



UNIVERSITÉ
CAEN
NORMANDIE



Urba Risk Lab



Modes de représentation pour l'agrégation multi-échelles d'estimations rapides de pertes après séisme

Thileli Hadjeb

Rapport de stage Master 2

Géographie Aménagement Environnement Développement

Parcours

Environnement Diagnostic des Territoires

Maîtres de stage :

- Guillaume Touya
- Samuel Auclair
- Jean-François Girres

Encadrante universitaire :

- Candide Lissak

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au bon déroulé de ce stage, les encadrants, les enseignants universitaires et toutes les personnes qui m'ont accueilli, encouragé durant la période précédente.

J'adresse mon premier remerciement à mes maîtres de stage, M. Guillaume Touya directeur de recherche, LASTIG, IGN, ENSG, Université Gustave Eiffel ; M. Samuel Auclair, ingénieur en risques sismiques au BRGM et M. Jean-François Girres, maître de conférences à l'Université Montpellier 3. Merci de m'avoir donné votre confiance et d'avoir cru en moi pour la réalisation des missions. Merci pour l'encadrement, vos encouragements, et votre bienveillance.

Je tiens à remercier particulièrement M. Justin Berli pour son aide, ainsi que tous les membres du LASTIG qui m'ont chaleureusement accueilli à l'IGN et avec qui j'ai eu des discussions très enrichissantes et j'ai beaucoup appris.

Je tiens à remercier ma tutrice universitaire Madame Candide Lissak, ainsi que tous les enseignants de géographie à l'université de Caen Normandie.

Sommaire

<i>Remerciements</i>	3
<i>Sommaire</i>	4
<i>1-Introduction</i>	5
<i>2-Etat de l'art et sources de données</i>	8
<i>3-Méthodologie</i>	15
<i>4-Validation du modèle</i>	38
<i>5- Nouvelles propositions cartographiques</i>	44
<i>6-Conclusion et perspectives</i>	52
<i>Bibliographie</i>	54
<i>Table des matières</i>	56
<i>Liste des figures</i>	58
<i>Annexes</i>	60

1-Introduction

La France métropolitaine réunit un nombre important de risques naturels. Pour y faire face et afin de protéger les enjeux vulnérables, la France dispose d'un arsenal d'organismes et de politiques de gestion et de prévention des risques. Le risque sismique n'est pas exclu de la liste des risques naturels en France. En effet, malgré que la France métropolitaine ne se situe pas à la limite des plaques tectoniques (où généralement, les séismes se produisent plus fréquemment et avec une intensité importante) il existe de nombreuses failles capables de générer un tremblement de terre. Plusieurs centaines de séismes se produisent en France chaque année à des endroits différents sur le territoire, essentiellement dus aux ajustements internes de la plaque de l'Eurasie qui rentre en collision avec la plaque africaine. Dans l'histoire, plusieurs séismes ont eu lieu et enregistrant des dégâts importants. (www.georisques.gouv.fr)

Les séismes ont des conséquences considérables selon la magnitude et l'intensité. Des conséquences humaines, matérielles et environnementales. Quand un séisme survient dans une zone urbanisée cela peut avoir des conséquences plus lourdes sur le bâtiment et sur le bilan humain. Les constructions subissent des dommages différenciés selon la solidité des constructions et leurs fondations, mais aussi le paramètre de proximité à l'épicentre joue un rôle fondamental. Le type de sol, la nature topographique, géologique et géomorphologique affectent la propagation des ondes sismiques à la surface.

Le séisme reste un phénomène imprévisible malgré les mesures et les recherches sur le sujet. La prévention et la mise en place des outils adaptés à la gestion de ce type de crise s'avèrent les meilleures solutions à envisager. La seule démarche qui reste c'est la prévention vue que nous ne pouvons pas intervenir pour diminuer l'intensité d'un séisme. La prévention inclut plusieurs points, cependant dans notre étude, nous allons nous attarder sur la gestion de la crise. En effet, pour mieux accompagner les acteurs de gestion de crise dans leur intervention sur le terrain, il est primordial de dresser un premier bilan dans la demi-heure qui suit la catastrophe et cela pour une meilleure gestion. En vue de cet objectif et dans le cadre du projet UrbaRiskLab, que le BRGM et l'IGN ont décidé de collaborer afin de mettre en place un outil de réponse rapide qui va servir d'appui aux acteurs de gestion de crise et qui s'adapte au même temps aux nouvelles technologies.

1-1-Présentation des structures

Ce stage fait partie d'une collaboration naissante entre le laboratoire LASTIG (IGN/EIVP/Université Gustave Eiffel) et le BRGM, dans le cadre du projet UrbaRiskLab.

1-1-1-Projet UrbaRiskLab URL

Centre de recherche pluridisciplinaire sur les risques et les crises en milieu urbain, UrbaRiskLab (<https://urbarisklab.org/fr/>) est un projet qui porte sur la thématique risque / crise en milieu urbain. Il a été lancé en 2018 pour une durée minimale de 4 ans. Le projet est financé par l'I-SITE FUTURE de l'Université Paris-Est et s'inscrit plus largement dans le cadre du programme d'investissements d'avenir de l'Etat. C'est un dispositif expérimental et évolutif qui fait émerger des recherches

innovantes et interdisciplinaires, s'intéresse à l'analyse multirisques, et proposant des approches et méthodes inédites. C'est dans le cadre du projet URL qu'une collaboration s'est créé entre le BRGM et l'IGN afin de mettre en place un dispositif cartographique qui représente les estimations de dommages après un séisme dans le but d'accompagner les acteurs de gestion de crise dans leur intervention sur le terrain.

1-1-2-BRGM

Bureau de recherches géologiques et minières, un établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC), c'est le service géologique national français pour les applications des sciences de la terre avec 6 grands enjeux qui structurent l'activité : la géologie et la connaissance du sous-sol ; gestion des eaux souterraines ; Risques et aménagement du territoire, ressources minérales et économie circulaire, transition énergétique et espace souterrain ; données, services et infrastructures numériques. (<https://www.brgm.fr/fr>). Dans le cadre de ce stage, c'est plutôt le service risques naturels particulièrement sismique.

1-1-3-LASTIG

Laboratoire en sciences de l'information géographique pour la ville intelligente et les territoires durables, les recherches couvre l'ensemble du cycle de vie de la donnée géographique ou spatiale de son acquisition à sa visualisation. Le LASTIG s'intéresse particulièrement aux référentiels géographiques spatiotemporels. LASTIG a trois tutelles : l'université Gustave Eiffel, l'IGN-ENSG, Ecole d'ingénieurs de la ville de Paris EIVP. Le laboratoire compte 4 équipes de recherche :

- ACTE : acquisition et traitements
- MEIG : médiation et enrichissement de l'information géographique
- STRUDEL : Structures spatiotemporelles pour l'analyse des territoires
- GEOVIS : Géovisualisation, interaction, et immersion

C'est au sein du laboratoire LASTIG dans les locaux de l'IGN au 73 avenue de Paris à Saint-Mandé où j'étais accueilli et encadrée pendant la durée du stage du mois d'avril à août 2021.

1-2-Présentation du stage et ses objectifs

Le stage est intitulé « Modes de représentation pour l'agrégation multi-échelles d'estimations rapides de pertes après séisme ». Derrière ce titre, l'objectif principal du stage est d'accompagner les acteurs de gestion de crises dans leur intervention sur le terrain après la survenance d'un séisme. Cet accompagnement se fait en leur proposant de nouveaux outils qui serviront d'éléments facilitants l'intervention dans le cadre d'une réponse rapide pour la gestion de la crise sismique. Notre rôle dans cette optique, est de concevoir des cartes adaptées à cette problématique.

En termes plus techniques, ce travail consiste à proposer des modes de représentation interactifs basés sur le principe de l'agrégation multi-échelle. Les cartes doivent inclure les estimations des

dommages humains et matériels (principales informations), cette information va être agrégée de manière différente selon les échelles de représentation.

Actuellement, le BRGM fourni une carte statique à échelle unique, c'est cette dernière que nous devons améliorer et remplacer par une carte interactive multi-échelles.

Le laboratoire LASTIG de l'IGN conçoit des outils de géovisualisation qui vont s'appuyer sur les simulations réalisées par le BRGM pour l'estimation des pertes liées aux séismes. Cela a pour but principal d'accompagner les acteurs de gestion de crise dans l'élaboration de leur connaissance situationnelle avec une représentation cartographique adaptée.

1-2-1-Missions confiées

Les missions principales qui m'ont été confiées dans le cadre du stage sont principalement :

- La préparation (téléchargement, nettoyage, organisation) des données ;
- Appliquer les différents traitements de généralisation cartographique ;
- La réalisation et la conception des cartes statiques à différentes échelles ;
- Le transfert des couches de données vers le web ;
- Etablir un questionnaire cartographique pour la validation des représentations ;
- Améliorer les représentations.

En résumé, c'est la réalisation des cartes multi-échelles agrégées adaptées aux nouvelles technologies comme le webmapping et les cartes interactives.

1-2-2-Intérêt du stage et lien avec la formation

Ce stage répond parfaitement aux attentes de la formation, car il m'a permis de mettre en pratique mes connaissances théoriques, mais de pousser encore plus loin mes limites et compétences. C'est à la fois la maîtrise des SIG et de la cartographie. En effet, d'une part le stage est principalement tourné vers l'utilisation des outils SIG (ARCGIS, QGIS). La majeure partie du travail effectué était destiné à la conception et la réalisation des cartes, en appliquant différents traitements de généralisation cartographique, ceci est ainsi accompagné par les choix de la sémantique adapté à la fois à l'objet géographique représenté mais aussi aux attentes des acteurs. D'autre part, le fait qu'il soit en lien avec la gestion des risques naturels et l'accompagnement des acteurs de gestion de crises, effectivement, notre formation est très attachée aux risques naturels de la prévision, la prévention à la gestion ; ainsi que l'accompagnement des décideurs et des acteurs de gestion de crise est un rôle que nous devrons assumer dans nos futurs métiers.

Cette opportunité à double volets, à la fois recherche et monde professionnel a développé en moi des compétences et un savoir-être correspondants fortement à la demande du marché du travail, sans oublier de souligner que ce stage est co-encadré par les deux plus grands établissements dans notre domaine (géographie, cartographie, gestion des risques, environnement) qui sont l'IGN et le BRGM.

2-Etat de l'art et sources de données

Actuellement c'est le BRGM qui fournit le document d'appui pour les acteurs de gestion de crise, particulièrement les crises sismiques. Ce document oriente ces acteurs, et dresse une ligne directrice pour déployer un certain nombre de moyens matériels et humains afin de faire face à la crise.

2-1-Présentation du document BRGM

Le service sismique du BRGM s'occupe depuis un certain moment de fournir aux pompiers (et autres acteurs de la gestion de crise) des documents sous forme de PDF. Ce document renseigne les informations essentielles concernant les estimations des dommages matériels et humaines. Cette représentation est basée sur les simulations générées par le BRGM.

Le document ci-après représente la maquette qui communique les informations fondamentales pour une réponse rapide. C'est le document résultant de plusieurs concertations avec les services de protection civiles et d'autres acteurs concernant le format des communiqués pour la gestion de crise postseismique.

Ce document contient différentes informations qui concernent la situation postseismique, ces informations sont sous forme de texte, schéma et carte :

- Des informations sur les paramètres du séisme ainsi que l'heure et date de sa réalisation ;
- Une synthèse de l'impact du séisme ;
- Une carte d'intensité ;
- Une carte représentative du nombre de blessés et de bâtiment partiellement ou totalement effondrés.

Ce document doit être amélioré et adapté aux nouvelles technologies, en le remplaçant pas des cartes web, interactives et multi-échelles, c'est l'objectif principal du Stage.

DOCUMENT À DIFFUSION RESTREINTE

Outil mis en place avec le soutien de l'Union Européenne

Interreg
POCTEFA
Fonds européen de développement régional



POCRISC



En collaboration avec :

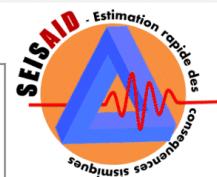


Séisme du 01/01/2018

Heure du séisme : 00:00:00 h. locale
(31/12/2017 - 23:00:00 GMT)

Magnitude (ML) : 7.0

Localisation épicentre :
Sarrancolin
lat. 42.99° / long. 0.40°



Contact
Email : seisaid@brgm.fr
Tél. 02 38 64 34 34

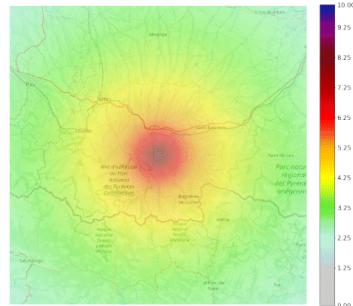
Bulletin SEISAIID - Pyrénées

Bulletin émis le : 11/03/2020 à 09:36 h. locale - n° 1

Avertissement : Ce bulletin est généré automatiquement et n'a pas été vérifié par un spécialiste.

Synthèse

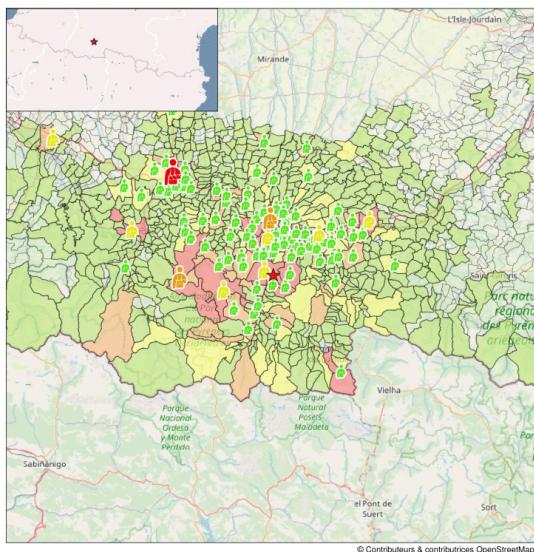
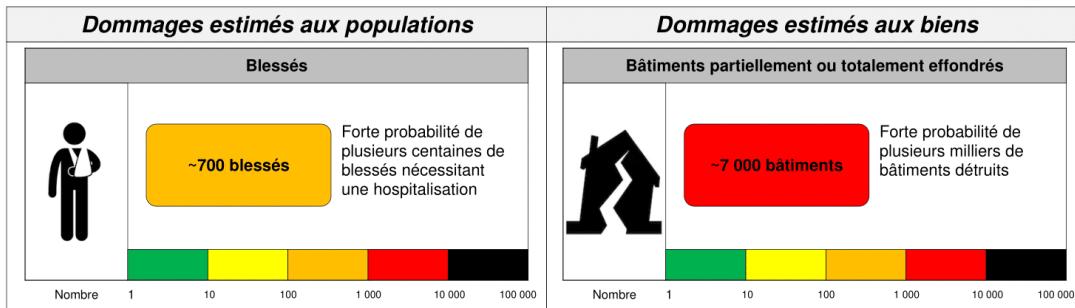
Le séisme a généré de très fortes secousses sismiques qui ont atteint au maximum une intensité VIII-IX à terre. Du fait de la vulnérabilité locale du bâti, des dommages majeurs sont possibles avec probablement plusieurs milliers de bâtiments détruits et plusieurs centaines de blessés à secourir.



Exposition des populations

D'après la carte estimant la sévérité des secousses sismiques réalisée par les partenaires du projet POCRISC, la population résidente exposée à des secousses violentes susceptibles de présenter un danger pour les personnes (intensité supérieure ou égale à VI) est estimée à 980 000.

Estimation des effets potentiels



★ Epicentre du séisme

Nombre de blessés

- 1 à 10
- 10 à 20
- 20 à 50
- plus de 50

Nombre de bâtiments partiellement ou totalement effondrés

- 1 à 10
- 10 à 20
- 20 à 50
- plus de 50

Les données qualifiant les caractéristiques du séisme sont fournies par les partenaires du projet POCRISC. Le bilan humain est estimé sur la base de la population résidente INSEE.

DOCUMENT À DIFFUSION RESTREINTE

Figure 1: Communiqué délivré par le BRGM aux acteurs de gestion de crise après un séisme.

2-2-Données disponibles

Afin de réaliser les missions confiées, nous devons tout de même nous appuyer sur des données différentes. Essentiellement celles qui concernent les estimations des dommages humains et matériels et des données contextuelles d'ordre secondaire mais toutes aussi importantes pour la lecture de la carte. Nous nous sommes servis évidemment de différents outils et plateformes : QGIS, ARCGIS, Geoserver, Openlayers, MapStudy.

Nous tenons aussi à préciser que durant ce stage, nous avons appliqué notre méthodologie sur des données de simulation de deux sites. Le premier c'est dans le secteur des Pyrénées, où se situe l'épicentre dans la commune de Bagnères-de-Luchon dans le département de la haute Garonne.

Ensuite, la même méthodologie avec des éventuelles améliorations a été appliquée sur un deuxième site, cette fois plus dense et très urbanisé à Nice dans les Alpes maritimes.

2-2-1-Simulations du BRGM

Les données fournis par le BRGM sont des estimations des dommages matériels et humains à l'échelle départementale, communale et à l'échelle des IRIS¹. Les calculs des dommages prennent en compte la vulnérabilité des enjeux et indiquent le taux de pertes en fonction du degré d'intensité des secousses.

Premièrement, l'intensité macroseismique (raster), et des données vectorielles dans un fichier Excel qui attribue à chaque circonscription l'intensité du séisme. Intensité « macroseismique » des secousses sismiques est la sévérité des secousses sismiques. L'échelle macroseismique européenne EMS-98 définit 12 niveaux d'intensité (cf. <http://www.franceseisme.fr/ems98.html>) notés en chiffres romains :

- I. Secousse imperceptible
- II. Secousse rarement perceptible
- III. Secousse faible
- IV. Secousse largement observée
- V. Fortes secousses
- VI. Dégâts légers
- VII. Dégâts
- VIII. Dégâts importants
- IX. Destructions
- X. Destructions importantes
- XI. Catastrophe
- XII. Catastrophe généralisée

¹ IRIS : selon l'INSEE, c'est une maille de découpage infracommunal, en quartiers dont la population est de l'ordre de 2000 habitants.

Il est important de retenir que le danger apparaît à partir de secousses d'intensité VI.

Les données concernant les dommages sur le bâti allant de la catégorie D0 à D5 selon le degré du dommage sont une description du nombre de bâtiments endommagés :

- D0 : aucun dommage ;
- D1 : dégâts négligeables à légers ;
- D2 : dégâts modérés ;
- D3 : dégâts sensibles à importants ;
- D4 : dégâts très importants ;
- D5 : destructions.

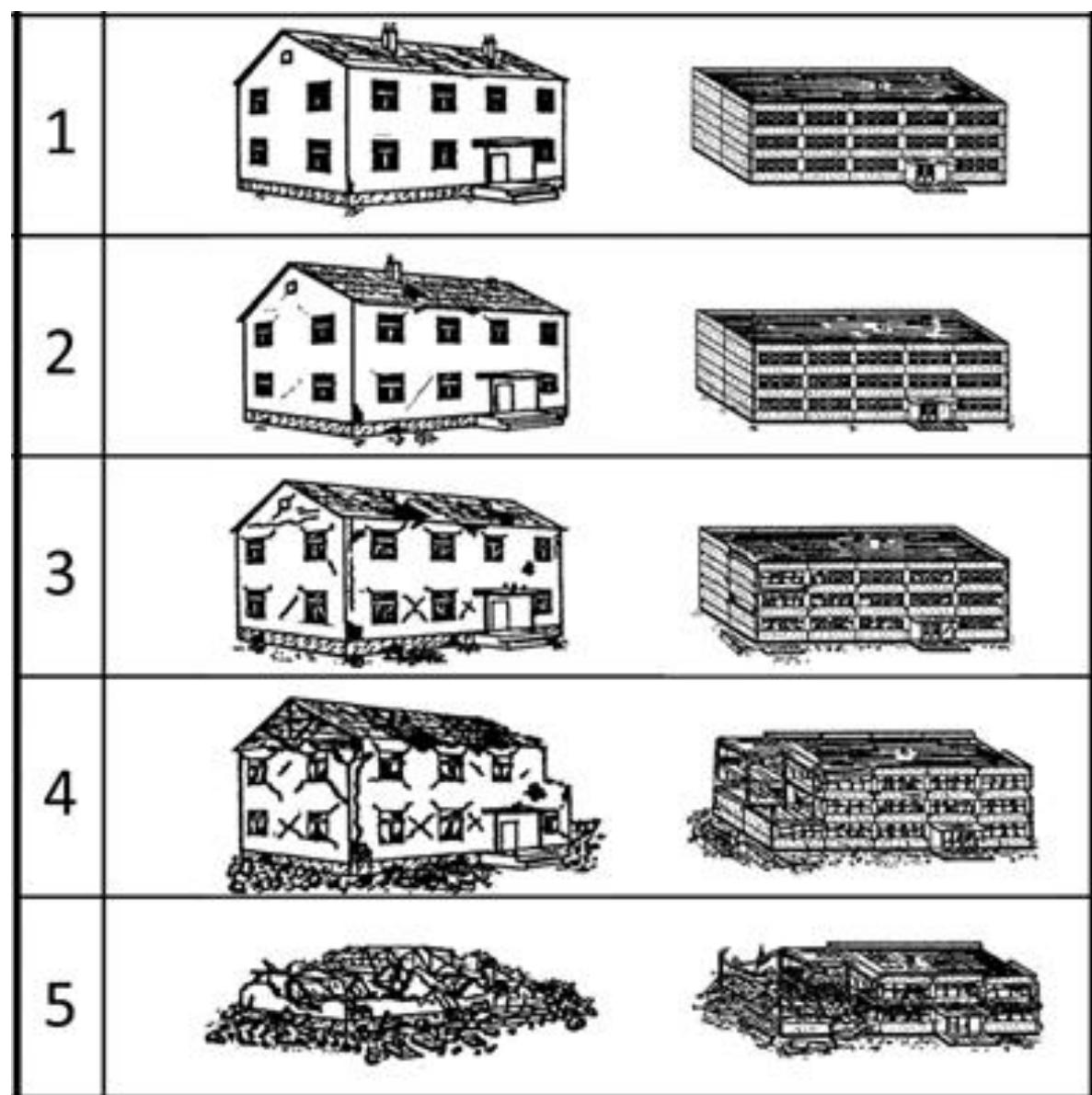


Figure 2: Différentes classes de dommage du bâti impacté par un séisme.

Les dommages physiques au bâti occasionnent différents types de victimes parmi les occupants avec des niveaux de blessures allant de P1 à P4 :

- P1 : blessés légers ne nécessitant pas d'hospitalisation ;
- P2 : blessés légers nécessitant une hospitalisation ;
- P3 : blessés graves (a priori sous décombres) ;
- P4 : décédés.

Et toutes ces informations sont disponibles à l'échelle départementale communale et des IRIS.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1	D0	D1	D2	D3	D4	D5	days	dcom_iris	reg_code	nbhab	commun	id_enje	dpt	iems	P0	P1	P2	P3	P4		
2	0 195.9	23.30	4.17	0.498	0.02	0.000	IR	9E+07	76 119.0	9008	53671	9 5.1782	118.98	0.010	0.10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
3	1 68.24	17.05	74.34	0.702	0.04	0.000	IR	9E+07	76 58.0	9011	53673	9 5.8638	57.972	0.020	0.03	0.38	0.000	0.000	0.000	0.000	
4	2 154.7	23.71	14.85	0.655	0.03	0.000	IR	9E+07	76 191.0	9014	53676	9 5.5629	190.95	0.030	0.03	0.38	0.000	0.000	0.000	0.000	
5	3 164.6	24.57	74.96	0.658	0.03	0.000	IR	9E+07	76 108.0	9017	53679	9 5.4724	107.97	0.010	0.01	0.19	0.000	0.000	0.000	0.000	
6	4 54.29	7.84	22.1.55	0.201	0.011	7.833	IR	9E+07	76 78.0	9018	53680	9 5.4178	77.984	0.010	0.01	0.12	0.000	0.000	0.000	0.000	
7	5 60.71	12.27	22.69	0.384	0.02	0.000	IR	9E+07	76 64.0	9025	53687	9 5.6188	63.980	0.010	0.02	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
8	6 114.8	13.30	4.25	0.317	0.320	0.017	0.000	IR	9E+07	76 124.0	9026	53688	9 5.4884	123.98	0.010	0.01	0.15	0.000	0.000	0.000	0.000
9	7 81.71	19.22	24.83	0.174	0.05	0.000	IR	9E+07	76 69.0	9027	53689	9 5.8395	68.969	0.020	0.04	0.21	0.000	0.000	0.000	0.000	
10	8 35.44	4.4	1554	0.714	0.082	0.00	2.300	IR	9E+07	76 44.0	9033	53695	9 5.0349	43.994	0.00	0.01	0.32	0.000	0.000	0.000	0.000
11	9 27.45	8.175	0.1	952	0.294	0.01	0.000	IR	9E+07	76 19.0	9034	53696	9 5.6874	18.991	0.00	0.01	0.10	0.000	0.000	0.000	0.000
12	10 180.7	21.55	14.09	0.518	0.02	0.000	IR	9E+07	76 200.0	9035	53697	9 5.3999	199.96	0.020	0.02	0.24	0.000	0.000	0.000	0.000	
13	11 22.62	2.25	91.03	0.374	0.041	0.001	1.082	IR	9E+07	76 38.0	9037	53698	9 4.9272	37.995	0.00	0.00	0.21	19.635964730335792e-05			
14	12 103.6	13.93	2.593	0.318	0.016	0.000	IR	9E+07	76 190.0	9041	53702	9 5.2521	189.96	0.02	0.02	0.21	0.000	0.000	0.000	0.000	
15	13 47.71	5.372	6.093	0.101	0.00	2.709	IR	9E+07	76 76.0	9046	53707	9 4.9634	75.990	0.00	0.00	0.49	0.000	0.000	0.000	0.000	
16										9047	53715	9 5.0044									

Figure 3: Fichier CSV, description des estimations des dommages.

- En rouge, les informations concernant les dommages liés au bâti, décrit en nombre de bâtiment par classes de dommages (D0 à D5).
- En jaune, les informations concernant le nombre de victimes par type de blessure de P0 à P4
- En noir, représente la valeur de l'intensité macroseismique associée au polygone « IEMS »
- En orange, c'est le nombre d'habitants

Les estimations rapides de dommages réalisées par le BRGM donnent lieu à la production de 4 fichiers :

- La carte d'intensité « macroseismique » des secousses sismiques, dite « Shakemap » : fichier de type raster « shakemap_iems.tif » ;
- Le calcul des dommages avec 3 niveaux d'agrégation des résultats :

- Niveau le plus résolu, à l'échelle de l'ilot IRIS ;
- Agrégation à l'échelle communale ;
- Agrégation à l'échelle départementale.

Chacun des trois fichiers CSV contenant la répartition des dommages comporte à minima :

- Un champ de jointure vers une couche SIG « shapefile » ;
- Le nombre d'habitants au sein de l'unité ;
- La valeur d'intensité « macroseismique » associée au polygone ;
- La description du nombre de bâtiments dans les différentes classes de dommages (D0 à D5) ;
- La description du nombre de personnes dans les différentes classes de victimes (P0 à P4).

Comme mentionné avant, ces données sont des estimations réalisées à partir des modèles qui prend en compte l'état des bâtiments et le nombre de résidents (grâce au carroyage de population de l'INSEE) croisé avec l'intensité du séisme. Cependant, il n'y a pas de représentation de l'incertitude de ces résultats

2-2-2-Données IGN

Pour pouvoir représenter ces données d'estimation de dommages simulées par le BRGM, il en faut des données support, qui vont servir pour contextualiser, géolocaliser et spatialiser l'information principale. Ces couches de données peuvent se traduire par un réseau routier, réseau hydrographique, limites administratives...etc. Pour cela il suffit de les télécharger sur le site de l'IGN (geoservices.ign.fr/), en effet l'IGN a rendu ses données libres et gratuites depuis le 1^{er} janvier 2021.

Dans le cadre de ce travail nous avons besoin d'un certain nombre de données :

- BDTopo : ce sont des données découpées à l'échelle départementale, les informations essentielles qui nous intéressent sont : le découpage communal, réseau routier et ferroviaire, les établissements de santé et les casernes de pompiers.
- BDCarto : ce sont des données découpées à l'échelle régionale, le réseau routiers et ferroviaire ainsi que les limites régionales, ...etc.
- AdminExpress : essentiellement pour la toponymie.
- BDAlti : va servir pour générer le réseau hydrographique à partir du modèle numérique de terrain.

2-3-Conclusion

Dans le but de dresser un bilan réaliste des pertes après un séisme cela nécessite une connaissance anticipée du nombre et de l'état des enjeux vulnérables (matériel et humains) et afin de faire des estimations capables de renseigner les acteurs de gestion de crise (SDIS², pompiers, services de protection civile ...etc.).

Il est tout à fait possible de représenter toutes les informations liées aux séismes sur une carte comme : la magnitude, l'intensité macroseismique, le nombre de bâtiments endommagés et la catégorie de dommage, ainsi que les blessés. Cependant, ces cartes vont susciter un effort pour la compréhension à cause de la densité des informations. Dont certaines malgré qu'elles soient importantes, ne sont pas nécessaire pour un groupe cible donné. Car selon sa fonction, il va interroger des informations plutôt que d'autres.

² SDIS : service départemental d'incendie et de secours

3-Méthodologie

La méthodologie que nous envisageons d'appliquer a pour but de répondre à la problématique exposée dans la partie précédente ; qui est : représenter toutes les informations importantes sans pour autant densifier la carte, qu'elle soit lisible et claire ; faire le choix par rapport aux informations à représenter mais aussi à la manière de les représenter et à quelle échelle.

A partir des données disponibles, nous avons décidé de réaliser une carte web multi-échelles interactive. Le premier test à Bagnères-de-Luchon avec les niveaux d'échelles suivants : 1/4,000,000 ; 1/1,000,000 ; 1/500,000 ; 1/250,000 ; 1/100,000 1/50,000. Les traitements que nous décrivons dans cette partie ont pour objectif de réaliser des cartes selon les besoins.

3-1-Préparation des données

Afin d'entamer la réalisation des cartes, il est nécessaire de travailler sur une base de données propre dans les moindres détails.

Première étape, le nettoyage des données : pour pouvoir les utiliser dans les logiciels SIG. Le nettoyage des données concernant les dommages matériels et humains peut se faire directement sur le fichier Excel. Ou des modifications peuvent être portées après la jointure avec les couches ayant des références spatiales (centroïdes ou polygones des départements/communes/IRIS). Exemple de modification : convertir les champs vers la version souhaitée (texte/ nombre réel/ ...etc).

Deuxième étape, Découpage : consiste à découper toutes les données à l'échelle de la zone d'étude pour éviter les traitements longs et économiser l'espace de stockage. Ces opérations sont simples à réaliser mais cela va faire la différence pour les traitements suivants.

Dans l'exemple ci-dessous, nous avons la donnée des IRIS découpés par rapport aux limites des zones bâties seulement, à l'échelle de la France. Pour délimiter une emprise spatiale sur laquelle nous allons essentiellement travailler, nous avons découpé cette donnée selon l'emprise de la zone d'étude.

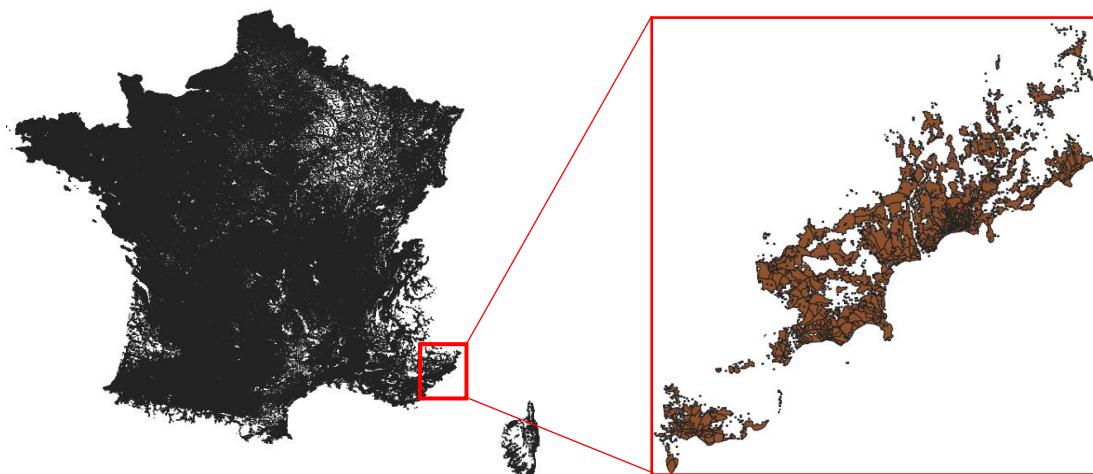


Figure 4: Découpage des IRIS selon l'emprise de la zone d'étude.

Troisième étape, les calculs : faire les calculs nécessaires pour les prochaines étapes, tels que :

- Faire la somme des bâtiments partiellement ou totalement détruits (D4/D5), car seulement ces catégories nécessitent une intervention rapide des pompiers. Ainsi que cela va leur permettre d'estimer les moyens à déployer pour gérer décombres. Cette décision de représenter que ces deux classes de dommage est prise conjointement avec les acteurs de gestion de crise, c'est la réponse à leur besoins et attentes.
- Faire la somme des différents types de blessés pour permettre aux pompiers d'estimer le nombre d'ambulances à mobiliser.

3-2-Traitements

Dans le cadre de ce stage j'ai eu à appliquer plusieurs traitements que nous utilisons souvent dans les SIG, ainsi que des opérations de généralisation manuelles ou automatiques. Commençons tout d'abord par expliquer le concept de la généralisation : La généralisation cartographique applique une série d'opérations visant à réduire le contenu et les détails d'une carte de manière à représenter de façon lisible les caractéristiques souhaitées souvent à une échelle réduite. A chaque fois, il faudra faire le choix de généraliser ou ne pas le faire, car cela dépend de la densité de l'information que l'on représente et sa dispersion spatiale, mais aussi de l'échelle de représentation. (Zhilin Li, 2006).

Une opération de généralisation mal placée peut générer une perte d'information, une illisibilité voire incompréhension de l'information. Essentiellement quand nous intervenons sur des éléments de repère (ex : limites communales) les utilisateurs, en particulier les pompiers connaissent parfaitement le découpage de leurs communes. En ces conditions, une généralisation très poussée peut perturber les utilisateurs.

En effet, certaines opérations de généralisation peuvent correspondre à certaines échelles et pas à d'autres. Cependant, il est possible de trouver des niveaux intermédiaires, de généralisation et de représentation à des échelles prédéfinies.

Concernant, la réalisation des cartes j'ai essentiellement fait des traitements sur le nombre de blessés, le nombre de bâtiments et sur quelques éléments contextuels :

3-2-1-Blessés

L'information sur les blessés est l'une des informations principales à représenter. Il est important de la mettre en avant à toutes les échelles.

D'un séisme à un autre, le nombre de blessés et leur répartition spatiale varie selon différents paramètres tels que : l'intensité des secousses, la densité de l'urbanisation, l'état des bâtiments mais aussi la réaction des gens face à la panique. De ce fait, il peut y avoir des conflits d'espace lors de la représentation cartographique. En effet, la concentration d'un nombre important de blessés dans une zone relativement restreinte fait que les symboles qui représentent un nombre de blessé par une circonscription donnée, ou un découpage administrative défini soient superposés ou se

chevauchent. Ce conflit rend la lecture de la carte compliquée et parfois brouillon. A partir de ce constat nous avons décidé de représenter les blessés de différentes manières à différentes échelles.

D'une part, choisir un découpage territorial auquel associer un symbole représentant un nombre de blessés. Car chaque valeur quantitative doit absolument se référer à un territoire. Aux petites échelles, il était évident de représenter les blessés sous forme de clusters, en regroupant les centroïdes des unités administratives pour former un cluster à l'échelle d'une autre unité administrative au-dessus de celle-ci. Ensuite, à des plus grandes échelles, les clusters peuvent se dissoudre et être représentés à l'unité. La méthode utilisée pour le clustering et l'agrégation des points est la suivante :

Le partitionnement en K-moyennes et les polygones de Voronoï.

-L'algorithme des partitionnements en K-moyennes, une fonctionnalité de QGIS. Il calcule le nombre de clusters k-moyennes en fonction de la distance 2D pour chaque entité en entrée. Il vise à partitionner les entités en k clusters dans lesquelles chaque entité appartient au cluster ayant la moyenne la plus proche. Si les géométries en entrée sont des lignes ou des polygones, le regroupement est basé sur le centre de gravité de l'entité. (Documentation QGIS).

Cet algorithme a généré un champ dans la table attributaire contenant un identifiant pour chacun des

clusters.

-Ensuite, la création des polygones de Voronoï. La polygonisation de Voronoï est une série de polygones créée à partir des points géolocalisés, où chaque polygone englobe un seul point. Ces points ont déjà un identifiant de cluster qui est le résultat de l'étape précédente (K-Moyennes). Les polygones contenant des points avec un identifiant de cluster identique seront fusionnés, et combinés pour enfin générer de nouveaux centroïdes pour les nouveaux polygones. Ce nouveau centroïde représente l'ensemble des blessés appartenant à un cluster donné. L'intérêt de ce traitement est de représenter un groupe de points par un seul à petites échelles.

Cette fonctionnalité existe aussi sur

ARCGIS sous le nom de « polygones de Thiessen ».

P1_P4	CLUSTER_ID	CLUSTER_SIZE
1	1	63
2	3	162
3	1	29
4	13	162
5	2	63
6	7	25
7	5	25
8	7	25
9	1	162
10	12	162
11	10	162
12	3	162
13	21	162

Figure 5: Identifiants des clusters générés par le K-moyennes.

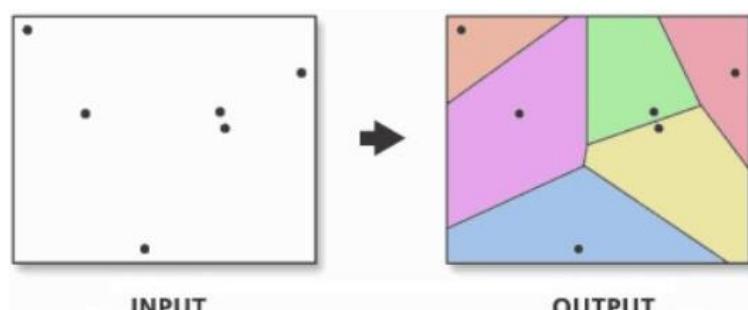


Figure 6: Polygones de Voronoï

Le schéma ci-dessous résume en général les étapes suivies pour la réalisation du Clustering des blessés.

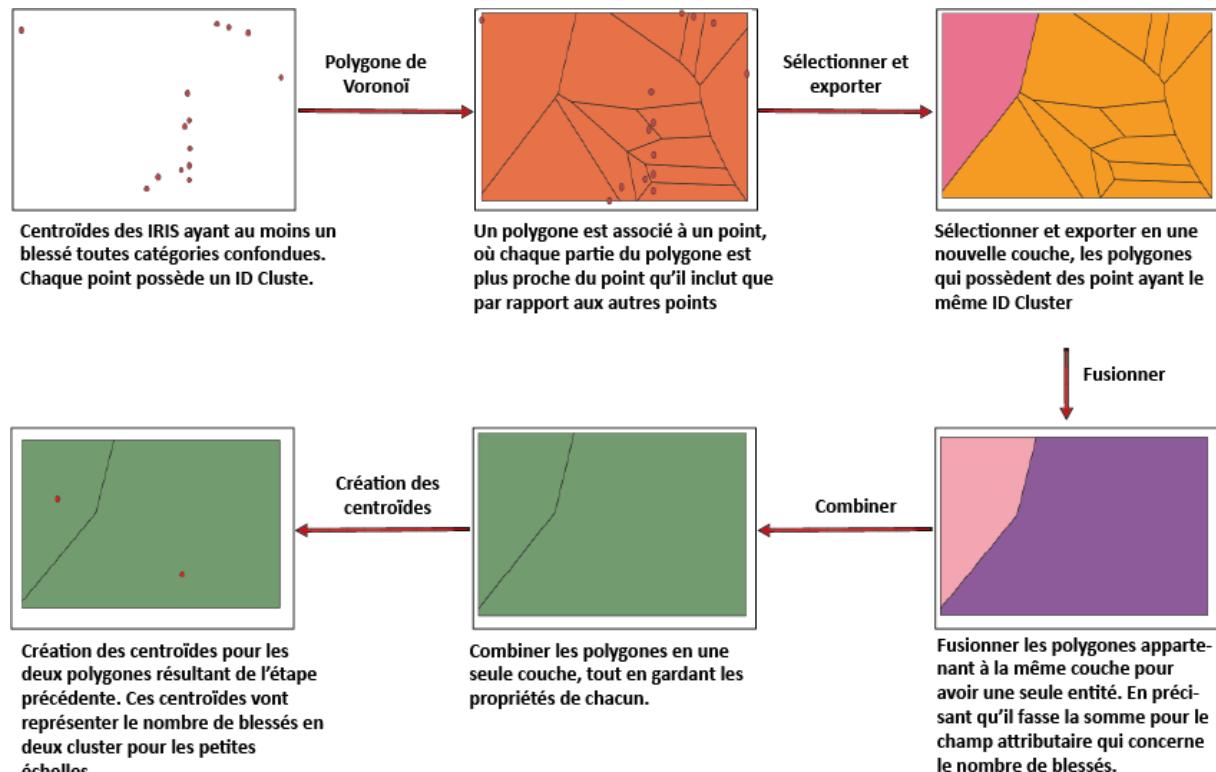


Figure 7: Schéma résumant les traitements pour le clustering

Comme mentionné avant ; chaque donnée quantifiée ou quantitative doit être associée à un territoire, en l'occurrence les clusters doivent avoir une référence spatiale. Pour le clustering réalisé pour ce site le découpage départemental semble très large et le découpage communal semble très restreint, c'est pour cette raison, nous avons choisi de les représenter au niveau des EPCI³. Pour représenter ces données avec cette référence spatiale, nous avons appliqué le même protocole méthodologique ci-dessus. Nous avons utilisé les centroïdes des communes ayant au moins un blessé, ensuite, la création des polygones de Voronoï. Lors de la fusion des polygones, nous avons fusionné les polygones qui se superposaient sur un EPCI donné (grâce à la sélection selon l'emplacement). Enfin, la fusion se fait en spécifiant que l'algorithme fasse la somme pour le nombre de blessés. Cette opération donne le même résultat que nous avons eu dans le schéma ci-dessus, mais cette fois associé à un découpage administratif du territoire.

Comme nous avons spécifié avant, les données concernant les blessés vont être représentées sous forme de cluster pour les plus petites échelles, et sans le cluster pour les plus petites échelles. La question qui se pose à ce niveau c'est la symbologie, comment les représenter ?

³ EPCI : établissements publics de coopération intercommunale

Il est évident que le nombre de blessés va être représenté par des symboles ponctuels (cercles gradués ou des cercles proportionnels). Il est aussi clair que deux informations différentes doivent être représentées par des symboles différents. Néanmoins, dans ce cas l'information sur les blessés agrégé en cluster et celle non agrégé, ne sont pas identique mais pour autant elles ne sont différentes ; car elles représentent la même information mais à des niveaux différents. Il a fallu faire un choix, et la décision finale n'est pas très différente du raisonnement. En effet, représenter les deux données avec le même symbole et la même couleur avec un léger contour pour le cluster afin de souligner le changement de niveau de représentation. Ceci facilite la lecture et évite de perturber l'utilisateur en basculant d'une échelle à une autre.

En ce qui concerne les classes, il est préférable de faire des classes assez standardisées avec des intervalles arrondis. C'est à la fois facile à lire et reproductible pour d'autres sites mais aussi c'est l'une des attentes des acteurs de gestion de crise, avoir des fourchettes et non pas des nombres précis.

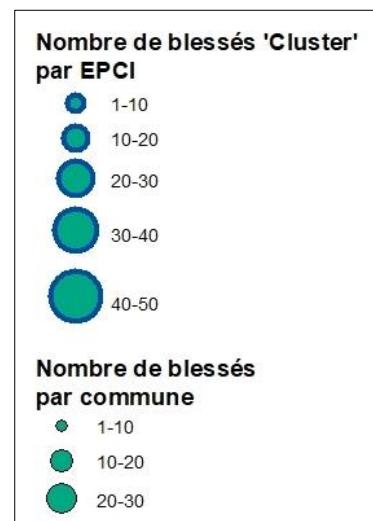


Figure 8: Les classes de la légende

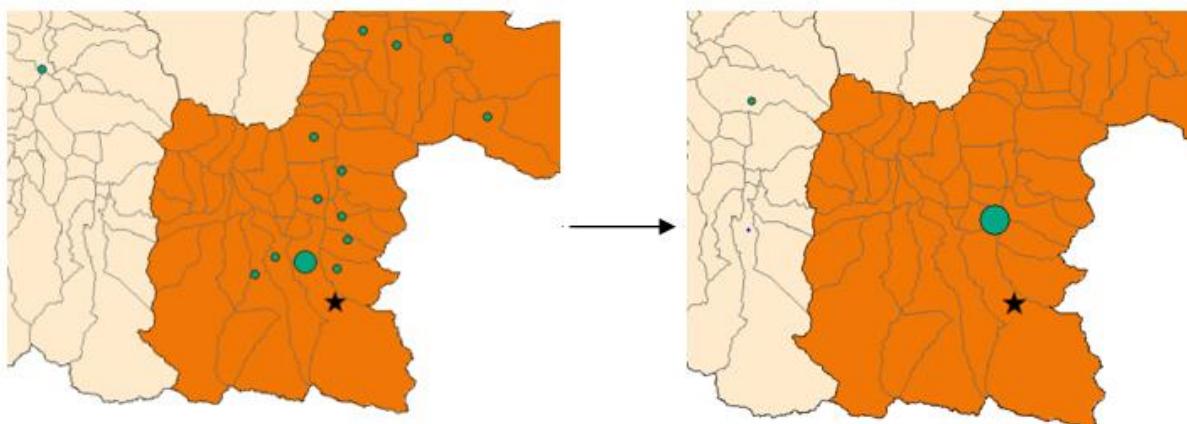


Figure 9: Répartition des blessés avant et après le clustering

D'autres possibilités peuvent être envisagées par la suite que j'ai testé durant le stage mais en raison du nombre très faible des blessés cela n'a pas été nécessaire, comme : afficher le type de blessure sous forme de camembert spécialement pour les catégories P2 et P3 celles qui intéressent le plus les pompiers car sont celles qui nécessitent une prise en charge médicale.

3-2-2-Bâtiments

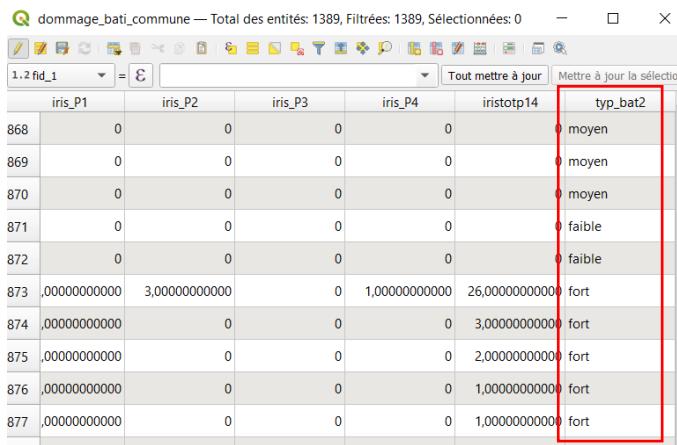
Le risque sismique impacte particulièrement les constructions lors de sa survenance. Et cet impact sur le bâti se répercute sur les habitants. De ce fait, les estimations sur ces dommages révèlent d'une importance capitale pour l'objet que nous voulons représenter dans ce travail.

Les estimations des dommages sur le bâtiment sont décrites par le nombre de bâtiments touchés par catégorie de dommage. Pour un premier aperçu à petite échelle, il est tout à fait possible de

représenter toutes les catégories sous forme qualitative comme dans les deux propositions de cartes ci-après.

Pour la réalisation de ces deux cartes, je me suis servie des données des dommages sur le bâti que j'avais joint auparavant à la table attributaire des communes en format polygone. En suite, j'ai ajouté un champ où j'ai rassemblé certaines catégories de dommage comme suit :

- D1+D2 : en sélectionnant les communes où $D1 \geq 1$ OR $D2 \geq 1$, puis attribuer la mention « Dommage négligeable léger à faible » dans les cases du nouveau champ
- D3 :en sélectionnant les communes où $D3 \geq 1$: « Dommage modéré »
- D4+D5 : en sélectionnant les communes où $D4 \geq 1$ OR $D5 \geq 1$ et écrire « Destruction partielle ou totale »



The screenshot shows a QGIS attribute table for a layer named "dommage_bati_commune". The table has 1389 entities. The columns are labeled: 1.2 fid_1, iris_P1, iris_P2, iris_P3, iris_P4, iristotp14, and typ_bati2. The last column, typ_bati2, contains categorical values: moyen, moyen, moyen, faible, faible, fort, fort, fort, fort, fort, fort, fort, fort. A red box highlights the typ_bati2 column.

1.2 fid_1	iris_P1	iris_P2	iris_P3	iris_P4	iristotp14	typ_bati2
868	0	0	0	0	0	moyen
869	0	0	0	0	0	moyen
870	0	0	0	0	0	moyen
871	0	0	0	0	0	faible
872	0	0	0	0	0	faible
873	0,000000000000	3,000000000000	0	1,000000000000	26,000000000000	fort
874	0,000000000000	0	0	0	3,000000000000	fort
875	0,000000000000	0	0	0	2,000000000000	fort
876	0,000000000000	0	0	0	1,000000000000	fort
877	0,000000000000	0	0	0	1,000000000000	fort

Figure 10: Catégories de dommage du bâtiment. En regroupant les classes dans la table attributaire.

Estimation des dommages matériels et humains après un séisme

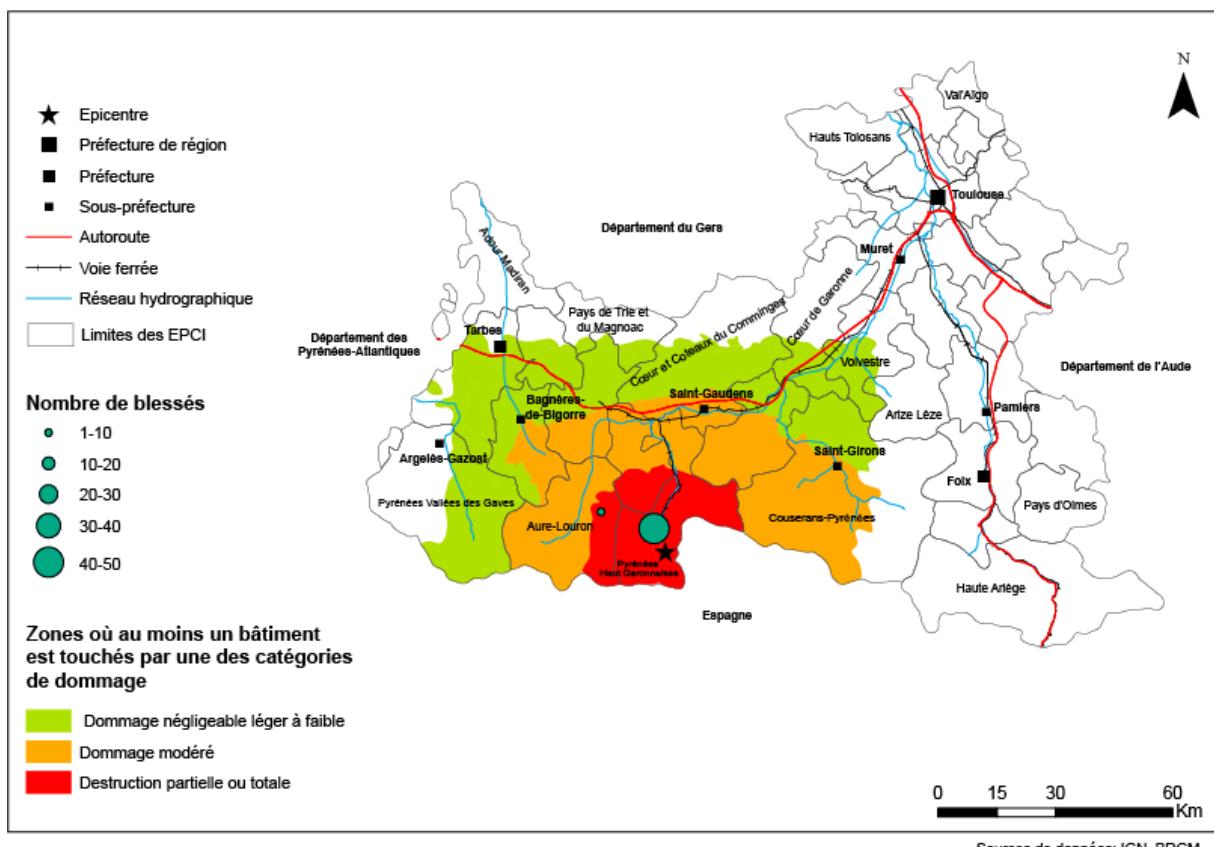


Figure 11: Carte 1 : 1 000 000, des estimations des dommages matériels et humains après un séisme. A Bagnères-de-Luchon.

Néanmoins, quelques traitements de généralisation ont été effectués comme la fusion des communes appartenant à la même catégorie de dommage parmi les trois cités précédemment. C'est dans le but d'avoir un visuel lisse et uniforme, parfois même il a fallu basculer certaines communes et les attribuer à d'autres catégories afin d'avoir un résultat plus homogène.

Nous avons ici deux propositions, pour deux sites : le premier dans les Pyrénées et le deuxième dans les Alpes-Maritimes. Nous avons changé le code couleur d'une proposition à l'autre comme réponse aux suggestions émises par certaines personnes qui ont répondu au questionnaire dont nous allons donner plus de détail plus tard. De ce fait, nous ne trouvons pas qu'une proposition est meilleure que l'autre car cela dépend de la perception des utilisateurs.

Estimation des dommages humains et matériels après un séisme

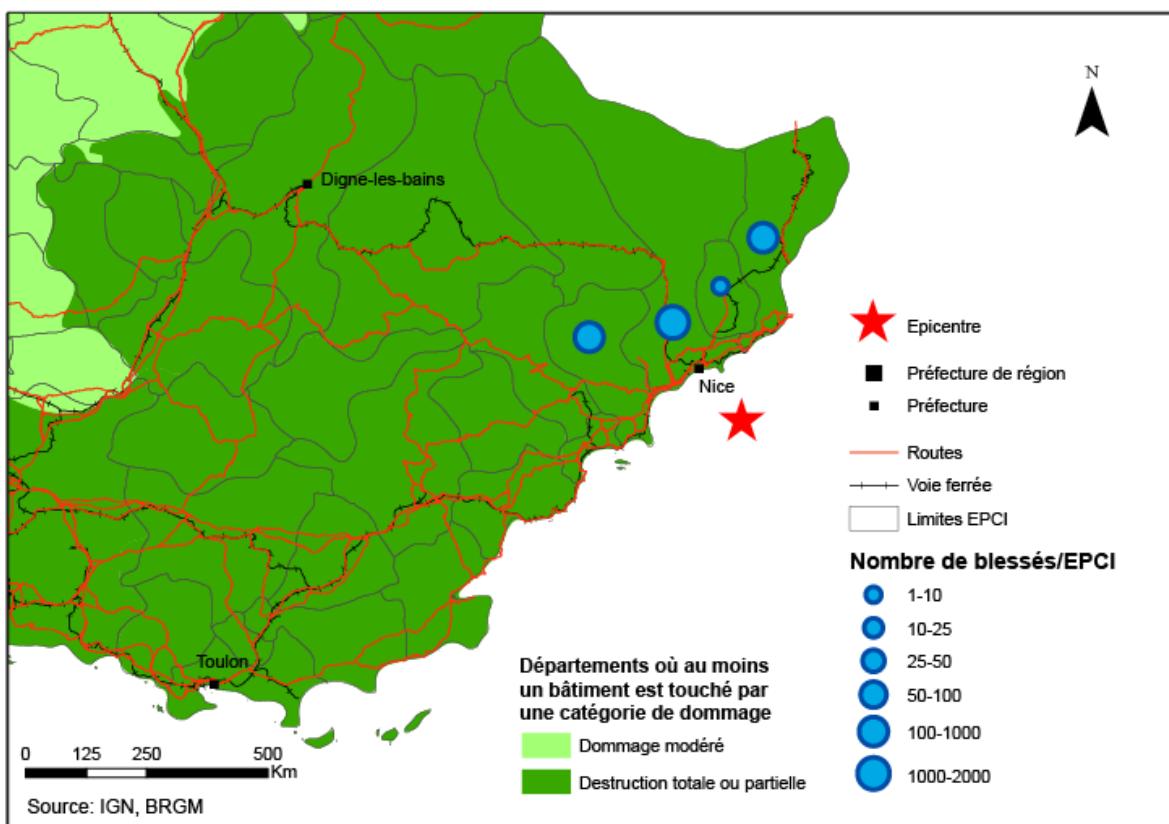


Figure 12: Carte 1 : 1 000 000, des estimations des dommages matériels et humains après un séisme. A Nice.

Si nous nous concentrons plutôt sur les plus grandes échelles au-delà du millionième, où le degré de précision est plus conséquent. Le même principe que les blessés, il est fondamental de territorialiser les dégâts liés aux bâtiments en les associant à des zonages administratifs. De la même façon que les blessés, il est aussi important de standardiser les classes de représentation, pour pouvoir s'adapter à d'autres crises.

Dans le cas où ces cartes sont uniquement destinées aux pompiers, afficher le nombre de bâtiments qui ont subi un dommage de catégorie D4 et D5 est suffisant, car cela permet à ces derniers d'estimer les moyens nécessaires à mobiliser sur le terrain.

Par conséquent, nous avons procédé au calcul de la somme des bâtiments décrits dans les colonnes de D4/D5 dans un nouveau champ et pour les différents niveaux (IRIS/Communes/Départements). Du moment que nous avons pris la décision de représenter les blessés à un niveau intermédiaire (EPCI), cette démarche va concerner également les bâtiments endommagés. Il suffit donc de sélectionner les communes contenues dans un même EPCI, les fusionner en spécifiant que l'algorithme doit faire la somme des bâtiments pour le champ D4+D5. Enfin combiner ces couches résultantes de la fusion.

Le résultat de ces traitements sont représentés dans la carte ci-après :

Estimation des dommages matériels et humains après un séisme

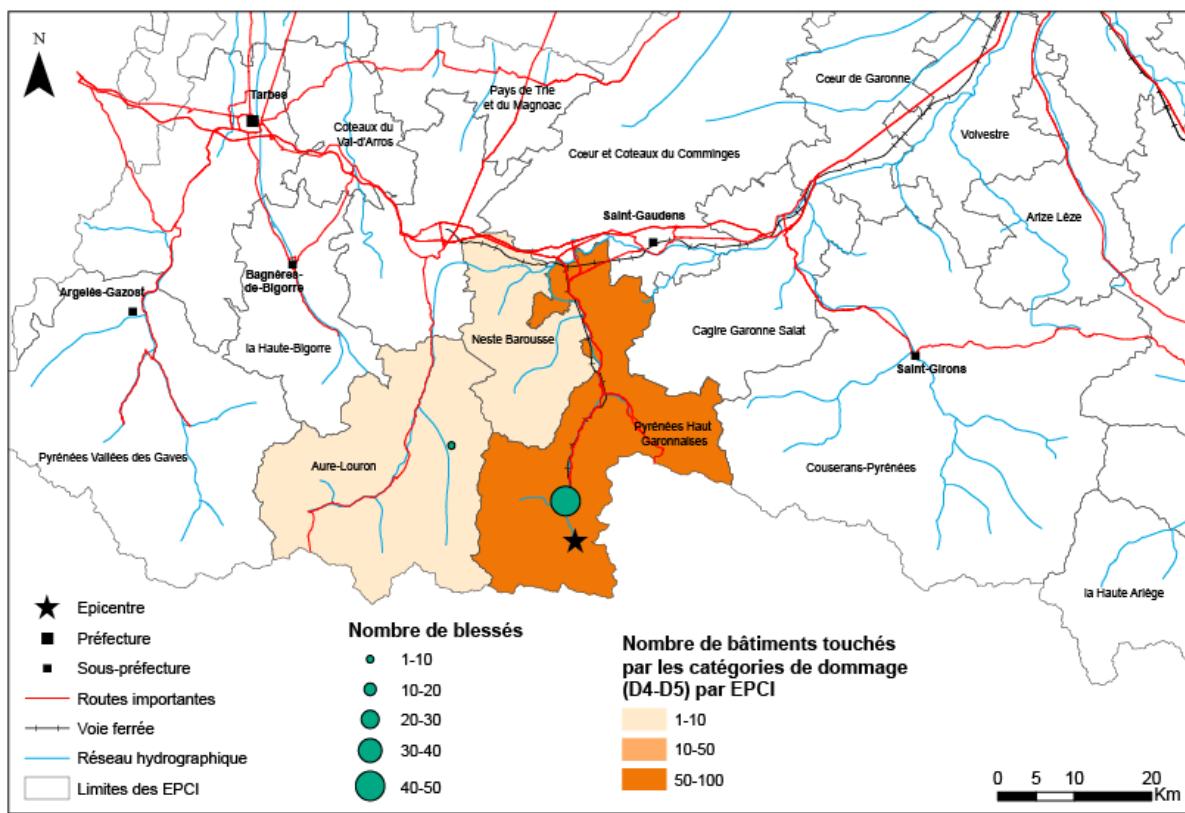


Figure 13: Carte 1 : 500 000, des estimations des dommages matériels et humains après un séisme. A Bagnères-de-Luchon

3-2-3-Eléments contextuels

Les cartes à représenter ne se résument pas seulement aux deux informations phares que l'on représente en l'occurrence les blessés et les bâtiments endommagés. D'autres informations contextuelles sont autant importantes et complémentaires pour la compréhension de la carte. Tels que la toponymie, les limites administratives, le réseau routier, et dans certains endroits le réseau hydrographique. Nous pouvons récupérer ces données facilement sur le site Géoservices de l'IGN (BDTopo, BDCarto, AdminExpress...etc.). Néanmoins, elles ne s'adaptent pas forcement à notre perception de représentation, ou au visuel attendu. Pour cette raison, ces données aussi doivent être retravaillés sur les SIG afin d'obtenir le résultat souhaité.

Certaines données ne nécessitent pas des traitements lourds consommateurs de temps et d'espace tels que : le lissage et la simplification des contours particulièrement pour les limites administratives très détaillés comme on peut voir sur les deux cartes ci-après :

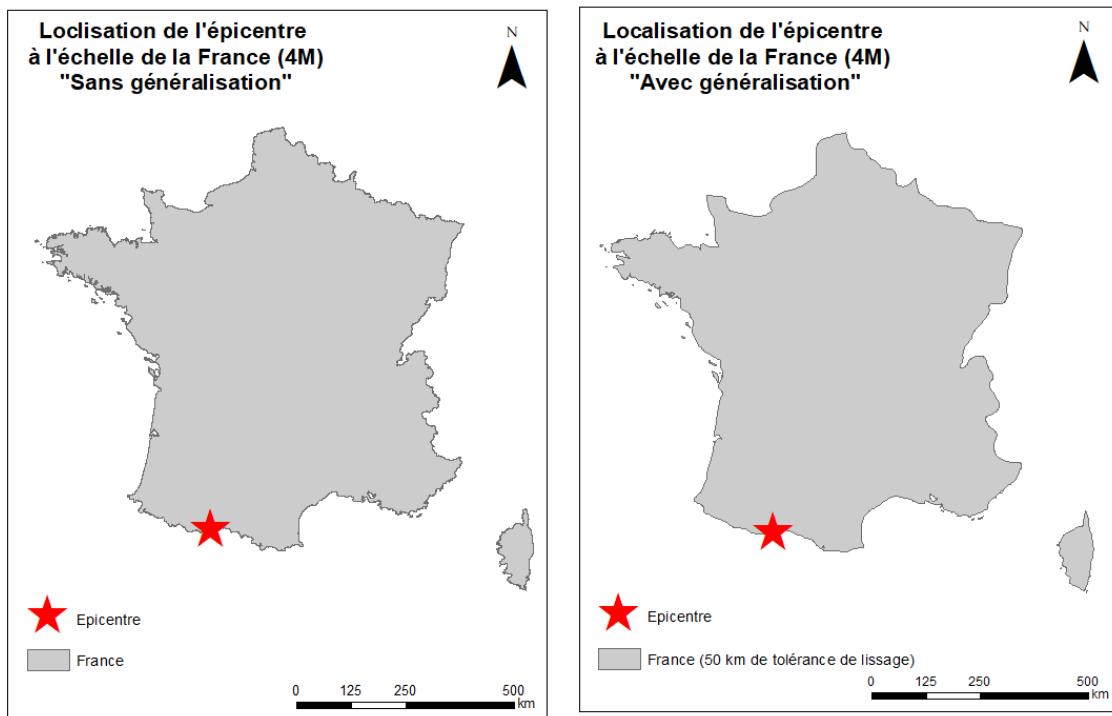


Figure 14: Cartes de localisation de l'épicentre à l'échelle de la France. La première sans généralisation. La deuxième avec généralisation par lissage du polygone.

Ou simplement la sélection des d'un chef-lieu selon son statut comme sur les images ci-dessous, avec la sélection des préfectures de régions.

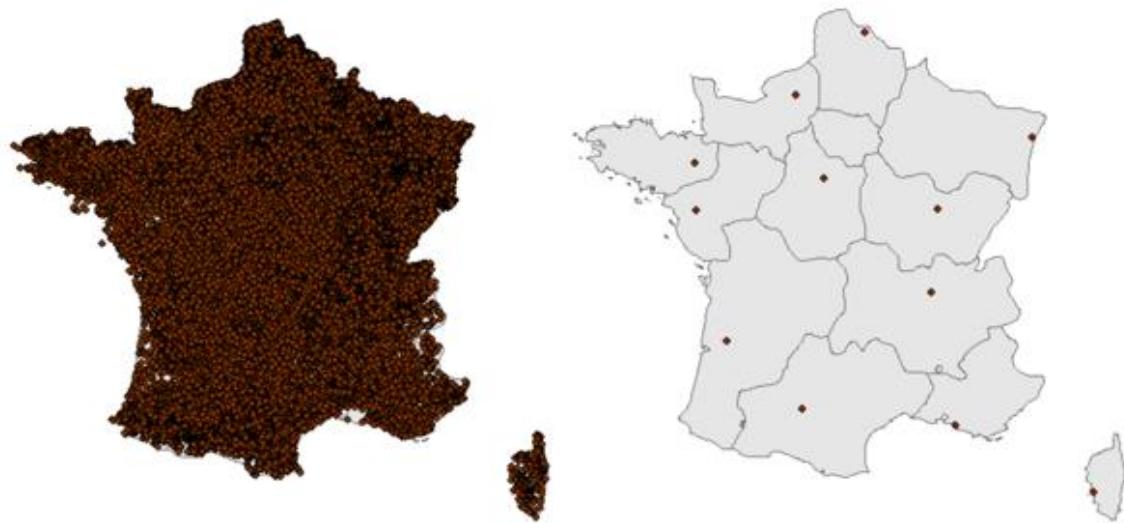


Figure 15: Sélection attributaire. Comparaison : avant et après la sélection des préfectures de régions parmi les chefs-lieux.

Cependant, d'autres données demandent des traitements plus longs et l'utilisation d'algorithme plus avancés.

-Premièrement, générer un réseau hydrographique via le modèle numérique du terrain MNT dont nous pouvons également en disposer grâce la BDAltı de l'IGN. En effet, le réseau hydrographique dans la BDTopo est très dense, et très omniprésent dans la carte alors qu'il ne constitue pas l'information principale à mettre en avant. C'est pour cette raison, nous avons généré un réseau hydrographique en choisissant seulement les cours d'eau d'ordre 3, 4 et 5 selon la hiérarchie de Strahler.

Le protocole méthodologique détaillé de ces traitements se trouve en annexe.

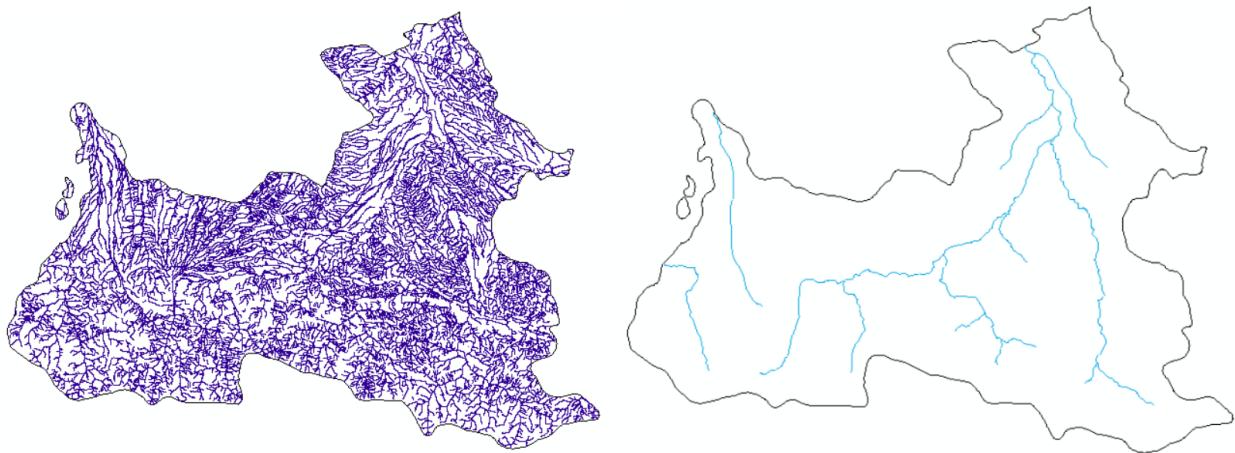


Figure 16: Deux cartes représentant le réseau hydrographique. La première c'est les tronçons résultant des opérations de génération via le MNT. La deuxième c'est après la sélection des cours d'eau d'ordre 3/4/5 selon la hiérarchie de Strahler.

-Deuxièmement, nous avons jugé que le réseau routier constitue une information essentielle pour contextualiser autour des deux informations principales. Le réseau routier est une donnée disponible et référencée à tous les niveaux administratifs. Cependant, nous n'avons pas besoin de cette densité de tronçon : d'une par rapport à l'objet des cartes le réseau routier va servir de repère et non pas d'une information à transmettre. Ensuite cette densité de réseau routier n'est effectivement pas possible de la représenter en l'état pour la majorité des échelles sauf pour des plans à très grandes échelles.

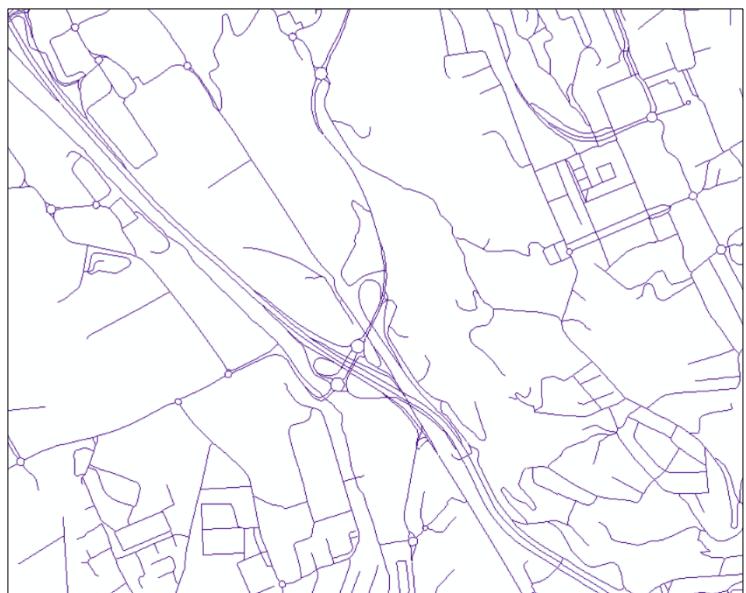


Figure 17: Tronçons de réseau routier de la BDTopo.

En effet la généralisation du réseau routier consiste à optimiser la lisibilité de la carte finale, en réduisant les détails qui ne sont pas forcément utiles pour notre objet de représentation. Quant au processus de généralisation des routes, nous avons suivi quelques étapes avec plusieurs algorithmes dont nous avons expérimenté une logique d'enchaînement de traitements qui semble fonctionner pour notre besoin.

Prendre les tronçons de routes à partir de la BDTopo de l'IGN, dans ARCMAP, nous obtenons l'image ci-dessous ; sachant que toutes les captures ont été prises au même endroit et à la même échelle qu'est : 1:10 000. Il faut noter que la généralisation que nous avons appliquée dans cette méthodologie, les résultats sont constatables à partir d'une certaine échelle, plus l'échelle est grande plus nous pouvons constater les changements.

- Premier traitement exécuté, c'est la sélection. En effet dans la table attributaire de cette couche, il y a plusieurs champs qui nous permettent de faire la première étape de généralisation en ne sélectionnant que les routes ayant une importance de 1 et 2 (Autoroutes et grands axes notamment des routes nationales et départementales). C'est une simple sélection attributaire, puis exporter les entités sélectionnées en une nouvelle couche.

ROUTE							
NOM VOIE	D	IMPORTANCE	CL ADMIN	GESTION	MISE SERV	IT VERT	IT EUROP
	1	Autoroute	ARE	NR	Oui	E70	Nc
	1	Autoroute	ARE	NR	Oui	E712	Nc
	1	Autoroute	SFT	NR	Oui	E70	Nc
	1	Autoroute	SFT	NR	Oui	E70	Nc
	1	Autoroute	SFT	NR	Oui	E70	Nc
	1	Autoroute	SFT	NR	Oui	E70	Nc
	1	Autoroute	SFT	NR	Oui	E70	Nc
	1	Autoroute	ARE	NR	Oui	E70	Nc
	2	Départementale	73	NR	Oui	NC	Nc
	1	Autoroute	SFT	NR	Oui	E70	Nc
	1	Autoroute	ARE	NR	Oui	E712	Nc
	1	Autoroute	ARE	NR	Oui	NC	Nc
	1	Autoroute	ARE	NR	Oui	E712	Nc
	1	Autoroute	SFT	NR	Oui	E70	Nc
	1	Autoroute	SFT	NR	Oui	E70	Nc
	1	Autoroute	SFT	NR	Oui	E70	Nc
	1	Autoroute	ARE	NR	Oui	NC	Nc
	1	Autoroute	SFT	NR	Oui	E70	Nc
	1	Autoroute	SFT	NR	Oui	E70	Nc
	1	Autoroute	ARE	NR	Oui	E70	Nc
	1	Autoroute	SFT	NR	Oui	E70	Nc
	1	Autoroute	ARE	NR	Oui	E70	Nc
	1	Autoroute	SFT	NR	Oui	E70	Nc

Figure 19: Sélection des routes ayant une importance de 1 et 2 dans la table attributaire.

Et nous avons obtenu un résultat déjà assez bien dégagé. Une diminution considérable de la densité de l'information. Cette sélection nous permettra aussi d'économiser le temps des traitements suivants qui consistent plutôt à réduire les détails et lisser le résultat final.

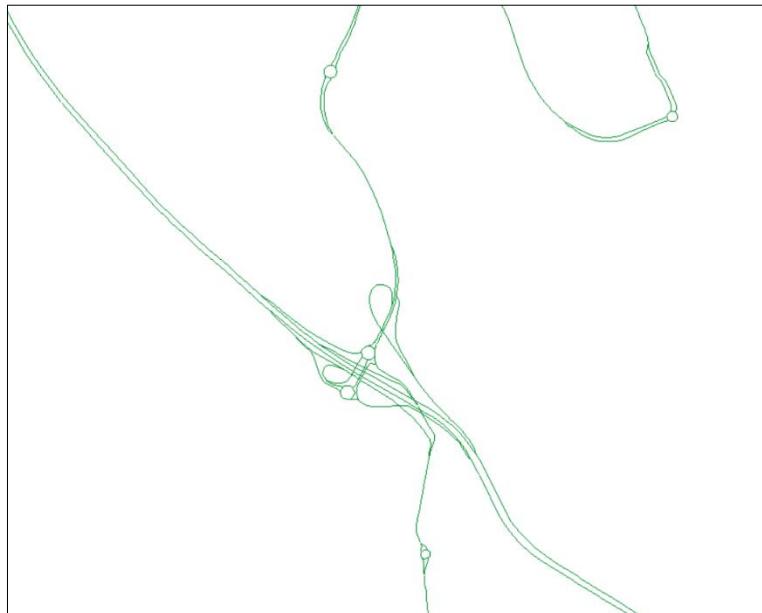


Figure 18: Tronçons de routes d'importance 1 et 2.

La deuxième étape : les traitements de généralisation automatique :

1-Fusionner les routes séparées : plusieurs essais, et ça dure environ 45 minutes.

Cet algorithme consiste à fusionner les voies en paire et parallèles en une seule ligne. Il sert à simplifier le réseau routier présenté à grande échelle.

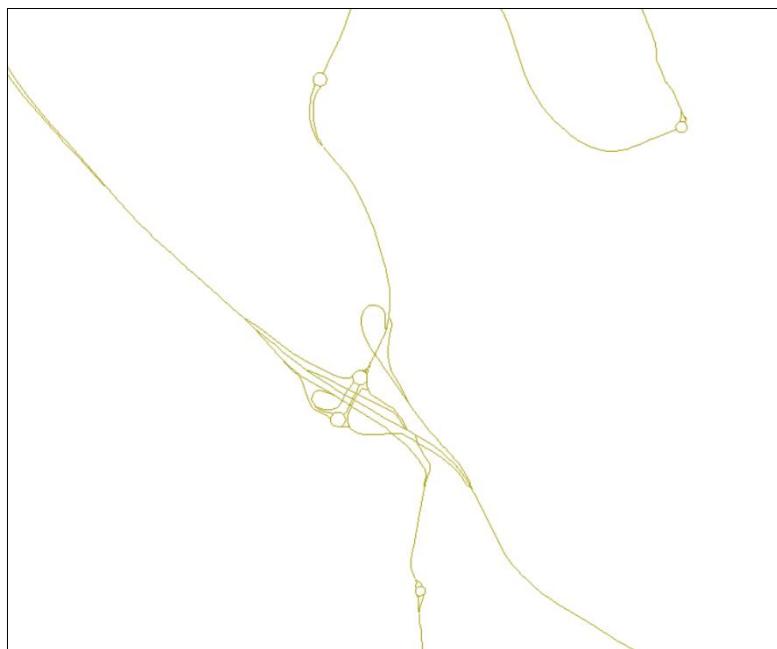


Figure 20: Résultat de la fusion des routes parallèles séparées.

2-Réduire le détail des routes : appliquée sur la couche résultante de l'étape précédente (fusion des routes séparés).

Cet outil sert à réduire les configurations tels que les ronds-points et des petites interruptions puis les remplacent par une ligne directe simplifiée.

3-Alléger le réseau routier : exécuter sur la couche en sortie du traitement précédent, et cet outil ne propose pas de couche en sortie.

Cet algorithme génère un réseau routier qui conserve la connectivité et les caractéristiques générales sans pour autant modifier ou supprimer des entités.



Figure 21: Résultat de la réduction du détail des routes ainsi que l'allégement du réseau routier.

Plusieurs autres outils peuvent s'avérer très utiles dans la généralisation automatique d'un réseau routier : exemples : « Tronquer une ligne » qui sert à supprimer les entités superflues dans la couche, « Résoudre le conflit de routes » qui évite le chevauchement et la superposition des symboles sans pour autant fusionner les routes parallèles, cet outil est recommandé juste après la fusion des routes séparés. Ensuite nous avons les outils plus simples comme le lissage des lignes pour adoucir les sommets et simplifier le réseau routier.

Pour notre cas, les traitements réalisés sont suffisants ainsi que nous n'avons pas le temps d'expérimenter tous les outils.

Notant tout de même que les traitements de généralisation de routes doivent être réalisés auparavant pour tout le territoire et stockés dans une base de données bien organisées. Car dans un objectif de réponse rapide (plus au moins 30 minutes après l'avènement du phénomène), il serait impossible de réaliser ces traitements et les représentations en un temps aussi restreint.

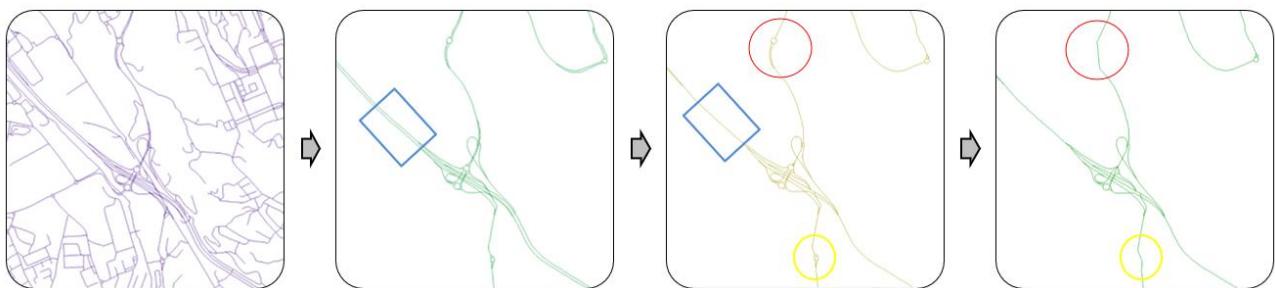


Figure 22: Les changements apportés par les différents algorithmes de généralisation du réseau routier.

3-3-Réalisation des cartes statiques

Dans le but de réaliser une ou des cartes, il est primordial de définir certains paramètres en répondant à des questions tels que : Qu'est-ce que nous voulons réellement représenter ? La carte sera destinée à quel public ? et dans quelles circonstances ? Quel est son intérêt ? Quelles sont les informations du premier rond, et du second rond ? Ces informations doivent être représentées sous quelle forme ?

Si nous décidons de présenter ces cartes à des pompiers, la première ligne d'intervention dans ce type de crise ; Alors :

-Les dommages liés aux bâtiments : Les catégories D4/D5 qui peuvent éventuellement susciter une intervention lourde avec des moyens spécifiques. Ainsi faudrait définir une circonscription comme contexte spatial qui va servir de support sur lequel nous représentons les dommages.

-Les blessés : il faudrait toujours une référence territoriale ainsi faire une agrégation pour éviter le chevauchement et la superposition des données à certaines échelles.

-Définir une symbolologie adaptée, pour laquelle ce type d'utilisateurs sont relativement à l'aise et facilement interprétable.

-Choisir les éléments contextuels comme : le réseau routier, réseau hydrographique, limites administratives, toponymie, établissement hospitaliers et casernes de pompiers. Toutes ces données doivent être représentés à des échelles adéquates, et être généralisés pour celles qui en nécessitent.

La première carte est la carte au 4 millionième qui sert à localiser l'épicentre du séisme à l'échelle de la France. Nous avons représenté les régions de France avec une simplification des polygones à 50Km de tolérance.

Carte 1:4 000 000 Localisation de l'épicentre à l'échelle de la France

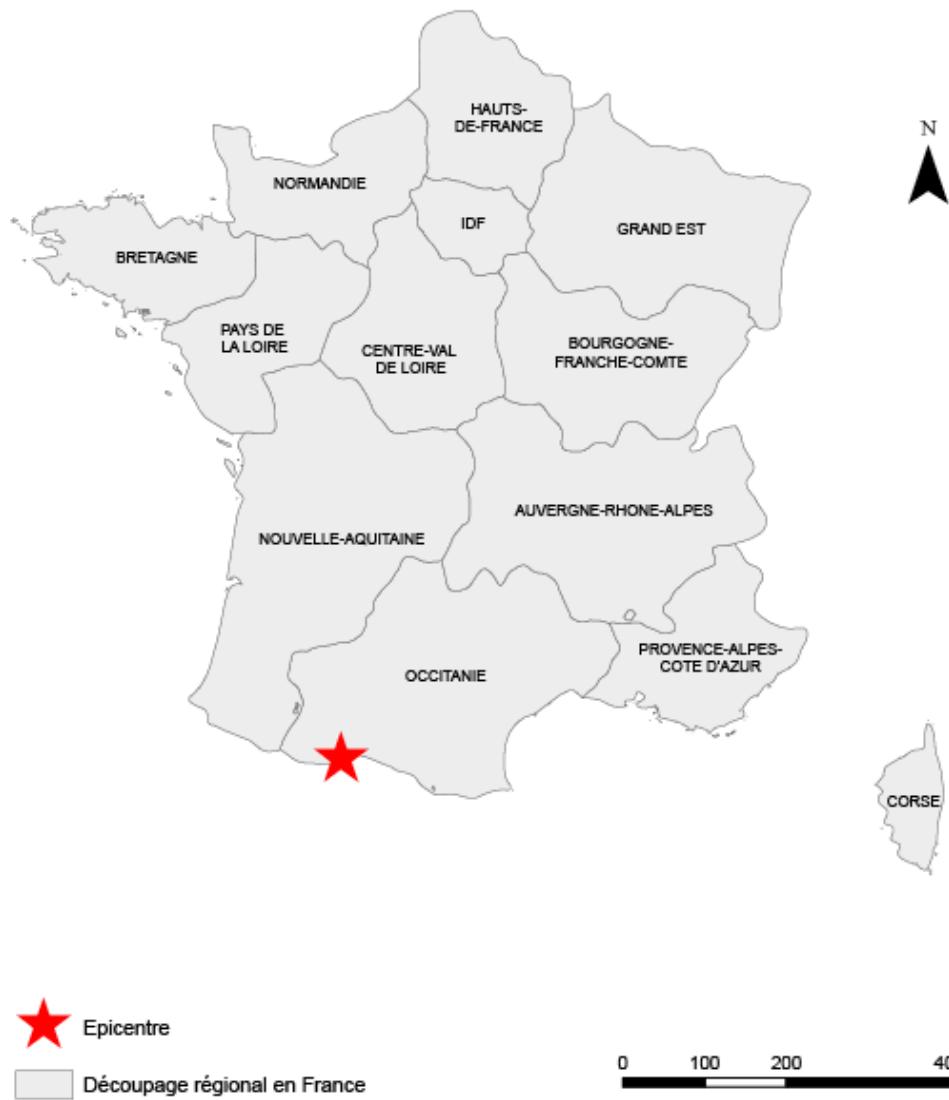


Figure 23: Carte 1 : 4 000 000. Localisation de l'épicentre du séisme

Deuxième carte à 1/1,000,000 où nous présentons :

- le degré de dommage sur le bâti avec un aplat de couleurs du rouge pour les plus touchés vers le vert pour les moins atteints
- le nombre de blessés agrégé tout à fait représentatif à cette échelle avec des symboles gradués et sous forme de clusters.
- La toponymie, limites administratives ainsi que les grands axes routiers n'encombrent pas la carte et ajoutent de la précision et du contenu.

Carte 1:1000 000
Estimation des dommages matériels et humains après un séisme

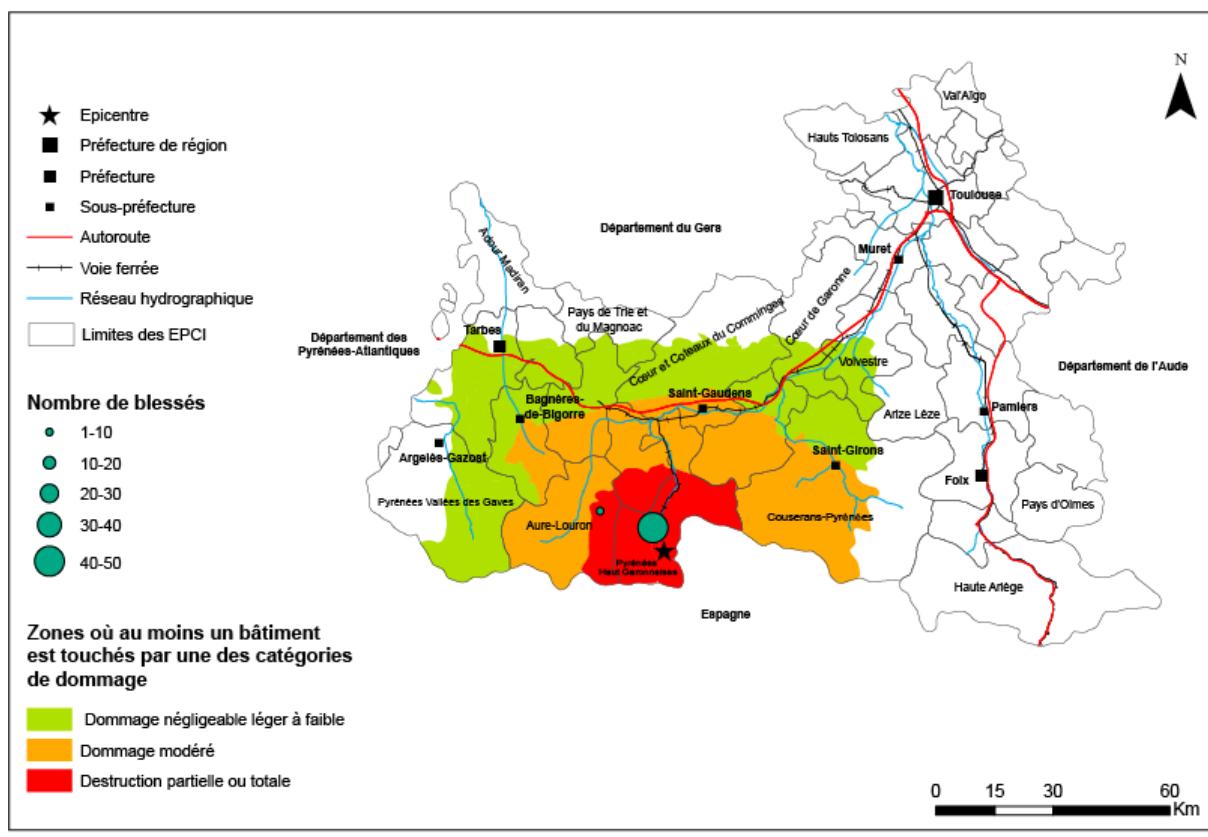
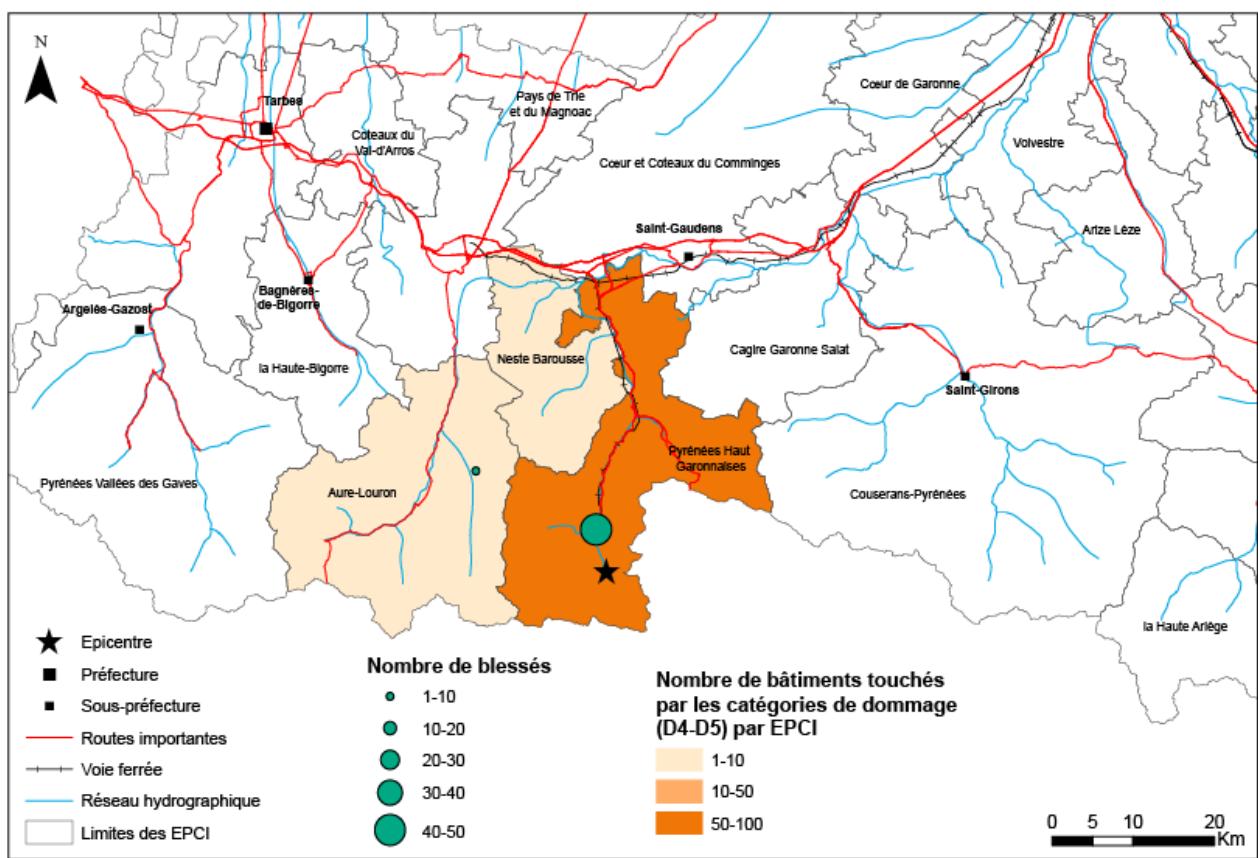


Figure 24: Carte 1 : 1 000 000, des estimations des dommages matériels et humains après un séisme. A Bagnères-de-Luchon.

Troisième carte à l'échelle du 1/500,000 où nous représentons :

- Le dommage lié aux bâtiments avec des classes standardisées qui représentent le nombre de bâtiments touchés par EPCI.
- Les blessés sous forme de cluster aussi sur cette carte.
- Ainsi que les éléments contextuels décrits précédemment.

Carte 1: 500 000
Estimation des dommages matériels et humains après un séisme



Sources de données: IGN, BRGM

Figure 25: Carte 1 : 500 000, des estimations des dommages matériels et humains après un séisme. A Bagnères-de-Luchon.

Quatrième à l'échelle du 1/250,000 où nous représentons :

-les dommages liés aux bâtiments de la même manière que la carte au 1 :500,000

-les blessés sans le clustering, avec des symboles gradués représentent le nombre de blessés par communes. A cette échelle, il est tout à fait possible de le représenter de cette façon sans avoir un conflit spatial. Et pour cette raison nous avons ajouté les limites communales pour référencer les blessés spatialement.

Estimation des dommages matériels et humains après un séisme

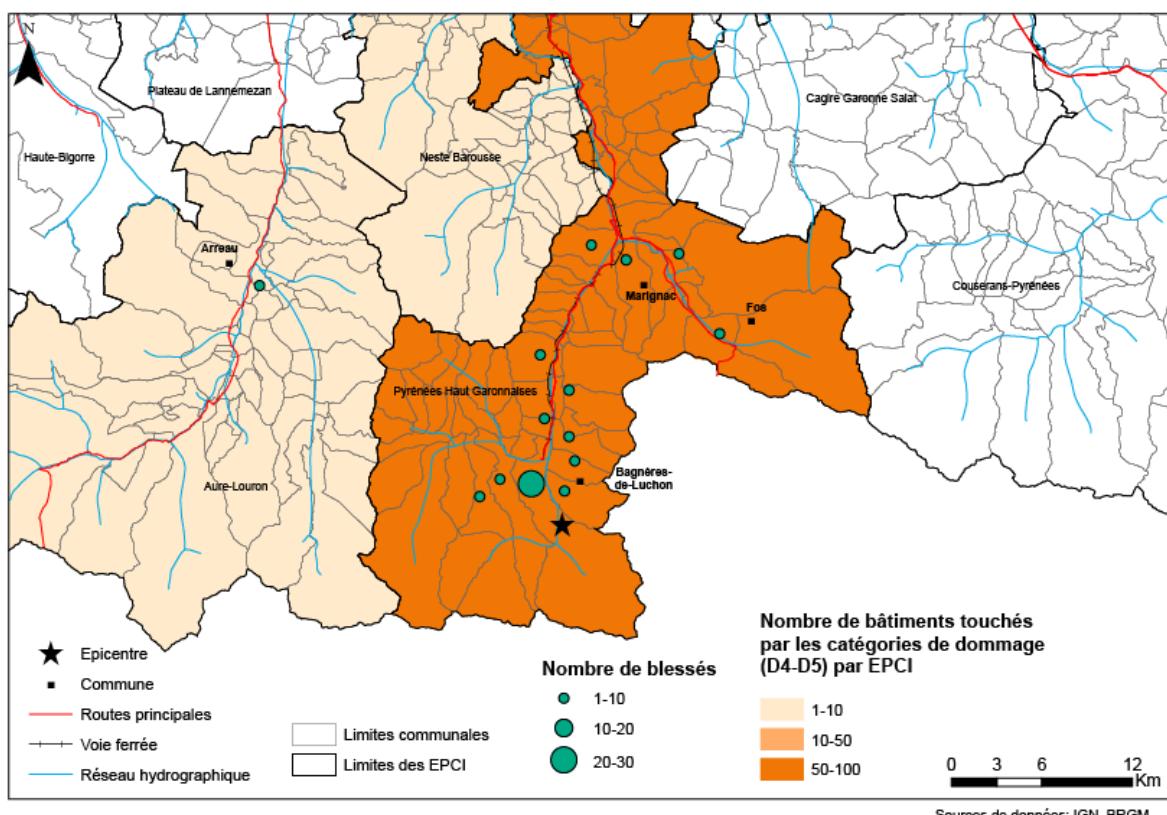


Figure 26: Carte 1 : 250 000, des estimations des dommages matériels et humains après un séisme. A Bagnères-de-Luchon.

Cinquième carte à l'échelle du 1/100,000 où nous représentons :

- les dommages liés aux bâtiments en couleur surfaciques mais cette fois à l'échelle communale.
- les blessés aussi sont représentés à l'échelle des communes. C'est pour cela il est nécessaire d'afficher les limites communales pour le référencement. A cette échelle les limites ne sont pas généralisées car apparemment les gens se repère mieux essentiellement s'ils connaissent le secteur.
- concernant les éléments contextuels, la localisation des chefs-lieux et nous avons ajouté les hôpitaux les plus proches des secteurs là où se concentre le plus de blessés, alors sont les plus susceptibles d'accueillir les blessés. Ainsi que des symboles pour représenter les casernes de pompiers particulièrement celle qui se trouve à proximité des communes les plus atteintes.

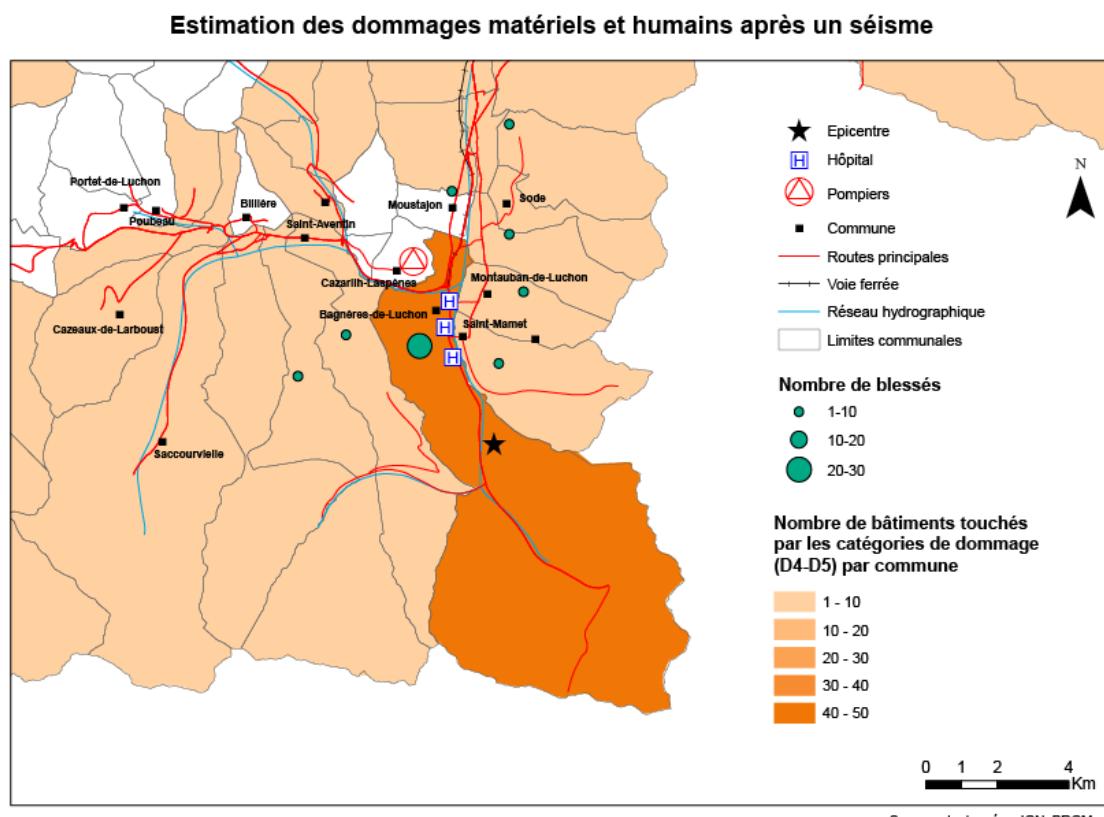


Figure 27: Carte 1 : 100 000, des estimations des dommages matériels et humains après un séisme. A Bagnères-de-Luchon.

Sixième carte à l'échelle du 1/50,000, la plus grande échelle de représentation pour ce secteur de Bagnères-de-Luchon, où nous représentons :

-le nombre de bâtiments touchés par des dommages sur un découpage particulier qui est celui des IRIS recoupé par les zones bâties. Notons que dans cette zone d'étude les limites des IRIS se superposent sur celles des communes, c'est pour ça nous avons le même nombre de bâtiments endommagés à l'échelle des communes et des IRIS.

-Les blessés sont dans la même perspective que les bâtiments.

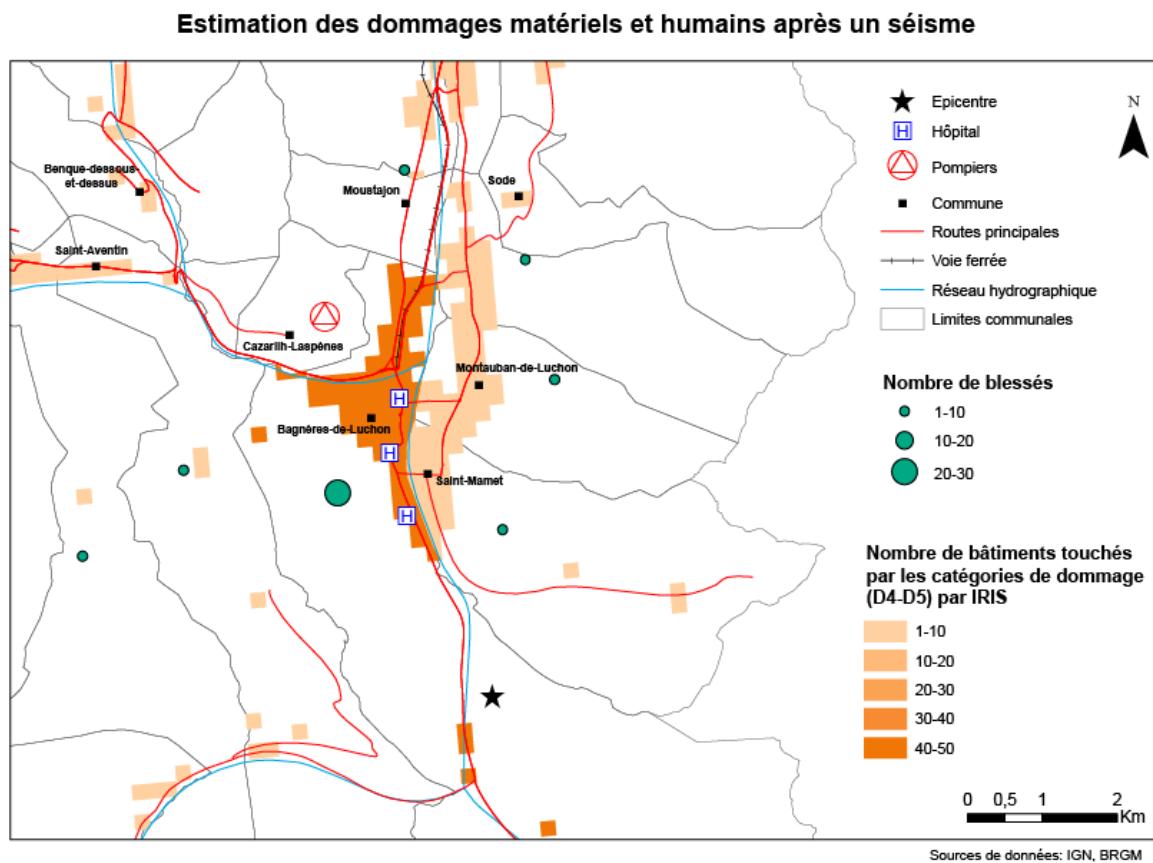


Figure 28: Carte 1 : 50 000, des estimations des dommages matériels et humains après un séisme. A Bagnères-de-Luchon.

A part les précautions et les choix qu'il a fallu faire en termes de données à mobiliser, il est important de la même manière d'en faire des choix pour la sémiologie. Le choix des symboles, de leurs couleurs et de leurs tailles nécessite une réflexion :

-pour les couleurs en dégradé, faudrait faire attention que les couleurs ne sous-estiment ou ne surestiment pas l'objet représenté.

-la forme des symboles ponctuels doit correspondre à l'objet que l'on veut afficher, exemple ce n'est pas très facile d'interpréter des symboles gradués avec une forme de triangle, c'est plus habituel avec des formes rondes.

3-4-Web-Mapping

Dans l'optique de partir sur une carte multi-échelle interactive, consultable sur écran, il faut transférer les représentations statiques sur le web afin d'atteindre l'objectif réalisation d'une carte multi-échelle et interactive.

La symbologie et les styles de représentation adoptés dans les cartes statiques doivent être conservé en fichier SLD, dans le but que chaque couche de donnée soit accompagnée de son style.

Plusieurs plateformes de serveurs web en open sources permettent de partager et de gérer des données géographiques sous différentes formes (raster, vecteur...etc.). Dans cette étude nous allons utiliser la plateforme Geoserver.

3-4-1-Geoserver

Le Geoserver est un server informatique open source qui donne la possibilité de manipuler et de publier des données géographiques. La page de Geoserver se présente de cette manière sur l'image ci-dessous. Il est relativement simple d'utilisation, il suffit de créer un espace de travail, ensuite importer les couches qui nous intéressent et en parallèle importer les styles des couches en format SLD enregistré au préalable sur QGIS. Une fois la couche chargée, il faudrait la configurer (le système de référence de coordonnées, l'emprise, le style ...etc.), mais aussi recréer la carte en faisant une composition de couches bien ordonnées.

Bienvenue

Bienvenue
Ce service GeoServer appartient à **The Ancient Geographers**.

56 Couches	Ajouter une couche
9 Entrepôts	Ajouter un entrepôt
1 Espaces de travail	Créer un espace de travail

⚠️ Le mot de passe maître de ce serveur n'a pas été modifié par rapport à celui par défaut. Il est **fortement** recommandé de le modifier maintenant. [Changez-le](#)

⚠️ Le mot de passe d'administration de ce serveur n'a pas été modifié par rapport à celui par défaut. Il est **fortement** recommandé de le modifier maintenant. [Changez-le](#)

ⓘ Cryptographie forte disponible

La version de cette instance GeoServer est **2.19.1**. Pour de plus amples informations, veuillez contacter le [responsable du service](#).

Capacités du service

TMS	1.0.0
WMS-C	1.1.1
WMTS	1.0.0
WCS	1.0.0 2.0.1 1.1.0 1.1.1 1.1
WFS	1.0.0 1.1.0 2.0.0
WMS	1.1.1 1.3.0

Figure 29: Page d'accueil de la plateforme Geoserver.

Il existe aussi, une option pour prévisualiser les cartes et sous différentes plateformes comme sur OpenLayers, Google Earth...etc.

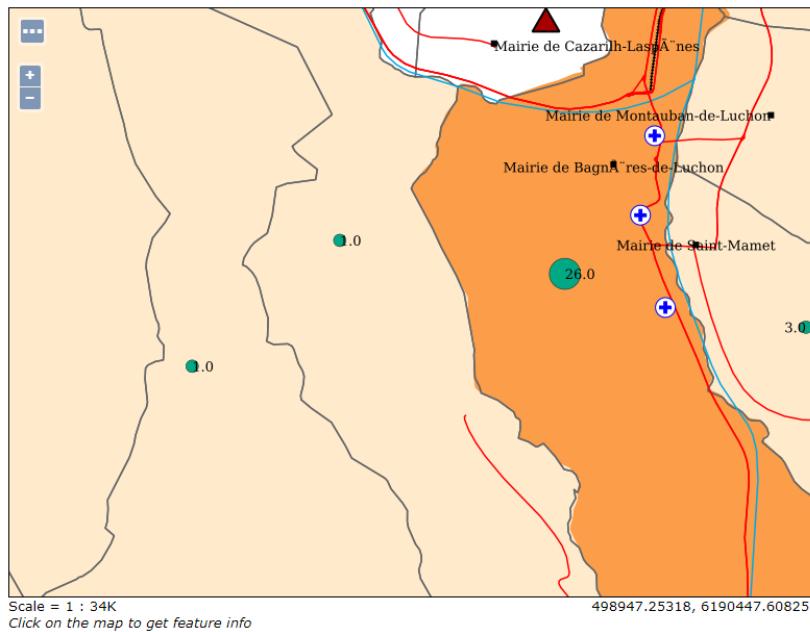


Figure 30: Exemple de prévisualisation de la carte sous OpenLayers.

3-4-2-OpenLayers

Une fois que toutes les configurations sont terminées, il faut envoyer ces cartes sur une page web. Pour cela, il fallait chercher dans la bibliothèque d'OpenLayers un code qui correspond au flux que nous voulons générer.

Dans ce code, il faut entrer à chaque fois l'url du flux WMS fourni par Geoserver (car ces cartes sont en format raster) ainsi définir un niveau de zoom minimal et un niveau de zoom maximal pour chaque carte selon son échelle

Ex : carte au millionième c'est entre le niveau de zoom 8 et 9.

```
var wmsLayer1M = new ol.layer.Tile({
  //extent: [-0.311, 42.565, 2.089, 43.901],
  source: new ol.source.TileWMS({
    url: 'http://serveur-carto.ign.fr:8080/geoserver/wms',
    params: {'LAYERS': 'seisme:1M'},
    ratio: 1,
    serverType: 'geoserver',
  }),
  minZoom: 8,
  maxZoom: 9,
  zIndex: 20,
});
```

Figure 31: Une partie du code utilisé pour afficher la carte sur le web. Langage HTML.

4-Validation du modèle

Jusqu'ici, les choix concernant les modes de représentation ont été pris en comité restreint. Il est intéressant de valider ces modèles auprès des utilisateurs tels que les pompiers et les acteurs de gestion de crise mais aussi des avis de cartographes, géographes et géomaticiens sont tout à fait intéressants à recueillir. La validation va se faire à travers un questionnaire cartographique à diffuser en ligne.

4-1-Enquête via un questionnaire et son intérêt

Le présent questionnaire est conçu pour récolter des informations qualitatives sur le travail, et a pour but d'aider à améliorer nos représentations.

Afin de réaliser ses cartes, plusieurs suggestions, idées ont été sujet à débattre dans nos nombreuses réunions. Les questions étaient centrées sur la meilleure méthode de représentation et quels sont les éléments à représenter et sous quelle forme. Après la réalisation des cartes, nous avons organisé le questionnaire pour vérifier nos hypothèses :

Hypothèse 1 : Nous avons tout d'abord mis l'hypothèse concernant l'utilité d'une carte interactive dans le cadre de la gestion de crises, une carte interactive aura-t-elle une plus-value par rapport aux documents existants jusqu'ici ?

Hypothèse 2 : L'importance de représenter les informations à différentes échelles. Une carte multi-échelle va-t-elle servir l'objet que l'on veut représenter avec l'emboîtement des échelles, et le changement de niveau d'information à chaque échelle ?

Hypothèse 3 : Concernant le niveau d'agrégation. Agréger les données à petites échelles et éviter l'agrégation à des grandes échelles. Des niveaux d'agrégation intermédiaires sont-ils nécessaires ?

Hypothèse 4 : Le choix des éléments contextuels qui vont servir d'éléments de repère. Est-ce que ces éléments peuvent varier en fonction de la zone d'étude ?

Hypothèse 5 : Le choix de la sémiologie graphique et les règles cartographiques. Peut-on les réadapter par rapport à nos besoins ?

Hypothèse 6 : Les utilisateurs pourront-ils se repérer dans une carte interactive sans se perdre ?

De manière plus générale, nous voulons apprendre sur la lisibilité des cartes, la clarté de l'information que nous présentons.

4-1-1-MapStudy

La plateforme MapStudy (<https://github.com/uwcrtlab/mapstudy>) a pour intérêt de mettre en place des enquêtes cartographique pour tester des modèles cartographiques. Cette plateforme propose un grand panel de possibilités pour pouvoir concevoir un questionnaire complet. Le plus important c'est que nous avons la possibilité de naviguer sur une carte interactive et répondre aux questions en fonction des informations décelés sur la carte. En ce qui concerne les questions, elles peuvent être formulées de manières différentes : questions à réponses courtes/ longues, à menu déroulant, choix multiple, choix de classes, échelle Likert ...etc.

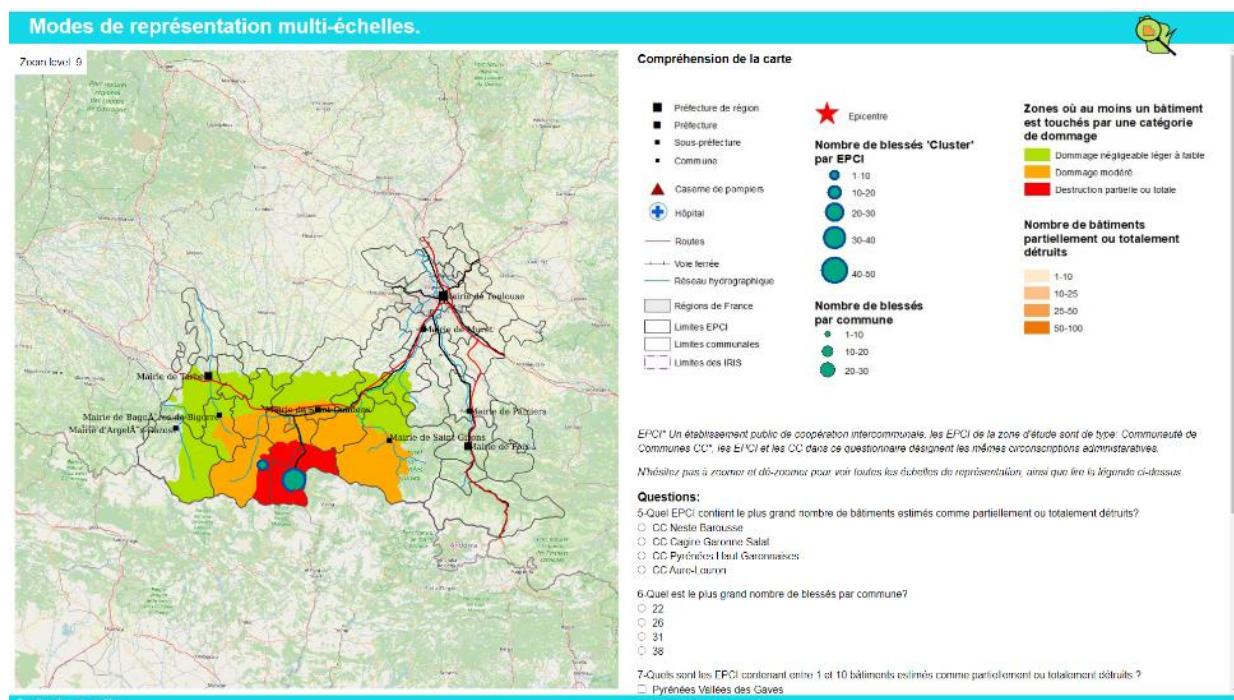


Figure 32: Le questionnaire cartographique sur MapStudy.

Pour atteindre ce format final du questionnaire, il a fallu travailler sur les fichiers de configuration du site pour formuler les questions et définir le background de la plateforme avec un langage JSON (JavaScript Object Notation).

4-2-Résultats du questionnaire

En analysant les réponses du questionnaire qualitatif que nous avons mis en place via la plateforme MapStudy, les résultats ont confirmé nos hypothèses.

Cet exercice sert à démontrer les différents points de vue des utilisateurs. Ces avis peuvent être différents par rapport au regard porté sur les cartes. Un pompier et un cartographe n'auront probablement pas la même vision sur l'ensemble de carte (en termes de couleurs, type de représentation, symbolologie...etc.). Mais aussi le fait de connaître ou pas la zone d'étude influence de manière importante certaines réponses et remarques.

H1 : le questionnaire a confirmé cette hypothèse en effet, 16 réponses sur 24 ont souligné l'utilité de la carte interactive par rapport à la carte statique en répondant (utile/très utile). Ainsi en prenant compte des remarques rédigés en fin de questionnaire comme : « l'idée d'une carte interactive est extrêmement bonne et cela peut être une réelle plus-value ». Cela représente une satisfaction concernant le travail, car la carte interactive révèle d'une utilité importante pour ce type de risque.

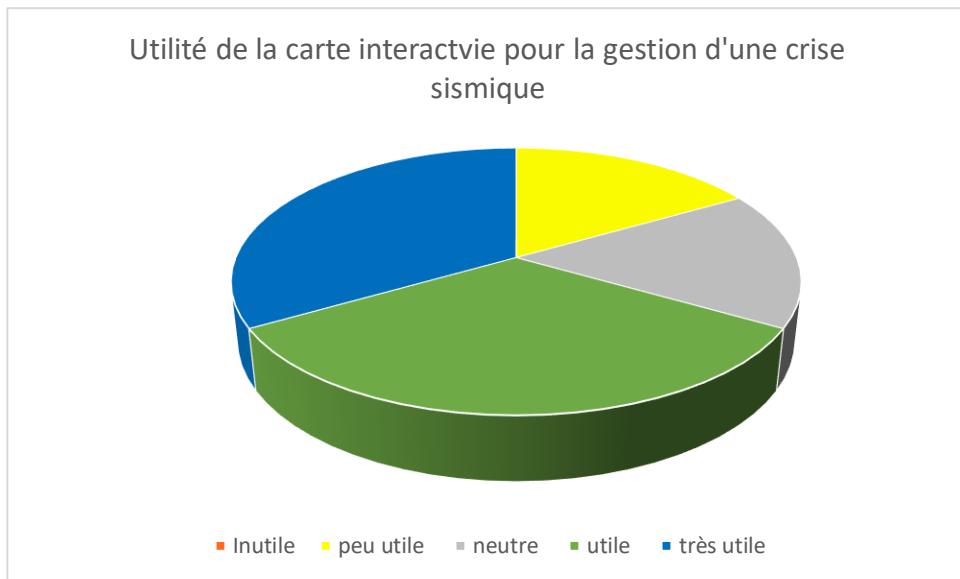


Figure 33: Réponses sur l'utilité de la carte interactive en comparaison avec la carte statique du BRGM. Hypothèse 1.

Plus de 60% des réponses soulignent l'utilité de la carte interactive voir très utile. Selon les commentaires que nous avons reçu à côté de ce questionnaire, y a eu des maladresses, certaines ont répondu peu utile par rapport à la carte actuelle fourni par le BRGM.

H2: Concernant le concept d'une carte multi-échelle, après l'interprétation des résultats, les réponses sont très variées, chaque personne a classé les échelles selon leur importance de manière différente. Ceci ne pose pas de problème pour autant, car ça peut signifier que toutes les échelles sont importantes et indispensables dans un cadre de représentation interactive.

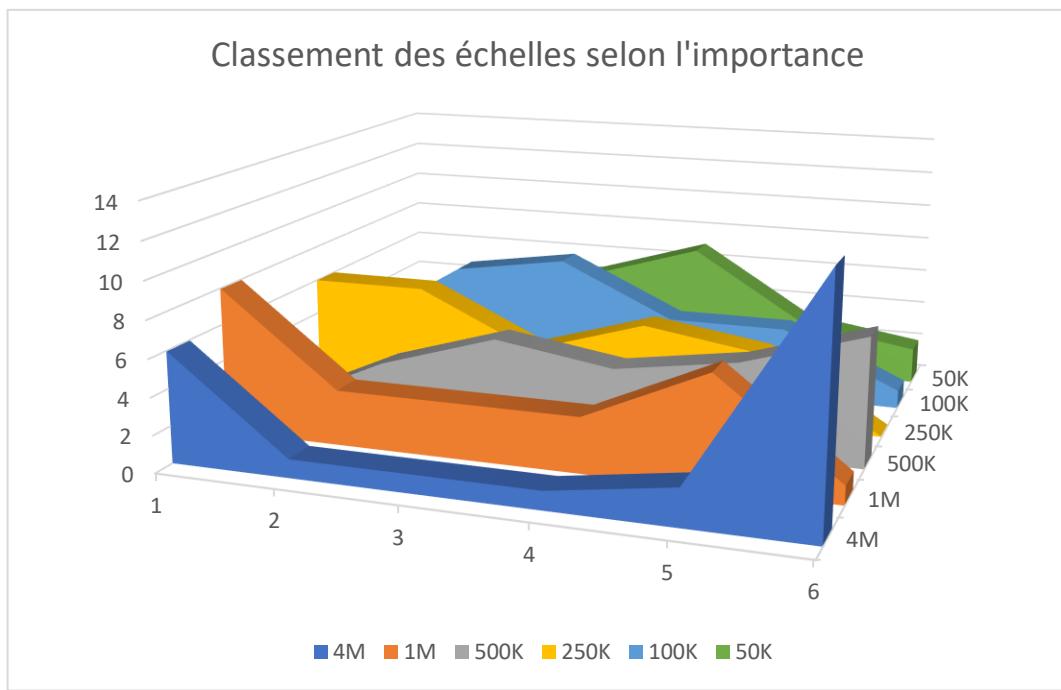


Figure 34: Résultats du classement des échelles selon leur importance. Hypothèse 2.

Les deux échelles 1 : 4 000 000 et 1 : 500 000 semblent être les moins importantes car souvent sont classés en bas de l'échelle. Cependant, les échelles : 1 : 1 000 000, 1 : 250 000 et 1 : 100 000 sont les mieux classés et l'échelle au 1 : 50 000 a été placé au milieu. Y a des variations dans les réponses, il n'y a pas une échelle qui sort du lot comme étant l'échelle la plus importante ou la moins importante est ceci, n'est pas frustrant car au contraire ça prouve que les niveaux d'échelles choisis sont complémentaires et que c'est une sorte d'emboîtement d'échelle chacune renseigne une information supplémentaire et une précision en plus.

H3 : nous n'avons pas eu de remarques particulières concernant la représentation du nombre de blessés, et les participants semblent bien comprendre en répondant juste aux questions qui sont en relation avec cette information.

H4 : En dépit des 4 personnes qui ont trouvé que les limites administratives peuvent être encombrantes à certaines échelles particulièrement au 1/250,000, la représentation du réseau hydrographique n'a pas fait l'unanimité auprès des utilisateurs. En effet, une personne s'est interrogé l'utilité de cette information. Dans les questionnaires 6 personnes notent que le réseau hydrographique est l'information la moins utile dans la représentation. Cependant, nous ne pensons pas qu'une information qui est classé moins importante soit inutile. Car pour les personnes ayant une connaissance du territoire en l'occurrence les pompiers, un cours d'eau est un repère fondamental. Et cette perspective peut aussi varier d'un endroit à un autre, exemple se repérer à Lyon sans l'information du Rhône serait compliqué. Néanmoins, il est vrai qu'il n'existe aucun lien entre l'objet de la représentation et la présence des cours d'eau, ne serait-ce que pour se repérer. Car dans le cadre du stage, dont l'objectif principal est d'accompagner les unités de gestion de crise dans leur

intervention sur le terrain, nous ne sommes pas censés faire l'étude de l'impact du séisme et l'effet domino éventuel en cas de survenance d'un tel risque.

En conclusion, les cours d'eau peuvent servir la carte dans la mesure où ils servent d'élément essentiel de repère, malgré que cela puisse densifier la carte.

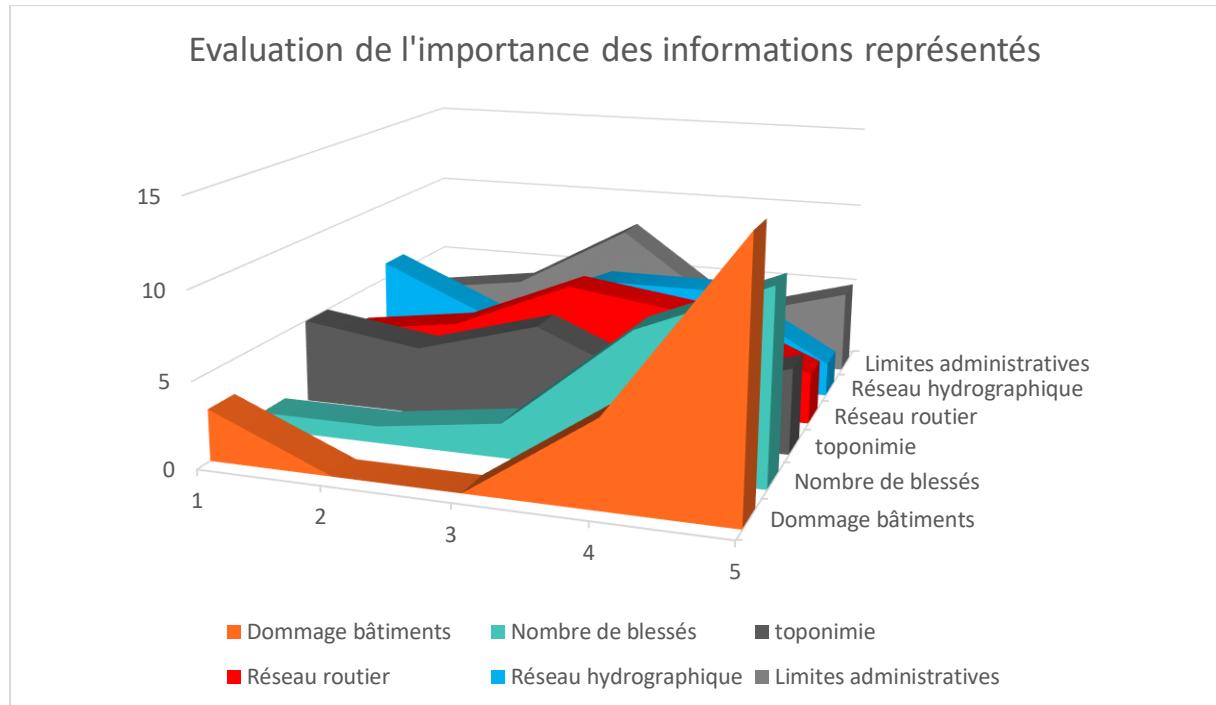


Figure 35: Réponses à la question sur l'évaluation de l'importance des informations représentés. Hypothèse 4.

Le graphique fait ressortir des tendances logiques et correspondent globalement à nos attentes. Les dommages liés au bâtiment et le nombre de blessés requièrent les valeurs les plus élevées. La majorité des interrogés ont attribué des notes entre (3 et 5) pour ces deux données. Et c'est ce qu'il fallait démontrer, car les cartes sont principalement destinées à représenter les dommages humains et matériels.

Les données concernant la toponymie, réseau routier et les limites administratives sont moyennement importantes selon les tendances qui en ressort des réponses, la plus grande partie des réponses oscillent autour de 3. Cependant le réseau hydrographique malgré qu'il compte le plus de réponses qui lui attribue la note de 1, néanmoins, il est pas mal considéré comme important par une bonne partie des utilisateurs.

En résumé, les utilisateurs ont compris l'objet principal de la carte, preuve que les cartes mettent bien en avant les deux informations principales et en suite les éléments contextuels ne servent pas d'accessoires mais ont eux aussi une importance dans la construction de la carte.

H5 : Une personne n'était pas convaincue des choix de couleurs, qui peuvent être parfois confondus avec le fond de carte (OSM) ou certains symboles qui peuvent se confondre avec les symboles topographiques en l'occurrence les triangles représentant les casernes de pompiers qui apparemment se confondent avec les points cotés qui sont aussi sous forme de triangles. La même

personne a également pointé le choix des couleurs, particulièrement la couleur orange pour les mêmes raisons citées précédemment. La question reste à débattre, car :

Utiliser des couleurs froides peut induire en erreur d'interprétation, que le vert foncé ou le bleu foncé ne font pas ressortir le danger ou le dégât.

Utilisation des couleurs chaudes particulièrement le Rouge, peut donner une impression d'un danger démesuré. Cela risque de sous-estimer les dégâts sur le reste du territoire à cause de l'omniprésence de la couleur rouge et c'est une couleur qui attire l'œil en premier et elle est souvent associé à danger accru. Néanmoins, dans les nouvelles propositions, nous avons pris en compte ces suggestions et remarques. Effectivement nous avons réalisés plusieurs modèles.

H6 : Quelques personnes ont relevé qu'il est tout à fait facile de se perdre dans cette carte interactive multi-échelles, sont plus susceptibles de perdre leurs repères en naviguant entre les différentes échelles. Ce point représente la base du projet LostInZoom (<https://lostinspace.github.io/home/>) qui va chercher à mettre en place des points d'ancrage qui vont faire en sorte d'éviter ce flou après chaque zoom.

Cependant, nous avons eu quelques hypothèses qui n'ont pas été relevées par le questionnaire. La plus importante, est la représentation des dommages sur le bâtiment. En effet, à l'exception de la carte au 1/1,000,000 pour le site des Pyrénées qui représente une catégorie de dommage sur le bâtiment, les autres cartes représentent ces dommages sous forme de nombre de bâtiments touchés. Etant donné que c'est un nombre, il est clair que dans les règles cartographiques et de sémiologie graphique les nombres se représentent sous forme de cercles proportionnels. Nous avons fait le choix de les représenter sous forme d'aplat de couleurs en dégradés, pour éviter la confusion entre les cercles représentant le nombre de blessés. Effectivement, ça ne semble pas déranger les utilisateurs et ça leur a permis de comprendre la carte. Néanmoins, dans les nouvelles propositions, nous avons tenté d'améliorer ce point, ce que nous allons montrer dans les parties suivantes.

5- Nouvelles propositions cartographiques

En tenant compte des remarques relevées par le questionnaire, ainsi que des erreurs que nous avons constatées nous-même, Nous avons amélioré les cartes et nous avons appliqué la méthodologie sur un nouveau site.

5-1-Reproduction de la méthodologie

En effet, après avoir fait des essais multiples sur le site des Pyrénées, nous avons réappliqué la même méthodologie avec les améliorations nécessaires sur le site Niçois.

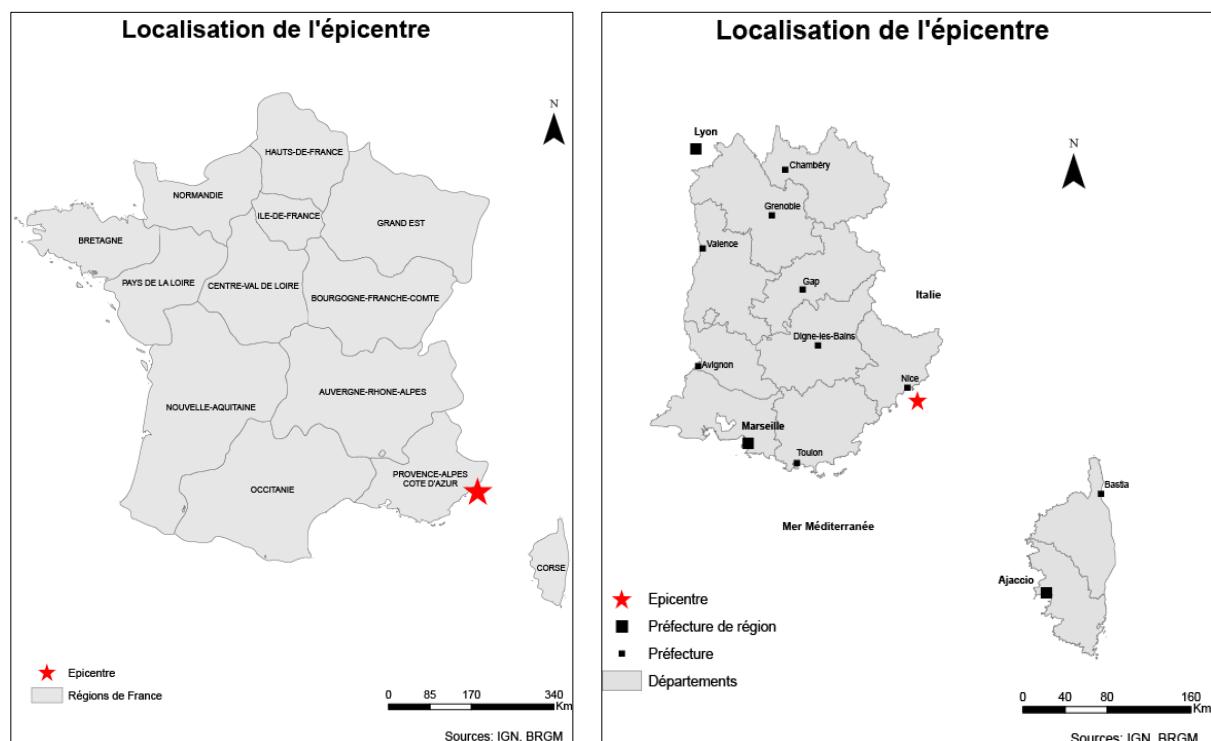
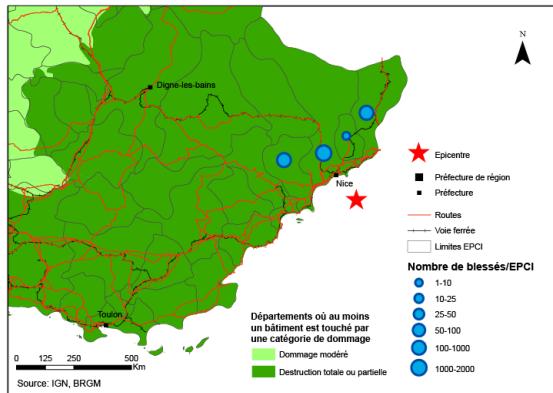
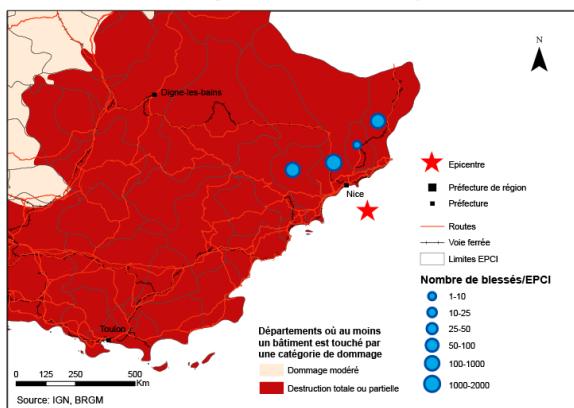


Figure 36: Cartes de Localisation de l'épicentre du séisme dans les Alpes-Maritimes.

Estimation des dommages humains et matériels après un séisme



Estimation des dommages humains et matériels après un séisme



Estimation des dommages humains et matériels après un séisme

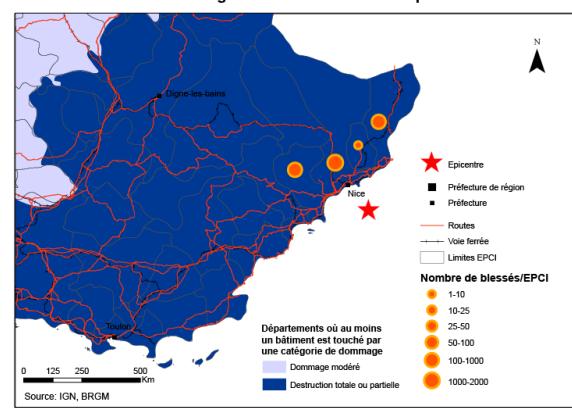


Figure 36 : Cartes 1 : 1 000 000, Estimation des dommages humains et matériels après un séisme dans les Alpes-Maritimes. Trois différentes propositions avec des couleurs et symbologies différentes.

Estimation des dommages humains et matériels après un séisme

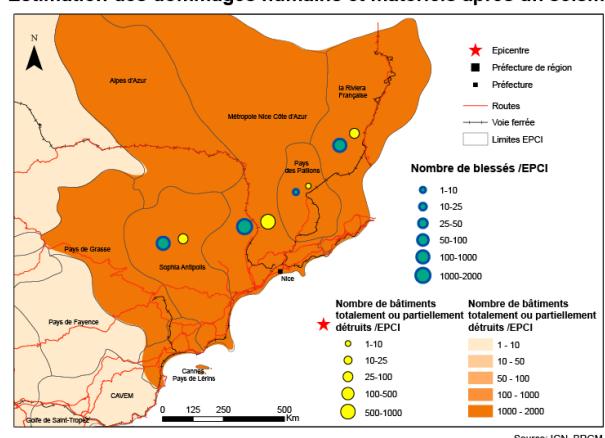
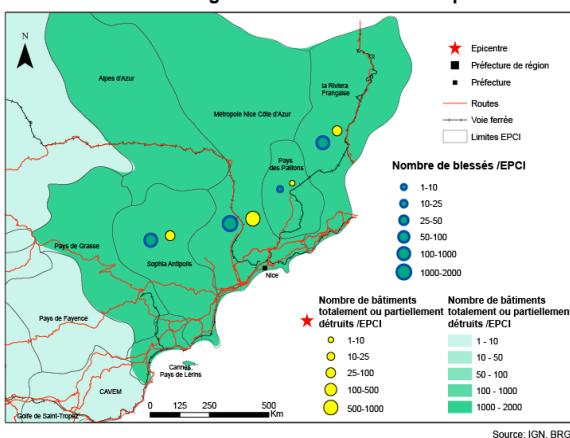
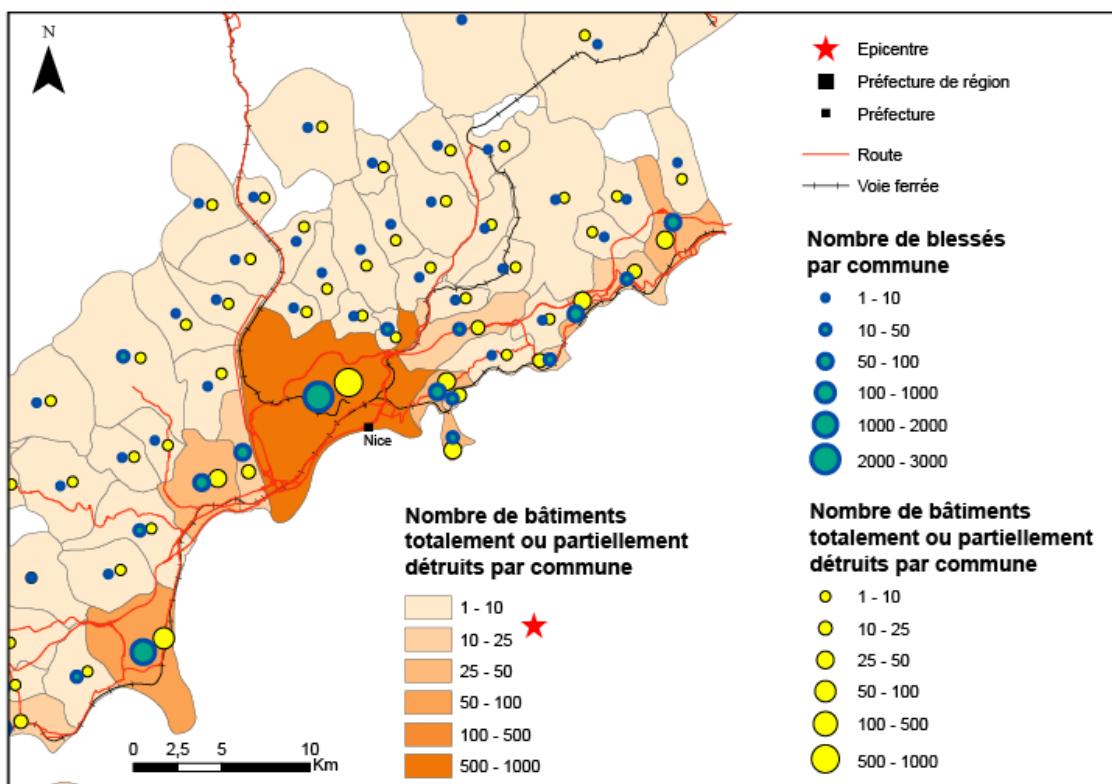


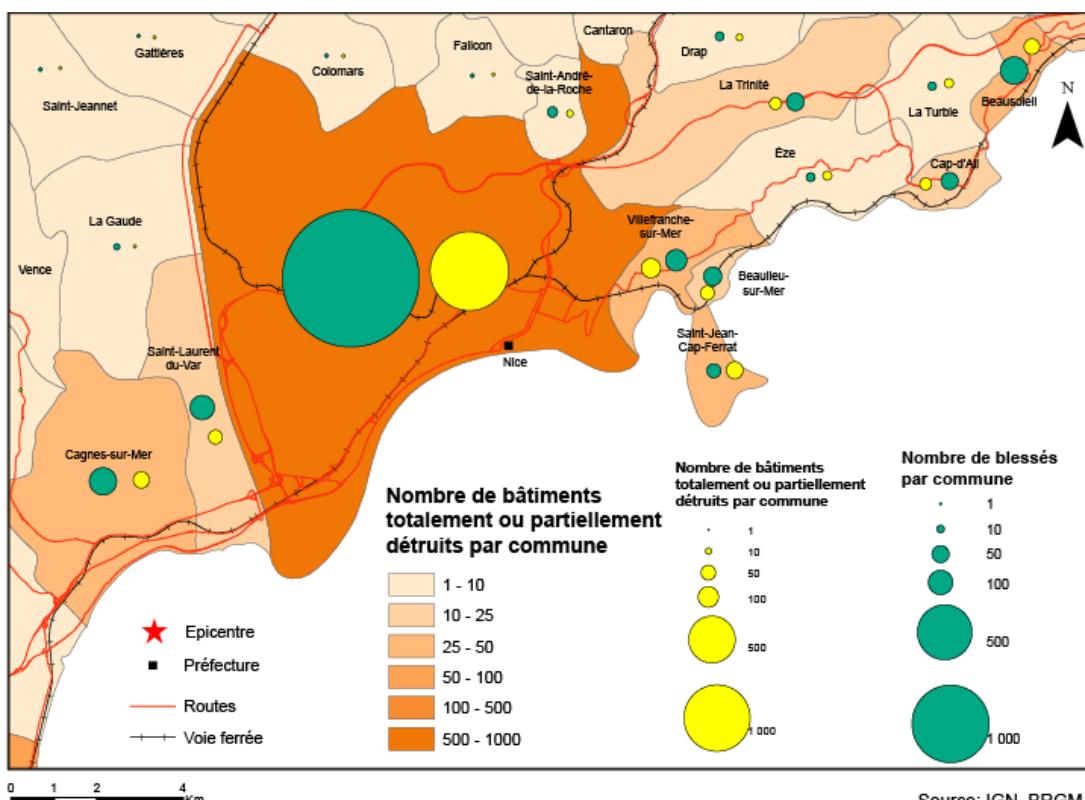
Figure 37: Cartes 1 : 500 000, Estimation des dommages humains et matériels après un séisme dans les Alpes-Maritimes. Deux différentes propositions avec des couleurs et symbologies différentes.

Estimation des dommages humains et matériels après un séisme



Source: IGN, BRGM

Figure 39: Carte 1 : 250 000. Estimation des dommages humains et matériels après un séisme Dans les Alpes-Maritimes. Deux niveaux de lecture concernant le nombre de bâtiments endommagés, première en aplat de couleur dégradé, et le deuxième en cercles proportionnels jaunes.



Source: IGN, BRGM

Figure 38: Carte 1 : 100 000. Estimation des dommages humains et matériels après un séisme Dans les Alpes-Maritimes. Deux niveaux de lecture concernant le nombre de bâtiments endommagés, première en aplat de couleur dégradé, et le deuxième en cercles proportionnels jaunes.

Estimation des dommages humains et matériels après un séisme

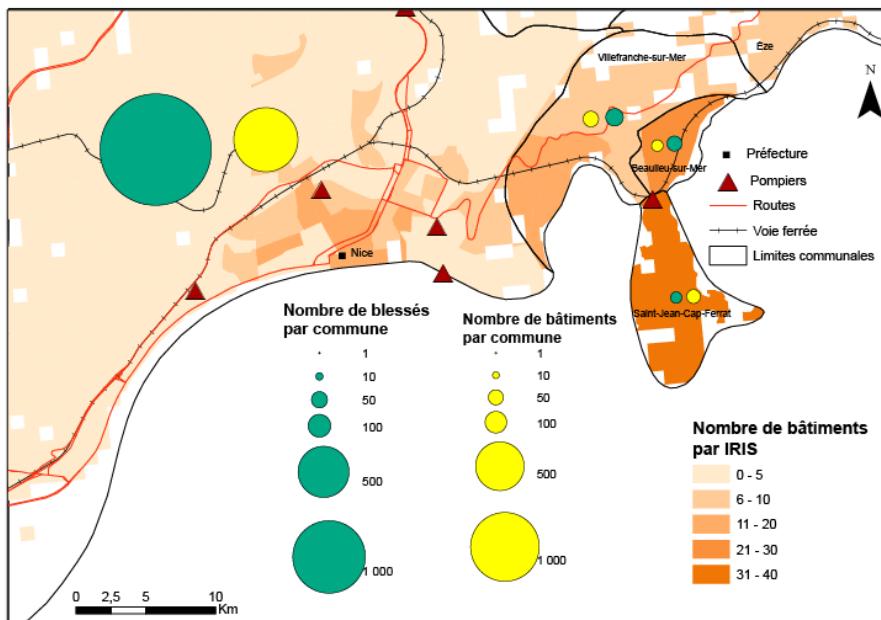
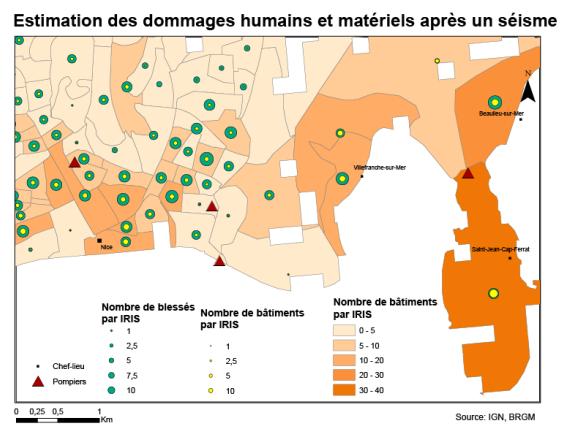
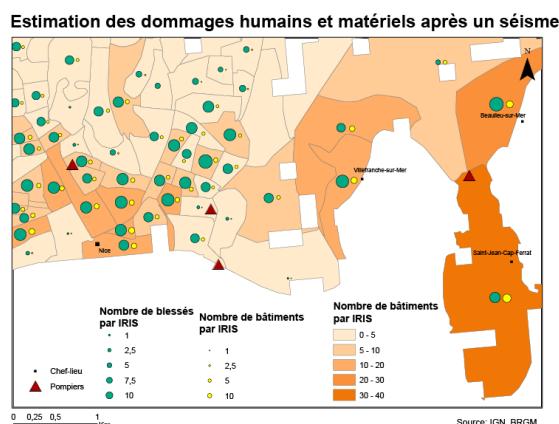


Figure 41: Carte 1 : 50 000. Estimation des dommages humains et matériels après un séisme Dans les Alpes-Maritimes. Deux niveaux de lecture concernant le nombre de bâtiments endommagés, première en aplat de couleur dégradé, et le deuxième en cercles proportionnels jaunes.



Estimation des dommages humains et matériels après un séisme

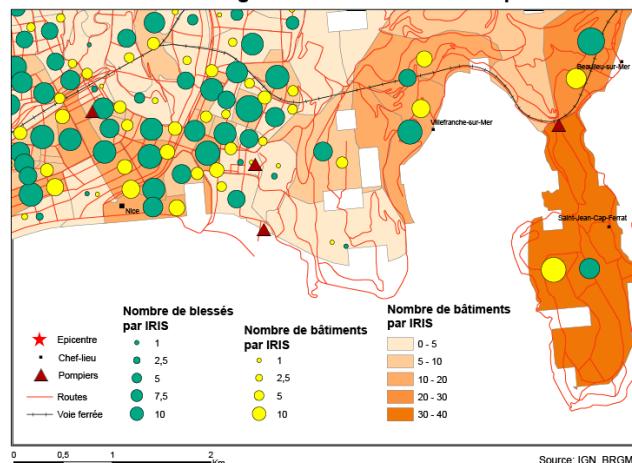


Figure 40: Carte 1 : 25 000. Estimation des dommages humains et matériels après un séisme Dans les Alpes-Maritimes. En trois propositions. Deux niveaux de lecture concernant le nombre de bâtiments endommagés, première en aplat de couleur dégradé, et le deuxième en cercles proportionnels jaunes.

En ce qui concerne le style et la légende, l'exportation des styles en SLD pour chaque couche est très pratique. Car le fichier SLD garde toutes les caractéristiques de taille, de couleur et les classes d'une couche. Ceci facilite à la fois la reproduction des cartes, permet d'appeler les styles depuis un serveur comme Geoserver. Néanmoins, cette fonction existe seulement sur QGIS, ARCGIS ne permet pas cette fonction.

Dans la même logique, les classes que nous définissons dans la légende pour n'importe quelle donnée doivent être classées de manière logarithmique, et arrondir pour que cela soit applicable sur d'autres sites et pour d'autres valeurs.

Cependant, il existe un autre outil qui décrit la méthodologie et permet de comprendre la logique de la démarche, tout en regroupant les informations importantes sur toutes les couches qui apparaissent sur les cartes qui s'appelle un ScaleMaster.

5-1-1-ScaleMaster

Un ScaleMaster est un modèle structuré pour l'organisation de la cartographie à plusieurs échelles, en utilisant plusieurs bases de données. Nous avons décrit toute notre méthodologie dans un ScaleMaster avec les différentes couches de données et les différentes échelles. (Brewer & Buttenfield, 2007 ; Touya & Girres, 2013)

C'est sous forme d'un fichier Excel en deux feuilles, la première c'est le ScaleMaster lui-même, la seconde sert à décrire les codes utilisés dans le Scalemaster. Ces codes sont l'abréviation des traitements réalisés sur chaque couche ainsi que les styles des couches.

Les codes standards et basiques utilisés dans un ScaleMaster :

Contenu	C+	Ajouter des fonctionnalités	Add features
	C-	Eliminer des fonctionnalités	Eliminate features
	Cc	Reclassifier les fonctionnalités	Reclassify features
	Co	Réorganisation des fonctionnalités	Réorder features
Etiquette	L+	Ajouter des étiquettes	Add labels
	L-	Eliminer des étiquettes	Eliminate labels
	La	Ajuster l'apparence	Adjust appearance
	Lp	Ajuster la position	Adjust position
Géométrie	Gg	Agrégation	Aggregate
	Gc	Effondrement	Collapse

Symboles	Gd	Déplacer	Displace
	Gx	Exagérer	Exaggerate
	Gm	Fusionner	Merge
	Gs	Simplifier	simplify
	Go	Lisser	Smooth
	GC	Remplacer par des données généralisées	Replace with generalised sataset
	Sc	Ajuster la couleur	Adjust color
	Se	Améliorer	Enhance
	Sp	Ajuster le modèle	Adjust pattern

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	Y	Z	A	AB	AAAAAA//AI	AM	AN	A//AAAAAAAY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE
1																																		
2	ScaleMaster																																	
3																																		
4						50k					100K					250K					500k					1M					4M			
5																																		
7	Hydrographie	cours d'eau généralisé	GL			GL					GSL					GSeL					GSeL													
8		cours d'eau non généralisé																																
9																																		
11	Dommage sur le bâti	degré de danger																																
12		catégorie de dommages																																
13	Nombre de blessés	Nombre de blessés	GS			GS					GS										P													
14		Catégorie de blessures																																
16	Réseau routier																																	
21	Routes	GSL				GSL					GSL					GSE					GSE													
22	Voie ferrées	GSE				GSE					GSE					GSE					GSE													
24	Symboles ponctuels																																	
25	Epicentre	P				P					P					P					P													
26	Pompiers	P				P					P																							
27	Hôpital	GSE				GSE					GSE																							
29	Limites administratives																																	
30	Limites régionales																																	
31	Limites départementales	P														GL					GL													
33	Toponymie																																	
34	Préfecture de région																																	
35	Preférences																																	
36	communes	GSE				GSE					GSE					P					P													
37																																		

Figure 422 : ScaleMaster

A	B	C	D	E	F	G	
1	ScaleMaster						
2	Type de donnée						
3	Hydrographie	50k	100k	250k	500k	1M	
4	Cours d'eau généralisé	GL Généralisation par Lissage 10 km (le réseau hydrographique est généré via le MNT, Con= 20 000) RVB (0/169/230) taille: 1	GL Généralisation par Lissage 10 km (le réseau hydrographique est généré via le MNT, Con= 20 000) RVB (0/169/230) taille: 1	GSL Généralisation par Sélection (selon la hiérarchie de Strahler: prendre les tronçons d'ordre 2/3/4/5), Lissage 10 km RVB (0/169/230) taille: 1	GSL Généralisation par Sélection (selon la hiérarchie de Strahler: prendre les tronçons d'ordre 3/4/5) Lissage RVB (0/197/255). Taille: 1	GSeL Généralisation par Sélection (selon la hiérarchie de Strahler: prendre les tronçons d'ordre 3/4/5) Lissage RVB (0/197/255). Taille: 1	4M
5	Cours d'eau non généralisé						
6	Dommage sur le bâti	50k	100k	250k	500k	1M	
7	Degré de danger						
8	Catégorie de dommages						
9	Nombre de bâtiments endommagés	GS Généralisation par Sélection des bâtiments touchés (D4/D5) par IRIS découpé par rapport aux bâtiments. Degrade de la couleur Orange	GS Généralisation par Sélection des bâtiments touchés (D4/D5) par commune. Degrade de la couleur Orange	GS Généralisation par Sélection des bâtiments touchés (D4/D5) par commune. Degrade de la couleur Orange	P (mise en place) sans généralisation avec une représentation par commune ayant au moins un bâtiment de la catégorie en question. D1: RVB (56/168/0); D2: RVB (139/209/0); D3: RVB (255/255/0); D4: RVB (255/128/0); D5: RVB (255/0/0)		
10	Nombre de blessés	50k	100k	250k	500k	1M	
11		P sans généralisation. Symboles: cercles gradués. RVB: (0/132/168). Taille: de 7 à 18	P sans généralisation. Symboles: cercles gradués. RVB: (0/132/168). Taille: de 7 à 18	P sans généralisation. Symboles: cercles gradués. RVB: (0/132/168). Taille: de 7 à 18	GC Généralisation via le clustering (K-moyen et Voronoï). Symboles: cercles gradués. RVB: (0/132/168). Taille: de 10 à 25	GC Généralisation via le clustering (K-moyen et Voronoï). Symboles: cercles gradués. RVB: (0/132/168). Taille: de 7 à 18	
12	Catégorie de blessure						
13	Réseau routier	50k	100k	250k	500k	1M	
14	Routes	GSL Généralisation par Sélection (routes départementales) Lissage... (routes départementales) et Lissage... l'avant une importance (1/2)) Lissage... GSE Généralisation par Sélection de l'autoroute et l'Elimination des routes	GSL Généralisation par Sélection (routes départementales) Lissage... (routes départementales) et Lissage... l'avant une importance (1/2)) Lissage... GSE Généralisation par Sélection de l'autoroute et l'Elimination des routes	GSERL Généralisation par Sélection des routes ayant une importance (1) et	4M		

Figure 43 : Feuille de description du ScaleMaster

5-1-2-Réutilisation des données

Il est vrai que toute la méthodologie est reproductible grâce aux différents outils et protocoles. Cependant les données ne peuvent pas être réutilisées. Etant donné que la majorité de ces données ont subi au moins une opération de généralisation, il n'est pas possible de réutiliser les mêmes données pour d'autres objectifs, car certains ont été déplacés et d'autres ont été agrégé de manière correspondant parfaitement à l'objectif de notre représentation, par contre ça ne serait pas possible pour d'autres.

6-Conclusion et perspectives

Afin de dresser un bilan réaliste des pertes après un séisme cela nécessite de temps, il est nécessaire de mettre en place un outil qui permettra une réponse rapide. Dans cette perspective, avoir une connaissance anticipée du nombre et de l'état des enjeux vulnérables (matériel et humains) est fondamentale. Car cela va permettre de faire des estimations capables de renseigner les acteurs de gestion de crise. Cet outil doit être conçu conjointement avec ces acteurs qui vont exprimer leurs besoins pour des éventuelles interventions, mais pas seulement, des chercheurs, ingénieurs, scientifiques sont présents pour proposer des modèles innovants pour ce type de besoin ; qui répond à la fois aux attentes des acteurs et s'adapte aux nouvelles technologies.

Pour un système de réponse rapide, il est nécessaire d'évaluer précocement l'état du bâtiment et leur répartition géographique et prendre en compte ces paramètres :

Premièrement évaluer l'intensité des secousses avec une carte d'intensité ;

Deuxièmement estimation du nombre de bâtiments affectés par niveau d'intensité et classe de vulnérabilité (zonage de vulnérabilité) ;

Troisièmement estimation des dommages et des pertes humaines (modèle de fragilité).

(Auclair et al., 2020)

Cependant, la fin du stage ne signifie pas la fin des travaux de recherche sur cet outil. Premièrement, un article scientifique va être publié prochainement sur ce travail, et probablement un post-doctorat va poursuivre ces recherches afin d'améliorer les représentations en :

-testant la méthodologie sur des sites qui dénombrent beaucoup de victimes et de dégâts sur le bâtiment afin de répondre à cette question : Est-ce que le fait d'avoir peu de dommages (peu de bâtiments détruits et peu de blessés) a fait qu'on est plus tenté d'ajouter des informations secondaires pour remplir la carte, notamment des éléments de contextualisation ? Si c'est OUI, quelles sont les informations qui peuvent éventuellement être éliminés ? Un questionnaire plus avancé et des réunions avec les acteurs de gestion de crise particulièrement les pompiers sont nécessaires pour comprendre leurs attentes. Malheureusement, c'est ce que nous n'avons pas pu faire durant le stage à cause des disponibilités car la période coïncidait avec celle des vacances, de plus les difficultés que nous avons rencontré pour diffuser le questionnaire en externe à cause des mesures de sécurité de l'IGN qui ont fait qu'attarder notre démarche.

-Quelques perspectives concernant la carte interactive, il est possible de remplacer les flux raster vers un format vectoriel, dans le but de laisser les utilisateurs décider de faire apparaître ou pas certaines informations.

A la fin, il est important de mentionner que ce stage était une expérience et une opportunité très enrichissante. Il s'inscrit parfaitement dans le programme de la formation car :

- Il traite de la gestion des risques naturels ;
- Il a recours à la cartographie et l'utilisation des SIG ;

- Il consiste à accompagner les acteurs de gestion de crises.

La plus-value du stage par rapport à ma formation, c'est que je me suis amélioré dans tout ce qui concerne l'utilisation des SIG et les traitements de généralisation mais pas seulement, je me suis initié au WebMapping et j'ai découvert de nouveaux outils intéressants. Le fait d'intégrer et de côtoyer une équipe de recherche ainsi que d'être encadré par des chercheurs et ingénieurs très compétents n'a fait que m'apprendre chaque jour de nouvelles choses utiles (savoir-faire et savoir-être) pour le monde professionnel. L'accueil au sein de l'IGN m'a ouvert aussi des opportunités en assistant aux différentes conférences scientifiques comme « Conférences SAGEO 2021 » et à la 30^{ème} édition des journées de la recherche de l'IGN-ENSG.

Bibliographie

Brewer, Cynthia A., Barbara Buttenfield. « Framing Guidelines for Multi-Scale Map Design Using Databases at Multiple Resolutions ». *Cartography and Geographic Information Science* 34, n° 1 (janvier 2007) : 3-15. <https://doi.org/10.1559/152304007780279078>.

Jean-François Girres. « Hazard-based images comparison methods for damage assessment in emergency mapping». International Journal of Cartography, 2019. <https://doi.org/10.1080/23729333.2019.1613075>

Guillaume Touya, Jean-François Girres. « ScaleMaster 2.0: a ScaleMaster extension to monitor automatic multi-scales generalizations ». *Cartography and Geographic Information Science* 40, n° 3 (juin 2013) : 192-200. <https://doi.org/10.1080/15230406.2013.809233>.

Guillaume Touya, Sandro Savino. « Enrichissement automatique et généralisation de réseaux ferrés ». *Cartes & géomatique*, Comité français de cartographie, 2015, 226, pp.71-80. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02272741>

Marion Dumont. « Généralisation de représentations intermédiaires dans une carte topographique multi-échelle pour faciliter la navigation de l'utilisateur ». *Géographie*. Université Paris-Est, 2018. Français. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01935783>

Marion Dumont, Guillaume Touya, Cécile Duchêne. « Alternative transitions between existing representations in multi-scale maps ». International Cartographic Conference, ICA, Jul 2017, Washington, DC, United States. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02123885>

Pia Bereuter, Robert Weibel. « Generalisation of point data for mobile devices: A problem-oriented approach». Department of Geography, University of Zurich, 8p.

Pia Bereuter, Robert Weibel (2013) « Real-time generalization of point data in mobile and web mapping using quadtrees ». *Cartography and Geographic Information Science*, 40:4, 271-281, DOI: 10.1080/15230406.2013.779779: <http://dx.doi.org/10.1080/15230406.2013.779779>

P. Bereuter, R. Weibel, D. Burghardt, J. Gensel, D. Josselin, D. Vandenbroucke. «Content zooming and exploration for mobile maps ». *GIScience*, 2012.

Robert E. Roth, Arzu Çöltekin, Luciene Delazari, Homero Fonseca Filho, Amy Griffin, Andreas Hall, Jari Korpi, Ismini Lokka, André Mendonça, Kristien Ooms & Corné P.J.M. van Elzakker (2017) User studies in cartography: opportunities for empirical research on interactive maps and visualizations, *International Journal of Cartography*, 3:sup1, 61-89.
<https://doi.org/10.1080/23729333.2017.1288534>

Roche, S., Propeck-Zimmermann, E. & Mericskay, B. « GeoWeb and crisis management: issues and perspectives of volunteered geographic information ». *GeoJournal* 78, 21–40 (2013).
<https://doi.org/10.1007/s10708-011-9423-9>

Zhilin Li, «Algorithmic foundation of multiscale spatial representation». CRC Press, 2006, 304p.

Table des matières

Table des matières

<i>Remerciements</i>	3
<i>Sommaire</i>	4
<i>1-Introduction</i>	5
1-1-Présentation des structures	5
1-1-1-Projet UrbaRiskLab URL	5
1-1-2-BRGM	6
1-1-3-LASTIG	6
1-2-Présentation du stage et ses objectifs	6
1-2-1-Missions confiées	7
1-2-2-Intérêt du stage et lien avec la formation	7
<i>2-Etat de l'art et sources de données</i>	8
2-1-Présentation du document BRGM	8
2-2-Données disponibles	10
2-2-1-Simulations du BRGM	10
2-2-2-Données IGN	13
2-3-Conclusion	14
<i>3-Méthodologie</i>	15
3-1-Préparation des données	15
3-2-Traitements	16
3-2-1-Blessés	16
3-2-2-Bâtiments	19
3-2-3-Eléments contextuels	23
3-3-Réalisation des cartes statiques	28
3-4-Web-Mapping	35
3-4-1-Geoserver	35
3-4-2-OpenLayers	37
<i>4-Validation du modèle</i>	38
4-1-Enquête via un questionnaire et son intérêt	38
4-1-1-MapStudy	39
4-2-Résultats du questionnaire	39
<i>5- Nouvelles propositions cartographiques</i>	44
5-1-Reproduction de la méthodologie	44
5-1-1-ScaleMaster	48
5-1-2-Réutilisation des données	51

<i>6-Conclusion et perspectives</i>	52
<i>Bibliographie</i>	54
<i>Table des matières</i>	56
<i>Liste des figures</i>	58
<i>Annexes</i>	60

Liste des figures

Figure 1: Communiqué délivré par le BRGM aux acteurs de gestion de crise après un séisme.	9
Figure 2: Différentes classes de dommage du bâti impacté par un séisme.	11
Figure 3: Fichier CSV, description des estimations des dommages.	12
Figure 4: Découpage des IRIS selon l'emprise de la zone d'étude.	15
Figure 5: Identifiants des clusters générés par le K-moyennes.	17
Figure 6: Polygones de Voronoï	17
Figure 7: Schéma résumant les traitements pour le clustering	18
Figure 8: Les classes de la légende	19
Figure 9: Catégories de dommage du bâtiment. En regroupant les classes dans la table attributaire.	20
Figure 10: Carte 1 : 1 000 000, des estimations des dommages matériels et humains après un séisme. A Bagnères-de-Luchon.	21
Figure 11: Carte 1 : 1 000 000, des estimations des dommages matériels et humains après un séisme. A Nice.	22
Figure 12: Carte 1 : 500 000, des estimations des dommages matériels et humains après un séisme. A Bagnères-de-Luchon	23
Figure 13: Cartes de localisation de l'épicentre à l'échelle de la France. La première sans généralisation. La deuxième avec généralisation par lissage du polygone.	24
Figure 14: Sélection attributaire. Comparaison : avant et après la sélection des préfectures de régions parmi les chefs-lieux.	24
Figure 15: Deux cartes représentant le réseau hydrographique. La première c'est les tronçons résultant des opérations de génération via le MNT. La deuxième c'est après la sélection des cours d'eau d'ordre 3/4/5 selon la hiérarchie de Strahler.	25
Figure 16: Tronçons de réseau routier de la BDTopo.	25
Figure 17: Tronçons de routes d'importance 1 et 2.	26
Figure 18: Sélection des routes ayant une importance de 1 et 2 dans la table attributaire.	26
Figure 19: Résultat de la fusion des routes parallèles séparées.	27
Figure 20: Résultat de la réduction du détail des routes ainsi que l'allégement du réseau routier.	27
Figure 21: Les changements apportés par les différents algorithmes de généralisation du réseau routier.	28
Figure 22: Carte 1 : 4 000 000. Localisation de l'épicentre du séisme	29
Figure 23: Carte 1 : 1 000 000, des estimations des dommages matériels et humains après un séisme. A Bagnères-de-Luchon.	30
Figure 24: Carte 1 : 500 000, des estimations des dommages matériels et humains après un séisme. A Bagnères-de-Luchon.	31
Figure 25: Carte 1 : 250 000, des estimations des dommages matériels et humains après un séisme. A Bagnères-de-Luchon.	32
Figure 26: Carte 1 : 100 000, des estimations des dommages matériels et humains après un séisme. A Bagnères-de-Luchon.	33
Figure 27: Carte 1 : 50 000, des estimations des dommages matériels et humains après un séisme. A Bagnères-de-Luchon.	34
Figure 28: Page d'accueil de la plateforme Geoserver.	36
Figure 29: Exemple de prévisualisation de la carte sous OpenLayers.	37
Figure 30: Une partie du code utilisé pour afficher la carte sur le web. Langage HTML.	37
Figure 31: Le questionnaire cartographique sur MapStudy.	39
Figure 32: Réponses sur l'utilité de la carte interactive en comparaison avec la carte statique du BRGM. Hypothèse 1.	40
Figure 33: Résultats du classement des échelles selon leur importance. Hypothèse 2.	41
Figure 34: Réponses à la question sur l'évaluation de l'importance des informations représentées. Hypothèse 4.	42
Figure 35: Cartes de Localisation de l'épicentre du séisme dans les Alpes-Maritimes.	44

<i>Figure 37: Cartes 1 : 500 000, Estimation des dommages humains et matériels après un séisme dans les Alpes-Maritimes. Deux différentes propositions avec des couleurs et symbolologies différentes.</i>	45
<i>Figure 39: Carte 1 : 100 000. Estimation des dommages humains et matériels après un séisme Dans les Alpes-Maritimes. Deux niveaux de lecture concernant le nombre de bâtiments endommagés, première en aplat de couleur dégradé, et le deuxième en cercles proportionnels jaunes.</i>	46
<i>Figure 38: Carte 1 : 250 000. Estimation des dommages humains et matériels après un séisme Dans les Alpes-Maritimes. Deux niveaux de lecture concernant le nombre de bâtiments endommagés, première en aplat de couleur dégradé, et le deuxième en cercles proportionnels jaunes.</i>	46
<i>Figure 41: Carte 1 : 25 000. Estimation des dommages humains et matériels après un séisme Dans les Alpes-Maritimes. En trois propositions. Deux niveaux de lecture concernant le nombre de bâtiments endommagés, première en aplat de couleur dégradé, et le deuxième en cercles proportionnels jaunes.</i>	47
<i>Figure 40: Carte 1 : 50 000. Estimation des dommages humains et matériels après un séisme Dans les Alpes-Maritimes. Deux niveaux de lecture concernant le nombre de bâtiments endommagés, première en aplat de couleur dégradé, et le deuxième en cercles proportionnels jaunes.</i>	47
<i>Figure 42 : ScaleMaster</i>	50

Annexes

Protocole de génération d'un réseau hydrographique à partir d'un MNT :

-Importer les dalles MNT des départements concernés

-mosaïque vers un nouveau raster (pour combiner toutes les dalles)

-découper la couche résultante selon l'emprise départementale

Sur Arc-Toolbox

- 1- Remplissage : Toolbox – spatial analyst – hydrologie – remplissage (en entrée MNT) C'est remplir les cuvettes d'une surface raster pour supprimer de légères imperfections dans les données, et les cuvettes sont des cellules avec des directions de drainage indéfinie. Si la cuvette est pleine, l'eau s'écoule vers la cellule voisine ayant l'altitude la plus basse « desktop.arcgis.com »
- 2- Direction des flux : Toolbox – spacial analyst – hydrologie -direction des flux (en entrée remplissage). C'est la création d'un raster de direction de flux à partir de chaque cellule vers son voisin de plus grande pente descendante. « Desktop.arcgis.com »
- 3- Accumulation des flux : Toolbox – spatial analyst – hydrologie – accumulation des flux (en entrée direction des flux). C'est la création d'un raster de flux cumulé dans chaque cellule. « Desktop.arcgis.com »
- 4- Con : Toolbox – spatial analyst – condition – Con (en entrée accumulation des flux) Pour 'expression' plusieurs essais ont été effectués ; (20 000) avec cette valeur le logiciel représente assez d'affluent. Cet outil exécute une évaluation conditionnelle sur chacune des cellules en entrée d'un raster en entrée. « Desktop.arcgis.com »
- 5- Ecoulement vers entité pour transformer les rasters des écoulements vers des entités polylinéaires : Toolbox – spatial analyst -hydrologie – écoulement vers entité (en entrée mettre le Con). L'algorithme utilisé par l'outil permet essentiellement de vectoriser des réseaux hydrographiques ou n'importe quel autre raster représentant un réseau linéaire pour lequel les directions sont connues. « Desktop.arcgis.com »
- 6- Ordre d'écoulement avec la hiérarchie de Strahler : Toolbox – hydrologie – ordre d'écoulement (en entrée Con). Cet outil attribue un ordre numérique aux segments d'un raster représentant les branches d'un réseau linéaire. « Strahler fait référence à la méthode de détermination du rang d'un cours d'eau, méthode communément retenue car simple à mettre en œuvre. Dans cette méthode, deux tronçons de même ordre qui se rejoignent forment un tronçon d'ordre supérieur, tandis qu'un segment qui reçoit un segment d'ordre inférieur conserve le même ordre » (Cemagref)
- 7- Il faut transformer le raster de l'ordre d'écoulement vers des entités de forme polylinéaires, pour cela : Toolbox – outils de conversion – à partir d'un raster – raster vers polylinéaires (en entrée ordre d'écoulement). Afin de bien représenter la hiérarchie de Strahler, il faudrait aller dans propriété de la couche et jouer sur l'épaisseur et la couleur des tronçons de différents ordres (la valeur de Strahler est sous le nom de 'grid_code' dans la table attributaire)

Protocole méthodologique de généralisation des routes :

Dans la BDTopo de l'IGN, prendre les départements de la zone d'étude : 11 départements.

Ajouter les données concernant les routes dans le projet ARCmap : et la première vision est celle-ci :

Sachant que toutes les captures ont été prises au même endroit et à la même échelle qu'est :

1 :10 000. Il faut noter que la généralisation que j'ai réalisée, les détails sont constatables à partir d'une certaine échelle, plus l'échelle est grande plus nous pouvons constater les changements.

Capture au 1 :10 000 couches des routes de la BDTopo sans aucun traitement.

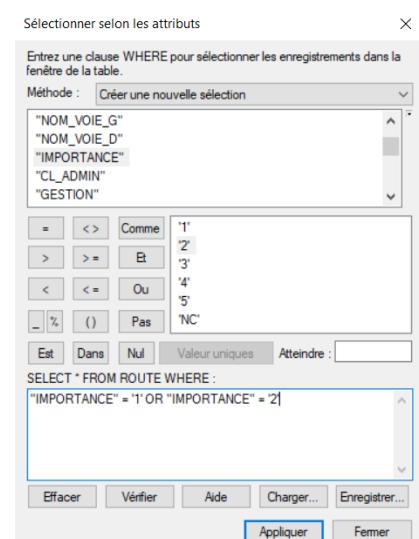
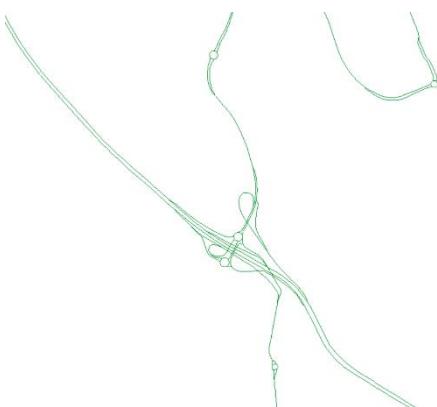


Premier traitement exécuté, c'est la Sélection. En effet dans la table attributaire de cette couche y a plusieurs champs qui nous permettent de faire la première étape de généralisation en sélectionnant que les routes ayant une importance de 1 et 2 (Autoroutes et grands axes de routes nationales et départementales).

ROUTE							
NOM_VOIE_D	IMPORTANCE	CL_ADMIN	GESTION	MISE_SERV	IT_VERT	IT_EUROP	
1	Autoroute	ARE	NR	Oui	E70	Nc	
1	Autoroute	ARE	NR	Oui	E712	Nc	
1	Autoroute	SFT	NR	Oui	E70	Nc	
1	Autoroute	SFT	NR	Oui	E70	Nc	
1	Autoroute	SFT	NR	Oui	E70	Nc	
1	Autoroute	SFT	NR	Oui	E70	Nc	
1	Autoroute	SFT	NR	Oui	E70	Nc	
1	Autoroute	ARE	NR	Oui	E70	Nc	
2	Départementale	73	NR	Oui	NC	Nc	
1	Autoroute	SFT	NR	Oui	E70	Nc	
1	Autoroute	ARE	NR	Oui	E712	Nc	
1	Autoroute	SFT	NR	Oui	E70	Nc	
1	Autoroute	SFT	NR	Oui	E70	Nc	
1	Autoroute	SFT	NR	Oui	E70	Nc	
1	Autoroute	SFT	NR	Oui	E70	Nc	
1	Autoroute	ARE	NR	Oui	E70	NC	
1	Autoroute	SFT	NR	Oui	E70	Nc	
1	Autoroute	SFT	NR	Oui	E70	Nc	
1	Autoroute	SFT	NR	Oui	E70	Nc	
1	Autoroute	ARE	NR	Oui	E70	Nc	
1	Autoroute	SFT	NR	Oui	E70	Nc	
1	Autoroute	ARE	NR	Oui	E70	Nc	
	Autoroute	SFT	NR	Oui	E70	Nc	

Une simple sélection attributaire :

Après la sélection, exporter les entités sélectionnées en une couche nouvelle. Et le résultat est ci-dessous :



Déjà une diminution considérable de la densité de l'information, cependant pour notre objectif de représentation c'est suffisant. Cette sélection nous permettra aussi d'économiser le temps des traitements à venir.

La deuxième étape : les traitements de généralisation des routes automatiques :

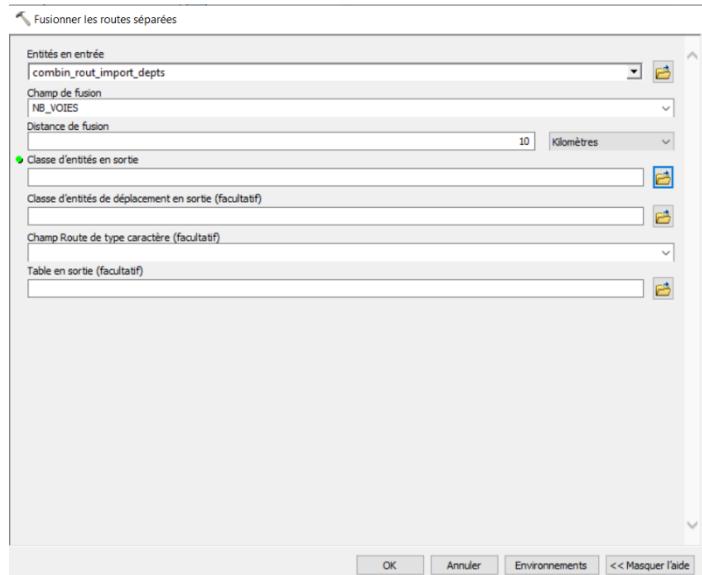
-Fusionner les routes séparées : plusieurs essais, et ça dure 45min avec les paramètres que j'ai spécifiés.

Génère des entités routes composées d'une seule ligne au lieu de paires appariées de voies divisées.

Les paires appariées de routes ou voies sont fusionnées si elles appartiennent à la même classe de voies, sont généralement parallèles l'une à l'autre et se trouvent dans la distance de fusion. La classe de voies est spécifiée par le paramètre Fusionner le champ. Toutes les routes dissociées de l'ensemble en entrée sont copiées dans la classe d'entités en sortie.

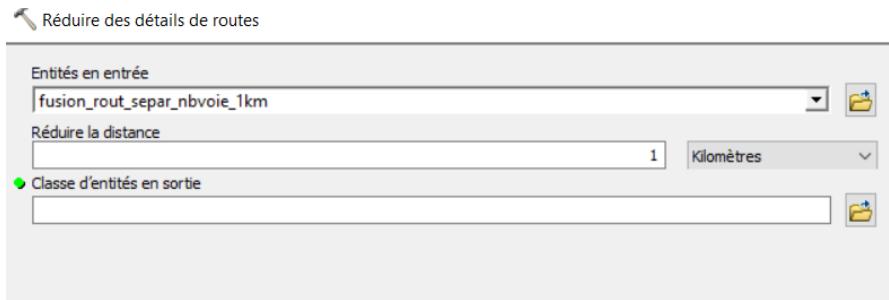
Cet outil sert en général à simplifier un ensemble de routes présenté à grande échelle en une échelle plus petite, lorsqu'il convient de représenter des autoroutes ou des routes nationales divisées comme une ligne unique. A moyenne échelle, il est peut-être préférable de conserver des routes divisées en tant qu'entités distinctes. Dans ce cas, vous pouvez utiliser à la place l'outil Résoudre des conflits de routes pour garantir que les voies symbolisées s'affichent sans conflit de symboles. Si les outils Résoudre les conflits de routes et Fusionner les routes séparées doivent être exécutés sur le même ensemble de routes, il est recommandé d'exécuter l'outil Fusionner les routes divisées en premier.

Un avertissement s'affiche si les entités en entrée ne sont pas dans un système de coordonnées projetées. Cet outil s'appuie sur des unités de distance linéaire, qui créent des résultats inattendus dans un système de coordonnées non projetées. Nous vous conseillons vivement d'exécuter cet outil sur des données dans un système de coordonnées projetées pour obtenir des résultats fiables. Une erreur s'affiche et l'outil ne fonctionne pas si le système de coordonnées manque ou s'il est inconnu.



-Réduire le détail des routes : appliqué sur la couche résultante de l'étape précédente (fusion des routes séparés)

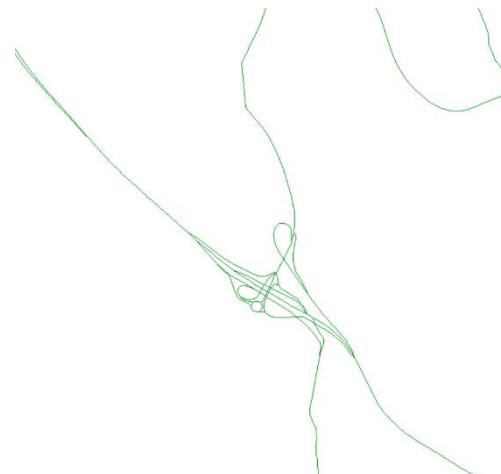
Réduit les petites configurations ouvertes des segments de route qui interrompent la tendance générale d'un réseau routier, tels que les ronds-points, par exemple, et les remplace par une description simplifiée.



Les configurations sont réduites quel que soit le type de route, si le diamètre de la zone ouverte est inférieur ou égal au paramètre Collapse Distance. Toutes les routes non réduites de l'ensemble en entrée sont copiées dans la classe d'entités en sortie.

Pour en savoir plus, reportez-vous à la rubrique Fonctionnement de Collapse Road Détail.

Cet outil permet en général de simplifier un ensemble de routes relativement à grande échelle à une plus petite échelle, où il convient de représenter les ronds-points ou autres petites interruptions du réseau sous forme d'intersection simple. À des échelles moyennes, il peut être préférable de conserver ces configurations en tant qu'entités distinctes et peut-être de les exagérer. Dans ce cas, envisagez d'utiliser plutôt l'outil Résoudre les conflits de routes pour garantir que les lignes symbolisées s'affichent sans conflit de symboles. Si les outils Résoudre les conflits de routes et Collapse Road Détail doivent être exécutés sur le même ensemble de routes, il est recommandé d'exécuter l'outil Collapse Road Détail d'abord.



-Alléger le réseau routier : puisque cet outil ne propose pas de couche en sortie il intervient en fin de procédure, je l'exécute sur la couche précédente de réduire le détail des routes. Avec des paramètres comme la figure ci-dessous

Génère un réseau routier simplifié qui conserve la connectivité et les caractéristiques générales en vue d'être affiché à une plus petite échelle.

Cet outil ne génère pas nouvelle sortie. Il affecte des valeurs dans le Champ d'invisibilité dans les classes d'entités en entrée pour identifier des entités superflues et pouvant être supprimées de l'affichage afin de générer un ensemble de routes simplifié, mais tout de même représentatif. Aucune géométrie d'entité n'est modifiée ou supprimée.

Les entités ne sont pas réellement supprimées par l'outil Réseau routier affiné. Pour supprimer réellement des entités, il est préférable d'utiliser l'outil Tronquer une ligne.

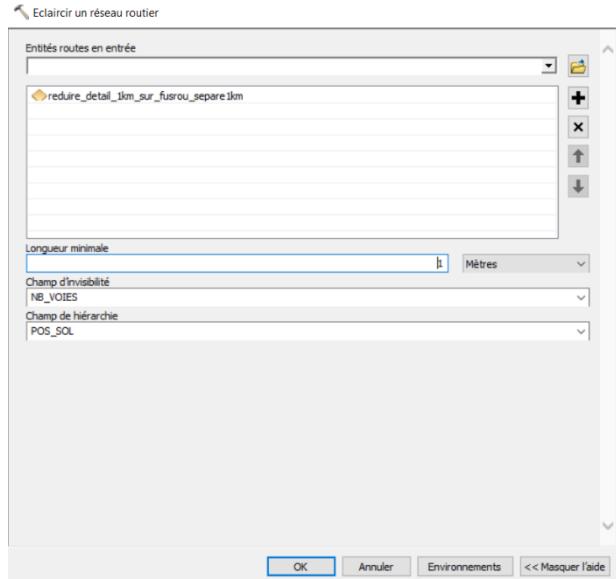
L'ensemble de routes simplifié obtenu est déterminé par la signification, l'importance et la densité des entités. Les segments inclus dans des itinéraires très longs couvrant l'étendue des données sont plus significatifs que ceux requis uniquement pour les déplacements locaux. La classification de la route, ou importance, est spécifiée par le paramètre Champ de hiérarchie. La densité du réseau de transport obtenue est déterminée par le paramètre Longueur minimale qui correspond au segment le plus court visuellement sensible à afficher à l'échelle.

Pour en savoir plus, reportez-vous à la rubrique fonctionnement de l'outil Alléger un réseau routier qui contient une table des valeurs de longueur minimale recommandées à utiliser en tant que point de départ.

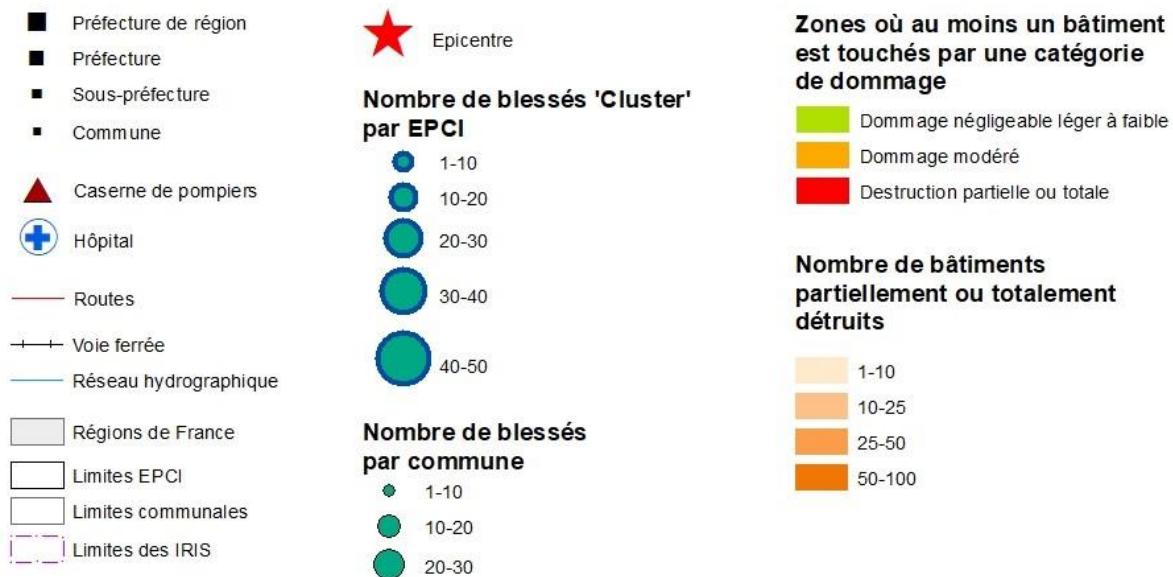
Un avertissement s'affiche si les entités en entrée ne sont pas dans un système de coordonnées projetées. Cet outil s'appuie sur des unités de distance linéaire, qui créent des résultats inattendus dans un système de coordonnées non projetées. Nous vous conseillons vivement d'exécuter cet outil sur des données dans un système de coordonnées projetées pour obtenir des résultats fiables. Une erreur s'affiche et l'outil ne fonctionne pas si le système de coordonnées manque ou s'il est inconnu.

-Lissage : 10km avec correction des erreurs topologiques : Lisse des angles vifs en lignes afin d'améliorer la qualité esthétique ou cartographique.

Notant que les traitements de généralisation des routes doivent être réalisés au-préalable pour tous le territoire et stockés dans une base de données bien organisés, car dans un objectif de réponse rapide (plus ou moins 30 min après l'avènement du phénomène) il serait impossible de réaliser tous ces traitements et les représentations en un temps aussi réduit.



Légende qui accompagne la carte interactive :



Code permettant de transférer les cartes du Géoserver vers le web via OpenLayers et l'afficher sans la plateforme MapStudy.

```
proj4.defs('EPSG:2154','+proj=lcc
+lat_1=49 +lat_2=44 +lat_0=46.5
+lon_0=3+x_0=700000 +y_0=6600000
+ellps=GRS80 +towgs84=0,0,0,0,0,0
+units=m +no_defs');
```

```
ol.proj.proj4.register(proj4);
```

```
var lambertProj =
ol.proj.get('EPSG:2154');
```

```
function defineOlMap() {
```

```
    var osmLayer = new
ol.layer.Tile({
```

```
        source: new
ol.source.OSM()
```

```
});
```

```
    var wmsLayer4M = new
ol.layer.Tile({
```

```
        //extent: [-0.311,
42.565, 2.089, 43.901],
```

```
        source: new
ol.source.TileWMS({
```

```
            url:
```

```
'http://serveur-
carto.ign.fr:8080/geoserver/wms',
```

```
            params: {'LAYERS':
'seisme:4M'},
```

```
            ratio:
```

```
1,
```

```
            serverType: 'geoserver',
```

```
        },
```

```
        minZoom: 6,
```

```
        maxZoom: 8,
```

```
        zindex: 10,
```

```
});
```

```
    var wmsLayer1M =
new ol.layer.Tile({
```

```
        //extent: [-0.311,
42.565, 2.089, 43.901],
```

```
        source: new
ol.source.TileWMS({
```

```
            url:
```

```
'http://serveur-
carto.ign.fr:8080/geoserver/wms',
```

```
            params: {'LAYERS':
'seisme:1M'}
```

```
            ratio:
```

```
1,
```

```
            serverType: 'geoserver',
```

```
        },
```

```
        minZoom: 8,
```

```
        maxZoom: 9,
```

```
        zindex: 20,
```

```
});
```

```
    var wmsLayer500K = new
ol.layer.Tile({
```

```
        //extent: [-0.311,
42.565, 2.089, 43.901],
```

```
        source: new
ol.source.TileWMS({
```

```
            url:
```

```
'http://serveur-
carto.ign.fr:8080/geoserver/wms',
```

```
            params: {'LAYERS':
'seisme:500K'}
```

```
            ratio:
```

```
1,
```

```
            serverType: 'geoserver',
```

```
        },
```

```
        minZoom: 9,
```

```
        maxZoom: 12,
```

```
        zindex: 20,
```

```
});
```

```
    var wmsLayer250K = new
ol.layer.Tile({
```

```
        //extent: [-0.311,
42.565, 2.089, 43.901],
```

```
        source: new
ol.source.TileWMS({
```

```
            url:
```

```
'http://serveur-
carto.ign.fr:8080/geoserver/wms',
```

```
            params: {'LAYERS':
'seisme:250K'}
```

```
            ratio:
```

```
1,
```

```
            serverType: 'geoserver',
```

```
        },
```

```
        minZoom: 12,
```

```
        maxZoom: 13,
```

```
        zindex: 20,
```

```
});
```

```
    var wmsLayer100K = new
ol.layer.Tile({
```

```
        //extent: [-0.311,
42.565, 2.089, 43.901],
```

```
        source: new
ol.source.TileWMS({
```

```
            url:
```

```
'http://serveur-
carto.ign.fr:8080/geoserver/wms',
```

```
            params: {'LAYERS':
'seisme:100K'}
```

```
            ratio:
```

```
1,
```

```
            serverType: 'geoserver',
```

```
        },
```

```
        minZoom: 13,
```

```
        maxZoom: 14,
```

```
        zindex: 20,
```

```
});
```

```
    var wmsLayer50K = new
ol.layer.Tile({
```

```

//extent: [-0.311,
42.565, 2.089, 43.901], var layers = [osmLayer,
wmsLayer4M, wmsLayer1M,
wmsLayer500K, wmsLayer250K,
wmsLayer100K, wmsLayer50K];
//Defines an action when
the motion of the map ends

source: new
ol.source.TileWMS({
url:
'http://serveur-
carto.ign.fr:8080/geoserver/wms',
params: {'LAYERS':
'seisme:50K'},
ratio:
1,
serverType: 'geoserver',
}),
minZoom: 14,
maxZoom: 16,
zindex: 20,
});

var map = new ol.Map({
target: 'm',
layers: layers,
view: new
ol.View({
projection: LambertProj,
center:
[489353,6587552],
zoom:
7,
constrainResolution: true,
});
});

let newZoom =
map.getView().getZoom();
updateZoomDiv(newZoom);
});

//Update the display of the
zoom level on the map
function
updateZoomDiv(zoomLvl) {
let zoomDiv =
document.getElementById('zoom-lvl');
zoomDiv.innerHTML =
'Zoom level: ' + zoomLvl;
}
});

```