



Pour une culture commune du risque sismique
Por una cultura común del riesgo sísmico

Faisabilité de l'utilisation des médias sociaux pour contribuer à l'information postsismique rapide et au calcul des Shakemaps

Rapport - Action 3.1.2



Auteurs : S. Auclair, R. Prades Tena, R. Fayjaloun, P. Gehl

Mots-clés : Séismes, Médias sociaux, Twitter, Shakemap, Intensité

-
1. ICGC : Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, Espagne
 2. BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières, France
 3. UPC : Universitat Politècnica de Catalunya, Espagne
 4. DIGC : Secretaria General. Departament d'Interior. Generalitat de Catalunya, Espagne
 5. IEA : Institut d'Estudis Andorrans, Andorre
 6. ENIT : Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes, France
 7. CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique - Délégation Alsace, France
 8. EPLFM : Entente pour la Forêt Méditerranéenne, France
 9. DW : Deveryware, France
 10. ACE : Associació de Consultors d'Estructures, Espagne

© 2020, projet POCRISC

Synthèse

La réalisation de premières ShakeMaps en intensité le plus rapidement possible après un séisme constitue un enjeu important, notamment dans une perspective d'appui à la gestion de crise, par exemple pour contraindre les évaluations automatiques de dommages. La fiabilité de ces cartes dépend de la quantité d'observations disponibles pour contraindre le modèle, en tenant compte de leur corrélation spatiale (Jayaram et Baker, 2009).

Or, l'analyse de l'usage du média social Twitter après la survenue de séismes montre que, dès lors que les secousses sismiques sont largement ressenties, un pic d'activité s'observe dans les dix minutes après le choc principal, qui s'atténue rapidement ensuite. En pratique, l'analyse des messages échangés révèle qu'une grande majorité provient de témoins directs, et contiennent donc une information de première main relative à l'ampleur du phénomène et à sa perception sur le territoire. Ces informations sont d'autant plus utiles qu'elles s'accompagnent souvent de l'usage de toponymes, qui permettent d'avoir une indication des territoires affectés. Ce constat, qui a été dressé à de maintes reprises après des séismes d'importance survenus à travers le monde, s'observe également pour la plupart des séismes récents survenus dans les Pyrénées, notamment pour les messages publiés en langues espagnole, française et catalane (avec des volumétries variables en fonction de la zone géographique affectée par chaque séisme).

Dans ce rapport, nous étudions la manière dont les séismes sont commentés sur Twitter dans les Pyrénées ainsi qu'en France, et présentons un outil en cours de développement au profit de la protection civile de Catalogne, pour le suivi en temps-réel de l'activité enregistrée sur Twitter après la survenue de catastrophes naturelles, dont les séismes.

Nous explorons ensuite quelques pistes pour une prise en compte de ces données dans le calcul des ShakeMaps, avec une attention particulière sur la méthodologie récemment proposée par le BRGM (Fayjaloun et al., 2020). Déjà testée avec succès en mode « off-line » pour deux séismes récents survenus en France, il conviendrait d'étudier la faisabilité de la rendre opérationnelle pour une implémentation en mode « on-line ».

Sommaire

1	Introduction	7
2	Twitter comme capteur social en temps réel.....	9
2.1	Un média social mondial pour surveiller les séismes.....	9
2.2	Usage de Twitter sur la zone pyrénéenne	11
2.3	Veille automatisée.....	13
2.4	Impact des séismes sur l'activité de Twitter.....	13
2.4.1	Exemples de séismes pyrénéens.....	13
2.4.2	Exemples de séismes survenus en France	19
3	Monitoring des médias sociaux pour le suivi des situations d'urgence sismiques en Catalogne.....	23
3.1	Aperçu de la plateforme Social Engagement.....	23
3.2	Paramètres de recherche de tweets.....	24
3.3	Structure de l'information	25
3.4	Définition des mots-clés	26
3.5	Comptes de préférence.....	26
3.6	Filtrage des résultats et catégorisation des messages	26
3.7	Localisation des tweets	27
3.8	Système d'alertes automatique	27
3.9	Analyse du séisme 16 janvier 2021	27
3.9.1	Application de filtres	28
3.9.2	Analyse des résultats	29
3.9.3	Recherche dans le dossier T2 Services d'Urgences	33
3.9.4	Recherche dans les dossiers T2 Services d'urgences, Gérants de services publiques, Fournisseurs de services essentiels.....	33
3.10	Conclusions	34
4	Vers la prise en compte des tweets pour le calcul des ShakeMaps.....	37
4.1	Extraction d'information via la plateforme SURICATE-Nat.....	37
4.1.1	Définition d'un schéma de classification	37
4.1.2	Prétraitement des textes	38
4.1.3	Géolocalisation.....	38
4.1.4	Modélisation supervisée du sujet des tweets.....	39
4.2	Etat de l'art.....	40
4.3	Inférence de la zone de perception par clusterisation des tweets.....	40

4.4	Combinaison des données instrumentales et des tweets dans le calcul des ShakeMaps via l'inférence bayésienne	41
5	Conclusion et perspectives.....	45
6	Bibliographie	47

Liste des figures

Figure 1.	Comparaison entre (a.) la densité la densité de tweets géolocalisés en provenance de la région pyrénéenne, et (b.) la densité de population résidente (sources : tweets - https://onemilliontweetmap.com/ ; population - https://luminocity3d.org/).....	12
Figure 2.	Shakemap SISPy du séisme du 29 octobre 2015 (à gauche) et évolution temporelle du nombre de tweets traitant du thème « séisme » (à droite) en espagnol (courbe rouge), en catalan (courbe jaune) et en français (courbe bleue).	14
Figure 3.	Shakemaps SISPy des séismes du 10 mars 2017 (en bas) et évolution temporelle du nombre de tweets traitant du thème « séisme » (en haut) en espagnol (courbe rouge), en catalan (courbe jaune) et en français (courbe bleue).	15
Figure 4.	Shakemap SISPy du séisme du 3 avril 2019 (à gauche) et évolution temporelle du nombre de tweets traitant du thème « séisme » (à droite) en espagnol (courbe rouge), en catalan (courbe jaune) et en français (courbe bleue).	17
Figure 5.	Shakemaps POCRISC de la séquence sismique de l'automne 2020 (en bas) et évolution temporelle du nombre de tweets traitant du thème « séisme » (en haut) en espagnol (courbe rouge), en catalan (courbe jaune) et en français (courbe bleue).....	17
Figure 6.	Shakemap GéoAzur du séisme de Barcelonnette du 7 avril 2014 (à gauche) et évolution temporelle du nombre de tweets traitant du thème « séisme » en français (à droite).	19
Figure 7.	Shakemap BCSF-RéNaSS du séisme du 21 juin 2019 (à gauche) et évolution temporelle du nombre de tweets traitant du thème « séisme » en français (à droite).....	21
Figure 8.	Capture de 3 écrans du site internet www.suricatenat.fr relatifs au séisme du 21 juin 2019. A. Ecran de synthèse, avec en haut le rappel des caractéristiques du séisme, au milieu un pie-chart représentant la proportion des tweets captés classifiés automatiquement comme issus de témoins du séisme et en bas l'affichage des top-mentions et top hashtags. B. Ecran présentant l'activité Twitter associée au séisme sous forme de timeline et de liste de tweets. C. Ecran de localisation avec en haut une heatmap de la localisation des tweets captés et en bas la liste des villes les plus actives avec la distinction entre post de témoins et de non-témoins.	21
Figure 9.	Shakemap GéoAzur du séisme du Teil du 11 novembre 2019 (à gauche) et évolution temporelle du nombre de tweets traitant du thème « séisme » en français (à droite).....	22
Figure 10.	Capture de 3 écrans du site internet www.suricatenat.fr (version mobile) relatifs au séisme du 11 novembre 2019. A. Ecran de synthèse, avec en haut le rappel des caractéristiques du séisme, au milieu un pie-chart représentant la proportion des tweets captés classifiés automatiquement comme issus de témoins du séisme et en bas l'affichage des top-mentions et top hashtags. B. Ecran présentant l'activité Twitter associée au séisme sous forme de timeline et de liste de tweets. C. Ecran de localisation avec en haut une heatmap de la localisation des tweets captés et en bas la liste des villes les plus actives avec la distinction entre post de témoins et de non-témoins.	22
Figure 18.	Aperçu de la plateforme Social Engagement de Kantar, pour le suivi d'un séisme ..	24

Figure 19. Aperçu de la présentation synthétique de l'activité de différents utilisateurs via la plateforme Social Engagement.....	25
Figure 20. Aperçu de l'activité captée sur Twitter suite au séisme du 16 janvier 2021.	28
Figure 21. Aperçu des résultats en excluant le retweets	29
Figure 22. Aperçu des tweets.....	30
Figure 23. Principaux toponymes identifiés dans les messages envoyés suite au séisme	31
Figure 24. Principaux hashtags identifiés dans les messages envoyés suite au séisme.....	32
Figure 25. Principales mentions identifiées dans les messages envoyés suite au séisme	32
Figure 26. Analyse du dossier T2 Services d'Urgences	33
Figure 11. Schéma de classification utilisé pour extraire l'information des tweets liés aux séismes	37
Figure 12 : Chaîne de traitement retenue pour la géoinfèrence par la plateforme SURICATE-Nat	38
Figure 13 : Répartition des Tweets utilisés en fonction de la valeur d'intensité macrosismique observée	39
Figure 14. Comparaison entre une clusterisation spatio-temporelle des tweets géolocalisés (géolocalisation native ou inférée) et les valeurs d'intensité sismique déterminées par le BCSF via des questionnaires internet.	41
Figure 15. Comparaison du regroupement de tweets géolocalisés envoyés 10 minutes après un séisme, avec la zone d'intensité supérieure ou égale à III pour (b) le séisme de Barcelonnette du 7 avril 2014, et (c) le séisme du Teil du 11 novembre 2019. (Source : Fayjaloun et al., 2020).....	42
Figure 16. Etapes et données successivement impliqués dans la génération de ShakeMaps prenant en compte les données de Twitter. (Source : Fayjaloun et al., 2020) ..	43
Figure 17. ShakeMaps calculées pour le séisme de Barcelonnette du 7 avril 2014, prenant en compte : (a) les mesures de PGA (indiquées en carrés rouges), (b) les données Twitter (la zone ressentie est représentée par le polygone noire), et (c) les PGA et les données Twitter. Les courbes de couleurs représentent les isoséistes de référence définies par les BCSF. (Source : Fayjaloun et al., 2020)	43

1 INTRODUCTION

La réalisation de premières ShakeMaps en intensité le plus rapidement possible après un séisme constitue un enjeu important, notamment dans une perspective d'appui à la gestion de crise, par exemple pour contraindre les évaluations automatiques de dommages. La fiabilité de ces cartes dépend de la quantité d'observations disponibles pour contraindre le modèle, en tenant compte de leur corrélation spatiale (Jayaram et Baker, 2009).

Ces observations de terrain peuvent provenir soit de capteurs physiques instrumentaux, soit de capteurs sociaux. Dans le premier cas, il s'agit de mesures enregistrées à partir de stations sismiques (sismomètres ou accéléromètres) et exprimées en termes de PGA / PGV / SA / etc. disponibles en quelques secondes après un séisme, ces observations ponctuelles fournissent des mesures ponctuelles exactes qui peuvent être utilisées comme proxy pour dériver des valeurs d'intensité macrosismique à l'aide d'équations de conversion en intensité (GMICE). Dans le second cas, il s'agit d'observations des effets du séisme, permettant une estimation directe de l'intensité à l'échelle d'un quartier ou d'une commune. Classiquement, il s'agit dans les heures suivant la survenue du séisme, d'utiliser les témoignages de type *Did You Feel It* (dit « DYFI ») de l'USGS) récoltés via internet. Au niveau des Pyrénées, c'est le Bureau central de sismologie français (BCSF) qui collecte ces données du côté français¹, alors que l'ICGC recueille des témoignages en Catalogne² et l'IGN pour le reste de l'Espagne³. Ces questionnaires en ligne permettent la collecte rapide de nombreux témoignages, et l'estimation d'un premier niveau d'intensité en moins d'une heure.

Dans cet esprit, et afin d'être en mesure de réaliser de premières ShakeMaps avant même que les données DYFI ne soient disponibles en nombre suffisant, une piste intéressante semble être de procéder à une analyse du contenu des messages échangés sur les médias sociaux immédiatement après la survenue des séismes. En effet, après avoir observé que le taux de collecte de tweets pendant la première heure après un séisme était beaucoup plus rapide que celui obtenu avec des questionnaires macrosismiques internet DYFI, Crooks et al. (2013) ont démontré que la plate-forme Twitter pouvait être utilisée comme un précieux « système de capteurs distribués ».

Dans ce rapport, nous étudions la manière dont les séismes sont commentés sur Twitter dans les Pyrénées ainsi qu'en France, et présentons un outil en cours de développement au profit de la protection civile de Catalogne, pour le suivi en temps-réel de l'activité enregistrée sur Twitter après la survenue de catastrophes naturelles, dont les séismes.

Nous explorons ensuite quelques pistes pour une prise en compte de ces données dans le calcul des ShakeMaps, avec une attention particulière sur la méthodologie récemment proposée par le BRGM (Fayjaloun et al., 2020).

¹ <http://www.franceseisme.fr/formulaire/index.php?IdSei=0>

² <https://www.icgc.cat/ca/Ciutada/Explora-Catalunya/Terratremols/Heu-percebut-un-terratremol>

³ <http://www.ign.es/web/recursos/cuestionario-macrosismico/cuesma.php>

2 TWITTER COMME CAPTEUR SOCIAL EN TEMPS REEL

2.1 Un média social mondial pour surveiller les séismes

Les médias sociaux possèdent et diffusent les données de millions de capteurs sociaux connectés qui partagent quotidiennement des événements en ligne (Goodchild, 2007). Lorsqu'une catastrophe naturelle survient, les plateformes de médias sociaux permettent de partager des témoignages spontanément et rapidement, provenant principalement des citoyens impactés par l'événement (Comunello et al., 2016) : ces témoins ont tendance à échanger des informations liées à leur propre perception des secousses sismiques ou des impacts visibles du séisme (Grace et al., 2017), alors que les personnes non présentes dans la zone impactée ont tendance à relayer ces informations ou à exprimer leur empathie (Olteanu et al., 2015). Cependant, lorsque le niveau des secousses devient élevé et présente un risque, la quantité d'informations provenant des témoins affectés par l'événement diminue fortement en raison d'un comportement d'autoprotection opportun (Comunello et al., 2016; Bossu et al., 2017).

Twitter compte à ce jour plus de 321 millions d'utilisateurs actifs en 2020⁴, avec des fonctionnalités pratiques telles que la publication de messages courts en temps réel, une l'interface de programmation et d'interrogation (API) publique de « streaming » permettant d'automatiser les tâches de surveillance, la possibilité de joindre des images et de partager la géolocalisation GPS de l'utilisateur, etc. Les chercheurs ont observé que la survenue des séismes se traduit souvent par la diffusion immédiate de nombreux tweets (Kryvasheyev et al., 2016; Comunello et al. 2016). Ainsi, le séisme d'Amatrice du 24 août 2016 a-t-il par exemple donné lieu à la publication de plus de 150000 tweets au cours des 48 premières heures (Francalanci et al., 2017). Twitter constitue donc un formidable instrument pour prendre en direct le pouls du terrain, et est de fait devenu l'un des médias sociaux les plus utilisés par les gestionnaires de crise, et les plus étudiés par les scientifiques.

Néanmoins, la surveillance continue de Twitter pose des défis importants. Tout d'abord, il est nécessaire de mettre en place et de maintenir une infrastructure informatique robuste connectée aux serveurs de Twitter via son API publique gratuite. Deuxièmement, il faut récupérer les tweets répondant à des critères de recherche spécifiques, généralement via des mots-clés, en tenant compte des contraintes liées au langage libre. Les requêtes ciblées doivent être définies de manière à être suffisamment génériques pour capter un maximum de tweets traitant du sujet, tout en restant suffisamment spécifiques pour ne pas « polluer » les données avec des messages hors sujet (Auclair et al., 2019). Pourtant, Twitter ne donne pas un accès à la totalité des messages échangés à un moment donné via son API de streaming gratuite (cette fonctionnalité est payante, à des tarifs inabordables pour une application scientifique ou de sécurité civile). Ainsi, Twitter ne délivre qu'une partie de l'ensemble des messages répondant aux critères de recherche, avec des règles d'échantillonnage et des seuils assez obscurs. Cela n'est pas critique lorsque l'on ne cherche pas à obtenir l'intégralité du flux, mais cela peut avoir un impact significatif lorsque l'on vise à décrire quantitativement l'ensemble de données. Ensuite, après avoir été récupérés, les tweets doivent subir une première étape de post-traitement pour éliminer les doublons ou les messages envoyés par des « robots » qui ne contiennent aucune information. Bien que potentiellement fastidieuses, la mise en œuvre et la maintenance de ce type d'architecture sont devenues relativement

⁴ <https://www.tiz.fr/utilisateurs-reseaux-sociaux-france-monde/>

courantes et ne présentent pas de difficultés majeures. Enfin, le principal défi réside dans l'extraction fine des informations pertinentes contenues dans chaque tweet et ses métadonnées, afin de disposer des informations nécessaires sur lesquelles mener des analyses.

Les informations les plus cruciales nécessaires pour cartographier la distribution d'intensité d'un séisme concernent la géolocalisation des tweets. Cependant, depuis le développement de Twitter en 2006, le nombre de tweets géolocalisés nativement (c'est-à-dire partageant la localisation de l'utilisateur via ses coordonnées géographiques GPS) représente moins de 1% des tweets (Cheng et al., 2010; Graham et al., 2014). Twitter a également récemment annoncé son intention de réduire davantage cette fonctionnalité⁵. Un autre moyen de géolocaliser les tweets consiste à utiliser des techniques de reconnaissance d'entités nommées (NER) pour identifier les mentions de lieux dans le texte des tweets et pour récupérer les coordonnées géographiques correspondantes via des services Web spécialisés (par exemple, OpenStreetMap). De plus, une autre étape de traitement des données est nécessaire pour lever l'ambiguïté de la géolocalisation des événements : par exemple, si un séisme se produit en Californie, il est plus probable qu'un tweet d'un témoin mentionnant la ville de « Dublin » évoque la localité californienne plutôt que la capitale de l'Irlande ; ces techniques permettent un enrichissement significatif et relativement robuste à l'échelle municipale (Kropivnitskaya et al., 2017a ; Auclair et al., 2019). Des approches plus complexes ont récemment été proposées, consistant à regrouper des tweets mentionnant les mêmes toponymes pour améliorer leur localisation (de Bruijn et al., 2018), ou à prédire conjointement la localisation et d'autres attributs thématiques via des approches semi-supervisées (Ouaret et al., 2019). En plus de la géolocalisation de l'événement, les tweets contiennent d'autres informations utiles pour identifier des témoins (Starbird et al., 2012 ; Zahra et al. ; 2020), détecter des dommages (Resch et al., 2018), décrire le niveau d'intensité des secousses (Arapostathis et al., 2016), identifier des signalements de victimes (Communello et al., 2016), etc., en utilisant des techniques de traitement automatique du langage (TAL) et modélisation de sujet (« topic modelling »).

Une analyse continue des tweets traitant du sujet « séisme » permet par exemple de détecter automatiquement et rapidement – sans aucune donnée extérieure – la survenue d'un tremblement de terre (Sakaki et al., 2010 ; Earle et al., 2010 et 2011). Lorsqu'un séisme se produit, l'activité Twitter est en effet marquée par une augmentation très rapide du nombre de tweets associés, qui culmine en quelques minutes, puis diminue progressivement dans une période qui dépend de la taille du séisme (Comunello et al., 2016; Francalanci et al., 2017). Boccia Artieri et coll. (2012) ont expliqué que ce phénomène d'augmentation rapide de l'activité sur Twitter – suivie d'une diminution progressive – s'explique par l'activité d'utilisateurs « témoins » de l'événement, suivie par l'activité d'autres utilisateurs recherchant des informations sur le séisme, exprimant leur empathie aux victimes, etc. Ainsi, le principal pic d'activité est généré presque exclusivement par les personnes qui ont personnellement ressenti le tremblement de terre. Plusieurs études ont été menées ces dernières années pour analyser les tweets échangés au cours des premières minutes après un séisme afin de pouvoir déduire des informations liées à l'intensité, et ainsi contribuer au calcul rapide de ShakeMaps. Ces études sont basées sur deux principaux types d'approches.

1. La première approche consiste à élaborer des corrélations empiriques reliant le nombre de tweets en provenance d'une zone (avec ou sans normalisation par rapport

⁵ <https://twitter.com/TwitterSupport/status/114103984199335264>

à la densité de population) à l'IM (Kropivnitskaya et al., 2017a, b). Cette approche est facile à mettre en œuvre et indépendante du langage utilisé pour les tweets, et elle montre généralement des performances satisfaisantes. Néanmoins, sa principale limitation est qu'elle dépend fortement du nombre d'utilisateurs de Twitter au moment de l'élaboration des équations empiriques. En effet, le nombre d'utilisateurs est très différent d'un pays (ou d'une région) à l'autre, et il évolue également avec le temps : alors que le nombre d'utilisateurs de Twitter augmente dans certains pays, il stagne dans d'autres. Par conséquent, ces relations peuvent ne pas être adaptées à d'autres contextes géographiques, et ne plus être valables quelques mois après leur publication.

2. La seconde approche consiste à développer des modèles prédictifs via des approches d'apprentissage automatique pour évaluer l'intensité maximale du séisme (Cresci et al., 2014) ou pour cartographier l'intensité locale (Burks et al., 2014 et Mendoza et al., 2018 et 2019), ou via le développement de lexiques permettant d'associer des niveaux d'IM à certains mots ou combinaisons de mots (Arapostathis et al., 2016). Cette approche repose sur une analyse tweet par tweet prenant en compte le contenu de chaque message individuellement, et elle est donc plus robuste. Cependant, ces méthodes sont plus complexes à mettre en place et elles nécessitent une validation et une adaptation périodiques aux modifications apportées par Twitter lui-même, comme la modification apportée en 2017 du nombre maximum de caractères dans un tweet (passage de 140 à 280 caractères), ainsi qu'à l'évolution continue du comportement des utilisateurs, comme la tendance à utiliser de moins en moins de hashtags (Auclair et al., 2019). De plus, bon nombre de ces approches nécessitent de grands jeux de données pour calibrer les modèles, qui ne sont pas toujours disponibles en raison de la nature du phénomène sismique avec des périodes de retour importantes. En effet, à l'instar des Pyrénées, de nombreuses régions du monde à sismicité modérée n'ont pas connu de séisme significatif depuis l'apparition de Twitter en 2006, et disposent donc d'ensembles de données très partiels pour l'étalonnage.

Alternativement, Resch et al. (2018) ont proposé de combiner des modèles de sujets par apprentissage automatique avec une clusterisation spatio-temporelle pour déduire l'étendue de la zone présentant des dommages. Ainsi, une valeur d'IM supérieure ou égale à 6 ou 7 selon l'EMS-98 peuvent être attribués à la zone de dommage détectée, en fonction du niveau moyen de vulnérabilité du bâti dans la zone d'étude.

2.2 Usage de Twitter sur la zone pyrénéenne

Si Twitter n'est pas le média-social le plus utilisé, ce média social est encore riche d'une communauté utilisateurs très importantes, de plus de 7 millions d'utilisateurs actifs en France comme en Espagne⁶.

Si l'on considère les tweets nativement géolocalisés comme représentatifs de la répartition spatiale de tous les usagers de la plateforme, l'on se rend facilement compte que ces derniers ne se répartissent pas de manière homogène sur le territoire, avec une présence beaucoup plus marquée dans les grandes villes. Ainsi, la Figure 1 montre clairement que, au niveau des Pyrénées et de la zone de projet POCRISC, d'autant plus de tweets proviennent du territoire que celui-ci est peuplé, avec un maximum d'activité dans la région barcelonaise, puis dans

⁶ <https://www.statista.com/statistics/242606/number-of-active-twitter-users-in-selected-countries/>

une moindre mesure dans les autres grandes villes (Toulouse, Saragosse, Pampelune), et enfin une activité très diffuse sur le reste du massif.

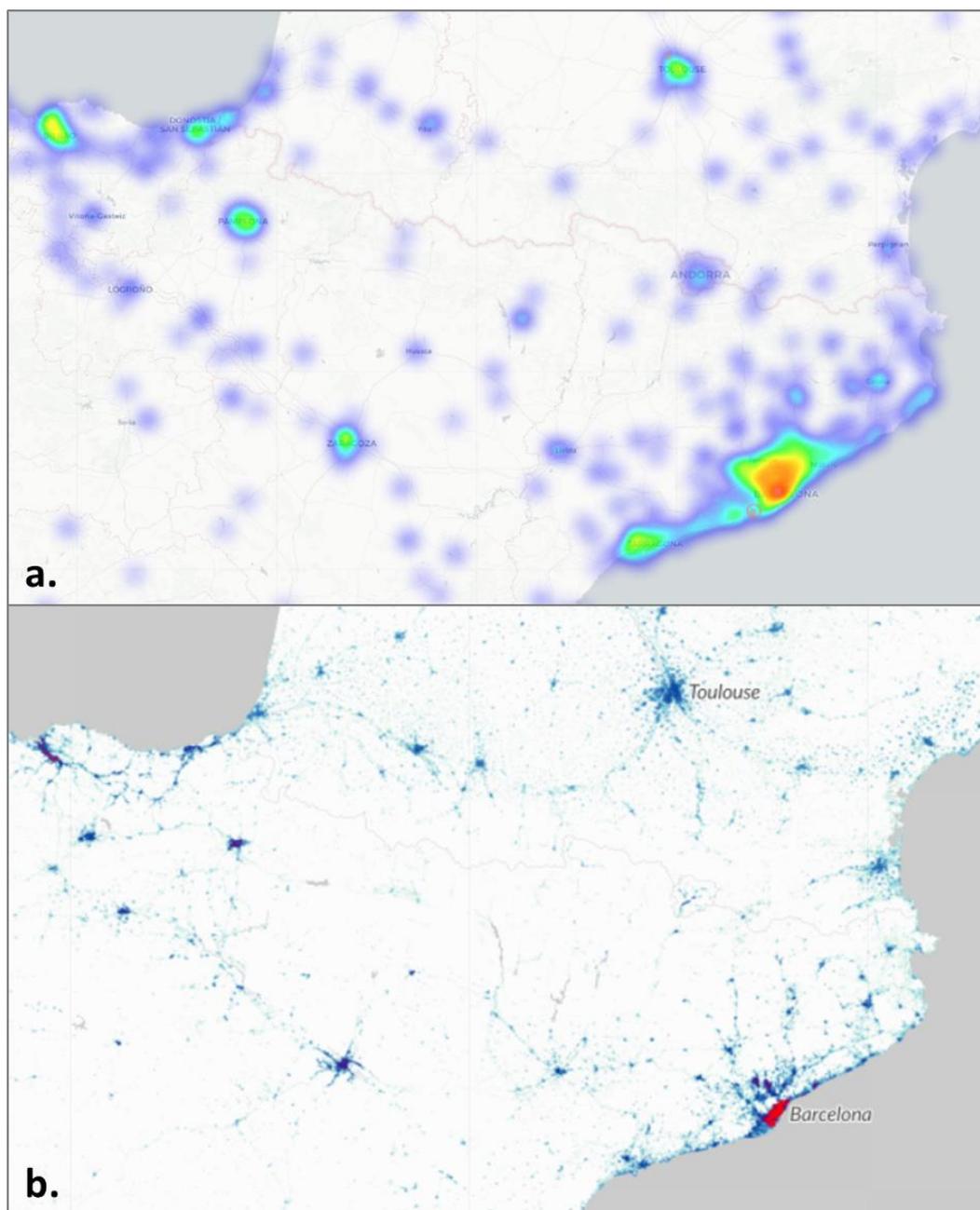


Figure 1. Comparaison entre (a.) la densité la densité de tweets géolocalisés en provenance de la région pyrénéenne, et (b.) la densité de population résidente (sources : tweets - <https://onemilliontweetmap.com/>; population - <https://luminocity3d.org/>.)

Le risque sismique étant la résultante entre l'aléa sismique et les actifs exposés, ces capteurs sociaux permettent un bon maillage des actifs (c'est-à-dire des populations) mais pas de l'aléa (c'est-à-dire l'extension des phénomènes naturels) (Auclair et al., 2019). Par conséquent, Twitter est plus susceptible de nous fournir des données pour calibrer l'IM dans les zones urbaines plutôt que dans les zones rurales (Fayjaloun et al., 2020). Il est à noter que les bâtiments de ces zones urbaines peuvent présenter des spécificités à prendre en compte dans l'attribution des valeurs d'IM basées sur des mentions d'effets macrosismiques dans les tweets (par exemple les mouvements du sol généralement mieux ressentis dans les immeubles de grande hauteur, qui sont plus nombreux dans les zones urbaines).

2.3 Veille automatisée

Depuis avril 2017, la plateforme SURICATE-Nat⁷ (Auclair et al., 2019) permet le suivi et l'analyse continue des tweets originaux rédigés en français suite à la survenance de catastrophes naturelles (séismes et inondations), via le monitoring continu de l'API de streaming gratuite de Twitter⁸.

En pratique, l'interrogation de l'API se fait selon un « monitoring fixe » qui repose, pour chaque « silo thématique » (i.e. séismes, inondations, etc.), sur la définition d'un corpus de mots-clés exploitant les champs lexicaux propres à chaque risque, et prenant en considération les contraintes associées au langage libre. Ainsi, la veille relative aux « séismes » est par exemple axée sur la recherche de la mention de termes tels que « séisme », « tremblement de terre » ou « magnitude », orthographiés de différentes manières, en excluant les mentions à des termes consacrés sans liens avec le phénomène sismique tels que « séisme politique ». Ces règles d'interrogation de l'API-Twitter ont été établies de telle manière à optimiser le rapport « signal sur bruit » des données collectées, en privilégiant au maximum le recueil des tweets de première-main qui sont les principaux vecteurs d'informations à chaud en provenance directe du terrain. Ainsi, les « retweets » (i.e. partage de tweets) sont par exemple exclus de la collecte.

Au fur et à mesure de leur captation, les tweets subissent un prétraitement de filtrage consistant à supprimer des envois automatiques effectués depuis des automates qui visent artificiellement à amplifier la portée d'une information et ne contiennent aucune information de première main, ainsi que d'éventuels doublons restants, à savoir des Tweets quasiment identiques dont l'envoi est répété depuis un ou plusieurs comptes.

2.4 Impact des séismes sur l'activité de Twitter

La survenue de séismes donne fréquemment lieu à une augmentation soudaine de l'activité sur Twitter, avec des pics d'activité marqués dans les zones urbaines où les secousses sismiques sont ressenties. Ainsi, dans les dix premières minutes qui suivent un séisme notable, une grande majorité des messages envoyés sur Twitter utilisant le champ-lexical lié au phénomène sismique, le sont par des témoins directs ayant eux-mêmes ressentis les secousses.

L'ampleur de ces pics d'activité dépend de nombreux paramètres (intensité macrosismique, densité de population dans les zones exposées, heure de la journée, usage de Twitter dans le pays considéré, etc.), et varie de quelques tweets par minutes à plusieurs milliers dans les cas les plus forts (un pic à près de 13.000 tweets par minutes a par exemple été enregistré le 6 juillet 2019, seulement 2 minutes après le puissant séisme californien de magnitude 7.1).

2.4.1 Exemples de séismes pyrénéens

La plateforme SURICATE-Nat ne gérant à ce jour que les tweets rédigés en langue française, nous avons procédé à la récupération de données via la société VisiBrain dans 3 langues couramment parlées sur la zone pyrénéenne POCRISC : le français, l'espagnol et le catalan.

L'examen de ces données (cf. Figure 2 à Figure 5) montre que, tous les séismes notables survenus dans les Pyrénées ces dernières ont donné lieu à des afflux de tweets très marqués

⁷ www.suricatenat.fr

⁸ <https://developer.twitter.com/en/docs/tutorials/stream-tweets-in-real-time>

dans les premières minutes suivant la survenue du séisme, s'atténuant ensuite rapidement avec le temps. Comme remarqué par plusieurs études, cet afflux de messages postés sur Twitter immédiatement après un séisme proviennent de témoins directs ayant ressenti les secousses (Fayjaloun et al., 2020 ; Boccia Artieri et al., 2012 ; Burks et al., 2014 ; Communello et al., 2016 ; Kropivnitskaya et al., 2017a).

Il est également intéressant qu'en domaine transfrontalier, ce comportement se traduit par des pics d'activités d'ampleur différentes selon la langue considérée, en fonction de la localisation de l'épicentre, avec des pics plus marqués et de plus grande amplitude dans la/les langue(s) dominante(s) de la zone épiscopentrale. Cette observation renforce donc l'hypothèse de messages en provenance directe de témoins.

Par ailleurs, il apparaît très clairement que l'activité de Twitter permet également d'identifier les différents séismes d'une même séquence, dès lors que ces derniers sont suffisamment espacés dans le temps (quelques heures) et qu'ils sont largement ressentis par la population. Ainsi en est-il de la journée du 10 mars 2017 pendant laquelle deux séismes ont été enregistrés en Espagne en l'espace de 9h (cf. Figure 3), ou de la séquence sismique de la nuit du 30 septembre au 1^{er} octobre 2020 durant laquelle quatre séismes notables sont survenus en moins de 2h30 (cf. Figure 5). Ce dernier exemple est également très intéressant car il démontre que l'amplitude des pics d'activités n'est en revanche pas directement lié à l'intensité macrosismique maximale de l'évènement. Si certains travaux proposent des corrélations empiriques entre l'ampleur des pics d'activité et l'intensité macrosismique (Kropivnitskaya et al., 2017a,b), il convient en effet de souligner que beaucoup de facteurs peuvent influencer sur cette amplitude, tels que :

- La densité et la sociologie de la population au sein de la zone de perception des secousses ;
- L'heure de survenance du séisme ;
- La fréquence des séismes dans la région ;
- Etc.

2.4.1.1 Séismes du 29 octobre 2015 – M4.3

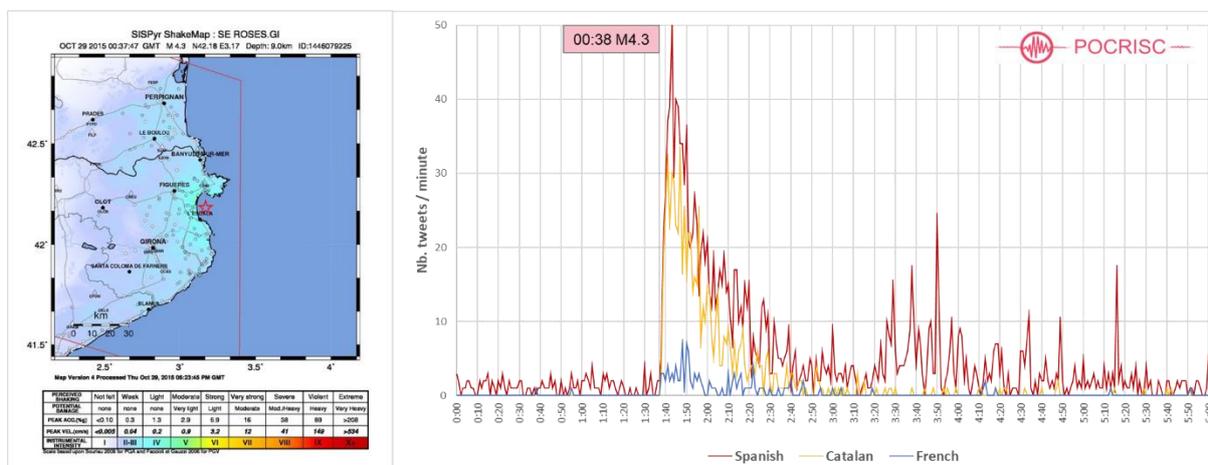


Figure 2. Shakemap SISPy du séisme du 29 octobre 2015 (à gauche) et évolution temporelle du nombre de tweets traitant du thème « séisme » (à droite) en espagnol (courbe rouge), en catalan (courbe jaune) et en français (courbe bleue).

2.4.1.2 Séismes du 10 mars 2017 – M_{max} 4.0

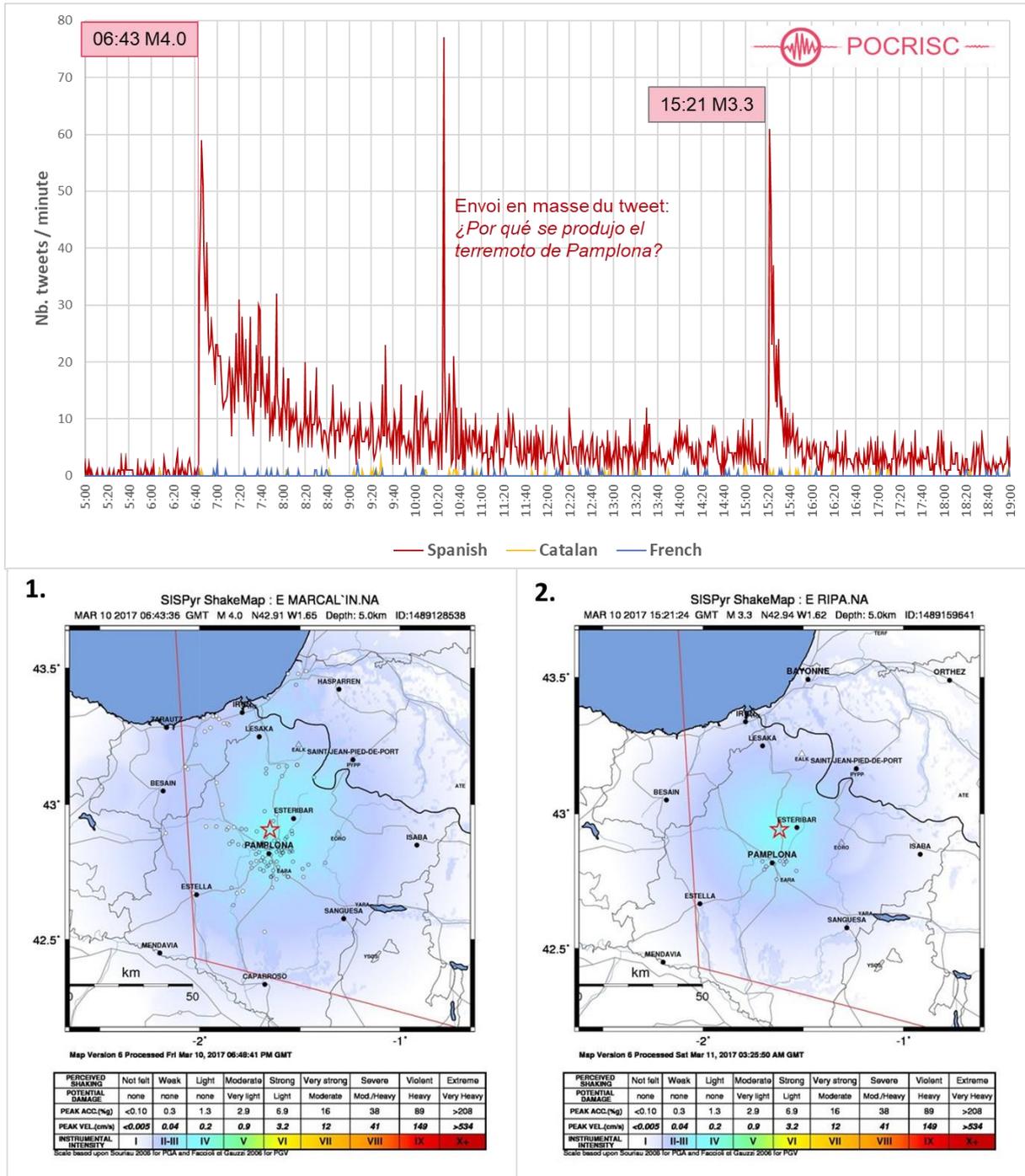


Figure 3. Shakemaps SISPyR des séismes du 10 mars 2017 (en bas) et évolution temporelle du nombre de tweets traitant du thème « séisme » (en haut) en espagnol (courbe rouge), en catalan (courbe jaune) et en français (courbe bleue).

2.4.1.1 Séisme du 3 avril 2019 – M4.3

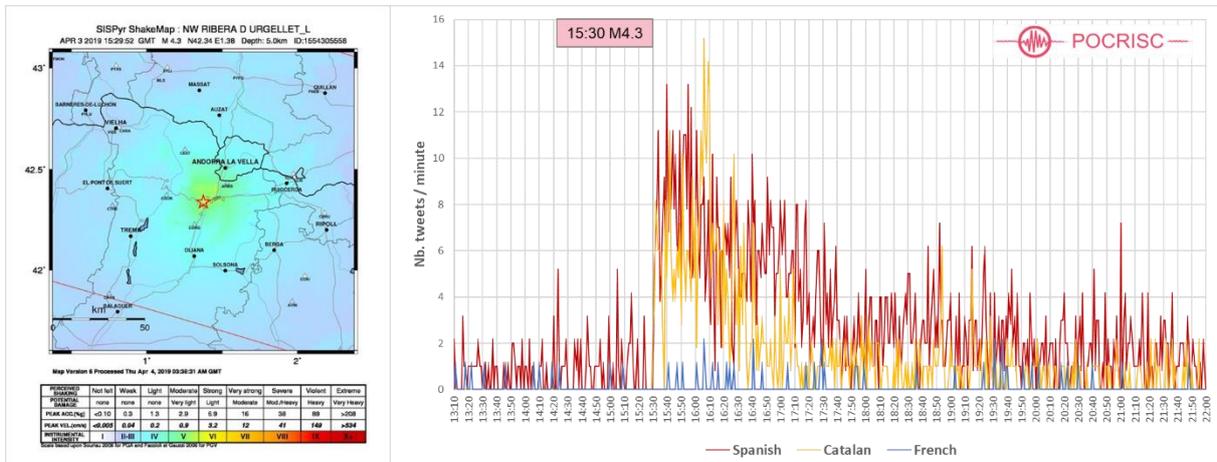


Figure 4. Shakemap SISPy du séisme du 3 avril 2019 (à gauche) et évolution temporelle du nombre de tweets traitant du thème « séisme » (à droite) en espagnol (courbe rouge), en catalan (courbe jaune) et en français (courbe bleue).

2.4.1.1 Séquence sismique de fin septembre début octobre 2020 – Mmax 4.4

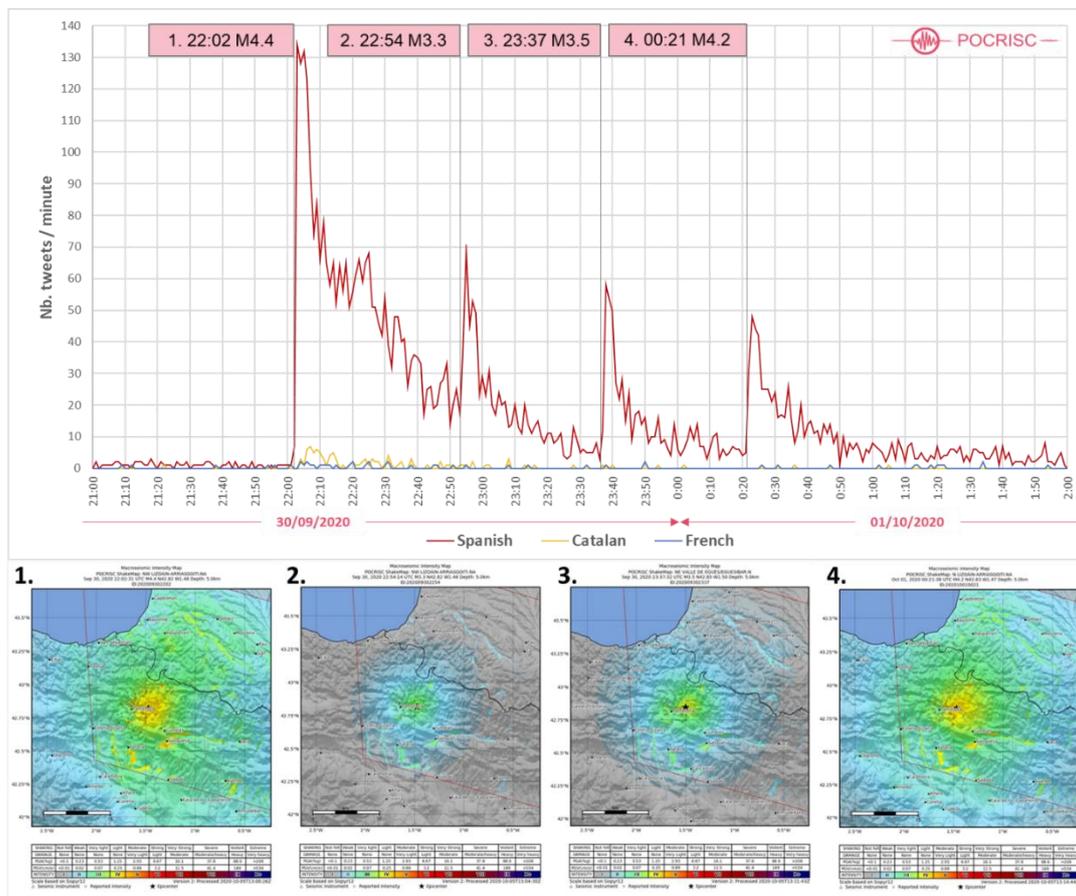


Figure 5. Shakemaps POCRISC de la séquence sismique de l'automne 2020 (en bas) et évolution temporelle du nombre de tweets traitant du thème « séisme » (en haut) en espagnol (courbe rouge), en catalan (courbe jaune) et en français (courbe bleue).

2.4.2 Exemples de séismes survenus en France

Grâce aux algorithmes prédictifs de classification supervisée implémentés sur la plateforme SURICATE-Nat (cf. Auclair et al., 2019 et section 4.1.3), ainsi qu'à son module de géolocalisation des tweets par reconnaissance d'entité nommées géographiques (cf. section 4.1.3), il est possible d'enrichir les tweets collectés en langue française. Ainsi, il est intéressant de considérer les séismes récents survenus en France.

Dans sa version actuelle, la plateforme SURICATE-Nat ne propose cependant pas encore d'indicateur relatif à l'événement au-delà de sa détection automatique et du rappel des caractéristiques de l'épicentre déterminés par des services sismologiques spécialisés (la magnitude, la localisation et la profondeur étant récupérés auprès du BCSF-RéNaSS via leur webservice).

Néanmoins, le seul fait de pouvoir positionner les tweets sur une carte selon les lieux qu'ils mentionnent permet, par simple analyse visuelle, de se faire une première impression relativement précise de la zone de perception des secousses sismiques (cf. Figure 8).

2.4.2.1 Séisme du 7 avril 2014 – M5.0

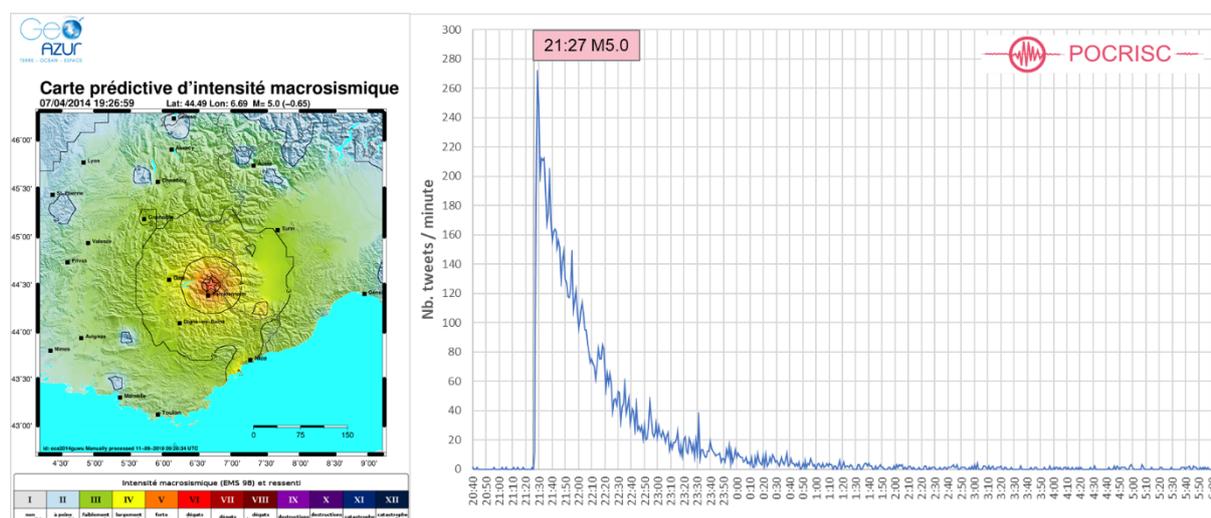


Figure 6. Shakemap GéoAzur du séisme de Barcelonnette du 7 avril 2014 (à gauche) et évolution temporelle du nombre de tweets traitant du thème « séisme » en français (à droite).

2.4.2.2 Séisme du 21 juin 2019 – M4.9

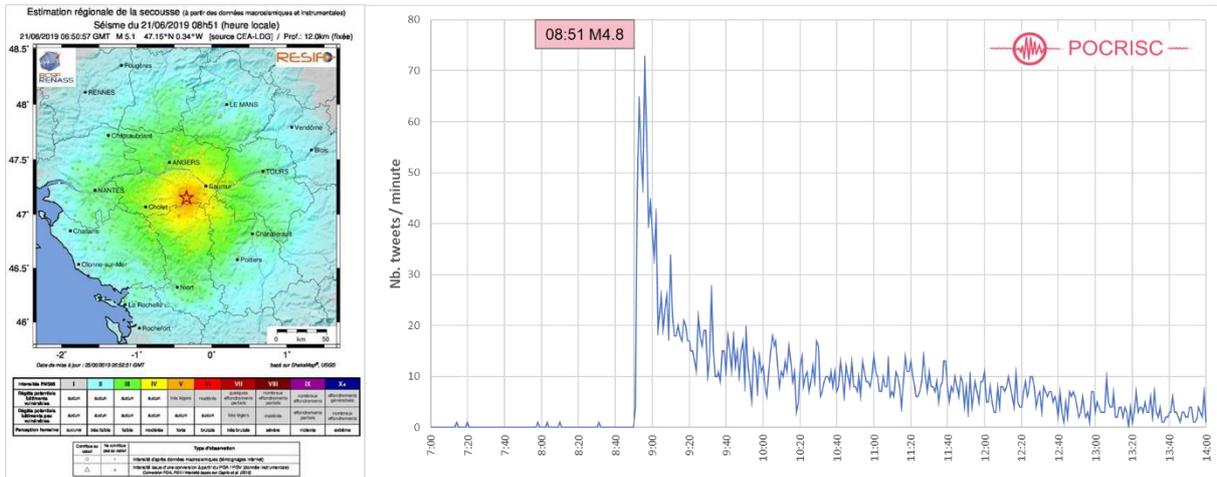


Figure 7. Shakemap BCSF-RéNaSS du séisme du 21 juin 2019 (à gauche) et évolution temporelle du nombre de tweets traitant du thème « séisme » en français (à droite).

Via la plateforme SURICATE-Nat, 46.4% des tweets collectés (soit 1.547 tweets) ont été classifiés automatiquement comme ayant été envoyés par des personnes témoignant de la manière dont ils ont ressenti les secousses, alors que la reconnaissance d'entité nommées géographiques (cf. section 4.1.3) a conduit dans 33.9% des cas (soit 1.128 tweets) à une géolocalisation (cf. Figure 8). L'algorithme de détection automatique de SURICATE-Nat a pour sa part détecté le séisme à 8h52, soit une minute seulement après son occurrence.

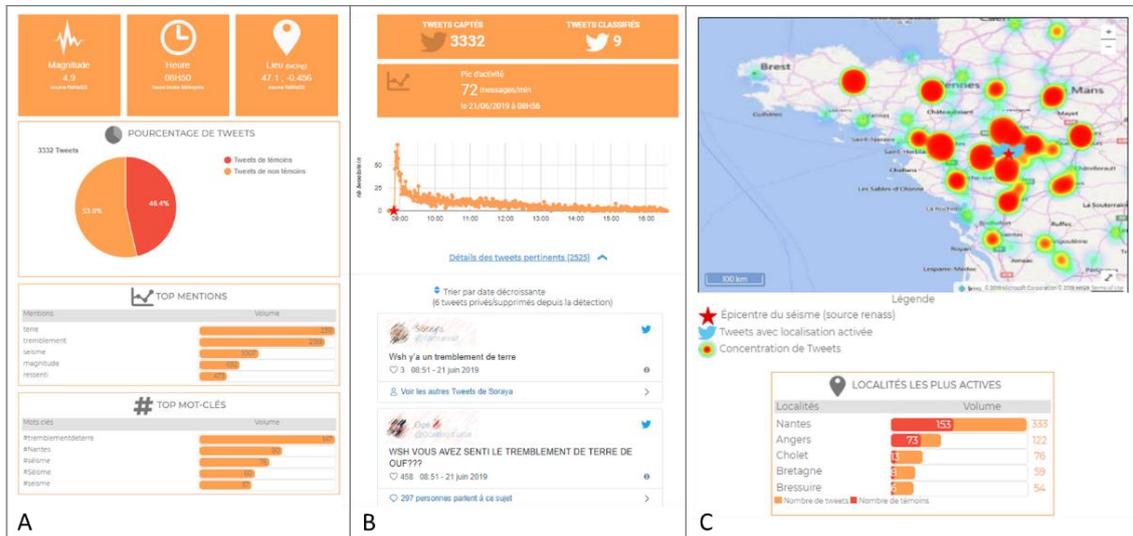


Figure 8. Capture de 3 écrans du site internet www.suricatenat.fr relatifs au séisme du 21 juin 2019. A. Ecran de synthèse, avec en haut le rappel des caractéristiques du séisme, au milieu un pie-chart représentant la proportion des tweets captés classifiés automatiquement comme issus de témoins du séisme et en bas l'affichage des top-mentions et top hashtags. B. Ecran présentant l'activité Twitter associée au séisme sous forme de timeline et de liste de tweets. C. Ecran de localisation avec en haut une heatmap de la localisation des tweets captés et en bas la liste des villes les plus actives avec la distinction entre post de témoins et de non-témoins.

Dans sa version actuelle, le site internet ne propose pas d'indicateur relatif à l'événement au-delà de sa détection automatique et du rappel des caractéristiques de l'épicentre déterminés

par des services sismologiques spécialisés (la magnitude, la localisation et la profondeur sont ainsi ceux fournis par le BCSF-RéNaSS).

Néanmoins, la seule analyse visuelle de la cartographie des lieux mentionnés dans les tweets suffit à se faire une première impression relativement précise de la zone de perception des secousses sismiques (cf. Figure 8).

2.4.2.1 Séisme du 11 novembre 2019 – M5.2

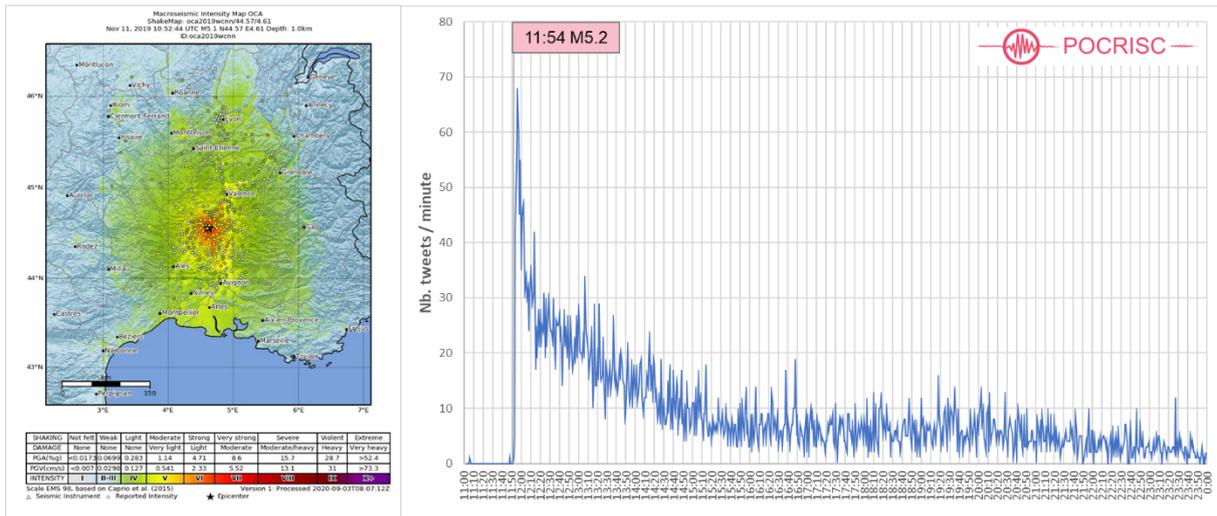


Figure 9. Shakemap GéoAzur du séisme du Teil du 11 novembre 2019 (à gauche) et évolution temporelle du nombre de tweets traitant du thème « séisme » en français (à droite)

Via la plateforme SURICATE-Nat, 25.2% des tweets collectés (soit 1.617 tweets) ont été classifiés automatiquement comme ayant été envoyés par des personnes témoignant de la manière dont ils ont ressenti les secousses, alors que la reconnaissance d'entité nommées géographiques (cf. section 4.1.3) a conduit dans 48.4% des cas (soit 3.112 tweets) à une géolocalisation (cf. Figure 8). L'algorithme de détection automatique de SURICATE-Nat a pour sa part détecté le séisme à 11h54, soit deux minutes seulement après son occurrence.

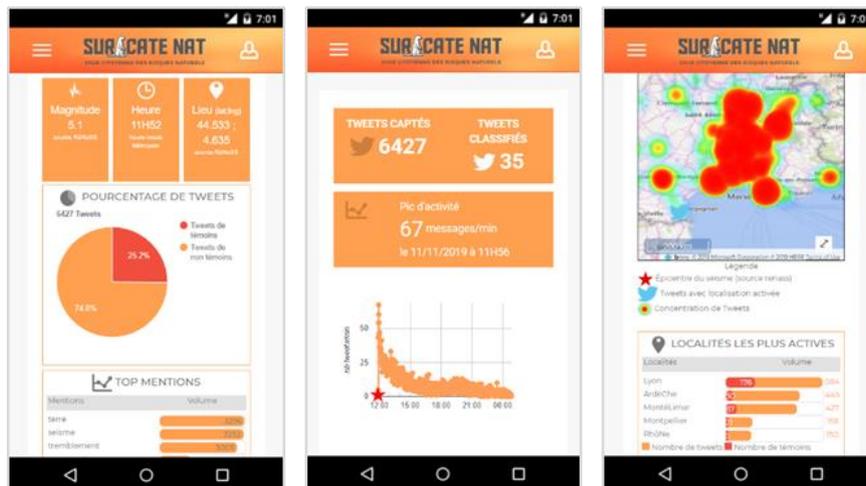


Figure 10. Capture de 3 écrans du site internet www.suricatenat.fr (version mobile) relatifs au séisme du 11 novembre 2019. A. Ecran de synthèse, avec en haut le rappel des caractéristiques du séisme, au milieu un pie-chart représentant la proportion des tweets captés classifiés automatiquement comme issus de témoins du séisme et en bas l'affichage des top-mentions et top hashtags. B. Ecran présentant l'activité Twitter associée au séisme sous forme de timeline et de liste de tweets. C. Ecran de localisation avec en haut une heatmap de la localisation des tweets captés et en bas la liste des villes les plus actives avec la distinction entre post de témoins et de non-témoins.

3 MONITORING DES MEDIAS SOCIAUX POUR LE SUIVI DES SITUATIONS D'URGENCE SISMIQUES EN CATALOGNE

Indépendamment de la plateforme SURICATE-Nat du BRGM, le DGPC a signé, dans le cadre du projet POCRISC, un contrat avec l'entreprise Kantar media pour la réalisation d'un service de surveillance des réseaux sociaux avec son logiciel *Social Engagement*. Cette plateforme de surveillance des réseaux sociaux permet de mesurer l'impact de l'information sur Twitter, Facebook, Instagram et Youtube.

3.1 Aperçu de la plateforme Social Engagement

Dans cette première étape du projet, le logiciel *Social Engagement* a été adapté sur commande du projet POCRISC pour explorer l'information utile sur twitter pour la détection et la gestion de séismes et d'autres situations d'urgence. Dans un second temps du projet les autres réseaux sociaux (Facebook, Instagram et Youtube) seront également incorporés à la plateforme pour y réaliser le suivi des situations d'urgence.

La plateforme *Social Engagement* permet d'identifier, de filtrer, de classier et de représenter les tweets avec des graphiques, par minutes ou par heures, en fonction des divers paramètres, comme leur nombre d'impressions, les mentions auquel le tweet fait référence, les mots ou hashtags employés dans le texte du tweet, ou son compte d'origine. La plateforme permet aussi de réaliser des recherches historiques, en adaptant les paramètres à volonté pour l'obtention du résultat désiré.

Au fur et à mesure que la plateforme offre des résultats, les tweets sont évalués pour affiner les critères de recherche, qui peuvent être modifiés rapidement s'il le faut. Le système du logiciel est adaptable rapidement de façon que, devant une situation donnée, il est possible d'incorporer les exclusions nécessaires pour restreindre ou élargir les résultats. Certains résultats peuvent être montrés en pourcentages ou en données absolues, et il est possible de les extraire au formats PDF et Excel.

Les langues du logiciel sont le Catalan, l'Espagnol, l'Anglais et le Français. Néanmoins, il n'est pas prévu que les tweets soient classés en fonction de la langue d'origine.

Grâce à l'aide d'un tableau de contrôle très intuitif, l'accès à l'information se présente de manière très visuelle (cf. Figure 11).

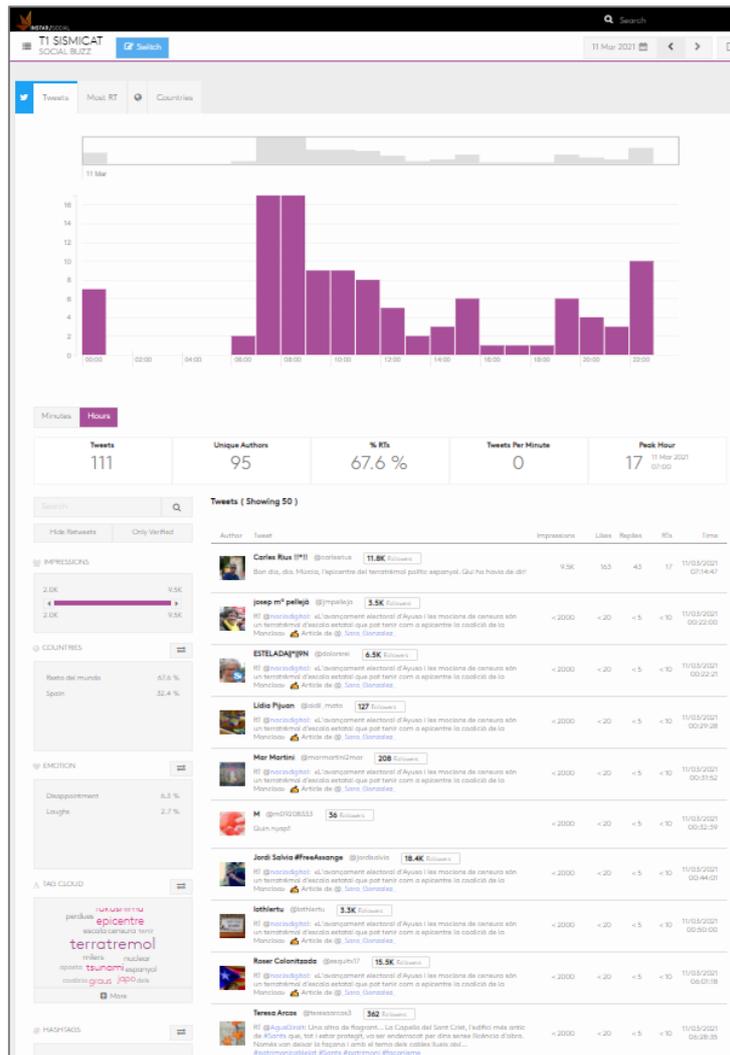


Figure 11. Aperçu de la plateforme Social Engagement de Kantar, pour le suivi d'un séisme

Les données disponibles grâce à la plateforme *Social Engagement* sont les suivantes :

- Tweets (texte du message) ;
- Retweets ;
- Impressions (nombre de fois que le tweet a été visualisé dans un écran) ;
- Auteurs uniques ;
- Pays (nombre/pourcentage de tweets par pays) ;
- Hashtags (nombre de fois/pourcentage qu'un hashtag a été employé) ;
- Nuage de mots (nombre de fois/pourcentage des mots les plus employés) ;
- Mentions (nombre de fois/pourcentage de mentions à des comptes de twitter) ;
- Contributeurs (nombre/pourcentage de tweets sur le total de comptes de twitter) ;
- Support média (nombre/pourcentage de tweets avec des images, links, vidéos, etc.) ;
- Location (nombre/pourcentage de tweets qui déclarent leur localisation).

La plateforme offre aussi d'autres informations, telles que les likes, les émotions, le genre, mais qui ne sont pas prises en considération.

3.2 Paramètres de recherche de tweets

Dans l'objectif de détecter les tweets faisant référence à des tremblements de terre, la stratégie a consisté, d'une part à identifier les mots les plus susceptibles d'apparaître dans Twitter suite à la survenue de séismes, et d'autre part à surveiller les comptes des principaux intervenants impliqués dans la gestion des crises sismiques.

3.3 Structure de l'information

La plateforme *Social Engagement* organise les tweets en fonction de l'aléas à l'origine de la situation d'urgence et de la source d'information du tweet, dans les « dossiers thématiques » suivants :

En fonction de l'aléa :

- SISMICAT (aléas sismique) ;
- INUNCAT (aléas inondations) ;
- VENTCAT (aléas vent) ;
- INFOCAT (aléas incendies de forêts) ;
- PLASEQCAT/TRANSCAT (aléas chimique) ;
- NEUCAT (aléas neige) ;
- PROCICAT (reste d'aléas).

En fonction de la source d'information :

- Services d'urgences ;
- Gérants de services publics ;
- Fournisseurs de services essentiels ;
- Médias ;
- Bénévoles de la protection civile ;
- Journalistes influents ;
- Conseils départementaux.

Topic	Category/Name	Total Tweets	Unique Authors	Impressions	Plaza	Interactions	Plaza	Interactions
Mèdies de comunicació	SOCIAL BUZZ	3,5K	67	-	-	-	-	-
T2 Prestadors de serveis	SOCIAL BUZZ	456	18	-	-	-	-	-
T1 PROCICAT	SOCIAL BUZZ	238	226	-	-	-	-	-
T2 Gestors de serveis	SOCIAL BUZZ	218	32	-	-	-	-	-
T2 Serveis d'emergències	SOCIAL BUZZ	124	31	-	-	-	-	-
Periodistes influents	SOCIAL BUZZ	95	15	-	-	-	-	-
Consells comarcals	SOCIAL BUZZ	61	20	-	-	-	-	-
AVPC's	SOCIAL BUZZ	25	15	-	-	-	-	-
T1 INFOCAT	SOCIAL BUZZ	24	21	-	-	-	-	-
T1 INUNCAT	SOCIAL BUZZ	22	20	-	-	-	-	-
T1 PLASEQCAT/TRANSCAT	SOCIAL BUZZ	13	13	-	-	-	-	-
T1 SISMICAT	SOCIAL BUZZ	12	12	-	-	-	-	-
T1 VENTCAT	SOCIAL BUZZ	8	7	-	-	-	-	-
T1 NEUCAT	SOCIAL BUZZ	8	6	-	-	-	-	-

Figure 12. Aperçu de la présentation synthétique de l'activité de différents utilisateurs via la plateforme *Social Engagement*

Le dossier « services publics », dans le cadre du risque sismique inclut, par exemple, les comptes officiels des services géologiques ou des ordres professionnels d'architectes.

D'autres comptes qui font aussi partie de ce dossier, mais qui ne sont spécifiques du risque sismique, sont ceux des services météo, des opérateurs publics chargés de la gestion et l'entretien des routes, etc.

Le dossier « fournisseurs de services essentiels », inclut les entreprises de génération et distribution d'énergie, d'eaux, de télécommunications, ainsi que les compagnies privées chargés de la gestion et l'entretien d'autoroutes, compagnies de chemins de fer, etc.

3.4 Définition des mots-clés

Dans le but d'établir une première sélection de mots-clés on a relevé, dans le texte du SISMICAT (plan séisme de la Generalitat de Catalunya), des mots de la terminologie sismique, qui ont été incorporés dans la liste de mots-clés, tels que « épiceutre », « magnitude » où « onde sismique ». Cette liste inclut, bien entendu, les 4 langues du projet (catalan, espagnol, français et anglais).

Afin de ne pas restreindre trop la recherche sur Twitter à cause de cette terminologie spécifique du risque sismique, d'autres mots plus génériques des situations d'urgence ont été également incorporés dans la liste de mots-clés.

Certains séismes récents survenus en Catalogne ont fait l'objet d'une analyse spécifique. La répercussion sur Twitter de ces séismes nous a permis d'identifier non seulement des mots, mais aussi des hashtags et des expressions souvent employées par les usagers. Ces expressions nous permettent établir des combinaisons ou des exclusions de mots, ainsi que déterminer les hashtags avec plus d'écho.

3.5 Comptes de préférence

Avec l'objectif de faire un suivi des comptes des principaux intervenants dans la gestion des crises sismiques, on a élaboré une liste de « comptes de préférence ».

Les comptes officiels Twitter des intervenants du plan séisme « SISMICAT » de la Generalitat de Catalunya ont été incorporés, ainsi que ceux de leurs homologues d'autres régions d'Espagne (Aragon, Navarre), d'Andorre et de France.

De ce fait, la liste est composée par les comptes de services d'urgences, de services géologiques et météorologiques, d'administrations publiques (locales, régionales et nationales), d'entreprises de services essentiels (transports, télécommunications, énergie, etc.), d'associations de bénévoles de la protection civile, etc.

Par ailleurs, certains comptes Twitter ayant un grand nombre de followers et dont la diffusion atteint une grande portée, ont également été inclus dans la liste de « comptes de préférence ».

3.6 Filtrage des résultats et catégorisation des messages

La combinaison entre mots-clés et comptes officiels offre des résultats qu'il faut filtrer, en tenant compte :

- Du **temps** : moment du tweet (privilégier ceux plus près du moment à l'origine de l'épisode à l'étude)
- De la **localisation** : soit l'endroit d'où la personne fait le tweet, soit l'endroit auquel le tweet fait référence, à partir des toponymes inclus dans le texte.

- De la **pertinence de l'information** : témoin direct du fait (accompagné ou non, de photos, de vidéos ou d'autres formats), commentaires supplémentaires d'un tweet de source d'information officielle.
- De la **source d'information** : source d'information officielle, retweet (tenir compte que les retweets donnent une idée de la portée et peuvent être important pour déterminer le ressenti, mais n'ajoutent rien en en terme de nouvelle information).

En fonction des résultats de ce filtrage trois catégories de tweets ont été définies :

- Très important** : tweets contenant des informations sur la situation en cours ou susceptible de se produire dans le court terme, et qui proviennent d'un témoin direct de la situation. Ces tweets peuvent contenir différents types d'informations :
 - Temps écoulé entre la première secousse et la publication ;
 - Messages de témoignage (ex. « j'ai senti une secousse ») ;
 - Le « reach » (nombre d'impressions) du tweet, même si les paramètres établis ne se limitent pas seulement au risque sismique.
- Important** : tweets contenant des informations sur la situation en cours ou susceptible de se produire dans le court terme, et qui proviennent de tiers, y compris de médias (i.e. information de seconde main).
- Moins important** : tweets ne correspondant à aucune des deux catégories précédentes.

3.7 Localisation des tweets

La plateforme *Social Engagement* incorpore une section « localisation », permettant de visualiser les informations de géolocalisation associées à certains tweets. Ces informations sont déduites de l'analyse automatique des tweets par les des algorithmes de la plateforme (exemple de méthodologie de géolocalisation décrite au paragraphe 4.1.3). Malgré le fait que ces données manquent de précision, elles offrent une approximation des localisations géographiques des tweets.

L'analyse conjointe de ces informations de géolocalisation automatique, des nombreux toponymes employés dans le corps des messages (notamment sous forme de #hashtags), et des métadonnées des utilisateurs permet d'établir une première analyse de premier ordre de la zone impactée.

3.8 Système d'alertes automatique

La plateforme permet l'envoi d'alertes automatiques à la salle de coordination opérationnelle, en fonction de la catégorisation des tweets.

C'est ainsi que, après avoir réalisé une dernière surveillance pour valider l'information, elle peut la distribuer à ses contacts, ainsi qu'élaborer des messages à la population et aux médias.

3.9 Analyse du séisme 16 janvier 2021

Le 16 janvier 2021 à 12h40, s'est produit en Catalogne un séisme de magnitude 3.0, avec un épicentre localisé entre les municipalités de Cassà de la Selva et LlagosteSans occasionner de dégâts, ce séisme a été largement ressenti dans les comtés du Gironès, de Baix Empordà et de la Selva.

Au moment du séisme, la plateforme *Social Engagement* n'incorporait pas encore tous les comptes des services d'urgences, des gérants de services publics et des fournisseurs de services essentiels. La structure d'information du système était en cours de création.

Il existe plusieurs options pour mener à terme une analyse de ce séisme avec la plateforme :

- Réaliser une recherche dans le dossier thématique **T1 Sismicat** ;
- Réaliser une recherche rétrospective avec d'autres logiciels à disposition de Kantar, qui permettent d'analyser l'activité dans cette journée des comptes **T2 Services d'Urgences**, **T2 gérants de services publics** et **T2 des fournisseurs de services essentiels**, tels qu'ils sont définis aujourd'hui.

L'exploitation du dossier thématique « T1 Sismicat » pour la journée du 16 janvier 2021, révèle 279 tweets, postés par 225 auteurs. Le pourcentage de retweets est de 76%, et l'activité se concentre principalement à une heure de l'après-midi (cf. Figure 13).

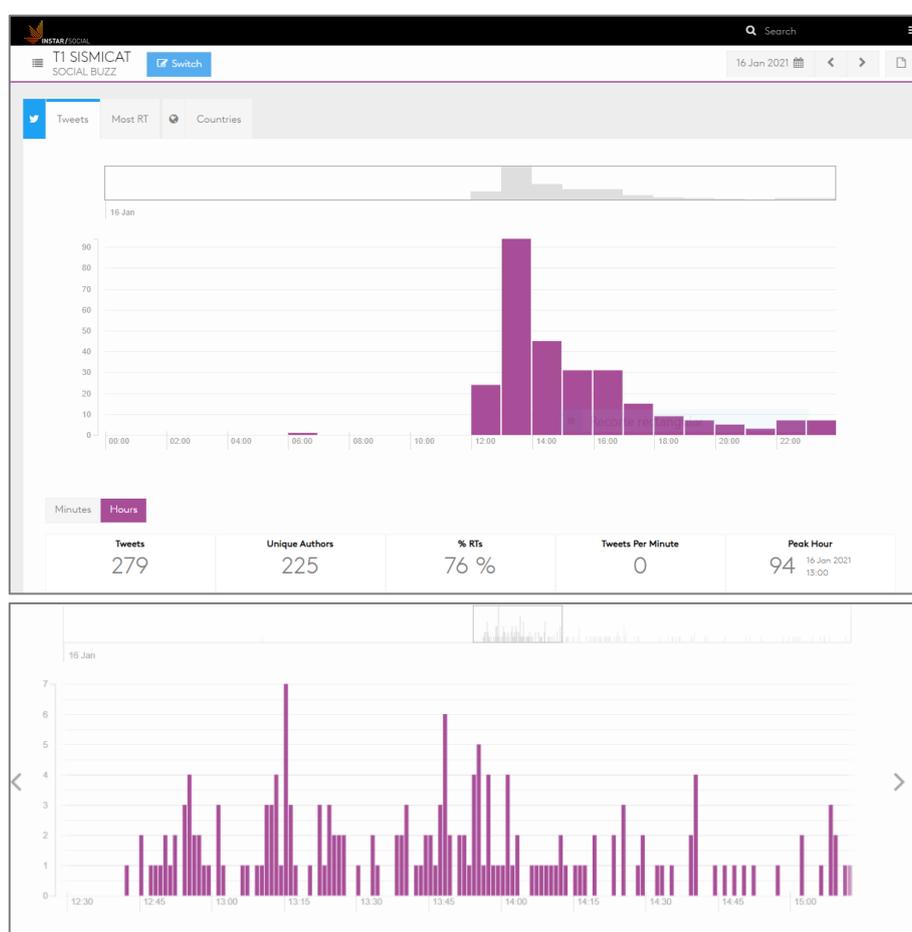


Figure 13. Aperçu de l'activité captée sur Twitter suite au séisme du 16 janvier 2021.

3.9.1 Application de filtres

Le premier filtre consiste à enlever les retweets de la liste de résultats. Même si les retweets n'ajoutent pas nécessairement d'information supplémentaire, leur volume permet d'en mesurer la portée. Le nombre de tweets résultant se réduit à 67, envoyé par 56 auteurs uniques (cf. Figure 14).

Après ce premier filtrage, on peut se servir du graphique horaire pour sélectionner le premier tweet détecté par le système. Il est possible de trier chronologiquement la liste des tweets.



Figure 14. Aperçu des résultats en excluant le retweets

3.9.2 Analyse des résultats

1. À **12h42** le système détecte le premier tweet (cf.). Il s'agit d'un citoyen qui déclare qu'il vient de ressentir un tremblement de terre à Palamós, et il se demande si quelqu'un d'autre l'a aussi senti. Soit le mot « tremblement de terre » soit le toponyme « Palamós » apparaissent dans le corps du message, mais aussi comme hashtag. L'utilisateur emploie aussi un autre toponyme, le hashtag #costabrava
2. À **12h45**, trois minutes après, le deuxième tweet correspond à une personne qui se demande si quelqu'un a senti le #tremblement de terre, cette fois ci depuis la municipalité de #Castell d'Aro, en #costabrava.
3. À **12h45** aussi, le troisième tweet. Un utilisateur depuis la municipalité de Sant Feliu de #Guíxols, parle à nouveau du #tremblement de terre ; dans ce cas, il apporte de l'information supplémentaire, en ajoutant le moment dans lequel il l'a senti (**12h39**).
4. À **12h48** le quatrième tweet n'apporte pas d'information importante, mais le système le détecte puisqu'il y apparait le hashtag #tremblement de terre.
5. À **12h50**, huit minutes après, le cinquième tweet est celui du ICGC. Dans les corps du message il y apparait le hashtag #tremblement de terre, sa magnitude (3.0), et le toponyme « gironès ». Il informe aussi que le tremblement est en attente de confirmation.

En descendant la liste de résultats, la plupart des tweets font référence ou connectent avec le tweet du ICGC (institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya). Ils apportent aussi d'autres toponymes comme Cassà de la Selva, Sarrià de Ter, ou Llagostera.

Tweets (Showing 50)						
Author	Tweet	Impressions	Likes	Replies	RTs	Time
 volant @navegant1973 74 Followers	Acaba de notar com un petit terratrèmol a Palamós, algú més? #terratremol #palamós #costabrava	< 2000	< 20	6	< 10	16/01/2021 12:42:39
 Franc Giraut @FrancGiraut 116 Followers	Algú ha notat el #terratremol? #CostaBrava #Castellardo	< 2000	< 20	< 5	< 10	16/01/2021 12:45:54
 Bandoler de l'Ardenya i Cadiretes @bandolerardenya 1.3K Followers	A Sant Feliu de #Guixols hem notat un #terratremol d'uns quants segons a les 12,39 h. d'avui 16 de gener. Algú més l'ha notat? #terratremolcostabrava #costabrava	< 2000	< 20	< 5	< 10	16/01/2021 12:45:54
 Lidia Avila @lidiaavila22 369 Followers	El 2021 apunta maneres, ara un terratrèmol... Aviat no em sorprendrà res! #terratremol	< 2000	< 20	< 5	< 10	16/01/2021 12:48:59
 ICGC. Generalitat @ICGCat 8.0K Followers	Nou #Terratrèmol de magnitud MI=3.0 a Gironès pendent de confirmació https://t.co/sCMwNqjNis	3.9K	57	17	42	16/01/2021 12:50:31
 Carles Ramirez @CarlesRI 304 Followers	#Terratrèmol al Baix Empordà? S'ha notat una forta sacsejada a poblacions com Palamós, Sant Feliu de Guixols, Castell-Platja d'Aro... Algun expert que pugui confirmar-ho?	< 2000	< 20	< 5	< 10	16/01/2021 12:51:00
 PDeCAT Comarques de Girona @PD_Gironines 176 Followers	Nou terratrèmol a #Girona, l'heu notat? https://t.co/4D52187Sgg	< 2000	< 20	< 5	< 10	16/01/2021 12:52:45
 Marc Sureda El Poll @marc_elpoll 5.3K Followers	Percebut des de #Llagostera #terratremol	< 2000	< 20	< 5	< 10	16/01/2021 12:54:11
 Margarita Guinó @mguino4 1.3K Followers	Epicentre a #Llagostera https://t.co/rzm2KkLSvY	< 2000	< 20	< 5	< 10	16/01/2021 12:55:34
 Dudu fotografia @DuduFotografia1 866 Followers	#Terratrèmol notat a Cassà de la Selva	< 2000	< 20	< 5	< 10	16/01/2021 12:57:46
 Matamala8 @MATAMALAB 139 Followers	Terratrèmol #cassadelaselva #terratremol #tv3 #eltempstv3 https://t.co/e1PSjpc0Nc	< 2000	< 20	< 5	< 10	16/01/2021 13:06:27
 AjuntamentLlagostera @llagosteraidic 2.5K Followers	Heu notat el terratrèmol? https://t.co/r3cLPElyzA	< 2000	< 20	7	< 10	16/01/2021 13:07:15
 Ràdio Palamós @RadioPalamos 3.6K Followers	⚠️ ÚLTIMA HORA- Un #terratremol de magnitud 3,3 amb epicentre a Cassà de la Selva es deixa sentir a #Palamós. https://t.co/DarMQE0OZ2	< 2000	< 20	< 5	< 10	16/01/2021 13:10:54
 Marc Casanovas Castelló @enmarccasanovas 496 Followers	I'heu sentit? Jo sí! Però en primer moment he pensat que era el metro... (massa temps vivint a BCN) 🙄	< 2000	< 20	< 5	< 10	16/01/2021 13:11:00
 btv el temps @btvtemps 23.1K Followers	Possible petit terratrèmol a les comarques gironines	< 2000	< 20	< 5	< 10	16/01/2021 13:11:58
 Jordi Oriol @meteocalonge 364 Followers	Confirmat, #terratremol a la zona del veïnat Bruguera de #Llagostera de 3,3 ^a notat des de #Calonge https://t.co/bh86b6liuG	< 2000	< 20	< 5	< 10	16/01/2021 13:12:03
 ICGC. Generalitat @ICGCat 8.0K Followers	Confirmació de #Terratrèmol de magnitud 3.0 a Gironès https://t.co/N05VWylxFG	2.6K	57	6	36	16/01/2021 13:12:32
 Maria Rosa @Angelets77 174 Followers	A #sarriadeter s'ha notat	< 2000	< 20	< 5	< 10	16/01/2021 13:15:00

Figure 15. Aperçu des tweets

La mairie de Llagostera fait un tweet depuis son compte officiel à 13h07, c'est-à-dire, 15 minutes après le séisme, avec un lien vers le questionnaire de l'ICGC.

6. À **13h12** le tweet du compte officiel de l'ICGC confirme le tremblement de terre.
7. À **13h44** le système détecte le tweet du compte officiel de la Protection Civile de la Generalitat @emergenciescat.

À partir de ce moment-là, soit une heure à peu près du moment précis de la secousse, les tweets se succèdent, la plupart d'entre eux sans aucune importance au niveau des informations supplémentaires ; quelques comptes officiels des médias qui se font l'écho du tremblement, d'autres usagers qui font des commentaires au tweet de l'ICGC, etc.

En ce qui concerne l'analyse de mots les plus utilisés, dans la section **TAGCLOUD** du tableau de contrôle on peut apprécier que, juste après « tremblement de terre », le mot le plus employé c'est le participe verbal « senti » ; « épicentre », « magnitude », « séisme », ou encore le participe « perçu » sont aussi des termes et combinaisons spécifiques du risque sismique employés. La présence de toponymes est aussi importante (cf. Figure 16).

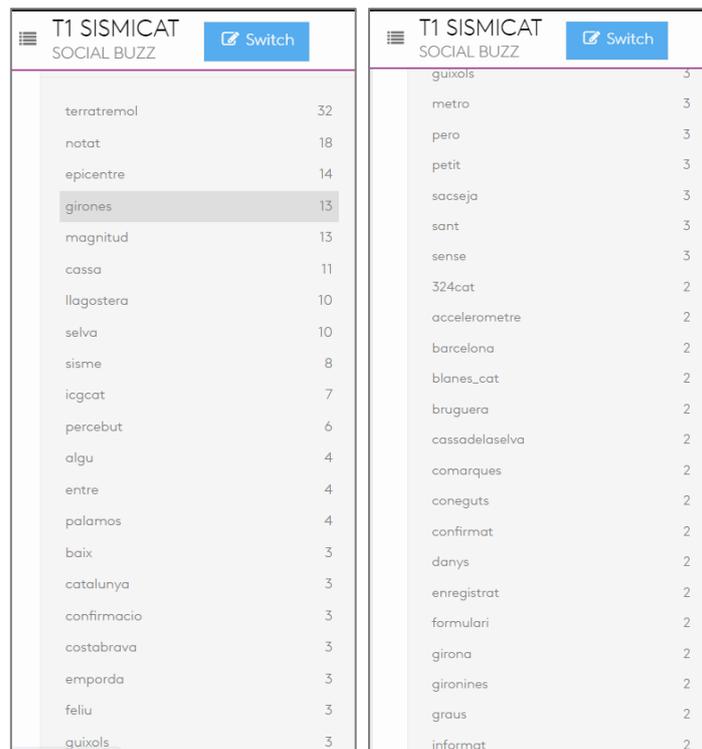


Figure 16. Principaux toponymes identifiés dans les messages envoyés suite au séisme

Concernant les **HASHTAGS** les plus fréquents, la section spécifique du tableau de contrôle montre comment, juste après un tremblement de terre, presque la totalité des hastags sont liés à des noms de municipalités et d'autres références géographiques (cf. Figure 17).

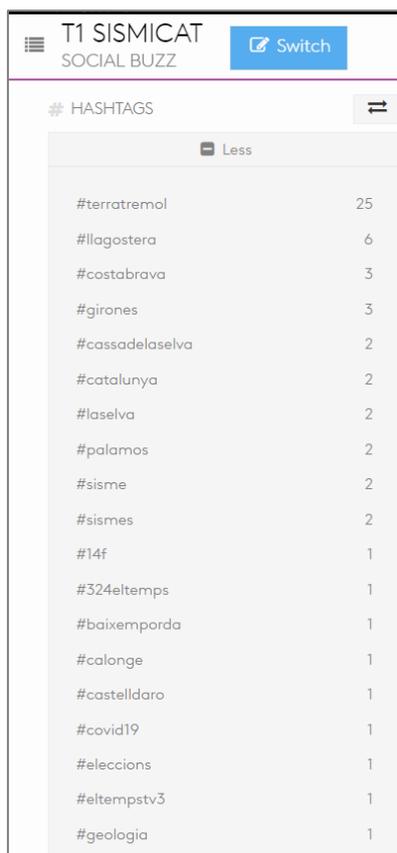


Figure 17. Principaux hashtags identifiés dans les messages envoyés suite au séisme

Quant aux **MENTIONS**, @icgcat est le compte le plus mentionné. Si l'on opte pour filtrer les résultats selon ce critère, le système montre sept tweets, dont deux se correspondent au compte officiel de la protection civile de la Catalogne (cf. Figure 18). Ces mêmes tweets sont aussi montrés dans le tableau de contrôle, dans le dossier T2 services d'urgences.

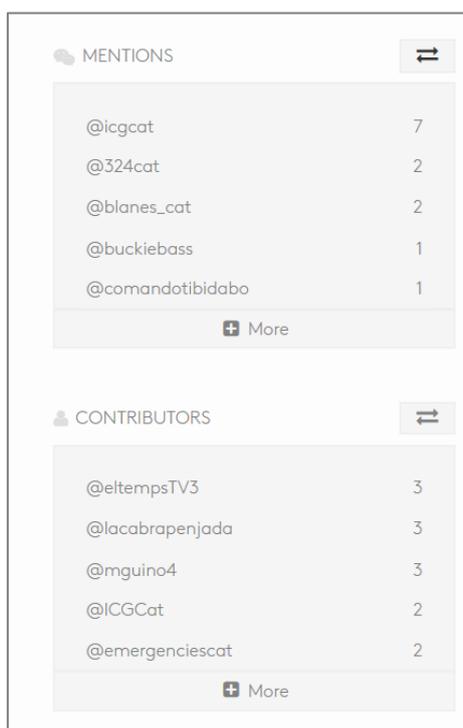


Figure 18. Principales mentions identifiées dans les messages envoyés suite au séisme

3.9.3 Recherche dans le dossier T2 Services d'Urgences

On choisit dans le calendrier du tableau de contrôle la date du 16 de janvier 2021. Le système offre alors cinq résultats du compte officiel de l'IGN (Instituto Geográfico Nacional). De ces tweets, deux correspondent au séisme survenu en Catalogne (cf. Figure 19).

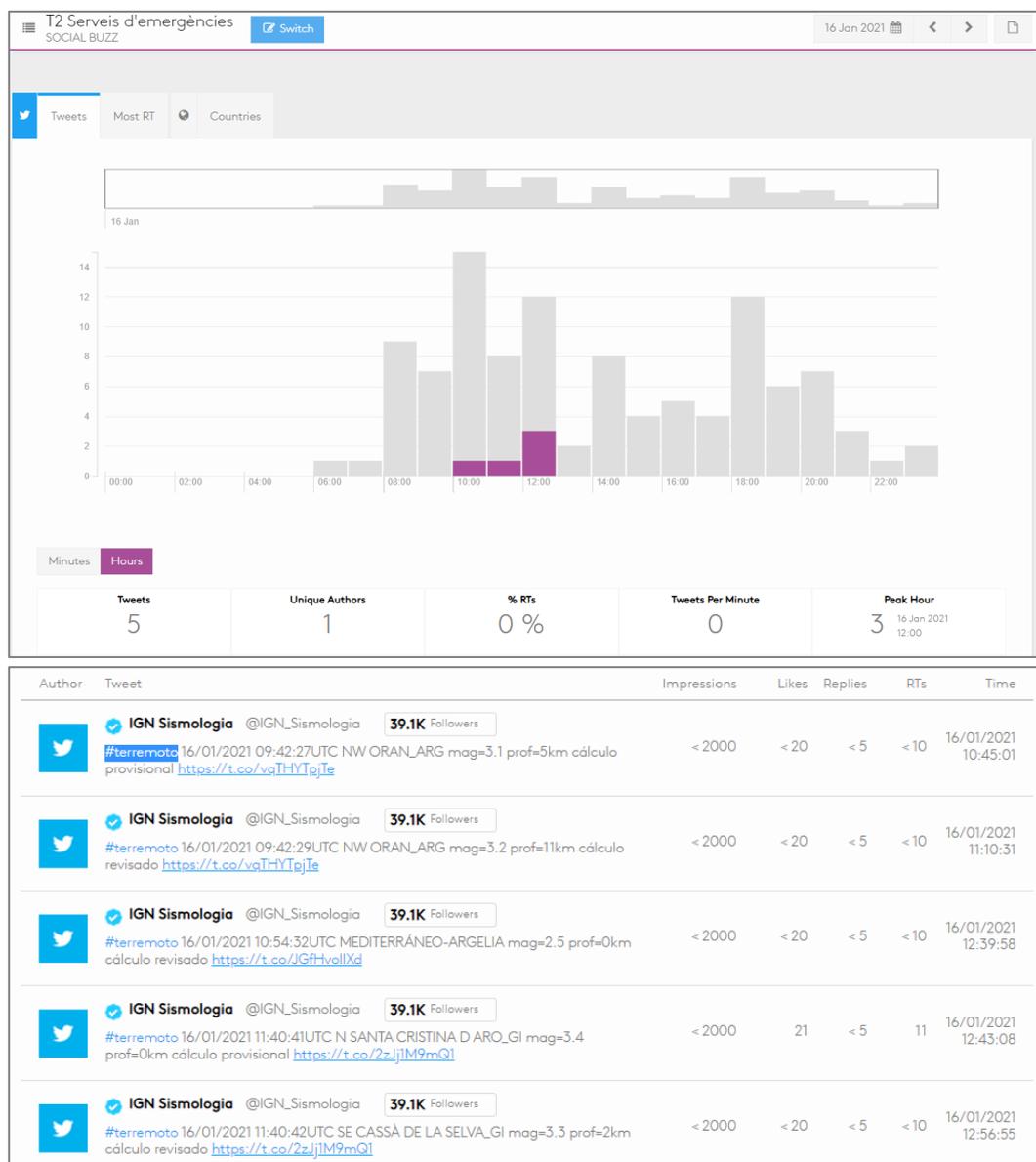


Figure 19. Analyse du dossier T2 Services d'Urgences

- À **12h43** : le hashtag #tremblement de terre précède le corps du message, qui contient le toponyme « Santa Cristina d'Aro » ainsi que d'autres informations comme la magnitude ou la profondeur.
- À **12h56** : il s'agit d'un tweet qui contient la même information que le tweet antérieur, mais avec des données corrigées, après avoir recalculé la magnitude et la profondeur. De ce fait, le toponyme change, est c'est Cassà de la Selva.

3.9.4 Recherche dans les dossiers T2 Services d'urgences, Gérants de services publics, Fournisseurs de services essentiels

L'analyse dans ces dossiers, élaborée par Kantar media avec d'autres logiciels à sa disposition a fourni deux documents excel avec l'information suivante :

- Tweet, heure, texte, URL et auteur
- Tagcloud

Du 15 au 17 janvier 2021 le système a détecté un total de 1255 tweets depuis les comptes inclus dans ces dossiers, dont seulement 7 en relation avec le séisme :

- 11.43h depuis le compte @IGN_Sismologia
- 11.50 h depuis le compte @ICGCat
- 11.56 h depuis le compte @IGN_Sismologia
- 12.12 h depuis le compte @ICGCat
- 12.44 h depuis le compte @emergenciescat
- 12.47 h depuis le compte @emergenciescat
- 13.23 h depuis le compte @bomberscat

3.10 Conclusions

Dans le cas d'épisodes sismiques comme celui du 16 janvier 2021, qui sont largement ressentis, mais qui ne provoquent pas des dégâts ni d'autres conséquences pour la population, les tweets qui apportent les informations les plus importantes se produisent juste après le tremblement de terre. Au fur et à mesure que le temps s'écoule, les informations deviennent de moins en moins pertinentes. Une heure après que le tremblement ait eu lieu, la plupart de tweets détectés par le système n'apportent aucune information.

Pendant cette heure, les tweets détectés immédiatement après le moment précis du tremblement, et pendant les quinze minutes qui suivent, apportent des informations qui relèvent des expériences personnelles. En effet, les auteurs des tweets utilisent la première personne du singulier, et des verbes tels que « sentir » ou « ressentir ». Ces exemples se trouvent dans la catégorie « très important », accordée aux tweets contenant des informations sur une situation immédiate, reçues par un témoin direct et avec des données sur les effets ou les conséquences de cette situation.

La plupart de ces tweets contiennent des références géographiques, dans le corps du message ou comme #hashtag, qui peuvent servir pour les positionner sur une carte.

Les mots les plus employés dans le corps du message sont listés dans la section TAGCLOUD du tableau de contrôle. Cette liste sera utile pour :

- Compléter la liste de mots-clés du dossier thématique SISMICAT
- Élaborer une carte de chaleur de l'impact sur Twitter de cet épisode.

L'analyse à posteriori des TAGCLOUDS des autres dossiers thématiques, s'avère la plus efficace manière d'élaborer une liste de mots-clés. Néanmoins, il reste toujours la possibilité d'incorporer, supprimer ou créer des exemptions sur cette liste, en fonction de la tendance dans Twitter.

En relation aux MENTIONS, les tweets qui incluent des mentions à des comptes proviennent souvent d'utilisateurs révélant des profils professionnels ; en conséquence, il faudra prêter une

attention spéciale quand le nombre de mentions d'un compte « de préférence » atteint un seuil important.

En ce qui concerne les CONTRIBUTORS, les COUNTRIES, MEDIA FORMATS, et les TWITTER CLIENTS, les informations qu'apportent ces sections n'est pas importante pour l'analyse du présent épisode.

Pour terminer, l'analyse à posteriori des données des dossiers T2 Services d'urgences, gérants de services publics et fournisseurs de services montrent que les tweets importants réalisés depuis les comptes inclus dans ces dossiers avaient déjà été détectés par le système dans le dossier thématique T1 SISMICAT, étant donné que les comptes officiels emploient couramment la terminologie incorporée dans ce dossier.

4 VERS LA PRISE EN COMPTE DES TWEETS POUR LE CALCUL DES SHAKEMAPS

4.1 Extraction d'information via la plateforme SURICATE-Nat⁹

De manière analogue à un signal instrumental qui doit être traité afin d'en extraire une information utile, les données issues des « citoyens capteurs » sont bruitées et ne peuvent pas être analysées directement. Du fait de la quantité et de la dynamique avec lesquelles les tweets sont générés, il est essentiel que le premier niveau de l'analyse soit pris en charge par une procédure automatique ne requérant pas - ou très peu - d'intervention humaine.

4.1.1 Définition d'un schéma de classification

La première étape suivie par SURICATE- Nat consiste à définir un ensemble de données à explorer afin de déterminer le type d'informations que nous pouvons extraire de nos tweets en termes de description de l'intensité du séisme ou de ses effets. Cela a conduit à définir un schéma de classification de base sous forme d'arborescence, permettant d'entrer en résolution en terme de niveau d'information (Figure 20). Avec ce schéma, le premier niveau d'information que nous souhaitons obtenir consiste à savoir si le tweet est lié ou non à un événement donné. Si c'est le cas, nous voulons savoir s'il a été envoyé par un témoin. Ce faisant, nous définissons des modèles imbriqués. En fonction de la quantité de données dans chaque cellule de notre arbre, nous décidons d'envisager des méthodes de filtrage (par exemple, pour les signalements de dommages qui demeurent peu nombreux, nous recherchons dans les tweets des mots comme « dommage », « effondrement », etc.) ou d'apprentissage automatique. Quelle que soit la méthode choisie, il est nécessaire de mettre en œuvre des approches de Traitement Automatique de la Langue (TAL).

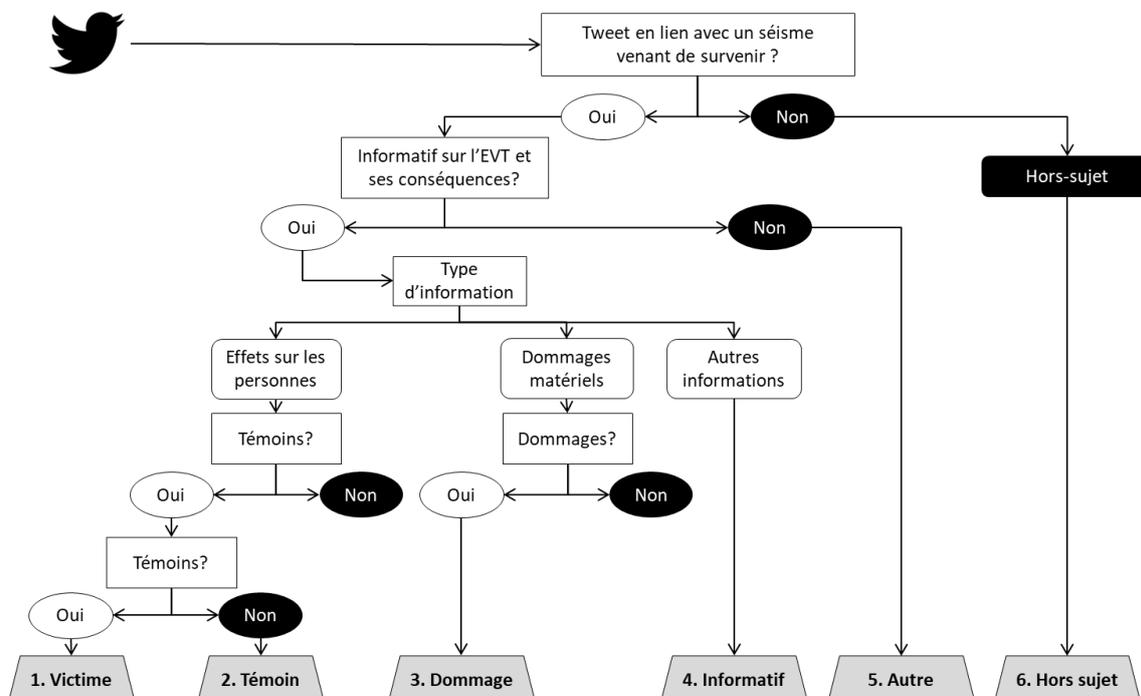


Figure 20. Schéma de classification utilisé pour extraire l'information des tweets liés aux séismes

⁹ Description issue du rapport de Auclair et al., 2019b

4.1.2 Prétraitement des textes

L'analyse automatique des tweets nécessite de convertir les chaînes de caractères en une séquence d'éléments lexicaux pouvant être utilisés pour mieux comprendre le contenu textuel (Bird et al., 2009). Ce processus comporte plusieurs étapes: (i) normalisation: conversion du texte en minuscules et suppression de la ponctuation et des liens, (ii) suppression des « stop-words » (n'apportant pas de sens lors de l'analyse lexicale), (iii) suppression des mots thématiques, (iv) « tokenisation » des listes de mots, et (v) « lemmatisation » qui permet de réduire les différentes formes d'un même « token » en une seule.

4.1.3 Géolocalisation

Les effets des catastrophes naturelles ne pouvant s'appréhender qu'en lien avec leur emprise territoriale, l'extraction de sens requiert donc en 1^{er} lieu d'associer une localisation à chaque tweet. Du fait de la finalité de la plateforme SURICATE-Nat de caractérisation rapide des effets des catastrophes naturelles, l'objectif recherché est bien de juger des performances de stratégies de géo-inférence au regard de la précision globale des phénomènes naturels (notamment des séismes) et de leurs impacts, plutôt que de la précision de la localisation individuelle des auteurs de chaque tweet au moment de leur envoi. De ce fait, la plateforme s'intéresse en priorité aux entités géographiques nommées dans les messages postés sur le vif, plutôt qu'aux métadonnées à caractère géographique parfois renseignées par les utilisateurs, et peu fréquemment mises à jour (lesquelles sont souvent plus en lien avec le lieu de résidence de l'utilisateur). Le module de géolocalisation implémenté sur la plateforme repose sur l'outil SEM (Dupont, 2017) nativement développé pour gérer la langue française et dont le lexique d'entités nommées géographiques a été enrichi des noms des communes, départements et régions françaises.

De manière pratique, la chaîne de traitement implémentée sur la plateforme SURICATE-Nat est la suivante (cf. Figure 21) :

1. Extraction de localisation avec SEM ;
2. Pour diminuer le nombre de faux négatifs, application d'un filtre sur les résultats de SEM basé sur le champ lexical du séisme;
3. Service de géolocalisation :
 - a. Pour récupérer les coordonnées ;
 - b. Pour aider à la désambiguïsation.



Figure 21 : Chaîne de traitement retenue pour la géo-inférence par la plateforme SURICATE-Nat

A ce jour, la localisation des tweets est relativement bonne à la commune, mais ne permet pas la reconnaissance de points d'intérêts (adresses, monuments, etc.) : des développements sont envisagés pour améliorer la précision de cette géolocalisation.

4.1.4 Modélisation supervisée du sujet des tweets

Chaque nœud du système de classification présenté sur la Figure 20 correspond à un problème à résoudre. L'utilisation de modèles d'apprentissage automatique standard nécessite tout d'abord la conversion du texte des tweets en une forme numérique. Une façon courante de le faire est de prendre en compte le paramètre « TFIDF » (Term Frequency-Inverse Document Frequency), qui mesure la fréquence d'un mot dans un tweet pondéré par la fréquence de ce mot dans notre collection complète de tweets (Benhardus et Kalita, 2013). De plus, comme les textes que considérés sont courts (au plus 280 caractères), nous considérons les bi-grammes en plus des mots indépendamment.

Pour chaque nœud de notre système de classification, nous testons plusieurs algorithmes (arbre de décision, régression logistique, classification des vecteurs de support (SVC), SVC linéaire, Naïve Bayes, forêt aléatoire) et celui qui donne les meilleurs résultats (avec le minimum de faux-positifs) est choisi. Par exemple, un algorithme de type SVC linéaire a été sélectionné pour répondre à la question « Le tweet fait-il référence au séisme ? ». Enfin, nous suivons une méthode de « grid search » pour adapter les hyper-paramètres de l'algorithme sélectionné.

En plus de l'inférence automatique des classes définies précédemment (cf. Figure 20), des tests ont été réalisés afin de tenter de caler un algorithme prédictif de l'intensité macrosismique de chaque tweets. Ayant été réalisé avant novembre 2019, ce test a été effectué avec les seules données du séisme de Barcelonnette du 7 avril 2014, qui correspond (avec le séisme du Teil du 11 novembre 2019) au seul séisme français significatif ayant donné lieu à des dommages depuis l'apparition du réseau social Twitter en 2006. Ainsi, une valeur d'intensité macrosismique de référence établie par le BCSF a été attribuée à chaque tweet géolocalisé. Afin de tenter de prédire la valeur de cet attribut cible, le modèle retenu a été une régression logistique avec Bagging. Malheureusement, les données collectées à l'occasion du séisme de Barcelonnette ne nous permettent pas de couvrir de manière satisfaisante toute la gamme de l'échelle d'intensité macrosismique, les Tweets disponibles ne permettant en effet que d'atteindre l'intensité maximale de V-VI (cf. Figure 22). Par ailleurs, ce set de données est largement dominé par des tweets émis depuis des zones d'intensité III situées le long de la Côte-d'Azur.

Dans ces circonstances, tout juste peut-on tenter de paramétrer l'algorithme de classification pour essayer d'établir si l'intensité probable associée à un Tweet est inférieure, égale ou supérieure à III (cf. Figure 22).

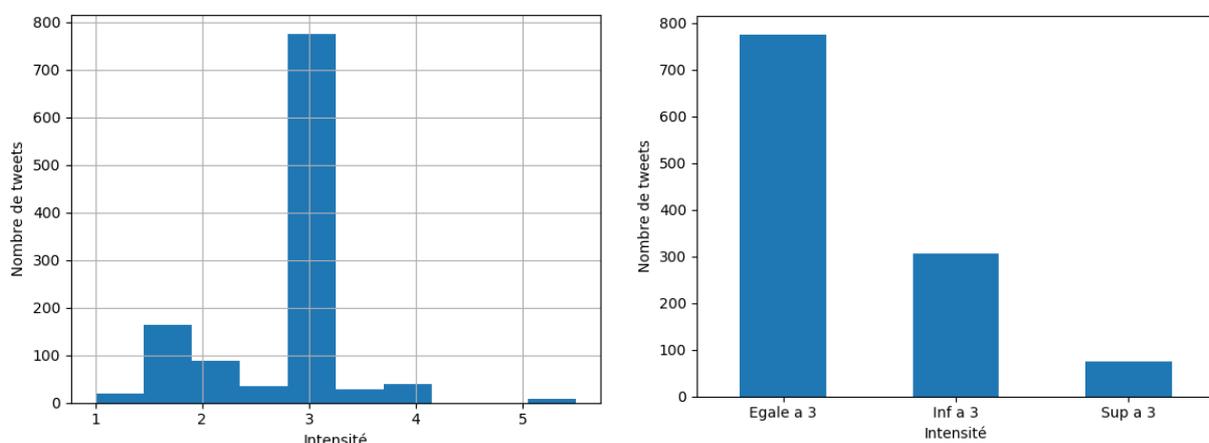


Figure 22 : Répartition des Tweets utilisés en fonction de la valeur d'intensité macrosismique observée

4.2 Etat de l'art¹⁰

Plusieurs approches ont été proposées pour utiliser les données de Twitter dans le calcul rapide de ShakeMaps.

La première approche consiste à générer des équations empiriques reliant les valeurs de pics d'activité sur Twitter avec la densité de population et la valeur d'intensité macrosismique (Kropivnitskaya et al., 2017a, b). Facile à mettre en œuvre et indépendante du langage utilisé pour les tweets, cette approche a montré dans quelques configurations particulières des performances satisfaisantes. Néanmoins, sa principale limite est qu'elle dépend fortement du nombre d'utilisateurs de Twitter au moment de l'élaboration des équations empiriques. Or, le nombre d'utilisateurs est différent d'un pays (ou d'une région) à l'autre, et il évolue également avec le temps: alors que le nombre d'utilisateurs de Twitter augmente dans certains pays, il stagne dans d'autres. Par conséquent, ces relations pourraient ne pas être adaptées aux différentes régions, ou ne plus être valables quelques mois après leur publication.

La seconde approche consiste à développer des modèles prédictifs via des approches d'apprentissage automatique pour évaluer l'intensité maximale du séisme (Cresci et al., 2014) ou pour cartographier l'intensité locale (Burks et al., 2014 ; Mendoza et al., 2018 et 2019), ou encore via le développement de lexiques associant des mots-clés aux différents degrés de l'échelle macrosismique (Arapostathis et al., 2016). Cette approche repose sur une analyse tweet par tweet prenant en compte le contenu de chaque message individuellement, et elle est donc plus durable et robuste. Cependant, ces méthodes sont plus complexes à mettre en place et elles nécessitent une validation et une adaptation périodiques des modifications apportées par Twitter lui-même, comme le nombre maximum de caractères dans un tweet qui a été augmenté en 2017 de 140 à 280 caractères, ainsi que l'évolution continue du comportement des utilisateurs de Twitter, comme la tendance à utiliser moins de hashtags (Auclair et al., 2019). De plus, bon nombre de ces approches nécessitent des jeux de données importants pour calibrer les modèles, qui ne sont pas toujours disponibles en raison de la nature du phénomène sismique avec des périodes de retour importantes. En effet, de nombreuses régions du monde à sismicité modérée n'ont pas connu de séisme significatif depuis l'apparition de Twitter en 2006, et disposent donc d'ensembles de données très partiels pour l'étalonnage (cf. difficultés discutées dans la section 4.1.4).

De manière alternative, Resch et al. (2018) ont proposé de combiner des modèles de modélisation de sujets (« topic modelling ») avec un clustering spatio-temporel pour déduire l'étendue de la zone présentant des dommages.

4.3 Inférence de la zone de perception par clusterisation des tweets

Comme indiqué précédemment dans la section 2.4.2, la répartition géographique des tweets émis dans les dix premières minutes après un séisme semblent correspondre assez fidèlement avec l'extension de la zone de perception des secousses sismiques.

Aussi, un premier travail exploratoire a été conduit par le BRGM consistant à procéder à un clustering spatio-temporel des tweets géolocalisés, afin de grouper de manière automatique les tweets présentant une forte proximité spatiale et temporelle (Auclair et al., 2019). Le fait que de nombreuses personnes parlent en même temps de sujets communs (ici autour du champ lexical des séismes) en mentionnant des lieux géographiquement proches est en effet

¹⁰ Etat de l'art issu de l'article de Fayjaloun et al. (2020)

a priori signifiant d'un événement particulier, pouvant potentiellement être mis en rapport avec la catastrophe naturelle étudiée. S'agissant du séisme du 21 juin 2019, l'utilisation d'un algorithme de type DB-Scan (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) (Ghaemi et Farnaghi, 2019) - modifié pour prendre en compte la composante temporelle - fait ressortir un cluster principal dont l'extension couvre assez précisément la zone de perception du séisme telle qu'évaluée à partir de témoignages (cf. Figure 23).

Cette approche peut ainsi permettre d'inférer automatiquement des zones d'influence des séismes à partir des seules données Twitter.

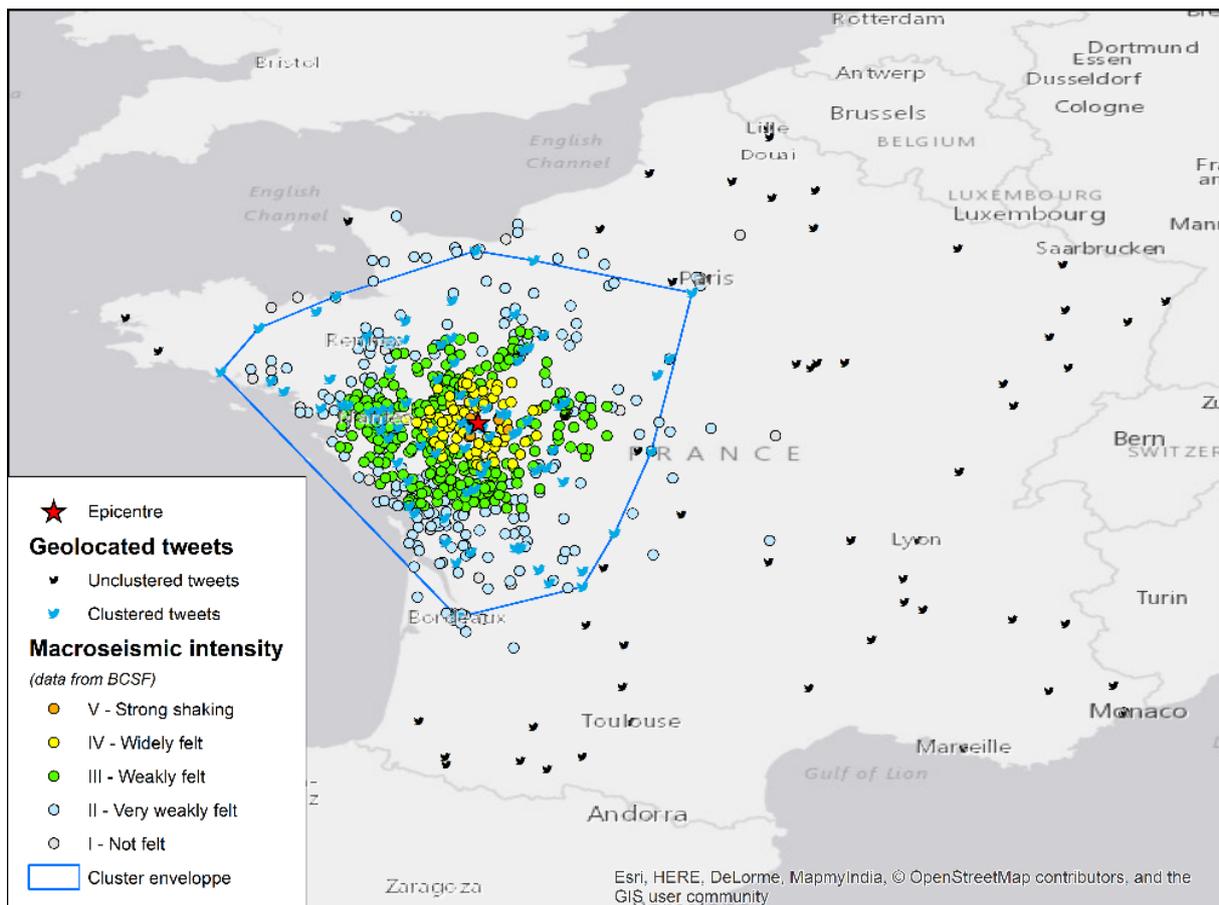


Figure 23. Comparaison entre une clusterisation spatio-temporelle des tweets géolocalisés (géolocalisation native ou inférée) et les valeurs d'intensité sismique déterminées par le BCSF via des questionnaires internet.

4.4 Combinaison des données instrumentales et des tweets dans le calcul des ShakeMaps via l'inférence bayésienne

La présente section décrit brièvement la méthodologie proposée par Fayjaloun et al. (2020) pour prendre en compte les tweets dans le calcul des ShakeMaps. Celle-ci consiste à compléter les données issues des mesures instrumentales par une extraction facile à mettre en œuvre d'informations issues des tweets (cf. Figure 24), en considérant :

- Que la zone définie par le cluster principal identifié selon l'approche décrite à la section 4.2 correspond à des secousses ressenties par la population, soit à des valeurs d'intensité macrosismique comprises en III et XII ;

- Que les villes importantes de plus de 50.000 habitants pour lesquelles aucun tweet relatif au thème « séisme » n'ont pu être détectés dans les 10 minutes après le séisme, correspondent à des villes où les secousses sismiques n'ont pas été ressenties. Une valeur d'intensité macrosismique comprise entre I et II y est donc possible.

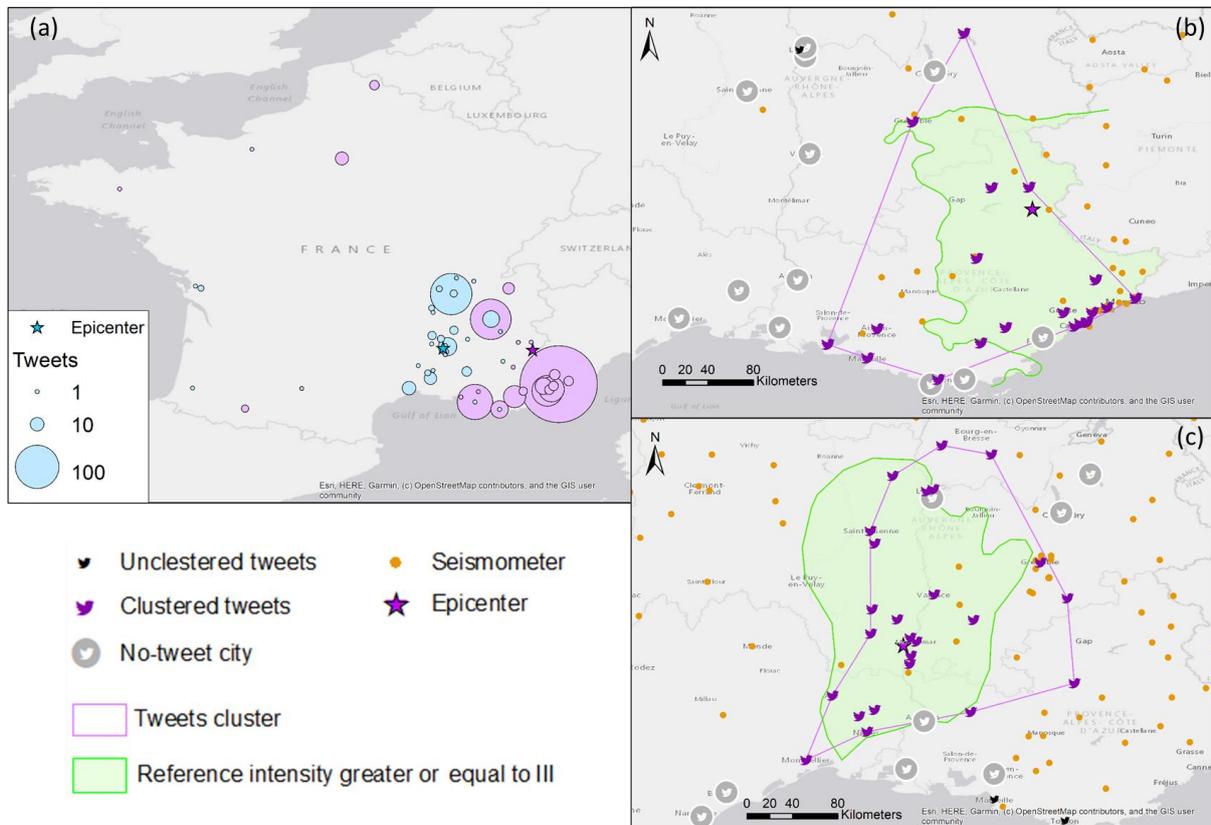


Figure 24. Comparaison du regroupement de tweets géolocalisés envoyés 10 minutes après un séisme, avec la zone d'intensité supérieure ou égale à III pour (b) le séisme de Barcelonnette du 7 avril 2014, et (c) le séisme du Teuil du 11 novembre 2019. (Source : Fayjaloun et al., 2020)

Fayjaloun et al. (2020) repartent du cadre méthodologique proposé par Gehl et al. (2017) pour le calcul de ShakeMaps bayésiennes, en ajoutant la possibilité de pouvoir prendre en compte à la fois des « preuves dures » (représentées par des variables clairement quantifiées, telles que les PGA), et des « preuves molles » (représentées par des variables quantifiées par des intervalles de valeurs possibles, telles que les Tweets) – (Figure 25 et Figure 26).

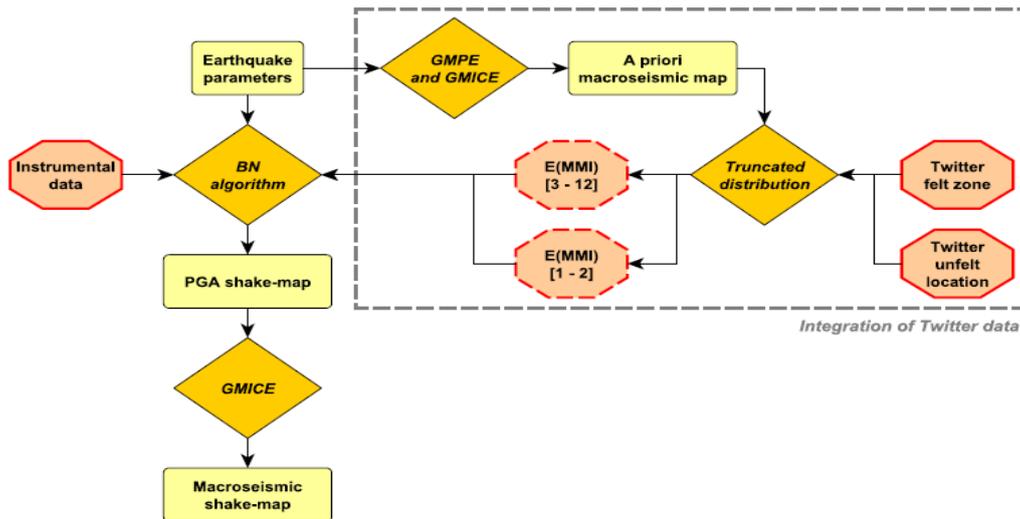


Figure 25. Etapes et données successivement impliqués dans la génération de ShakeMaps prenant en compte les données de Twitter. (Source : Fayjaloun et al., 2020)

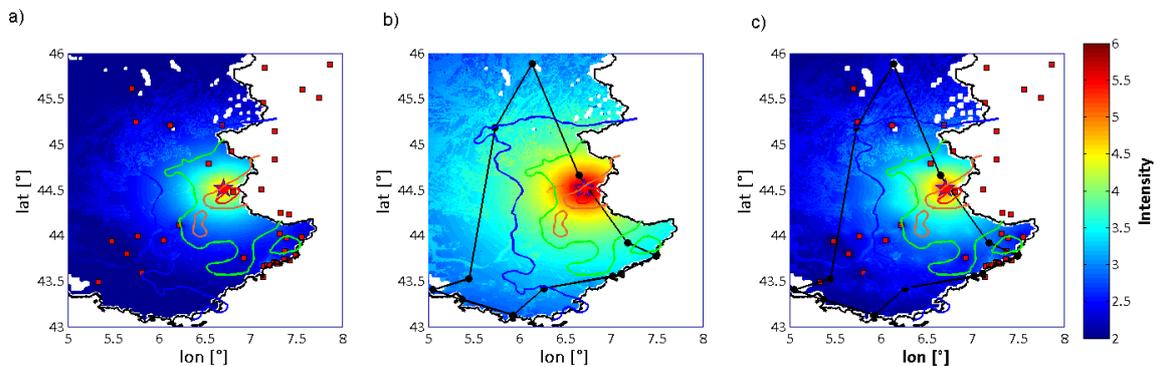


Figure 26. ShakeMaps calculées pour le séisme de Barcelonnette du 7 avril 2014, prenant en compte : (a) les mesures de PGA (indiquées en carrés rouges), (b) les données Twitter (la zone ressentie est représentée par le polygone noire), et (c) les PGA et les données Twitter. Les courbes de couleurs représentent les isoséistes de référence définies par les BCSF. (Source : Fayjaloun et al., 2020)

Il est très intéressant de noter que pour les deux séismes considérés dans l'étude de Fayjaloun et al. (2020) (i.e. séisme de Barcelonnette – cf. section 2.4.2.1, et séisme du Teil – cf. section 2.4.2.1), les auteurs notent que les mesures de PGA éloignées de l'épicentre ont tendance à conduire à une sous-estimation de l'ensemble du champ macrosismique, et que la prise en compte de la zone de perception déduite des tweets permet de limiter ce biais et contribue ainsi à améliorer le calcul de ShakeMaps.

5 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'analyse de l'usage du média social Twitter après la survenue de séismes montre que, dès lors que les secousses sismiques sont largement ressenties, un pic d'activité s'observe dans les dix minutes après le choc principal, qui s'atténue rapidement ensuite. En pratique, l'analyse des messages échangés révèle qu'une grande majorité provient de témoins directs, et contiennent donc une information de première main relative à l'ampleur du phénomène et à sa perception sur le territoire. Ces informations sont d'autant plus utiles qu'elles s'accompagnent souvent de l'usage de toponymes, qui permettent d'avoir une indication des territoires affectés. Ce constat, qui a été dressé à de maintes reprises après des séismes d'importance survenus à travers le monde, s'observe également pour la plupart des séismes récents survenus dans les Pyrénées, notamment pour les messages publiés en langues espagnole, française et catalane (avec des volumétries variables en fonction de la zone géographique affectée par chaque séisme).

Pour que ces données soient réellement utiles à la gestion opérationnelle des séismes, il est cependant nécessaire d'être en mesure d'automatiser la veille et l'analyse des messages postés sur Twitter, de manière continue et en temps-réel.

En France, la plateforme SURICATE-Nat du BRGM (www.suricatenat.fr) permet de réaliser cette veille, et offre depuis plusieurs années la possibilité de détecter automatiquement les séismes sur la seule base de pics d'activité Twitter, et de réaliser un certain nombre d'analyses en automatique (géolocalisation et classification des tweets).

De manière plus opérationnelle, le DGPC a souhaité profiter du projet POCRISC pour se doter d'une plateforme de monitoring des médias sociaux dédiée pour l'appuyer dans ses tâches de veille et d'analyse des catastrophes naturelles et des crises. Les fonctionnalités de la plateforme *Social Engagement* développée par la société Kantar media sont présentées en détails dans le rapport. Cette plateforme offre des fonctions de veille et de filtrage très utiles aux opérateurs de la DGPC, pour assurer un suivi semi-automatisé des médias sociaux.

Pour aller au-delà, une analyse de l'état de l'art est conduite de sorte à identifier les pistes permettant de prendre en compte les données issues de Twitter, pour mieux contraindre le calcul rapide et automatique des Shakemaps POCRISC. En particulier, la méthodologie récemment proposée par le BRGM (Fayjaloun et al., 2020) est exposée. Déjà testée avec succès en mode « off-line » pour deux séismes récents survenus en France, il conviendrait d'étudier la faisabilité de la rendre opérationnelle pour une implémentation en mode « on-line ».

6 BIBLIOGRAPHIE

- Arapostathis, S. G., Isaak, P., Emmanuel, S., George, D., & Ioannis, K.** (2016). A Method for Developing Seismic Intensity Maps from Twitter Data. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, 10, 839-852.
- Auclair, S., Boulahya, F., Birregah, B., Quique, R., Ouaret, R., & Soulier, E.** (2019a). SURICATE-Nat: Innovative citizen centered platform for Twitter based natural disaster monitoring. In *2019 International Conference on Information and Communication Technologies for Disaster Management (ICT-DM)* (pp. 1-8). IEEE.
- Auclair S., F. Boulahya, B. Birregah** (2019b) – Plateforme SURICATE-Nat, L’Observatoire citoyen des risques naturels. Rapport final. Rapport BRGM/ RP-69480-FR. 26 p., 11 fig., 1 tab.
- Benhardus J. and J. Kalita.** (2013) “Streaming trend detection in Twitter”. *Int. J. Web Based Communities* 9, 1, 122-139
- Bird S., E. Klein, E. Loper** (2009) “Natural Language Processing with Python”. O’ReillyMedia Inc., Newton
- Boccia Artieri, G., Giglietto, F., & Rossi, L.** (2012). terremoto! l’uso di Twitter durante il terremoto tra testimonianza, propagazione e commenti.
- Burks, L., Miller, M., & Zadeh, R.** (2014, July). Rapid estimate of ground shaking intensity by combining simple earthquake characteristics with tweets. In *10th US Nat. Conf. Earthquake Eng., Front. Earthquake Eng., Anchorage, AK, USA, Jul. 21Y25.*
- Comunello, F., Parisi, L., Lauciani, V., Magnoni, F., & Casarotti, E.** (2016). Tweeting after an earthquake: user localization and communication patterns during the 2012 Emilia seismic sequence. *Annals of Geophysics*, 59(5), 0537.
- Cresci, S., La Polla, M., Marchetti, A., Meletti, C., & Tesconi, M.** (2014). Towards a timely prediction of earthquake intensity with social media. IIT TR-12/2014 Technical report, IIT: Istituto di Informatica e Telematica, CNR.
- Crooks, A.T., Croitoru, A., Stefanidis, A., & Radzikowski, J.** (2013). #Earthquake: Twitter as a Distributed Sensor System. *Trans. GIS*, 17, 124-147.
- Dupont Y.** (2017) “Exploration de traits pour la reconnaissance d’entités nommées du Français par apprentissage automatique,” *RECITAL*, pp. 42-55
- Kropivnitskaya, Y., Tiampo, K. F., Qin, J., & Bauer, M. A.** (2017a). Real-Time Earthquake Intensity Estimation Using Streaming Data Analysis of Social and Physical Sensors. *Pure & Applied Geophysics*, 174(6), 2331.
- Kropivnitskaya, Y., Tiampo, K. F., Qin, J., & Bauer, M. A.** (2017b). The predictive relationship between earthquake intensity and tweets rate for real - time ground - motion estimation. *Seismological research letters*, 88(3), 840-850.

- Fayjaloun, R., Gehl, P., Auclair, S., Boulahya, F., Marthe, S. G., & Roulle, A.** (2020). Integrating strong-motion recordings and Twitter data for a rapid shakemap of macroseismic intensity. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 101927.
- Ghaemi Z., and M. Farnaghi** (2019) "A Varied Density-based Clustering Approach for Event Detection from Heterogeneous Twitter Data," *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 8, no. 2: 82.
- Jayaram, N., & Baker, J. W.** (2009). Correlation model for spatially distributed ground-motion intensities. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 38(15), 1687-1708.
- Mendoza, M., Poblete, B., & Valderrama, I.** (2018). Early tracking of people's reaction in Twitter for fast reporting of damages in the Mercalli scale. In *International Conference on Social Computing and Social Media* (pp. 247-257). Springer, Cham.
- Mendoza, M., Poblete, B., & Valderrama, I.** (2019). Nowcasting earthquake damages with Twitter. *EPJ Data Science*, 8(1), 3.
- Resch, B., Usländer, F., & Havas, C.** (2018). Combining machine-learning topic models and spatiotemporal analysis of social media data for disaster footprint and damage assessment. *Cartography and Geographic Information Science*, 45(4), 362-376.