



Plateforme d'évaluation post-sismique de dommages de bâtiments

Francisco Martínez * — Xavier Goula**

* Chef de projet POCRISC chez Deveryware

43, rue Taitbout, 75009 Paris

paco.martinez@deveryware.com

** Conseiller projet POCRISC chez Deveryware

xaviergoula@gmail.com

RÉSUMÉ. L'utilisation combinée de la géolocalisation et des technologies mobiles intelligentes, particulièrement tablettes et smartphones, aide la coordination, la gestion, la surveillance et suivi de l'information issue des actions de collecte menées sur un bien référencé géographiquement lors d'une intervention d'urgence afin de définir l'habitabilité et la sécurité du bâtiment.

L'informatisation des procédés en formulaires accessibles depuis pratiquement n'importe quel dispositif électronique portable, offre une meilleure supervision ainsi qu'une aide à l'évaluation et compréhension globale de la situation. Le technicien peut accéder à des informations additionnelles (plans, recommandations, degré de vulnérabilité...) qui vont l'aider à prendre des décisions plus pertinentes.

De la même façon, un système de gestion des évaluations de dommages centralisé et accessible permet –depuis n'importe quelle partie du monde– la surveillance, le suivi et la supervision des évaluations qui sont en cours.

Les travaux issus du projet SGE 2.0, développé par un groupe de volontaires à l'issue des événements tragiques de Lorca (Espagne), ont permis de tirer des actions menées sur le terrain un savoir-faire et une expérience unique qui a servi de base à différentes études menées dernièrement dans différents projets européens, tel le projet POCRISC (2018-2020).

Dans ce dernier, nous développons une plateforme informatique de gestion contenant des informations sur les bâtiments, leur géolocalisation, leur documentation graphique existante, ainsi que l'utilisation des formulaires actuellement disponibles en France et en Espagne. La plateforme permettra la gestion de ces informations depuis des téléphones intelligents, les mettant à disposition des techniciens chargés de remplir les diagnostics post-sismiques, ainsi qu'aux techniciens de maintenance, d'intervention d'urgence et de récupération du bâti.

ABSTRACT.

MOTS-CLÉS : diagnostics bâtimentaires d'urgence, planification, gestion de crise, plateforme informatique, géolocalisation, coordination équipes d'évaluation.

KEYWORDS: damages assessment, emergency planning, crisis management, software platform, geolocalization, evaluation team coordination.

1 Introduction

Après un tremblement de terre d'une certaine intensité, il y a une probabilité considérable d'observer des dommages dans les bâtiments et les infrastructures de la région touchée et il apparaît nécessaire d'organiser dans l'immédiat l'obtention d'une évaluation des dommages des municipalités, de commencer à déterminer des mesures ayant pour but la capacité de résister aux répliques et d'assurer la sécurité de l'habitabilité des bâtiments.

Il est aussi important de faire un suivi et de garder la traçabilité des interventions réalisées sur le terrain par les différents acteurs. Pour eux, l'utilisation d'information géolocalisée avec des outils informatiques permettant de la gérer et à y accéder est la meilleure manière d'organiser la localisation et gestion des tâches à réaliser.

En France et en Espagne, des protocoles et des équipes d'intervention post-sismique existent déjà pour l'évaluation rapide des dommages dans les bâtiments, infrastructures et le Patrimoine culturel, avec des formulaires spécifiques d'évaluation (AFPS, 2017; ICGC, 2016) et du suivi des interventions. Mais ceux-ci sont utilisés de manière manuelle et ils ne facilitent pas la répartition des tâches d'évaluation et de suivi online ou mixte -online/présentiel- que les nouvelles technologies peuvent nous apporter aujourd'hui. Cette difficulté a pu être détectée après les séismes de Lorca (Murcie- Espagne) en Mai 2011 (Martínez et al., 2014) par une équipe de volontaires qui ont collaboré dans la gestion de crise et ont pu recueillir les difficultés et nécessités et proposer en conséquence un premier prototype de plateforme de gestion SGE2.0 (Figure 1) (Martínez et al., 2011).



Figure 1. Captures d'écran d'un prototype d'APP pour smartphone pour l'évaluation des dommages SGE 2.0, (Martínez et al., 2011)

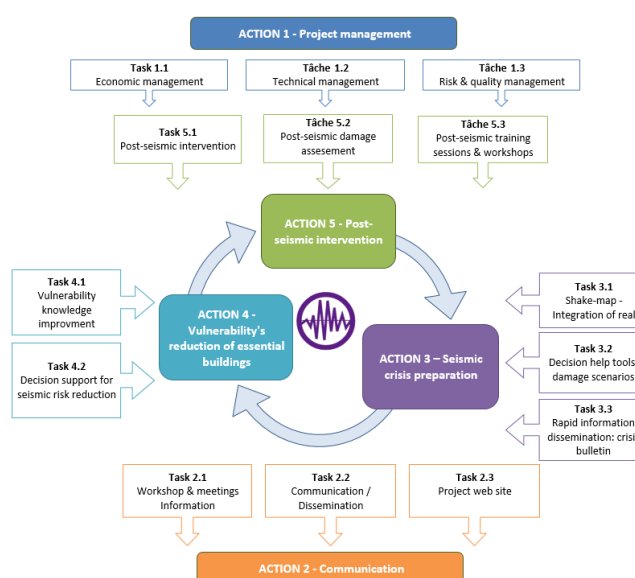
Pour améliorer la situation actuelle et dans le cadre du projet POCRISC (2018) associé au programme européen Interreg (POCTEFA¹ 2014-2020) il a été proposé le développement d'une plateforme informatique avec support sur des dispositifs mobiles, avec la possibilité de collecter des données sur le terrain et leur réception dans un Centre de Coordination pour déterminer la vulnérabilité pré-séisme et évaluer les dommages post-sismiques des bâtiments d'une municipalité donnée.

L'objectif principal de POCRISC (2018) est d'encourager une culture préventive commune de sensibilisation au risque sismique dans les Pyrénées. Pour cela, le développement des approximations harmonisées, aux deux côtés des Pyrénées, du risque sismique destinées aux gestionnaires de crise sont proposés. Elles permettront la

¹ Programa INTERREG V-A España-Francia-Andorra <https://www.poctefa.eu>

diffusion d'une information commune et partagée adressée tant aux autorités locales, comme au public en général. Elles aboutiront à des outils d'aide à la décision adaptés aux besoins des responsables de la gestion de crise. Le projet est focalisé sur une grande zone transfrontalière qui comprend l'Occitanie en France, la Catalogne en Espagne et l'Andorre, avec la participation des institutions suivantes: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (Spain), Bureau de Recherches Géologiques et Minières (France), Centre National de la Recherche Scientifique (France), Centre d'Essais et de Recherche de l'Entente (France), Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes (France), Deveryware (France), Bureau Central Sismologique Français (France), Universitat Politècnica de Catalunya (Spain), Direcció General de Protecció Civil Departament d'Interior de la Generalitat de Catalunya (Spain), Associació de Consultors d'Estructures (Spain), Institut d'Estudis Andorrans (Andorra), Instituto Geográfico Nacional (Spain), Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (France), Association Française du Génie Parasismique (France), Zone de Défense et de Sécurité Sud (France), Observatoire Midi-Pyrénées (France), Departament de Protecció Civil i Gestió d'Emergencies del Govern d'Andorra (Andorre) et Université de Strasbourg (France).

Figure 2. Schéma global du projet Interreg POCTEFA "POCRISC (2018)"



2 Exigences de la plateforme

Pendant le développement du projet, avec l'expérience acquise antérieurement, des exigences minimales ont été établies et elles sont prises en compte dans le développement de la plateforme. Les spécifications techniques sont les suivantes :

- Connectivité

La plateforme devra fonctionner en tout genre de connectivité possible, facilitant l'accès de l'information contenue par Intranet, Extranet et/ou Internet.

- Expérience utilisateur

Au niveau de l'utilisateur et à un niveau global, la plateforme doit être simple à utiliser, avec des interfaces faciles d'interpréter et avec des options d'aide, avec de l'information à l'utilisateur sur les fonctionnalités disponibles en chacune des options.

De même, tous les utilisateurs devront être enregistrés et validés par un coordinateur pour pouvoir entrer et l'utiliser en ses différents niveaux avec les données qui proposera la plateforme et pouvoir accéder à un flux de travail et aux tâches propres à chacune d'elles.

- Utilisation de la cartographie digitale

L'accès à la cartographie digitale devra être organisé en fonction des conditions de connectivité disponibles à chaque instant. La plateforme pourra fonctionner avec différents fournisseurs de cartographie digitale en ligne ou en mode local.

Il y aura un outil de visualisation cartographique qui doit permettre la création et visualisation de polygones, lignes et points dans l'espace, et la maintenance des mêmes.

- Obtention des données

La plateforme aura une option pour l'obtention des données de deux formes possibles : l'une à travers des interfaces d'importation de données cadastrales, et l'autre par des formulaires complétés par les opérateurs de terrain. En outre, la plateforme pourra fonctionner depuis le début sans aucun type d'information sauf celle facilitée par les opérateurs de terrain.

La plateforme intégrera tout type de formulaire d'urgence

- Connexion à d'autres plateformes

Parmi d'autres connexions avec de plateformes externes, on établira une connexion avec la déclinaison française de la plateforme italienne ERIKUS, en cours de développement dans le projet RISVAL(2017) dans le cadre du programme européen ALCOTRA² (2014-2020), permettant la réception de données pour organiser les tâches d'évaluation des opérateurs sur le terrain et l'envoi des évaluations pour son interprétation dans le centre de coordination.

En outre, on pourra exporter les évaluations de terrain en format GeoJSON, facile à interpréter et à importer en d'autres systèmes d'information géographique (SIG).

3 Composants de la plateforme

La plateforme informatique dispose d'une série de composants pour assurer les fonctionnalités requises et permettre un fonctionnement optimum pour la coordination des travaux de collecte de données sur le terrain, ainsi que faciliter la saisie des données par les opérateurs de terrain.

Les composants principaux de la plateforme sont : le panneau de contrôle et de commande, une application smartphone y les interfaces d'importation et exportation de données.

3.1 Panneau de contrôle et de commande

Le panneau de contrôle et de commande est un outil *back office* basé sur le site web opérable depuis un navigateur HTML5. Depuis ce panneau opérable par les utilisateurs avec un rôle d'Administration et Coordination on pourra exécuter des tâches de configuration de la municipalité, importation de données cadastrales, des rues et secteurs, la gestion et distribution de tâches et la visualisation du résultat des évaluations réalisées par les utilisateurs avec un rôle de Technicien.

² Programme de coopération transfrontalière européenne entre la France et l'Italie <http://www.interreg-alcotra.eu>

3.2 Application smartphone

Une application adaptée au système opératif Android permet aux utilisateurs avec un rôle de Technicien se connecter à la plateforme et, après validation de la part de l'utilisateur avec un rôle de Coordinateur, de recevoir et de visualiser les tâches commandées, et de les compléter en remplissant les formulaires d'évaluation de dommages, au même moment. Une fois l'évaluation finie, elle sera disponible pour la charger sur la plateforme de manière automatique au moment qu'il y aura de l'interconnexion de données par Internet ou Intranet. Une fois l'évaluation est chargée elle ne pourra pas être modifiée et c'est l'utilisateur Coordinateur qui pourra commander une nouvelle évaluation à la plateforme sur le même élément

Chaque utilisateur avec un rôle de Technicien pourra faire le suivi des tâches réalisées et accéder aux résultats de ses évaluations envoyés.

3.3 Interfaces de données

L'interface de données permet d'importer des bases de données des éléments du type, secteurs, rues, parcelle et bâtiments du Cadastre Français et Espagnol

En outre, elle devrait à terme disposer d'une connexion avec la déclinaison française de la plateforme ERIKUS qui permettra importer les tâches des évaluations à réaliser et d'exporter les résultats des évaluations complétées.

4 Profils d'utilisateurs

4.1 Administrateur

Le profil de l'utilisateur Administrateur pourra accéder à la paramétrisation de la plateforme pour un fonctionnement correcte. Cet utilisateur établira la configuration de la municipalité objet de l'évaluation (localisation, secteurs et rues), la création d'utilisateurs avec profil Coordinateur, des types de connexions interfaces d'importation des données (cadastre français ou/et espagnol ou plateforme ERIKUS) et d'exportation à ERIKUS.

4.2 Coordinateur

Le profil d'utilisateur Coordinateur aura l'option de validation des techniciens accrédités, la création d'événements et la sélection de types d'évaluations à réaliser pour cet événement, allouant des techniciens aux secteurs, rues ou parcelles que l'on veut évaluer. Ce profil d'utilisateur aura accès au suivi de l'état des tâches allouées et au résultat des évaluations à partir d'un service Webmap. Avec un coup d'œil pourra réaliser un suivi et la traçabilité des tâches commandés aux techniciens de terrain. Ce profil pourra suivre l'état des transferts de données à d'autres plateformes.

4.3 Technicien

Ce profil aura accès à l'application smartphone, où il pourra réaliser un préenregistrement dans la plateforme, la décharge des tâches alloués, la collecte de données des évaluations et le chargement des évaluations complétées.

5 Types de formulaires

Bien qu'une des exigences de la plateforme soit la transparence pour l'utilisation d'un type quelconque de formulaire pour un risque quelconque, dans le projet POCRISC (2018) les formulaires suivants pour la gestion de crise et la connaissance des dommages sismiques ont été définis.

5.1 Vulnérabilité en temps de paix (hors crise sismique)

On utilise le formulaire ICGC (2010), pour faire une estimation de la vulnérabilité sismique selon les classes de vulnérabilité définies dans le projet RISK-UE et pour être appliqué particulièrement à des bâtiments essentiels. Il est recommandé d'être appliqué en temps normal pour avoir une estimation préalable de l'état du parc bâti, utile pour l'évaluation préventive du risque sismique et pour prioriser des actions de renforcement à mener sur une municipalité.

5.2 Première Réponse postsismique

Celui-ci correspond à un formulaire de réponse rapide pour les primo-intervenants (Pompiers, Protection Civile, Police, etc.) pour disposer d'une première évaluation après le séisme. Cette évaluation peut être réalisée par rues ou secteurs et donne comme résultat l'accessibilité des zones avant de commencer les inspections de dommages pour déterminer la sécurité et l'habitabilité des bâtiments.

5.3 Dommages postsismiques

Dès à présent on incorpore deux types de formulaires d'évaluation des dommages post-séisme. L'un d'eux, le formulaire officiel en territoire français, développé par l'AFPS (AFPS, 2017) et utilisé aussi par son équipe d'évaluateurs accrédités pour une intervention lors d'un séisme hors territoire français. Le deuxième correspond à un prototype développé par l'ICGC (ICGC, 2016) pour la mise à jour du Plan d'Urgence pour la Catalogne (SISMICAT, 2016)

Avec les deux formulaires on obtient une série de données sur l'évaluation, des photos, de mesures à prendre et un classement final associé à la sécurité du bâtiment concernant son habitabilité immédiate.

5.4 Autres formulaires

La plateforme permet l'incorporation rapide d'autres formulaires, puisque la fonctionnalité principale du système n'est pas le formulaire en soit, mais la coordination des équipes chargés de la collecte de ces données sur le terrain d'une manière ordonnée et coordonnée.

Comme exemple, on pourrait appliquer des formulaires pour un risque quelconque, voir chimique, nucléaire, d'inondation, etc. Ou des formulaires qui peuvent être utilisés pour la collecte de données et la gestion du risque d'infrastructures de la municipalité, particulièrement celles les plus critiques.

6 Organisation des données

L'organisation, stockage et structure des données est un aspect crucial qui a été bien réfléchi. On a sélectionné un moteur de base des données non-relationnelle et orientée à objets, en définissant leurs propriétés d'une manière plus dynamique. Ceci permet une meilleure adaptation aux besoins et exigences de chaque tâche à réaliser.

6.1 Éléments

Les éléments correspondent aux districts, rues, parcelles cadastrales, etc. Tous ces éléments sont standardisés et, en plus des propriétés de chacun d'eux, ils auront une représentation cartographique sous forme de polygones, lignes et points. Les parcelles cadastrales contiendront, à leur tour, les bâtiments.

Cette organisation des éléments nous permettra de créer les tâches d'évaluation par type d'élément.

6.2 Événements/ Exercices

Les événements (séismes) sont créés par l'utilisateur Coordinateur et définissent le point de partie racine pour associer toutes les tâches d'évaluation, en tenant compte des phases différentes d'intervention pour les évaluations (phase première réponse, phase d'évaluation des données...)

Tant pour les exercices de crise comme pour les prises de données de vulnérabilité, toutes les tâches et évaluations seront associés à cet exercice, également créé par le Coordinateur.

6.3 Tâches

Les tâches sont générées depuis le panneau de contrôle et de commande par l'utilisateur Coordinateur et elles sont allouées aux techniciens, responsables de les exécuter. Chaque tâche sera associée à un événement, un élément et à une phase de l'intervention (type de formulaire à utiliser)

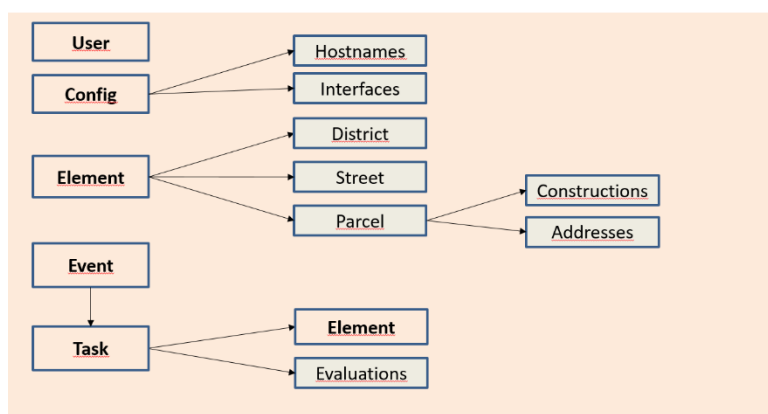
On pourra faire le suivi de l'état des tâches et on pourra connaître si elles n'ont pas encore commencé, sont en cours de réalisation, ou finalisées.

6.4 Évaluations

Les évaluations correspondent à la collecte de données du formulaire d'évaluation alloué à la tâche. Les évaluations pourront être soit de vulnérabilité, de première réponse ou de dommages.

Les évaluations contiennent des données obtenues de manière automatique (identification du technicien, heure de début et de fin) et de manière manuelle (champs du formulaire, photos, recommandations)

Figure 3. Diagramme de l'organisation des données par objets



7 Flux de travail

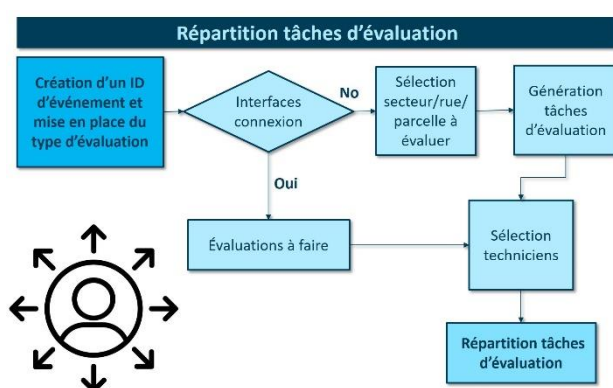
On décrit par la suite, le flux de travail pour chacun des profils d'utilisateur de la plateforme

7.1 Flux de travail du profil utilisateur "Coordinateur"

- Création d'un événement (sauf pour diagnostic de vulnérabilité en temps de paix)

- Création des secteurs à évaluer, pour cet événement, et allouer le formulaire d'évaluation
- Validation des utilisateurs techniciens pour cet événement et leur allouer des secteurs
- Des processus et des fonctions internes de la plateforme distribuent les éléments, parcelles du cadastre et bâtiments, à évaluer par les techniciens
- Visualisation du flux de travail de chaque technicien
- Visualisation de la carte globale avec les formulaires à réaliser et ceux reçus
- Commande de l'évaluation d'un nouveau district, rue ou parcelle cadastrale
- Partage d'un formulaire d'évaluation pour conseil

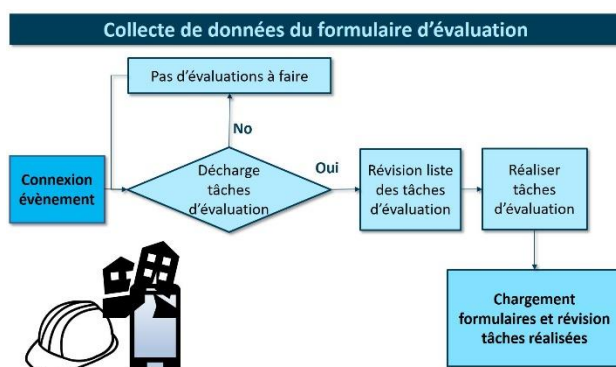
Figure 4. Diagramme des fonctions du Coordinateur pour la création des tâches et l'allocation à des techniciens.



7.2 Flux de travail du profil utilisateur « Technicien »

- Création d'une connexion à un événement
- Décharge des tâches d'évaluation allouées
- Révision de la liste de ses tâches d'évaluation
- Révision de l'information d'une tâche d'évaluation
- Remplissage des formulaires et prise des photos
- Chargement de son formulaire complété
- Révision de son formulaire rempli et complété

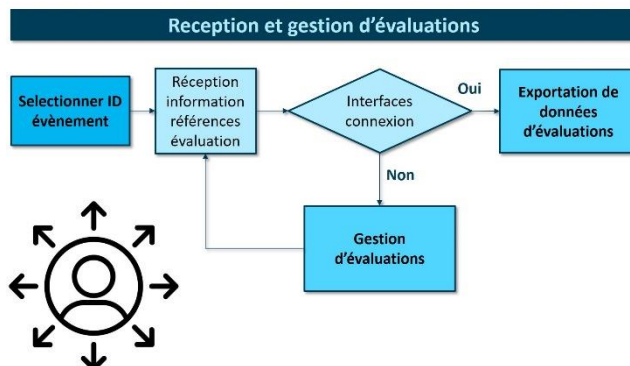
Figure 5. Diagramme des fonctions du Technicien pour la gestion de ses tâches et ses formulaires d'évaluation



7.3 Flux de travail « Interface »

- Connexion authentifiée à la plateforme
- Création d'un événement sur le Backoffice
- Réception de l'information des références pour l'évaluation
- Envoi au Back office des évaluations complétées

Figure 6. Diagramme des fonctions du Coordinateur et Interface pour la réception et gestion d'évaluations.



8 Plan de formation et protocole d'activation des Plans d'Urgence

Dans des nombreux cas, la technologie peut aider à la réalisation et le suivi des tâches de coordination, collecte de données et leur analyse après un tremblement de terre majeur. Mais la technologie à elle seule n'est pas une solution mais au contraire peut aggraver la situation sans avoir organisé d'avance une formation de base, nécessaire pour son utilisation et aussi la prise en compte de son utilisation dans les différentes phases du plan d'urgence local, régional et/ou national

Dans ce sens nous proposons développer le matériel de formation et adaptation technologique des plans d'urgence pour tous les composants inclus dans la plateforme, avec une étroite collaboration avec les groupes qui ont travaillé dans les formulaires qui ont été considérées dans la plateforme (AFPS, ICGC, ...) et qui permettra de disposer d'un outil technologique mis à jour et optimisé pour être utilisé en tout moment et circonstance.

9 Conclusions

La plateforme décrite permettra de gérer et coordonner la collecte de données sur le terrain pour déterminer la vulnérabilité pré-séisme ou les dommages des bâtiments post-séisme, permettant réaliser le suivi et disposer de la traçabilité des évaluations réalisées, ainsi que des mesures à prendre pour une meilleure gestion de l'urgence post-séisme

Las caractéristiques principales de la plateforme sont :

GLOBALITÉ : elle couvre un large spectre de fonctions en relation avec la coordination et gestion des évaluations pour déterminer la vulnérabilité pré-séisme et l'habitabilité sécurisé post-séisme des bâtiments.

FIABILITÉ : elle prend en charge la traçabilité des tâches et des évaluations, des utilisateurs accrédités et autorisés à accéder à la plateforme et les marques de date et heure automatiques.

ÚNICITÉ : une seule plateforme pour la coordination des équipes d'intervention qui réaliseront les évaluations indépendamment de la taille de la municipalité concernée

COMPATIBILITÉ : le panneau de contrôle et de commandement peut être utilisé depuis un navigateur Web installé en un ordinateur et l'application Smartphone d'un dispositif quelconque avec un système opératif Android.

INTEGRABILITÉ : elle permet l'importation et exportation de données à d'autres plateformes utilisant les standards les plus utilisés d'archives de données spatiales. Elle permet, en outre, une adaptation dynamique des formulaires d'évaluation avec des nouveaux besoins éventuels.

9 Bibliographie

- AFPS (2017). Diagnostic post-sismique d'urgence - Fiche d'évaluation rapide du niveau de dommages v. M 1.3.
- ICGC (2010). Formularios para el análisis de la vulnerabilidad sísmica de edificios esenciales. Barcelona, 2010.
- ICGC (2016). Proposta d'un qüestionari per a l'avaluació del dany sísmic i de l'habitabilitat post-sísmica v.2. Barcelona, 2016.
- Martínez F. et al. (2011). SGE 2.0, Lorca, Murcia, 2011.
- Martínez F. et al (2014) Lorca Resiliente "Lecciones aprendidas del terremoto de Lorca", editado por DGPCYE Ministerio de Interior Gobierno de España. Lorca, Murcia, 2014.
- POCRISC (2018). Pour une culture commune du risque sismique dans les Pyrénées. Project POCTEFA (2018-2020), Barcelona, 2018.
- RISVAL (2017) REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA et al., RISVAL project, Italy, 2017. Projet ALCOTRA (2017-2019)
- SISMIMUR (2015). Protocolos de Activación y Actuación del Grupo de Evaluación de Daños, Dirección General de Seguridad Ciudadana y Emergencias Región de Murcia, Murcia, 2015.
- SISMICAT (2016). PLA ESPECIAL D'EMERGÈNCIES SÍSMIQUES A CATALUNYA. Direcció General de Protecció Civil i Emergencies Generalitat de Catalunya. Barcelona, 2016.
- Martínez Ríos, C.; Spairani Berrio, Y.; Huesca Tortosa, J.A. (2016) "Ficha de evaluación de daños en bienes culturales afectados por sismo." Rehabend 2016. Euro-American Congress: Construction pathology, rehabilitation technology and heritage management. Instituto Tecnológico de la Construcción, 2016.
- GeoJSON (2015). The GeoJSON Specification (RFC 7946).