



HAL
open science

LASTQUAKE, UN SYSTEME D'INFORMATION MULTICANAL POUR LA REDUCTION DU RISQUE SISMIQUE GLOBAL

R Bossu, F Roussel, M. Landès, R Steed, A. Dupont, J Roch, L Fallou, A
Fuenzalida, E. Matrullo, L. Petersen

► **To cite this version:**

R Bossu, F Roussel, M. Landès, R Steed, A. Dupont, et al.. LASTQUAKE, UN SYSTEME D'INFORMATION MULTICANAL POUR LA REDUCTION DU RISQUE SISMIQUE GLOBAL. Congrès Lambda Mu 21 “ Maîtrise des risques et transformation numérique : opportunités et menaces ”, Oct 2018, Reims, France. hal-02075264

HAL Id: hal-02075264

<https://hal.science/hal-02075264>

Submitted on 21 Mar 2019

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

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

LASTQUAKE, UN SYSTEME D'INFORMATION MULTICANAL POUR LA REDUCTION DU RISQUE SISMIQUE GLOBAL

LASTQUAKE, A MULTICHANNEL INFORMATION SYSTEM FOR GLOBAL SEISMIC RISK REDUCTION

R. Bossu, F. Roussel, M. Landès, R. Steed, A. Dupont, J. Roch, L. Fallou, A. Fuenzalida, E. Matrullo, L. Petersen

Centre Sismologique Euro-Méditerranéen (CSEM)
CSEM, c/o CEA, 91297 Arpajon Cedex, France

Résumé

LastQuake est un système multicanal (sites Internet, robot de publication Twitter et Telegram, application smartphone) d'information sismologique en temps réel à destination du public développé par le Centre Sismologique Euro-Méditerranéen (CSEM), un des principaux centres d'information sismologique au monde. Basé sur la communication visuelle, LastQuake informe ses utilisateurs sur les séismes et leurs effets, collecte massivement leur témoignages et, en cas de violente séisme, leur indique les comportements à privilégier et éviter immédiatement après la secousse.

Nous montrons comment ces outils numériques simples et bon marché répondent à un besoin des citoyens et peuvent contribuer, en complément des stratégies existantes à la réduction du risque sismique global.

Summary

LastQuake is a multichannel (websites, Twitter and Telegram quakebots, smartphone app) real time information system developed by the European Mediterranean Seismological Centre (EMSC), one of the top global earthquake information centre and targeting eyewitnesses. Based on visual communication, LastQuake informs in real time eyewitnesses on earthquakes and their effects, massively crowdsources their experiences (felt reports, geo-located pics, open comments) and offers geo-targeted safety tips immediately after violent shaking.

We show how these affordable and standard Internet and smartphone technologies fulfill eyewitnesses' needs during earthquake emergencies and how they complement existing strategies for contributing to immediate reduction of seismic risk at global scale

1. Introduction

Les séismes ont tué 2 millions de personnes au cours du XX^e siècle. Si l'impact humain a diminué dans les pays riches, grâce à l'application de règles de construction, la tendance inverse s'observe dans les pays moins développés où l'accroissement de la population et les constructions fragiles peuvent rendre dramatique tout séisme, même de magnitude modérée se produisant à proximité d'une zone urbaine. Rappelons-nous par exemple du séisme du Caire en 1992, plus de 500 victimes pour une magnitude de 5.8 ou pire encore le séisme d'Agadir en 1960, un tremblement de terre de magnitude similaire qui provoqua la mort de plus de 10 000 personnes !

Face à cette situation, la stratégie la plus efficace de réduction du risque sismique est et restera la construction de bâtiments à même de résister aux secousses telluriques. Mais cette stratégie est coûteuse et son impact est loin d'être immédiat, les résultats n'étant visibles que plusieurs décennies après la date de mise en œuvre des réglementations parasismiques (en faisant l'hypothèse que ces dernières soient effectivement appliquées sur l'ensemble des bâtiments individuels).

Mais cette stratégie n'est pas suffisante car elle couvre uniquement une composante, la principale du risque sismique. Prenons un exemple en France. Le 7 avril 2014 en début de soirée, un séisme de magnitude 4.8 frappe la vallée de l'Ubaye. Le séisme est largement ressenti à Nice, à plus de 100 km de l'épicentre, mais n'y provoque aucun dégât. De nombreuses personnes descendent dans la rue, certaines appellent les numéros d'urgence à la recherche d'information provoquant leur saturation pendant 30 minutes. Toute situation nécessitant l'intervention rapide des secours (accidents de la route, malaise cardiaque...) qui se serait produite pendant ce laps de temps aurait pu

se terminer de funeste manière. Simplement à cause d'un usage inapproprié des numéros d'urgence.

La stratégie développée par le CSEM, peu onéreuse et aux effets immédiats vient en complément du renforcement du bâti et des mesures de prévention traditionnelles. Elle vise à renforcer l'efficacité des opérations de secours grâce à une cartographie rapide (dans l'heure) des zones endommagées (*improved situation awareness*) et à limiter les comportements inadaptés et potentiellement dangereux immédiatement après la secousse.

Basée sur des technologies Internet et smartphone simples, accessibles et bon marché et intégrant la communication visuelle afin d'éviter les barrières linguistiques, nous montrerons que le succès de la stratégie du CSEM découle de l'analyse du comportement des témoins pendant la secousse : comprendre les besoins, leurs manifestations et apporter des réponses immédiates aux questions récurrentes afin d'enclencher une collecte massive des témoignages à même d'affiner l'image de l'impact du séisme : mieux servir les besoins du des témoins et public pour mieux évaluer l'impact des séismes.

2. La stratégie LastQuake

La stratégie derrière LastQuake a été développée empiriquement et continue d'évoluer grâce à l'analyse des usages et résultats obtenus. Elle se situe à la croisée de plusieurs domaines, la science citoyenne, notamment pour l'implication des témoins, la sismologie observationnelle pour l'information sismologique classique et la communication numérique afin d'offrir un service à l'échelle du globe.

Le système d'information LastQuake comprend deux sites Internet (un site pour les ordinateurs de bureau et un pour appareils nomades), des robots de publication sur Twitter

et Telegram et une application smartphone. D'un côté, LastQuake fournit l'information sismologique en temps réel recherchée par témoins et de l'autre collecte auprès de ces mêmes témoins des données sur les effets de la secousse (témoignages, commentaires, photos géo-localisées). Ces données sont automatiquement validées et fusionnées aux données sismologiques traditionnelles (magnitude et localisation) dans de nouveaux produits qui viennent compléter en continu l'information mise à disposition du public. Ces nouveaux produits attirent par propagation virale de nouveaux témoins qui eux-mêmes partagent de nouvelles observations, améliorant l'information disponible et créant ainsi une boucle de rétroaction positive (Figure 1) (Bossu *et al.*, 2018a).

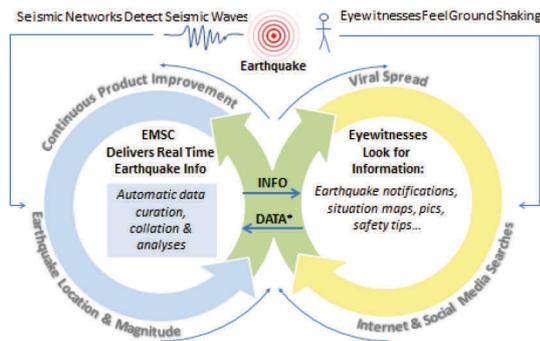


Figure 1. Présentation schématique de la stratégie d'implication des témoins et de collecte d'observations. Lorsqu'un séisme se produit, il est détecté par les réseaux de surveillance qui fournissent sa magnitude et localisation (gauche). Certains sont ressentis par la population qui se tourne alors vers les réseaux sociaux (droite). Ces activités en ligne sont automatiquement détectées et une détection « crowdsourcée » (i.e. basée sur des données provenant du public) publiée sur les différentes composantes de LastQuake avant que la localisation sismique ne soit disponible. Invité à partager leur expérience, les témoins fournissent des informations automatiquement intégrées dans de nouveaux produits d'information ce qui attire de nouveaux témoins créant ainsi une boucle de rétroaction positive.

En pratique, un séisme peut être l'objet de plusieurs dizaines de mise à jour (tweets, mises à jour sur les sites Internet), la majorité d'entre elles dans les 30 premières minutes, de la localisation du séisme, à la carte des effets reportés par les témoins en passant par une éventuelle alerte au tsunami.

Fin avril 2018, les sites Internet reçoivent une moyenne de 2 millions de visites mensuelles, le compte Twitter compte 69 000 abonnés, (300 pour le compte Telegram débuté très récemment) et l'application à 280 000 utilisateurs dans le monde.

3. Séismes ressentis et information du public

3.1. Seuls les séismes ressentis comptent !
 Quand il s'agit de l'information du public, seuls les séismes ressentis comptent, et ce, quelle que soit leur magnitude. Les séismes uniquement enregistrés par les réseaux de surveillance n'ont, sauf exception pas d'intérêt direct pour le public, les médias ou les autorités. La magnitude à elle seule ne suffit pas pour estimer l'importance pour le public d'un séisme. Imaginons un séisme de faible magnitude sous la ville de Paris ressenti par des millions de Parisiens et secouant les plateaux des chaînes de télévision d'information en continu: il déclencherait un intérêt pour la considérable. Un séisme mineur d'un point de vue tectonique et majeur d'un point de vue médiatique !

En d'autres termes, la demande d'information après un séisme est principalement liée au nombre de personnes qui l'auront ressenti. Or compte tenu, entre autres, des incertitudes de localisation des épicentres et de la très forte variabilité des mouvements sismiques générés par des séismes de même magnitude, il est très difficile voire impossible d'identifier les séismes ressentis à partir des seules données sismiques, surtout pour les petits séismes.

L'identification des séismes ressentis (qui représentent quelques pourcents des 50 000 séismes localisés annuellement par le CSEM) et la priorisation de l'information sismologique au CSEM ne s'appuie pas sur les données sismologiques mais sur la détection de la réaction du public sur les médias sociaux, une approche nommée « détection crowdsourcée ».

3.2 Détections crowdsourcées

Dans les années 1990, avant l'arrivée d'Internet, les sismologues apprenaient qu'un séisme venait d'être ressenti lorsque tous les téléphones du laboratoire de mettaient soudainement à sonner ! Juste le temps pour les témoins de trouver le numéro dans l'annuaire. Aujourd'hui les recherches sur les médias sociaux et Internet ont remplacé la consultation des annuaires et les appels téléphoniques. Les recherches d'information se font désormais via Google, sur Twitter ou Facebook. Les détections crowdsourcées sont basées sur la détection de cette activité en ligne caractéristique.

Le CSEM a été le premier à exploiter ces nouveaux comportements dès 2004, en surveillant en temps réel le trafic sur ses sites Internet. Etant un des principaux centres d'information sismologique au monde, les moteurs de recherche dirigent vers ses sites Internet une partie des témoins effectuant une recherche en ligne sur la thématique des tremblements de terre générant des augmentations brutales de trafic (Figure 2) (Bossu *et al.*, 2008).

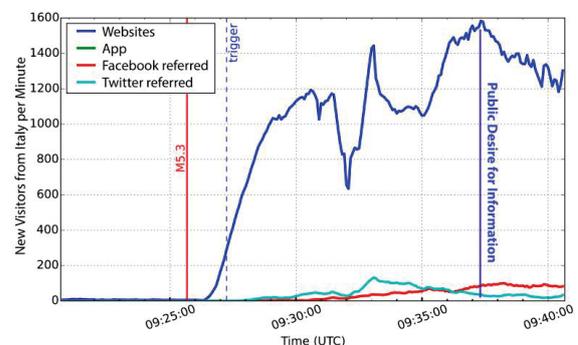


Figure 2. Evolution temporelle du trafic sur le site Internet du CSEM après le séisme de M5.3 en Italie du 18 janvier 2017. Ce séisme a été automatiquement détecté en 94s. L'amplitude de l'augmentation de trafic est une mesure de la demande d'information et une indication de l'intérêt médiatique de l'événement.

Une fois détectée, la localisation des adresses IP (Internet Protocol) des visiteurs cartographie la zone où le séisme a été ressenti sans avoir recours à la moindre donnée sismologique (Figure 3) (Bossu *et al.*, 2012).

Deux autres méthodes de détection crowdsourcées sont maintenant en opération, la détection sur Twitter (Earle *et al.*, 2010) et par le lancement des applications LastQuake (Bossu *et al.*, 2018a). Dans les pays où Twitter est populaire, le nombre de tweets contenant le mot clé « séisme » dans la langue locale suit une évolution similaire au trafic sur les sites Internet du CSEM, la différence majeure étant liée à la difficulté d'identifier l'origine géographique des utilisateurs de Twitter (Earle *et al.*, 2010). Enfin, la troisième méthode de détections crowdsourcées

est basée sur les lancements de l'application smartphone LastQuake, les témoins-utilisateurs recherchant sur l'application l'information sur la secousse qu'ils viennent de ressentir (Bossu *et al.*, 2018a). Ces méthodes sont complémentaires en fonction des usages locaux : 2/3 des séismes détectés comme étant ressentis le sont par une seule de ces 3 approches, et 4% seulement le sont par les 3. Les temps de détection sont rapides, d'une quinzaine de secondes à 2 minutes et précèdent les localisations sismiques dans la grande majorité des cas (Landès *et al.*, 2018).



Figure 3. Localisation des utilisateurs ayant lancé l'application LastQuake (carrés rouge) dans les 60s suivant le séisme du 15 janvier 2018 de M4.3 à proximité Athènes (Grèce). La localisation sismique du séisme (étoile blanche) a été disponible après 292s alors que la détection à partir des seuls lancements de l'application était réalisée en 24s.

4. Un système d'information multicanal pour des détections rapides et une collecte massive de données

4.1. La publication des détections crowdsourcées

Chaque détection crowdsourcée est automatiquement publiée sur les différentes composantes du système LastQuake, sur les 2 sites Internet, sur l'application smartphone et par les robots Twitter et Telegram. Elles ne sont pas l'objet de notifications, c'est-à-dire que seules les personnes lançant l'application ou visitant les sites Internet au moment de leur publication sont informées afin de limiter la propagation d'un éventuel faux déclenchement. Une notification est envoyée aux utilisateurs de l'application une fois la détection crowdsourcée confirmée et associée à une localisation sismique. Pour les séismes de magnitude supérieure à 5, qui sont enregistrés sur l'ensemble du Globe, la localisation sismique est généralement disponible dans les 8 à 15 minutes. Pour les séismes de faible magnitude, localisés uniquement par les réseaux locaux, le délai peut être beaucoup plus grand et dans certaines zones où l'application est très populaire, des témoignages sont collectés pour des séismes non détectés par les réseaux de surveillance (Bossu *et al.*, 2015).

4.2. La collecte rapide d'information

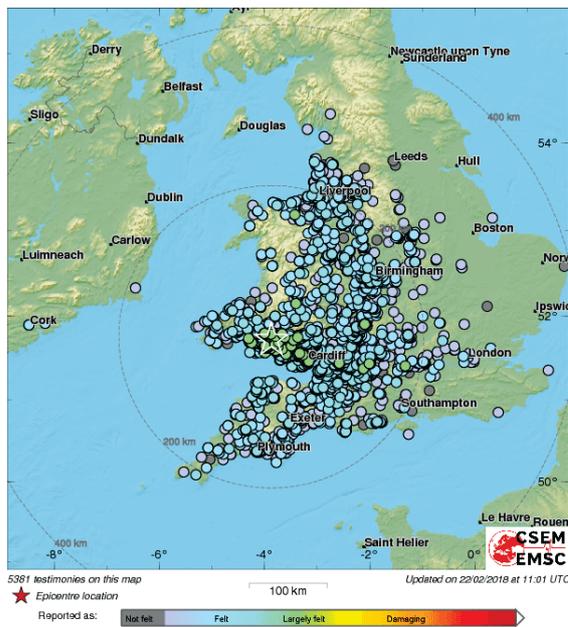
La publication des détections crowdsourcées informe les témoins de la possibilité d'un séisme ressenti à un instant et dans une région donnée mais est associée à cette publication une invitation à partager leur témoignage via l'application et les sites Internet. Les témoignages sont collectés via un questionnaire en ligne multilingue sur le site Internet pour ordinateur de bureau, et par un jeu d'images décrivant 12 niveaux différents de secousses, appelé niveau d'intensité macrosismiques (Grunthal *et al.*, 1998) sur le site Internet pour appareil nomade et l'application smartphone. L'usage d'image vise notamment à s'affranchir des barrières linguistiques et à faciliter l'expérience-utilisateur sur un écran de petite taille.

Le tweet reportant la détection crowdsourcée inclut un lien vers les sites Internet et sur ces derniers les visiteurs sont appelés à télécharger l'application. Ce lien entre les

différentes composantes du système est fondamental. Il dirige les utilisateurs des réseaux sociaux vers nos outils de collecte et conduit à l'installation de l'application dès les premières minutes suivant un séisme ressenti (Bossu *et al.*, 2018). L'usage des différentes composantes du système LastQuake évolue ainsi lors d'une séquence de séismes ressentis dans une région habituellement peu sismique : l'application joue un rôle marginal pour le premier séisme, et son rôle grandit en terme d'utilisateurs et de nombre de témoignages collectés au cours d'une séquence (Bossu *et al.*, 2015).

Le séisme de magnitude 4.4 (M4.4) du 17 février 2018 à une douzaine de km de Swansea (Grande Bretagne) illustre la pertinence de cette stratégie d'implication des témoins basée sur la fourniture très rapide d'information sur les séismes ressentis. Dans cette région, du fait de la rareté des séismes, la visibilité du CSEM était quasi nulle. Pourtant, le séisme a été détecté par l'augmentation de trafic sur les sites Internet en 74s secondes. Plus de 5 000 témoignages ont été collectés dont 3 000 en 30 minutes, et parmi ces 3 000, 95% ont été collectés par les sites Internet (Figure 4).

Figure 4. Carte des témoignages collectés après le séisme de M4.4 à côté de Swansea. La couleur des points indique

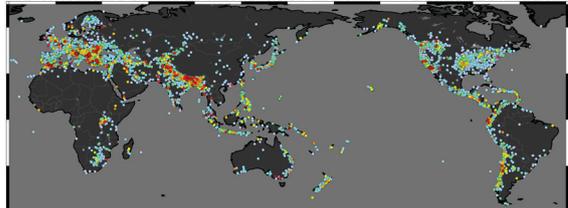


la violence de la secousse. L'épicentre est représenté par une étoile.

Cette collecte fonctionne à l'échelle globale (Figure 5) avec près de 100 000 témoignages collectés en 2017, dont les 2/3 collectés par l'application.

Ces chiffres indiquent clairement que chaque composante de ce système d'information joue un rôle différent et complémentaire suivant les cas, et que LastQuake ne se résume pas à la seule application smartphone. Enfin, mentionnons qu'environ 40% des témoignages sont accompagnés de commentaires libres et que sont aussi collectées les photos et vidéos géo-localisées en cas de séisme destructeur.

Figure 5. Carte des témoignages individuels collectés en



5. Des témoins à l'estimation de l'impact

5.1. Les témoins sont des capteurs temps réel !

Les témoins sont des capteurs sismiques temps réel : ils ressentent la secousse et, en se connectant sur nos sites Internet ou en lançant l'application reportent tacitement le temps et le lieu de l'observation. Bossu *et al.* (2014) ont montré sur l'exemple d'un séisme en Virginie, qu'il suffisait de retropropager les temps d'arrivés des visiteurs des sites Internet du CSEM pour localiser le séisme. Ainsi, 2 minutes de trafic ont suffi pour localiser avec 30 km de précision un séisme se produisant de l'autre coté de l'Atlantique.

La précision de localisation des smartphones est bien supérieure à celle des adresses IP (qui est au mieux au niveau de la ville) et autorise la cartographie précise et rapide de la zone où le séisme a été ressenti (Figure 3).

5.2. Des témoignages à une carte de situation

A chaque témoignage collecté est associée une valeur d'intensité macrosismique, c'est-à-dire une mesure qualitative de la violence de la secousse et des niveaux de dommages occasionnés. Les témoignages reportant des dommages massifs sont automatiquement exclus, dans un tel cas, la collecte étant en effet impossible. Les témoignages sont analysés de manière statistique pour produire une courbe d'atténuation de l'intensité en fonction de la distance épiscopentrale et sont aussi partagés sous forme de carte avec le public (Figure 4) et, comme détaillé dans la discussion, avec des acteurs de la gestion de crise.

Les photos sont systématiquement validées manuellement avec publication. Elles doivent respecter les droits d'auteurs et la dignité humaine, être informatives, et les effets reportés doivent être cohérents avec l'estimation géophysique de la violence de la secousse. Les photos ne concernent que les séismes ayant provoqué des dégâts ou des effets clairement visible (balancement de lustre, glissement de terrain)

5.3. Vers une cartographie automatique des dommages

Si les données partagées par les témoins sont essentielles à l'estimation de l'impact, elles ne donnent pas à elles seules l'image complète des effets des séismes en cas de dommages (Bossu *et al.*, 2018b). Une analyse statistique a démontré que l'intensité de la secousse engendrait des comportements différents pour le partage des témoignages et les lancements de l'application. Jusqu'à une intensité 5 c'est à dire une secousse non effrayante, les données sont collectées sans aucun délai. Pour les intensités de 5 à 7, soit une secousse pouvant être effrayante et générant la chute de petits objets, la collecte est retardée de 10 à 20 minutes. Enfin la collecte de données en provenance des zones endommagées est rare et quasi inexistante dans la première heure suivant le séisme.

De manière schématique, en cas de séisme destructeur, au cours des 10 à 20 premières minutes, les seules données collectées sont à distance significative de l'épicentre où la secousse est moins violente. Au cours des 10 à 20 minutes suivantes la taille de la zone (généralement à proximité de l'épicentre) où aucune donnée n'est disponible tend à se réduire pour finalement délimiter la région où les dommages se sont produits. Ce phénomène, appelé effet *doughnut*, peut s'interpréter en termes de comportements humains : en cas de secousse effrayante, la priorité est de mettre en sécurité et d'évaluer la situation, et en cas de dommage, les victimes ont d'autres priorités que de vérifier la magnitude de l'événement (Bossu *et al.*, 2018b).

6. Consignes et vérifications de sécurité

Le séisme du Népal de 2015 fut le premier séisme destructeur après le lancement de l'application LastQuake. Un questionnaire en ligne fut soumis aux utilisateurs

Népalais quelques semaines plus tard afin de comprendre comment l'application avait été découverte et adoptée aussi massivement et identifier leurs souhaits d'amélioration. Il en résulte que l'application n'a bénéficié d'aucune couverture médiatique dans le pays, et son adoption découle d'une simple propagation virale, démontrant l'efficacité de la stratégie mise en œuvre et l'intérêt des témoins pour des alertes sur les seuls séismes ressentis (une fonctionnalité qui n'existe dans aucune autre application) (Bossu *et al.*, 2015). Pour 40% des répondants, offrir des consignes de sécurité immédiatement après une violente secousse constitue la principale amélioration requise.

Figure 6. Consignes de sécurité décrivant les comportements à privilégier et à éviter après une violente secousse telles qu'implémentées dans l'application LastQuake.



Une nouvelle version de l'application intégrant des consignes de sécurité (safety tips) et des vérifications de sécurité (safety check) fut mise en ligne en septembre 2016. Les consignes de sécurité présentent sous forme visuelle les principaux comportements à éviter et à adopter après une violente secousse et ce quel(s) que soi(en)t le ou les pays frappé(s) par le séisme. Insistons sur le fait que ces consignes ne couvrent pas le moment de la secousse car les notifications de l'application LastQuake sont diffusées plusieurs minutes après la fin de celle-ci et les consignes des comportements à suivre pendant la secousse ne sont pas forcément universelles (en fonction de la vulnérabilité des bâtiments, l'évacuation du bâtiment pendant le séisme peut être une option raisonnable).

Cinq conseils ont été identifiés, des dessins ébauchés par un professionnel et soumis en ligne aux utilisateurs de l'application ainsi que sur notre page Facebook et Twitter pour tester la compréhension dans un contexte international avant leur finalisation (Figure 6) (Bossu *et al.*, 2018a).

En plus des consignes de sécurité, un système SMS (vérification de sécurité) a été développé pour prévenir facilement les proches une fois en sécurité en préparant un message standard qui peut être modifié par l'utilisateur à destination de ses contacts.

En pratique, dès que la magnitude et la localisation du séisme ont été déterminées sismiquement, les éventuels utilisateurs soumis à une forte secousse (définie comme une accélération horizontale théorique d'amplitude 0,1g ou plus) reçoivent une notification spécifique présentant les

consignes de sécurité et le système SMS pour prévenir les proches.

L'efficacité du système n'a pas pu être pleinement analysée, à cause, ou plutôt grâce à l'absence de séisme destructeur dans la région Euro-Méditerranéenne où le CSEM est le plus connu depuis la mise en place du système. En pratique, le nombre de notification délivrée reste faible pendant la période actuelle. En effet, le nombre de personnes affectées par une secousse de 0.1g ou plus n'est conséquent que pour les séismes de forte magnitude ou pour les séismes plus modérés localisés aux abords immédiats d'une zone urbaine. Malgré ces limitations, le système SMS est utilisé par les récipiendaires de la notification et quant aux consignes de sécurité elles sont consultées après cette notification mais aussi par des utilisateurs ne l'ayant pas reçu (Bossu *et al.*, 2018a).

La force de cette notification est d'offrir la bonne information, au bon moment et à la bonne personne. Elle peut faire la différence au niveau individuel en autorisant des choix éclairés pouvant potentiellement épargner des vies (Reynolds and Seeger, 2005). Le bénéfice ne peut être quantifié, car ce sont des comportements inappropriés et des erreurs fatales qui ne se sont pas produits ! On peut néanmoins noter que la note moyenne de l'application est passé pour sa version Android de 4.35 à 4.5/5 depuis la mise en place de ce système, ce qui semble indiquer un niveau de satisfaction supérieur des utilisateurs.

7. Discussion

Média sociaux et applications smartphones jouent un rôle grandissant au cours des catastrophes (e.g. Veil *et al.*, 2011). Ils diffèrent des moyens de communication traditionnels en autorisant la participation du public et une communication dans les deux sens (Palen, 2008). Les usages sont divers et couvrent l'ensemble des phases du cycle du risque.

La stratégie, présentée dans cet article développée et implémentée par le CSEM, exploite les médias sociaux et leur capacité de communication dans les deux sens immédiatement après les séismes ressentis afin d'améliorer l'estimation de leur impact et de contribuer à la réduction du risque sismique global. Plutôt que d'ingérer les contenus partagés sur les médias sociaux dans une approche type « big data », l'approche consiste à canaliser les témoins des médias sociaux vers nos propres outils de collecte d'observations liées aux effets des séismes. Cette approche permet une collecte structurée des données ce qui en facilite le traitement. En terme de science citoyenne, LastQuake est un projet de type contributif où le public est fournisseur de données (Bonney *et al.*, 2009). L'implication des témoins exploite leurs recherches immédiates d'information, un phénomène classique après un désastre (Perko *et al.*, 2013 ; Tierney, 2009). Nous ne cherchons pas à modifier les comportements des témoins mais à nous insérer dans des comportements préexistants.

Associée à une communication visuelle qui efface les barrières des langues et améliore l'expérience-utilisateur, cette méthode d'implication débouche sur une collecte efficace et massive de données (crowdsourcing) et un projet de sismologie citoyenne réellement à l'échelle globale. A ce stade, la participation ne semble pas être influencée par d'éventuels facteurs culturels.

LastQuake ne se réduit pas à la seule application smartphone même si elle est en moyenne le moyen le plus efficace de collecte d'observations. Chaque composante joue un rôle, rôle qui peut évoluer dans le temps dans une région donnée. Lors d'un premier séisme ressenti, très peu de personnes connaissent l'application alors que son rôle s'affirme lors d'une séquence de séismes pour devenir prépondérant.

A l'exception des rares zones densément instrumentées du monde, les scénarios d'impact des séismes basés sur la magnitude et la localisation du séisme sont intrinsèquement incertains (Bossu *et al.*, 2016) et des observations de terrain même isolées peuvent fortement réduire ces incertitudes. Le séisme du Népal est un bon exemple de ce potentiel. Les différents scénarios calculés, dont celui du CSEM prédisait un impact massif sur la ville de Katmandu. Or, dans les cinq minutes suivant le séisme, le nombre considérable de visiteurs de nos sites Internet en provenance de Katmandu nous permit d'exclure cette possibilité (Bossu *et al.*, 2015, 2018a).

La vaste majorité de nos résultats sont mis automatiquement à disposition du public sans restriction. Seul l'accès aux estimations d'impact est restreint à des utilisateurs identifiés afin de limiter les erreurs d'interprétations de résultats pouvant présenter des incertitudes significatives. Les estimations d'impact sont partagées par exemple avec les instituts nationaux de sismologie (près d'une centaine) qui, s'ils le souhaitent peuvent les transmettre à leur protection civile. Le CSEM n'établit pas de lien formel avec les protections civiles nationales afin de respecter les rôles et organisations officielles de chaque pays. Il fournit ces mêmes résultats à la cellule de crise du Ministère des Affaires Etrangères et au centre de coordination de la réaction d'urgence (ERCC) de l'Union Européenne (dans le cadre d'un projet pilote appelé ARISTOTLE).

Le projet LastQuake bien qu'opérationnel n'est pas finalisé et doit constamment s'adapter à l'évolution des usages et améliorer son exploitation des données. Actuellement 40% environ des témoignages sont accompagnés d'un commentaire libre (et par conséquent écrit dans la langue du témoin). Ces commentaires initialement destinés à reporter des phénomènes extrêmes (e.g. détournement de rivière) sont prisés des utilisateurs dans un rôle de catharsis et ne sont pas actuellement exploités comme source d'information. Une analyse préliminaire semble indiquer que la présence de certains mots clés (par exemple « chute », « cassé »...) et la longueur du commentaire pourraient être des indicateurs permettant d'identifier les plus informatifs. Aujourd'hui il nous est en effet impossible de les lire sachant que leur nombre, comme dans le cas du séisme de Swansea (Figure 4), peut atteindre plusieurs milliers en moins d'une heure !

D'autres évolutions sont envisageables. Les gestes de premiers secours pourraient compléter les consignes de sécurité, afin de mieux répondre aux besoins des témoins. On pourrait aussi envisager de faire le lien avec les centres de secours locaux. Ces évolutions sont néanmoins complexes à mettre en œuvre (les gestes de premiers secours ne sont pas forcément les mêmes d'un pays, voire d'une organisation à une autre) et en aucun cas les évolutions de l'application ne doivent impacter sa simplicité d'utilisation. Enfin, à terme, une application multirisque apporterait un service plus complet au citoyen et assurerait des synergies majeures entre les différents types d'aléas. Cette évolution est souhaitable car le citoyen n'aurait plus à « jongler » entre diverses applications et sources d'informations. Néanmoins, le pilotage naturel d'un projet d'une telle envergure devrait probablement revenir aux autorités nationales afin qu'un lien opérationnel puisse être établi les acteurs de la gestion des crises.

8. Conclusion

Cet article décrit LastQuake, un système multicanal d'information sismologique développé empiriquement par le CSEM pour les témoins des séismes, quel que soit le pays dans lequel ils se produisent, et en outre présente la stratégie d'implication des témoins. Ce système exploite des technologies Internet et smartphone standards, son originalité étant de répondre à certains des besoins

d'information des témoins immédiatement après une secousse pour les impliquer dans la collecte d'observations, ces informations étant ensuite exploitées pour la caractérisation de l'impact des séismes.

Un point fondamental est que, malgré l'ubiquité des smartphones et leur capacité à délivrer avec une bande passante limitée des informations géo-localisées en temps réel, une application à elle seule ne suffit pas. Les réseaux sociaux et site Internet du CSEM guident le public vers l'application afin d'en favoriser l'installation. Les sites Internet restent bien plus efficaces dans les zones où les séismes sont rares et où, en conséquence, le nombre d'application installée reste très limité. A contrario, dans les régions sismiques, l'application est un outil incomparable en termes de rapidité et d'efficacité de collecte de données.

Enfin, outre la constitution à moindre coût de base de données d'un fort intérêt scientifique, la stratégie développée contribue à moindre coût à la réduction du risque sismique en favorisant l'efficacité des opérations de secours par une meilleure cartographie des dégâts et en limitant les comportements inadaptés immédiatement après la secousse. Cette réduction du risque reste difficile à quantifier. Dans tous les cas, offrir les informations nécessaires au public est le meilleur médicament contre l'anxiété pendant une crise (Saathof and Everly 2002), ce qui est en soi un déjà résultat significatif pour la société.

9. Remerciements

Une partie du travail présenté sont les résultats du projet CARISMAND. Le projet CARISMAND a reçu des fonds du programme Horizon 2020 pour la recherche et l'innovation de l'Union Européenne sous la convention de financement n°653748. Cet article reflète exclusivement le point de vue des auteurs et la Commission Européenne n'est pas responsable de tout usage qui pourrait être fait des résultats qu'il contient. Depuis le début des années 2000, l'initiative LastQuake a reçu le soutien de nombreux partenaires, notamment la Fondation MAIF, la Fondation THALES, la Direction générale de la prévention des risques (DGPR) du Ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES), les instituts membres du CSEM, Digital Element (pour la localisation des adresses IP). Les auteurs souhaitent les remercier tous et exprimer leur appréciation pour ces différentes formes de contributions.

10. Références

- Bonney, R., Ballard, H., Jordan, R., McCallie, E., Phillips, T., Shirk, J. and Wilderman, C.C. (2009). Public participation in scientific research: Defining the field and assessing its potential for informal science education. Washington, DC: Center for Advancement of Informal Science Education (CAISE). A CAISE Inquiry Group Report
- Bossu, R., Mazet-Roux, G., Douet, V., Rives, S., Marin, S., & Aupetit, M. (2008). Internet users as seismic sensors for improved earthquake response. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 89(25), 225-226.
- Bossu, R., Gilles, S., Mazet-Roux, G., Roussel, F., Frobert, L., & Kamb, L. (2012). Flash sourcing, or rapid detection and characterization of earthquake effects through website traffic analysis. *Annals of Geophysics*, 54(6).
- Bossu, R., Lefebvre, S., Cansi, Y., & Mazet-Roux, G. (2014). Characterization of the 2011 Mineral, Virginia, earthquake effects and epicenter from website traffic analysis. *Seismological Research Letters*, 85(1), 91-97.
- Bossu, R., M. Laurin, G. Mazet-Roux, F. Roussel, R. Steed (2015) The importance of smartphones as public earthquake-information tools and tools for the rapid engagement with eyewitnesses: a case study of the 2015

Nepal earthquake sequence. *Seismol. Res. Lett.*, 86 (6), pp. 1587-1592

Bossu, R., Roussel, F., Fallou, L., Landès, M., Steed, R., Mazet-Roux, G., Dupont, A., Frobert, L. and Petersen, L., 2018. LastQuake: from rapid information to global seismic risk reduction. *International journal of disaster risk reduction*, 28, pp.32-42.

Bossu, R., Landès, M., Roussel, F., & Steed, R. (2018). Felt Reports for Rapid Mapping of Global Earthquake Damage: The Doughnut Effect?. *Seismological Research Letters*, 89(1), 138-144.

Earle, P., M. Guy, R. Buckmaster, C. Ostrum, S. Horvath and A. Vaughan (2010). OMG earthquake! Can Twitter improve earthquake response?, *Seismol. Res. Lett.*, 81, 246-251

Grunthal, G., Musson, R., Schwarz, J., & Stucchi, M. European Macroseismic Scale (EMS-98). 1998. European Macroseismic Scale EMS98. Cahier du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, 15

Landès, M., Bossu, R., Frobert, L., Roch, J., Roussel, F., Steed, R. and E. Carreño. 2018. Report on EMSC 2017 operational activities. https://www.emsc-csem.org/Doc/EMSC_DOCS/EMSC_RT_activities_2017.pdf

Perko, T., Gorp, B., Turcanu, C., Thijssen, P., & Carle, B. (2013). Communication in nuclear emergency preparedness: A closer look at information reception. *Risk Analysis*, 33(11), 1987-2001.

Saathoff, G., and G. Everly (2002). Psychological challenges of bioterror: Containing contagion, *Int. J. Emerg. Mental Health* 4, no. 4, 245-252

Tierney, K. (2009). Disaster response: Research findings and their implications for resilience measures (Vol. 6). CARRI Research Report