérabilité	12
1.1 Définition du risque	12
1.1.1 L'aléa.....	13
1.1.2 Les enjeux	13
1.1.3 La vulnérabilité	13
1.2 Définition de la vulnérabilité	14
1.3 Les approches de la vulnérabilité	16
1.4 Les types de vulnérabilité	17
2 La vulnérabilité humaine	18
2.1 La vulnérabilité sociale à sens multiple.....	19
2.2 Les indicateurs de vulnérabilité	19
2.3 La vulnérabilité humaine et les décès causés par les inondations	20
3 Méthodes d'évaluation de la vulnérabilité.....	22
3.1 Les méthodes anglo-saxonnes	22
3.2 Les méthodes françaises	23
Conclusion	23
Chapitre 2 : Données et méthodologie	24
Introduction.....	25
1 Aperçu sur les bases de données (inondation/décès) réalisées	25
1.1 Base de données à l'échelle mondiale	25
1.2 Bases de données internationales.....	25

1.2.1 Bases de données Européennes	25
1.2.2 Bases de données méditerranéennes	26
1.2.3 Travaux réalisés en Asie	26
1.3 Bases de données à l'échelle nationale et régionale	27
1.3.1 Travaux réalisés en Italie.....	27
1.3.2 Travaux réalisés en France	27
1.3.3 Travaux réalisés au Portugal	28
1.3.4 Travaux réalisés en Grèce	28
1.3.5 Travaux réalisés aux Etats-Unis d'Amérique.....	29
1.3.6 Travaux réalisés en Australie	29
1.4 Base de données dédiées aux événements particuliers	29
2 Sources exploitées pour la réalisation de la base de données de l'ouest Algérien	30
2.1 Sources de données internationales	30
2.2 Rapports de presse	31
2.3 Travaux scientifiques	32
2.4 Rapports techniques	32
3 Méthodologie	33
3.1 Démarche globale de l'étude	33
3.2 Base de données des inondations mortelles.....	34
3.3 Méthode d'élaboration de la base de données inondations/décès	34
3.3.1 Catégorie temporelle	36
3.3.2 Catégorie spatiale	36
3.3.3 Profil des victimes	37
3.3.4 Circonstances des décès	37
3.3.5 Comportement des victimes	38
3.4 Traitement des données	39
3.4.1 Traitement statistique	39
3.4.2 Traitement cartographique	40
Conclusion	40
Chapitre 3 : Les inondations de l'ouest algérien	41
Introduction.....	42
1 Aperçu des inondations meurtrières	42
1.1 Chronologie des événements	42
1.2 Nombre des événements mortels par wilaya	42
1.3 Typologie des crues meurtrières	43
1.3.1 Les crues éclairées	43

1.3.2 Les crues fluviales	44
1.3.3 Inondations en secteur urbain.....	45
2 Répartition temporelle des crues meurtrières	47
2.1 Evolution annuelle	47
2.2 Répartition mensuelle et saisonnière	49
2.3 Répartition par heures de la journée	50
3 Répartition spatiale des crues meurtrières	51
3.1 Localisation des événements mortels	51
3.2 Récurrence des inondations meurtrières par zones naturelles	53
3.3 Récurrence des inondations meurtrières par unité administrative	53
4 Les inondations de fort taux de mortalité	54
4.1 Les crues du 06 octobre 1966	54
4.2 Les crues du 11 décembre 1967.....	56
4.3 L'inondation d'Oued Rhiou du 20 octobre 1993.....	56
4.4 Les crues de l'année 1994.....	57
4.5 Les crues du 10 et 11 Novembre 2001	58
Conclusion	58
Chapitre 4 : Les décès causés par les inondations de l'ouest algérien	60
Introduction.....	61
1 Aperçu sur les pertes humaines dues aux inondations.....	61
1.1 Fréquence des décès causés par les inondations	61
1.2 Classification des décès par type d'événements	62
1.3 Les décès causés par les inondations dans le contexte méditerranéen	63
2 Répartition temporelle des décès	64
2.1 Répartition annuelle.....	64
2.2 Répartition annuelle des décès et précipitations journalières maximales.....	66
2.3 Répartition mensuelle	67
2.4 Répartition saisonnière	68
2.5 Répartition des victimes par heure	69
3 Répartition spatiale des décès	70
3.1 Répartition des incidents mortels et de nombre de décès par unité naturelle.....	70
3.2 Répartition des décès par communes et par wilayas en fonction de la densité de population	71
4 Caractéristiques des victimes des inondations.....	73
4.1 Répartition des victimes selon le sexe	73

4.2 Répartition des victimes par tranche d'âge.....	75
4.3 Fréquence des décès par tranche d'âge et par sexe.....	76
4.4 Distribution des décès et de population selon les tranches d'âge.....	77
5 Les causes et les circonstances de décès.....	78
5.1 Les causes de décès	78
5.2 Les activités des victimes au moment de l'incident	80
5.3 Fréquence des décès par lieu	81
Conclusion	83
Conclusion générale.....	84
Bibliographie	91
Annexe 1 : Chronologie des inondations meurtrières dans le nord-ouest Algérien entre 1966 et 2019	102
Liste des figures.....	104
Liste des tableaux	106

Introduction générale

Les inondations sont l'un des risques naturels les plus courants dans la région méditerranéenne, qui causent souvent des dommages considérables et des pertes de vies humaines (Llasat et al. 2010; Price et al. 2011; Gaume et al. 2016; Diakakis and Deligiannakis 2017; Pereira et al. 2017; Leal et al. 2018; Cortès et al. 2019). Selon Llasat et al (2010), plus de 4500 décès liés aux inondations ont été enregistrés dans les pays méditerranéens entre 1990 et 2006, où les pays d'Afrique du Nord ont enregistré le nombre le plus élevé de décès, en particulier en Algérie qui a enregistré environ 1300 décès. Les principales causes de l'intensité des événements dans la région correspondent à trois éléments : (1) la morphologie des bassins versants méditerranéens, qui favorise la production d'inondations dévastatrices ; (2) l'intensité des événements pluvieux et la sensibilité du climat local aux changements globaux ; et (3) la vulnérabilité élevée des communautés due à la croissance démographique le long des zones côtières ainsi qu'à la localisation de certaines villes en aval des bassins versants et à proximité des cours d'eau (Tarolli et al. 2012; Rebora et al. 2013; Ducrocq et al. 2014; Gaume et al. 2016). En outre, la tendance progressive de la fréquence des inondations dans le monde (Hirabayashi et al. 2013), et les facteurs socio-économiques de la région conduisent à une exposition accrue des vies humaines aux inondations futures (Pereira et al. 2017).

Plusieurs ouvrages ont été consacrés aux décès liés aux inondations dans différentes régions du monde (Coates 1999; Jonkman 2005; Jonkman and Kelman 2005; Ashley and Ashley 2008; Borden and Cutter 2008; Jonkman and Vrijling 2008; FitzGerald et al. 2010; Singh and Kumar 2013; Špitalar et al. 2014; Paulikas and Rahman 2015; Sharif et al. 2015; Badoux et al. 2016; Terti et al. 2017). Dans la région méditerranéenne, les études sur les décès causés par les inondations sont nombreuses. Différents travaux couvrent les inventaires des décès causés par les inondations au niveau national (Diakakis and Deligiannakis 2013, 2017; Zêzere et al. 2014; Diakakis 2016; Pereira et al. 2016; Salvati et al. 2018; Špitalar et al. 2020), et aussi au niveau local (Leal et al. 2018). D'autres études ont comparé les décès causés par les inondations entre les pays (Pereira et al. 2017; Petrucci et al. 2019). En outre, certains travaux se concentrent sur les personnes décédées à la suite d'inondations extrêmes spécifiques et décrivent les circonstances des décès (caractéristiques du milieu environnant

l'incident :extérieur(berges des oueds , véhicule) ou intérieur(bâtiment) (Ruin et al. 2008; Vinet et al. 2012; Diakakis et al. 2020). Le manque d'informations et l'indisponibilité de bases de données au niveau officiel dans certains pays nécessitent la création de bases de données spécifiques (Pereira et al. 2016; Salvati et al. 2018; Petrucci et al. 2019). En Algérie, peu d'études montrent l'impact des événements d'inondation (Machane et al. 2008; Sardou 2011; Yahiaoui 2012; Tahar 2013; Atallah et al. 2016, 2018; Yamani et al. 2016; Korichi et al. 2016; Sardou et al. 2016, 2018; Bourenane et al. 2019) et les bases de données axées sur les inondations et les décès qui y sont liés ne sont mis à jour.

L'ouest Algérien est situé entre la latitude $33^{\circ} 90'$ et $36^{\circ} 55' N$, et entre la longitude $2^{\circ} 21' W$ et $2^{\circ} 67' E$, avec une superficie totale de $69\,531\text{ km}^2$. Ce territoire correspond aux dorsales côtières, aux plaines littorales et sublittorales, aux bassins intérieurs, aux montagnes et aux steppes (Fig. 1). Cette région est caractérisée par un important réseau hydrographique trouvant son origine dans les zones montagneuses, qui sont soumises à une érosion intense en raison de la nature du sol (Korichi et al. 2016). Les principaux cours d'eau qui traversent cette région sont la Tafna, la Mekerra, El Hammam, Mina, Rhiau, Lardjem, et Chlef. Ce dernier représente le principal fleuve d'Algérie avec une longueur de 750 km (Elmeddahi et al. 2016). Le transport de sédiments et le ruissellement de ces cours d'eau sont très irréguliers et souvent extrêmes en période de printemps et d'automne (Achite and Ouillon 2007; Megnounif et al. 2007). Le climat local est caractérisé par une grande variabilité spatiale et temporelle, la plupart des pluies tombant entre octobre et avril, tandis que la période entre juillet et octobre est caractérisée par des orages peu fréquents et locaux (Ghenim and Megnounif 2016; Sardou et al. 2016). Le taux des précipitations augmentent du sud au nord et devient significatif sur les pentes des collines orientées vers le nord et génère des cellules pluviales convectives dans les plaines (Megnounif et al. 2007; Elmeddahi et al. 2016). Les conditions hydro-climatiques favorisent l'apparition d'inondations dévastatrices et imprévisibles, qui causent souvent des pertes de vies humaines et des dommages importants, principalement en automne. La zone étudiée comprend 11 wilayas et 393 communes. La population a atteint 8,1 millions d'habitants selon le dernier recensement de 2008 (Office National des Statistiques 2008). La population est concentrée dans les plaines littorales et sublittorales avec une densité qui dépasse souvent $400\text{ habitants/km}^2$, qui diminue vers l'intérieur et le sud pour atteindre moins de $100\text{ habitants/km}^2$ (Ghodbani and Berrahi-Midoun 2013).

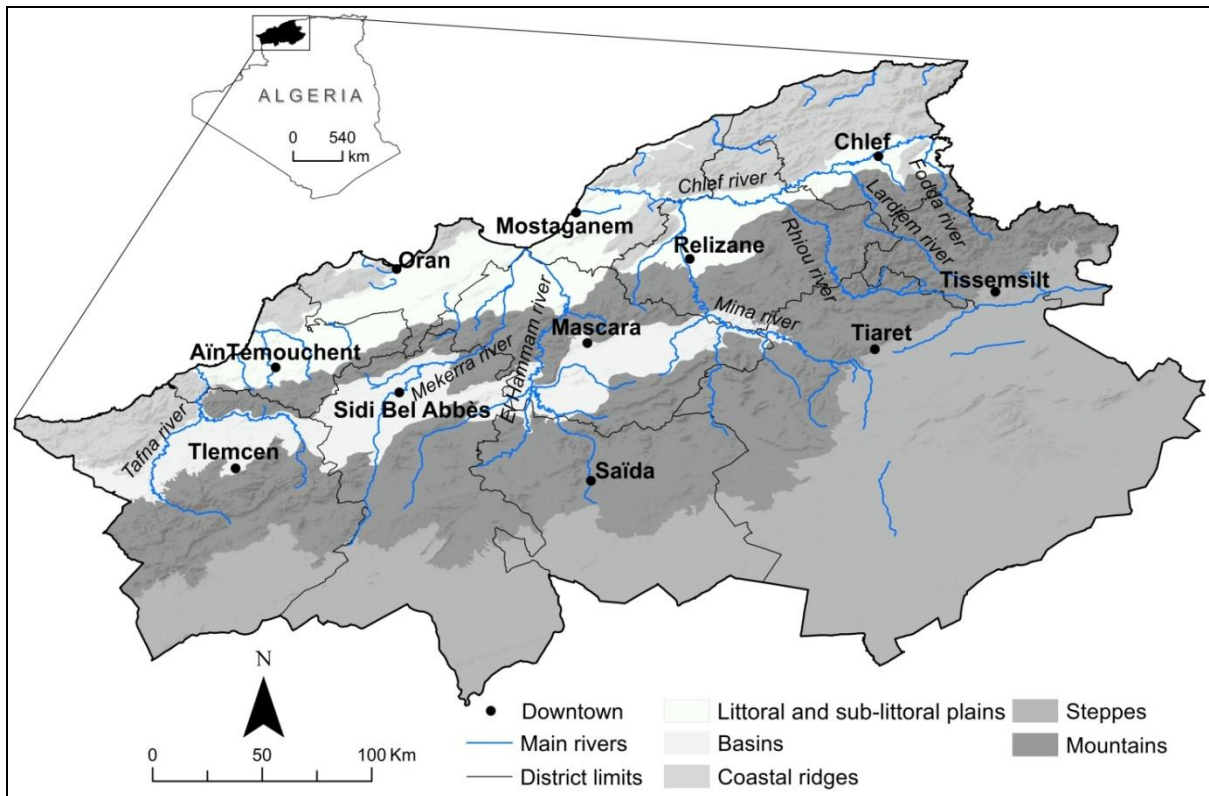


Figure 1: Cadre géographique de l'ouest Algérien

L'Algérie est l'un des pays les plus vulnérables aux inondations ayant causé des victimes en Méditerranée occidentale, avec une moyenne annuelle élevée de décès (Gaume et al. 2016). Les inondations catastrophiques sont responsables du nombre élevé de décès dans tout le pays. L'une des inondations les plus meurtrières est celle d'Alger, les 9 et 10 novembre 2001, qui a fait plus de 760 morts (Machane et al. 2008), et celle de Ghardaïa (sud de l'Algérie), le 1er octobre 2008, qui a fait plus de 100 morts (Yamani et al. 2016).

L'ouest de l'Algérie est sujet à des inondations qui ont causé plus de mille morts au cours des deux derniers siècles (1847-2014) (Sardou et al. 2016). On remarque surtout une récurrence assez importante des événements bien que les aléas par leurs nature sont les même dans le temps, néanmoins leurs conséquences se sont amplifiées et sont plus catastrophiques en termes de vies humaines. Cette réflexion nous a invité à revoir une composante du risque qu'est la vulnérabilité et surtout la vulnérabilité sociale face aux inondations, comment peut-on l'analyser ? La réduire ?, quelles sont ses indicateurs ? Toutes ces réflexions théoriques ont été abordées dans cette thèse et ils sont illustrés par des résultats concrets issus de nos recherches.

Ce travail représente une contribution importante à une meilleure compréhension de l'occurrence des événements mortels et leurs conséquences sur les vies humaines, notamment

dans les pays en développement comme l'Algérie, sachant que le risque d'inondation reste peu connu sur l'ensemble de ce territoire, aucune cartographie de risque n'est établit, ni plan de prévention, ni base de donnée sur les victimes, tout reste à faire.

Ce travail permet de sensibiliser les citoyens et les autorités locales sur les effets des inondations afin d'améliorer les mesures d'atténuation des effets des inondations, notamment pendant les saisons où le taux de mortalité lié aux inondations peut être élevé. L'étude présente la méthodologie de collecte des données et les paramètres considérés dans la réalisation de la base de données des inondations mortelles et les décès associés. Elle consiste tout d'abord en un aperçu des résultats préliminaires en comparaison avec les taux enregistrés dans certains pays méditerranéens. Elle explore également la distribution temporelle et spatiale de l'occurrence des inondations mortelles et des décès, les caractéristiques des victimes et les circonstances des incidents.

Dans ce travail, nous essayons d'explorer les données disponibles afin de développer une base de données (inondations et décès associés) pour le Nord-Ouest Algérien durant la période 1966 à 2019.

Les données utilisées sont divisées en deux catégories : La première concerne les données générales sur les inondations meurtrières telles que la localisation, l'étendue des dommages, le nombre de victimes, etc. La deuxième concerne les données sur les détails des victimes tels que l'âge, le sexe, la cause et le lieu du décès, et l'activité pendant les inondations. Les informations primaires sur les inondations mortelles ont été collectées à travers plusieurs sources, à savoir des travaux scientifiques (Sardou 2011; Yahiaoui 2012; Tahar 2013; Meddi and Toumi 2015; Atallah et al. 2016, 2018, Sardou et al. 2016, 2018), et des rapports techniques sur les inondations et leurs effets, tels que ceux de la protection civile et d'autres institutions étatiques (mairies, direction de l'hydraulique...). Les bases de données internationales contenant des informations utiles sur les événements meurtriers ont également été utilisées, à savoir la base de données internationale sur les catastrophes EM-DAT (<http://www.emdat.be/>) et l'archive mondiale des grandes inondations de Dartmouth (<http://www.dartmouth.edu/~floods/>). Les articles de presse sont des sources de données importantes pour évaluer l'impact des inondations sur les vies humaines, et ils fournissent une bonne datation temporelle en donnant souvent des descriptions détaillées des impacts, malgré l'incertitude liée à certaines informations (Coates 1999; Jonkman 2005; Jonkman and Kelman 2005; Ashley and Ashley 2008; Borden and Cutter 2008; Jonkman and Vrijling 2008; FitzGerald et al. 2010; Singh and Kumar 2013; Špitalar et al. 2014; Paulikas and Rahman

2015; Sharif et al. 2015; Badoux et al. 2016; Terti et al. 2017). Dans cette étude, ces articles de presse ont été utilisés pour recueillir plus de détails sur l'occurrence des inondations mortelles et sur les circonstances des décès, qui ne sont pas disponibles dans les rapports officiels et les travaux scientifiques publiés. Plus de 112 articles de presse, publiés dans 87 numéros de 17 journaux disponibles sont utilisés. Ces données de presse étaient disponibles en format papier au centre d'archives et au musée du district d'Oran, et en format électronique pour la période contemporaine. Les données sur la population telles que le nombre, les groupes d'âge, la densité sont fournies par l'office national des statistiques et des travaux scientifiques publiés (Office National des Statistiques 2008; Ghodbani and Berrahi-Midoun 2013). D'autres informations supplémentaires sur la zone d'étude et les caractéristiques des inondations ont été compilées à partir des articles scientifiques (Achite and Ouillon 2007; Megnounif et al. 2007, 2013; El Mahi et al. 2012; Meddi and Talia 2013; Ghenim and Megnounif 2016; Korichi et al. 2016; Yamani et al. 2016).

La méthode utilisée a consisté en (1) la collecte d'informations initiales (ex : la date, le lieu et le nombre de victimes) sur les inondations mortelles survenues dans la zone d'étude et publiées dans plusieurs articles et rapports et (2) une compilation des informations sur les événements mortels non publiés pour toute la période d'étude. Pour confirmer la fiabilité des données, une comparaison a été faite entre les différentes sources. En outre, le système d'information géographique et les cartes topographiques ont été utilisés pour déterminer le lieu des décès et l'environnement des incidents. Dans cette étude, 15 nouveaux événements mortels et 68 nouveaux cas de décès non publiés précédemment ont été retrouvés. Au total, 52 événements mortels et 324 cas de décès ont été identifiés et pris en compte dans la création d'une nouvelle base de données. Cette base de données contient 324 lignes, chacune correspondant à un cas de victime causé par les inondations.

Le déroulement de notre réflexion s'articule autour de quatre chapitres. Tout d'abord, l'objet de recherche et le contexte géographique sont définis dans l'introduction générale suivie d'une problématique et méthodologie, ainsi que les objectifs de recherche qui structurent le corps de la thèse.

Afin de mieux expliquer notre problématique, le premier chapitre est consacré aux concepts théoriques de la recherche, une définition claire des composantes du risque d'inondation s'impose, ainsi que les approches de vulnérabilité et leurs évaluations.

Une fois que la problématique de recherche est placée dans son contexte conceptuel, le deuxième chapitre passe en revue la méthodologie d'approche adoptée pour établir une base

de donnée (victimes/inondation) en s'inspirant des revues de littératures déjà élaborées dans d'autre pays, tout en exploitant les différentes sources et données existantes.

La base de données réalisée a été scindée en deux volets, l'un concerne les événements extrêmes, et le second concerne les victimes des inondations. De ce fait, les deux derniers chapitres sont consacrés à ces deux éléments. Le troisième chapitre aborde les événements extrêmes survenus dans l'ouest algérien où une répartition spatiotemporelle a été élaborée suivie d'une présentation de quelques événements catastrophiques qui ont marqué la région pendant la période considérée.

Le quatrième chapitre aborde en détail les victimes des inondations à travers une analyse de la fréquence des décès et leur répartition spatiotemporelle, en plus de l'étude du profil des victimes tout en expliquant les causes du décès et les caractéristiques des victimes.

Enfin, une dernière partie est réservée à la conclusion générale, qui synthétise les principaux résultats. Elle présente également un constat général de notre travail et ses limites.

Chapitre 1: Généralités sur la vulnérabilité de population face aux inondations

Introduction

Depuis longtemps, les disciplines qui s'intéressent aux risques naturels ont donné la priorité à l'étude de l'aléa et ses effets indépendamment de l'étude des pertes humaines et matériels qui augmentent de plus en plus par rapport à une vulnérabilité élevée des populations. Cependant, pour prévoir ou gérer ces événements, on peut agir pour réduire les dommages ou les pertes directes ou indirectes liées à leurs occurrences (Becerra 2012). Dans les années 1990, la vulnérabilité a été érigée en concept par certains chercheurs (Wisner et al. 2003). De ce fait, le concept de vulnérabilité devient central dans l'étude des risques naturels (Adger 2006). Dans ce sens, ce chapitre présente le contexte théorique de la vulnérabilité de population suivant plusieurs dimensions.

1 Risque et vulnérabilité

Le risque naît de la convolution d'un aléa et de la vulnérabilité des enjeux présents sur le territoire. De ce fait, toutes les études d'impacts sociaux des inondations nécessitent des connaissances sur les notions du risque et de la vulnérabilité.

1.1 Définition du risque

Le risque était perçu dans le passé comme étant une fatalité pour l'homme, qui devient impuissant devant les aléas naturels, avec le temps et la récurrence des événements meurtriers. De nos jours, une nouvelle vision du risque a été proposée et qui mis l'accent sur la responsabilité de l'homme, ce qui va permettre le passage d'un état passif à un état actif de l'individu et de la société qui perçoit le risque, ni les façons d'y faire face (Barroca et al. 2007).

Le mot risque revêt plusieurs sens selon les disciplines, c'est un concept difficile à cerner. Il ne s'inscrit pas dans un système théorique strictement défini (Dauphiné 2013). Néanmoins, la définition la plus commune qu'on a pu synthétiser considère le risque comme *un potentiel de pertes d'un système social ou d'un territoire composé d'enjeux, résultant de la combinaison de l'aléa et de la vulnérabilité* (Wisner et al. 2014). La figure (2) la décomposition du risque d'inondation en aléa et vulnérabilité (Maurel et al. 2003). De ce fait, pour bien comprendre la notion du risque, il faut tout d'abord commencer par comprendre ces composants qui sont l'aléa, les enjeux, et la vulnérabilité (Hufschmidt 2011).

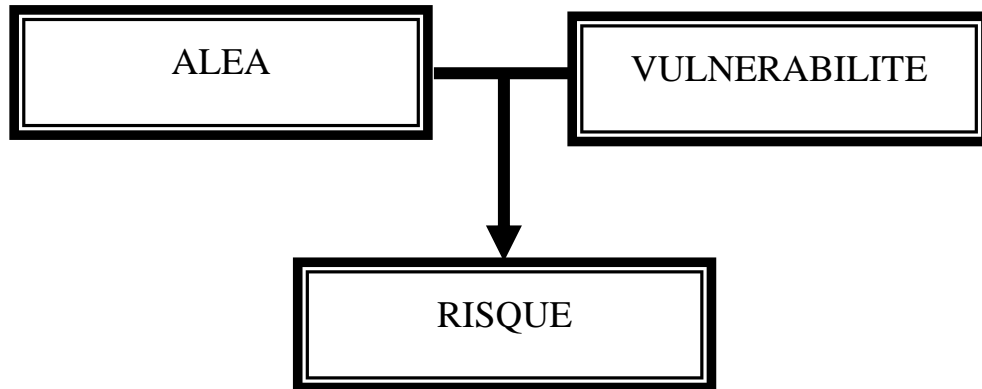


Figure 2: Décomposition du risque d'inondation en aléa et vulnérabilité

1.1.1 L'aléa

Dans la littérature relative aux risques majeurs, certains auteurs limitent l'aléa aux caractéristiques d'un événement pouvant générer des dommages (son intensité et son étendue spatiale) (Dauphiné 2013). Par contre, d'autres auteurs le définissent comme la probabilité d'occurrence d'un événement (Marzocchi et al. 2012). Un aléa génère un risque que s'il y a des enjeux et il a le potentiel de causer des dommages aux personnes et aux biens ou à l'environnement.

1.1.2 Les enjeux

Les enjeux sont les éléments qui peuvent être potentiellement affectés par l'aléa tels que les personnes, les biens, le système économique, et l'environnemental, etc.

1.1.3 La vulnérabilité

La vulnérabilité représente la capacité d'un enjeu à faire face à un aléa. C'est à la fois un état, une mesure et une cause. Ces conditions varient selon les approches choisies pour caractériser la vulnérabilité.

- Un état, soit la caractéristique d'un enjeu vulnérable.
- Une mesure, la mesure des conséquences potentielles sur cet enjeu de l'occurrence de l'aléa.
- Une cause, un ensemble de conditions favorables à l'endommagement de l'enjeu (D'Ercole 1998).

1.2 Définition de la vulnérabilité

Étymologiquement, la vulnérabilité désigne la blessure, du latin *vulnerabilis*, de *vulnerare*, blessé. En science et technique les définitions du concept de vulnérabilité sont nombreuses.

Notre recherche est axée sur les définitions en relation avec les catastrophes et les risques naturels, et leurs conséquences sur la population.

En géographie du risque, la vulnérabilité exprime le niveau d'effet prévisible d'un phénomène naturel (aléa) sur des enjeux (l'homme et ses activités). Elle évalue dans quelle mesure un système socio-spatial risque d'être affecté par les effets néfastes des aléas.

Le tableau (1) résume quelques définitions de la vulnérabilité (Nasiri et al. 2016).

Tableau 1: Aperçu sur les définitions de vulnérabilité

Source	Définition
Nations Unis 1982	Vulnerability is a degree of damage to a certain objects at flood risk with specified amount and present in a scale from 0 to 1 (no damage to full damage)
Cannon 1994	People's conditions and their social, political and economic behaviors in the face of risks provide different degrees of vulnerability.
Menoni and Pergalani 1996	Vulnerability term is damage goods, people, buildings, infrastructures and activities in hazard condition.
Meleti 1999	Degree of the capacity to endure or recover from the impacts of a hazard during the time.
Alexander 2004	The vulnerability of people and things to losses attribute to a certain amount of danger and probability that it will visible in a special condition and with a certain degree
UNDP 2004	Vulnerability is a condition which is influenced by physical, social, economic and environmental factors that raises the susceptibility of people to the hazard impact
Adger 2006	Susceptibility to harm from exposure to pressures related with environmental and social changes, and in lack of adaptation ability
Naess 2006	function of exposure, sensitivity, and adaptive capacity, generated by multiple factors and processes
Borden et al 2007	Distinct vulnerability means potential or sensitivity to losses or harm. Social vulnerability contains the susceptibility of society or social groups to potential losses from hazards
Balica et wright 2010	Vulnerability is defined with interaction between Exposure, susceptibility and resilience of each community in risk condition

En résumé, la vulnérabilité est un système dynamique, articulé autour d'une multitude de facteurs directs et indirects, en interaction souvent complexe (Léone and Vinet 2006; Birkmann 2007). Elle a été continuellement élargie vers une approche plus globale englobant la susceptibilité, l'exposition et la capacité d'adaptation (Fig. 3):

- **La sensibilité (ou susceptibilité)** : elle est la prédisposition d'éléments exposés et donc dommageables face au risque.
- **L'exposition** : elle est définie comme le degré, la durée et /ou l'étendue dans laquelle le système est en contact avec ou subit des perturbations. C'est donc la prédisposition d'un système à être perturbé par les événements d'inondations au regard de sa position (Balica and Wright 2010).
- **La capacité d'adaptation** : elle se réfère à la capacité d'un système à s'adapter aux perturbations, à diminuer les dommages potentiels et à faire face aux conséquences des modifications qui surviennent.

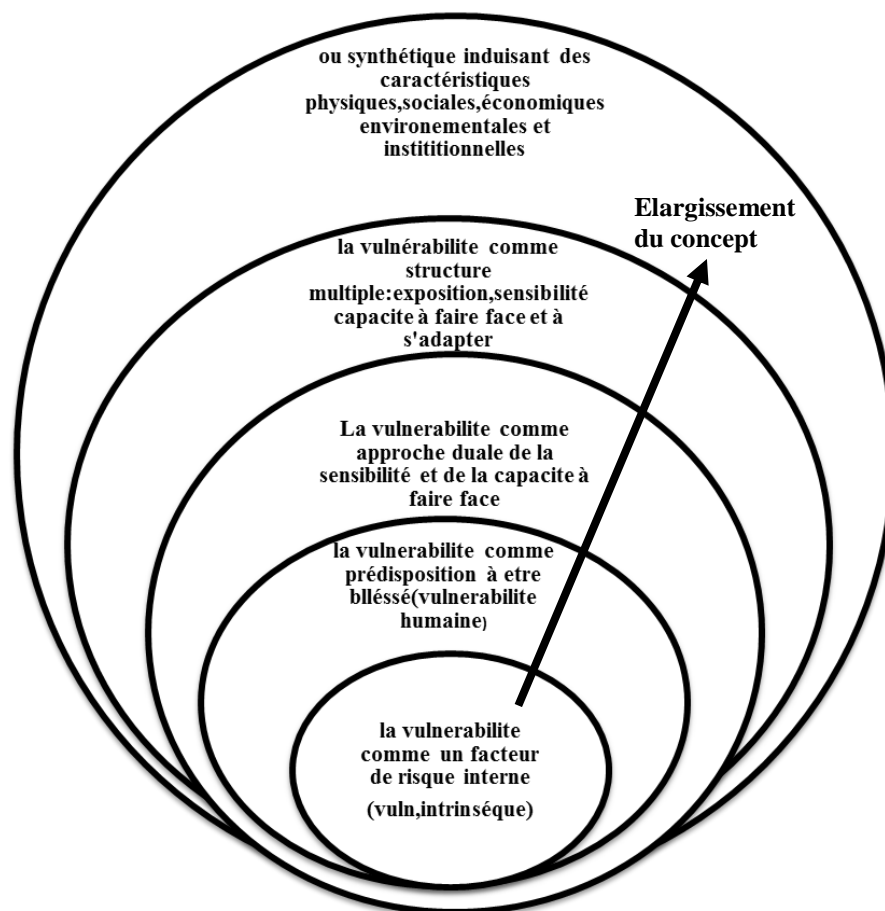


Figure 3: L'évolution du concept de vulnérabilité dans le temps

1.3 Les approches de la vulnérabilité

Les définitions précédentes montrent qu'il y'a deux courants de pensées. Certains chercheurs abordent la vulnérabilité à partir de dommage potentiel causé aux personnes et des biens. Tandis que, d'autres l'appréhendent en fonction des facteurs favorables aux endommagements ou influant sur la capacité de réponse des sociétés à une situation catastrophique (D'Ercole 1998). Ces deux pensées ont été classées en deux approches; analytique (synthétique) et systémique (holistique) (Léone and Vinet 2006).

L'approche analytique envisagera la vulnérabilité par nature d'enjeux en introduisant la fragilité d'un système dans son ensemble:

- Structurale: pour les infrastructures physiques (bâti, réseaux physiques, ouvrages d'arts, etc.).
- Corporelle: pour les personnes physiques (dommages corporels).
- Humaine ou sociale: pour les populations (approches sociale ou psycho-sociales).
- Institutionnelle: pour les institutions
- Environnementale: pour les différentes composantes du milieu naturel (végétation, ressources en eau, etc).
- Fonctionnelle: pour les fonctions et activités diverses (économiques notamment) supportés par les éléments précédents.

L'approche holistique de la vulnérabilité s'impose pour décrire et analyser les systèmes complexes (territoriaux, sociaux, organisations, institutions, etc.).

Ces différentes formes de vulnérabilité s'atténuent suivant le temps et l'espace, suivant la nature des éléments vulnérables, leur niveau d'organisation, leur implantation géographique et la période analysée (avant, pendant ou après une crise) (Fig. 4).

En résumé de ces deux approches, se déclinent deux formes de vulnérabilité; l'une technique (biophysique), qui est une mesure du degré d'endommagement (à l'aide d'un taux d'endommagement), et l'autre sociale, vue comme une propension à l'endommagement (Léone and Vinet 2006).

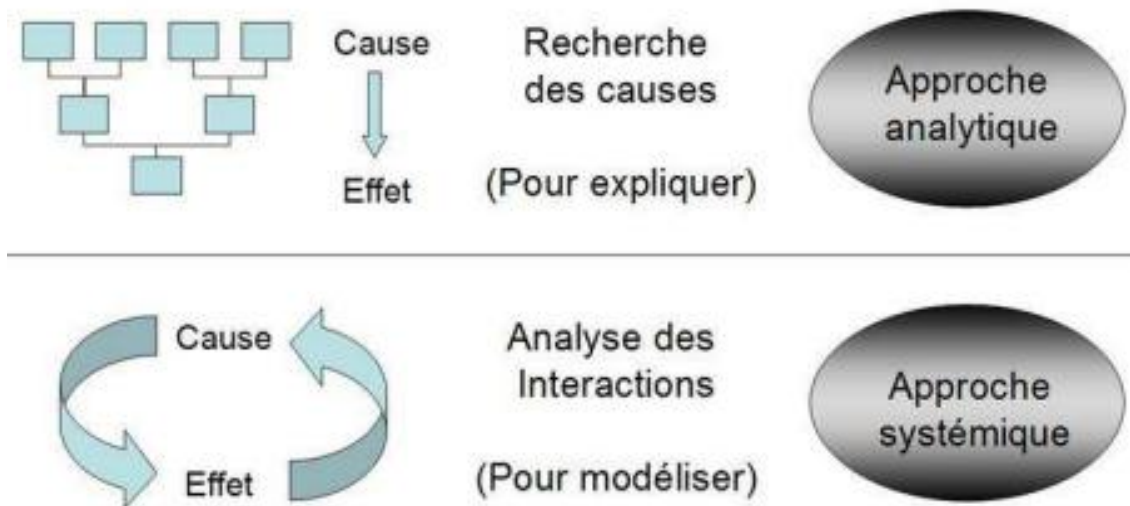


Figure 4: Approches d'évaluation de la vulnérabilité

1.4 Les types de vulnérabilité

La vulnérabilité apparaît comme un système, articulé autour d'un grand nombre de variables, naturelles et humaines, dont la dynamique dans le temps et dans l'espace peut engendrer des situations plus ou moins dangereuses pour une société exposée (D'Ercole 1998). La vulnérabilité peut donc être perçue ou appréhendée selon plusieurs dimensions: physique, économique, sociale et environnementale.

- **La vulnérabilité physique ou matérielle:** elle représente la susceptibilité du cadre bâti à subir des dommages (Cardona et al. 2012).
- **La vulnérabilité économique:** elle réfère à la prédisposition, à savoir que la capacité de production d'un système soit perturbée par des dommages matériels et des perturbations liées à l'occurrence d'un aléa (Balica et al. 2009).
- **La vulnérabilité sociale:** elle se résume à la propension au bien-être humain à être endommagé par la perturbation individuelle (santé mentale et physique) et collective (santé, services éducatifs, etc.). Cela se traduit par une incapacité à anticiper, résister ou se remettre des chocs et du stress issus d'un aléa (Cutter 1996).

Les différents types de vulnérabilité peuvent être identifiés d'après les deux types de pertes directes et indirectes. Le Tableau (2) donne des exemples de types de pertes (<http://www.charim.net/methodology/53>).

Tableau 2: Les types de vulnérabilité selon la nature des pertes (directes et indirectes)

	Vulnérabilité Humaine-Sociale	Vulnérabilité Physique	Vulnérabilité Economique	Vulnérabilité Culturelle Environnementale
Pertes directes	Victimes Blessées Perte de revenue ou d'emploi	Construction endommagées ou immeuble effondré	Interruption d'affaire suite aux dommages des bâtiments Perte de la productivité, main d'œuvre (décès et blessure) Perte de cout	Sédimentation pollution (espaces menacés) destructions des zones écologiques perte du patrimoine
Pertes indirectes	maladie Handicap (physique et moral)	Progression des détériorations des infrastructures irréparables	Pertes économiques à long et court terme Cout de réparation	Perte de la biodiversité Perte de la diversité culturelle

La vulnérabilité comme concept à multi facette peut être résumée a une forme de diamant qui illustre les différents caractéristiques ou dimensions de la vulnérabilité sous toutes ses formes (Fig. 5) (Tapsell S, McCarthy S, Faulkner H 2010).

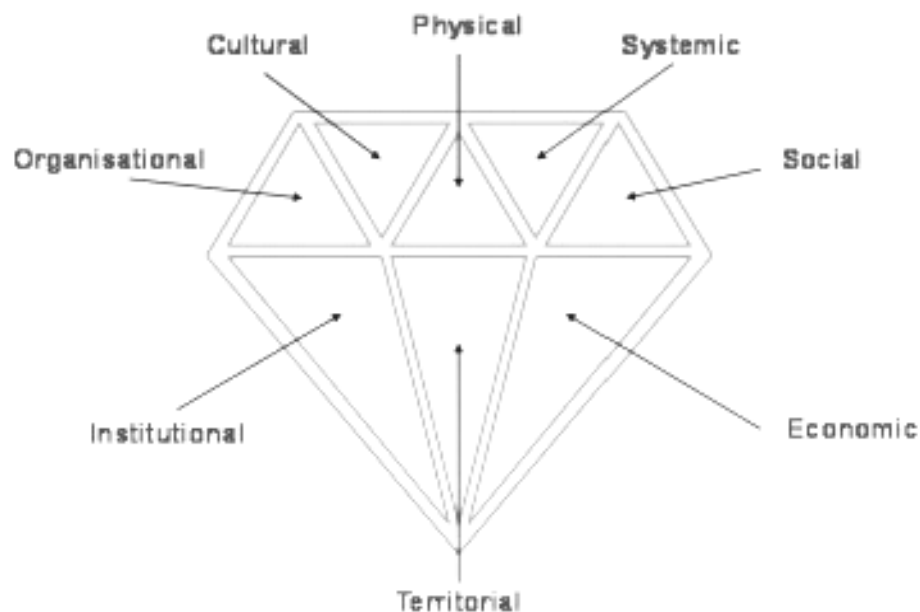


Figure 5: Analogie du diamant (nature multiforme de la vulnérabilité)

2 La vulnérabilité humaine

Les facteurs sociaux sont l'une des causes les plus importantes de la vulnérabilité des communautés exposées aux risques. La vulnérabilité humaine ou sociale met en évidence les

relations société/environnement à des échelles spatiales et temporelles. Elle consiste à s'intéresser à la capacité plus ou moins importante de la société à «encaisser» l'événement (résistance), à gérer l'éventuelle crise qui en découle et à retrouver un fonctionnement «normal», relativement proche de son état initial (Becerra 2012).

2.1 La vulnérabilité sociale à sens multiple

Adger (2006) considère la vulnérabilité sociale comme l'exposition de groups ou d'individus à des changements inattendus et à la perturbation des moyens de subsistance. Ainsi, la vulnérabilité sociale a été définie comme la limitation d'une communauté à l'impact des catastrophes naturelles qui influencent sa capacité de se remettre des impacts (Cutter and Emrich 2006). Elle a été considérée également comme deux parties distinctes: la vulnérabilité socioéconomique et la vulnérabilité de l'environnement bâti (Holand et al. 2011).

La vulnérabilité sociale ne se limite pas à la fragilité sociale mais prend également en compte les inégalités sociales en matière de revenu, d'âge et de sexe (Birkmann 2007). Enfin, la vulnérabilité sociale peut expliquer pourquoi certaines communautés vivent et souffrent d'un événement à risque différemment des autres.

La vulnérabilité sociale peut être quantifiée et évaluée afin de planifier l'atténuation du risque et pour une meilleure compréhension des risques liés aux catastrophes (Solangaarachchi et al. 2012). L'approche la plus connue est l'approche de l'indice de vulnérabilité sociale développée par Cutter et al (2003). Cette approche peut seulement identifier les variations de la vulnérabilité sociale relative, mais elle ne peut pas détecter les causes de cette vulnérabilité (Cutter et al. 2003).

2.2 Les indicateurs de vulnérabilité

Les indicateurs de vulnérabilité sont des paramètres qualitatifs ou quantitatifs qui aident à identifier les zones ou les personnes les plus vulnérables aux impacts négatifs des catastrophes naturelles. Ces indicateurs sont issues des attributs socio-économiques de la population et des attributs physiques du lieu, ces des facteurs clés qui influencent la capacité de faire face ou la capacité des communautés à s'adapter aux inondations.

Dans ce travail, on va s'intéresser surtout aux indicateurs sociaux. Cutter et al (2003) proposent un index de vulnérabilité sociale basé sur plusieurs variables géographiques, environnementales et démographiques destinées à saisir le degré de résilience de certaines villes exposées aux aléas naturels. En fait, les indicateurs classiques comme l'âge et le sexe

jouent un rôle très important dans la prise en compte dans l'évaluation globale de la vulnérabilité.

Le Tableau (3) résume des indicateurs communs de vulnérabilité sociale face aux inondations identifiés par une revue de littérature pour le projet FLOODsite (www.floodsite.net).

Tableau 3: Les indicateurs communs de vulnérabilité sociale face aux inondations

Les indicateurs communs

Age (enfant et les plus âgés)

Sexes (femmes surtout)

Emploi

Chômage

Profession

Niveau d'éducation

Structure sociale

Origine ethnique

Typologie de l'habitation (à plein pieds ou mobile)

Nombre de pièces

Rural ou urbain (densité)

Sensibilisation aux risques

Expériences des inondations précédentes

Accès à la prise de décisions

Confiance aux autorités

Maladie ou invalidité de longue durée

Durée de résidence

Desservi par le système d'alerte aux inondations

Types d'inondation (indiquant le degré de dommages)

Période de retour d'expériences des inondations (indiquant le degré de dommages potentiels)

2.3 La vulnérabilité humaine et les décès causés par les inondations

La vulnérabilité des personnes peut se référer à trois grands types de facteurs à savoir la vulnérabilité extrinsèque, la vulnérabilité intrinsèque et le comportement. La vulnérabilité extrinsèque dépend des conditions d'environnement dans lesquelles la personne se trouve au moment de l'inondation. La vulnérabilité intrinsèque de la personne dépend de ses capacités physiques et psychologiques à résister à l'inondation (savoir nager, résister à l'eau froide, etc). Le troisième type de facteur tient aux comportements. Il s'agit en quelque sorte d'une vulnérabilité « active » par opposition à la vulnérabilité extrinsèque qui est plus « subie » ou « passive » (Defossez et al. 2018).

Afin de déterminer le caractère catastrophique d'un événement naturel, les échelles de classification utilisées par les instances internationales comptent pour la plupart du temps sur la quantification des dommages et en particulier des décès (Dauphiné 2013).

C'est le cas de la base de données internationale EM-DAT, qui recense les catastrophes naturelles au niveau mondial et s'appuie notamment sur un seuil de 10 décès pour intégrer un événement. Vinet (2010) constate que les décès liés aux inondations sont considérés (à tort) comme résiduels, n'entrant donc dans aucun cadre prévisible, mais relevant du comportement individuel, donc non modélisable, non généralisable et finalement irréductible. De ce fait, la mortalité peut être considérée comme un indicateur pertinent de l'exposition et de la vulnérabilité du territoire (Jonkman 2005), car c'est le résultat du processus de l'endommagement.

Plusieurs travaux sur les décès liés aux inondations ont été publiés (Coates 1999; Jonkman 2005; Jonkman and Kelman 2005; Ashley and Ashley 2008; Borden and Cutter 2008; Jonkman and Vrijling 2008; FitzGerald et al. 2010; Singh and Kumar 2013; Špitalar et al. 2014; Sharif et al. 2015; Paulikas and Rahman 2015; Badoux et al. 2016; Terti et al. 2017; Brázdil et al. 2021). Dans la région méditerranéenne, divers travaux de recherche couvrent les inventaires des décès causés par les inondations à l'échelle d'un pays (Diakakis and Deligiannakis 2013, 2017; Zêzere et al. 2014; Diakakis 2016; Pereira et al. 2016; Salvati et al. 2018; Špitalar et al. 2020), ainsi qu'au niveau local (Leal et al. 2018; Grimalt-Gelabert et al. 2020), et d'autres études ont comparé les décès causés par les inondations entre les pays (Pereira et al. 2017; Petrucci et al. 2019). En outre, certains travaux se sont concentrés sur les personnes décédées à la suite d'inondations extrêmes spécifiques et ont décrit les circonstances de ces décès (Ruin et al. 2008; Vinet et al. 2012; Diakakis et al. 2020). Des bases de données officielles spécifiques aux pays sont nécessaires pour combler le manque d'informations et leur indisponibilité (Pereira et al. 2016; Salvati et al. 2018; Petrucci et al. 2019).

En résumé, le décès est une donnée essentielle du bout de la chaîne du risque. Il reflète les conditions d'aléa, d'exposition et de vulnérabilité qui convergent pour déterminer la mise en danger d'une vie humaine (Veyret and Laganier 2013). Le tableau (4) résume quelques études par région.

Tableau 4: Travaux de recherche portant sur la mortalité liée aux inondations

Auteur	Année	Période	Pays
Coates	1999	1788-1996	Australie
Guzzetti et al	2005	1900–2002	Italie
Pradhan et al	2007	Un événement	Népal
Ruin et al	2008	Un événement	France
Ashley and Ashley	2008	1959-2005	USA
FitzGerald et al	2010	1997-2008	Australie
Vinet et al	2012	Un événement	France
Diakakis et al	2012	1881–2010	Grèce
Doocy et al	2013	1980-2009	Monde
Singh et Kumar	2013	1978-2006	Inde
Jonkman	2014	1975-2002	Europe et Etats-Unis d’Amérique
Špitalar et al	2014	2006–2012	USA
Paulikas and Rahman	2015	1950-2012	Pakistan
Pereira et al	2016	1960-2010	Portugal et Grèce
Diakakis and Deligiannakis	2017	1970-2010	Grèce
Salvati et al	2018	1965-2014	Italie
Petrucci et al	2018	1980-2015	Méditerranée

3 Méthodes d’évaluation de la vulnérabilité

3.1 Les méthodes anglo-saxonnes

Les recherches américaines constituent toujours d’importantes références comme l’attestent les nombreux articles traitant des méthodologies d’évaluation des vulnérabilités. En Angleterre, l’essentiel des recherches sont menées par le centre: *Flood Hazard Research Centre (FHRC)*¹. Les connaissances acquises dans le domaine sont telles que des guides de

¹ FHRC : C’est l’un des premiers centres travaillant sur ces problématiques d’évaluation du risque (depuis les années 60) autour d’une équipe interdisciplinaire qui étudie plus spécialement les relations entre les inondations et la société (PARKER, 1995).

référence officiels d'importance internationale tels que le Blue manual et le Red manual. Tous les types de dommages semblent avoir été étudiés par les Anglo-saxonnes, essentiellement à travers d'approches quantitatives telles que la construction de fonctions de dommages et l'analyse coûts/avantages. Des démarches plus qualitatives ont été plus récemment développées. Il s'agit par exemple de la *Bootstrapping method*, mise en place pour l'évaluation des dommages à la santé et les pertes de biens irremplaçables. Cette méthode propose une évaluation monétaire du coût des dommages tangibles subis par la population sinistrée alors interrogée par enquête.

3.2 Les méthodes françaises

Pour l'évaluation quantitative de la vulnérabilité sociale deux méthodes existent:

- Les démarches de type coût/avantage qui traduisent les vulnérabilités en unité monétaire et réalisent des constats d'endommagement débouchant sur des simulations de sinistres (D'Ercole 1998; Léone and Vinet 2006).
- Les démarches « phénoménologiques », qui consistent à analyser les vulnérabilités à partir de retours d'expérience. Elles estiment le coût moyen annuel à l'échelle du bassin versant et calculent les dommages potentiels.

Pour l'évaluation qualitative, la méthode inondabilité du CEMAGREF consiste en une modélisation et un croisement des variables «aléa» et «vulnérabilité» permettant d'exprimer sur une carte synthétique «un risque maximal acceptable». Cette méthode traduit les vulnérabilités par des données de nature hydrologiques, indépendamment de tout aspect économique. En outre, les techniques hiérarchiques multicritères les plus connues ont pour objectif de caractériser la vulnérabilité des zones urbaines et des projets d'aménagement.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé la partie théorique qui a pour objectif de cerner le sens du concept de vulnérabilité. En finalité, ce concept est polysémique, avec un système dynamique et complexe, aux causes multiples et articulé autour d'une multitude de facteurs directs et indirects, en interaction souvent complexe et difficile à modéliser (Ruin 2007). Cette partie a servi à comprendre la vulnérabilité des populations sous toutes ses formes et à déterminer quelques indicateurs sociaux face au risque d'inondation. Elle a permis également de déterminer la méthode qui sera adoptée pour évaluer la vulnérabilité de la population de l'ouest algérien et qui sera détaillée dans le deuxième chapitre.

Chapitre 2 : Données et méthodologie

Introduction

Les risques naturels ont gagné de plus en plus d'intérêt scientifique dans les dernières décennies en raison de leurs impacts socio-économiques et environnementaux importants (Papagiannaki et al. 2013). Les inondations affectent chaque année 21 millions de personnes dans le monde et ce nombre devrait atteindre 54 millions d'ici 2030 (Lehmann 2015). Ce chiffre a tendance d'augmenter, d'où l'utilité de faire des recherches sur ce phénomène et ses impacts sur la population sachant que la base de données des victimes en Algérie doit être mise à jour et améliorée. Ce chapitre est consacré à l'explication de la base de données victimes/inondation dans l'ouest Algérien pour la période 1966-2019.

1 Aperçu sur les bases de données (inondation/décès) réalisées

1.1 Base de données à l'échelle mondiale

Ces dernières années, vu les effets des changements climatiques, et leurs conséquences sur la population mondiale, tels que l'augmentation du taux de mortalité dans le monde engendré par les inondations intenses (EMDAT 2020), l'étude de mortalité est devenue l'un des centres d'intérêts des chercheurs. Une étude a été réalisée sur la fréquence et l'intensité des inondations et la mortalité induite par ces inondations dans le monde, entre 1975 et 2016 (Hu et al. 2018). Les auteurs ont montré que la récurrence des inondations par an est en hausse, néanmoins la mortalité liée aux inondations par événement est en baisse. La variation annuelle de la mortalité par crue est liée aux crues d'intensité plus élevée. L'analyse a montré que la distribution spatiale des inondations mortelles dans le monde est élevée en Asie, en particulier en Chine, en Inde, en Indonésie et aux Philippines. Par ailleurs, une augmentation significative de la population touchée par les inondations et de la mortalité annuelle moyenne a été constatée en Chine, aux États-Unis et en Australie.

1.2 Bases de données internationales

1.2.1 Bases de données Européennes

A la suite de projets de recherche, diverses bases de données à couverture partielle sont réalisées en Europe. Par exemple, la base de données HYDRATE (European Flash Flood Database, www.hydrate.tesaf.unipd.it) consacrée aux crues éclaircies survenues dans certains

pays à savoir; Espagne (Catalogne), France(Cévennes-Vivarais), Alpes italiennes et Ligurie, Slovaquie, Grèce, Roumanie et Autriche (Gaume et al. 2009).

1.2.2 Bases de données méditerranéennes

Le projet HyMeX² (Experiment Méditerranée Hydrologique) a permis d'élaborer une nouvelle base de données des impacts sociaux des inondations en Méditerranée. La base de données FLOODHYMEX inclut ainsi des événements provoqués par des phénomènes d'inondations et des crues éclaircies survenus entre 1981 et 2010.

1.2.3 Travaux réalisés en Asie

Les inondations ont été classées parmi les causes de perte de vie humaine les plus courants dans le monde en particulier sur le continent asiatique (<http://www.dartmouth.edu/~floods/>). Le tableau (5) montre le nombre de décès dans certains pays asiatiques, dont l'Inde est le pays le plus affecté (Ashraf et al. 2017).

En Inde, la base de données nationale publiée par *India meteorological departement* a été exploitée pour la période 1978-2006 (Singh and Kumar 2013). L'étude a évalué les types d'inondations, la distribution spatiale et temporelle des victimes, et des dommages. L'analyse de l'histoire des catastrophes naturelles au sud de l'Asie révèle que deux autres pays, aussi peuplé que l'Inde sont victimes des inondations catastrophiques, avec de pertes humaines très importantes comme le Népal et le Bangladesh.

Tableau 5: Nombre d'inondations et de décès dans quelques pays asiatiques (2000-2016)

Pays	Nbre d'inondations	Nbre de décès
Pakistan	57	6584
Inde	148	23.592
Bangladech	32	2764
Sri lanka	31	211
Indonesie	109	3553
Chine	173	11.078
Japan	16	192
Nepal	23	2067
Vietnam	57	2612

² HyMeX: Hydrological cycle in the Mediterranean Experiment

1.3 Bases de données à l'échelle nationale et régionale

L'analyse des décès causés par les inondations nécessite des données qui ne sont pas toujours disponibles officiellement, les bases de données des victimes à l'échelle nationale (Tableau 6), n'existent que dans quelques pays comme les Etats-Unis d'Amérique et l'Australie (Petrucci et al. 2019). Pour les autres pays, les scientifiques essaient de créer des bases de données ou ils font recours aux bases de données internationales.

Tableau 6: Bases de données nationales

Pays	Base de données	Source
Etats-Unis d'Amérique	National climate data center de la national oceanic and atmospheric administration	Sharif et al. 2012
Etats-Unis d'Amérique	Centre national des statistiques de santé	Thaker et al. 2008
Australie	Péril AUS (risk frontiers)	Haynes et al. 2016

1.3.1 Travaux réalisés en Italie

En Italie, un catalogue d'événements hydro-géomorphologiques ayant des conséquences sur la vie humaine a été réalisé (Guzzetti et al. 2005). En exploitant cette base de données, une étude a été réalisée et qui s'oriente désormais sur la mortalité des victimes des inondations en Italie, soit 771 de victimes au cours de la période 1965-2014 (Salvati et al. 2018). L'objectif était de déterminer le rapport entre les décès et le sexe et l'âge et les circonstances des décès.

1.3.2 Travaux réalisés en France

En 2013, Boissier a réalisé un travail sur la mortalité liée aux crues torrentielles dans le Sud de la France. Ce travail a pour objectif la constitution d'une base de données géo-référencées (Base de Données sur les Victimes des Inondations) pour la période 1988-2011. Il a collecté des informations sur les lieux, les circonstances et le profil de plus de 200 victimes. Il a étudié la répartition spatiotemporelle des crues meurtrières et des victimes. Ensuite, il a analysé les facteurs de vulnérabilité expliquant la mortalité à cause des crues, comme les caractères physiques tels que le sexe, l'âge, et les causes et circonstances des décès.

Une mise à jour de l'ancienne base de données a été réalisée en utilisant comme source d'information la base de données internationale CRED EM-DAT (Vinet et al. 2016). Cette base

de données couvre la période de 1988 à 2015 dans le sud de la France (250 victimes). En parallèle, une étude de mortalité en comparant six événements majeurs entre 1930 et 2010 a été réalisée). L'auteur a démontré l'importance des données historiques sur les 6 événements les plus meurtriers pour mieux élucider les facteurs emmenant à un taux important de mortalités en France (Boudou) 2016.

1.3.3 Travaux réalisés au Portugal

Parmi les travaux réalisés sur la mortalité causée par les inondations au Portugal; on compte l'étude qui est axée sur les impacts sociaux des inondations et des glissements de terrain au Portugal au cours de la période 1865-2010 (Pereira et al. 2016). La base de données réalisée nommée DISASTER contient 1902 cas hydro-géomorphologiques qui ont causé 1248 décès dont 81% associés aux inondations. Cette étude a analysé la fréquence et l'évolution temporelle des événements mortels et des décès.

Une deuxième étude comparative portée sur la mortalité causé par les inondations au Portugal et en Grèce a été élaborée en 2017 (Pereira et al. 2017). Une base de données commune sur les décès causés par les inondations a été créée pour la période 1960-2010 en fusionnant la base de données DISASTER pour le Portugal et la base de données grecque. Les victimes des inondations sont examinées et comparées en termes de fréquence, évolution, répartition spatiale, types d'inondations les plus meurtrières, sexe des victimes, circonstances entourant les décès, et le risque individuel et sociétal.

1.3.4 Travaux réalisés en Grèce

En 2013, une étude sur les victimes des inondations à Athènes a été réalisée pour la période entre 1880 et 2010 (Diakakis and Deligiannakis 2013). Cette étude a abordé la distribution spatiale et temporelle des incidents d'inondations mortelles, ainsi que des informations démographiques sur les victimes.

En 2017, un autre travail a analysé les décès causés par les inondations dans la Grèce entre 1970 et 2010 (Diakakis and Deligiannakis 2017). Sur la base des inventaires et des rapports d'incidents détaillés, une base de données a été développée, pour examiner la distribution temporelle, spatiale et saisonnière de ces incidents et les circonstances dans lesquelles se sont produit.

1.3.5 Travaux réalisés aux Etats-Unis d'Amérique

Une base de données nationale des décès des inondations a été compilée aux États-Unis entre 1959 et 2005 (Ashley and Ashley 2008). Elle comprend les critères de vulnérabilité tels que les lieux des décès, l'âge et le sexe des victimes, les activités des victimes et les types d'inondations. D'autres études ont révélé que le comportement humain contribue aussi aux accidents mortels causés par les inondations (Sharif et al. 2015).

1.3.6 Travaux réalisés en Australie

Plusieurs études complémentaires sur les impacts des inondations sur la population en Australie ont été réalisées en Australie (Coates 1999; Fitzgerald et al. 2010). Elles traitent l'incidence et les causes des décès liées aux inondations en Australie pour deux périodes différentes. Ces travaux ont exploité les journaux et les comptes rendus historiques ainsi que les rapports gouvernementaux et scientifiques pour constituer la base de données. Les données rassemblées comprennent la date et le lieu des décès, l'âge et le sexe des victimes et les circonstances des décès.

1.4 Base de données dédiées aux événements particuliers

La submersion marine est l'une des événements mortels comparés aux crues torrentielles. Le 28 février 2010, la côte atlantique française a été frappée par une importante submersion marine «Cynthia» qui a causée 41 décès. Cet événement a été l'œuvre de plusieurs recherches qui ont analysé et comparé les pertes en vies humaines avec d'autres pertes humaines causées par une crue éclair qui a frappé le département du Var dans la région méditerranéenne française le 15 juin 2010 (26 morts) (Vinet et al. 2011, 2012). L'étude s'est focalisée sur les caractéristiques des victimes et les circonstances de leur décès. En outre, d'autres critères expliquent la mortalité ont été étudiés tels que les facteurs physiques (ex: profondeur de l'eau et son rapport avec l'âge des victimes).

La vulnérabilité des personnes était étroitement liée à des caractéristiques humaines telles que l'âge et les comportements dangereux lors de l'événement, ainsi que le manque de sensibilisation aux risques et de préparation aux crises.

2 Sources exploitées pour la réalisation de la base de données de l'ouest Algérien

2.1 Sources de données internationales

La base de données EM-DAT (Emergency Data Base) a été développée par le centre de recherche sur l'épidémiologie des catastrophes (CRED). Cette dernière contient les informations essentielles sur l'occurrence et les impacts de plus de 20400 catastrophes dans le monde depuis 1988 (Guha-Sapir D, Hoyois P 2014). Les informations de cette base de données peuvent être téléchargées à partir du site web du CRED à travers une recherche avancée. Cependant, les données comprennent une résolution spatiale au niveau des pays et la date de survenance de l'événement n'est pas précise.

L'observatoire des inondations de Dartmouth de l'Université du Colorado réalise des mesures spatiales des eaux de surface pour la recherche, l'éducation, et les applications humanitaires. Cet observatoire n'as pas seulement la vocation à comptabiliser les victimes, mais il fournit également des mesures et des cartographies des inondations par télédétection à l'échelle mondiale (Boissier 2013). Ce dernier a critiqué la méthodologie de cet observatoire, en le classant comme une source d'imprécision, tandis que d'autres ont souligné les erreurs introduites par cette classification et recommande la collecte de données précises (Jonkman 2005). Des erreurs dans les informations et commentaires sur les événements ont également été détectés.

La base de données CATNAT (Catastrophes naturelles) construite par Ubyrisk Consultants, représente une autre source de données qui recense également les catastrophes naturelles dans le monde. Ce catalogue en ligne est limité aux 5 premiers résultats pour les visiteurs du site. Le tableau (7) illustre le détail de ces trois bases de données (Granda 2014).

Des divergences et inexactitudes entre les bases de données ont été relevées, à savoir; l'intégration de différents critères pour inclure un événement dans les bases de typologie des événements liés à différents phénomènes, divergences des dates d'événement (début et fin), et statistiques incohérentes concernant le nombre de victimes (Granda 2014).

La réalisation de la base de données (inondations/décès) de l'ouest algérien a nécessité des données sur les événements mortels, ainsi que les descriptions des victimes et les détails de l'environnement immédiat. Notre étude s'est basée sur les données provenant de la base de données EM-DAT et celle de l'observatoire des inondations de Dartmouth.

Tableau 7: Les bases de données internationales

Organisme	Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CREED) - Université Catholique de Louvain	Darmouth Flood Observatory - Université du Colorado	Observatoire permanent des catastrophes naturelles et des risques naturels - Ubyrisk Consultants
Nombre de Base de Données	Emergency Events Database	Global Active Archive of Large Floods	CATastrophes NATURElles.net
Sigles du Data Base	EM-DAT	DFO	CATNAT
Résolution Temporal	Date Début - Date de Fin	Date Début - Date de Fin	Date Début - Date de Fin
Résolution Spatial	- Pays au Département	- Pays au Commune - Duration en jours	- Pays au Département
Période de Couverture	De 1900 au présent	De 1985 au présent	De 2001 au présent
Type	- Catastrophes naturelles - Catastrophes technologiques et - Situations d'urgence complexes.	Inondations	Evénements dommageables d'origine naturelle constituant l'actualité quotidienne des catastrophes naturelles
Critères de sélection dans la base	Au moins un des critères suivants doivent être remplis: • Au moins 10 décès. • Au moins 100 personnes affectées ou sinistrées. • Déclaration de l'état d'urgence. • Appel à l'aide internationale.	• Dommages importantes aux structures ou à l'agriculture • Avec un intervalle importante depuis le dernier événement similaire • Et/ou de décès	Chaque événement naturel dommageable dès qu'ils ont: • des conséquences humaines significatives et/ou • des conséquences matérielles
Sources	- Agences des Nations Unies - Organisations non gouvernementales - Compagnies d'assurance - Instituts de recherche - Agences de presse	- Grande variété de sources d'information http://www.dartmouth.edu/~floods/Resources.html - Gouvernemental sources	Sources multiples et croisées: - Agence de presse - Compagnies de réassurance - Instituts de recherche - ONG, agence de l'ONU
Accès	Accès Public. Téléchargement en format .csv Accès à d'importants ensembles de données brutes de la base de données EM-DAT, faire demande officielle au CREED	Accès public. Téléchargement en format .xls	Version interrogeable en ligne. Accès Public. Le catalogue d'événement est limité aux 5 premiers résultats. Format .csv
Site Internet	http://www.emdat.be/database	http://floodobservatory.colorado.edu	http://www.catnat.net/donneesstats/bd-catnat?view=bdcatnat

2.2 Rapports de presse

Pour recueillir plus de détails sur les circonstances des décès, nous avons utilisé les données de la presse (Fig. 6). Plus de 112 articles de presse, publiés dans 87 numéros de 17 journaux disponibles ont été exploités (ex : El Watan, La République, La Voix de l'Oranie, Le Midi Libre, Le Soir d'Algérie, Liberté, Ouest Tribune, Réflexion). Une grande partie des journaux consultés en format papier sont disponible au service d'archives du musée d'Oran, et les archives de la wilaya d'Oran.

La presse en format numérique (ex: Algérie presse service, El Moudjahid, Info Soir, La Nouvelle République, Le Financier, Le Temps d'Algérie, L'expression, El Watan, La Voix de l'Oranie, Le Midi libre, Le Soir d'Algérie, Liberté, Ouest Tribune, Réflexion) étaient disponibles surtout pour la période contemporaine (2001-2019).

Les contraintes rencontrées lors de la collecte d'information sur les journaux, c'était le nombre de personnes disparues qui change d'un journal à un autre y compris le bilan des décès. En relatant les faits, les articles de presse divergent dans la précision de la temporalité et l'endroit exact de l'événement, surtout quand on collecte les données de chaque victime.

Nous avons remarqué également que les articles de presses pour la période 1970-1980 comportent plus de détails que celles de la période 1990-2000, ce qui confirme la fiabilité des informations de certains événements par rapport à d'autre. Sachant que la presse quotidienne

propose aux chercheurs des informations qui ont été recueillies sans la contribution du chercheur et procédant d'une enquête qu'il n'a pas menée, les renseignements peuvent être imprécis.

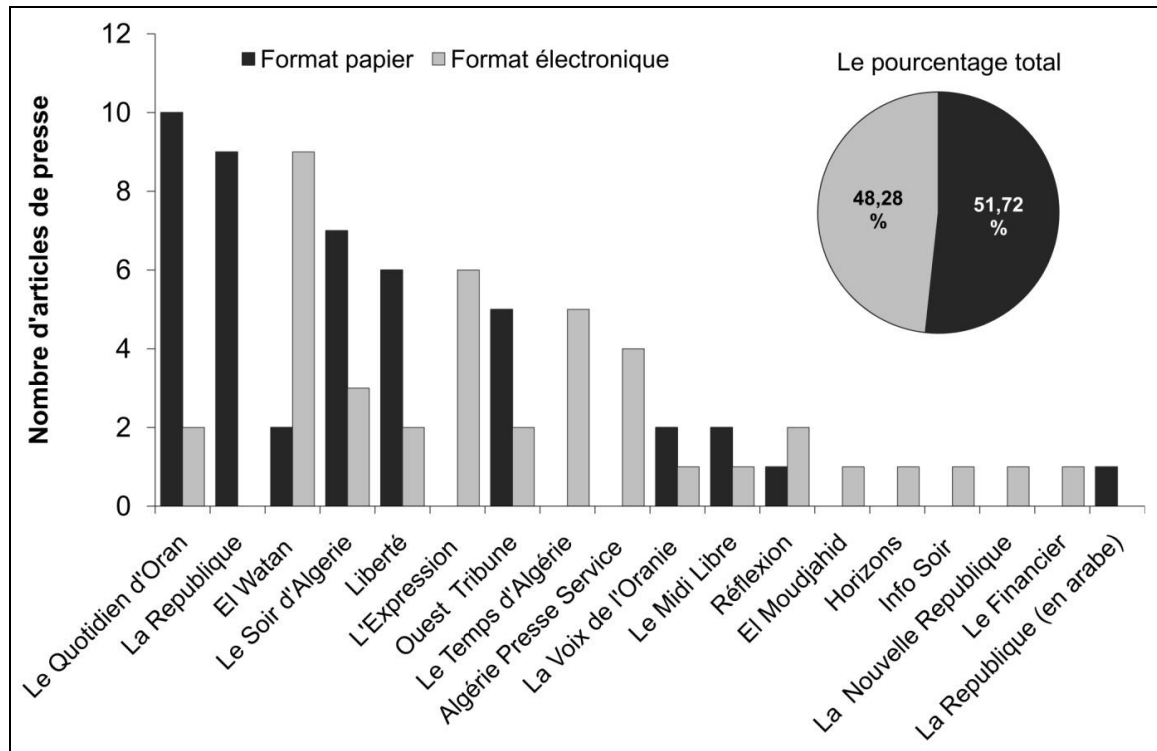


Figure 6: Nombre d'articles exploités par journal

2.3 Travaux scientifiques

Les données sur les inondations mortelles étaient disponibles dans le catalogue des inondations historiques élaboré par Sardou et al. (2016). D'autres travaux scientifiques ont fourni des informations sur les crues mortelles (Sardou 2011; Yahiaoui 2012; Tahar 2013; Meddi and Toumi 2015; Atallah et al. 2016, 2018, Sardou et al. 2016, 2018). D'autres informations supplémentaires sur la zone d'étude et les caractéristiques des crues ont été compilées à partir de travaux publiés (Achite and Ouillon 2007; Megnounif et al. 2013, 2007; El Mahi et al. 2012; Ghodbani and Berrahi-Midoun 2013; Meddi and Talia 2013; Yamani et al. 2016; Ghenim and Megnounif 2016; Korichi et al. 2016; Meddi et al. 2017; Meref and Seddini 2018; Kastali et al. 2021).

2.4 Rapports techniques

Les rapports de la protection civile contiennent des informations sur le nombre des victimes, les causes de l'inondation, le lieu exact, et les circonstances des événements mortels.

Les données de ces rapports ont été utilisées pour valider les informations disponibles dans les articles de presse. Ils comportent des détails sur l'âge et le sexe des victimes en plus des photos qui aident dans la détermination et la confirmation des lieux de l'événement mortel et ses circonstances.

Les données démographiques telles que le nombre de population, les groupes d'âge et la densité de population sont fournies par l'office national des statistiques (Office National des Statistiques 2008).

3 Méthodologie

3.1 Démarche globale de l'étude

La démarche globale de l'étude a été élaborée sur deux temps. Premièrement, nous avons pris comme support la revue des événements meurtriers à l'ouest algérien établi par Sardou et al. (2016). Cette étape a permis de recenser les événements mortels et le nombre de victimes d'inondation entre 1966 et 2014. En deuxième lieu, on a recensé les événements mortels et les victimes pour la période 2015-2019 en s'appuyant sur les supports cités auparavant. Les données recueillies nous ont permis de constituer deux bases de données; l'une sur les événements mortels et l'autre sur les victimes des inondations (Fig. 7).

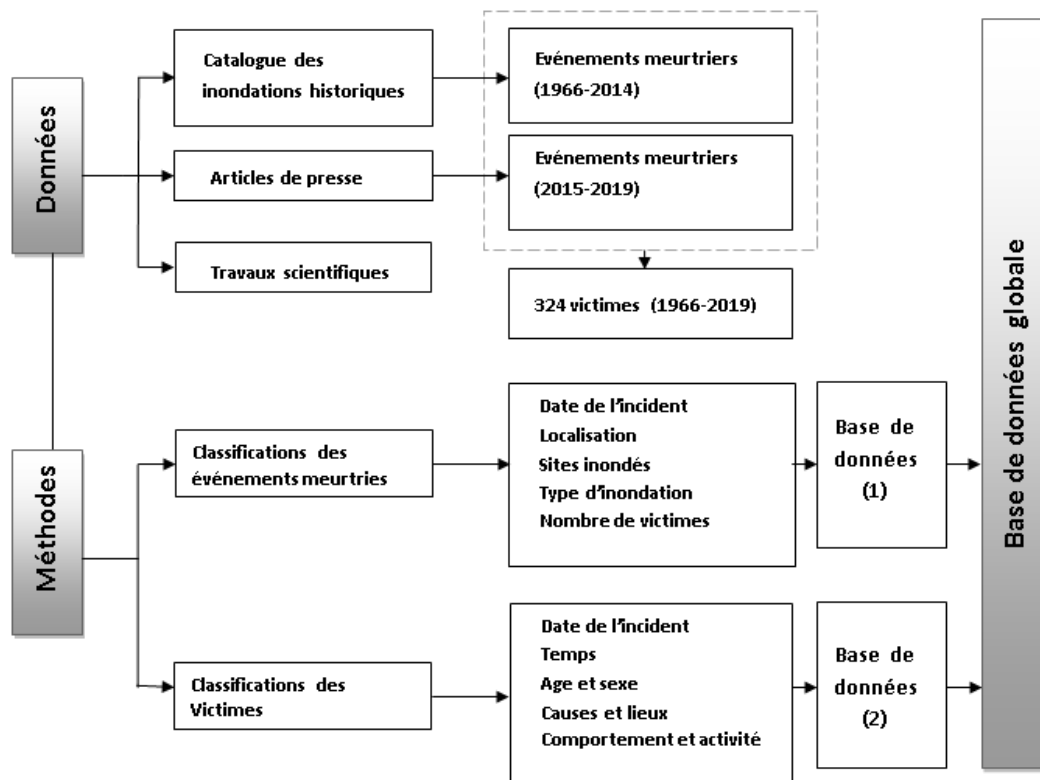


Figure 7: Schéma de la démarche globale de l'étude

3.2 Base de données des inondations mortelles

Le recensement des événements mortels de 1966 à 2014 a permis de trouver 43 événements mortels causant 303 décès. L'inventaire des événements meurtriers et les victimes pour la période 2015-2019 a été fait à travers une recherche approfondie dans la presse numérique et les rapports de la protection civile. Au total, nous avons pu recenser 52 événements mortels à l'origine de 324 victimes. Les événements ont été classés suivant la date de l'incident, la localisation, les sites affectés, le nombre de victimes et le type d'inondation. La base de données développée comporte huit colonnes :

- L'identifiant de l'événement
- La date de l'événement en jour, mois, et année. si la date est inconnue on prend en compte la saison.
- La localisation de l'événement.
- Le nombre de communes et de wilayas affectées par l'inondation.
- Le type d'inondation (crue éclair, crue fluviale, inondation en secteur urbain).
- Nombre de victimes par événement
- Source de l'information.

3.3 Méthode d'élaboration de la base de données inondations/décès

Après avoir réalisé la base de données événements meurtriers, nous avons détaillé les 324 victimes cas par cas dans une base de données. L'analyse a été faite à l'échelle de chaque victime et chaque événement et trié par date. Cette étape constitue une véritable difficulté dans la collecte de données précises (Ruin et al. 2009).

La démarche entreprise pour classer les incidents meurtriers et les victimes a porté sur une division des informations recueillies en quatre catégories. Cette base de données est réalisée par Microsoft Excel où chaque victime correspond à un chiffre.

Les paramètres pris en compte pour construire la base de données sont présentés dans le Tableau (8) et correspondent à :

- Temps : il contient l'année, le mois, le jour et l'heure de l'incident.
- Localisation : pour mieux comprendre les lieux des incidents mortels, deux aspects spatiaux ont été pris en considération. A l'échelle administrative, 11 wilayas ont été considérés, comprenant 393 communes. A l'échelle de l'unité naturelle, les cinq unités

caractérisant la zone d'étude ont été considérées pour l'analyse (les crêtes côtières, les plaines littorales et sublittorales, les bassins intérieurs, les montagnes, et les steppes).

- Caractéristiques des victimes : cette catégorie aborde deux aspects, le premier est le sexe des victimes (femme, homme), et le second est l'âge des victimes qui est séparé en 8 groupes d'âge.
- Circonstances de l'incident : pour cette catégorie, trois variables ont été prises en compte, à savoir la cause du décès (ex. noyade, traumatisme physique, électrocution, et hypothermie), le lieu du décès, qui est divisé en deux sections, extérieur (ex. oued, route, pont) et intérieur (ex. bâtiment), et l'activité de la victime au moment de l'incident (ex. marcher, travailler, dormir, etc.).

Tableau 8: Catégories considérées dans la base de données inondations/décès

Catégorie	Variables	Sous-catégories
Temps	Date	1966-2019
	Mois	Janvier- Décembre
	Jour	Dimanche-Samedi
	Heure	0-6 (nuit), 6-12 (matin), 12-17 (après-midi), 17-20 (tard dans l'après-midi), 20-24 (soir)
Localisation	Wilaya	Chlef, Tlemcen, Tiaret, Saïda, Sidi Bel Abbès, Mostaganem, Mascara, Oran, Tissemsilt, Aïn Témouchent, Relizane
	Commune	# 393
	Unité naturelle	Crêtes côtières, Plaines littoral et sous-littoral, les bassins, montagnes, steppes
Caractéristiques des victimes	Age	Tranches d'âges: 0–9 (jeune enfant), 10–19 (enfant), 20–29 (jeune), 30–39 (jeune adulte), 40–49 (adulte), 50–59 (âge moyen), 60–69 (âge moyen), 70+ (vieux)
	Sexe	Mâle, femelle
Circonstances de l'incident	Causes du décès	Noyade, traumatisme physique, électrocution, hypothermie
	Lieu du décès	Extérieur (oued, route, pont), intérieur (bâtiment)
	Activité	Marcher, travailler, dormir, secourir, conduire

3.3.1 Catégorie temporelle

La catégorie temps est identifiée ici par l'année de l'événement mortel, le mois, le jour et l'heure (Tableau 9). Quand l'heure exacte n'est pas mentionnée, nous avons pris en compte la description des faits pour faire ressortir deux autres données (moment de la journée et la condition de luminosité). Dans le cas où l'information est inexistante, on mentionne qu'elle est non reportée (NR).

Tableau 9: Catégories illustrant l'aspect temporel de l'incident dans la base de données

Temps						
Victime	Année	Mois	Jour	Heure	Moment de la journée	Condition de luminosité
1	1966	9	16	NR	Après midi	Journée lumineuse
2	1966	9	16	NR	Après midi	Journée lumineuse
3	1966	9	16	NR	Après midi	Journée lumineuse
4	1966	9	16	NR	Après midi	Journée lumineuse
5	1966	9	16	NR	Après midi	Journée lumineuse
6	1966	9	16	NR	Après midi	Journée lumineuse
7	1966	10	6	NR	Tard dans l'après midi	Sombre

3.3.2 Catégorie spatiale

La localisation concerne l'endroit où la victime a été retrouvée, suivant trois échelles, la wilaya, la commune, le lieu exact du décès, et l'oued qui a causé la crue (Tableau 10). Lorsque le lieu exact n'est pas reconnu et le décès est causé par inondation due au débordement d'oued, nous avons utilisé l'outil Google map pour localiser l'endroit de l'incident.

Tableau 10: Catégories illustrant l'aspect spatial de l'incident dans la base de données

Localisation				
Victime	Wilaya	Commune	Localité	Oued
1	Mascara	Ghriss	Mezazgha, Ouled Trari	Froha
2	Mascara	Ghriss	Mezazgha, Ouled Trari	Froha
3	Mascara	Ghriss	Mezazgha, Ouled Trari	Froha
4	Tiaret	Sougueur	Route	NR
5	Tiaret	Sougueur	Route	NR
6	Oran	Tafraoui	NR	NR

3.3.3 Profil des victimes

Les caractéristiques des victimes sont définies par leur sexe, leurs âge, leur résidence (resident ou visiteur) et par leurs état physique (bonne santé ou non) (Tableau 11). Pour les tranches d'âges, nous avons gardé les mêmes catégories du recensement de l'office national des statistiques mis en vigueur en Algérie en 2008 (0-9, 10-19, 20-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60-69, +70). Quand l'âge exact de la victime n'est pas mentionné on le remplace par la description enfant, garçon/fille, jeune adulte, adulte, et vieillard.

La prise en compte des deux facteurs **âge et sexe** permet de déterminer la vulnérabilité humaine face aux risques naturels (Coates 1999; Ashley and Ashley 2008; FitzGerald et al. 2010; Vinet et al. 2012; Sharif et al. 2015). Les facteurs résidence et vulnérabilité n'ont pas été intégrés dans l'analyse par manque de fiabilité des informations recueillies. Nous pensons de les analyser dans les prochaines recherches après avoir plus de données.

Tableau 11: Catégories illustrant le profil des victimes dans la base de données

Profil de la victime					
Victime	Sexe	Age	Tranche d'âge	Résidence	Vulnérabilité
1	M	59	Adulte	Résident	Bonne santé
2	M	40	Jeune adulte	Résident	Malade
3	NR	NR	Adulte	Non résident	Bonne santé
4	NR	NR	NR	NR	Bonne santé
5	NR	NR	NR	NR	Bonne santé

3.3.4 Circonstances des décès

Cette partie de la base de données concerne l'interactivité entre l'événement et la victime. L'endroit de l'incident à l'intérieur de son habitation et/ou au travail, où à l'extérieur sur la route et/ou au bord des cours d'eau. La condition concerne l'état dans laquelle le corps a été retrouvé. L'activité de la victime juste avant son décès (en train de travailler, en train de sauver une autre victime, etc). La dynamique qui représente la manière dont l'eau a emporté la victime d'une manière directe ou indirecte (Tableau 12).

Tableau 12: Catégories illustrant les circonstances des décès dans la base de données

Circonstances des décès					
Victime	Intérieur/extérieur	Lieu	Condition	Activité	Dynamique
1	Dehors	Au bord du cours d'eau	Debout	En sauvant quel qu'un	Emporté par les eaux
2	Dehors	Au bord du cours d'eau	Debout	En sauvant quel qu'un	Emporté par les eaux
3	Dehors	Route	En voiture	NR	Emporté par les eaux
4	Dehors	NR	NR	NR	NR

3.3.5 Comportement des victimes

Suite à la lecture d'articles de presse sur les circonstances des décès on a déduit qu'il existe plusieurs causes directes et indirectes confondues induisant la mort des victimes. Les causes prises en compte sont la noyade, l'hypothermie, l'effondrement des structures (poly-trauma), et l'accident par collision (véhicule) (Tableau 13).

Nous avons voulu analyser le comportement des victimes lors des inondations, pour connaître le rapport entre le type de comportement (dangereux ou protecteur) des victimes et le nombre des victimes. Cependant, le manque et l'incertitude sur l'information n'a pas permis de déduire des résultats utiles à notre recherche.

Tableau 13: Catégories illustrant le comportement des victimes pendant l'inondation

Comportement de la victime				
Victime	Comportement protecteur	Comportement dangereux	Comportement dangereux supplémentaire	Cause du décès
1	NR	NR	NR	Noyade
2	NR	NR	NR	Noyade
3	NR	NR	NR	Noyade
4	Conduire pour éviter le danger	NR	NR	Traumatisme physique
5	Conduire pour éviter le danger	NR	NR	Traumatisme physique
6	NR	NR	NR	Noyade

3.4 Traitement des données

3.4.1 Traitement statistique

Pour le recensement et le traitement des données numériques, nous avons utilisé Microsoft Excel (Fig. 8), ce qui a permis de produire des données graphiques, courbes et histogrammes.

Il est noté qu'il existe des logiciels spécialisés en collecte et traitement de donnée comme «DesInventar» (Disaster Inventory System). Ce sont des outils qui représentent un outil conceptuel et méthodologique pour la construction de bases de données des pertes et dommages en cas de catastrophes. Ils permettent d'avoir un système d'acquisition, de consultation et d'affichage des informations sur la base de sources de données telles que des journaux et les rapports institutionnels. Néanmoins, ces logiciels ne sont pas disponibles à notre niveau.

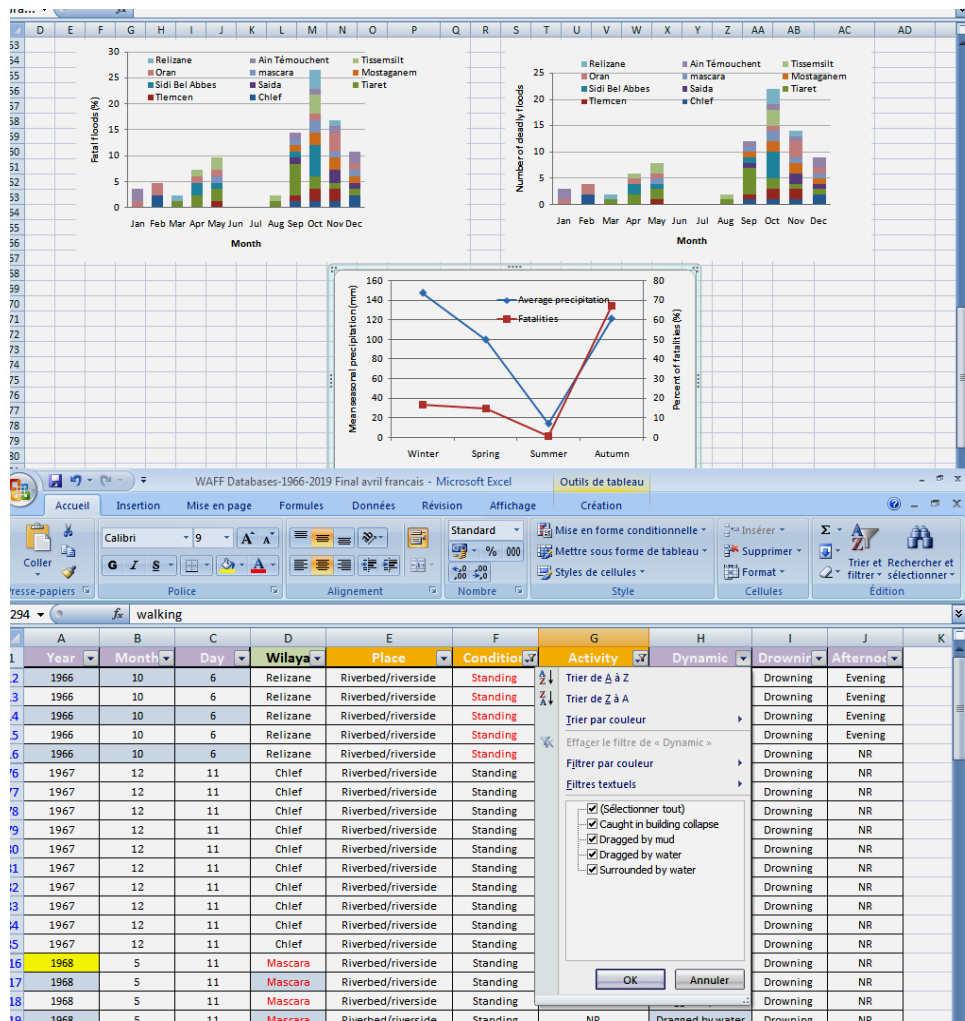


Figure 8: Traitement statistique des données sur Microsoft Office Excel

3.4.2 Traitement cartographique

Afin de déterminer l'environnement de l'inondation et de l'incident mortel, les sources disponibles ont été utilisées comme Google Earth. Pour illustrer les résultats concernant la répartition spatiale des décès et des événements mortels, nous avons utilisé le logiciel de cartographie ArcGis pour réaliser l'ensemble des cartes utilisés dans notre étude.

Conclusion

La base de données inondation/décès pour la période 1966-2019 a été réalisée à travers la collecte de données disponibles dans les rapports de presse, les travaux scientifiques publiés, et les rapports techniques. Cette base de données couvre les événements mortels qu'ont connu les 11 wilayas de l'ouest algérien. Notre méthodologie de recherche a consisté en la réalisation d'une base de données avec des indicateurs de vulnérabilité de la population en particulier le sexe, l'âge, les circonstances, et les causes du décès de chaque victime. 324 victimes ont été recensées en cette période suite à 52 événements mortels. La constitution de cette base de données a permis d'archiver et de traiter des données sur les décès causés par les inondations en vue de mieux connaître la vulnérabilité des populations.

Chapitre 3 : Les inondations de l'ouest algérien

Introduction

Ce chapitre est consacré à la présentation de la première partie de notre problématique de recherche qui consiste en la restitution de la complexité spatiale et temporelle des crues meurtrières qui ont touché l'ouest algérien entre 1966 et 2019. Nous présentons en premier lieu, un aperçu sur la chronologie, la fréquence et la typologie des 52 événements meurtriers ayant affecté la zone d'étude. En second lieu, une analyse est faite suivant différentes échelles temporelles et spatiales pour mettre en lumière l'extension des événements par zones naturelles et unité administrative. En troisième lieu, une description a été effectuée sur quelques événements exceptionnels à forte mortalité. A la fin de ce chapitre, une synthèse a été effectuée sur les causes et les facteurs contribuant à la genèse et l'aggravation de l'impact des crues meurtrières.

1 Aperçu des inondations meurtrières

1.1 Chronologie des événements

En cinquante-quatre ans (1966-2019), 52 inondations mortelles ont eu lieu dans 11 wilayas de l'ouest Algérien (Annexe 1). Le classement de ces événements mortels est effectué selon la date de l'occurrence de la crue, le lieu (site, commune et wilaya), le type d'inondation et le nombre de morts. Les deux années enregistrant un nombre élevé d'événements ont été constaté à la dernière décennie de la période étudiée. En effet, l'année 2008 et l'année 2011 ont compté respectivement 6 et 8 événements mortels. En termes de nombre de décès, l'année 1966 a enregistré le bilan le plus lourd avec 73 morts. Les années 1967 et 2001 ont enregistré 41 et 32 décès respectivement.

1.2 Nombre des événements mortels par wilaya

Sur les 52 événements affectant les 11 wilayas de l'ouest Algérien, Tiaret est la plus touchée avec 13 événements mortels (Fig. 9). En seconde place, la wilaya de Sidi Bel Abbes qui enregistre 9 événements. La wilaya d'Oran et celle de Chlef enregistrent respectivement 8 et 6 événements. Les wilayas de Tissemsilt, et d'Ain Témouchent ont compté 3 événements, tandis que, les wilayas restantes ont connu un nombre réduit d'événements mortels qui varie entre 3 et 1 événement (ex: Relizane, Mascara, Mostaganem, Saida et Tlemcen).

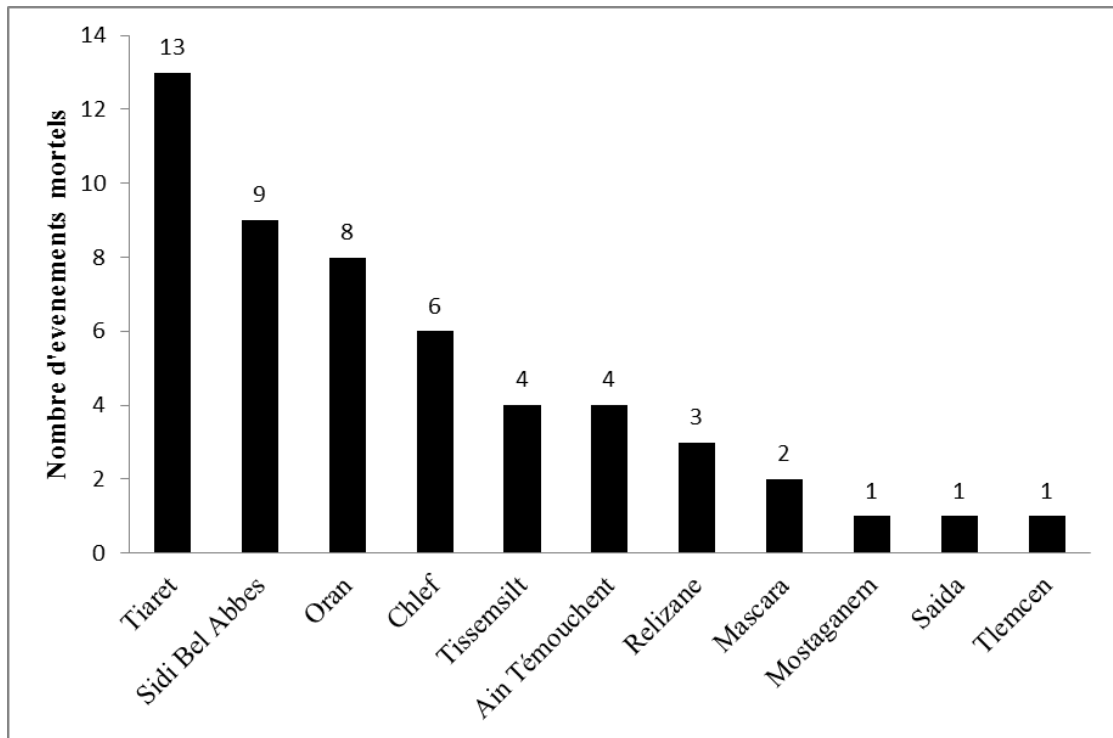


Figure 9: Nombre des événements mortels par wilaya (1966-2019)

1.3 Typologie des crues meurtrières

L'exploitation des sources de données disponibles a permis d'identifier trois types d'inondations causants des décès dans la zone considérée.

1.3.1 Les crues éclairées

Les précipitations intenses reçues par les bassins versants causent des crues brutales et violentes dans les oueds (Fig. 10). Le lit du cours d'eau est en général rapidement colmaté par le dépôt de sédiments et des bois morts en formant des embâcles. Lorsqu'ils viennent à céder, ils libèrent une énorme vague, qui peut être mortelle. Ce phénomène se rencontre lorsque le bassin versant intercepte des précipitations intenses à caractère orageux (en zones montagneuses et en région méditerranéenne), mais aussi sur les petits bassins versants à forte capacité de ruissellement³.

³ <http://www.prim.net>

Pluvial floods (flash floods and surface water)

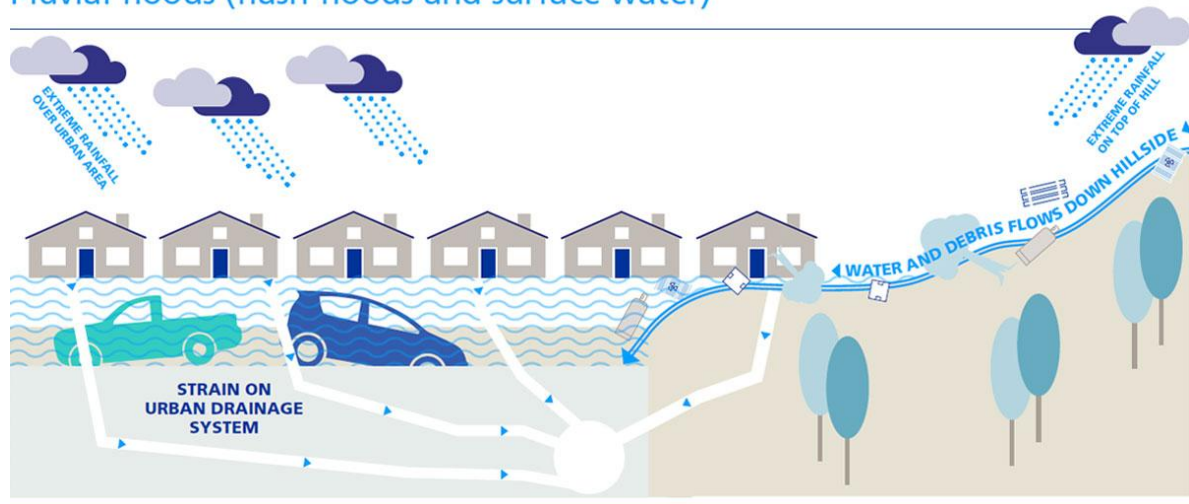


Figure 10: Schémas illustrant la genèse des crues soudaines⁴

1.3.2 Les crues fluviales

Elles se déclenchent par des pluies de longue durée. Elle se traduit par une élévation du niveau d'eau de l'oued, d'un lac ou d'un ruisseau et déborde sur les berges, les rivages et les terres avoisinantes (Fig. 11). L'élévation du niveau de l'eau peut être due à des pluies excessives ou à la fonte des neiges. La gravité d'une inondation de rivière est déterminée par la durée et l'intensité (volume) des précipitations dans le bassin versant de la rivière. D'autres facteurs incluent la saturation en eau du sol due aux précipitations précédentes, et le terrain entourant le système fluvial. Dans les zones plus plates, les eaux de crue ont tendance à monter plus lentement et à être moins profondes, et elles restent souvent pendant des jours. Dans les zones de collines ou de montagnes, les inondations peuvent se produire dans les minutes qui suivent une forte pluie, s'écouler très rapidement et causer des dommages dus aux coulées de débris⁵.

⁴ <https://www.zurich.com>

⁵ <https://www.zurich.com/en/knowledge/topics/flood-and-water-damage/three-common-types-of-flood>

Fluvial floods (river floods)

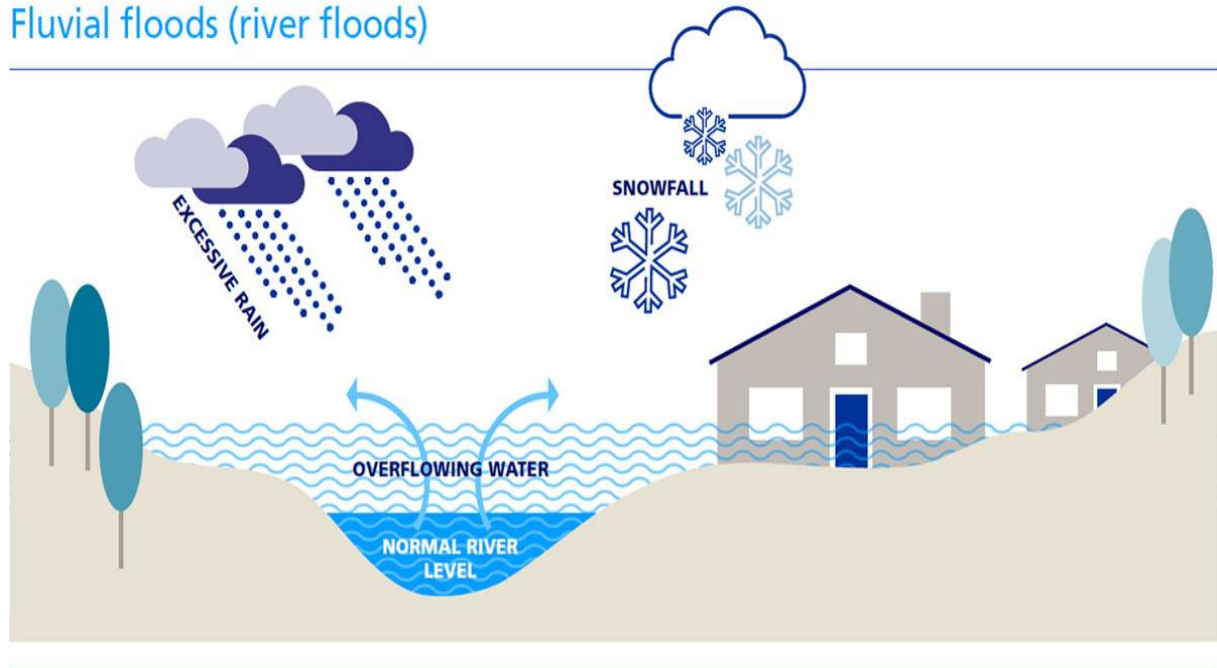


Figure 11: Schémas illustrant la genèse des inondations fluviales⁶

1.3.3 Inondations en secteur urbain

Ces inondations se produisent par écoulement dans les rues de volumes d'eau ruisselée sur le site ou à proximité et qui ne sont pas absorbés par le réseau d'assainissement superficiel et souterrain⁷ (Fig. 12). Elles sont aussi parfois aggravées par le frein ou l'absence d'évacuation des eaux pluviales dans un contexte imperméabilisé (bâtiments, voiries, parkings, etc.), surtout en ville, où l'action humaine accentue les effets dommageables des phénomènes naturels telles que les crues (D'Ercole et al. 1995).

⁶ <https://www.zurich.com>

⁷ <http://www.prim.net>

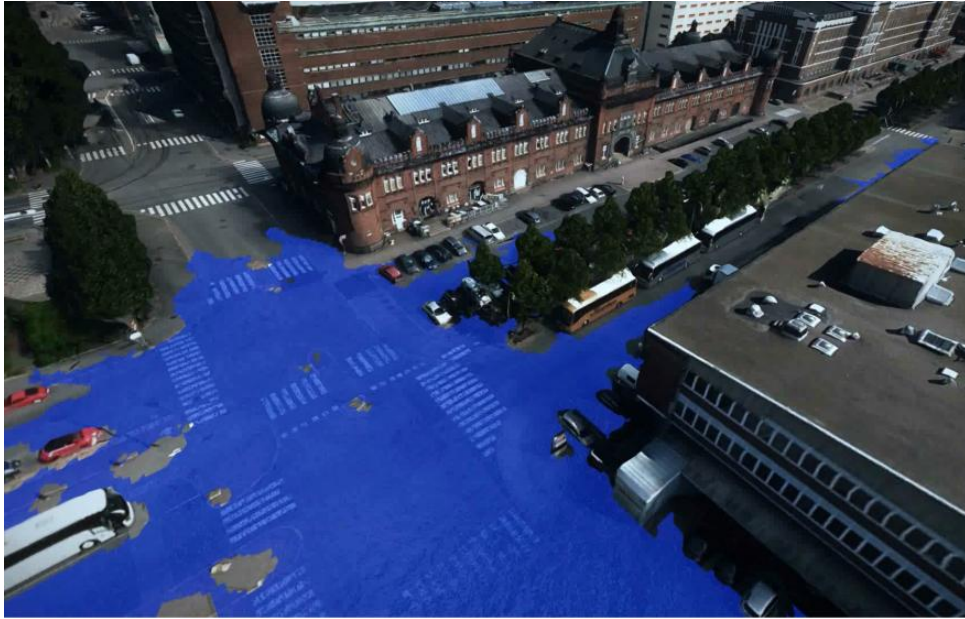


Figure 12: Modélisation d'inondation en milieu urbain⁸

Selon la Figure (13), 73.08% des événements mortels dans l'ouest algérien sont causés par des crues soudaines. Ce constat reflète la spécificité de la région d'étude qui se caractérise par la prédominance des crues soudaines générant des événements désastreux, en particulier en période d'automne (Meddi and Toumi 2015; Llasat et al. 2016; Sardou et al. 2016). Les inondations en secteur urbain enregistrent 13.46%. Il convient de noter qu'au cours des dernières décennies, les incidents mortels causés par les inondations en secteur urbain sont devenues remarquables, ce qui est probablement due à la croissance urbaine accélérée et mal contrôlée dans des sites inondables, ainsi qu'à l'absence d'entretien des systèmes de drainage des eaux pluviales (Sardou et al. 2016). Les inondations fluviales se classent en dernier rang avec 11.54%. Les événements que nous n'avons pas pu définir ont atteint un pourcentage négligeable de l'ordre de 1.92%.

⁸ <https://www.bentley.com/fr>

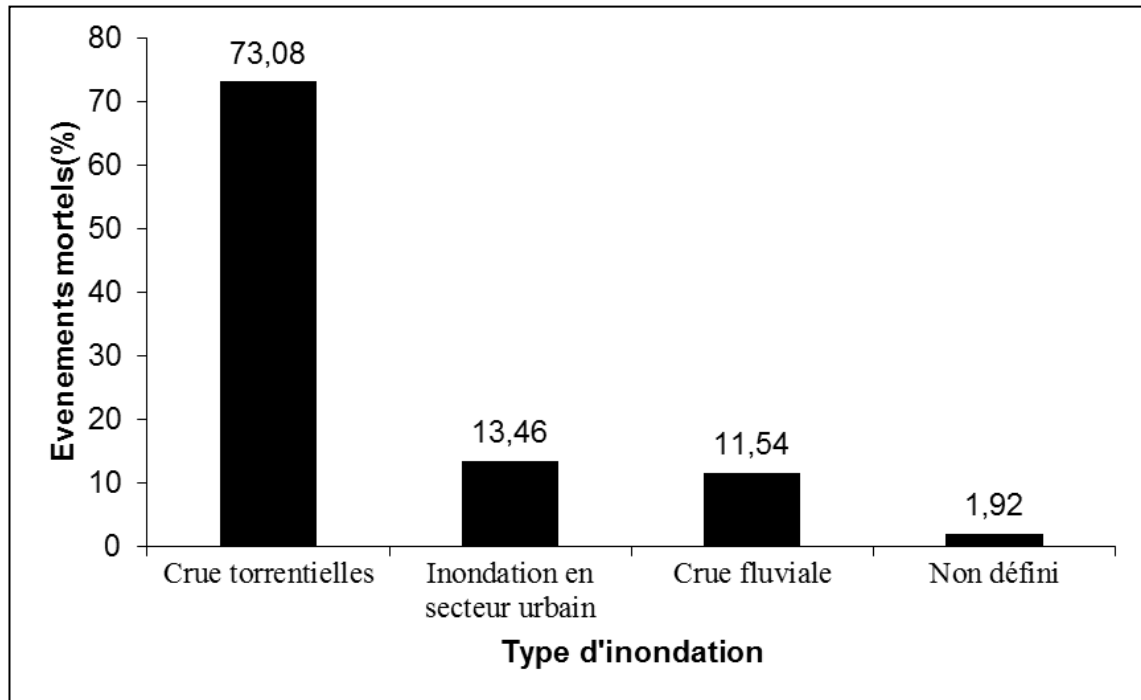


Figure 13: Fréquence des événements mortels par type d'inondation

2 Répartition temporelle des crues meurtrières

2.1 Evolution annuelle

Les inondations mortelles survenues entre 1966 et 2019 présentent une tendance irrégulière avec une valeur moyenne annuelle de 0.98 (événement/an) (Fig. 14). La fréquence de ces événements est plus élevée durant certaines années. Entre 1966 et 1968, quatre événements mortels ont été enregistrés, qui ont principalement touché les wilayas de Tiaret, Mascara, Oran et Chlef. En 1993 et 1994, la région a également été touchée par quatre événements, notamment à Relizane et à Tissemsilt. En 2000 et 2001, quatre inondations mortelles ont touché plusieurs wilayas de l'ouest Algérien. Au cours de la période 2006 et 2019, la fréquence des inondations a considérablement augmenté, enregistrant 33 événements, ce qui représente un taux total de 63.46%. La moitié de ces événements ont été enregistrés à Tiaret, Oran et Sidi Bel Abbès.

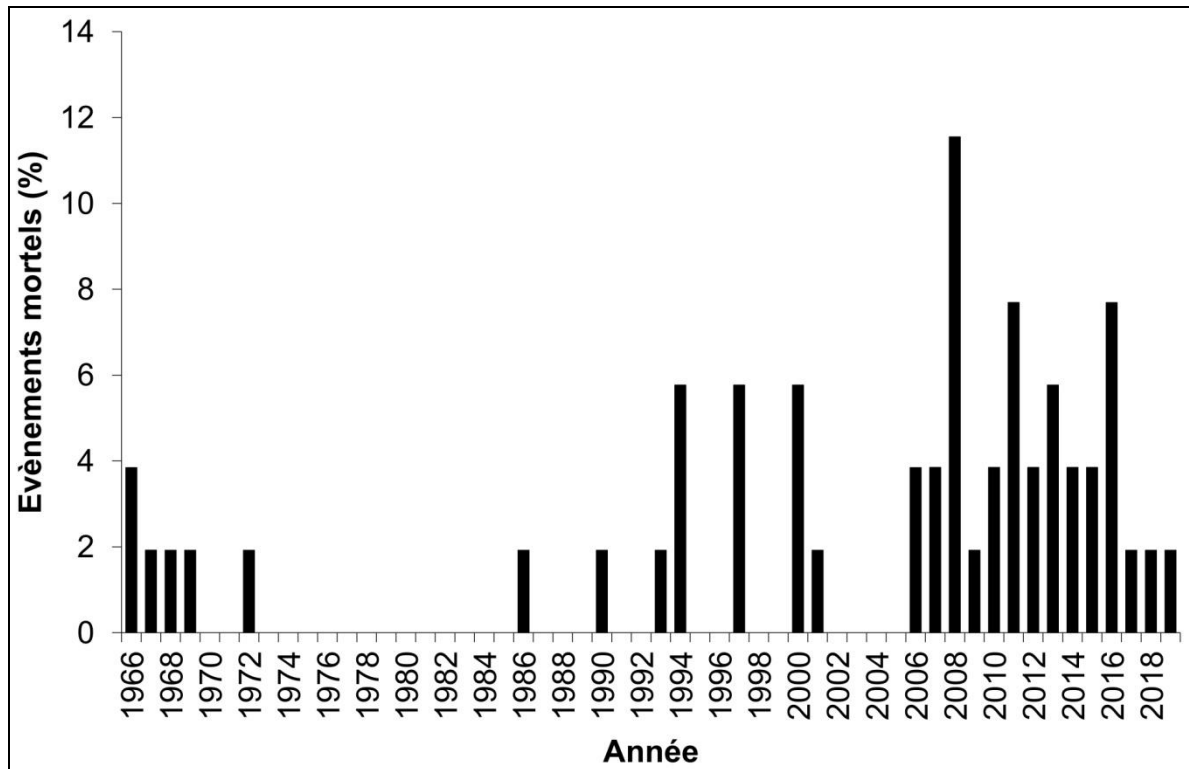


Figure 14: Répartition annuelle des événements mortels par an (1966-2019)

La Figure (15) montre la répartition annuelle des événements mortels et son rapport avec les moyennes annuelles des précipitations journalières maximales entre 1966 et 2019⁹. La lecture globale des valeurs de précipitation et celles des inondations mortelles ne donne pas une corrélation significative. Cependant, il est remarquable que durant 1993-2001 la région a été affectée par des événements de forte mortalité qui coïncident avec des épisodes de pluies intenses. Il est remarquable aussi qu'après 2008, l'occurrence des événements mortels a augmenté contre une légère baisse des taux de pluviométrie journalière maximale. Ce constat peut être expliqué par l'influence d'autres facteurs que les pluies torrentielles sur la survenue d'événements mortels. Le facteur anthropique tel que l'urbanisation incontrôlée dans les zones inondables peut être l'un de ces facteurs.

⁹ <https://www.infoclimat.fr>

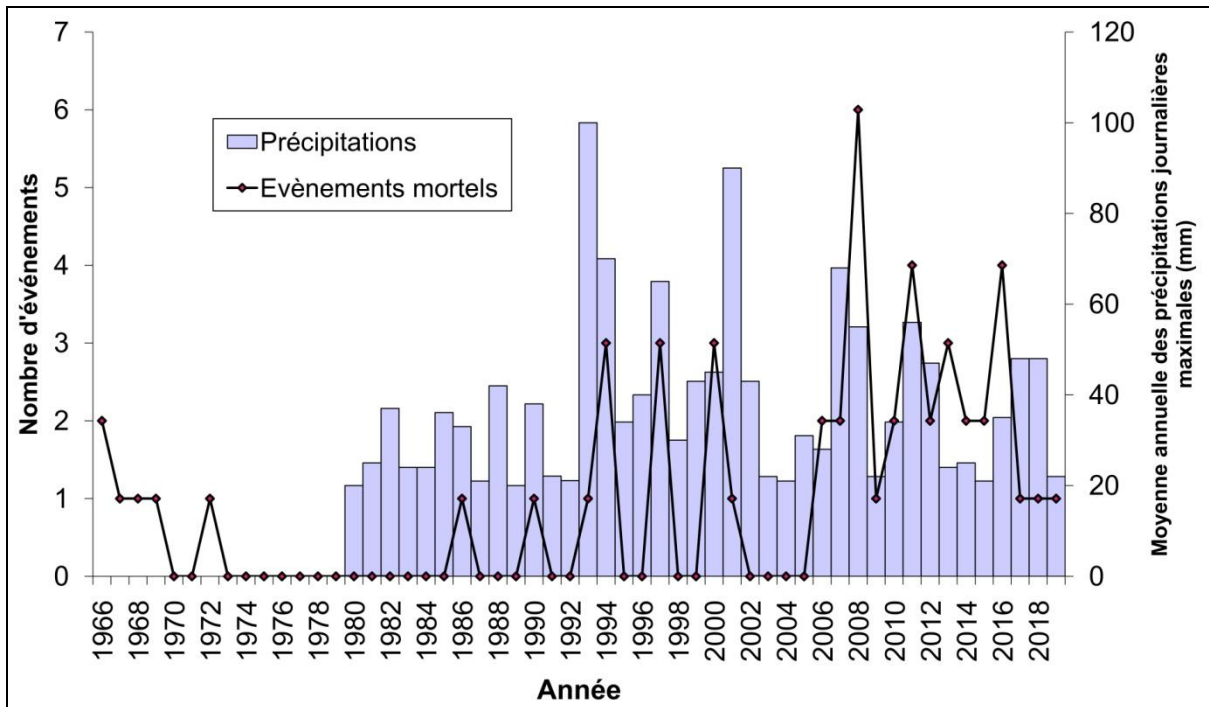


Figure 15: Répartition annuelle des événements mortels et moyennes annuelles des précipitations journalières maximales (1966-2019)

2.2 Répartition mensuelle et saisonnière

La figure (16) illustre la répartition mensuelle et saisonnière des inondations mortelles dans l'ouest Algérien. On peut remarquer que le nombre maximum d'événements mortels (26, 50%) est enregistré pendant la période d'automne, ceci est expliqué par la situation de la zone d'étude qui fait partie de la zone Méditerranéenne qui connaît ce qu'on appelle des «épisodes méditerranéens»¹⁰, caractérisés par de violents orages stationnaires accompagnés de précipitations aussi brusques qu'intenses. Ils se produisent généralement en automne, quand la mer est la plus chaude, et il se déverse alors en quelques heures l'équivalent d'un ou plusieurs mois de précipitations¹¹. Le mois d'octobre enregistre le taux annuel le plus élevé en événements mortels (21,15%), ceci est due généralement aux événements pluvieux très intenses et de courtes durée.

¹⁰ Un **épisode méditerranéen** est un phénomène météorologique particulier du pourtour méditerranéen, producteur d'intenses phénomènes orageux, et en particulier de fortes lames d'eau convectives (wikipedia).

¹¹<https://www.futura-sciences.com/planete/actualites/catastrophe-naturelle-inondations-region-mediterranee-face-principale-catastrophe-naturelle-france-77086/>

Au printemps, le taux annuel d'événements mortels atteint 23,08 %. En hiver il atteint 21,15 %, les taux les plus élevés sont enregistrés en mois de décembre avec 7,69 % et le taux le plus faible est enregistré en été avec 5,77 %, en particulier en mois d'août. En Algérie, la période sèche correspond à la saison d'été (juin, juillet et août) caractérisée par un déficit pluviométrique bien marqué.

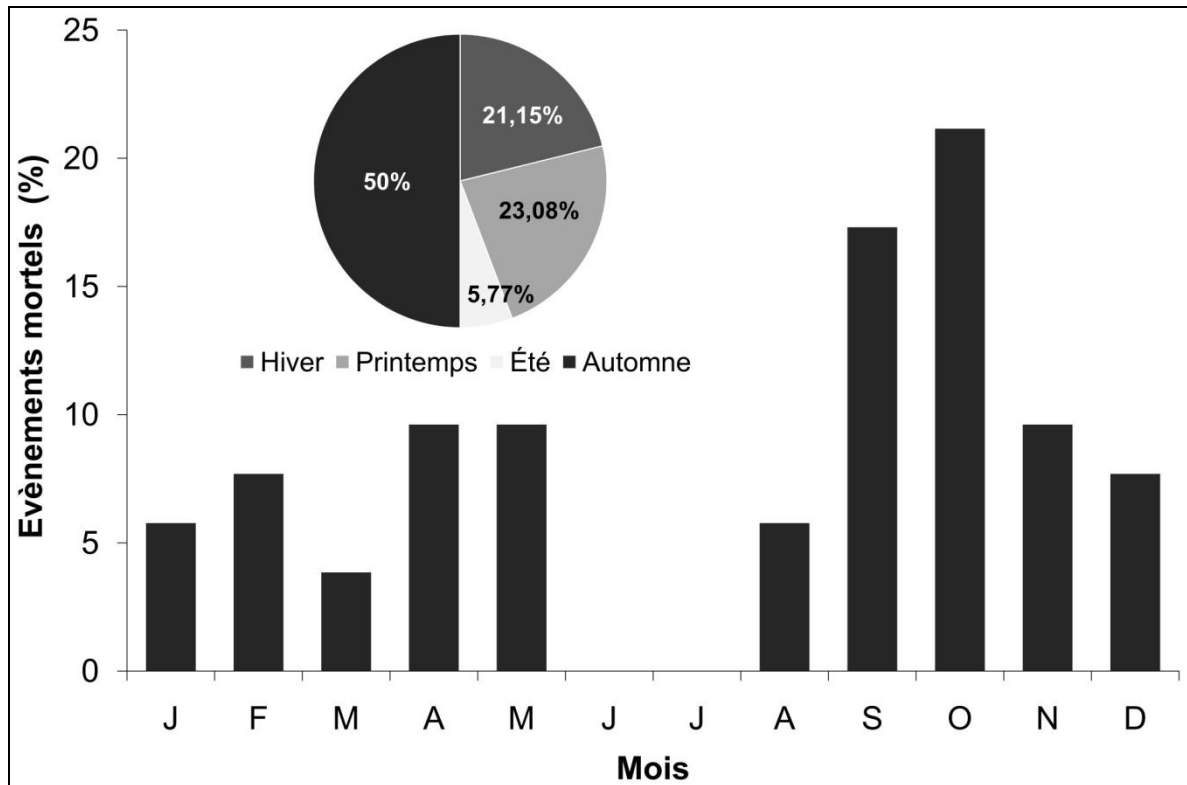


Figure 16: Répartition mensuelle et saisonnière des inondations mortelles

2.3 Répartition par heures de la journée

L'analyse des événements mortels par heure de la journée pourrait aider à mieux comprendre les aspects sociaux du risque (Terti et al. 2017). Les résultats doivent être considérés avec prudence, car nous disposant des informations que sur 38,46 % (20 sur 52) des événements mortelles. La figure (17) montre que 65 % des événements mortels se sont produits pendant la nuit, tandis que 35 % se sont produits pendant le jour.

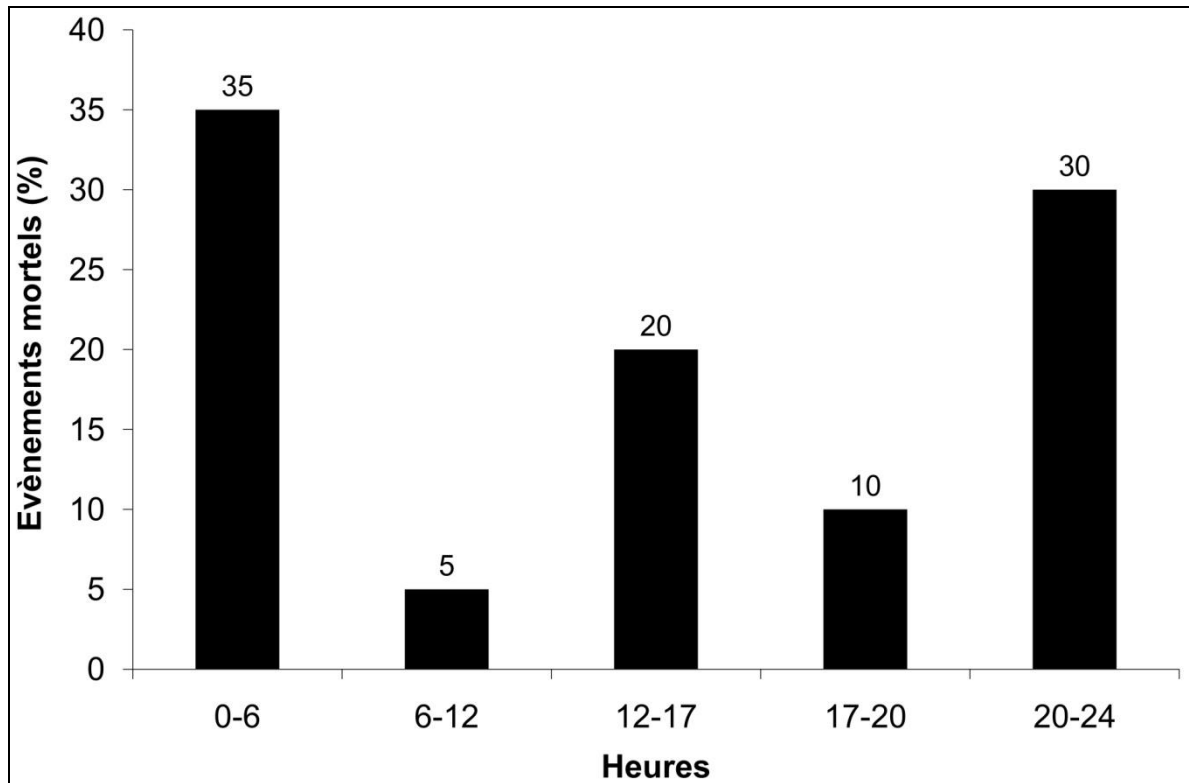


Figure 17: Répartition des événements mortels par heure de la journée

3 Répartition spatiale des crues meurtrières

Pour montrer la répartition spatiale des inondations mortelles dans l'ouest Algérien, une série de cartes ont été réalisées à différents échelles géographiques (naturelles et administratives).

3.1 Localisation des événements mortels

La répartition spatiale des événements mortels par unité naturelle montre une concentration significative dans les zones plates traversées par les oueds et par leurs affluents (ex: Chlef, Mekerra, Mina, El Hammam, Tafna, Fodda, Lardjem, et Oued Rhiou) (Fig. 18a). Du point de vue morphologique, les plaines littorales et sublittorales ont enregistré le plus grand nombre d'événements mortels, suivies par les zones montagneuses et les bassins intérieurs, tandis que les régions steppiques ont enregistré le taux le plus bas.

La figure (18b) illustre la répartition des incidents mortels par unité administrative. Une répartition hétérogène sur l'ensemble de la région d'étude, influencée par les trajectoires des oueds d'une part, et par la proximité des communes à forte densité de population à ces oueds.

La wilaya de Tiaret et celle de Chlef traversées par oued Chlef et ses affluents semblent les plus affectées, suivie par la wilaya de Sidi Bel Abbès, qui est traversée par oued Mekerra. La wilaya d'Oran par sa morphologie et son urbanisation importante cumule un nombre remarquable d'événements mortels qui sont en majorité des inondations survenues en milieu urbain.

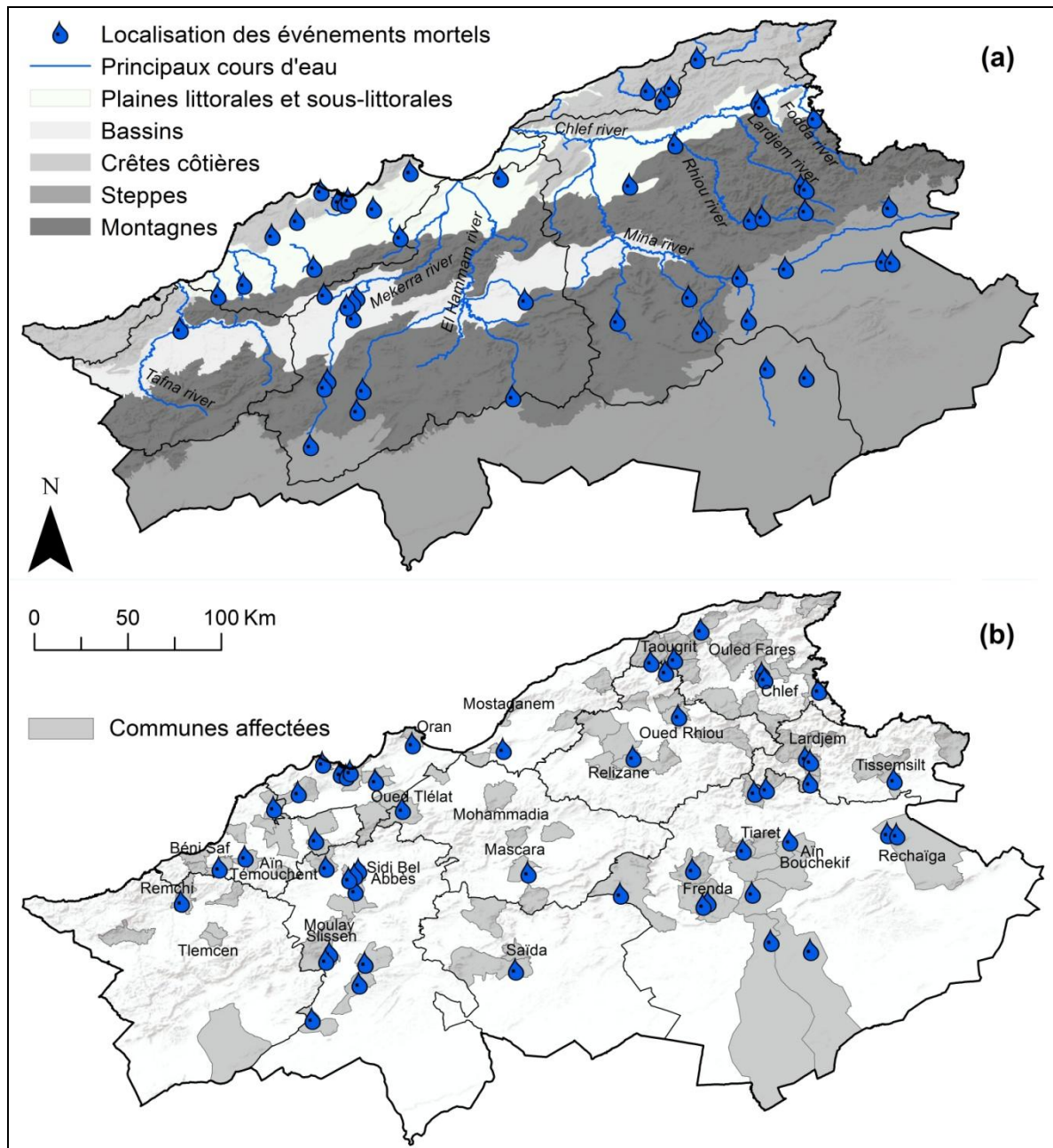


Figure 18: Localisation des événements mortels par (a) unités naturelles, et par (b) unité administrative

3.2 Récurrence des inondations meurtrières par zones naturelles

La récurrence des inondations mortelles est importante dans certains sites, qui représentent les communes chefs-lieux situées dans les zones plates et ou à proximité de grands oueds (Fig. 19). Les plaines littorales et sublittorales ont été les plus affectées par les incidents mortelles avec plus de 38 événements. La récurrence de ces événements dans les zones montagneuses était de l'ordre de 36 sur la zone d'étude. Les crêtes côtières ont enregistré 24 événements, tandis que, les régions steppiques et les bassins intérieurs ont été affectés par ces inondations 15 et 13 fois, respectivement.

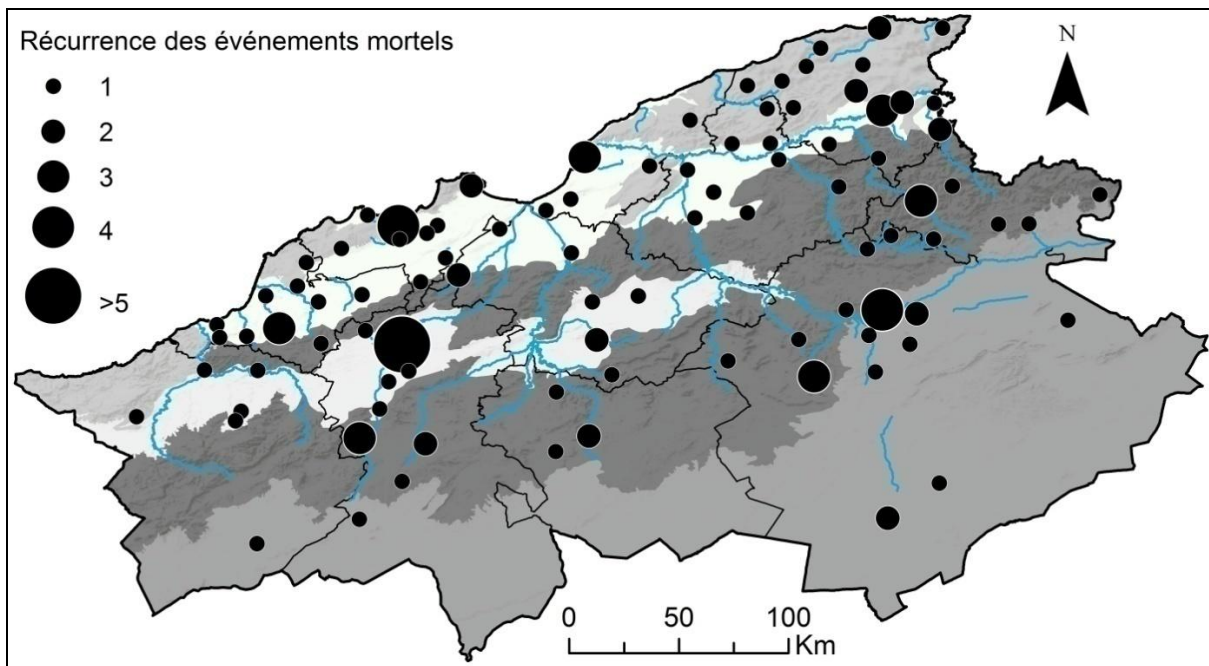


Figure 19: Récurrence des crues mortelles par zones naturelles

3.3 Récurrence des inondations meurtrières par unité administrative

La récurrence des inondations mortelles par wilaya est élevée à Tiaret (17 soit 18,88%), suivie de Sidi Bel Abbès et Oran, qui enregistrent respectivement 13 et 11 événements (Fig. 20a). Tissemsilt, Chlef et Aïn Témouchent enregistrent 7 à 8 événements. Mostaganem, Mascara, Relizane et Tlemcen enregistrent entre 5 et 6 événements, tandis que Saïda enregistre le plus petit nombre soit 4 événements.

À l'échelle communale, plus de 93 communes ont subi des inondations mortelles, ce qui représente 30% du nombre total des communes (Fig. 20b). La plus forte récurrence de ces inondations était à Sidi Bel Abbès avec 6 événements. Les communes de Tiaret, Oran, Frenda, Chlef, Lardjem, Moulay Slissen, Aïn Témouchent et Mostaganem enregistrent 3 à 4 événements, tandis que les autres communes ont enregistré moins de deux événements.

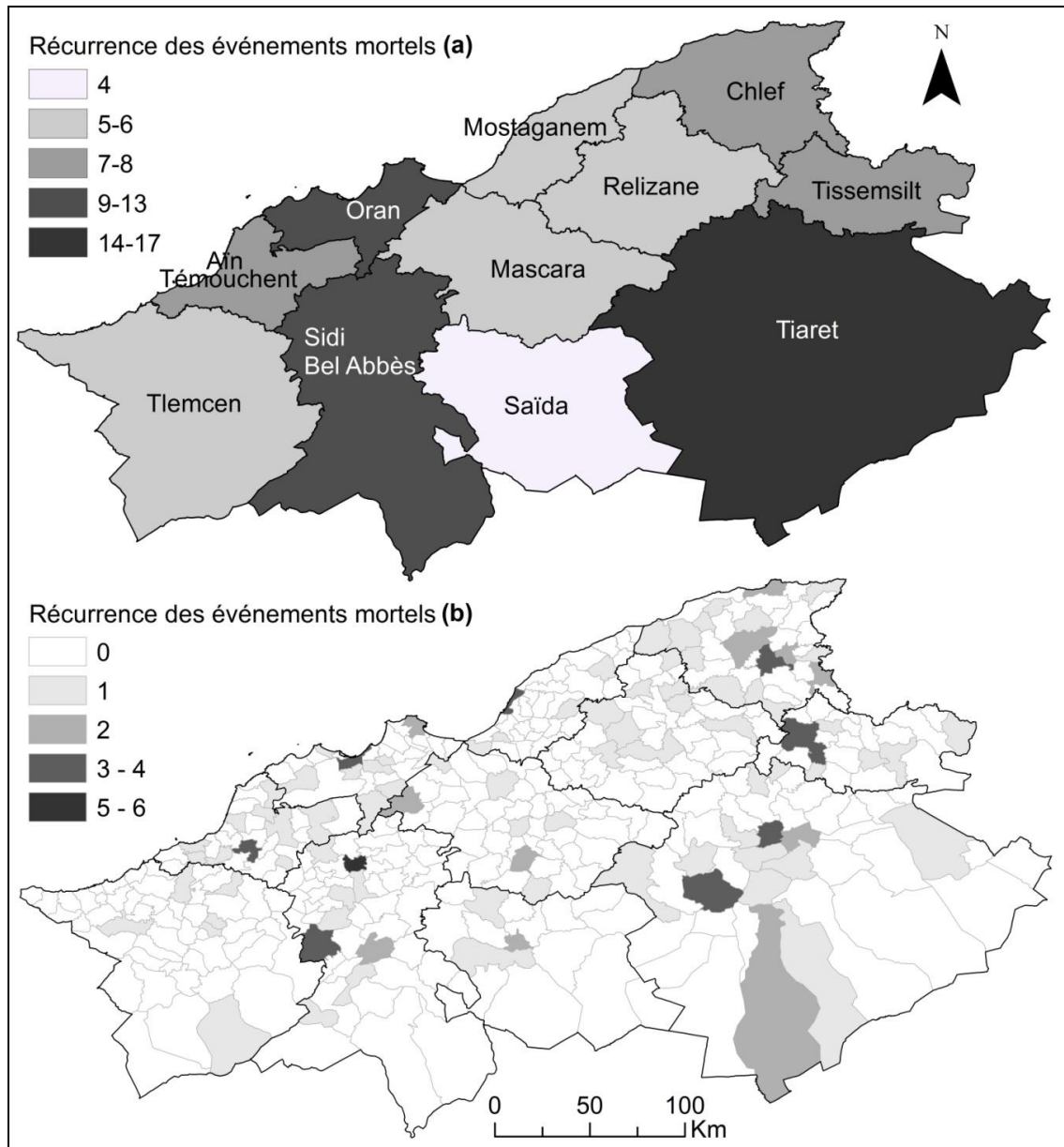


Figure 20: Récurrence des événements mortels par (a) wilaya, et par (b) communes

4 Les inondations de fort taux de mortalité

L'intensité des inondations mortelles a été plus élevée en 1966, 1967, 1993, 1994 et 2001, ce qui a causé plus de la moitié des décès pour toutes les années (198 soit 61,11%).

4.1 Les crues du 06 octobre 1966

L'inondation du 6 octobre 1966 est considérée comme l'événement le plus meurtrier dans l'ouest Algérien pendant la période considérée, avec 67 décès enregistrés dans 15 communes, principalement à Chlef et Mostaganem (Fig. 21).

La wilaya de Chlef a enregistré le nombre le plus élevé de morts qui a atteint 26 victimes de différentes catégories d'âges, deux disparus, plusieurs blessés, et plus de 8141 sinistrés (Sardou et al. 2016). Le taux de pluviométrie a atteint 273mm en 6 jours, ce qui est supérieur à la moitié de la moyenne annuelle qui est de 400mm (Meddi and Meddi 2009). La crue de l'oued a causé des dégâts sur les communes limitrophes telles que Ténès qui a compté 280 maisons détruites. Le bilan financier a atteint plus de 13 millions de DA.

Concernant le bilan des décès arrêté au 12/10/1966 par la protection civil, Mostaganem a enregistré 12 morts et plus de 2873 sinistrés. Les communes d'Aïn Tedles, Sidi Bel Attar et Aïn Boudinar et Sidi Ali ont subi des dégâts matériels importants suite à leur situation géographique longeant l'oued Chlef.

A Relizane, le bilan était de sept morts et 91 familles sinistrées, en plus de l'effondrement de plusieurs habitations et ponts, répartis sur les communes d'Ammi Moussa, Sidi Khettab et Oued Rhiou. A Saïda, la crue a causé 6 victimes et 210 personnes. A Sidi Bel Abbès, 40 blessés et 8000 sinistrés ont été enregistrés.

A Tiaret, l'oued Hamira a causé quatre morts et 29 familles sinistrées, tandis qu'à Bordj Bounaâma (Tissemsilt), trois enfants ont décédés. A Tafraoui (Oran) 4 morts ont été enregistrés, tandis que, Mascara a compté plus de 500 sinistrés répartis sur Sig, Mactaadouz, El Ghomri et Oued-El-Abtal et Mohammadia.

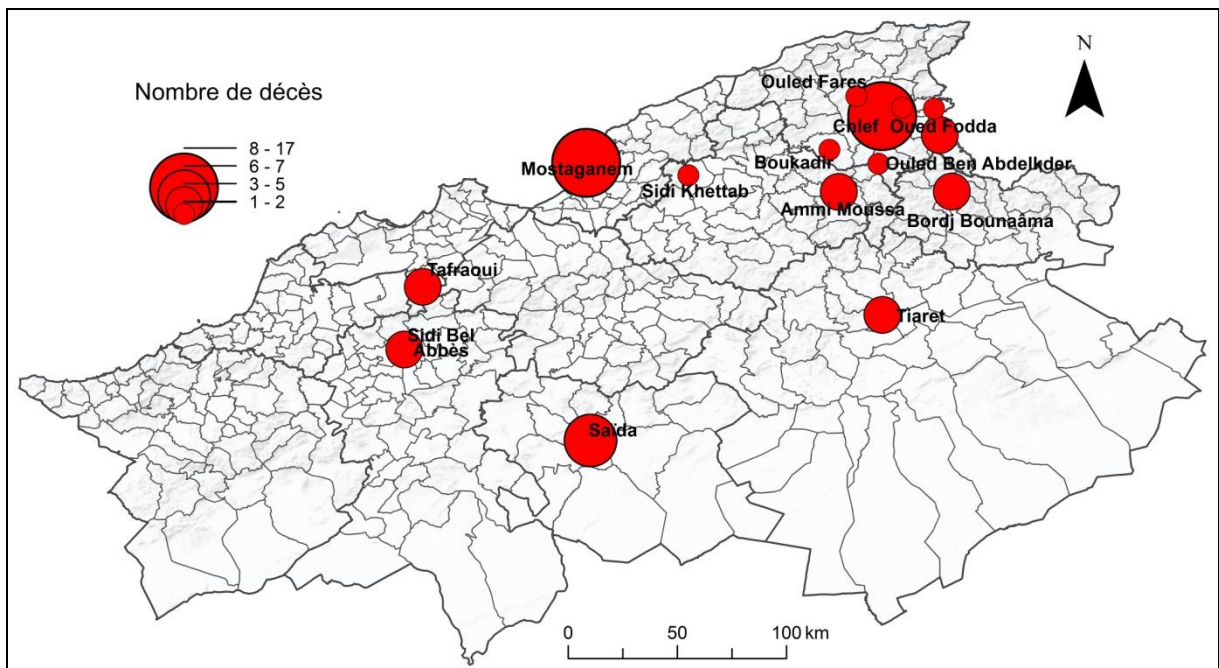


Figure 21: Répartition des décès pendant l'événement du 06/10/1966

4.2 Les crues du 11 décembre 1967

En décembre 1967, 41 personnes sont décédés suite à des crues éclairs survenues dans l'ouest algérien, dont 30 cas enregistrés seulement à Tiaret et Chlef (Fig. 22).

A Oran, les orages ont causé des dégâts importants au port d'Arzew, en plus d'une victime qui a été happé par une vague de 10m de hauteur. La wilaya de Chlef a enregistré 12 morts et plus de 2500 sinistrés, surtout dans la ville de Ténès qui a connu le débordement d'oued Allalah. D'autres communes ont enregistré des victimes telles que Beni Haoua, Ouled Fares et Aïn Merane. A Tiaret et plus exactement à Freneda, 20 morts ont été enregistrés suite à la baisse température de l'eau causée par une vague de froid, quant à Mostaganem, 6 morts ont été enregistrés.

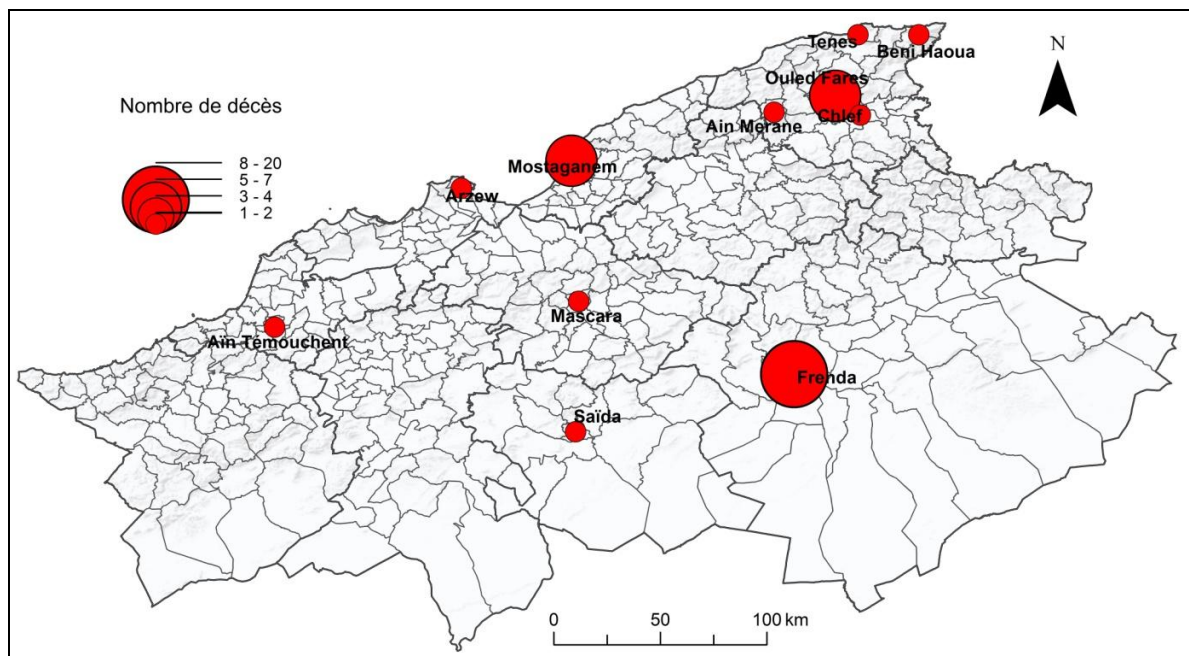


Figure 22: Répartition des décès causés par l'inondation du 11/12/1967

4.3 L'inondation d'Oued Rhiou du 20 octobre 1993

L'inondation d'Oued Rhiou (Relizane) survenue le 20 octobre 1993 représente une certaine particularité par rapport aux autres événements. De fortes chutes de pluies ponctuelles ont déclenché une crue extraordinaire de l'oued Grigra et Kharmacha. Une dizaine de maisons sont détruites, ainsi que des flux de boues ont accumulé dans les rues. Le bilan était lourd après cette catastrophe, où 19 morts ont été déplorés, 20 blessés, plusieurs disparus et plus de 60 familles sinistrées (Fig. 23) (La République 1993, No 9.636, Oran Algérie).



Figure 23: Photos de presse illustrant les dégâts causés par la crue soudaine du 20 octobre 1993 à Oued Rhiou

4.4 Les crues de l'année 1994

En 1994, une série d'événements mortels a fait 33 morts (Fig. 24). Le 23 septembre, 10 décès ont été causés par une crue soudaine dans la commune de Rechaïga (Tiaret). En octobre et pendant 10 jours de mauvais temps, les inondations ont causé 60 décès à travers le pays (Meddi and Toumi 2015). A Sidi Bel Abbas, de deux personnes ont été emportées par les crues et plusieurs familles se sont retrouvées sans abris. A Mascara et précisément dans la localité de Ghriiss deux victimes ont été signalées et une cinquantaine de familles sinistrées. Dans la localité de Lardjem (Tissemsilt), oued Tamellahet et oued Mellah ont emporté sept personnes.

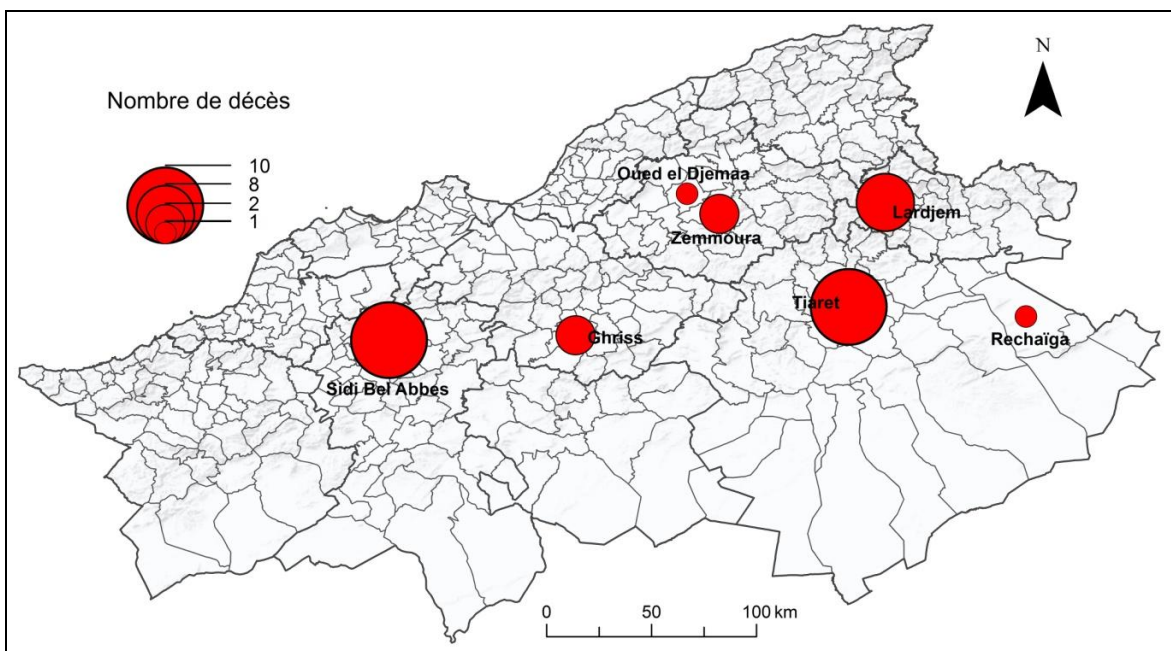


Figure 24: Répartition des décès causés par la crue du 20/10/1994

4.5 Les crues du 10 et 11 Novembre 2001

L'inondation d'Alger des 10 et 11 novembre 2001 représente l'événement intense le plus récent dans le nord de l'Algérie, qui a touché plus de 252 sites (Machane et al. 2008; Meddi and Toumi 2015). Le nord-ouest Algérien a également été touché par ces inondations en enregistrant 32 décès dans 18 municipalités, notamment à Chlef et à Relizane (Fig. 25). Il est à noter que 2001 est l'une des années les plus importantes en termes de nombre de décès liés aux inondations enregistrées dans les pays méditerranéens entre 1990 et 2006, où l'inondation d'Alger des 10 et 11 novembre 2001 est considérée comme l'événement le plus meurtrier avec plus de 760 victimes (Machane et al. 2008; Llasat et al. 2010).

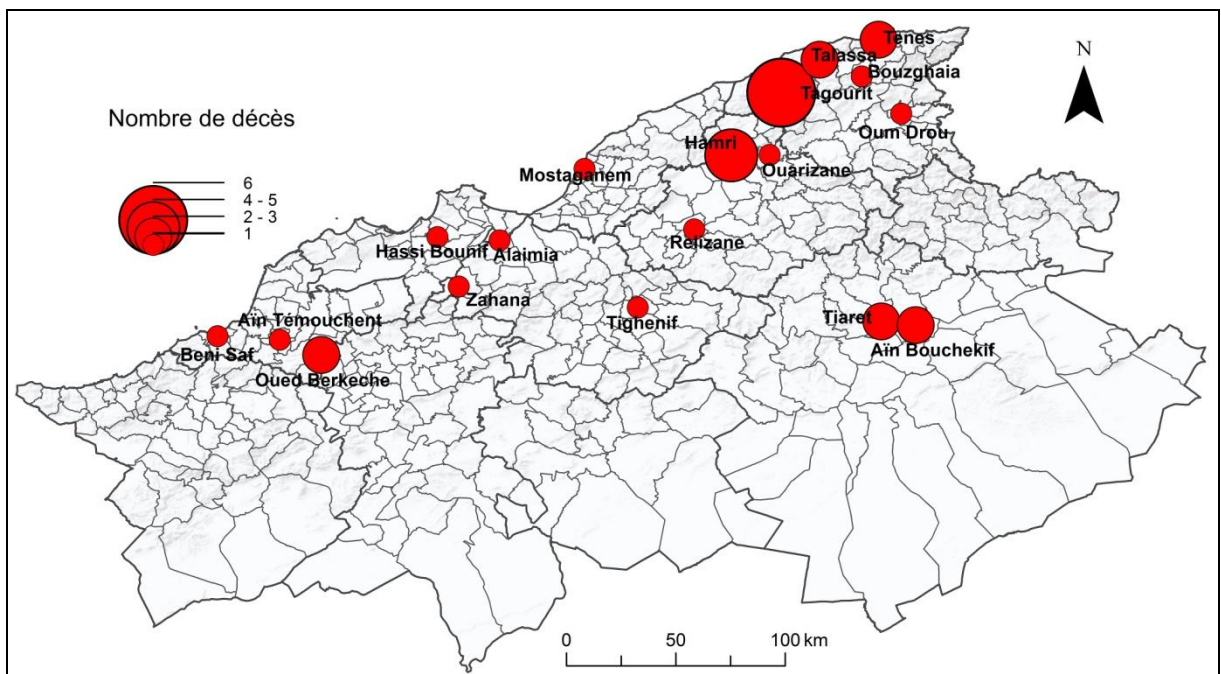


Figure 25: Répartition des décès pendant l'événement du 10/11/2001

Conclusion

Au terme de cette partie, nous avons analysé 52 événements meurtriers dans l'ouest algérien entre 1966 et 2019. Sur les 11 wilayas considérées, plus de 93 communes ont enregistré des inondations mortelles, ce qui représente 30% du nombre total des communes. Ces événements mortels sont en majorité causés par des crues soudaines (73,08%).

Les événements mortels présentent une tendance irrégulière avec une concentration durant certaines années, particulièrement durant la dernière décennie mais avec une faible

intensité. Ce constat a été expliqué par l'influence des activités humaines telles que l'urbanisation incontrôlée dans les zones inondables. La période d'automne a cumulé le nombre maximum d'événements mortels (50%), en particulier durant le mois d'octobre. Sur le plan spatial, les régions plates ou traversées par des fleuves et leurs affluents ont été les plus inondées en particulier les zones urbaines telles que les chefs-lieux.

La description de certains événements à forte mortalité a illustré le caractère catastrophique de ces événements. L'analyse menée dans ce chapitre était une étape nécessaire pour entamer la deuxième partie de notre problématique à savoir l'analyse des victimes des inondations.

Chapitre 4 : Les décès causés par les inondations de l'ouest algérien

Introduction

L'analyse des données sur les événements meurtriers dans le chapitre précédent a permis de comprendre les facteurs qui contribuent à l'augmentation de la mortalité. Cependant, au niveau individuel, la survenue des décès peut être influencée par le comportement et les facteurs de vulnérabilité individuelle.

Dans ce chapitre, on s'attachera en premier lieu à détailler la répartition spatiale et temporelle des victimes en introduisant les facteurs pluviométriques et démographiques. Ensuite, un profil détaillé des victimes est dressé ainsi que l'analyse de l'interaction entre les circonstances des décès (l'environnement dans lequel les décès surviennent), l'activité des victimes avant l'incident et la fréquence des décès par lieu.

1 Aperçu sur les pertes humaines dues aux inondations

1.1 Fréquence des décès causés par les inondations

Au cours de la période 1966-2019, 324 décès ont été causés par 52 événements. Le classement de la fréquence des décès par wilaya dans le tableau (14), montre que le plus grand nombre de décès est constaté à Tiaret (75 soit 23,15 %), suivi par Chlef (52 soit 16,05 %). Relizane et Sidi Bel Abbès enregistrent respectivement 38 et 36 décès. Mostaganem, Oran, Mascara, Ain Témouchent et Tissemsilt comptent aussi un nombre de décès qui varient entre 15 et 29, tandis que Tlemcen et Saïda enregistrent les taux les plus bas.

La récurrence des inondations mortelles par wilaya est élevée à Tiaret (17 soit 18,89%), suivie de Sidi Bel Abbès et Oran, qui enregistrent respectivement 13 et 11 événements. Tissemsilt, Chlef et Aïn Témouchent enregistrent 7 à 8 événements. Mostaganem, Mascara, Relizane et Tlemcen enregistrent entre 5 et 6 événements, tandis que Saïda compte le plus petit nombre d'événements. Les données précédentes ont permis d'avoir la moyenne de décès par événements. Ces dernières montrent que Relizane et Chlef ont les taux les plus élevés avec 7,6 et 7,43 respectivement, tandis que, les autres wilayas ont des taux qui varient entre 4,41 et 1,67.

Tableau 14: Nombre de décès et récurrence des inondations par wilaya

Wilaya	Décès	Récurrence des inondations	Moyenne décès/événements
Tiaret	75 (23,15%)	17 (18,89%)	4,41
Chlef	52 (16,05%)	7 (7,78%)	7,43
Relizane	38 (11,73%)	5 (5,55%)	7,60
Sidi Bel Abbes	36 (11,11%)	13 (14,44%)	2,77
Mostaganem	25 (7,72%)	6 (6,67%)	4,17
Oran	25 (7,72%)	11 (12,22%)	2,27
Mascara	20 (6,17%)	6 (6,67%)	3,33
Tissemsilt	17 (5,25%)	8 (8,89%)	2,13
Ain Témouchent	15 (4,63%)	7 (7,78%)	2,14
Saïda	11 (3,39%)	4 (4,44%)	2,75
Tlemcen	10 (3,08%)	6 (6,67%)	1,67

1.2 Classification des décès par type d'événements

Les inondations causent chaque année d'énormes dégâts humains et matériels, et leurs impacts sur l'environnement peuvent varier d'une région à une autre en fonction des conditions géographiques, climatiques et d'occupation des sols. Dans notre région d'étude, trois types d'inondation à l'origine des décès ont été distingués.

La classification des décès causés par les inondations par type d'événements montre que les crues torrentielles sont la cause la plus fréquente de décès (226 soit 69,75%) (Tableau 15). Cela reflète la spécificité de la région d'étude, qui se caractérise par la prédominance des crues torrentielles générant des événements désastreux, en particulier en période d'automne (Meddi and Toumi 2015; Llasat et al. 2016; Sardou et al. 2016). Les inondations fluviales ont causées la mort de 76 personnes (23,46%), tandis que les inondations en secteur urbain n'ont causé que 12 décès (3,7%).

Tableau 15: Classification des décès par type d'événements

Type d'événement	Nombre de décès	Pourcentage (%)
Crue torrentielle	226	69,75
Crue fluviale	76	23,46
Inondation en secteur urbain	12	3,7
Non définie	10	3,09
Total	324	100

1.3 Les décès causés par les inondations dans le contexte méditerranéen

Les régions qui constituent le bassin Méditerranéen sont régulièrement le siège de phénomènes météorologiques violents caractérisés par des pluies intenses et des vents violents (Argence 2008). La hauteur des précipitations dépasse régulièrement 200mm en 24h, pour des événements plus intenses, cette hauteur peut être atteinte en moins de 6heures (Provitolo 2007). Ces événements parfois exceptionnels provoquent chaque année la mort de nombreuses personnes ainsi que des dégâts matériels importants.

Afin d'avoir une vue d'ensemble à l'échelle méditerranéenne, une comparaison a été effectuée entre ces premiers résultats (Algérie) et les moyennes de décès enregistrées dans certains pays méditerranéens, dont la période d'étude est presque identique à la présente étude. Le tableau (16) montre que l'ouest algérien compte un taux de mortalité élevé après l'Italie, en plus à une moyenne de décès par événement très élevée (6,23).

En termes de nombre moyen de décès par année, la zone d'étude enregistre une moyenne de six (6), ce qui est l'un des taux les plus élevés après l'Italie qui enregistre 15,42. Ces résultats sont en accord avec les résultats de l'étude de Gaume et al. (2016) qui a démontré que le nombre maximum de décès causés par les crues torrentielles dans les pays méditerranéens entre 1940 et 2015 a été constaté en Algérie. Ces résultats confirment également le fait que les pays en développement tels que la zone d'étude sont plus vulnérables aux effets des inondations, notamment en termes de pertes humaines (Singh and Kumar 2013; Paulikas and Rahman 2015).

Tableau 16: Nombre de décès et d'événements mortels dans le contexte méditerranéens

Région	Grèce	Portugal	Italie	Ouest Algérien
Nbre de décès	189	114	771	324
Nbre d'événements	57	80	441	52
Décès/événements	3,32	1,43	1,75	6,23
Décès/années	3,71	2,24	15,42	6
Période d'étude	1960-2010	1960-2010	1965-2014	1966-2019
Source	Pereira et al. 2016	Pereira et al. 2016	Salvati et al. 2018	Hadjij et al. 2021

2 Répartition temporelle des décès

2.1 Répartition annuelle

La distribution annuelle des décès causés par les inondations est irrégulière dans l'ouest algérien (Fig. 26). Cette répartition varié d'un minimum de un (1) victime en 2017 à un maximum de 73 en 1966, avec une valeur moyenne annuelle égale à 6. La tendance générale des décès liés aux inondations ainsi que le nombre de décès par événement ne sont pas significatifs dans la zone d'étude, bien qu'une réduction de la variabilité des valeurs soit évidente, surtout après 2001. Cette réduction pourrait être liée à l'absence d'inondations à forte mortalité depuis le début du 21^{ème} siècle. Il faut tenir compte du fait que la fréquence des décès est plus élevée sur certaines années en raison d'inondations majeurs. Cette répartition laisse apparaître assez nettement la périodisation des crises hydrologiques ponctuées par des creux temporels considérés comme des repos hydrologiques (Vinet 2010; Boissier 2013). Dans la zone d'étude considérée, ces repos hydrologiques sont lisibles et espacés dans le temps, particulièrement pour la période entre 1970 et 1992, qui est marquée par la présence de certains événements de faible intensité (i.e: 1972, 1986 et 1990). D'autres creux sont aussi constatés entre 1995-1999 et entre 2002-2005. Ces lacunes sont attribuées principalement à la diminution importante des précipitations (Meddi and Talia 2013; Megnounif et al. 2013; Meddi and Toumi 2015).

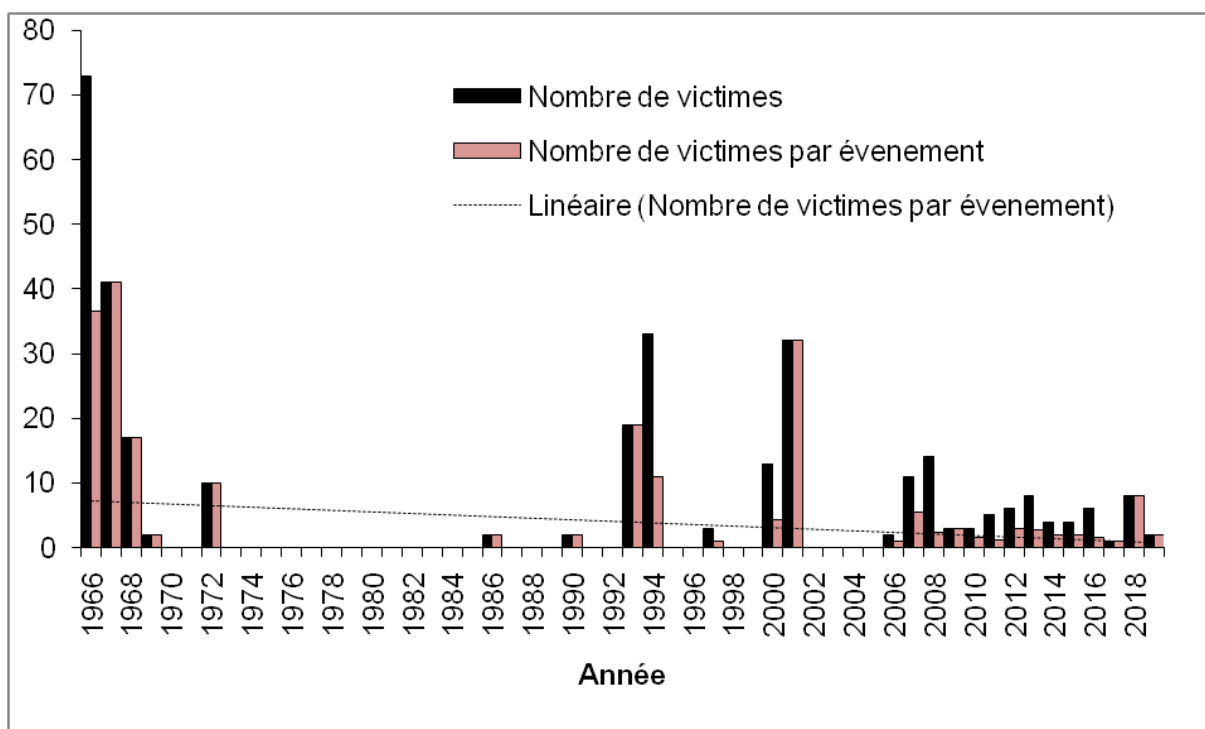


Figure 26: Distribution temporelle des décès causés par les inondations (1966-2019)

En termes de crises hydrologiques, quatre phases temporelles sont constatées au cours de la période d'étude. Entre 1966 et 1968, trois événements majeurs se sont produits à Chlef, Tiaret et Mascara, causant plus de 125 morts (Fig. 27).

Il est à noter que l'inondation du 6 octobre 1966 est considérée comme l'événement le plus meurtrier dans l'ouest Algérien pendant la période d'étude. Il a causé 67 décès dans 15 communes, principalement à Chlef et Mostaganem. Plusieurs rapports indiquent qu'une très grande quantité de précipitations a été enregistrée lors de cet événement, qui est estimé à 273mm en six jours. Entre 1993 et 1994, la zone d'étude a également été touchée par trois événements majeurs qui ont causé 48 décès, notamment à Relizane, Tissemsilt et Tiaret, où la wilaya de Relizane enregistre à elle seule 22 victimes. La troisième phase concerne les crues torrentielles catastrophiques du 10 et 11 novembre 2001, qui ont touché plus de 252 sites du nord Algérien (Machane et al. 2008; Meddi and Toumi 2015). La région ouest a été également touchée par ces inondations en enregistrant 32 décès dans 18 communes, notamment à Chlef et Relizane. Il convient de noter que 2001 est l'une des années les plus importantes en termes de nombre de décès liés aux inondations enregistrés dans les pays méditerranéens entre 1990 et 2006, où l'inondation d'Alger des 10-11 novembre 2001 est considérée comme l'événement le plus meurtrier avec plus de 760 victimes (Machane et al. 2008; Llasat et al. 2010).

Il convient de noter que, les événements majeurs survenus durant ces phases de crise hydrologique représentent 13,5% du nombre total des événements considérés. Cependant, le nombre total de décès causés est plus de la moitié du nombre total de décès pour toutes les années (205 soit 63,27%). Ce résultat reflète l'association de taux de mortalité élevés à des inondations extrêmes avec une faible récurrence. La dernière phase s'étale sur une période de 14 ans (2006-2019), elle est plus ou moins négligeable en nombre de victimes avec environ 77 décès, ce qui représente 23,76% du total des victimes. Un nombre considérable des décès a été enregistré à Tiaret et le reste se réparti sur Saida, Mostaganem, Mascara et Relizane.

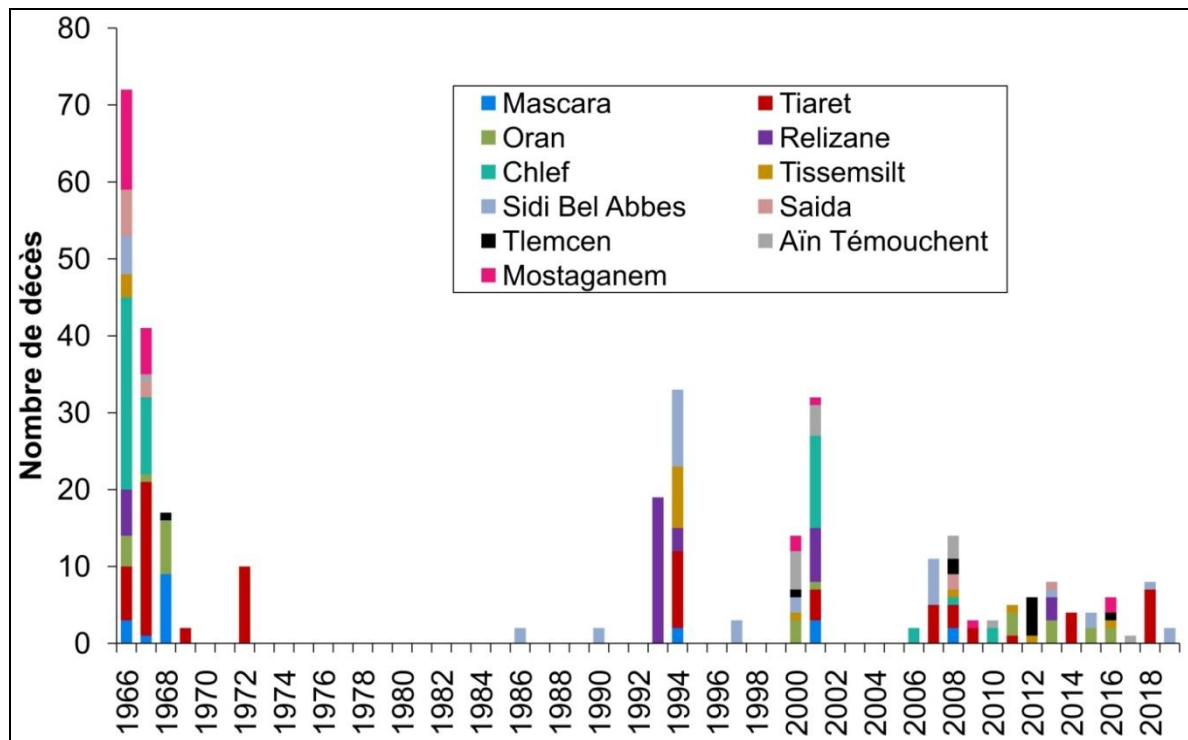


Figure 27: Distribution temporelle des décès des inondations par wilaya (1966-2019)

2.2 Répartition annuelle des décès et précipitations journalières maximales

Afin de montrer l'impact des précipitations des événements à forte mortalité, une comparaison a été effectuée entre la répartition annuelle des décès causés par les inondations et les moyennes annuelles des précipitations journalières maximales dans les zones où le taux de mortalité est le plus élevé (Fig. 28). Cette comparaison a permis de déduire que les événements à forte mortalité tels que ceux de 1993, 1994 et 2001 coïncident avec des épisodes de pluies torrentielles. On note que, les précipitations quotidiennes maximales enregistrées en octobre 1993 (100mm), octobre 1994 (70mm) et novembre 2001 (90mm) ont dépassé de loin la valeur moyenne pour la période considérée. Il convient de noter également que, le taux de précipitation lors de l'événement de novembre 2001 sur le site le plus touché à Alger a dépassé 261mm en moins de 24 heures (Machane et al. 2008).

On peut remarquer qu'en dépit de la survenue de fortes pluies journalières pendant certaines années, le nombre de décès enregistrés a diminué, notamment après 2001. Cette diminution du taux de mortalité peut être attribuée à la prise en compte de la problématique environnementale dans les instruments d'urbanisme, ainsi qu'à la vigilance de la population, notamment par la publication préalable de bulletins météorologiques spéciaux. Les données et

les descriptions disponibles dans les rapports indiquent que les pluies torrentielles sont responsables de la survenue d'événements de mortalité élevée. Toutefois, le manque de données sur les précipitations journalières maximales pour la période 1966-1979, ne nous a pas permis d'avoir une discussion approfondie sur l'importance de la corrélation entre les précipitations quotidiennes maximales annuelles et la survenance d'événements extrêmes.

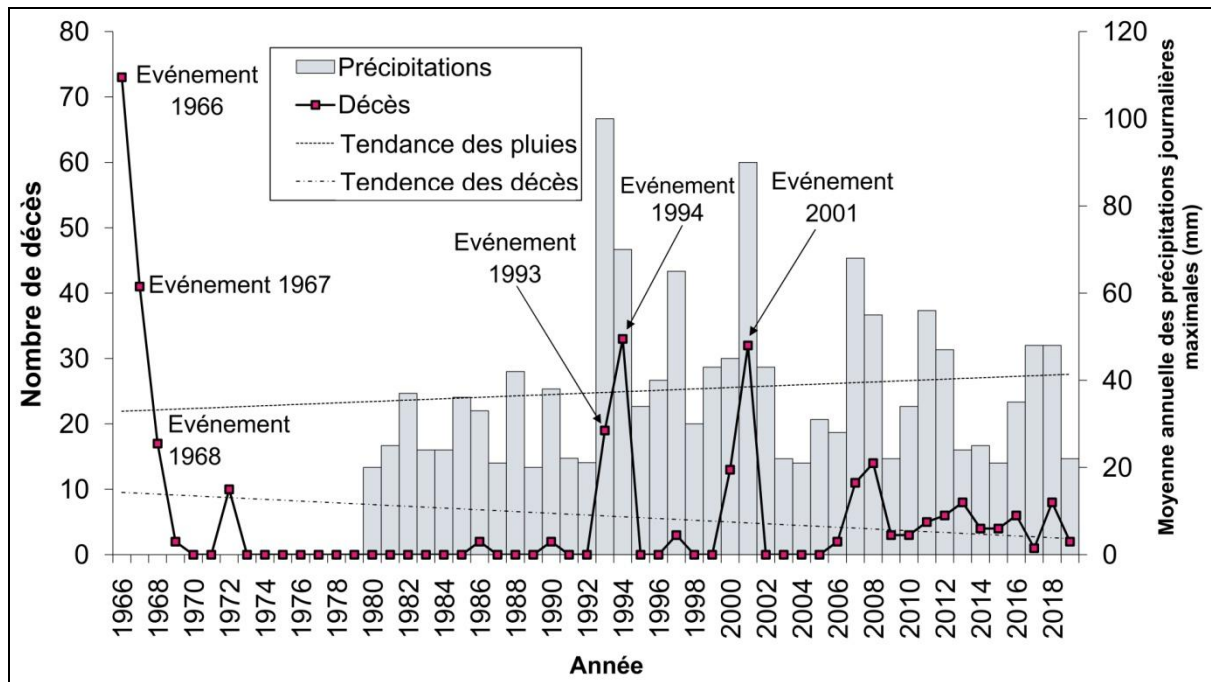


Figure 28: Répartition annuelle des décès causés par les inondations et des précipitations journalières maximales (1966-2019)

2.3 Répartition mensuelle

En termes de mois, octobre présente le pourcentage annuel le plus élevé (41,67%), suivi de décembre (13,89%) et de novembre (12,96%) (Fig. 29). Cette tendance peut s'expliquer par la spécificité des régions semi-arides, tel que l'ouest algérien, qui se caractérise en automne par des épisodes de pluies intenses qui se produisent généralement en moins de 24 heures dans des bassins modérés, ce qui provoque des inondations avec des dégâts importants et des pertes en vies humaines (Ghenim and Megnounif 2016; Yamani et al. 2016). À l'échelle régionale, la saisonnalité des décès enregistrés dans la zone d'étude est similaire à la tendance méditerranéenne (Diakakis 2017; Pereira et al. 2017; Petrucci et al. 2019).

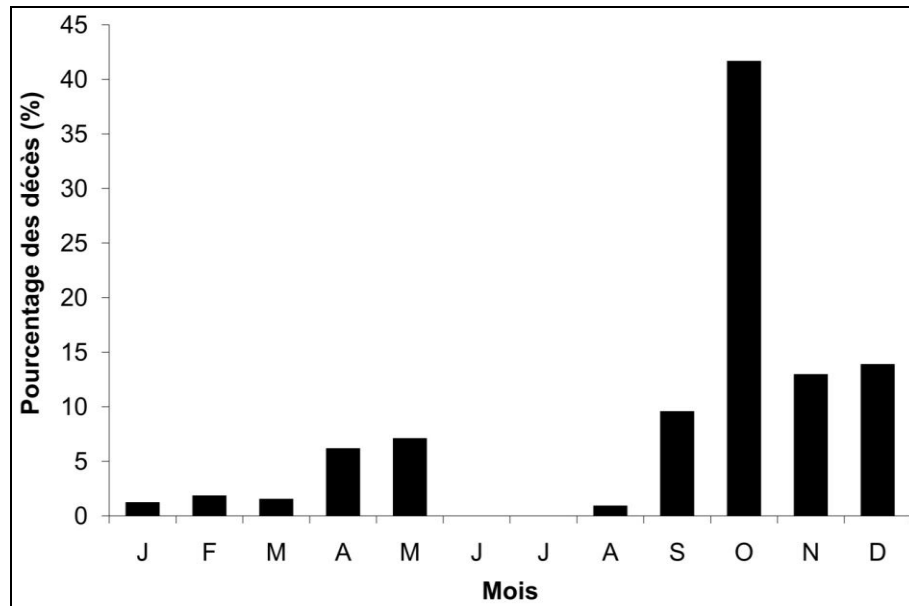


Figure 29: Répartition mensuelle des décès causés par inondations

2.4 Répartition saisonnière

La répartition saisonnière des décès causés par les inondations dans l'ouest algérien montre un taux élevé de victimes pendant la période d'automne (67,28%), suivi de l'hiver (16,98%), du printemps (14,81%) et de l'été (0,93%) (Fig. 32). Cette répartition est en accord avec la moyenne des précipitations saisonnières dans les wilayas ayant le plus de décès, en particuliers en automne.

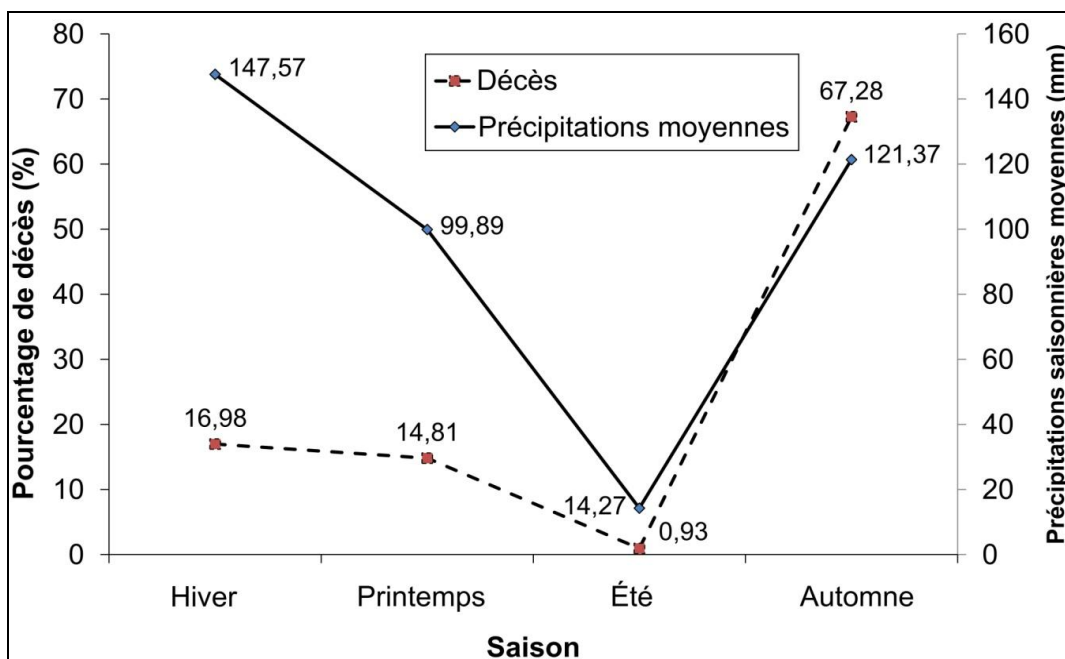


Figure 30: Le pourcentage de décès causés par les inondations et les précipitations saisonnières moyennes

2.5 Répartition des victimes par heure

La répartition des décès et de l'occurrence des événements fatals par heure aide à mieux comprendre les facteurs sociaux du risque (Terti et al. 2017). Dans la zone d'étude, la répartition des décès des inondations par heure de la journée montre un pourcentage élevé pendant la journée (52,7%), contre un pourcentage de l'ordre de 47,3% enregistré pendant la nuit (Fig. 31).

Cette différence peut être expliquée par les déplacements journaliers des personnes pour le travail ou le divertissement ce qui les rend plus vulnérables pendant la journée. Selon la littérature, la vulnérabilité des personnes augmente en allant vers leurs activités quotidiennes ou pendant le retour, surtout si elles traversent des routes inondées (Coates 1999; Ruin et al. 2009; Vinet et al. 2012; Petrucci et al. 2019). Il convient de noter que le pic maximum de décès est enregistré en fin d'après-midi (31,08%), ce qui coïncide avec les heures de retour du travail. Ces résultats doivent être pris en compte avec prudence, car les données disponibles n'indiquent que 22,84%, soit 74 sur les 324 cas de décès.

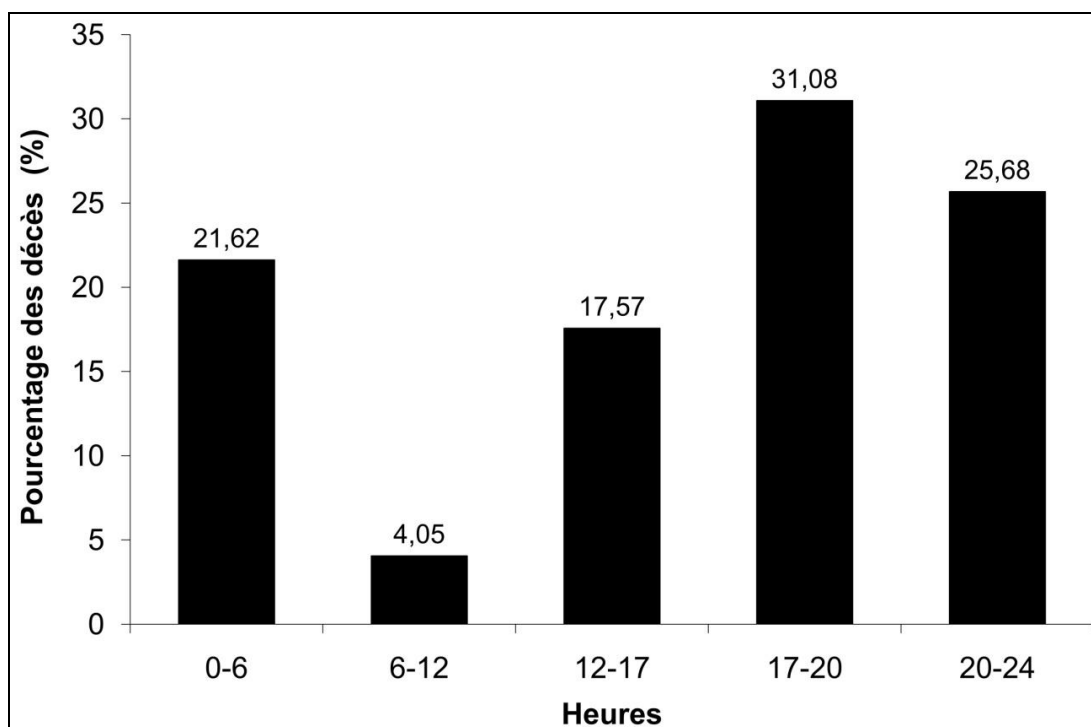


Figure 31: Répartition des décès des inondations par heures de la journée

3 Répartition spatiale des décès

Pour comprendre la répartition spatiale des victimes des inondations dans l'ouest algérien, une série de cartes ont été établies pour visualiser les résultats à différentes échelle géographique (unités naturelles, wilayas, communes et densité de population).

3.1 Répartition des incidents mortels et de nombre de décès par unité naturelle

La répartition spatiale des inondations mortelles par unité naturelle montre une concentration significative dans les zones plates et les sites traversés par de grands cours d'eau ou par ses affluents (i.e., Chlef, Mekerra, Mina, El Hammam, Tafna, Fodda, Lardjem et Rhiou) (Fig. 32a). Les plaines littorales et sublittorales ont enregistré le plus grand nombre d'incidents mortels, suivies par les zones montagneuses et les bassins intérieurs, tandis que les régions steppiques ont enregistré le taux le plus bas.

La répartition des décès par zone naturelle est presque homogène sur toutes les zones (Fig. 32b). Cependant, le nombre de victimes présente certaine hétérogénéité. Il est plus important sur les plaines littorales en particulier le long d'oued Chlef. Ce nombre important est remarquable également dans certains sites montagneux et dans les bassins intérieurs surtout près des grands cours d'eau.

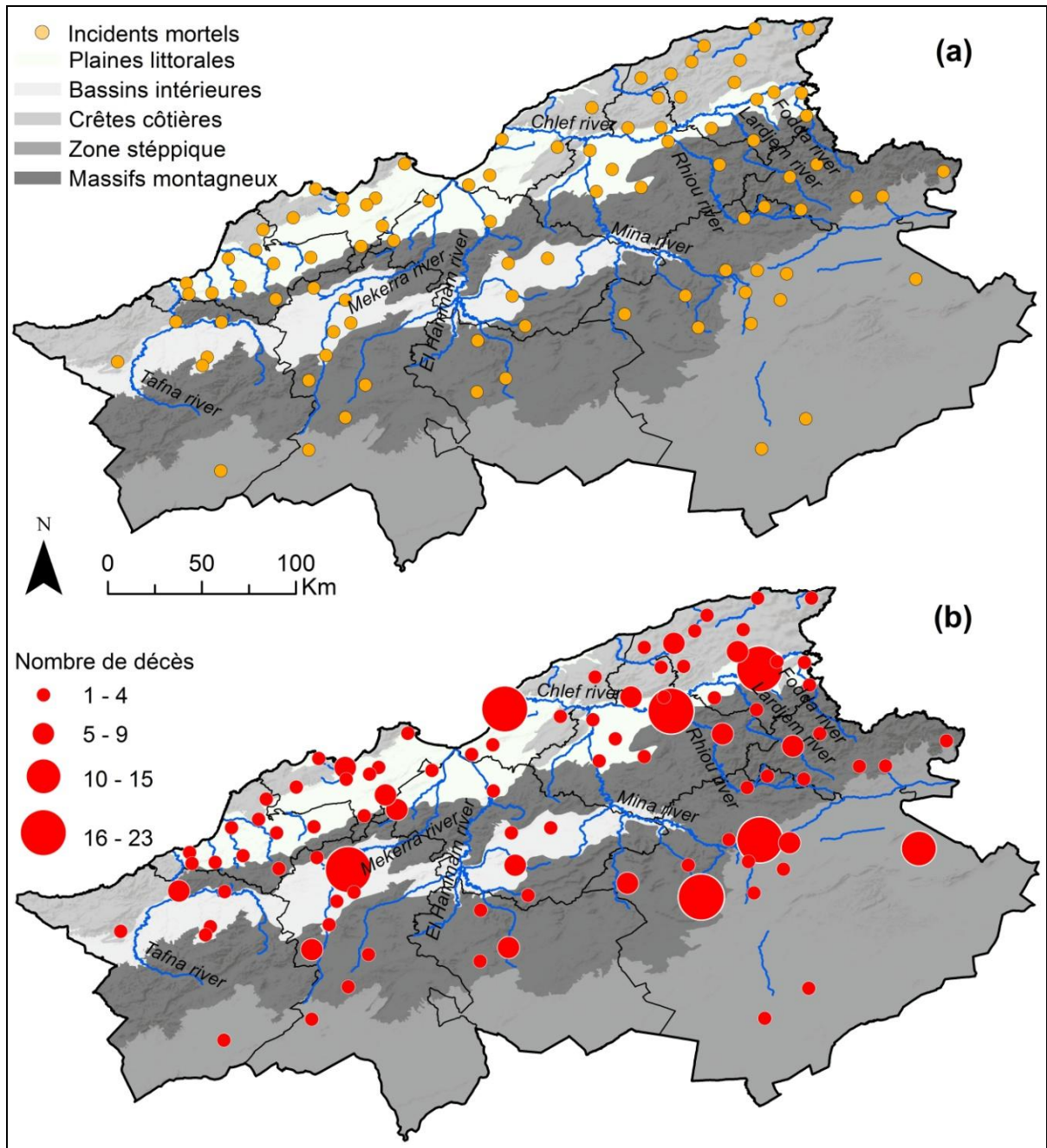


Figure 32: Répartition spatiale des (a) incidents mortels et des (b) décès par unité naturelle

3.2 Répartition des décès par communes et par wilayas en fonction de la densité de population

L'analyse du nombre des décès causés par les inondations par wilayas en fonction de la densité de population montre que Tiaret, Chlef, Sidi Bel Abbès et Relizane sont fréquemment touchées par les inondations par rapport aux autres wilayas (Fig. 33a). Cependant, la densité de la population dans ces wilayas varie seulement entre 100 et 200 hab/km², à l'exception de

Chlef qui atteint 300hab/km². Mostaganem et Oran ont une densité importante qui atteint 686 hab/km², mais elles enregistrent seulement un nombre maximum de 25 victimes. Le bilan est beaucoup moins lourd pour les wilayas de Mascara, Aïn Témouchent et Tissemsilt, par contre il est presque sous-estimé pour les wilayas Tlemcen et Saïda qui ont une densité de population ne dépassant pas les 100 hab/km².

Sur les 393 communes de la zone d'étude, plus de 93 communes ont enregistré des décès causés par les inondations. Il convient de noter que la fréquence des décès correspond exactement aux communes à forte densité de population (Fig. 33b). Le taux de pertes humaines le plus élevé est enregistré à Frenda, Chlef, Mostaganem, Oued Rhiou, Tiaret et Sidi Bel Abbes, avec un nombre de décès qui varie de 18 à 23. La commune de Rechaïga compte 10 morts, tandis que Lardjem, Saïda, Ghriss, Zahana, El Hamri, Moulay Slissen, Taougrit, Oued Tlélat, Aïn Bouchekif, Ouled Fares, Remchi et Oran enregistrent entre 5 et 9 victimes. Les autres communes de la zone d'étude enregistrent un nombre de décès égal ou inférieur à 4.

D'après cette analyse on peut déduire que le rapport entre la répartition des décès causés par les inondations et densité de population s'accorde seulement à l'échelle communale (petite échelle), par contre à l'échelle de wilaya, la répartition des décès ne dépend pas seulement de la densité de la population mais dépend à d'autres facteurs tels que le type d'inondation, et les caractéristiques géographiques des régions.

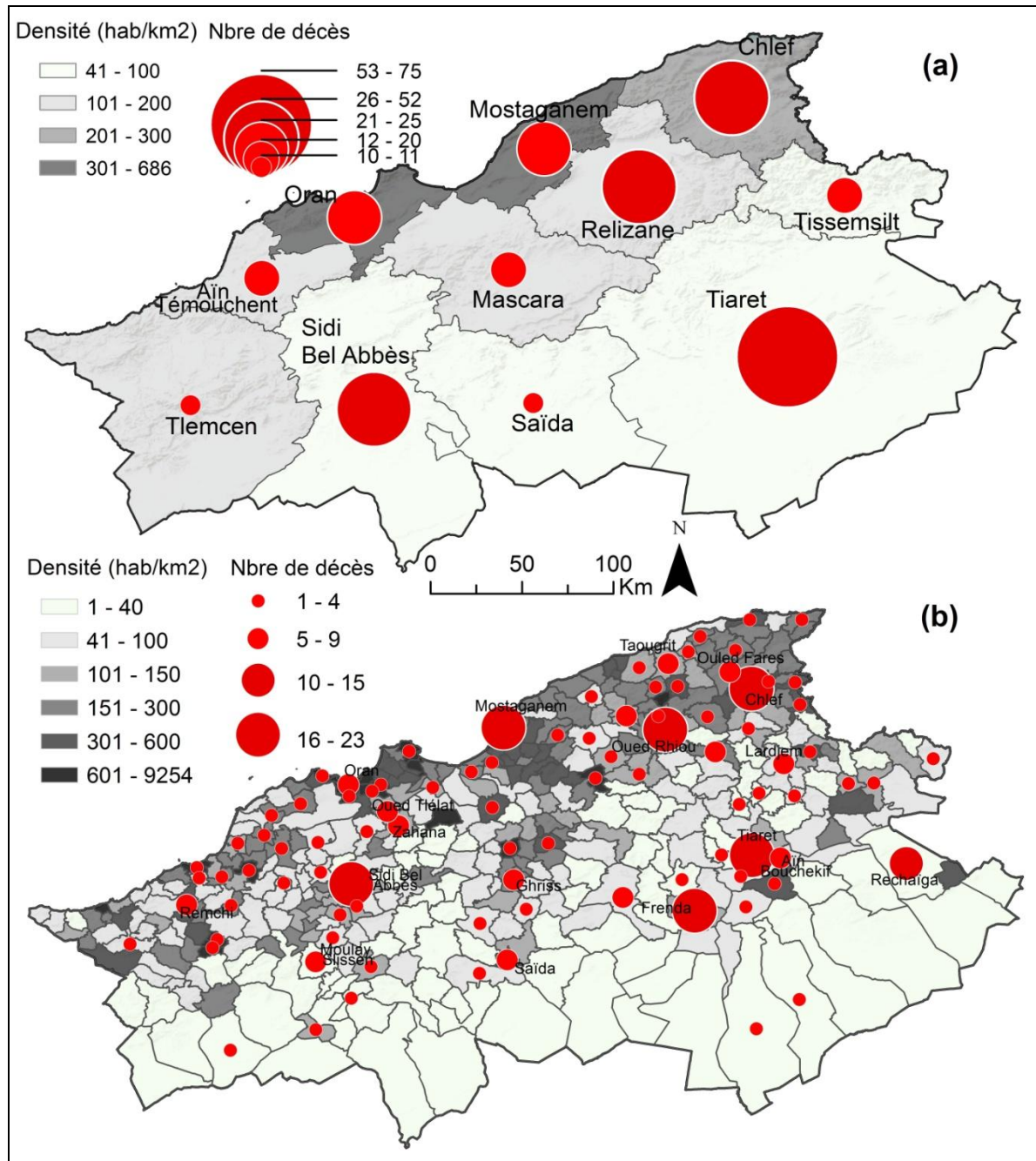


Figure 33: Fréquence des décès des inondations par (a) wilaya et (b) commune en fonction de la densité de populations

4 Caractéristiques des victimes des inondations

4.1 Répartition des victimes selon le sexe

Les données utilisées pour mettre en évidence le sexe des victimes d'inondations indiquent moins de la moitié du sexe des victimes (40,74%) (132 sur 324). La détermination du sexe des victimes s'est basée sur les rapports de la protection civile et les articles de presse,

qui publiaient des bilans par nom de victimes. Comme le montre le Tableau (17), les décès causés par les inondations sont plus nombreux chez les hommes que chez les femmes, avec respectivement (76, 57,58%) contre (56, 42,42%). Il convient de noter qu'une exception est faite dans la wilaya de Chlef et Tissemsilt, où le nombre de décès est plus élevé chez les femmes.

Le schéma global de vulnérabilité dans l'ouest Algérien peut s'expliquer par une perception du risque plus élevée chez les femmes que chez les hommes (Badoux et al. 2016), ce qui conduit probablement à un comportement de prise de risque chez les hommes lors des inondations (FitzGerald et al. 2010; Badoux et al. 2016; Diakakis and Deligiannakis 2017). Cette tendance à la vulnérabilité est presque commune à différents pays (Coates 1999; Jonkman and Kelman 2005; Ashley and Ashley 2008; Sharif et al. 2015; Badoux et al. 2016; Pereira et al. 2016; Diakakis and Deligiannakis 2017; Salvati et al. 2018; Petrucci et al. 2019).

Tableau 17: Nombre de décès causés par les inondations selon le sexe

Wilaya	Décès		
	Male	Femelle	Total par wilaya
Tiaret	16	7	23
Chlef	9	13	22
Relizane	12	7	19
Sidi Bel Abbès	5	4	9
Mostaganem	2	1	3
Oran	8	3	11
Mascara	8	5	13
Tissemsilt	6	8	14
Aïn Témouchent	6	4	10
Saïda	0	0	0
Tlemcen	4	4	8
Total de la zone d'étude	76 (57.58%)	56 (42.42%)	132 (100%)

4.2 Répartition des victimes par tranche d'âge

Les données exploitées ont permis de déterminer seulement (32,41%) des victimes soit (105 sur 324) dont l'âge est connue. On se basant sur le rapport du 5^{ème} recensement général de la population et de l'habitat (RGPH) en vigueur en Algérie en 2008, huit tranches d'âge ont été distinguées (Tableau 18). Sur l'ensemble de la zone d'étude et pour les victimes dont l'âge est connu, la tranche d'âge des enfants (0-9) est la plus vulnérable suivie de la tranche des adolescents (10-19). Les autres tranches d'âge, possèdent un nombre de victimes moins important surtout pour les âges avancés.

La tendance globale du taux de victimes par tranche d'âge présente une diminution des tranches d'âges des plus jeunes vers les vieux. Ce constat est identique pour l'ensemble des wilayas de l'ouest algérien. L'analyse par catégorie montre que les deux premières tranches d'âge (0-9 ; 10-19) cumulent le taux le plus élevé de victimes avec environ 16,67%, en particulier dans la wilaya de Tiaret et de Tissemsilt (Fig. 34). Les tranches d'âge de 30 à 49 ans cumulent un taux de victimes de l'ordre de 6,88%, surtout à Mostaganem et Tiaret. Les autres tranches d'âges enregistrent un pourcentage de victimes de l'ordre de 6,48%, sur l'ensemble la zone d'étude. Cependant, la wilaya de Saida et de Mostaganem compte un taux élevé de victimes dont l'âge est inconnu (8,21%).

Tableau 18: Nombre de décès causés par les inondations par tranche d'âge

Tranche d'âge	Nombre	Pourcentage (%)
0-9	30	9,26
10-19	24	7,41
20-29	08	2,47
30-39	11	3,4
40-49	11	3,4
50-59	08	2,47
60-69	06	1,85
70+	07	2,16
Total défini	105	32,41
Non définie	219	67,59
Total	324	100

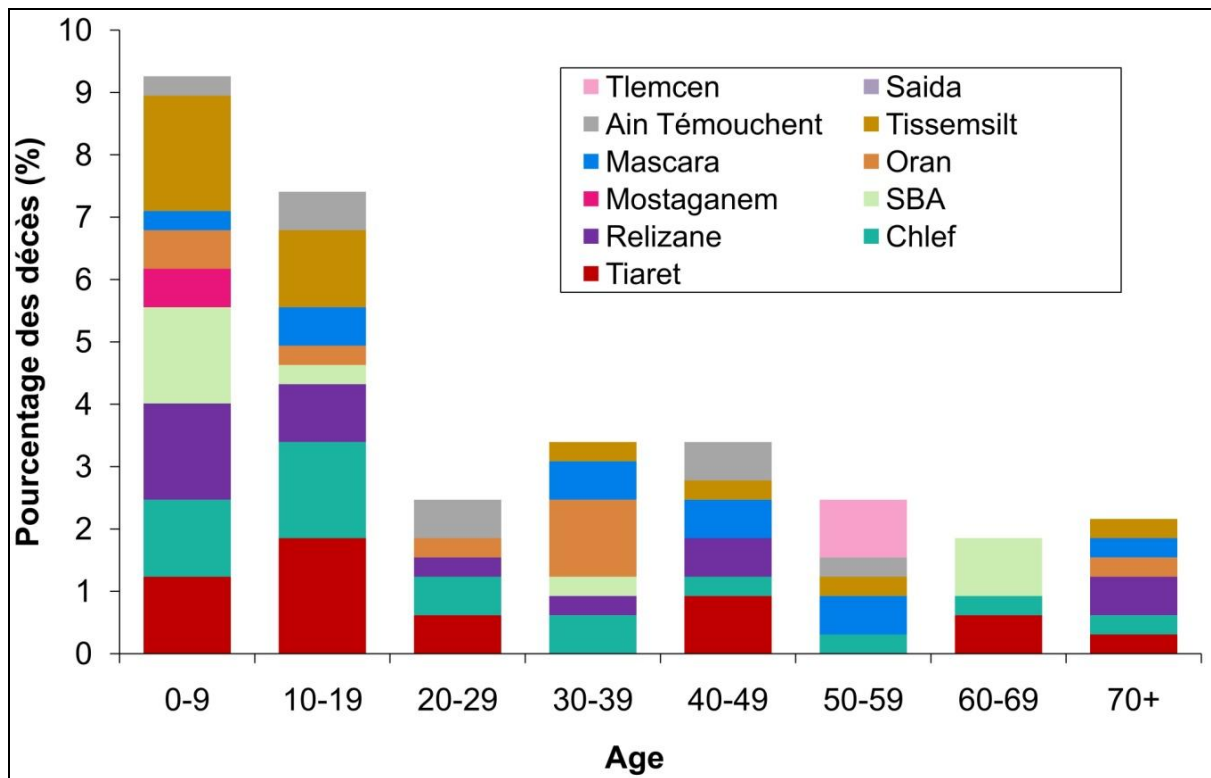


Figure 34: Fréquence des décès des inondations par wilaya selon l'âge

4.3 Fréquence des décès par tranche d'âge et par sexe

Il y a une corrélation étroite entre l'âge et le sexe des victimes, et l'analyse de ces deux paramètres permet de déterminer la vulnérabilité humaine face aux risques naturels (Coates 1999; Ashley and Ashley 2008; FitzGerald et al. 2010; Vinet et al. 2012; Sharif et al. 2015). En ce qui concerne les décès par âge et par sexe, il est clair que les inondations ont fait plus de victimes masculines (56,99%) que féminines (43,01%) pour toutes les tranches d'âge

Une exception est observée pour la tranche d'âge de 0 à 9 ans, où le nombre de victimes féminines est plus élevé. Cette observation peut être liée au nombre plus élevé de cas non signalés, pour lesquels les sources utilisent souvent des phrases générales comme «*un cadavre d'enfant est retrouvé...*» dans la description des impacts des inondations. Pour les tranches d'âge égal ou supérieur de 70 ans, le nombre des victimes des deux sexes est identique.

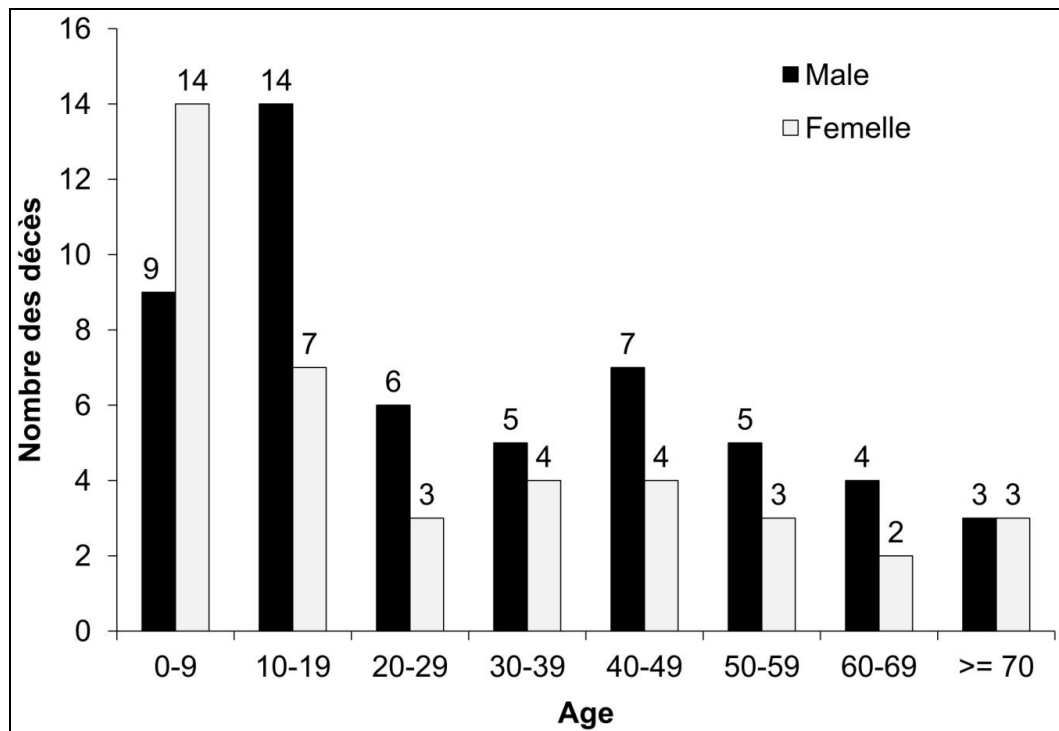


Figure 35: Fréquence des décès d'inondation par âge et par sexe

4.4 Distribution des décès et de population selon les tranches d'âge

Afin de mettre en évidence la vulnérabilité liée à l'âge, le pourcentage de décès et celui de la population ont été comparés dans chaque groupe d'âge (Fig. 36). Les catégories d'âge de 0 à 19 ans présentent un pourcentage plus élevé de décès (50,47%) par rapport au pourcentage de la population (37,59%). Elles présentent donc une plus grande vulnérabilité aux inondations, en particulier chez les enfants de moins de 9 ans (28,04%). Le pourcentage de décès augmente progressivement pour les personnes de plus de 50 ans, et devient significatif pour les personnes de plus de 70 ans. En fait, ces groupes d'âge sont vulnérables aux inondations comme l'atteste leur grand pourcentage de décès (19,63%) par rapport au pourcentage de la population (14,2%). La plus grande vulnérabilité aux inondations pour ces catégories d'âge correspond aux conclusions des travaux de recherches, et elle est attribuée à leur incapacité physique à éviter des inondations (Coates 1999; Jonkman et al. 2009; FitzGerald et al. 2010; Diakakis and Deligiannakis 2017). Cette incapacité physique est liée d'une part, à la moindre mobilité des personnes âgées, et d'autre part, à la faible force physique et à une moindre capacité à l'effort et aux flots pour les enfants (Boissier 2013). Cependant, les groupes d'âge de 20 à 49 ans sont moins vulnérables aux inondations, puisqu'ils enregistrent un pourcentage de décès inférieur (29,91%) à celui de la population (47,33%).

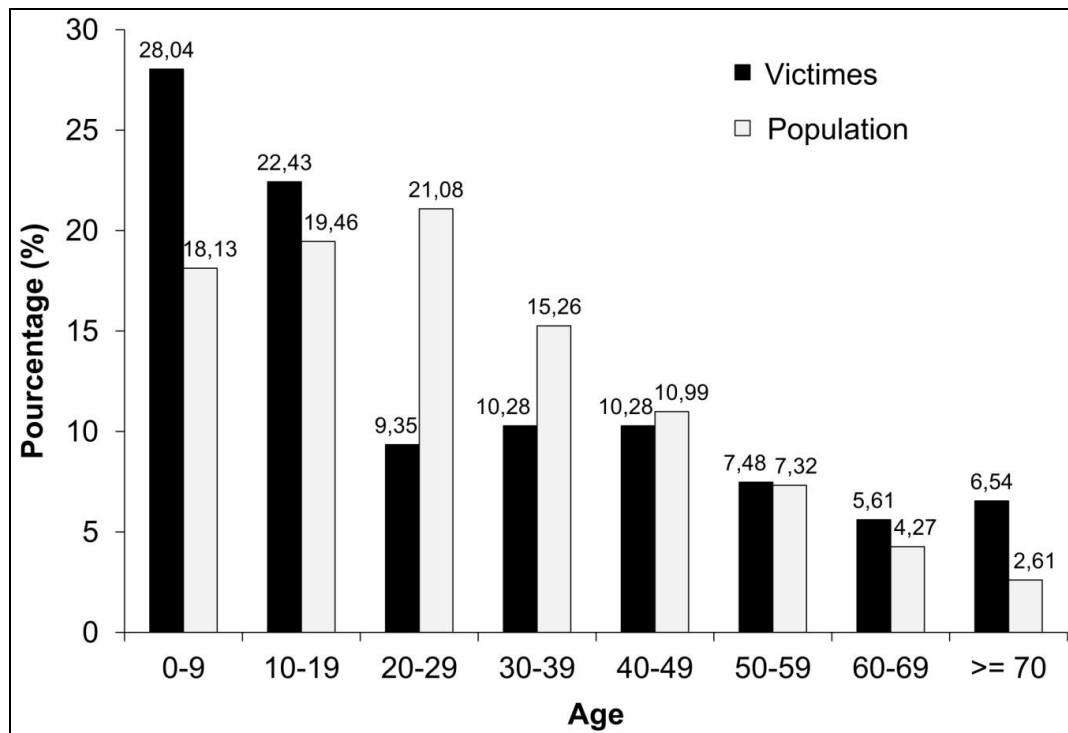


Figure 36: Pourcentage des décès des inondations et de population selon les tranches d'âge

5 Les causes et les circonstances de décès

5.1 Les causes de décès

L'exploration des données disponibles a permis de définir les causes de décès d'environ 96,92% cas de victimes (Fig. 37). Quatre types de causes de décès par inondation ont été recensés dans notre zone d'étude. La noyade est la cause la plus fréquente (78,4%), suivie des traumatismes physiques (11,73%) suite à l'effondrement des structures et aux accidents de la route causés par les inondations et de l'hypothermie (6,48%) suite à la baisse de température de l'eau causée par la vague de froid, tandis que les décès par électrocution (contact de l'eau avec réseaux électriques domestique) sont moins nombreux (0,31%).

A l'échelle des wilayas, le taux de décès par noyade était remarquable à Tiaret et à Chlef, avec environ 31,79% (Fig. 38). Ce taux de noyade élevé est lié au nombre considérable de victimes dans ces deux wilayas, qui cumulent presque la moitié. L'existence de nombreux oueds et affluent dans ces régions peuvent être un facteur explicatif des décès causés par la noyade. Les wilayas de Sidi Bel Abbès et d'Oran enregistrent les taux les plus élevés de décès causés par les traumatismes physiques (i.e., effondrement, collision, etc). Ce constat peut être expliqué par la vulnérabilité des vieux bâtis face aux inondations survenues en secteur urbain. Les victimes de l'hypothermie sont localisées surtout à Tiaret (6,48%), ce qui est attribué à la

baisse de température de l'eau causée par la vague de froid qui a frappé cette région durant l'hiver de 1967.

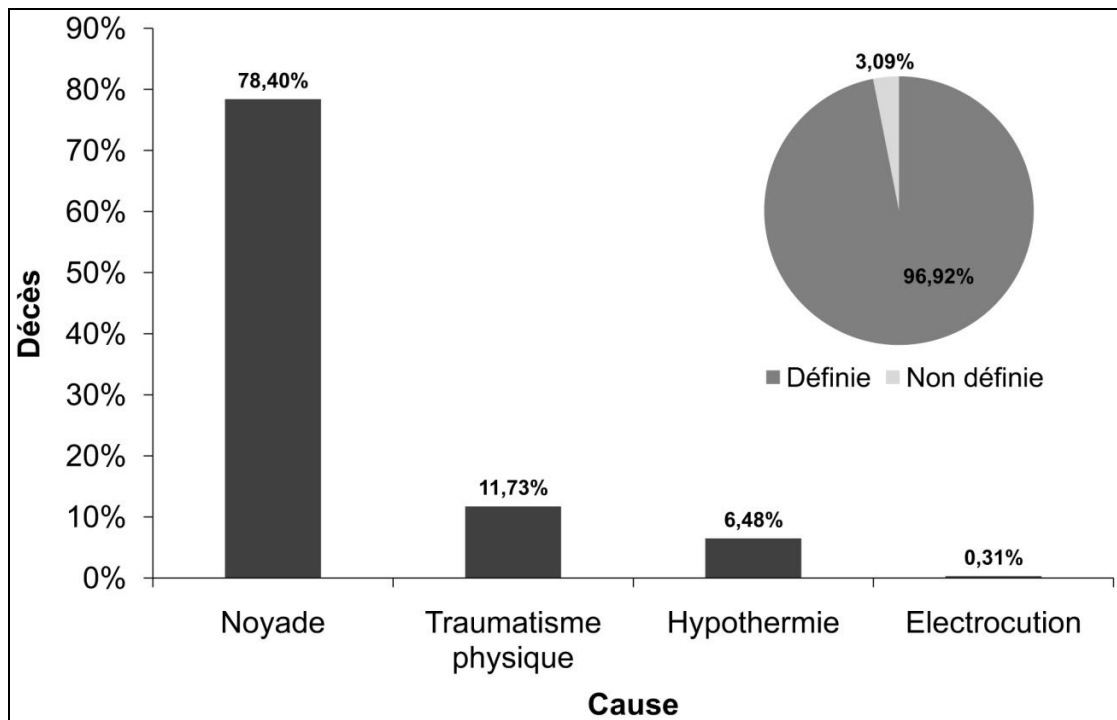


Figure 37: Causes de décès des inondations dans l'ouest algérien

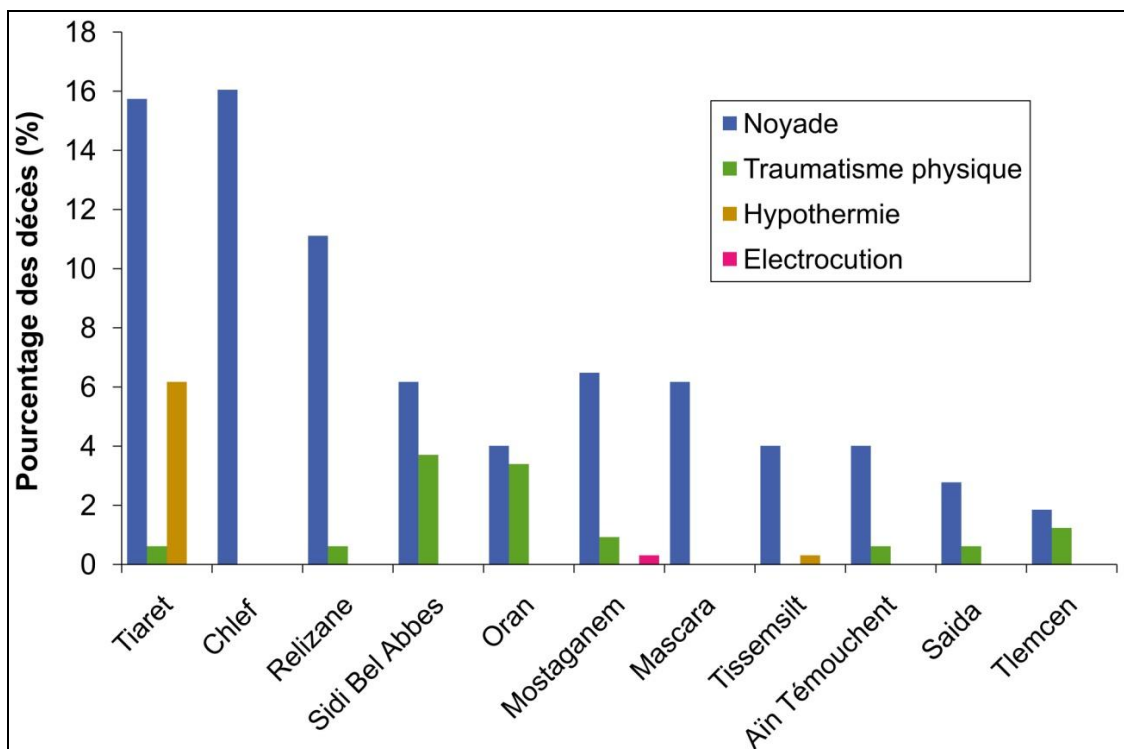


Figure 38: Les causes de décès des inondations selon les wilayas

5.2 Les activités des victimes au moment de l'incident

Du point de vue de l'activité des victimes, 54,63% des cas ont été déterminés et 45,37% ont été considérés comme inconnus (Fig. 39). La majorité des victimes étaient à pied au moment de l'incident (83,33%). Les activités les plus courantes correspondent à la marche (29,32%), le travail (4,63%), le sommeil (2,47%) et le sauvetage (1,54%). La catégorie des personnes utilisant des véhicules atteint 16,67%, où l'utilisation des voitures est l'activité la plus dominante (16,05%), contre un pourcentage plus faible pour l'utilisation de tracteurs (0,62%).

Les pourcentages élevés de décès causé par la noyade chez les personnes qui étaient à pied, peuvent être attribués à leur comportement dangereux. Il est probable que ces personnes ont essayé de traverser les oueds et les zones inondées sans prendre au sérieux les avertissements de crue, sans expérience et avec un niveau modéré de compétences en natation (Shabanikiya et al. 2014; Petrucci et al. 2019). La comparaison de ces résultats par rapport aux études faites ailleurs (Jonkman and Kelman 2005; Jonkman and Vrijling 2008; Diakakis and Deligiannakis 2017), a conduit à l'existence des similitudes en termes de causes de décès. Toutefois, la fréquence des décès par lieu et par activité dans l'ouest Algérien a présenté des différences par rapport aux autres pays, qui ont enregistré un nombre élevé de décès sur les routes.

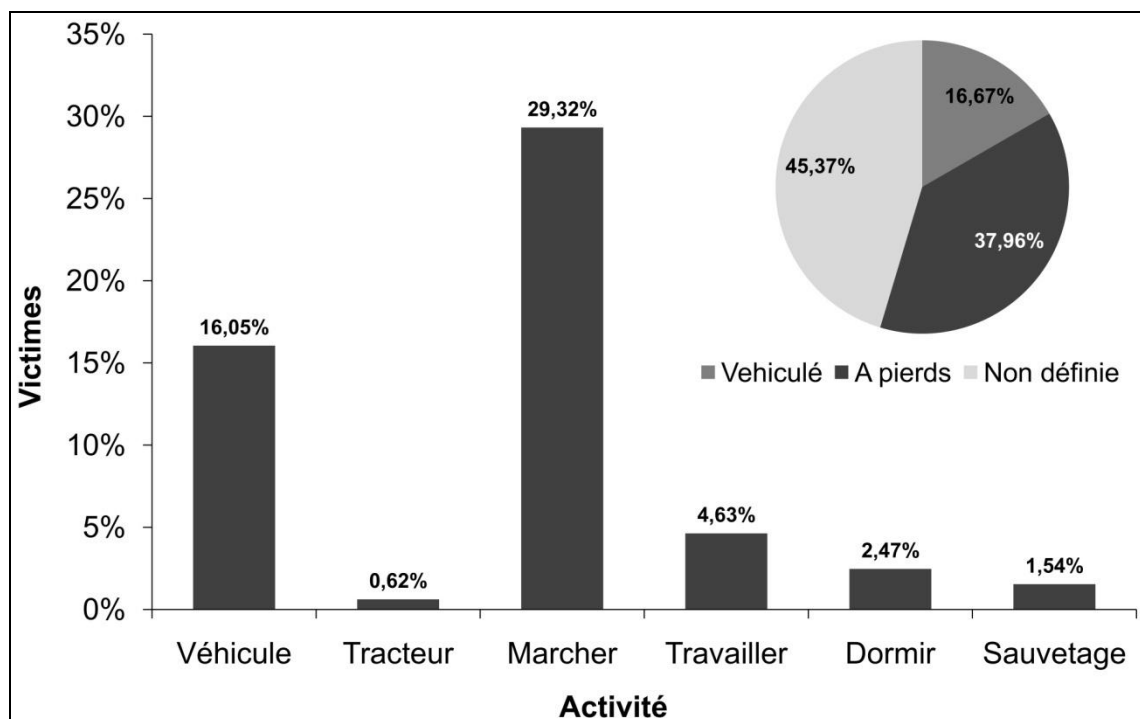


Figure 39: Activités des victimes au moment de l'incident

La figure (40) montre les activités des victimes des inondations par wilaya. Le taux des victimes qui marchaient est plus élevé à Tiaret, Chlef et Relizane (19,14%). Nous supposons que le taux élevé de victimes à pied est lié au caractère rural avec des habitations éparses dans ces régions, où les déplacements se font à pieds ou à dos d'animal et ne nécessitent pas de véhicules. En parallèle, ces régions disposent d'un nombre important d'oueds (i.e., Oued Rhiou, Oued Chlef, etc). Pour les victimes véhiculées presque la moitié est constatée à Sidi Bel Abbes et Tiaret. Le pourcentage d'utilisation de tracteur (0,62%) est constaté à Mascara qui représente une région plus au moins agricole.

Le nombre important de victimes se trouvant à l'extérieur (à pieds ou en véhicule) indique que les personnes ont une attitude active plutôt que passive face au risque, ils pénètrent volontairement les eaux de crue pour tenter d'atteindre une destination (domicile ou travail (Becker et al. 2015). Généralement, ce comportement irresponsable des individus aggrave le risque de mortalité.

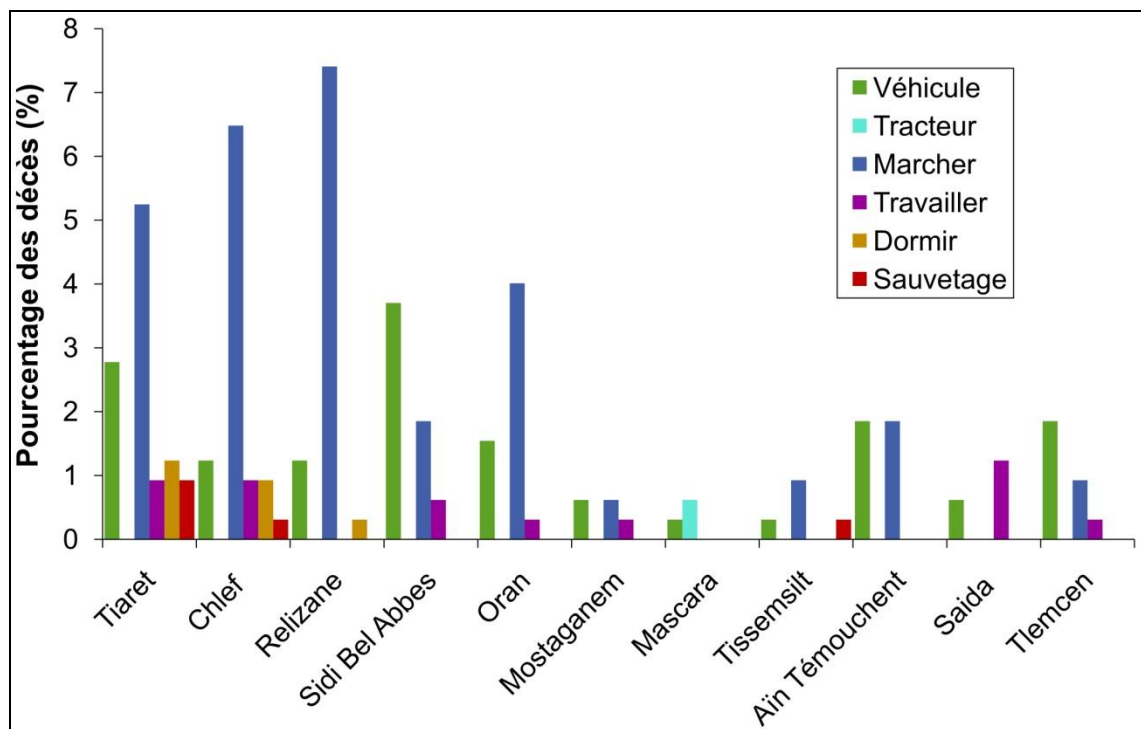


Figure 40: Activités des victimes au moment de l'incident réparties par wilaya

5.3 Fréquence des décès par lieu

En ce qui concerne le lieu de décès, les données disponibles fournissent des informations sur 79,94% des cas (Fig. 41). Les inondations causent plus de décès à l'extérieur (72,84 %), surtout sur les berges des cours d'eau (57,41%).

Selon Atallah et al. (2016), dans les régions semi-arides comme l'ouest Algérien, les populations se concentrent sur les berges des oueds et les plaines inondables, en raison de leurs besoins en eau pour les activités domestiques et agricoles, ce qui augmente leur exposition aux crues d'oueds qui traversent les zones habitées. La fréquence des décès causés par les inondations sur les routes atteint 14,51%, tandis que sur les ponts, le pourcentage est plus faible (0,92%). Le pourcentage de décès à l'intérieur des bâtiments atteint 7,1%. Ces victimes ont été retrouvées dans des bâtiments privés ou publics.

D'après la figure (42), on remarque que les victimes à l'extérieur sur les berges des cours d'eau concernent toutes les wilayas dont Tiaret, Chlef et Relizane cumulent plus que la moitié de victimes (33,03%). Une exception est constatée à Sidi Bel Abbes et Aïn Témouchent où le nombre de décès sur les routes est plus important, ceci est peut être liée à l'implantation de la majorité des infrastructures routières à proximité des cours d'eau ou leurs affluents. Néanmoins, le taux des décès à l'intérieur est constaté à Sidi Bel Abbes et Oran (4,32%).

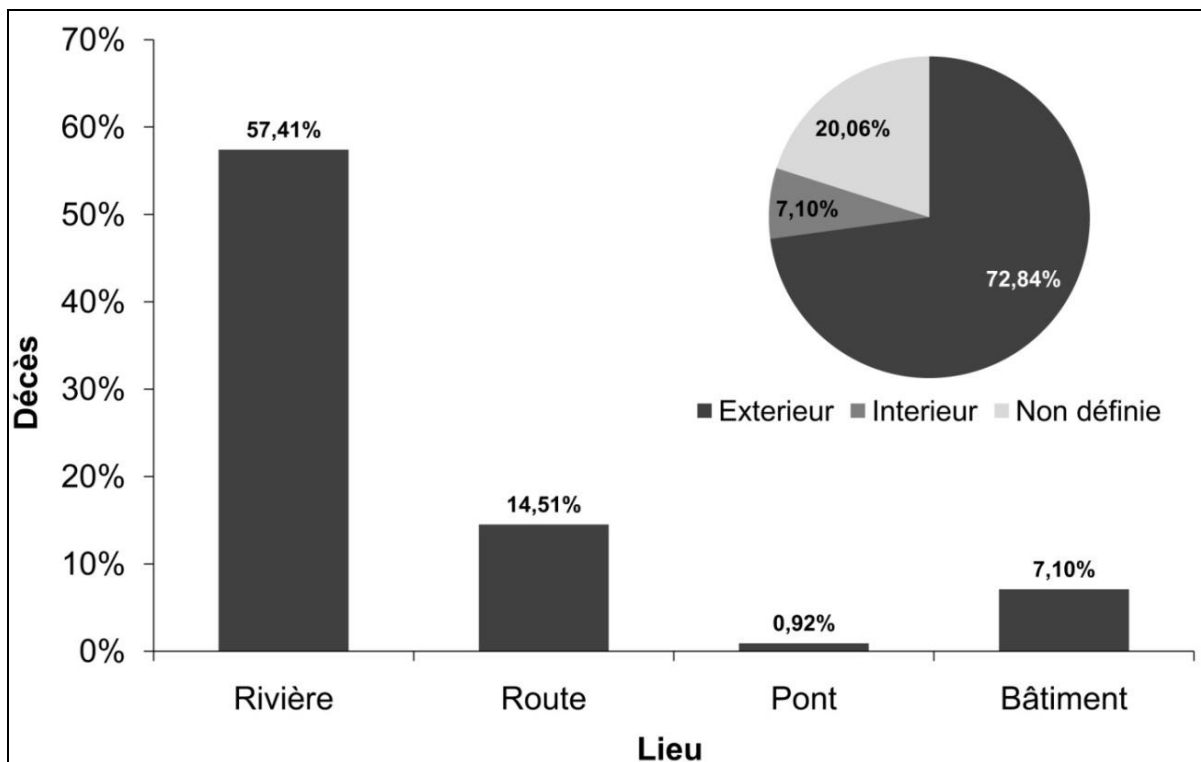


Figure 41: Fréquence des décès des inondations par lieu

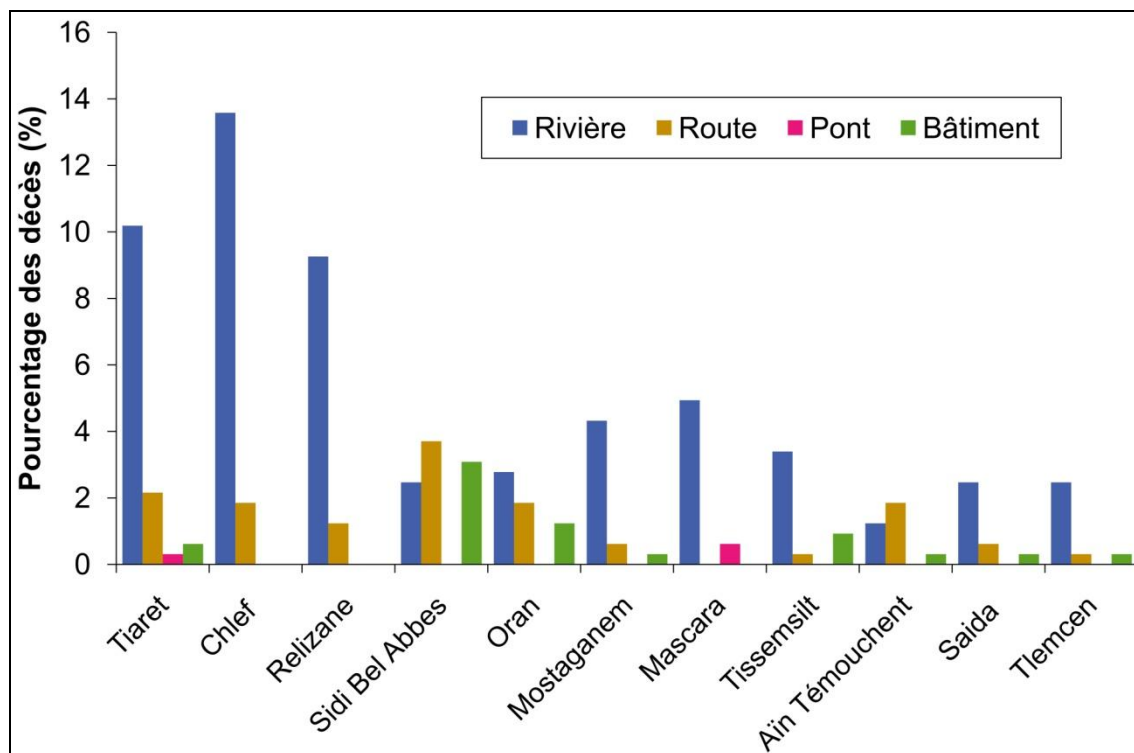


Figure 42: Lieux des décès répartis par wilayas

Conclusion

L'ouest algérien se caractérise par la prédominance des crues torrentielles générant un nombre élevé de décès. L'analyse effectuée dans ce chapitre montre que le plus grand nombre de décès est constaté à Tiaret (75 soit 23,15%) et à Chlef (52 soit 16,05%). Ces villes sont généralement localisées dans des zones plates ou dans des sites traversés par de grands oueds. La distribution annuelle des décès était irrégulière, plus élevée sur certaines années en raison d'inondations majeures, et moins importante, notamment après 2001. Cette diminution du taux de mortalité peut être attribuée à la prise en compte de la problématique environnementale dans les instruments d'urbanisme, ainsi qu'à la vigilance de la population.

Le profil des victimes montre la surreprésentation des hommes dans les décès que chez les femmes, ce qui signifie que la perception du risque est plus élevée chez les femmes que chez les hommes. Les enfants et les personnes âgées sont plus vulnérables que les autres tranches d'âge, ce qui est lié à l'incapacité physique pour ces catégories.

Le pourcentage élevé de décès causés par la noyade chez les personnes à pied était très significatif, ceci est attribué à leur comportement dangereux, ce que Boissier (2013) surnomme «**vulnérabilité active**» où la victime est en grande partie responsable de son décès par ses choix et ses actions.

Conclusion générale

L'ouest Algérien subi de plus en plus les conséquences des inondations, il est probable qu'il y'aura de plus en plus de défis à relever à mesure que la population augmente et que les impacts de changements climatique sont plus évidents. Cependant, les approches de vulnérabilité offrent non seulement de nouvelles façons de conceptualiser le problème de la gestion du risque d'inondation mais aussi préconiser des solutions afin de mieux anticiper les actions à mener dans les zones inondables et de faire de la réduction de la vulnérabilité une priorité.

Notre zone d'étude correspond à un vaste territoire comportant plusieurs zones inondables où des événements mortels se sont produits par le passé. Les données utilisées sont collectées des sources disponibles. Ce qui a permis de collecter des données détaillées sur 52 inondations mortelles et sur 324 décès pendant une période de 53 ans de 1966 j'jusqu'à 2019.

L'approche méthodologique été basée sur la collecte systématique de toutes les informations disponibles sur les événements mortels qu'a connue la région ainsi que le détail sur le profil des victimes. Ces informations ont été classées dans une base de données constituée à l'origine de deux sous bases : la première concerne les événements mortels et la deuxième concerne le profil des victimes. L'ensemble est détaillé suivant quatre catégories (l'espace, temps, caractéristique des victimes et circonstance de l'incident).

Comme support et outils d'élaboration de cette méthodologie, on a eu recours à l'analyse des rapports de presse de l'époque ainsi que les travaux scientifiques similaires à notre étude, sans oublier les rapports techniques et les supports cartographiques.

En ce qui concerne la typologie des inondations, l'ouest de l'Algérie est caractérisé par les crues soudaines. Ces dernières ont été responsables de la majorité des événements mortels et des décès avec 73,08% et 69,75% respectivement. Cela reflète la spécificité de la région, qui se caractérise par la dominance des crues éclair, généralement causées par des pluies intenses qui génèrent des événements désastreux, notamment en période automnale (Meddi and Toumi 2015; Llasat et al. 2016; Sardou et al. 2016). Au cours des dernières décennies, les inondations en secteur urbain sont devenues plus fréquentes, causant plus de 3 % des décès.

Cette tendance est probablement liée à l'expansion urbaine incontrôlée et au manque d'entretien des systèmes de drainage des eaux de pluie.

La distribution annuelle des événements mortels dans l'ouest de l'Algérie a montré une augmentation des événements, suivant ainsi la tendance mondiale qui a connu une augmentation liée principalement au changement climatique (Hirabayashi et al. 2013; Arnell and Gosling 2016). Le nombre de sites exposés aux inondations a également augmenté, surtout au cours des deux dernières décennies, ce qui pourrait être attribué à la densité de la population et aux activités économiques dans le nord de l'Algérie, ainsi qu'à la dégradation de l'environnement. L'occurrence des inondations mortelles a été nulle certaines années comme 1973-1985 et 2002-2005, ce qui est dû à la diminution significative des pluies (Hirabayashi et al. 2013; Meddi and Talia 2013; Megnounif et al. 2013; Meddi and Toumi 2015; Arnell and Gosling 2016). Le nombre de décès a varié de 1 à 73 par an, avec une moyenne annuelle de 6,11. Le nombre de décès était élevé durant certaines années, en particulier durant 1966, 1967, 1993, 1994 et 2001, où les événements mortels ont causé 198 victimes sur les 324 décès enregistrés durant la période considérée. La tendance générale des décès causés par les inondations a diminué dans la zone d'étude, en particulier après 2001. La cause principale pouvant être liée à l'absence d'inondations à forte intensité depuis le début du 21^{ème} siècle.

Pour la répartition saisonnière, cette étude met en évidence une variabilité importante de la fréquence des décès et des inondations mortelles, où la majorité des taux sont enregistrés durant l'automne avec respectivement 67,28% et 50%. Cette tendance peut être expliquée par la spécificité des régions semi-arides, comme l'ouest Algérien, qui se caractérise par des épisodes de pluies intenses se produisant généralement en moins de 24 heures dans des bassins modérés. Cela provoque des inondations avec des dégâts importants et des pertes en vies humaines (Ghenim and Megnounif 2016; Yamani et al. 2016). Cette tendance peut également s'expliquer par la montée rapide des cours d'eau non permanentes, ainsi que par l'augmentation du transport de sédiments liés au taux d'érosion élevé après une saison sèche (Achite and Ouillon 2007; Megnounif et al. 2007, 2013). Le pourcentage élevé de décès (41,67%) et d'inondations mortelles (21,15%) en octobre peut être lié à la fréquence des précipitations journalières annuelles maximales observées au cours de ce mois (Ghenim and Megnounif 2016). A l'échelle régionale, la saisonnalité des décès et des inondations mortelles est similaire à la tendance méditerranéenne (Diakakis 2017; Pereira et al. 2017; Petrucci et al. 2019).

Le nombre de décès était élevé pendant les heures de jour (52,7%) malgré l'occurrence d'événements mortels qui était élevée pendant la nuit (65%), ce qui peut être attribué à la grande vulnérabilité des personnes pendant les activités et les déplacements. Selon plusieurs études, la vulnérabilité des personnes augmente en allant vers leurs activités quotidiennes ou pendant le retour, surtout si elles traversent des routes inondées (Coates 1999; Ruin et al. 2009; Vinet et al. 2012; Petrucci et al. 2019).

Concernant la distribution spatiale des décès et de la récurrence des événements mortels, les résultats montrent une certaine hétérogénéité sur le territoire. Selon les unités géomorphologiques, une concentration significative a été observée dans les zones plates et les sites traversés par de grands cours d'eau ou par leurs affluents. Les plaines littorales et sublittorales ont enregistré le plus grand nombre de décès, suivies par les zones montagneuses et les bassins intérieurs, tandis que les régions steppiques ont enregistré le taux le plus faible. Du point de vue administratif, sur les 393 communes de la zone d'étude, plus de 93 communes ont enregistré des décès des inondations. Il convient de noter que le nombre de décès correspond exactement aux communes à forte densité de population. Par ailleurs, à l'échelle de wilaya la concentration du nombre de décès ne dépend pas seulement de la densité de la population mais dépend de d'autres facteurs tels que le type d'inondation, et les caractéristiques géographiques des régions.

La comparaison de la récurrence des inondations mortelles et de la fréquence des décès montre l'influence des inondations intenses à faible récurrence sur la distribution spatiale des décès surtout à l'échelle des communes. En comparant les communes de la wilaya de Chlef et celles de Tissemsilt (Fig. 43), on peut déduire qu'à l'échelle de wilaya le taux de récurrence d'événements mortels est presque égale, même si la fréquence de décès est différente (plus importante à Chlef qu'à Tissemsilt). Par contre, à l'échelle communale, les communes de Tissemsilt connaissent une récurrence des événements mortels plus importante que celle de Chlef, ceci n'a pas empêché que les communes de Chlef enregistrent une fréquence importante de décès avec parfois seulement un seul événement comme celui du 06 octobre 1966 qui a fait 67 victimes. Néanmoins les gestionnaires du risque au niveau de chaque wilaya devront prendre en charge les futurs épisodes d'inondation.

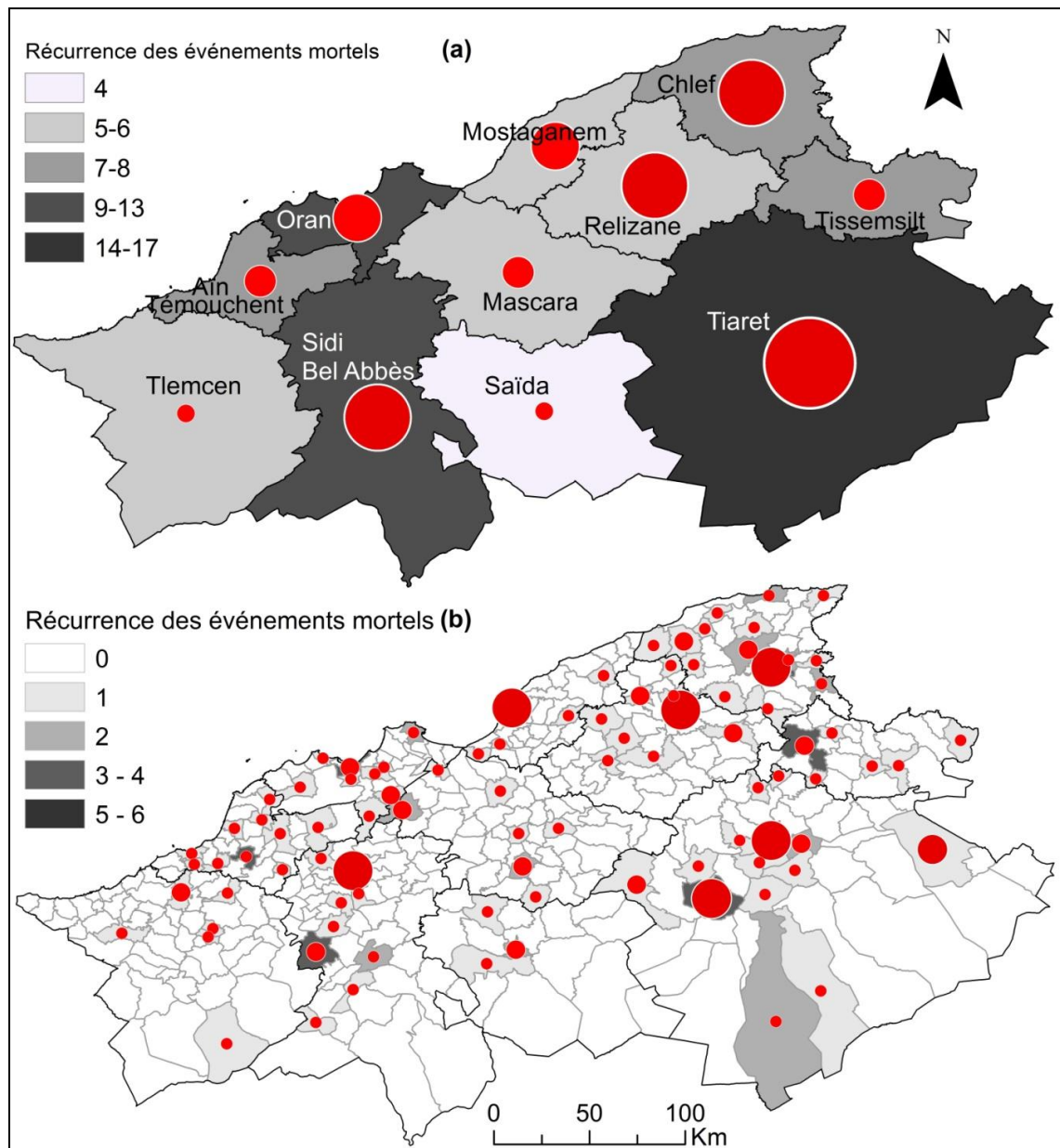


Figure 43: Récurrence des crues et fréquence des décès par (a) wilaya et par (b) commune

Il est important aussi de savoir que la répartition spatiale des inondations mortelles et des décès peut dépendre des éléments suivants:

- L'intensité des précipitations qui augmente du sud au nord et devient importante sur les plaines littorales et les montagnes environnantes, provoquant des inondations dévastatrices (Megnounif et al. 2007; Meddi and Toumi 2015; Elmeddahi et al. 2016; Sardou et al. 2016, 2018);
- La proximité des zones urbaines aux grands oueds et leurs affluents, qui se caractérisent par un haut débit volumétrique, un temps de monté rapide et une grande vitesse de transport des sédiments en raison des taux d'érosions élevés, en particulier lors des crues

d'automne (Achite and Ouillon 2007; El Mahi et al. 2012; Meddi and Talia 2013; Megnounif et al. 2007, 2013; Atallah et al. 2016, 2018);

- La morphologie des oueds qui se caractérise par la présence des méandres et les rétrécissements des tronçons à certains endroits en raison du dépôt de sédiments et de la couverture végétale, ce qui favorise les débordements en cas de crue (Atallah et al. 2016, 2018) ; sans oublier la topographie et la géomorphologie du bassin versant.

- Le mauvais drainage naturel des eaux et la topographie favorable aux inondations dans les plaines littorales et sublittorales ainsi que dans les bassins intérieurs (Sardou et al. 2016);

- La forte densité de population dans les plaines littorales et sublittorales, ainsi que dans les zones urbaines situées dans les bassins intérieurs (Ghodbani and Berrahi-Midoun 2013).

- L'urbanisation anarchique et l'implantation d'activités dans les zones inondables: les zones urbanisées sont caractérisées par des sols imperméables dont l'écoulement se concentrent en surface, s'ajoute à ce phénomène la concentration de population et l'accumulation des biens dans les zones inondables, ceci augmente le risque d'inondation par accroissement des enjeux, et favorise l'augmentation des vulnérabilités (Bachi 2011).

En ce qui concerne le sexe des victimes, le nombre de décès causés par les inondations était plus élevé chez les hommes (57,58%), contrairement au nombre légèrement inférieur chez les femmes (42,42%), pour toutes les catégories d'âge à l'exception de la tranche d'âge 0-9 ans. Cette vulnérabilité peut s'expliquer par une perception du risque plus élevée chez les femmes que chez les hommes (Badoux et al. 2016), ce qui conduit probablement à un comportement de prise de risque chez les hommes lors des inondations (FitzGerald et al. 2010; Badoux et al. 2016; Diakakis and Deligiannakis 2017). Cette tendance à la vulnérabilité est presque commune à tous les pays (Coates 1999; Jonkman and Kelman 2005; Ashley and Ashley 2008; Sharif et al. 2015; Badoux et al. 2016; Pereira et al. 2016; Diakakis and Deligiannakis 2017; Salvati et al. 2018; Petrucci et al. 2019). L'analyse des décès causés par les inondations par groupes d'âge des victimes par rapport à la proportion de la population a montré un nombre élevé de décès chez les jeunes de moins de 19 ans (51,43 % contre 37,59 %), qui augmente chez les personnes de plus de 50 ans, en particulier chez les individus de plus de 70 ans (20 % contre 14,2 %). La plus grande vulnérabilité aux inondations pour ces catégories d'âge concorde aux résultats des travaux de recherche précédente, et est attribuée à leur incapacité physique à se sauver lors des inondations (Coates 1999; Jonkman et al. 2009; FitzGerald et al. 2010; Diakakis and Deligiannakis 2017).

La noyade représente la principale cause de décès liés aux inondations (79,94%), suivie par les traumatismes physiques (11,73%), l'hypothermie (6,48%) et l'électrocution. La majorité des incidents se sont produits à l'extérieur (72,84%), notamment le long des oueds (59,24%). La majorité des victimes étaient à pied lors des incidents (83,33%), et la marche était l'activité la plus courante (29,32%), tandis que le pourcentage de décédés utilisant des véhicules atteignait 16,67%. Comparés aux résultats de la littérature, ces pourcentages montrent des similitudes en termes de causes de décès (Jonkman and Kelman 2005; Jonkman and Vrijling 2008; Diakakis and Deligiannakis 2017). Cependant, la fréquence des décès par lieu et par activité dans le nord-ouest de l'Algérie est différente de celle des autres pays qui ont enregistré un nombre élevé de décès sur les routes.

En conclusion, les résultats obtenus pourraient contribuer à combler le manque de données relatives aux décès causés par les inondations en Algérie. Le contexte général de l'occurrence des inondations mortelles et de la fréquence des décès a été examiné, ainsi qu'un aperçu des caractéristiques des victimes et des circonstances des incidents. Les résultats sont en accord avec la vulnérabilité de l'ouest Algérien et peuvent être utilisés pour aider les décideurs à planifier et à mettre en œuvre des mesures de prévention et de protection pour sauver des vies. Ces mesures doivent être basées sur la sensibilisation de la population vulnérable, en prenant en compte les mesures de réduction du risque dans la conception des bâtiments et des infrastructures routières ainsi que l'élaboration des plans urbains spécifiques aux zones à haut risque.

Dans une perspective de mieux cerner le comportement humain lors des catastrophes naturelles certains indicateurs ont été abordés sans être détaillés par manque de temps et de moyens. Néanmoins, la base de données élaborée et l'approche de vulnérabilité adoptée, peuvent être perfectionnées afin d'être appliqués ou adaptées dans d'autres régions du pays et même elle peuvent être incluses dans la base de donnée méditerranéenne (Petrucci et al. 2019).

Sachant que notre recherche s'engage dans un domaine peu parcourue, il représente également un premier pas vers des enquêtes plus approfondies sur les pertes de vie suite aux inondations, afin d'évaluer correctement le risque d'inondation en Algérie.

Bibliographie

- Achite M, Ouillon S (2007) Suspended sediment transport in a semiarid watershed, Wadi Abd, Algeria (1973-1995). *J Hydrol* 343:187–202. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.06.026>
- Adger WN (2006) Vulnerability. *Glob Environ Chang* 16:268–281. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>
- Argence S (2008) Prévisibilité de précipitations intenses en Méditerranée: impact des conditions initiales et application aux inondations d'Alger de novembre 2001. Thèse de doctorat. Université de Toulouse. 160 pages
- Arnell NW, Gosling SN (2016) The impacts of climate change on river flood risk at the global scale. *Clim Change* 134:387–401. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1084-5>
- Ashley ST, Ashley WS (2008) Flood fatalities in the United States. *J Appl Meteorol Climatol* 47:805–818. <https://doi.org/10.1175/2007JAMC1611.1>
- Ashraf LM, Iftikhar M AI and, HZ Y (2017) Understanding Flood Risk Management in Asia: Concepts and Challenges. In: IntechOpen. p p 177-203. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.69>
- Atallah M, Hazzab A, Seddini A, et al (2016) Hydraulic flood routing in an ephemeral channel: Wadi Mekerra, Algeria. *Model Earth Syst Environ* 2:1–12. <https://doi.org/10.1007/s40808-016-0237-0>
- Atallah M, Hazzab A, Seddini A, et al (2018) Inundation maps for extreme flood events: Case study of Sidi Bel Abbes city, Algeria. *J Water L Dev* 37:19–27. <https://doi.org/10.2478/jwld-2018-0021>
- Bachi M (2011) Problématique du risque inondation en milieu urbain ; cas de l'agglomération de Sidi Bel Abbès. Mémoire de Magister. Université de Tlemcen. 128 pages
- Badoux A, Andres N, Techel F, Hegg C (2016) Natural hazard fatalities in Switzerland from 1946 to 2015. *Nat Hazards Earth Syst Sci* 16:2747–2768. <https://doi.org/10.5194/nhess-16-2747-2016>
- Balica S, Wright NG (2010) Reducing the complexity of the flood vulnerability index. *Environ Hazards* 9:321–339. <https://doi.org/10.3763/ehaz.2010.0043>
- Balica SF, Douben N, Wright NG (2009) Flood vulnerability indices at varying spatial scales.

- Water Sci Technol 60:2571–2580. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.183>
- Barroca B, Hubert G, Diab Y, et al (2007) Vulnérabilité: une clé de lecture du risque inondation. 17èmes Journées Sci l'Environnement le Citoyen, la V l'Environnement, 23-24 mai 2006, Collect HAL Arch Ouvert
- Becerra S (2012) Vulnérabilité, risques et environnement: l'itinéraire chaotique d'un paradigme sociologique contemporain. VertigO, 12(1) <https://id.erudit.org/iderudit/1015096ar>
- Becker JS, Taylor HL, Doody BJ, et al (2015) A review of people's behavior in and around floodwater. Weather Clim Soc 7:321–332. <https://doi.org/10.1175/WCAS-D-14-00030.1>
- Birkmann J (2007) Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications. Environ Hazards 7:20–31. <https://doi.org/10.1016/j.envhaz.2007.04.002>
- 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. Thèse de doctorat. Université Paul Valéry-Montpellier 3. 216 pages
- Borden KA, Cutter SL (2008) Spatial patterns of natural hazards mortality in the United States. Int J Health Geogr 7:1–13. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-7-64>
- Boudou M (2016) Approche multidisciplinaire pour la caractérisation d ' inondations remarquables : enseignements tirés de neuf évènements en France. Thèse de doctorat. Université Paul Valéry – Montpellier III. 464 pages
- Bourenane H, Bouhadad Y, Guettouche MS (2019) Flood hazard mapping in urban area using the hydrogeomorphological approach: case study of the Boumerzoug and Rhmel alluvial plains (Constantine city, NE Algeria). J African Earth Sci 160:103602. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2019.103602>
- Brázdil R, Chroma K, Dolak L, et al (2021) Fatalities associated with the severe weather conditions in the Czech Republic, 2000-2019. Nat Hazards Earth Syst Sci 21:1355–1382. <https://doi.org/10.5194/nhess-21-1355-2021>
- Cardona OD, Van Aalst MK, Birkmann J, et al (2012) Determinants of risk: Exposure and vulnerability. Manag Risks Extrem Events Disasters to Adv Clim Chang Adapt Spec Rep Intergov Panel Clim Chang 9781107025:65–108. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139177245.005>

- Coates L (1999) Flood fatalities in Australia, 1788-1996. *Aust Geogr* 30:391–408. <https://doi.org/10.1080/00049189993657>
- Cortès M, Turco M, Ward P, et al (2019) Changes in flood damage with global warming on the eastern coast of Spain. *Nat Hazards Earth Syst Sci* 19:2855–2877. <https://doi.org/10.5194/nhess-19-2855-2019>
- Cutter SL (1996) Vulnerability to environmental hazards. *Prog Hum Geogr* 20:529–539. <https://doi.org/10.1177/030913259602000407>
- Cutter SL, Boruff BJ, Shirley WL (2003) Social vulnerability to environmental hazards. *Soc Sci Q* 84:242–261. <https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>
- Cutter SL, Emrich CT (2006) Moral Hazard, Social Catastrophe: The Changing Face of Vulnerability along the Hurricane Coasts. *Ann Am Acad Pol Soc Sci* 604:102–112. <https://doi.org/10.1177/0002716205285515>
- D’Ercole (1998) Approches de la vulnérabilité et perspectives pour une meilleure logique de réduction des risques. *Pangea infos, Société Géologique Fr* 20–28
- D’Ercole R, Dollfus O, Gupta A, et al (1995) Croissance urbaine et risques naturels : présentation introductive. *Bull l’Association géographes français Présentation* 4:311–338
- Dauphiné (2013) Risques et catastrophes. Observer, spatialiser, comprendre, gérer. 416. <https://doi.org/0.3917/arco.dauph.2013.01>
- Defossez S, Vinet F, Leone F, et al (2018) Diagnostiquer la vulnérabilité face aux inondations : progrès et limites. *Inondations 1 : la connaissance du risque*. hal-03171204
- Diakakis M (2017) Flood seasonality in Greece and its comparison to seasonal distribution of flooding in selected areas across southern Europe. *J Flood Risk Manag* 10:30–41. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12139>
- Diakakis M (2016) Have flood mortality qualitative characteristics changed during the last decades? The case study of Greece. *Environ Hazards* 15:148–159. <https://doi.org/10.1080/17477891.2016.1147412>
- Diakakis M, Deligiannakis G (2017) Flood fatalities in Greece: 1970–2010. *J Flood Risk Manag* 10:115–123. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12166>
- Diakakis M, Deligiannakis G (2013) Vehicle-related flood fatalities in Greece. *Environ Hazards* 12:278–290. <https://doi.org/10.1080/17477891.2013.832651>

- Diakakis M, Deligiannakis G, Andreadakis E, et al (2020) How different surrounding environments influence the characteristics of flash flood-mortality: The case of the 2017 extreme flood in Mandra, Greece. *J Flood Risk Manag* 1–16. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12613>
- Ducrocq V, Braud I, Davolio S, et al (2014) HyMeX-SOP1: The field campaign dedicated to heavy precipitation and flash flooding in the northwestern mediterranean. *Bull Am Meteorol Soc* 95:1083–1100. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00244.1>
- El Mahi A, Meddi M, Bravard JP (2012) Analyse du transport solide en suspension dans le bassin versant de l'Oued El Hammam (Algérie du Nord). *Hydrol Sci J* 57:1642–1661. <https://doi.org/10.1080/02626667.2012.717700>
- Elmeddahi Y, Mahmoudi H, Issaadi A, et al (2016) Evaluating the effects of climate change and variability on water resources: A case study of the Cheliff basin in Algeria. *Am J Eng Appl Sci* 9:835–845. <https://doi.org/10.3844/ajeassp.2016.835.845>
- Fitzgerald G, Du W, Jamal A, et al (2010) Flood fatalities in contemporary Australia (1997-2008): Disaster medicine. *EMA - Emerg Med Australas* 22:180–186. <https://doi.org/10.1111/j.1742-6723.2010.01284.x>
- FitzGerald G, Du W, Jamal A, et al (2010) Flood fatalities in contemporary Australia (1997-2008). *EMA - Emerg Med Australas* 22:180–186. <https://doi.org/10.1111/j.1742-6723.2010.01284.x>
- Gaume E, Bain V, Bernardara P, et al (2009) A compilation of data on European flash floods. *J Hydrol* 367:70–78. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.12.028>
- Gaume E, Borga M, Llassat MC, et al (2016) Mediterranean extreme floods and flash floods. Into Hydro-meteorological extremes. In: IRD (ed) *The Mediterranean Region under Climate Change*, A Sci. Upd. AllEnvi, Marseille, pp 133–144
- Ghenim AN, Megnounif A (2016) Variability and Trend of Annual Maximum Daily Rainfall in Northern Algeria. *Int J Geophys*. <https://doi.org/10.1155/2016/6820397>
- Ghodbani T, Berrahi-Midoun F (2013) La littoralisation dans l'Ouest algérien: Analyse multiscalaire des interactions hommes-espaces-écosystèmes. *Espace-Populations-Societes*. <https://doi.org/http://journals.openedition.org/eps/5488>. Accessed 11 November 2020
- Granda A (2014) Critique et analyse des bases de données sur les catastrophes naturelles pour

- la caractérisation des événements hydro-météorologiques a forts impacts socio-économiques. Université Joseph Fourier, Institut de Géographie Alpine. Mémoire de Master. 55 pages
- Grimalt-Gelabert M, Rosselló-Geli J, Bauzá-Llinàs J (2020) Flood related mortality in a touristic island: Mallorca (Balearic Islands) 1960–2018. *J Flood Risk Manag* 13:1–13. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12644>
- Guha-Sapir D, Hoyois P BR (2014) Annual disaster statistical review: Numbers and trends 2013. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). http://www.cred.be/sites/default/files/ADSR_2013.pdf
- Guzzetti F, Stark CP, Salvati P (2005) Evaluation of flood and landslide risk to the population of Italy. *Environ Manage* 36:15–36. <https://doi.org/10.1007/s00267-003-0257-1>
- Hirabayashi Y, Mahendran R, Koirala S, et al (2013) Global flood risk under climate change. *Nat Clim Chang* 3:816–821. <https://doi.org/10.1038/nclimate1911>
- Holand IS, Lujala P, Rod JK (2011) Social vulnerability assessment for Norway: A quantitative approach. *Nor Geogr Tidsskr* 65:1–17. <https://doi.org/10.1080/00291951.2010.550167>
- Hu P, Zhang Q, Shi P, et al (2018) Flood-induced mortality across the globe: Spatiotemporal pattern and influencing factors. *Sci Total Environ* 643:171–182. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.197>
- Hufschmidt G (2011) A comparative analysis of several vulnerability concepts. *Nat Hazards* 58:621–643. <https://doi.org/10.1007/s11069-011-9823-7>
- Jonkman SN (2005) Global perspectives on loss of human life caused by floods. *Nat Hazards* 34:151–175. <https://doi.org/10.1007/s11069-004-8891-3>
- Jonkman SN, Kelman I (2005) An analysis of the causes and circumstances of flood disaster deaths. *Disasters* 29:75–97. <https://doi.org/10.1111/j.0361-3666.2005.00275.x>
- Jonkman SN, Maaskant B, Boyd E, Levitan ML (2009) Loss of life caused by the flooding of New Orleans after hurricane Katrina: Analysis of the relationship between flood characteristics and mortality. *Risk Anal* 29:676–698. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2008.01190.x>
- Jonkman SN, Vrijling JK (2008) Loss of life due to floods. *J Flood Risk Manag* 1:43–56. <https://doi.org/10.1111/j.1753-318x.2008.00006.x>

- Kastali A, Zeroual A, Remaoun M, et al (2021) Design Flood and Flood-Prone Areas under Rating Curve Uncertainty: Area of Vieux-Ténès, Algeria. *J Hydrol Eng* 26:5020054. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)he.1943-5584.0002049](https://doi.org/10.1061/(asce)he.1943-5584.0002049)
- Korichi K, Hazzab A, Atallah M (2016) Flash floods risk analysis in ephemeral streams: a case study on Wadi Mekerra (northwestern Algeria). *Arab J Geosci* 9:589. <https://doi.org/10.1007/s12517-016-2624-2>
- Leal M, Ramos C, Pereira S (2018) Different types of flooding lead to different human and material damages: The case of the Lisbon metropolitan area. *Nat Hazards* 91:735–758. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-3153-3>
- Léone F, Vinet F (2006) La Vulnérabilité, Un Concept Fondamental Au Coeur Des Méthodes D'Évaluation Des Risques Naturels. La vulnérabilité des sociétés des Territ face aux menaces *Nat Anal géographiques–Géorisques*, (1), 9-25
- Llasat MC, Llasat-Botija M, Prat MA, et al (2010) High-impact floods and flash floods in Mediterranean countries: The FLASH preliminary database. *Adv Geosci* 23:47–55. <https://doi.org/10.5194/adgeo-23-47-2010>
- Llasat MC, Marcos R, Turco M, et al (2016) Trends in flash flood events versus convective precipitation in the Mediterranean region: The case of Catalonia. *J Hydrol* 541:24–37. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.05.040>
- Machane D, Bouhadad Y, Cheikhounis G, et al (2008) Examples of geomorphologic and geological hazards in Algeria. *Nat Hazards* 45:295–308. <https://doi.org/10.1007/s11069-007-9167-5>
- Maref N, Seddini A (2018) Modeling of flood generation in semi-arid catchment using a spatially distributed model: case of study Wadi Mekerra catchment (Northwest Algeria). *Arab J Geosci* 11:116. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3461-2>
- Marzocchi W, Garcia-Aristizabal A, Gasparini P, et al (2012) Basic principles of multi-risk assessment: A case study in Italy. *Nat Hazards* 62:551–573. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0092-x>
- Maurel P, Raclot D, Puech C (2003) Apports de la télédétection à très haute résolution spatiale à l'étude du risque d'inondation
- Meddi H, Meddi M (2009) Variabilité des précipitations annuelles du Nord-Ouest de l'Algérie. *Sécheresse* 20 57-65

- Meddi M, Talia A (2013) Runoff evolution in Macta basin (Northwest of Algeria). *Arab J Geosci* 6:35–41. <https://doi.org/10.1007/s12517-011-0318-3>
- Meddi M, Toumi S (2015) Spatial variability and cartography of maximum annual daily rainfall under different return periods in Northern Algeria. *J Mt Sci* 12:1403–1421. <https://doi.org/10.1007/s11629-014-3084-3>
- Meddi M, Toumi S, Assani AA (2017) Application of the L-moments approach to the analysis of regional flood frequency in Northern Algeria. *Int J Hydrol Sci Technol* 7:77–102. <https://doi.org/10.1504/IJHST.2017.080959>
- Megnounif A, Terfous A, Ghenaim A, Poulet JB (2007) Key processes influencing erosion and sediment transport in a semi-arid Mediterranean area: The Upper Tafna catchment, Algeria. *Hydrol Sci J* 52:1271–1284. <https://doi.org/10.1623/hysj.52.6.1271>
- Megnounif A, Terfous A, Ouillon S (2013) A graphical method to study suspended sediment dynamics during flood events in the Wadi Sebdou, NW Algeria (1973-2004). *J Hydrol* 497:24–36. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.05.029>
- Nasiri H, Mohd Yusof MJ, Mohammad Ali TA (2016) An overview to flood vulnerability assessment methods. *Sustain Water Resour Manag* 2:331–336. <https://doi.org/10.1007/s40899-016-0051-x>
- Office National des Statistiques (2008) Rapport du 5ème Recensement Général de la Population et de l’Habitat. Off. Natl. des Stat. (ONS), Algérie
- Papagiannaki K, Lagouvardos K, Kotroni V (2013) A database of high-impact weather events in Greece: A descriptive impact analysis for the period 2001-2011. *Nat Hazards Earth Syst Sci* 13:727–736. <https://doi.org/10.5194/nhess-13-727-2013>
- Paulikas MJ, Rahman MK (2015) A temporal assessment of flooding fatalities in Pakistan (1950-2012). *J Flood Risk Manag* 8:62–70. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12084>
- Pereira S, Diakakis M, Deligiannakis G, Zêzere JL (2017) Comparing flood mortality in Portugal and Greece (Western and Eastern Mediterranean). *Int J Disaster Risk Reduct* 22:147–157. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.03.007>
- Pereira S, Zêzere JL, Quaresma I, et al (2016) Mortality Patterns of Hydro-Geomorphologic Disasters. *Risk Anal* 36:1188–1210. <https://doi.org/10.1111/risa.12516>
- Petrucci O, Papagiannaki K, Aceto L, et al (2019) MEFF: The database of Mediterranean Flood Fatalities (1980 to 2015). *J Flood Risk Manag* 12:1–17.

- <https://doi.org/10.1111/jfr3.12461>
- Price C, Yair Y, Mugnai A, et al (2011) Using Lightning Data to Better Understand and Predict Flash Floods in the Mediterranean. *Surv Geophys* 32:733–751. <https://doi.org/10.1007/s10712-011-9146-y>
- Provitolo D (2007) Vulnérabilité aux inondations méditerranéennes en milieu urbain : une nouvelle démarche géographique. *Ann Geogr* 653:23. <https://doi.org/10.3917/ag.653.0023>
- Rebora N, Molini L, Casella E, et al (2013) Extreme rainfall in the mediterranean: What can we learn from observations. *J Hydrometeorol* 14:906–922. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-12-083.1>
- Ruin I (2007) Conduite à contre-courant. Les pratiques de mobilité dans le Gard: facteur de vulnérabilité aux crues rapides. Université Grenoble 1- Joseph Fourier. Thèse de doctorat. 363 pages
- Ruin I, Creutin J-D, Anquetin S, et al (2009) Human vulnerability to flash floods: Addressing physical exposure and behavioral questions. In: Samuels P, Huntington S, Allsop W HJ (ed) *Flood Risk Management: Research and Practice*. Taylor and Francis, London, pp 1005–1012
- Ruin I, Creutin JD, Anquetin S, Lutoff C (2008) Human exposure to flash floods - Relation between flood parameters and human vulnerability during a storm of September 2002 in Southern France. *J Hydrol* 361:199–213. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.07.044>
- Salomon J-N (1997) *L’homme face aux crues et aux inondations*. Presses Universitaires De Bordeaux. France, 140 pages
- Salvati P, Petrucci O, Rossi M, et al (2018) Gender, age and circumstances analysis of flood and landslide fatalities in Italy. *Sci Total Environ* 610–611:867–879. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.064>
- Sardou M (2011) Contribution à l’évaluation du risque d’inondation dans la ville de Lardjem. Mémoire de magister. Université de Mostaganem
- Sardou M, Maouche S, Missoum H (2016) Compilation of historical floods catalog of northwestern Algeria: first step towards an atlas of extreme floods. *Arab J Geosci* 9:455. <https://doi.org/10.1007/s12517-016-2490-y>
- Sardou M, Maouche S, Sabeur B, Missoum H (2018) The November 26 and 27, 1927

- devastating flood event (NW Algeria): characterization and reconstruction using historical data. *Arab J Geosci* 11:229. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3590-7>
- Shabanikiya H, Seyedin H, Haghani H, Ebrahimian A (2014) Behavior of crossing flood on foot, associated risk factors and estimating a predictive model. *Nat Hazards* 73:1119–1126. <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1124-5>
- Sharif HO, Jackson TL, Hossain MM, Zane D (2015) Analysis of flood fatalities in Texas. *Nat Hazards Rev* 16:1–8. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)NH.1527-6996.0000145](https://doi.org/10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000145)
- Singh O, Kumar M (2013) Flood events, fatalities and damages in India from 1978 to 2006. *Nat Hazards* 69:1815–1834. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0781-0>
- Solangaarachchi D, Griffin AL, Doherty MD (2012) Social vulnerability in the context of bushfire risk at the urban-bush interface in Sydney: A case study of the Blue Mountains and Ku-ring-gai local council areas. *Nat Hazards* 64:1873–1898. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0334-y>
- Špitalar M, Brilly M, Kos D, Žiberna A (2020) Analysis of Flood Fatalities – Slovenian Illustration. *Water* 12:1–14. <https://doi.org/doi:10.3390/w12010064>
- Špitalar M, Gourley JJ, Lutoff C, et al (2014) Analysis of flash flood parameters and human impacts in the US from 2006 to 2012. *J Hydrol* 519:863–870. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.07.004>
- Tahar S (2013) Impact des inondations sur l'espace urbain le cas de la wilaya Sidi Bel Abbas. Mémoire de magister. Université d'Oran
- Tapsell S, McCarthy S, Faulkner H AM (2010) Social vulnerability to natural hazards. Rapport, Flood Hazard Research Centre (FHRC), Middlesex University, London, 93 pages
- Tarolli P, Borga M, Morin E, Delrieu G (2012) Analysis of flash flood regimes in the North-Western and South-Eastern Mediterranean regions. *Nat Hazards Earth Syst Sci* 12:1255–1265. <https://doi.org/10.5194/nhess-12-1255-2012>
- Terti G, Ruin I, Anquetin S, Gourley JJ (2017) A situation-based analysis of flash flood fatalities in the United States. *Bull Am Meteorol Soc* 98:333–345. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-15-00276.1>
- Veyret Y, Laganier R (2013) Atlas des risques en France: Prévenir les catastrophes naturelles et technologiques. Éditions Autrement. France, 22 pages

- Vinet F (2010) Le risque inondation. Diagnostic et gestion. *Norois* 74–76. <https://doi.org/10.4000/norois.3575>
- 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*. <https://doi.org/10.4000/vertigo.11074>
- Vinet F, Boissier L, Saint-Martin C (2016) Flashflood-related mortality in southern France: First results from a new database. *E3S Web Conf* 7:. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20160706001>
- Vinet F, Lumbroso D, Defossez S, Boissier L (2012) A comparative analysis of the loss of life during two recent floods in France: The sea surge caused by the storm Xynthia and the flash flood in Var. *Nat Hazards* 61:1179–1201. <https://doi.org/10.1007/s11069-011-9975-5>
- Wisner B, Blaikie P, Cannon T, Davis I (2003) *At Risk : natural hazards , people ' s vulnerability and disasters*. Routledge and CRC Press, second edition. 496 p
- Wisner B, Blaikie P, Cannon T, Davis I (2014) *At Risk : natural hazards , people ' s vulnerability and disasters*. Routledge and CRC Press, second edition. 496 p
- Yahiaoui A (2012) *Inondations Torrentielles: Cartographie des Zones Vulnérables en Algérie du Nord, Cas de l'oued Mekerra, Wilaya de Sidi Bel Abbès*. Thèse de doctorat. Ecole Nationale Polytechnique d'Alge
- Yamani K, Hazzab A, Sekkoum M, Toumi S (2016) Mapping of vulnerability of flooded area in arid region. Case study: area of Ghardaïa-Algeria. *Model Earth Syst Environ* 2:1–17. <https://doi.org/10.1007/s40808-016-0183-x>
- Zêzere JL, Pereira S, Tavares AO, et al (2014) DISASTER: A GIS database on hydro-geomorphologic disasters in Portugal. *Nat Hazards* 72:503–532. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-1018-y>

Journaux

- République 1966, N°.1, 088 (Oran, Algérie)
- République 1966, N°.1, 091 (Oran, Algérie)
- République 1966, N°.1, 093 (Oran, Algérie)
- République 1966, N°.1, 094(Oran, Algérie)
- République 1967, N°1, 416 (Oran, Algérie)
- République 1967, N°1,417 (Oran, Algérie)
- République 1967, N°1,422 (Oran, Algérie)
- République 1968, N°1,545 (Oran, Algérie)
- La république en arabe 1986, N°6604 (Oran, Algérie)
- Ouest tribune 1993, N°304 (Oran, Algérie)
- Soir d'Algérie 1993, N°962(Oran, Algérie)
- Soir d'Algérie 1994, N°1242(Oran, Algérie)
- Ouest tribune 1994, N°581 (Oran, Algérie)
- Ouest tribune 1994, N°581 (Oran, Algérie)
- Quotidien régional d'information 1994, N°598 (Oran, Algérie)
- L'Oranie 2000, N°270(Oran, Algérie)
- Quotidien d'Oran 2000, N°1752 (Oran, Algérie)
- L'Oranie 2000, N°279(Oran Algérie)
- Quotidien d'Oran 2000, N°1760(Oran, Algérie)
- Quotidien d'Oran 2019, N°7597(Oran, Algérie)

Annexe 1 : Chronologie des inondations meurtrières dans le nord-ouest Algérien entre 1966 et 2019

N°	Date	Lieu	Communes affectées	Wilayas affectées	Type d'inondation	Nbr de morts
1	16/09/1966	Ghriss	2	2	CT	6
2	06/10/1966	Chlef	15	8	CF	67
3	11/12/1967	Frenda	11	7	CT	41
4	11/05/1968	Zahana	3	4	CT	17
5	29/10/1969	Frenda	1	1	ISU	2
6	Autumn 1972	Rechaïga	1	1	/	10
7	04/10/1986	Telagh	1	1	ISU	2
8	30/04/1990	Sidi Bel Abbès	2	1	CF	2
9	20/10/1993	Oued Rhiou	1	1	CT	19
10	23/09/1994	Rechaïga	1	1	CT	10
11	02/10/1994	Lardjem	3	3	CT	19
12	16/10/1994	Zemmoura	3	2	CT	4
13	17/08/1997	Moulay Slissen	1	1	CT	1
14	27/09/1997	Sidi Bel Abbès	1	1	CT	1
15	13/12/1997	Sidi Bel Abbès	1	1	CF	1
16	30/09/2000	Arzew	2	2	CT	3
17	14/10/2000	Aïn Tolba	3	1	CT	5
18	22/10/2000	Dhaya	4	3	CT	5
19	10/11/2001	Taougrit	18	7	CT	32
20	06/02/2006	Mossadek	1	1	CF	1
21	17/09/2006	El Karimia	1	1	CT	1
22	18/04/2007	Moulay Slissen	1	1	CT	6
23	18/10/2007	Takhemaret	1	1	CT	5
24	08/05/2008	Tidda	2	2	CT	2
25	29/08/2008	Aïn D'heb	1	1	CT	1
26	30/09/2008	Chehaima	3	3	CT	3
27	26/10/2008	Aïn El Hadjar	3	3	CT	5
28	02/12/2008	Dahra	1	1	CT	1
29	10/12/2008	Hammam Bouhadjar	2	2	CT	2
30	28/09/2009	Tousnina	3	2	CT	3

31	27/01/2010	El Amria	1	1	CT	1
32	14/02/2010	Chlef	1	1	CT	2
33	11/02/2011	Oran	1	1	ISU	2
34	21/05/2011	Sebt	1	1	CT	1
35	23/08/2011	Maâcem	1	1	CT	1
36	30/11/2011	Sidi Chahmi	1	1	ISU	1
37	12/04/2012	Lardjem	1	1	CT	1
38	10/11/2012	Remchi	1	1	CT	5
39	01/03/2013	Sidi M'hamed Benali	1	1	CF	3
40	24/04/2013	Boutlélis	2	1	CT	3
41	09/09/2013	Amarnas	2	2	CT	2
42	02/03/2014	Tagdemt	2	1	CF	2
43	29/09/2014	Sidi Bakhti	2	1	CT	2
44	23/01/2015	Es-Sénia	2	1	CT	2
45	19/10/2015	Ras Elma	2	1	CT	2
46	16/02/2016	Oran	1	1	ISU	1
47	06/05/2016	Khemisti	1	1	CT	1
48	07/11/2016	Aïn el Turk	1	1	ISU	1
49	08/11/2016	Aïn Nouissy	2	2	ISU	3
50	22/01/2017	Oued Sebbah	1	1	CT	1
51	25/04/2018	Aïn Bouchekif	3	2	CT	8
52	03/05/2019	Tessala	1	1	CT	2

Abréviations : crue torrentielle (CT), crue fluviale (CF), inondation en secteur urbain (ISU)

Liste des figures

Figure 1: Cadre géographique de l'ouest Algérien.....	7
Figure 2: Décomposition du risque d'inondation en aléa et vulnérabilité.....	13
Figure 3: L'évolution du concept de vulnérabilité dans le temps.....	15
Figure 4: Approches d'évaluation de la vulnérabilité	17
Figure 5: Analogie du diamant (nature multiforme de la vulnérabilité).....	18
Figure 6: Nombre d'articles exploités par journal.....	32
Figure 7: Schéma de la démarche globale de l'étude	33
Figure 8: Traitement statistique des données sur Microsoft Office Excel	39
Figure 9: Nombre des événements mortels par wilaya (1966-2019).....	43
Figure 10: Schémas illustrant la genèse des crues soudaines.....	44
Figure 11: Schémas illustrant la genèse des inondations fluviales.....	45
Figure 12: Modélisation d'inondation en milieu urbain	46
Figure 13: Fréquence des événements mortels par type d'inondation.....	47
Figure 14: Répartition annuelle des événements mortels par an (1966-2019).....	48
Figure 15: Répartition annuelle des événements mortels et moyennes annuelles des précipitations journalières maximales (1966-2019)	49
Figure 16: Répartition mensuelle et saisonnière des inondations mortelles.....	50
Figure 17: Répartition des événements mortels par heure de la journée.....	51
Figure 18: Localisation des événements mortels par (a) zones naturelles, et par (b) unité administrative	52
Figure 19: Récurrence des crues mortelles par zones naturelles.....	53
Figure 20: Récurrence des événements mortels par (a) wilaya, et par (b) communes	54
Figure 21: Répartition des décès pendant l'événement du 06/10/1966.....	55
Figure 22: Répartition des décès causés par l'inondation du 11/12/1967	56
Figure 23: Photos de presse illustrant les dégâts causés par la crue soudaine du 20 octobre 1993 à Oued Rhiou.....	57
Figure 24: Répartition des décès causés par la crue du 20/10/1994.....	57

Figure 25: Répartition des décès pendant l'événement du 10/11/2001	58
Figure 26: Distribution temporelle des décès causés par les inondations (1966-2019)	64
Figure 27: Distribution temporelle des décès des inondations par wilaya (1966-2019)	66
Figure 28: Répartition annuelle des décès causés par les inondations et des précipitations journalières maximales (1966-2019)	67
Figure 29: Répartition mensuelle des décès causés par inondations	68
Figure 30: Le pourcentage de décès causés par les inondations et les précipitations saisonnières moyennes	68
Figure 31: Répartition des décès des inondations par heures de la journée	69
Figure 32: Répartition spatiale des (a) incidents mortels et des (b) décès par unité naturelle ..	71
Figure 33: Fréquence des décès des inondations par (a) wilaya et (b) commune en fonction de la densité de populations	73
Figure 34: Fréquence des décès des inondations par wilaya selon l'âge.....	76
Figure 35: Fréquence des décès d'inondation par âge et par sexe.....	77
Figure 36: Pourcentage des décès des inondations et de population selon les tranches d'âge.	78
Figure 37: Causes de décès des inondations dans l'ouest algérien.....	79
Figure 38: Les causes de décès des inondations selon les wilayas.....	79
Figure 39: Activités des victimes au moment de l'incident	80
Figure 40: Activités des victimes au moment de l'incident réparties par wilaya.....	81
Figure 41: Fréquence des décès des inondations par lieu.....	82
Figure 42: Lieux des décès répartis par wilayas.....	83
Figure 43: Récurrence des crues et fréquence des décès par (a) wilaya et par (b) commune ..	87

Liste des tableaux

Tableau 1: Aperçue sur les définitions de vulnérabilité	14
Tableau 2: Les types de vulnérabilité selon la nature des pertes (directes et indirectes)	18
Tableau 3: Les indicateurs communs de vulnérabilité sociale face aux inondations	20
Tableau 4: Travaux de recherche portant sur la mortalité liée aux inondations.....	22
Tableau 5: Nombre d'inondations et de décès dans quelques pays asiatiques (2000-2016)....	26
Tableau 6: Bases de données nationales.....	27
Tableau 7: Les bases de données internationales	31
Tableau 8: Catégories considérées dans la base de données inondations/décès.....	35
Tableau 9: Catégories illustrant l'aspect temporel de l'incident dans la base de données	36
Tableau 10: Catégories illustrant l'aspect spatial de l'incident dans la base de données.....	36
Tableau 11: Catégories illustrant le profil des victimes dans la base de données	37
Tableau 12: Catégories illustrant les circonstances des décès dans la base de données	38
Tableau 13: Catégories illustrant le comportement des victimes pendant l'inondation.....	38
Tableau 14: Nombre de décès et récurrence des inondations par wilaya.....	62
Tableau 15: Classification des décès par type d'événements.....	62
Tableau 16: Nombre de décès et d'événements mortels dans le contexte méditerranéens	63
Tableau 17: Nombre de décès causés par les inondations selon le sexe	74
Tableau 18: Nombre de décès causés par les inondations par tranche d'âge	75

Résumé

L'ouest algérien est exposé à l'aléa inondation qui pourrait s'aggraver en raison du changement climatique, et engendrer plus de pertes matérielles et humaines. Malgré les effets lourds des inondations sur ce territoire, les bases de données officielles et les études sur la vulnérabilité de population de cet aléa ne sont pas disponibles. Notre thèse a pour objectif de combler cette lacune pour la période de 1966 à 2019. A cet effet, une base de données a été créée en utilisant les sources d'information disponibles. Cette base comporte 324 décès causés par 52 événements d'inondation. Notre approche est basée en premier temps sur une analyse spatiotemporelle de l'aléa d'inondation et des décès, et en second temps sur une analyse de la vulnérabilité de population est réalisée selon des indicateurs déduits de l'analyse des caractéristiques des victimes et des circonstances des incidents. Les résultats montrent que les crues éclair ont causé la plupart des décès. On observe une tendance à la baisse du nombre de décès causés par les inondations au fil des ans. On constate une coïncidence entre les valeurs élevées des précipitations quotidiennes et les événements à forte mortalité, ainsi qu'une augmentation des taux de mortalité en automne et pendant les heures de clarté. Spatialement, les décès causés par les inondations se sont produits principalement dans les sites traversés par des cours d'eau et dans les zones de plaine à forte densité de population. L'analyse indique que les hommes sont plus vulnérables aux inondations mortelles que les femmes ; de plus, les jeunes enfants et les personnes âgées sont les groupes d'âge les plus exposés. La noyade est le principal type de cause de décès, et les incidents mortels se produisent principalement à l'extérieur, chez les personnes à pied. Les résultats de ce travail contribuent à combler les lacunes sur les décès causés par les inondations qui reflètent la vulnérabilité de la zone d'étude et pourraient aider les décideurs à améliorer la stratégie contre les risques d'inondation.

Mots-clés: vulnérabilité, population, inondation, décès, ouest Algérien

Abstract

Western Algeria is exposed to the flood hazard, which could worsen due to climate change, and cause more material and human losses. Despite the heavy effects of floods in this territory, official databases and studies on the vulnerability of the population to this hazard are not available. Our thesis aims to fill this gap for the period 1966 to 2019. To this end, a database was created using available information sources. This database contains 324 deaths caused by 52 flooding events. Our approach is based firstly on a spatiotemporal analysis of the flood hazard and deaths, and secondly on an analysis of the vulnerability of the population according to indicators deduced from the analysis of the characteristics of the victims and the circumstances of the incidents. The results show that flash floods caused most deaths. There has been a downward trend in the number of flood deaths over the years. A coincidence of high daily rainfall values with high mortality events, as well as increased mortality rates in autumn and during daylight hours. Spatially, flood deaths occurred mainly in sites crossed by rivers and in plain zones with high population density. Analysis indicates that males are more vulnerable to deadly floods than females are; moreover, young children and the elderly are the most exposed age groups. Drowning is the leading fatality cause type, and the fatal incidents occur mostly outdoor among individuals on foot. The results of this work contribute to filling gaps on flood fatalities that reflect the vulnerability of the study area and could help policy makers improve the flood risk strategy.

Keywords: vulnerability, population, flooding, death, western Algeria.

ملخص

يتعرض الغرب الجزائري لخطر الفيضانات، الذي قد يتفاقم بسبب تغير المناخ مما يسبب المزيد من الخسائر المادية والبشرية. على الرغم من آثار الفيضانات في هذه المنطقة، إلا أن هذه الأخيرة لا تتوفر على قواعد بيانات رسمية أو على دراسات حول تعرض السكان لهذا الخطر. تهدف أطروحتنا إلى سد هذه الفجوة للفترة الممتدة من 1966 إلى 2019. ولهذا الغرض تم إنشاء قاعدة بيانات باستخدام مصادر المعلومات المتاحة. تحتوي قاعدة البيانات المنشئة على 324 حالة وفاة ناجمة عن 52 حادث فيضان. تعتمد منهجيتنا أولاً، على التحليل الزمني والمكاني لظاهرة الفيضانات والوفيات. تعتمد ثانياً على تحليل هشاشة السكان وفقاً للمؤشرات المستخلصة من تحليل خصائص الضحايا وظروف الحوادث. أظهرت النتائج أن السيول هي السبب الرئيسي في معظم الوفيات. كان هناك اتجاه تنازلي في عدد الوفيات الناجمة عن الفيضانات على مر السنين. تزامن ارتفاع معدلات هطول الأمطار اليومية مع ارتفاع معدل الوفيات، فضلاً عن ارتفاع معدل الوفيات في الخريف وأثناء ساعات النهار. مكانياً، حدثت الوفيات الناجمة عن الفيضانات بشكل رئيسي في المواقع التي تعبرها الأودية وفي المناطق السهلية ذات الكثافة السكانية العالية. يشير التحليل إلى أن الذكور هم أكثر عرضة للفيضانات المميتة مقارنة بالإناث؛ علاوة على ذلك، فإن الأطفال الصغار وكبار السن هم أكثر الفئات العمرية تعرضاً لآثار الفيضانات. الغرق هو السبب الرئيسي للوفيات، حيث تقع أغلبية الحوادث المميتة في الهواء الطلق وبين الأشخاص الراجلين. تساهم نتائج هذا العمل في سد الثغرات المتعلقة بوفيات الفيضانات التي تعكس هشاشة منطقة الدراسة ويمكن أن تساعد أيضاً أصحاب القرار على تحسين استراتيجية مخاطر الفيضانات.

الكلمات المفتاحية: الهشاشة، السكان، الفيضانات، الوفيات، الغرب الجزائري.