



**HAL**  
open science

# Cartographie de la vulnérabilité sociale aux séismes de Grenoble et son agglomération

Ninoska Gajardo Alarcón

► **To cite this version:**

Ninoska Gajardo Alarcón. Cartographie de la vulnérabilité sociale aux séismes de Grenoble et son agglomération. Géographie. 2018. dumas-01842477

**HAL Id: dumas-01842477**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01842477>**

Submitted on 18 Jul 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## MASTER 1

DOMAINE : SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES

MENTION : GÉOGRAPHIE, AMÉNAGEMENT, ENVIRONNEMENT,  
DÉVELOPPEMENT (GAED)

SPÉCIALITÉ : GÉOGRAPHIE, INFORMATIONS, INTERFACES, DURABILITÉ,  
ENVIRONNEMENTS (GEOÏDES)

---

### **CARTOGRAPHIE DE LA VULNÉRABILITÉ SOCIALE AUX SÉISMES DE GRENOBLE ET SON AGGLOMÉRATION**

---

PAR : NINOSKA GAJARDO ALARCÓN

STAGE RÉALISÉ AU LABORATOIRE PACTE DU 9 AVRIL AU 16 JUIN 2018  
DATE DE SOUTENANCE DU MÉMOIRE : 8 JUIN 2018

DEVANT UN JURY CONSTITUÉ DE :

MAÎTRE DE STAGE : ELISE BECK, MAÎTRE DE CONFÉRENCES, UNIVERSITÉ  
GRENOBLE ALPES, UMR PACTE

TUTEUR PÉDAGOGIQUE : SANDRA ROME, MAÎTRE DE CONFÉRENCES,  
UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES, UMR IGE



## *Remerciements*

Je tiens tout d'abord à remercier Madame Elise Beck de m'avoir offert l'opportunité de travailler sur ce sujet de recherche, qui a donné une toute nouvelle approche à ma formation professionnelle ; j'ai apprécié le temps disponible chaque semaine pour discuter du développement du travail, ses corrections au document et son aide pour améliorer ma communication en français.

Je remercie énormément Madame Sandra Rome pour son rôle exceptionnel à la tête du Master 1 GEOÏDES, pour être toujours prête à répondre, à consacrer du temps et à aider sans condition. J'ai apprécié également les commentaires et suggestions faits dans ce travail.

Je remercie mes camarades du Master 1 GEOÏDES 2017-2018 pour l'intégration qu'ils m'ont donnée pendant notre temps ensemble, en particulier Maoude, Roksana et Joseph.

Enfin, je remercie María Inés, Germán, Valeska et Aarón, ma famille même à distance, ils me soutiennent et mon cher Claudio, ma nouvelle famille, pour son soutien inconditionnel.



Université Grenoble Alpes

## *Résumé*

Institut d'Urbanisme et de Géographie Alpine  
GEOIDES

Master 1

### **CARTOGRAPHIE DE LA VULNÉRABILITÉ SOCIALE AUX SÉISMES DE GRENOBLE ET SON AGGLOMÉRATION**

par Ninoska GAJARDO ALARCÓN

Située dans les Alpes françaises, l'agglomération de Grenoble se caractérise sismiquement moyenne ; l'un des principaux événements sismiques l'ayant affectée a été enregistré en 2014. Cette agglomération est composée de 49 communes aux réalités sociales différentes, on s'attend donc à ce que les risques naturels affectent également chacune de ces communes différemment. Pour connaître les différents niveaux de vulnérabilité, le Social Vulnerability Index (SoVI), développé aux États-Unis a été appliqué. Il est calculé via une Analyse en Composantes Principales (ACP). Pour le présent travail, SoVI a été calculé à partir de 23 variables socio-économiques qui ont été traitées statistiquement et qui ont été cartographiées. Dans les résultats de l'analyse, 11 facteurs représentent des composantes sociales telles que la dimension socio-économique, l'âge, le logement et les activités économiques, qui expliquent 80% de la variance totale de l'ensemble de données. Selon le SoVI obtenu, les communes de Mont Saint Martin et Champ Sur Drac sont les plus vulnérables socialement, d'autre part les communes de Varcis Allières et Riset et de Vaulnaveys Le Bas se sont révélées les moins vulnérables.



Université Grenoble Alpes

## *Abstract*

Institut d'Urbanisme et de Géographie Alpine  
GEOIDES

Master 1

### **CARTOGRAPHY OF THE SOCIAL VULNERABILITY TO EARTHQUAKES OF GRENOBLE AND ITS AGGLOMERATION**

by Ninoska GAJARDO ALARCÓN

The agglomeration of Grenoble, located in the French Alps, is characterized by average seismicity ; one of the main seismic events that affected this region was recorded during 2014. This agglomeration is composed of 49 municipalities with different social realities, it is therefore expected that natural risks affect each of these communes in a different way. To quantify the levels of vulnerability, the Social Vulnerability Index (SoVI), developed in the United States, has been applied in the study area. This index is calculated by using a Principal Component Analysis (PCA). For the present work, SoVI was calculated from 23 socioeconomic variables that were statistically processed and mapped. A total of 11 factors were selected to represent the social components such as socioeconomic dimension, age, housing and economic activities, which account for 80% of the total variance of the dataset. According to SoVI, the municipalities of Mont Saint Martin and Champ Sur Drac are the most socially vulnerable, on the other hand the municipalities of Varcès Allières and Riset and Vaulnaveys Le Bas are the least vulnerable.





# Liste des Abréviations

<b>ACP</b>	Analyse en Composantes Principales
<b>APL</b>	Accessibilité Potentielle Localisée
<b>CNRS</b>	Centre National de la Recherche Scientifique
<b>IGN</b>	Institut National de l'Information Géographique et forestière
<b>INSEE</b>	Institut National de la Statistique et des Études Économiques
<b>IRMA</b>	Institut des Risques Majeurs de Grenoble
<b>PACTE</b>	Politiques publiques, ACTION politique, TERRITOIRES
<b>SIG</b>	Système d'Information Géographique
<b>Sismalp</b>	Sismicité Alpine
<b>SoVI</b>	Social Vulnerability Index
<b>UGA</b>	Université Grenoble Alpes



# Table des matières

<b>Remerciements</b>	<b>iii</b>
<b>Résumé</b>	<b>v</b>
<b>Abstract</b>	<b>vii</b>
<b>1 Introduction</b>	<b>3</b>
1.1 Objectif du stage . . . . .	5
1.2 Organisme d'accueil . . . . .	5
<b>2 Contexte</b>	<b>7</b>
2.1 État de l'art . . . . .	7
2.2 Terrain d'étude . . . . .	8
<b>3 Données et méthodes d'analyse</b>	<b>9</b>
3.1 Outils et données mobilisées . . . . .	9
3.2 Obtention et description des données . . . . .	9
3.3 Méthodologie . . . . .	14
<b>4 Résultats et Discussion</b>	<b>15</b>
<b>5 Conclusion</b>	<b>23</b>
<b>Références Bibliographiques</b>	<b>25</b>
<b>A Annexes</b>	<b>33</b>
A.1 Niveau d'aléa sismique . . . . .	33
A.2 Description et disponibilité des variables . . . . .	34
A.3 Données brutes pour la zone d'étude . . . . .	35
A.4 Données normalisées pour calculer l'Indice de Vulnérabilité Sociale (SoVI) . . . . .	36
A.5 Corrélation entre les variables . . . . .	37
A.6 L'Analyse en Composantes Principales (ACP) . . . . .	38



# Chapitre 1

## Introduction

Il existe peu d'endroit, sur Terre, non concerné par un risque. Par risque naturel, on entend "la combinaison de la probabilité d'un événement (naturel) et de ses conséquences négatives" (UNISDR, 2009). Parmi les risques naturels peuvent être cités : les incendies, les tempêtes violentes, les inondations, les éruptions volcaniques, les sécheresses, les températures extrêmes et les séismes (CRED, 2018), qui dans certains cas peuvent engendrer des impacts négatifs sur l'homme et/ou l'environnement.

Généralement, la vulnérabilité est mentionnée lorsque les aléas naturels produisent des pertes, cependant, la définition de la vulnérabilité a de nombreuses connotations et est définie par différents auteurs. Selon Cutter *et al.* (2003), il y a trois axes principaux dans l'étude de la vulnérabilité : 1) l'identification des conditions qui rendent les personnes ou les lieux vulnérables aux phénomènes naturels extrêmes ; 2) l'hypothèse que la vulnérabilité est une condition sociale, une mesure de la résistance sociale ou de la résistance aux dangers et 3) l'intégration des expositions de résilience potentielle et sociale avec un accent spécifique sur des lieux ou des régions particuliers. La vulnérabilité sociale est généralement décrite en utilisant les caractéristiques individuelles des personnes (âge, race, santé, revenu, type de logement, emploi, etc.) ; on pourrait donc dire que la vulnérabilité sociale est en partie le produit des inégalités sociales (Cutter *et al.*, 2003). L'étude de la vulnérabilité associée aux différentes pertes pouvant être produites est fondamentale pour développer des stratégies d'atténuation des risques au niveau local, national et/ou international (Cutter, 1996).

L'étude décrite dans ce mémoire cherche à appliquer les concepts et la méthodologie liés à la vulnérabilité sociale pour l'appliquer dans une zone spécifique, l'agglomération de Grenoble (France). Celle-ci est située entre Alpes et Préalpes, qui sont le résultat du mouvement de la microplaque Adriatique en Europe occidentale, lié à la collision des grandes plaques d'Afrique et d'Eurasie (Figure 1.1). Sur la carte du zonage sismique français, la Région Rhône Alpes est présentée comme une zone de sismicité faible, modérée et moyenne (Annexe A.1). Cependant l'agglomération de Grenoble est principalement en zone de sismicité moyenne, seule la commune de Saint Barthélemy de Séchilienne en une zone de sismicité modérée (Plan séisme, 2018 et IRMA Grenoble, 2015a).

Dans les Alpes, des séismes importants ont été enregistrés ; le plus fort a eu lieu le 11 juin 1909 dans les environs de Lambesc dans les Bouches du Rhône. D'une magnitude de 6,2 sur l'échelle de Richter, ce séisme a coûté la vie à 46 personnes et causé 250 blessés. Le 26 avril 1962, le séisme de Corrençon en Vercors, avec une magnitude de 5,3 sur l'échelle de Richter, est l'un des plus destructeurs en termes de

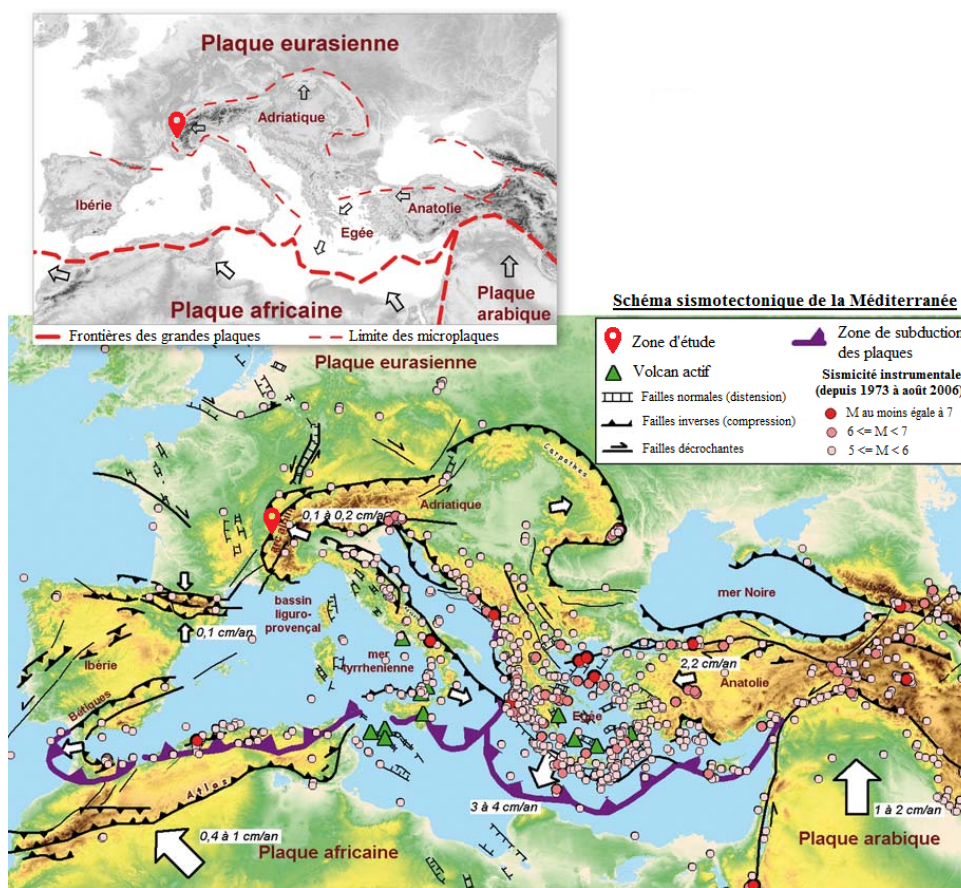


FIGURE 1.1 – Contexte sismique dans la zone d'étude  
(Source : ORRM, 2018)

dommages matériels. Le 15 juillet 1996 s'est produit un séisme dans la Région d'Annecy, avec une magnitude de 5,3 sur l'échelle de Richter, sans pertes humaines mais avec d'importants dégâts matériels. Finalement, le 7 avril 2014 le séisme de Barcelonnette, avec une magnitude de 5,3 sur l'échelle de Richter, a causé quelques dégâts (BRGM, 2014 ; IRMA Grenoble, 2015b ; Science Post, 2016 et Ville de Grenoble, 2018).

Actuellement, le sud-est de la France est surveillé par le réseau "Sismalp"<sup>1</sup>, qui dispose d'un grand nombre de stations pour détecter les séismes ressentis dans la Région Rhône-Alpes (Ville de Grenoble, 2018).

Cette étude travail s'inscrit ainsi dans une zone de sismicité majoritairement moyenne, où il est important que la population puisse être prête à réagir aux événements naturels de ce type.

La population de la commune de Grenoble n'a pas connu de séisme et pourrait donc être associée à une baisse de la culture du risque sismique, ce qui renforce la vulnérabilité sociale de la population de ce secteur (Beck *et al.*, 2012). Aussi, le présent travail vise à identifier, au sein des communes appartenant à l'agglomération de Grenoble, celles qui ont une vulnérabilité sociale plus ou moins grande aux aléas sismiques.

1. Sismalp : <http://sismalp.osug.fr/>

## 1.1 Objectif du stage

L'objectif de ce travail est d'obtenir une cartographie de la vulnérabilité sociale des communes de l'agglomération de Grenoble. Pour atteindre l'objectif principal, les concepts du modèle "The Hazard of Place Model of Vulnerability" (Le modèle de vulnérabilité du lieu de danger) développé par Cutter (1996) seront utilisés. Ainsi, on cherche à obtenir l'Indice de Vulnérabilité Sociale (SoVI) pour toutes les communes de la zone d'étude. Parmi les concepts les plus importants de ce modèle (Merlo, 2014) figurent :

- *Le danger potentiel* (menace) qui est la mesure objective de la probabilité d'occurrence d'un événement dangereux ;
- *L'Atténuation* regroupant les mesures prises pour réduire les risques ou réduire leur impact ;
- *Le Contexte géographique* qui est la localisation spatiale déterminant la proximité des menaces ;
- *La Vulnérabilité* qui est la probabilité de subir des pertes dérivées de l'apparition de l'événement, ainsi que la capacité de récupérer des pertes.

C'est ce dernier concept qui fait l'objet de notre étude. La méthodologie de Susan Cutter vise à identifier les zones géographiques fondées sur des données sociales, qui peuvent être plus vulnérables aux différents risques naturels. Pour cela, l'auteur utilise principalement des variables socioéconomiques telles que : genre, race et ethnicité, âge, activité socioprofessionnelle, chômage, zones urbaines et rurales, type de résidence, structure familiale, éducation et accès à la santé (Cutter *et al.*, 2003).

Les objectifs spécifiques de ce travail consistent à réaliser un état de l'art des travaux de Susan Cutter, identifier les données nécessaires pour obtenir le SoVI, collecter des données géographiques et sociales, structurer la base de données pour le SIG et cartographier l'Indice de Vulnérabilité Sociale.

Pour obtenir le SoVI, les variables que Cutter (2000) propose pour les États-Unis sont identifiées et nous essaierons de collecter les mêmes pour la France ; si cela n'est pas possible, nous chercherons comment les adapter aux informations disponibles. Lorsque le SoVI sera calculé, la cartographie sera réalisée avec les informations de chaque commune ; cela permettra par exemple, d'observer s'il existe une grande différence de Vulnérabilité Sociale au sein de l'agglomération de Grenoble, identifier les communes les plus vulnérables et de voir si les communes voisines ont des vulnérabilités similaires. Toutes ces informations seront utiles pour qu'à l'avenir des mesures d'atténuation puissent être prises contre divers événements naturels tels que les tremblements de terre, et que la population de l'agglomération de Grenoble soit prête à y faire face.

## 1.2 Organisme d'accueil

Le laboratoire de sciences sociales PACTE (Politiques Publiques, Action Politique, Territoires) est une unité de recherche regroupant des chercheurs du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), des enseignant-chercheurs de l'Université Grenoble Alpes (UGA) et de Science Po Grenoble ainsi que de nombreux personnels d'appui à la recherche. Ses membres cherchent à construire des langages communs et des savoirs transversaux par rapport aux transformations en tant que



société, surtout les dimensions politique, territoriale, sociologique et écologique. L'un des principaux axes de PACTE est de mener des recherches interdisciplinaires : l'unité est composée de : géographes, politistes, sociologues et urbanistes, ainsi que quelques économistes et historiens. Le Laboratoire cherche également à produire de la recherche d'excellence et est actuellement reconnu comme un acteur dynamique de la collaboration entre recherche et action, notamment auprès des institutions publiques, associatives et privées. Enfin, dans le cadre de ses objectifs, il joue un rôle central dans la dynamique de l'innovation et de l'expérimentation des sciences sociales, explorant les formes de coproduction de la connaissance (recherche et diffusion) dans leurs domaines d'étude. La présente étude est réalisée au sein de l'équipe Environnements, qui vise à étudier les problèmes environnementaux à travers les sciences sociales ; ses principaux domaines de recherche travail sont : l'adaptation, la biodiversité, l'énergie, le paysage et les risques. C'est dans cette dernière thématique que s'inscrit le présent travail (PACTE Grenoble, 2018).

Le mémoire s'organise de la façon suivante : un contexte du sujet d'étude, la présentation de la zone d'étude, les données et outils utilisés, la description de la méthodologie et les principaux résultats dans l'obtention de l'Indice de Vulnérabilité Sociale (SoVI) et la carte de vulnérabilité de l'agglomération de Grenoble, enfin les conclusions et perspective du travail.

## Chapitre 2

### Contexte

#### 2.1 État de l'art

Le SoVI est un moyen de mesurer la vulnérabilité sociale d'un territoire avant les risques naturels, il facilite également la comparaison entre les unités territoriales qui présentent un intérêt pour l'étude (USC, 2013), si des décisions sont prises pour réduire la vulnérabilité sociale ; Il va également diminuer, par exemple, les pertes humaines et matérielles qui peuvent être affectées par les risques naturelles. (U.S Climate Resilience Toolkit, 2018). Déjà dans la décennie des années 60 sont étudiés des facteurs qui pourraient être des indicateurs sociaux d'inégalité et donc de vulnérabilité (Cutter, 2003).

Le modèle "The Hazard of Place Model of Vulnerability", proposé par Cutter (1996) comprend plusieurs facteurs qui sont liés à la vulnérabilité sociale, de manière globale, il montre qu'un endroit vulnérable aura un plus grand degré de risque (un objectif mesuré de la probabilité d'un événement dangereux), si la mitigation (des mesures pour réduire les risques ou réduire leur impact) n'est pas assez. A leur tour, l'interaction entre le risque et la mitigation influencera le danger potentiel qui affectera le lieu d'étude ; deux facteurs sont associés au danger potentiel : la vulnérabilité biophysique, liée au contexte géographique (par exemple la proximité du danger) et la vulnérabilité sociale, qui implique l'expérience et la perception d'une population avant un événement, ainsi que les outils socio-économiques qui peuvent faire face à ce danger (Cutter, 1996 ; Cutter, 2003).

Certains des facteurs les plus importants qui influencent le niveau de vulnérabilité sociale sont : le manque d'accès aux ressources (information, connaissances et technologie), l'accès limité au pouvoir politique et à la représentation, la pratique de certaines croyances et coutumes, les personnes fragiles ou physiquement limitées et le type et/ou la densité de logement (Cutter, 2003 ; Cutter *et al.*, 2000). De cette manière, la vulnérabilité sociale est plus souvent décrite en utilisant les caractéristiques individuelles des personnes, telles que l'âge, la race, le revenu, le niveau d'éducation, l'emploi, etc. (Cutter, 2003).

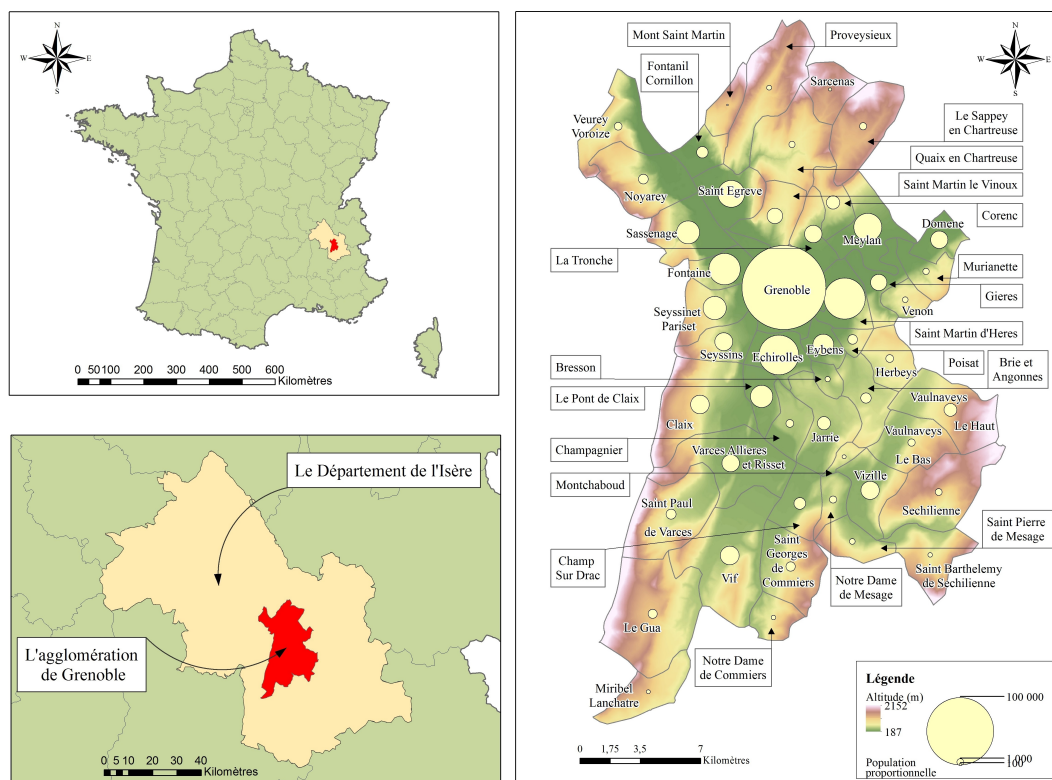
D'un autre côté, le concept de résilience face aux catastrophes naturelles commence à être utilisé depuis quelques années, ceux qui se consacrent à cette étude postulent que la résilience d'une population urbaine et rurale est différente ; d'une part, les zones urbaines recherchent une résilience axée sur le capital économique (la couverture d'assurance, l'indépendance des activités primaires ou le tourisme et le taux d'emploi). D'autre part, les zones rurales mettent l'accent sur la résilience du capital communautaire (environnement) (Cutter *et al.*, 2016).

La polyvalence de la méthodologie de calcul de l'indice de vulnérabilité sociale a permis d'appliquer et d'adapter cette étude dans des pays autres que les États-Unis, quelques exemples sont : la Chine (Chen *et al.*, 2013), le Portugal (Guillard-Gonçalves *et al.*, 2014), la Roumanie (Armas et Gavris, 2013) et le Zimbabwe (Mavhura *et al.*, 2017).

Cependant, la méthodologie pourrait présenter certaines limites pour obtenir le SoVI : ne pas trouver les données correctes pour la modélisation (informations d'années différentes, adaptation des variables d'origine, etc.) et ne pas effectuer correctement les calculs statistiques, car de grandes bases de données peuvent souvent être générées (cela dépendra de la zone d'étude d'intérêt).

## 2.2 Terrain d'étude

L'agglomération de Grenoble est située dans le département de l'Isère dans le sud-est de la France, en Région Auvergne-Rhône Alpes (Figure 2.1). L'agglomération compte 49 communes, pour une surface de 542, 17 km<sup>2</sup> ; sa population est 443 973 habitants et sa densité de population est 819 hab./km<sup>2</sup> (INSEE, 2017a).



Source : IGN et INSEE - Réalisation : Ninoska GAJARDO ALARCÓN, 2018.

FIGURE 2.1 – Localisation de la zone d'étude : l'agglomération de Grenoble

(Source : IGN, 2018 et INSEE, 2017a)

## Chapitre 3

# Données et méthodes d'analyse

### 3.1 Outils et données mobilisées

Les variables qui seront utilisées sont celles proposées par Susan Cutter qui est chercheur à l'Université de Caroline du Sud (USA), pour calculer l'Indice de Vulnérabilité Sociale SoVI (Cutter, 2000). Pour ce travail, les 32 variables proposées seront adaptées au contexte français et aux données disponibles. Les variables sont présentées dans le Tableau 3.1. Les différents calculs pour obtenir SoVI, ont été faites avec RStudio et Excel ; une fois l'indice de vulnérabilité obtenu pour chaque commune, la cartographie a été réalisée à l'aide du Système d'Information Géographique ArcGis.

### 3.2 Obtention et description des données

Ici nous proposons une brève description de la façon dont chaque variable a été obtenue, de la source, des calculs effectués et du choix fait lorsqu'une variable ne pouvait être prise en compte dans le calcul de SoVI. À les Annexes A.2 et A.3, il y a un résumé avec toutes les variables et les valeurs des données avant le traitement statistique, respectivement.

**QASIAN, QBLACK, QSPANISH et QINDIAN** : Ces variables représentent les groupes raciaux au sein de la population. En France il n'existe pas d'informations disponibles de ce type, c'est pourquoi ces variables seront omises dans le calcul de l'indice.

**QKIDS** : Cette variable représente le pourcentage des enfants dans la population d'étude ; pour son calcul, la base de données "Population selon le sexe et l'âge quinquennal de 1968 à 2014 (1990 à 2014 pour les DOM)" a été utilisée (INSEE (2017a)), la somme de la population entière a été faite entre 0 et 4 ans, puis le pourcentage a été calculé en fonction de la population totale de chaque commune.

**QPOP65O** : Cette variable représente le pourcentage de la population plus âgée ; le pourcentage de la population âgée de plus de 65 ans a été calculé en utilisant la base de données INSEE (2017a).

**MEDAGE** : Cette variable représente l'âge médian de la population et a été calculé en utilisant la base de données INSEE (2017a) : 1) une somme cumulée a été faite pour détecter l'intervalle dans laquelle la moitié de la population était et 2) identifié l'intervalle de la médiane a été calculée en appliquant la Formule 3.1.

TABLEAU 3.1 – Liste des variables et description utilisées dans SoVI  
(Cutter, 2000).

VARIABLE	DESCRIPTION
QASIAN	Percent Asian
QBLACK	Percent Black
QSPANISH	Percent Hispanic
QINDIAN	Percent Native American
QKIDS	Percent Kids
QPOP65O	Percent of Population over 65
MEDAGE	Median Age
QSSBEN	Percent Social Security Beneficiaries
QPOVTY	Percent Poverty
QRICH	Percent Households Earning over \$100,000 annually
PERCAP	Per Capita Income
QMIGRA	Percent of Foreign Born who are Recent Migrants
QFEMALE	Percent Female
QFHH	Percent Female Headed Households
NRRESPC	Nursing Home Residents Per Capita
HOSPTEPC	Hospitals Per Capita
PHYSICN	Number of Physicians Per 10,000 People
QED12LES	Percent with Less than 12th Grade Education
QCVLBR	Percent in Civilian Labor Force
QCVLUN	Percent Civilian Unemployment
QURBAN	Percent Urban Population
QFRM	Percent of Population on Rural Farms
PPUNIT	People per Unit
QRENTER	Percent Renters
HODENT	Housing Density
MHSEVL	Mean Housing Value
MCRENT	Mean Contract Rent
QMOHO	Percent Mobile Homes
QAGRI	Percent Employment in Extractive Industries
QSERV	Percent Employment in Service Industry
QTRAN	Percent Employment in Transportation & Public Utilities
QFEMLBR	Percent Female Participation in Labor Force

$$Me = L_i + \frac{\left[\frac{n}{2} - N_{i-1}\right]}{n_i} \cdot A_i \quad (3.1)$$

- $L_i$  = Limite inférieure de la plage de classes contenant la médiane  
 $n$  = Taille de l'échantillon  
 $N_{i-1}$  = Fréquence cumulée de l'intervalle avant la médiane  
 $n_i$  = Fréquence d'intervalle de classe de la médiane  
 $A_i$  = Amplitude de l'intervalle (différence entre les limites)

QSSBEN : Cette variable représente le pourcentage de la population retraitée ; l'information de "Retraités ou préretraités" est disponible pour la France au niveau des communes (INSEE,2018a).

QPOVTY : Cette variable représente le pourcentage de la population vivant dans la pauvreté. Le taux de pauvreté pour la France est : *"La proportion d'individus (ou de ménages) dont le niveau de vie est inférieur pour une année donnée à un seuil, dénommé seuil de pauvreté (exprimé en euros). L'Insee, comme Eurostat et les autres pays européens, mesure la pauvreté monétaire de manière relative alors que d'autres pays (comme les États-Unis ou l'Australie) ont une approche absolue. Dans l'approche en termes relatifs, le seuil de pauvreté est déterminé par rapport à la distribution des niveaux de vie de l'ensemble de la population. On privilégie en Europe le seuil de 60% du niveau de vie médian"* (INSEE, 2016a). Les données pour cette variable ont été obtenues à partir de la "Carte interactive ; la pauvreté, urbaine, trop urbaine" (Blanc, 2015), réalisée sur la base des informations de l'INSEE. Les communes de Bresson, Champagnier, Le Gua, Herbeys, Miribel-Lanchâtre, Montchaboud, Mont Saint Martin, Murianette, Notre Dame de Commiers, Notre Dame de Mésage, Proveysieux, Quaix en Chartreuse, Saint Barthélemy de Séchilienne, Saint Pierre de Mésage, Le Sappey en Chartreuse, Séchilienne, Vaulnaveys le Bas, Venon et Veurey Voroize ne présentent pas d'informations (en raison de la confidentialité statistique de l'INSEE, afin de ne pas révéler les détails des plus petites communes), ainsi la valeur de la taux de pauvreté par l'arrondissement de Grenoble 2014 a été utilisée (INSEE, 2017b).

QRICH : Cette variable représente le pourcentage de ménages appartenant à la population la plus riche de chaque commune ; sa définition originale vise à obtenir le pourcentage de ménages dont le revenu est supérieur à \$ 100 000/an aux États-Unis ; dans la présente étude, la population la plus riche a été définie comme le pourcentage de ménages dont le revenu est supérieur à 67 000 €/an. Pour obtenir l'information deux bases de données ont été utilisées ; la première "Couples familles ménages en 2014" (INSEE, 2017c), pour obtenir le nombre de ménages selon la catégorie socioprofessionnelle à laquelle appartient la personne de référence, et la deuxième "Salaires net horaire moyen selon la catégorie socioprofessionnelle, le sexe et l'âge en 2014" (INSEE, 2018b). Cependant, avec les informations disponibles, un échantillon minimum n'a pas été obtenu afin d'inclure cette variable dans les calculs.

PERCAP : Cette variable représente le revenu par habitant d'une population ; la valeur du Produit Intérieur Brut de la Région Auvergne Rhône Alpes publiée par l'INSEE pour l'année 2014 a été utilisée (INSEE, 2017d). Cette variable représente la même valeur pour toutes les communes et ne permet pas d'analyser la variabilité, alors elle sera omise.

**QMIGRA** : Cette variable représente le pourcentage d'étrangers ayant récemment immigré. Comme cette information n'a pas été trouvée dans l'échelle de l'étude, les informations contenues dans la base de données "Population par sexe, catégorie socioprofessionnelle et nationalité" ont été utilisées (INSEE, 2017e) et le pourcentage d'étrangers par rapport à la population totale pour chaque commune a été calculé.

**QFEMALE** : Cette variable représente le pourcentage de femmes dans la population étudiée, puisque c'est une partie de la population vulnérable. Pour le calculer, la base de données INSEE (2017a) a été utilisée.

**QFHH** : Cette variable représente le pourcentage de ménages dirigés par des femmes. Les informations disponibles pour chaque commune peuvent être trouvées dans la base de données "Nombre de familles selon le type de famille et le nombre d'enfants de moins de 25 ans en 2014" (INSEE, 2017f), les types de familles pris en compte dans le calcul de cette variable étaient les suivants : Famille monoparentale composée d'une femme "actif ayant un emploi", Couple sans enfant composé d'une seule femme "actif ayant un emploi" et Couple avec enfant(s) composé d'une seule femme "actif ayant un emploi" ; une fois la somme de ces familles obtenue, le pourcentage de représentativité en fonction de la population totale pour chaque commune a été calculé.

**NRRESPC** : Cette variable représente la population résidant en établissement de soins et a été estimée par rapport à l'information officielle "Capacité d'accueil des personnes âgées selon la catégorie d'établissement au 31 décembre 2015 : comparaison départementales" (INSEE, 2017g), cette valeur est exprimée en "Taux d'équipement en places (pour 1000 personnes de 75 ans ou plus)" ; pour lequel il a fallu faire des calculs pour l'obtenir par commune : calculer le taux pour chaque commune par rapport à sa population de personnes avec 75 ans ou plus (INSEE, 2017a) et calculer le nombre de personnes appartenant à ce groupe par rapport à la population totale.

**HOSPTEPC** : Cette variable représente le nombre d'hôpitaux par habitant pour la population. Pour son calcul, les informations disponibles sur le site web Geoportail (2017) ont été utilisées ; le nombre d'hôpitaux a été enregistré par commune et plus tard il a été divisé par la population totale de chaque commune (INSEE, 2017a) (Nb d'hôpitaux / population 2014).

**PHYSICN** : Cette variable représente le nombre de médecins pour chaque commune ; pour la zone d'étude aucune information n'a été trouvée à ce niveau de détail, mais des informations ont été trouvées concernant l'accessibilité potentielle localisée (APL) aux médecins généralistes (3 niveaux qualitatifs) pour chaque commune : satisfaisante, fragile ou insuffisante (Sallet, 2018). Pour transformer les variables qualitatives aux variables quantitatives, elles ont été divisées en catégories homogènes entre 0 et 1, donc accessibilité satisfaisante = 1, fragile = 0,5 et insuffisante = 0.

**QED12LES** : Cette variable représente le pourcentage de la population ayant un faible niveau d'éducation ; l'information a été obtenue de la base de données "d'aucun diplôme ou au plus d'un BEPC, brevet des collèges ou DNB" (INSEE, 2018a).

**QCVLBR** : Cette variable représente le pourcentage de la population qui représente la population active ; elle est disponible dans l'information en base a le pourcentage "d'actifs ayant un emploi" (INSEE, 2018a).

**QCVLUN** : Cette variable représente le pourcentage de la population au chômage ; elle est disponible dans l'information en base a le pourcentage "de chômeurs" (INSEE, 2018a).

QURBAN : Cette variable représente le pourcentage de la population qui appartient à la zone urbaine ; comme la population urbaine n'est pas disponible au niveau de commune, il sera impossible de calculer cette variable, alors elle sera omise.

QFRM : Cette variable représente le pourcentage de la population qui appartient à la zone rurale ; comment la population rurale n'est pas disponible au niveau de commune, il sera impossible de calculer cette variable, alors elle sera omise.

PPUNIT : Cette variable représente le nombre de personnes par unité de ménage ; l'information a été enregistrée sur la base de "Séries historiques sur la population et le logement en 2014" (INSEE, 2018a).

QRENTER : Cette variable représente le pourcentage de la population qui loue un logement ; l'information a été enregistrée sur la base de "Résidences principales selon le statut d'occupation, locataire" (INSEE, 2018a).

HODENT : Cette variable représente la densité de logements par unité de surface ; le nombre de maisons et d'appartements ont été additionnés (INSEE, 2018a) et divisés par la superficie (km<sup>2</sup>) de chaque commune (INSEE, 2017h).

MHSEVL : Cette variable représente la valeur moyenne des logements ; pour chaque commune la valeur estimée par m<sup>2</sup> de maisons et appartements a été trouvée (Meilleurs Agents, 2017), pour les communes qui n'ont que des maisons, ces données sont conservées, mais pour les communes qui avaient des maisons et des départements, une somme pondérée des deux valeurs a été faite.

MCRENT : Cette variable représente la valeur moyenne du loyer du logement ; pour la plupart des communes, la valeur moyenne du loyer par m<sup>2</sup> a été trouvée (Meilleurs Agents, 2017) à l'exception des communes Miribel Lanchâtre, Montchaboud, Mont Saint Martin, Notre Dame de Commiers, Proveysieux, Quaix en Chartreuse et Saint Barthélemy de Séchilienne ; ces communes ont été calculées avec la moyenne des communes voisines.

QMOHO : Cette variable représente le pourcentage de mobile-homes dans chaque commune ; les types de logements pris en compte dans le recensement sont : les maisons, les appartements et autres logements (logements-foyer, chambres d'hôtel, habitations de fortune et pièces indépendantes) (INSEE, 2016b). Compte tenu de ce qui précède, cette variable a été omise.

QAGRI : Cette variable représente le pourcentage de la population qui exerce des activités primaires ou extractives, comme l'agriculture, la foresterie et la pêche ; l'information a été enregistrée sur la base de "Emplois selon le secteur d'activité" et "Postes salariés par secteur d'activité au 31 décembre 2015", sur la base de "Résidences principales selon le statut d'occupation, locataire" (INSEE, 2018a).

QSERV : Cette variable représente le pourcentage de la population qui exerce des activités tertiaires principalement marchandes : commerce, transport et services divers (INSEE, 2017i) ; l'information a été enregistrée sur la base de INSEE (2018a).

QTRAN : Cette variable représente le pourcentage de la population qui exerce des activités tertiaires principalement non-marchandes : administration publique, enseignement, santé et action sociale (INSEE, 2017i) ; l'information a été enregistrée sur la base de INSEE (2018a).

QFEMLBR : Cette variable représente le pourcentage de la participation des femmes à la population active ; l'information a été enregistrée sur la base de données "Population par sexe, catégorie socioprofessionnelle et nationalité" (INSEE, 2017e).



### 3.3 Méthodologie

Les données utilisées sont présentées à l'Annexe A.3 et la procédures à suivre pour calculer l'Indice de Vulnérabilité Sociale SoVI, sont les suivantes (Cutter et Emrich, 2017 ; Cutter, 2011) :

- **Normalisation** : exploration des données, pour s'assurer qu'elles ne présentent pas d'erreurs et qu'il n'y a pas de données manquantes, les processus statistiques ne sont pas exécutés avec des valeurs omises ou des valeurs sans variance, si certaines données manquent, il est possible de compléter avec la moyenne de la variable dans la zone d'étude, s'il apparaît que dans les unités d'étude, la population ou les unités d'habitation sont nulles, alors l'analyse ne peut être fait.
- **Standardiser** : en appliquant la Formule 3.2 la transformation est faite z-score, pour générer un nouvel ensemble de variables, mais avec la moyenne = 0 et l'écart type = 1.

$$Z = \frac{\chi - \mu}{\sigma} \quad (3.2)$$

- $\chi$  = Les données
- $\mu$  = La moyenne des données
- $\sigma$  = L'écart type

Une fois la normalisation effectuée, la matrice de corrélation des variables est obtenue.

- **L'analyse en composantes principales (ACP)** : lors de cette analyse, il est nécessaire d'utiliser la rotation "varimax" et le critère de Kaiser, pour sélectionner les composants qui expliquent le mieux la variance des données ; avec cette analyse, nous identifions les variables qui sont fortement corrélées et créons des composantes ou des facteurs multidimensionnels.
- **La cardinalité** : les facteurs obtenus, sont examinés pour déterminer l'influence qu'ils ont sur la Vulnérabilité Sociale (+ pour augmenter et - pour diminuer), pour définir les variables les plus importantes de chaque facteur, il est normal de choisir celles qui ont plus grande corrélation ou égale à 0,700 ou -0,700 mais choisir entre 0,5 et -0,5 est également possible.
- **Equation** : théoriquement, tous les facteurs ont le même poids pour la pondération, puis un modèle additif des facteurs est appliqué pour calculer le SoVI.
- **Cartographie** : une fois que les valeurs du SoVI ont été obtenues pour chaque commune, l'information est utilisée pour faire la carte, la nomenclature de 6 intervalles, d'amplitude égale à 1 écart-type.

## Chapitre 4

# Résultats et Discussion

Voici les principaux résultats de l'analyse en composantes principales de l'ensemble de données collectées et l'estimation de l'Indice de Vulnérabilité Sociale SoVI. Le détail de toutes les variables normalisées se trouve à l'Annexe A.4 et les données de la corrélation à l'Annexe A.5. Dans la Figure 4.1, la matrice de corrélation pour les variables standardisées est montrée ; avec cette information, il est possible d'observer d'une manière simple qu'il existe des variables avec une corrélation élevée, comme c'est le cas du pourcentage de la population âgée de plus de 65 ans (QPOP65O) et de la population bénéficiant de la sécurité sociale (QSSBEN) (corrélation positive) ou le cas du pourcentage de la population pauvre (QPOVTY) et du coût moyen de location (MCRENT) (corrélation négative).

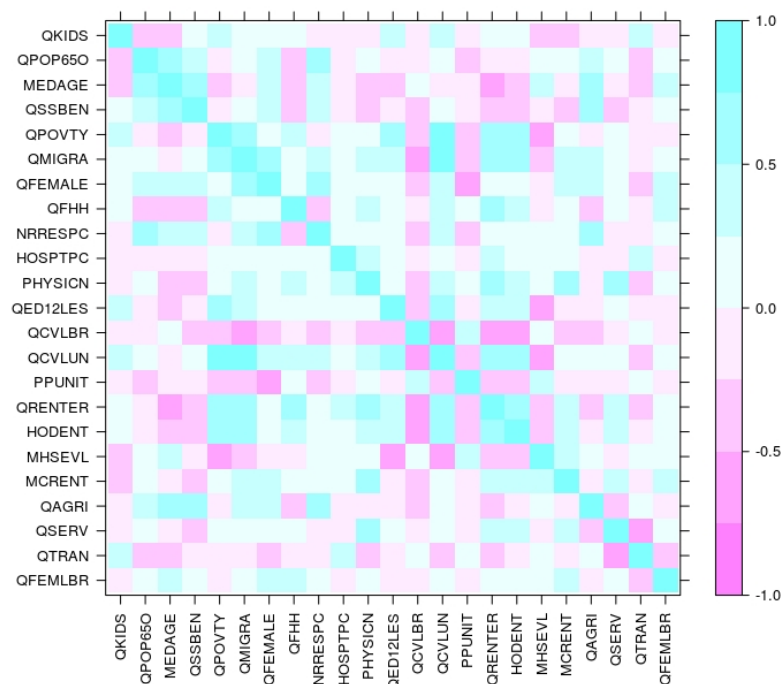


FIGURE 4.1 – Matrice de corrélation des variables

En tenant compte de la colinéarité élevée présente parmi les variables de l'étude, il est nécessaire de diminuer la dimension de l'ensemble de données pour assurer l'indépendance statistique entre les variables. L'analyse en composantes principales

est un outil utile qui permet de générer de nouveaux composants totalement indépendants et représentant toute la variabilité des données (Annexe A.6). Le nombre des composantes principales est égal au nombre de variables analysées, mais chacune explique une partie différente de la variabilité de l'ensemble de données. Normalement, un petit sous-ensemble des composantes principales peut expliquer la plupart du comportement des données. Chaque composant est défini par "ses propres valeurs", qui lui confèrent une pondération associée à l'importance du composant dans l'ensemble de données et les "vecteurs propres" qui permettent de reconstituer la valeur de chaque composante principale pour chaque commune.

Pour décider du nombre de composants principaux qui calculent le SoVI, on a utilisé le critère de Kaiser, qui considère tous les composants ayant des valeurs propres supérieures ou égales à 1. Dans la présente étude, 11 composants ayant des valeurs propres supérieures à 1 ont été sélectionnés (voir la Figure 4.2); ces facteurs sélectionnés représentent 80% de la variance des données (Figure 4.3).

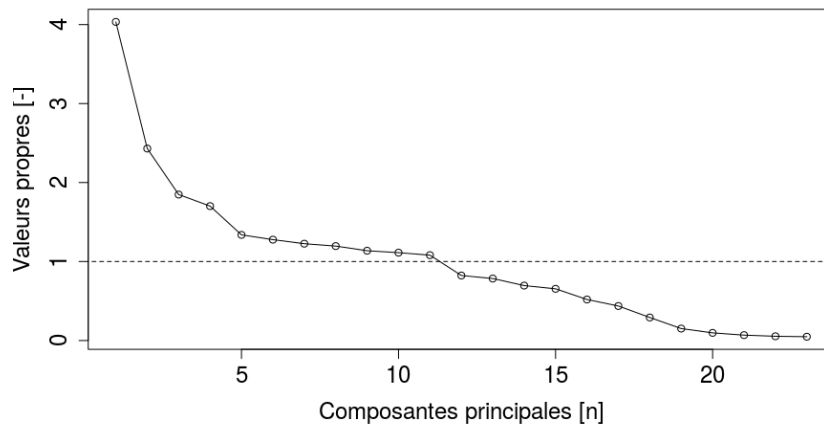


FIGURE 4.2 – Valeurs propres pour chaque composant principal.

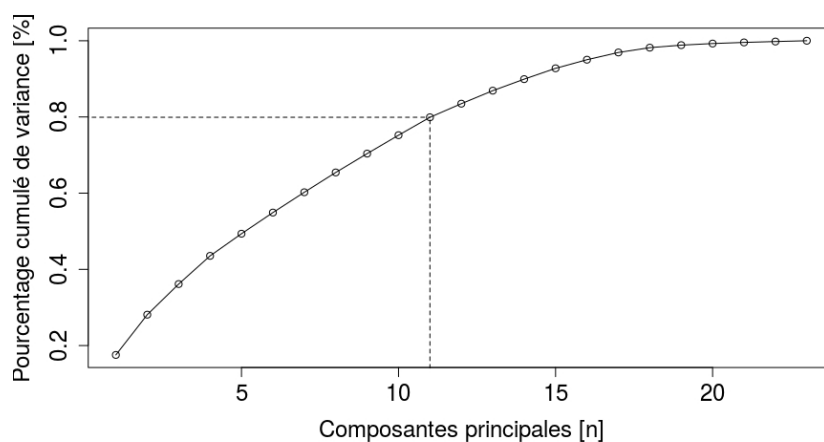


FIGURE 4.3 – Pourcentage cumulé de variance. La ligne discontinue représente les 11 premiers composants principaux.

TABLEAU 4.1 – Dimensions de la vulnérabilité sociale

Facteur	Cardinalité	Nom	% variation expliqué	Variable dominante	Chargement de composants
1	+	Socioéconomique	18	QPOVTY	0,88
2	+	Personnes âgées	11	QPOP65O	0,92
3	+	Secteur primaire	8	QAGRI	0,91
4	-	Logement	7	MCRENT	0,92
5	+	Occupation	6	QTRAN	-0,91
6	+	Force de travail	6	QFEMLBR	0,95
7	+	Taille de la famille	5	PPUNIT	-0,91
8	+	Education	5	QED12LES	0,85
9	-	Accès à la santé	5	HOSPTPC	0,98
10	+	Enfants	5	QKIDS	0,92
11	+	Structure familiale	5	QFHH	0,86

Dans le Tableau 4.1, les 11 principaux facteurs permettant de différencier les communes de l'agglomération de Grenoble en fonction de leur niveau de vulnérabilité sociale sont présentés ; pour chaque facteur, un nom associé aux principales variables qu'il représente est indiqué, le pourcentage de la variance de l'ensemble de données qui explique, la variable dominante et le poids de celle-ci dans le facteur. Une valeur de cardinalité est associée à chaque facteur, ce qui représente l'influence positive ou négative par rapport à la SoVI. La cardinalité positive signifie qu'en augmentant la valeur des variables qui représentent la composante, le SoVI augmente également et vice versa pour le signe négatif.

Voici les quatre facteurs les plus importants :

**Socioéconomique** : C'est le premier facteur identifié, selon l'analyse appliquée, qui a trait au pourcentage de pauvreté, à la population sans emploi et à la migration pour chaque commune. Ce facteur a une influence positive sur le calcul de SoVI, car plus la valeur des variables augmente, plus l'indice augmente. Le poids que représente ce facteur est de 18% de la variance.

**Personnes âgées** : Ce facteur reflète un groupe démographique sensible aux catastrophes, dans l'analyse statistique présentée relation élevée avec la population qui vit dans des maisons de retraite et l'âge moyen de la population de chaque commune. Ce facteur a une influence positive sur le calcul de SoVI et explique 11% de la variance.

**Secteur primaire** : C'est un groupe dédié aux activités de production et d'extraction, donc un groupe économique sensible aux catastrophes naturelles (sécheresse, inondations, ouragans, etc.), dans l'analyse, le ratio le plus élevé a été obtenu avec le pourcentage de personnes retraitées ou en cours de retraitées. Ce facteur a une

influence positive sur SoVI et explique 8% de la variance.

**Logement** : Le quatrième facteur est lié à la valeur des maisons qui sont louées dans chaque commune, dans l'analyse il montre relation avec le pourcentage de personnes qui louent avec le taux de migrants. Ce facteur a une influence négative sur SoVI et explique 7% de la variance.

La Figure 4.4 montre la distribution spatiale des 6 variables dominantes QPOVTY (A), QPOP65O (B), QAGRI (C), MCRENT (D), QTRAN (E) et QFEMLBR (F), dans les 6 premiers composants principaux, qui expliquent environ 56% de la variance totale des données. Il est important de noter que pour la variable QPOVTY, le centre de l'agglomération a les taux de pauvreté les plus élevés, ce qui peut avoir une influence importante sur le résultat final de SoVI.

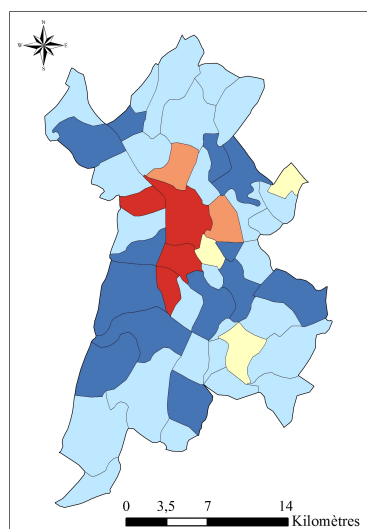
L'équation SoVI pour le présent travail est définie ci-dessous :

$$SoVI = F_1 + F_2 + F_3 - F_4 + F_5 + F_6 + F_7 + F_8 - F_9 + F_{10} + F_{11} \quad (4.1)$$

Où  $F_i$  correspond à chaque facteur principal sélectionné. Cette équation est appliquée à chaque commune avec les données obtenues dans l'analyse des composantes principales ; afin d'obtenir les informations nécessaires pour réaliser la cartographie (Figure 4.5).

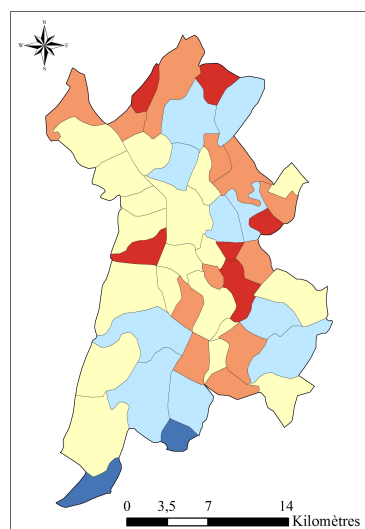
Avec les résultats obtenus et selon la carte (Figure 4.5), il est observé que les communes avec le plus haut niveau de vulnérabilité sociale (i.e. haute vulnérabilité sociale) sont Mont Saint Martin (8,4) et Champ Sur Drac (5,2). Au contraire, les communes qui ont les SoVI plus bas sont Varcis Allières et Risset (-9,1) et Vaulnaveys Le Bas (-7,4). 28 des communes de l'agglomération présentent des SoVI supérieurs ou égaux à 0, ce qui représente 57% des communes d'étude. Si nous analysons les données originales des variables dominantes pour les 5 premiers facteurs principaux, on peut voir que dans QPOVTY les 2 communes avec des SoVI faibles ne montrent pas une grande différence dans les pourcentages de pauvreté avec ceux de SoVI élevé. Pour QPOP65O, les valeurs des communes avec un niveau élevé de SoVI atteignent un niveau supérieur de 10% à celui des communes à faible SoVI. A QAGRI la commune de Mont Saint Martin présente une participation de 25% dans cette activité contrairement à Varcis Allières et Risset (0,5%) et Vaulnaveys Le Bas (3,6). Pour MCRENT parmi les communes de SoVI haute et basse, une différence est observée mais non excessive. Enfin pour QTRAN il y a des différences considérables, les communes avec des SoVI élevés ne dépassent pas 25% de la représentativité alors que celles avec des SoVI faibles dépassent 70%.

Il est nécessaire de mentionner qu'il aurait été optimal pour un meilleur résultat d'inclure certaines variables telles que celles associées à la richesse de chaque commune, car avec les informations disponibles, elles ne être représentées de la meilleure façon et d'autre part, les variables associées aux groupes raciaux. L'absence des variables mentionnées, peut avoir influencé le résultat de la cartographie finale (Figure 4.5), dans laquelle il n'est pas possible de déterminer la relation entre le SoVI et la localisation géographique (ex : on s'attendait à ce que les communes les plus proches de la commune de Grenoble, représentent moins de vulnérabilité). Parmi les résultats obtenus, la variable QPOP65O est liée aux résultats obtenus par Cutter *et al.* (2003), ainsi que avec QAGRI et MCRENT.



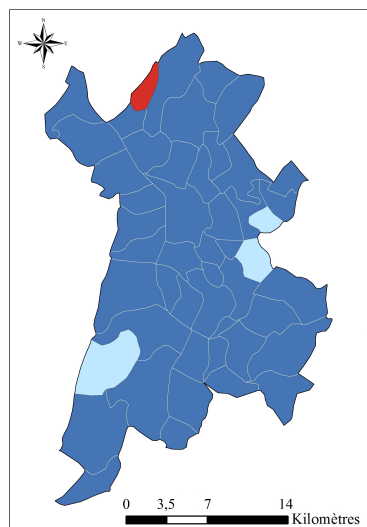
Source : INSEE, 2017b et Blanc, 2015 - Réalisation : Ninoska GAJARDO ALARCÓN, 2018

(A)



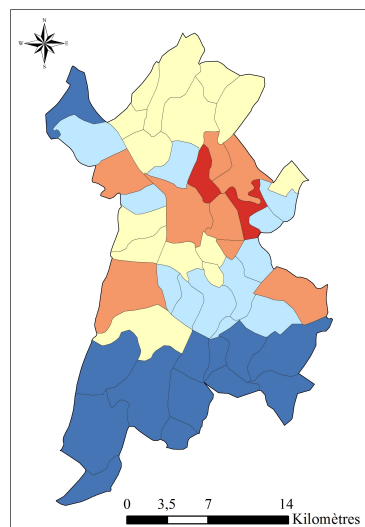
Source : INSEE, 2017a - Réalisation : Ninoska GAJARDO ALARCÓN, 2018

(B)



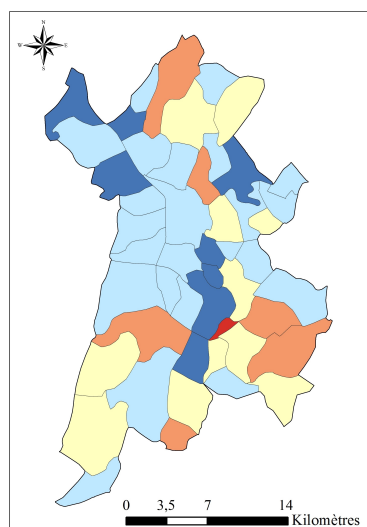
Source : INSEE, 2018a - Réalisation : Ninoska GAJARDO ALARCÓN, 2018

(C)



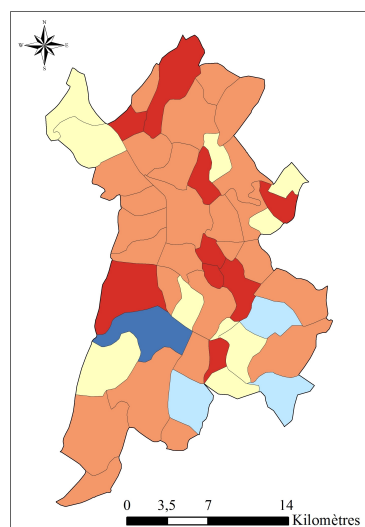
Source : Meilleurs Agents, 2017 - Réalisation : Ninoska GAJARDO ALARCÓN, 2018

(D)



Source : INSEE, 2018a - Réalisation : Ninoska GAJARDO ALARCÓN, 2018

(E)



Source : INSEE, 2017e - Réalisation : Ninoska GAJARDO ALARCÓN, 2018

(F)

FIGURE 4.4 – Les premières 6 variables dominantes

Comme le SoVI est conçu pour être appliqué au niveau du comté, qui sont généralement des unités territoriales plus grandes que les communes, peut-être que l'acquisition de données aboutit à une meilleure représentation de l'information ; en outre, peut-être avec des variables adaptées et omises, le calcul final de SoVI sera affecté.

Enfin, la polyvalence de la méthodologie permet l'application dans d'autres risques naturels, fournir un diagnostic de la population qui sera potentiellement affectée et anticiper les décisions qui réduisent le danger.

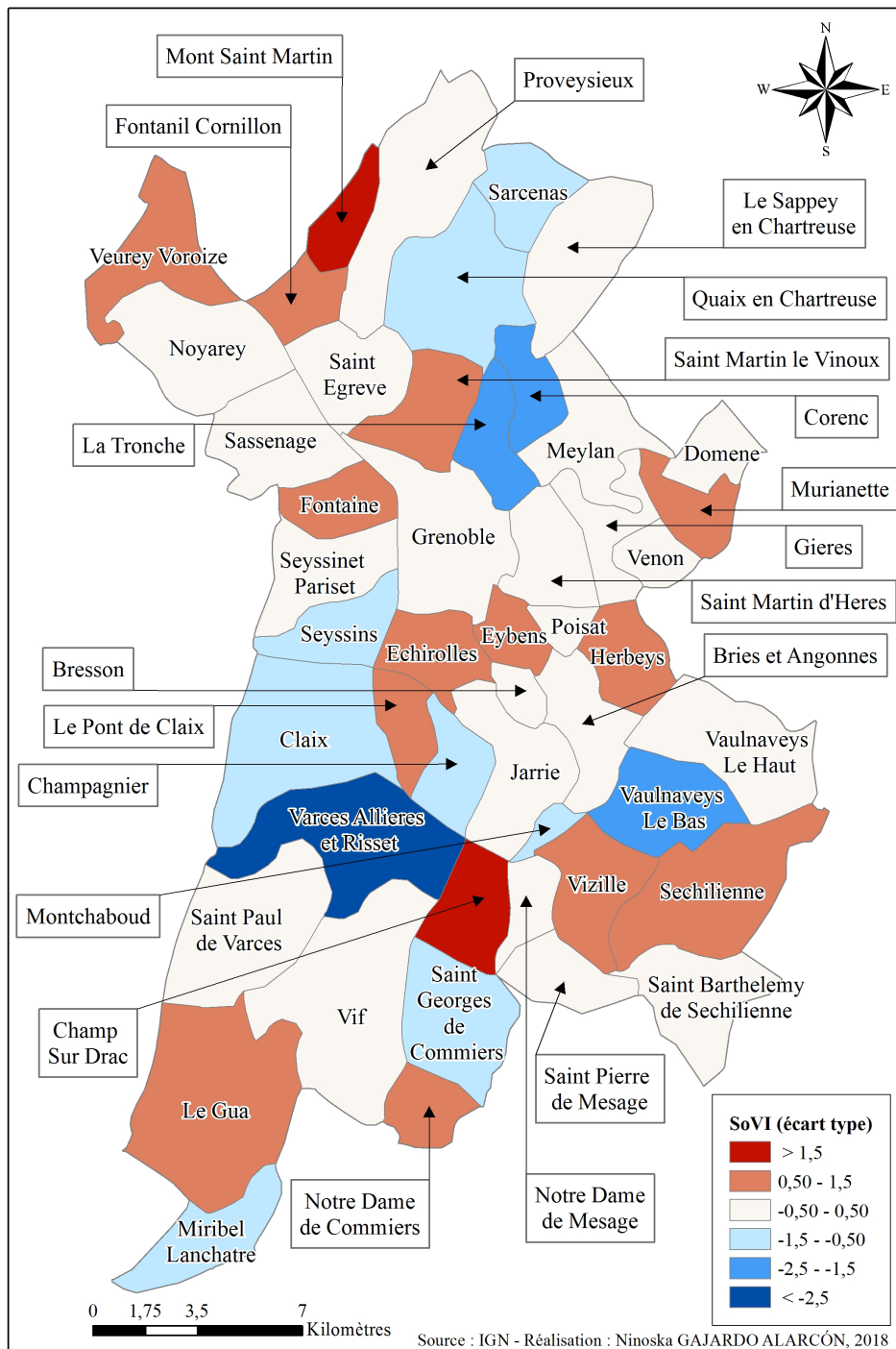


FIGURE 4.5 – L'Indice de Vulnérabilité Sociale à l'agglomération de Grenoble





## Chapitre 5

# Conclusion

Dans ce travail, l'Indice de Vulnérabilité Sociale (SoVI) est présenté dans 49 communes qui composent l'agglomération de Grenoble, en utilisant des données socio-économiques principalement issues du recensement de 2014 et d'autres sources d'information officielles. La méthodologie utilisée permet une adaptation des variables disponibles dans la zone d'étude sans problème majeur et c'est un bon outil qui peut être appliqué dans la planification de la gestion des risques.

En appliquant l'analyse en composantes principales, on a obtenu que 11 d'entre eux expliquent 80% de la variance totale des données et que la variable dominante pour chacun d'entre eux a été obtenue. Parmi les facteurs obtenus dans l'application de la méthodologie, il y en a 4 qui sont plus importants pour la représentativité du groupe de données : socio-économique, d'âge, des activités productives et du logement. Sous l'influence des facteurs les plus importants, on a obtenu que les communes les plus vulnérables Mont Saint Martin et Champ Sur Drac et le moins vulnérable Varcis Allieres et Risset et Vaulnaveys Le Bas. L'influence qu'une commune pourrait avoir sur les voisins n'est pas clairement appréciée.

Le résultat de la cartographie pourrait être amélioré avec l'utilisation de toutes les variables proposées dans la méthodologie de l'indice de vulnérabilité sociale ; parmi les variables qui manquent dans la présente étude sont la richesse et les groupes raciaux.

L'application de l'Indice de Vulnérabilité Sociale est un très bon exercice pour pouvoir le reproduire ailleurs, il serait intéressant de pouvoir l'appliquer à l'échelle nationale en utilisant par exemple les départements comme unité d'étude minimale, cela permettrait peut-être d'avoir un plus grand nombre de variables socio-économiques.

L'élaboration de ce travail a été un défi important, il m'a permis de connaître un autre domaine de la géographie et l'application d'outils, en élargissant ma vision professionnelle. Parmi les plus grandes difficultés dans l'étude étaient la collecte de données, cependant leur traitement m'a permis d'apprendre beaucoup.



## Références Bibliographiques

Armas, I et A. Gavris. 2013. Social vulnerability assessment using spatial (SEVI model) and the Social Vulnerability Index (SoVI model) Atmospheric – a case study for Bucharest, Romania. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 13, 1481–1499.

Beck, E., I. André-Poyaud, P. Davoine, S. Chardonnel et C. Lutoff. 2012. Risk perception and social vulnerability to earthquakes in Grenoble (French Alps). *Journal of Risk Research*. 15(10) : 1245-1260.

Blanc, S. 2015. Carte interactive ; La pauvreté, urbaine, trop urbaine. <http://www.la-gazettedescommunes.com/364365/carte-interactive-la-pauvrete-urbaine-trop-urbaine/>

BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières). 2014. Une séisme de magnitude 5 au nord de Barcelonnette (Alpes de Haute Provence). <http://www.brgm.fr/actualite/seisme-magnitude-5-nord-barcelonnette-alpes-haute-provence>

Chen, W., S. Cutter, C. Emrich et P. Shi. 2013. Measuring Social Vulnerability to Natural Hazards in the Yangtze River Delta Region, China. *Int. J. Disaster Risk Sci.* 4 (4) : 169–181.

CRED (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters). EM-DAT. Avril, 2018. [www.emdat.be](http://www.emdat.be)

Cutter, S. 1996. Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography*. 20(4) : 529-539.

Cutter, S. 2000. SoVI ® 2000 - 32 Variables. Social Vulnerability Index for the United States. <http://artsandsciences.sc.edu/geog/hvri/sovi%C2%AE-2000-32-variables>

Cutter, S., J. Mitchell et M. Scott. 2000. Revealing the Vulnerability of People and Places : A Case Study of Georgetown County, South Carolina. *Annals of the Association of American Geographers*. 90(4) : 713-737.

Cutter, S., B. Boruff et W. Shirley. 2003. Social Vulnerability to Environmental. *Social Science Quarterly*. 84, 242-261.

Cutter, S. 2011. Social Vulnerability Index for the United States - 32 Variables. Instructions on how to calculate this version of SoVI ®. <http://artsandsciences.sc.edu/geog/hvri/sovi%C2%AE-2000-32-variables>

Cutter, S., K. Ash et C. Emrich. 2016. Urban–Rural Differences in Disaster Resilience. *Annals of the American Association of Geographers*. 106 : 6, 1236-1252.

Cutter, S. et C. Emrich. 2017. Social Vulnerability Index (SoVI ®) : Methodology and Limitations. 6 pp.

Géoportail. 2017. Le portail national de la connaissance du territoire mis en oeuvre par l'IGN. <https://www.geoportail.gouv.fr/carte>

Guillard-Gonçalves, C., S. Cutter, C. Emrich et J.Zêzere. 2014. Application of Social Vulnerability Index (SoVI) and delineation of natural risk zones in Greater Lisbon, Portugal. *Journal of Risk Research*. 26 pp.

IGN (Institut National de l'information Géographique et Forestière). Mai, 2018. L'espace professionnel. Données. <http://professionnels.ign.fr/donnees>

INSEE (Institut National de la Statistique et des Étude Économiques). 2016a. Taux de pauvreté. <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1320>

INSEE (Institut National de la Statistique et des Étude Économiques). 2016b. Définitions des concepts. Recensement de la population. [https://www.insee.fr/fr/information/2383278#def\\_A](https://www.insee.fr/fr/information/2383278#def_A)

INSEE (Institut National de la Statistique et des Étude Économiques). 2017a. Population selon le sexe et l'âge quinquennal de 1968 à 2014 (1990 à 2014 pour les DOM). Recensements harmonisés - Séries départementales et communales. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1893204#consulter>

INSEE (Institut National de la Statistique et des Étude Économiques). 2017b. Comparateur de territoire. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1405599>

INSEE (Institut National de la Statistique et des Étude Économiques). 2017c. Couples familles ménages en 2014. Recensement de la population. Base indicateurs de la fiche synthétique. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2862009>

INSEE (Institut National de la Statistique et des Étude Économiques). 2017d. Produit intérieur brut en 2014. Comparaisons régionales. [https://www.insee.fr/fr/statistiques/2012723#tableau-TCR\\_062\\_tab1\\_regions2016](https://www.insee.fr/fr/statistiques/2012723#tableau-TCR_062_tab1_regions2016)

INSEE (Institut National de la Statistique et des Étude Économiques). 2017e. Nationalité et immigration en 2014. Recensement de la population. Base tableaux détaillés. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2863616?sommaire=2867837>

INSEE (Institut National de la Statistique et des Étude Économiques). 2017f. Nombre de familles selon le type de famille et le nombre d'enfants de moins de 25 ans en 2014. Recensement de la population. Résultats pour toutes les communes, départements, régions, intercommunalités. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/zones/>

2873901

INSEE (Institut National de la Statistique et des Étude Économiques). 2017g. Capacité d'accueil des personnes âgées selon la catégorie d'établissement au 31 décembre 2015. Comparaisons régionales et départementales. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2012690>

INSEE (Institut National de la Statistique et des Étude Économiques). 2017h. Comparateur de territoire. Comparez les territoires de votre choix. Résultats pour toutes les communes, départements, régions, intercommunalités. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/zones/1405599>

INSEE (Institut National de la Statistique et des Étude Économiques). 2017i. Secteur tertiaire, définition. <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1584>

INSEE (Institut National de la Statistique et des Étude Économiques). 2018a. Dossier complet. Résultats pour toutes les communes, départements, régions, intercommunalités. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/zones/2011101>

INSEE (Institut National de la Statistique et des Étude Économiques). 2018b. Salaire net horaire moyen selon la catégorie socioprofessionnelle, le sexe et l'âge en 2015. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2021266>

IRMA Grenoble. 2015a. Dossiers Thématiques. La terre tremble. [http://www.irma-grenoble.com/05documentation/04dossiers\\_PJ.php?id\\_PJ=91&id\\_DT=5](http://www.irma-grenoble.com/05documentation/04dossiers_PJ.php?id_PJ=91&id_DT=5)

IRMA Grenoble. 2015b. Et Rhône-Alpes dans tout ça ? [http://www.irma-grenoble.com/05documentation/04dossiers\\_articles.php?id\\_DTart=51&id\\_DT=5](http://www.irma-grenoble.com/05documentation/04dossiers_articles.php?id_DTart=51&id_DT=5)

Mavhura E., B. Manyena et A. Collins. 2017. An approach for measuring social vulnerability in context : The case of flood hazards in Muzarabani district, Zimbabwe. *Geoforum*. 86, 103–117.

Meilleurs Agents. 2017. Prix immobilier dans le Rhône-Alpes. <https://www.meilleursagents.com/prix-immobilier/rhone-alpes/>

Merlo, C. 2014. Índice de Vulnerabilidad Social de las comunidades expuestas a amenazas tectónicas vinculadas al Graben de Acambay, México. Universidad de Colima. 93 pp.

ORRM (Observatoire Régional des Risques Majeurs). 2018. La convergence Afrique Eurasie. <http://observatoire-regional-risques-paca.fr/article/convergence-afrique-eurasie>

PACTE Grenoble. Laboratoire de Sciences Sociales. 2018. Qui sommes-nous ? <https://www.pacte-grenoble.fr/>

Plan Séisme. Rhône-Alpes. Contexte sismotectonique. Avril, 2018. <http://www.planseisme.fr/-Rhône-Alpes-.html>

Salle, F. 2018. Médecins généralistes : la carte de l'offre de soins pour chaque commune. <http://www.midilibre.fr/2018/03/14/medecins-generalistes-testez-l-offre-de-soins-de-votre-commune,1640099.php#article-comments>

Science Post. 2016. Les 10 pires séismes qui ont secoué la France depuis 1900. <http://sciencepost.fr/2016/04/10-pires-seismes-ont-secoue-france-20e-siecle-21e-siecle/>

UNISDR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction). 2009. Terminologie pour la Prévention des risques de catastrophe. 39 pp.

USC (University of South Carolina). 2013. Hazard & Vulnerability Research Institute. SoVI. <http://artsandsciences.sc.edu/geog/hvri/sovi%20%AE-0>

U.S Climate Resilience Toolkit. 2018. Social Vulnerability Index. <https://toolkit.climate.gov/tool/social-vulnerability-index>

Ville de Grenoble. Risques naturels. Mai, 2018. <http://www.grenoble.fr/421-les-risques-naturels.htm>

# Table des figures

1.1	Contexte sismique dans la zone d'étude ( <i>Source : ORRM, 2018</i> ) . . .	4
2.1	Localisation de la zone d'étude : l'agglomération de Grenoble ( <i>Source : IGN, 2018 et INSEE, 2017a</i> ) . . . . .	8
4.1	Matrice de corrélation des variables . . . . .	15
4.2	Valeurs propres pour chaque composant principal. . . . .	16
4.3	Pourcentage cumulé de variance. La ligne discontinue représente les 11 premiers composants principaux. . . . .	16
4.4	Les premières 6 variables dominantes . . . . .	19
4.5	L'Indice de Vulnérabilité Sociale à l'agglomération de Grenoble . . .	21
A.1	Niveau d'aléa sismique de la région Rhône Alpes ( <i>Source : IRMA Grenoble, 2015a</i> ) . . . . .	33





# Liste des tableaux

3.1	Liste des variables et description utilisées dans SoVI (Cutter, 2000).	10
4.1	Dimensions de la vulnérabilité sociale . . . . .	17
A.1	Résumé des variables. Les cellules vertes correspondent aux données disponibles et les cellules rouges ne sont pas disponibles . . . . .	34
A.2	Données brutes par commune . . . . .	35
A.3	Données normalisées par commune . . . . .	36
A.4	Matrice de corrélation . . . . .	37
A.5	Détail des 17 premiers Composantes Principales . . . . .	38



## Annexe A

### Annexes

#### A.1 Niveau d'aléa sismique

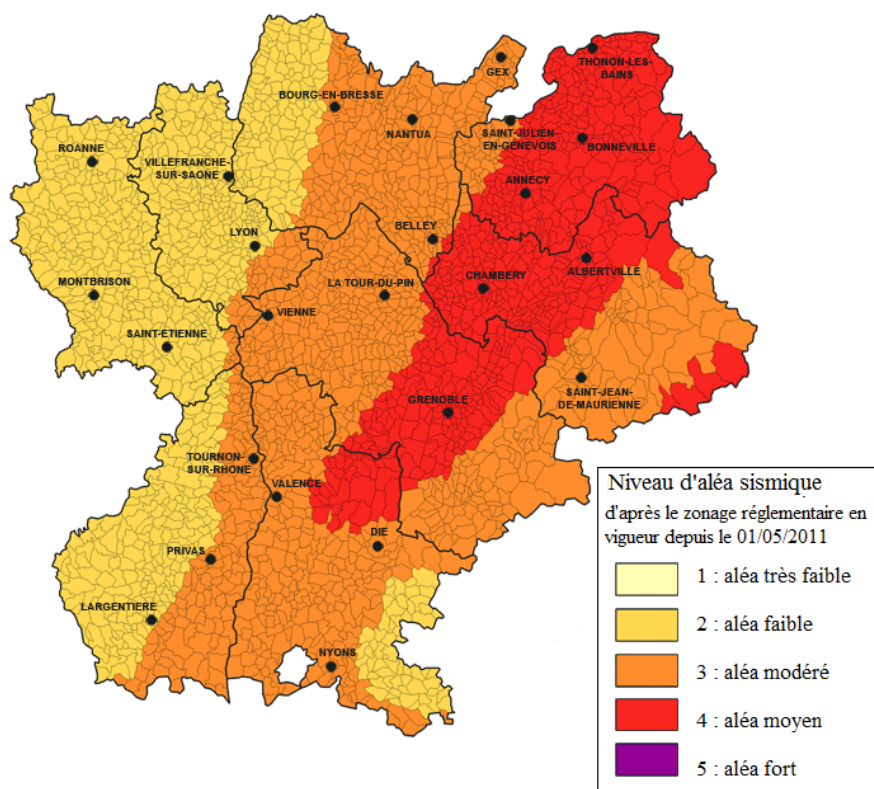


FIGURE A.1 – Niveau d'aléa sismique de la région Rhône Alpes  
(Source : IRMA Grenoble, 2015a)

## A.2 Description et disponibilité des variables

TABLEAU A.1 – Résumé des variables. Les cellules vertes correspondent aux données disponibles et les cellules rouges ne sont pas disponibles

VARIABLE	DESCRIPTION	SOURCE	CALCUL
QASIAN	Pourcentage de population asiatique	n'est pas disponible	-
QBLACK	Pourcentage de population de race noire	n'est pas disponible	-
QSPANISH	Pourcentage de population hispanique	n'est pas disponible	-
QINDIAN	Pourcentage de population indienne	n'est pas disponible	-
QKIDS	Pourcentage des enfants	INSEE	Somme et pourcentage
QPOP650	Pourcentage de population âgée	INSEE	Somme et pourcentage
MEDAGE	L'âge médian de la population	INSEE	Somme cumulée et application formule de la médian
QSSBEN	Pourcentage de population retraitée	INSEE	Enregistrement de l'information pour chaque commune
QPOVTY	Pourcentage de population pauvre	Blanc et INSEE	Enregistrement de l'information pour chaque commune et l'arrondissement
QRICH	Pourcentage de population riche	INSEE	Nombre de ménages selon la catégorie socio-professionnelle et les salaires
PERCAP	Le revenu par habitant	INSEE	Enregistrement de l'information de la Région
QMIGRA	Pourcentage d'étrangers	INSEE	Somme et pourcentage
QFEMALE	Pourcentage de femmes	INSEE	Somme et pourcentage
QFHH	Pourcentage de ménages dirigés par des femmes	INSEE	Somme et pourcentage
NRRSEPC	La population résidant en établissement de soins	INSEE	Somme et proportion
HOSPPTC	Le nombre d'hôpitaux pour la population	INSEE	Somme et division (par la population)
PHYSICN	Les médecins par commune	Sulzet	Niveaux qualitatifs en échelle de 0 à 1
QED12LES	Pourcentage de population ayant faible niveau d'éducation	INSEE	Enregistrement de l'information pour chaque commune
QCVLBR	Pourcentage de population active	INSEE	Enregistrement de l'information pour chaque commune
HOSPLUN	Pourcentage de population chômage	INSEE	Enregistrement de l'information pour chaque commune
QURBAN	Pourcentage de population	n'est pas disponible	-
QFRM	Pourcentage de population	n'est pas disponible	-
PPUNIT	Le nombre de personnes par unité	INSEE	Population divisée par les ménages
QRENTER	Pourcentage de population qui loue un logement	INSEE	Enregistrement de l'information pour chaque commune
HODENT	La densité de logements par unité de surface	INSEE	Enregistrement de l'information pour chaque commune et divisé par la superficie
MHSEVL	Le valeur moyenne des logements	Meilleurs Agents	Enregistrement de l'information pour chaque commune
MCRENT	Le valeur moyenne du loyer du logements	Meilleurs Agents	Enregistrement de l'information pour chaque commune
QMOHO	Pourcentage de mobile-homes	n'est pas disponible	-
QAGRI	Pourcentage de population qui exerce des activités primaires	INSEE	Enregistrement de l'information pour chaque commune
QSERV	Pourcentage de population qui exerce des activités tertiaires (marchandes)	INSEE	Enregistrement de l'information pour chaque commune
QTRAN	Pourcentage de population qui exerce des activités tertiaires (non-marchandes)	INSEE	Enregistrement de l'information pour chaque commune
QFEMLBR	La participation des femmes à la population active	INSEE	Somme et pourcentage

A.3 Données brutes pour la zone d'étude

TABEAU A.2 – Données brutes par commune

Table with 27 columns: Commune, QKIDS, QPO650, MEDAGE, QSSBEN, QPOVTY, QMIGRA, QFEMALE, QPHH, NRRESPC, HOSPTPC, PHYSICN, QED12LES, QCVLBR, QCVLUN, PPUNIT, QRENTER, HODENT, MHSEVL, MCRCENT, QAGRI, QSERV, QTRAN, QPEMLBR. The table lists 62 communes and their corresponding numerical values for each indicator.



TABLEAU A.4 – Matrice de corrélation

	QKIDS	QPOP65O	MEDAGE	QSSBEN	QPOVTY	QMIGRA	QFEMALE	QFHH	NRRSPFC	HOSPPTC	PHYSICN	QED12LES	QCVLBR	QCVLUN	PPUNIT	QRENTER	HODENT	MHSEVL	MCRENT	QAGRI	QSERV	QTRAN	QFEMLBR		
QKIDS	1.0																								
QPOP65O	-0.4	1.0																							
MEDAGE	-0.4	0.7	1.0																						
QSSBEN	0.1	0.3	0.6	1.0																					
QPOVTY	0.4	-0.2	-0.5	-0.2	1.0																				
QMIGRA	0.2	0.0	0.1	0.7	1.0																				
QFEMALE	0.0	0.4	0.3	0.4	0.1	0.6	1.0																		
QFHH	0.1	-0.4	-0.5	-0.4	0.3	0.2	0.0	1.0																	
NRRSPFC	0.0	0.7	0.5	0.5	0.0	0.4	0.6	-0.3	1.0																
HOSPPTC	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	1.0															
PHYSICN	-0.2	0.1	-0.3	-0.4	0.2	0.3	0.2	0.3	1.0	0.3	1.0														
QED12LES	0.4	-0.2	-0.4	-0.1	0.6	0.3	0.1	0.2	0.1	1.0	0.4	0.5	-0.1	0.4	0.3	0.3	0.4	0.2	0.6	-0.2	0.5	-0.5	-0.1	-0.2	
QCVLBR	-0.1	-0.1	0.1	-0.3	-0.5	-0.7	-0.4	0.0	-0.5	-0.2	-0.3	-0.4	1.0	-0.6	0.3	-0.5	-0.5	0.2	-0.3	-0.3	0.0	0.1	-0.1	-0.1	
QCVLUN	0.3	0.0	0.2	0.0	0.8	0.8	0.4	0.3	0.3	0.0	0.3	0.5	-0.6	1.0	-0.4	0.6	0.6	-0.6	0.1	0.1	0.2	0.2	-0.3	0.1	
PPUNIT	-0.1	-0.3	-0.1	-0.1	-0.3	-0.4	-0.6	0.2	-0.4	0.0	0.1	-0.1	0.3	-0.4	1.0	-0.3	-0.3	0.3	-0.2	-0.2	-0.2	0.2	-0.2	-0.2	
QRENTER	0.1	-0.2	-0.6	-0.5	0.7	0.6	0.2	0.5	0.0	0.3	0.6	0.4	-0.5	0.6	-0.3	1.0	0.7	-0.3	0.5	-0.3	0.5	-0.3	0.0	0.0	
HODENT	0.1	-0.1	-0.5	-0.3	0.7	0.6	0.1	0.3	0.0	0.1	0.4	0.3	-0.5	0.6	-0.3	0.7	1.0	-0.3	0.4	-0.1	0.3	-0.1	0.1	0.1	
MHSEVL	-0.5	0.2	0.3	-0.1	-0.7	-0.3	-0.1	-0.1	0.2	0.0	0.2	-0.7	0.2	-0.6	0.3	-0.3	-0.3	1.0	0.4	0.1	-0.1	0.1	0.1	0.1	
MCRENT	-0.3	0.1	-0.2	-0.3	0.0	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.6	-0.2	-0.3	0.1	-0.2	0.5	0.4	0.4	1.0	-0.1	0.4	-0.2	0.3	0.3	
QAGRI	0.0	0.4	0.5	0.7	-0.1	0.4	0.4	-0.4	0.6	0.0	-0.2	-0.2	-0.3	0.1	-0.2	-0.3	-0.1	0.1	-0.1	1.0	-0.4	0.0	0.0	0.0	
QSERV	-0.2	0.1	-0.2	-0.5	0.2	0.1	0.1	0.2	-0.1	0.3	0.5	0.2	0.0	0.2	-0.2	0.5	0.3	-0.1	0.4	-0.4	1.0	-0.6	0.2	0.2	
QTRAN	0.3	-0.4	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	0.0	-0.2	0.3	-0.5	-0.1	0.1	-0.3	0.2	-0.3	-0.1	0.1	-0.2	0.0	-0.6	1.0	-0.3	-0.3	
QFEMLBR	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.1	0.5	0.3	0.1	0.0	0.2	-0.2	-0.1	0.1	-0.2	0.0	0.1	0.1	0.3	0.0	0.2	-0.3	1.0	1.0	



## A.6 L'Analyse en Composantes Principales (ACP)

TABLEAU A.5 – Détail des 17 premiers Composantes Principales

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11	CP12	CP13	CP14	CP15	CP16	CP17
QKIDS	0,23	-0,17	0,00	-0,13	-0,14	0,02	0,04	0,13	-0,07	0,92	0,00	0,02	-0,05	0,01	-0,02	0,01	0,01
QPOP650	-0,05	0,92	0,08	0,05	0,17	0,06	0,08	-0,07	-0,04	-0,19	-0,19	0,04	0,05	-0,01	-0,02	0,02	-0,05
MEDAGE	-0,26	0,65	0,29	-0,20	0,13	0,23	0,02	-0,21	-0,10	-0,21	-0,20	-0,11	-0,04	-0,17	-0,12	0,04	0,24
QSSBEN	-0,09	0,28	0,55	-0,18	0,06	0,15	0,03	0,02	-0,11	0,06	-0,20	0,25	-0,26	-0,11	-0,21	0,12	0,54
QPOVTY	0,88	-0,12	-0,10	-0,02	0,01	-0,01	0,11	0,20	0,05	0,16	0,06	0,01	0,06	0,14	-0,03	-0,07	-0,07
QMIGRA	0,79	0,06	0,31	0,31	0,03	0,04	0,12	0,07	0,10	0,07	0,05	0,21	-0,03	0,05	0,03	0,20	-0,04
QFEMALE	0,20	0,34	0,33	0,18	0,12	0,37	0,35	0,13	0,07	0,03	0,05	0,10	0,01	-0,03	0,03	0,62	0,08
QFHH	0,20	-0,26	-0,22	0,10	0,00	0,24	-0,11	0,06	0,03	0,00	0,86	-0,02	0,04	0,06	0,06	0,02	-0,05
NRRESPC	0,10	0,76	0,38	0,14	0,01	-0,02	0,18	0,11	0,04	0,10	0,00	0,19	-0,05	0,00	0,18	0,16	0,10
HOSPTPC	0,07	-0,04	-0,02	0,10	-0,12	-0,01	0,00	0,02	0,98	-0,06	0,02	0,05	-0,03	0,02	0,06	0,02	-0,02
PHYSICN	0,23	0,07	-0,15	0,40	0,37	0,09	-0,21	0,04	0,21	-0,06	0,14	0,12	0,18	0,10	0,65	0,04	-0,12
QED12LES	0,40	-0,05	-0,13	-0,16	0,06	-0,11	0,04	0,85	0,03	0,15	0,07	0,11	0,06	0,03	0,04	0,06	-0,01
QCVLBR	-0,53	-0,14	-0,17	-0,17	-0,03	-0,06	-0,08	-0,15	-0,11	-0,04	0,02	-0,75	0,05	-0,13	-0,08	-0,06	-0,08
QCVLUN	0,88	0,08	0,05	-0,04	0,12	0,05	0,10	0,13	-0,04	0,11	0,12	0,12	0,06	0,09	0,12	0,08	0,06
PPUNIT	-0,26	-0,17	-0,10	-0,08	-0,04	-0,12	-0,91	-0,04	0,00	-0,04	0,09	-0,05	-0,08	-0,09	0,07	-0,09	0,00
QRENTER	0,62	-0,18	-0,14	0,37	0,21	-0,07	0,14	0,16	0,18	-0,01	0,29	0,14	0,14	0,13	0,22	-0,06	-0,13
HODENT	0,57	-0,09	-0,11	0,19	0,06	0,00	0,15	0,03	0,05	0,01	0,10	0,13	0,09	0,74	0,07	-0,02	-0,05
MHSEVL	-0,55	0,20	0,04	0,34	-0,05	0,02	-0,20	-0,43	0,03	-0,20	0,05	0,03	-0,06	0,02	0,11	-0,01	-0,09
MCRENT	0,09	0,05	-0,06	0,92	0,05	0,11	0,09	-0,16	0,11	-0,13	0,07	0,08	0,13	0,10	0,11	0,06	-0,03
QAGRI	0,08	0,27	0,91	-0,06	-0,06	-0,02	0,10	-0,13	-0,02	-0,02	-0,18	0,06	-0,14	-0,05	-0,04	0,08	0,02
QSERV	0,14	0,02	-0,32	0,25	0,41	0,10	0,14	0,10	-0,08	-0,08	0,06	-0,05	0,75	0,09	0,11	0,01	-0,09
QTRAN	-0,12	-0,20	0,01	-0,04	-0,91	-0,16	-0,04	-0,04	0,16	0,14	0,01	-0,02	-0,17	-0,02	-0,10	-0,04	-0,03
QFEMLBR	0,00	0,08	0,00	0,09	0,14	0,95	0,11	-0,09	-0,02	0,02	0,17	0,03	0,05	0,00	0,03	0,08	0,03