

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques en Italie

Volume II : Emilia-Romagna, Assisi

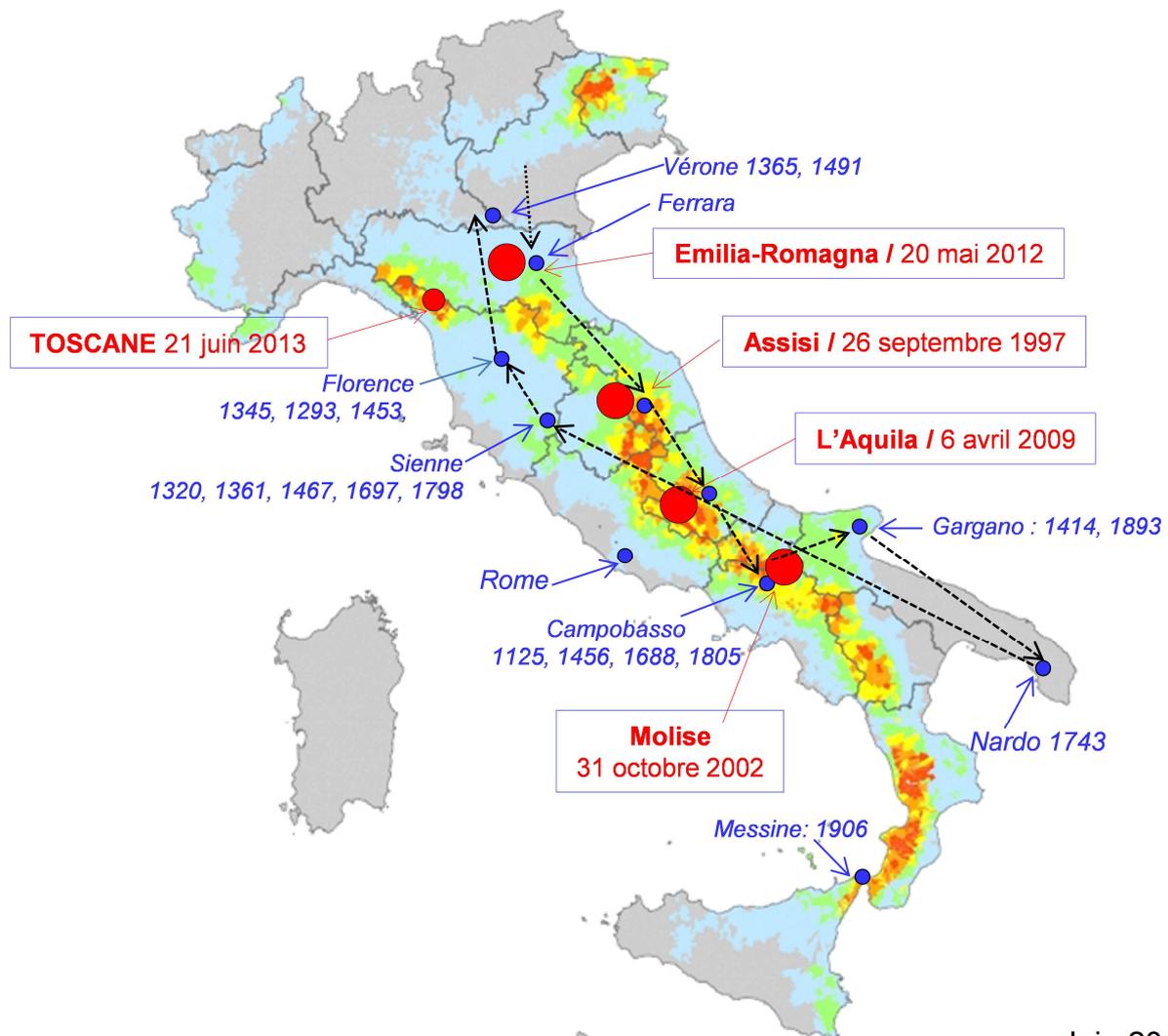
Voyage d'étude, juillet – août 2013

Organisé par Dynamique Concept

Avec le soutien du



Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable
Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie



Juin 2014

Avertissement

Le rapport de la mission comporte quatre volumes :

I. Retour d'expérience, Sismicité de l'Italie

II. Emilia-Romagna, Assisi,

III. L'Aquila

IV. Molise, Puglia, Siena, Firenze, Verona

Une documentation considérable a été recueillie.

Étant donné le nombre important des photos, la plupart ne sont pas commentées. Ce travail pourra se faire dans les éditions suivantes en fonction de la demande telle que présentations aux autorités nationales ou locales, conférences, cours, sessions de formation...

A ce-jour ce rapport doit être considéré comme un photomontage des lieux visités par la mission.

Il est libre de toute diffusion.

Ces quatre volumes constituent la base du cours dispensé à l'Ecole de Chaillot de Paris :

Patrimoine en zone sismique

- La Mémoire -

L'équipe tient à remercier les autorités françaises et italiennes pour leur soutien.

**Vulnérabilité sismique des
Monuments Historiques en Italie**
Voyage d'étude, juillet – août 2013

Volume I

Retour d'expérience, Sismicité de l'Italie,

Composition de la mission

I. Objectifs de la mission

II. Déroulement de la mission

III. Entretien avec la « Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici – Bologna »

IV. Vigili del Fuoco (Pompiers). La grande maîtrise de la gestion de l'urgence

- IV-1 Le rôle des « Vigili del Fuoco »
- IV-2 Historique
- IV-3 Les premiers documents
- IV-4 Mise en sécurité
- IV-5 Sauvetage du patrimoine et des archives

V. Documents techniques italiens sur le risque sismique et le patrimoine culturel

- V-1 Lignes-Guide : Evaluation et la réduction du risque sismique du patrimoine culturel
- V-2 Fiches de Relevé de dommages
- V-3 Manuel "STOP" d'intervention technique urgente en situation sismique

VI. Les leçons architecturales de la mission (voyage d'étude)

- VI-1 L'intérêt d'une telle mission
- VI-2 Forces et faiblesses
- VI-3 Impérieuses réglementations ou culture partagée ?

VII. Retour d'expérience

- VII-1. Les séquences d'endommagement : causes et conséquences
- VII-2. Conclusions

VIII. Etudes de cas de réparation-renforcement

- VIII-1 Renforcement général
- VIII-2 Reprise en sous-œuvre et stabilisation générale
- VIII-3 Précontrainte additionnelle
- VIII-4 Renforcement des voûtes
- VIII-5 Introduction des chaînages horizontaux
- VIII-6 Béton projet
- VIII-7 Réparation - Renforcement des éléments décoratifs

Sommaire 2^{ème} partie

1. **SISMICITE de l'ITALIE**
 - 1.1 Sismicité historique
 - 1.2 Sismicité réglementaire

Volume II

Emilia-Romagna, Assisi, L'Aquila

2. **EMILIA-ROMAGNA (séisme du 20 mai 2012)**
 - 2.1 Sismicité historique
 - 2.2 Le bilan du séisme du 20 mai 2012
 - 2.3 **FERRARA**
 - 2.3.1 Cathédrale
 - 2.3.2 Palais ducal
 - 2.3.3 Centro storico
 - 2.4 **PIEVE DI CENTO**
 - 2.4.1 Chiesa des SS. Rocco e Sebastiano
 - 2.4.2 Duomo Santa Maria Maggiore
 - 2.4.3 Centro storico
 - 2.5 **CENTO**
 - 2.5.1 Chiesa dei Rosario
 - 2.5.2 Collegiata di San Biagio
 - 2.5.3 Chiesa San Filippo
 - 2.5.4 Municipio
 - 2.5.5 Palazzo del Governatore, Piazza del Guecino
 - 2.5.6 Chiesa San Pietro
 - 2.5.7 Centro storico
 - 2.5.8 Teatro comunale
 - 2.6 **BUONA COMPRA**
 - 2.6.1 Chiesa San Martino
 - 2.7 **SAN AGOSTINO**
 - 2.7.1 Chiesa Sant'Agostiono
 - 2.7.2 Municipio
 - 2.8 **MIRABELLO**
 - 2.8.1 Chiesa San Paolo
 - 2.9 **MIRANDOLA**
 - 2.9.1 Chiesa San Francisco
 - 2.9.2 Municipio
 - 2.9.3 Duomo Santo Maria Maggiore
 - 2.9.4 Castello de Pico de la Mirandola
 - 2.9.5 Chiesa de Gesu
 - 2.9.6 Scuola « Don Ricardo Adani », renforcement

2.10 VALALTA

2.10.1 Maison de Maître

2.11 CONCORDIA SULLA SECCHIA

2.11.1 Cimetière

2.11.2 Maison de maître

2.12 LA PIEVE DI QUARANTOLI

2.12.1 Chiesa Santa Maria de la Neve

2.13 SAN FELICE SUL PANARO

2.13.1 Castello Rocco di San Felice

2.14 MASSA FINALESE

2.14.1 Chiesa di San Geminiano

2.15 CASUMARO

2.15.1 Chiesa di San Lorenzo

2.16 RENO FINALESE

2.16.1 Chiesa Beato Ferdinando Maria Baccilieri

2.17 FINALE EMILIA

2.17.1 Palazzo Borsari

2.17.2 Centro storico

2.17.3 Chiesa San Antonio

2.17.4 Castello delle Rocche

2.17.5 Chiesa San Francisco di Assisi

2.17.6 Teatro sociale

2.17.7 Torre del Orologio

2.17.8 Chiesa del Rosario

2.17.9 Chiesa del Seminario « intacte »

3. ASSISI – UMBRIA (séisme du 26 septembre 1997)**8.1 Sismicité historique****8.2 Le bilan du séisme du 26 septembre 1997****8.3 BASILICA DI SAN FRANCESCO****8.4 CENTRO STORICO****Volume III****L'Aquila****4. L'AQUILA – ABRUZZO (séisme du 6 avril 2009)****4.1 Sismicité historique****4.2 L'AQUILA**

4.2.1 Basilica Santa Maria di Collemaggio

4.2.2 Duomo

4.2.3 Chiesa Santa Maria del Suffragio

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques

Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013

Volume II : Emilia-Romagna, Assisi

- 4.2.3.1 Travaux de mise en sécurité réalisés par Vigli del Fuoco
- 4.2.3.2 Photos Dynamique Concept
- 4.2.3.3 Restauration de l'église Santa Maria del Suffragio
- 4.2.4 Chiesa San Biaggio
- 4.2.5 Chiesa di San Marco
- 4.2.6 Chiesa di Sant'Agostino
- 4.2.7 Palazzo d'Armi
- 4.2.8 Basilica e Convento San Bernardino da Siena
- 4.2.9 Teatro Comunale dell'Aquila
- 4.2.10 Castello dell'Aquila / Fortezza Spagnola
- 4.2.11 Chiesa Santa Maria di Paganica
- 4.2.12 Palazzo Ardinghelli
- 4.2.13 Palazzo Baroncelli-Capardi Tossio
- 4.2.14 Chiesa Giusta di Bazzano
- 4.2.15 Palazzo Centi – Presidenza della Regione Abruzzo
- 4.2.16 Palazzo Madama Margherita, Siège de la commune
- 4.2.17 Palazzo Alferi
- 4.2.18 Basilica di Santa Giusta
- 4.2.19 Chiesa di San Francesco di Paola
- 4.2.20 Chiesa S. Nicandro e Marciano
- 4.2.21 Chiesa Santa Maria di Roio
- 4.2.22 Palazzo Persichetti
- 4.2.23 Palazzo Rivera
- 4.2.24 Chiesa di San Domenico
- 4.2.25 Chiesa San Pietro di Sassa
- 4.2.26 Chiesa San Pietro di Coppito
- 4.2.27 Chiesa di San Silvestro
- 4.2.28 Chiesa dei Bernabiti
- 4.2.29 Chiesa Costa Picenze
- 4.2.30 Chiesa di San Flaviano
- 4.2.31 Palazzo Gagliardi-Sardi
- 4.2.32 Chiesa di Santa Margherita
- 4.2.33 Palazzo Margherita "Dei Nobili"
- 4.2.34 Palazzo Quinzi
- 4.2.35 Palazzo Spaventa
- 4.2.36 Chiesa dell'Annunziata
- 4.2.37 Chiesa Santa Maria della Misericordia
- 4.2.38 Monastero di San Basilio
- 4.2.39 Centro storico
- 4.2.40 « Renforcements » par isolateurs sismiques
- 4.2.41 Constructions nouvelles sur isolateurs sismiques
- 4.2.42 Divers bâtiments
- 4.2.43 Monastère di Beata Antonia

4.3 POGGIO DI RIO

- 4.3.1 Chiesa Maria delle Reparazione

4.4 SANTA RUFINA

- 4.4.1 Chiesa San Marciano e Nicandro
- 4.4.2 Chiesa route d'Onna

4.5 ONNA

- 4.5.1 Chiesa di Sant'Anna
- 4.5.2 Chiesa Parrocchiale

4.5.3 Chiesa di San Giovanni

4.5.4 Chiesa San Pietro

Volume IV

Molise, Puglia, Siena, Firenze, Verona

5. MOLISE (séisme du 31 octobre 2002)

5.1 Sismicité historique

5.2 Le bilan du séisme du 31 octobre 2002

5.3 LARINO

5.3.1 Chiesa di San Stefano

5.3.2 Palazzo Ducale

5.3.3 Chiesa di Franceso

5.3.4 Basilica San Pardo

5.3.5 Chiesa Santa Maria

5.3.6 Centro storico

5.4 CASACALENDA

5.4.1 Chiesa Adolorata

5.4.2 Palazzo Ducale

5.4.3 Capella Santa Maria Maggiore

5.4.4 Palazzo « casa Franceschini-Filipponi »

5.5 RIPABOTTONI

5.5.1 Maison de maître

5.5.2 Chiesa San Gerardo Maiella

5.5.3 Chiesa Santa Maria Assunta

5.5.4 Palazzo Ducale

5.6 CASTELLINO DEL BIFERNO

5.6.1 Chiesa di San Pietro

5.6.2 Capella San Pio da Pietrelcina

5.6.3 Complexe moderne « Complesso Scolastico Antisismico »

5.7 CASTELLINO NUOVO

5.7.1 Chiesa di Sacro Cuore

5.8 SAN GIULIANO DI PUGLIA

5.8.1 Palazzo comunale

5.8.2 Chiesa San Giuliano Martire

5.8.3 Scuola nuova ; emplacement de l'ancienne école

5.9 COLLETORTO

5.9.1 Chiesa del Convento San Alfonso di Liguri

5.9.2 Chiesa San Giovanni Battista

5.9.3 Torre Anjloina et château du moyen âge

5.9.4 Chiesa del Purgatorio

5.9.5 Centro Storico

5.10 BONEFRO

- 5.10.1 Chiesa San Nicola
- 5.10.2 Chiesa Santa Maria Delle Rose
- 5.10.3 Centro Storico

5.11 RIPOLIMOSANI

- 5.11.1 Chiesa San Michele
- 5.11.2 Centro Storico

6. PUGLIA (Les Pouilles)**6.1 Sismicité historique****6.2 SAN GIOVANNI ROTONDO**

- 6.2.1 Chiesa Madonna delle Grazie
- 6.2.2 Chiesa San Pio (Renzo Piano)

6.3 MONTE SANT'ANGELO

- 6.3.1 Castello
- 6.3.2 Santuario San Michele
- 6.3.3 Chiesa San Michele
- 6.3.4 Tomba di Rotari

6.4 LOCOROTONDO

- 6.4.1 Chiesa San Giorgio Martire
- 6.4.2 Chiesa Santa Maria la Greca
- 6.4.3 Chiesa Santa Maria Immacolata
- 6.4.4 Chiesa Setti Dolori
- 6.4.5 Centro Storico

6.5 MARTINA FRANCA

- 6.5.1 Cathédrale San Martiino
- 6.5.2 Centro storico

6.6 ALBEROBELLO

- 6.6.1 Chiesa di Trullo « Sant'Antonio »
- 6.6.2 Centro storico

6.7 LECCE

- 6.7.1 Chiesa Santa Maria della Grazia
- 6.7.2 Duomo et Campanile
- 6.7.3 Chiesa Sant'Irene
- 6.7.4 Chiesa Santa Teresa
- 6.7.5 Teatro Romano
- 6.7.6 Chiesa di San Giovanni Battista
- 6.7.7 Chiesa del Gesu (ou) del Buon Consiglio
- 6.7.8 Basilica Santa Croce
- 6.7.9 Centro Storico

6.8 GALLIPOLI

- 6.8.1 Cattedrale Sant'Agata
- 6.8.2 Centro storico

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques

Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013

Volume II : Emilia-Romagna, Assisi

6.9 NARDO

- 6.9.1 *Cattedrale Maria SS. Assunta*
- 6.9.2 *Chiesa Santa Maria de Raccomondatis*
- 6.9.3 *Delle'Immacolata Concezione*
- 6.9.4 *Centro storico*

7. SIENA (SIENNE)

- 7.1 *Sismicité historique*
- 7.2 *Duomo*
- 7.3 *Basilica di San Domenico*
- 7.4 *Chiesa di San Donato*
- 7.5 *Centro storico*

8. FIRENZE (FLORENCE)

- 8.1 *Sismicité historique*
- 8.2 *Duomo*
- 8.3 *Basilica di San Miniato al Monte*
- 8.4 *Chiesa San Stefano*
- 8.5 *Chiesa e Convento di Santa Maria Novella*
- 8.6 *Chiesa Santa Croce*
- 8.7 *Centro storico*

9. VERONA

- 9.1 *Sismicité historique*
- 9.2 *Les Arènes*
- 9.3 *Chiesa Santa Anastasia*
- 9.4 *Cattedrale di Verona*
- 9.5 *Centro storico*

Composition de l'équipe de la mission **DYNAMIQUE CONCEPT** :

1. **Victor DAVIDOVICI**, membre associé du Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable (C.G.E.D.D.) ; Président d'Honneur de l'Association Française de Génie Parasismique AFPS, Responsable de la mission, victor.davidovici@dynaco.fr
2. **André LAURENTI**, Ville de Cagnes-sur-Mer – membre du Groupe A.P.S ; Auteur du site www.azurseisme.com ; sismicité historique, géotechnique, effet de site, alaurenti@azurseisme.com
3. **Marc GIVRY**, Architecte Grenoble, Membre de l'Association Française de Génie Parasismique AFPS ; réhabilitation – renforcement, vulnérabilité, marc-givry-afps@architectes.org
4. **Jean DUMAS**, Architecte Paris, monuments historiques, histoire, vulnérabilité, dumarchi@wanadoo.fr
5. **Agostino MARIONI**, ALGA – FREYSSINET, réhabilitation – renforcement, isolateurs sismiques, marioniagostino@gmail.com
6. **Marco BANFI**, ALGA – FREYSSINET, réhabilitation – renforcement, isolateurs sismiques, marco7b@hotmail.it

2. EMILIA-ROMAGNA

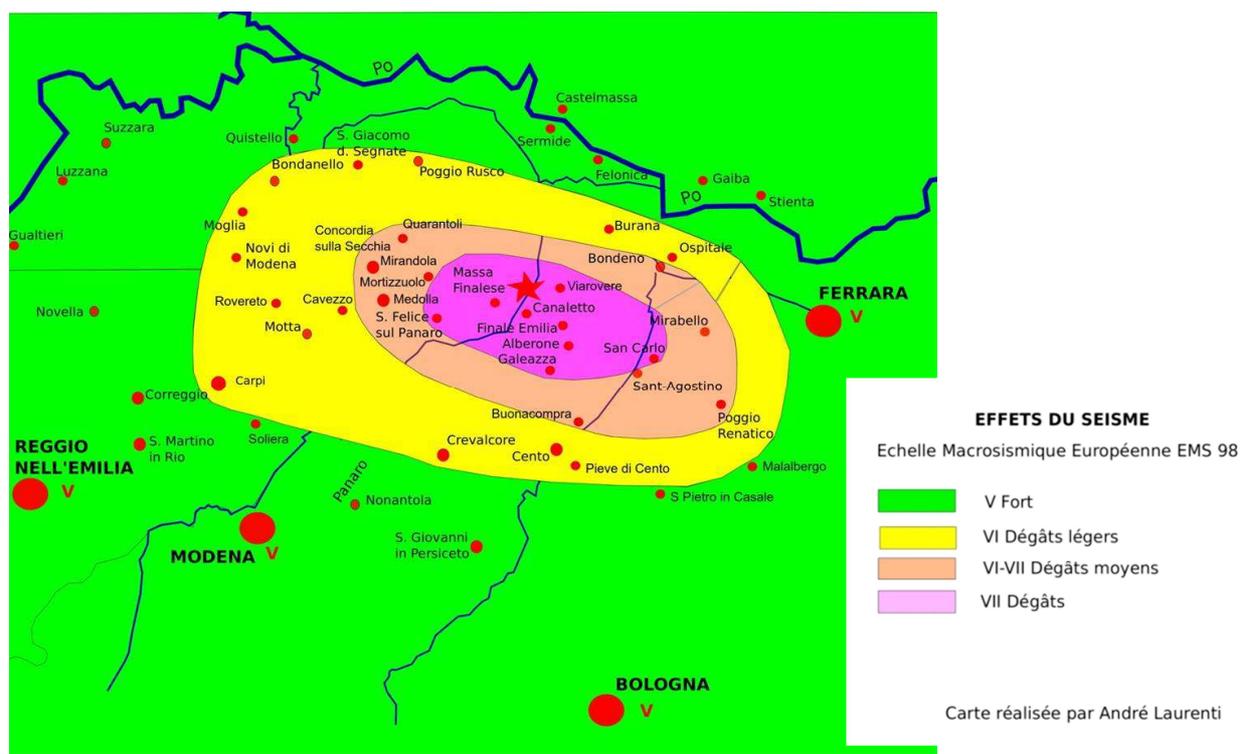
2.1 Sismicité historique de la région d'Emilia-Romagna

Séisme d'Emilia Romagna de 2012

Le fort tremblement de terre qui a secoué en mai 2012, principalement la région d'Emilia Romagna et plus faiblement celle de Lombardia, a causé d'importants dégâts affectant cinq provinces de deux régions.

En se penchant de plus près sur la sismicité historique de ce secteur, il apparaît comme étant le plus puissant parmi les séismes connus survenus dans cette région.

Cet événement de magnitude 6.1 selon le Centre Sismologique Euro-Méditerranéen (C.S.E.M.) et 5.9 (MI), 5.86 (Mw) selon l'Institut National de Géophysique et de Volcanologie italien (I.N.G.V.), est survenu le 20 mai 2012 à 02h03'52" TU (04h03'52" heure locale). L'épicentre a été situé approximativement à quelques kilomètres seulement au nord-est de Massa Finalese (Province de Modena) dans la région d'Emilia Romagna à proximité de celle de Lombardia.



Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques

Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013

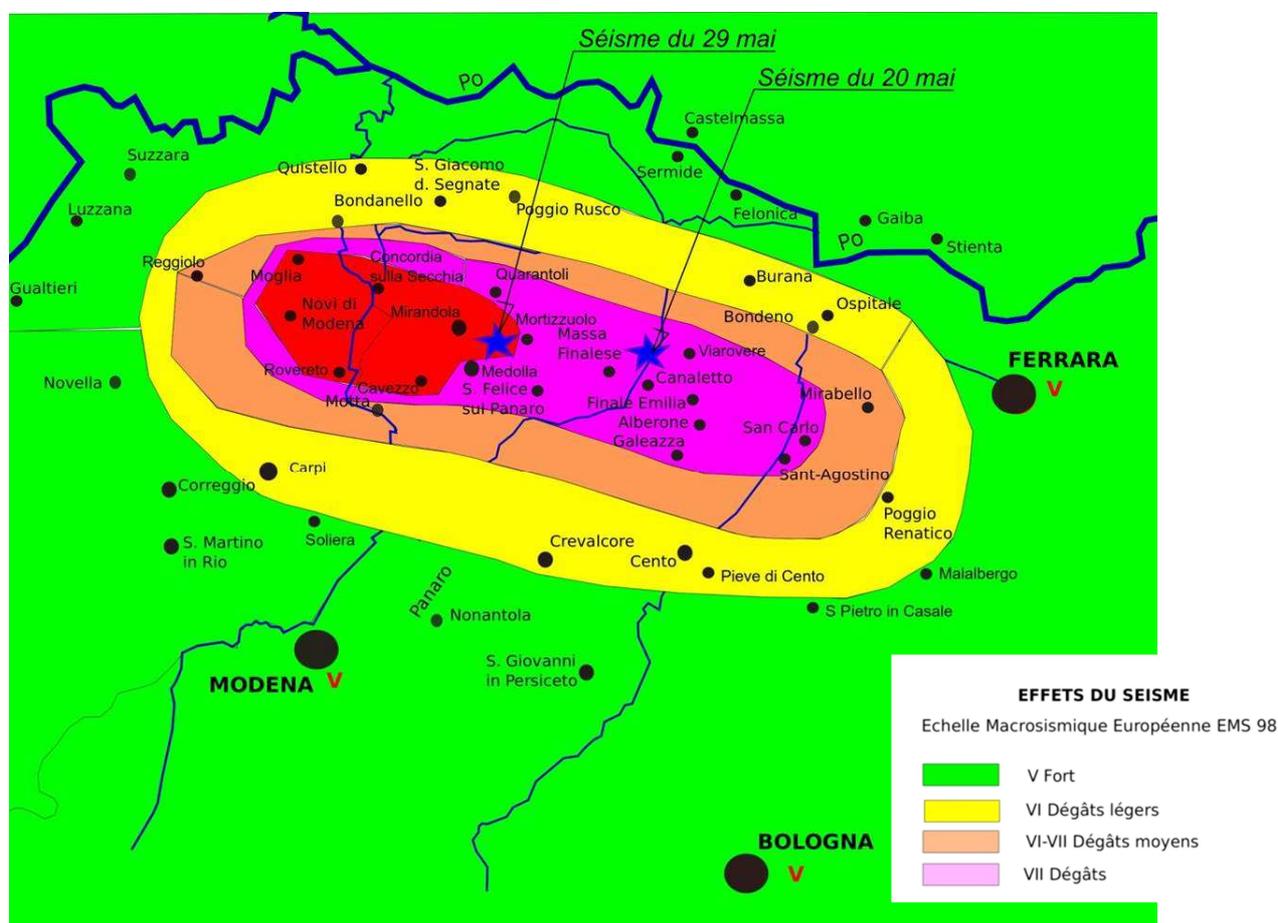
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi

La profondeur du foyer proche de la surface, a été estimée à 6,3 km selon l'I.N.G.V. Le choc principal a été précédé quelques heures avant, par un événement précurseur de magnitude 4.1 (MI) survenu le 19 mai à 23h13 TU (01h13 heure locale) et trois autres petits événements selon l'INGV.

Mais tout n'est pas terminé, neuf jours plus tard le 29 mai 2012, un nouveau séisme de magnitude 5.8 (MI), 5.66 (Mw) s'est produit à 7h00'03" TU (9h00'03" heure locale), entre Mirandola et San Felice sul Panaro tout proche de Medolla, plus à l'ouest du premier épocentre et toujours sur le territoire de la province de Modena.

Ces deux principaux chocs ont été ressenti sur un vaste territoire, notamment dans toute l'Italie centrale septentrionale, une partie de la Suisse, de la Slovénie, de la Croatie, de l'Autriche, de l'Allemagne méridionale et de la France sud-orientale dont Nice dans les Alpes-Maritimes.

Selon l'I.N.G.V., la distribution des répliques montre que le secteur activé par les tremblements de terre, s'étend d'est en ouest jusqu'à la province de Reggio Emilia, avec une extension d'environ 50 km.



Localisation des épocentres des 2 séismes et de leurs fortes répliques selon les coordonnées de l'I.N.G.V. Ces événements s'alignent d'Est en Ouest sur une distance de 44 km. (Base cartographique Google Maps - infographie : André Laurenti)

Les effets

Les deux grands tremblements de terre ont provoqué un total de 27 victimes (22 par les effondrements, trois par crise cardiaque ou maladie et deux sont décédés des

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques

Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013

Volume II : Emilia-Romagna, Assisi

suites de leur blessure) et également 350 blessés et 15 000 personnes évacuées, 59 communes affectées.

L'intensité maximale de ce séisme a été estimée à VII-VIII sur l'échelle macrosismique Européenne (EMS 98), c'est à dire de dégâts importants et a concerné les localités suivantes de : Mirandola, Novi di Modena, Concordia sulla Secchia, Cavezzo, Rovereto et Moglia Intensité VII pour : San Felice sul Panaro, Medolla, Quarantoli, Massa Finalese, Mortizzuolo, Finale Emilia, Alberone, Galeazza, Sant Agostino, San Carlo, Canaletto et enfin Viarovere.

Au 16 avril 2013, on retiendra environ 2 200 biens du patrimoine culturel endommagés dont 532 églises sur l'ensemble de la zone impactée.

Les dégâts les plus importants ont affecté le patrimoine historique de la région, mais aussi des installations industrielles, des bâtiments agricoles anciens et quelques immeubles d'habitation dont certains devront être démolis.

Selon un rapport envoyé à la commission européenne, les dégâts du tremblement de terre ont été estimés à 13 milliards et 273 millions d'euros.

En Emilie-Romagne, l'estimation est de 12 milliards et 202 millions d'euros, soit 676 millions pour les mesures d'urgence; 3 milliards et 285 millions de dégâts aux bâtiments résidentiels; 5 milliards et 237 millions de dégâts à l'activité productive; 2 milliards et 75 millions de dégâts pour les bâtiments historiques et culturels et aussi religieux, le reste est réparti entre les bâtiments, les services publics et les infrastructures (4).

Les localités les plus touchées

Elles sont au nombre de six les localités qui ont subi les plus graves dommages lors du second séisme du 29 mai 2012. Cinq se trouvent dans la province de Modena, il s'agit de Cavezzo, Rovereto, Novi di Modena, Concordia sulla Secchia, et Mirandola. Et une dans la province de Mantova toute proche dans la région de Lombardia, il s'agit de Moglia une petite ville de 5 809 habitants.

Pour l'ensemble de ces localités, on peut retenir une intensité d'au moins VII-VIII sur l'échelle EMS 98.

Il a été relevé quelques effondrements total de bâtiments, avec dans certains cas des constructions de classe de vulnérabilité C, ce qui inciterait à élever l'intensité à VIII.

Cependant, dans la plupart des cas, ces constructions mal conçus, se sont moins bien comportées que le bâti ancien qui dans ce cas fait référence.

D'une manière plus diffuse, il a été observé des dégâts graves et moyennement graves, comme par exemple l'effondrement partiel des toits et des murs de degré 4.

A Cavezzo, on notera l'effondrement de plusieurs bâtiments en béton armé, auparavant légèrement endommagés par le séisme du 20 mai 2012. A Rovereto sulla Secchia s'est produit également l'effondrement partiel de constructions récentes. Mirandola, Concordia sulla Secchia et Moglia présentent des dégâts moyennement graves de degré 3 et 4 en particulier dans les centres historiques ou les constructions de classe A et B sont majoritairement présentes.

Les bâtiments modernes ont été réalisés pour résister aux charges statiques verticales c'est à dire à leur propre poids, mais non aux sollicitations horizontales d'un séisme.

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques

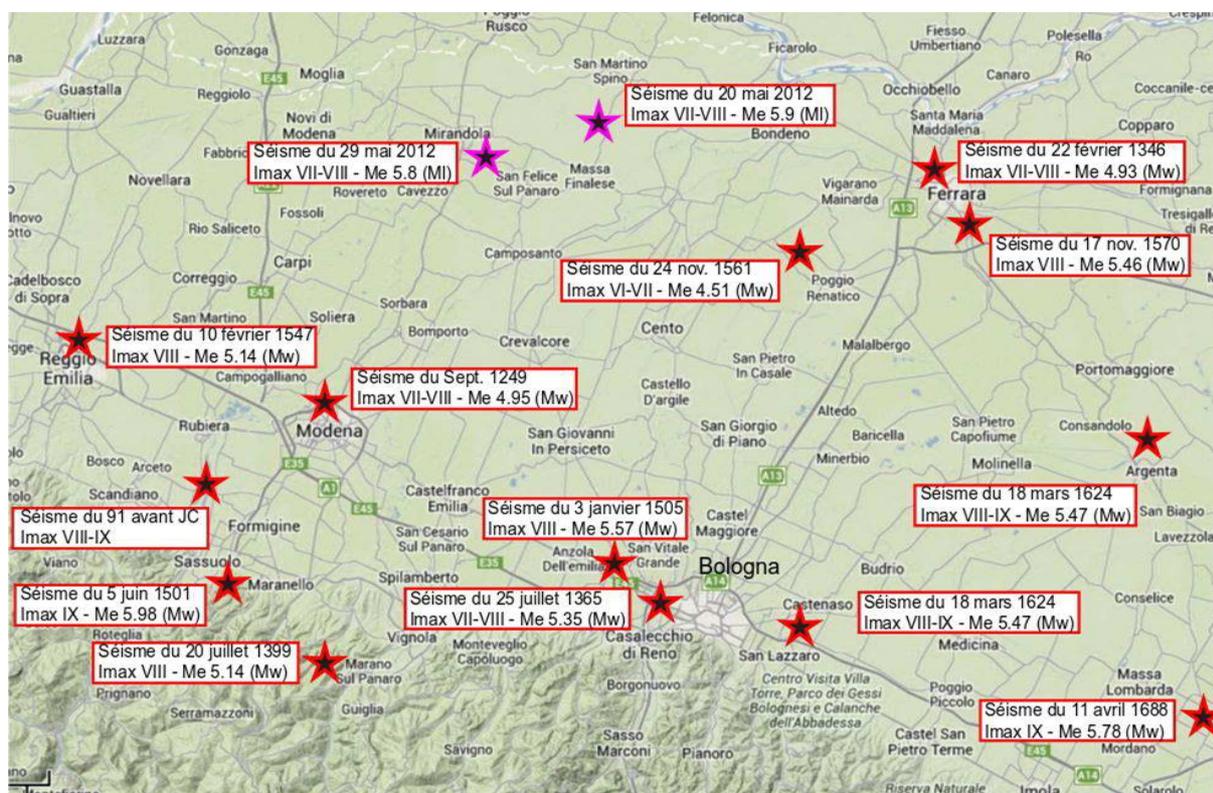
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013

Volume II : Emilia-Romagna, Assisi

Le problème particulier des constructions sur pilotis, c'est le bas de la construction qui est plus flexible, ce qui sollicite de façon trop importante les têtes de poteaux, sous l'effet forces d'inertie des étages supérieurs peu déformables.

Sismicité historique :

Le XVI^e siècle a connu plusieurs séismes destructeurs en Emilia Romagna avec notamment celui de Ferrara le 17 novembre 1570 (Intensité max. VIII) dont on peut encore voir les traces. Celui également de Reggio Emilia le 10 février 1547 d'intensité maximale VIII, celui du 3 juillet 1505 à Bologna (intensité max. VII) et le séisme du 5 juin 1501 d'intensité max. IX dans le secteur de Modena. On peut constater que l'ensemble de ces événements historiques n'ont pas atteint la magnitude de 6.0 et par conséquent ils sont moins dévastateurs que ceux de la partie centrale et sud de la péninsule. Cette sismicité à travers cette région d'Emilia Romagna, reste relativement diffuse. La sévérité des dégâts est souvent liée à des épicentres proches des grands centres habités



91 avant JC :

Ce séisme fut d'intensité maximale de VIII-IX pour la localité de Magreta ; VIII pour Modena et Reggio Emilia.

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques

Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013

Volume II : Emilia-Romagna, Assisi

Le tremblement de terre fut de grande envergure et frappa la zone autour de la Via Emilia, provoquant des dégâts à Reggio Emilia et à Modène. Un éboulement provenant de deux montagnes, détruisit des maisons, tuant même de nombreux animaux (1).

Pline mentionne la destruction de « Villae », des résidences et des structures agricoles romaines, ce qui laisse entendre que les effets se sont fait sentir davantage dans la campagne (1).

Il fut rapporté aussi pour ce tremblement de terre, une intense phase d'activité de volcans de boue à Regnano (1).

Septembre 1249

Un tremblement de terre d'intensité maximale de VII-VIII à Modena et d'une magnitude équivalente de 4.95 Mw (2). Une intensité de V a été retenue pour Reggio nell'Emilia (1).

A partir de cette magnitude peu élevée, les dégâts furent probablement limités à Modena.

22 février 1346

Ce séisme fut d'une intensité maximale de VII-VIII à Ferrara et à Casalmaggiore et d'une magnitude équivalente de 4,93 Mw (2). Concernant la connaissance des effets, les détails sur cet événement sont insuffisants. La puissance de celui-ci semble équivalente à celui de 1249 on peut donc supposer que les dégâts se sont limités à la ville de Ferrara et à Casalmaggiore.

25 juillet 1365

La puissance de celui-ci est supérieure aux deux événements précédents avec une intensité maximale de VII-VIII à Bologna et une magnitude équivalente de 5.35 Mw (2). L'aire de ce tremblement de terre se limita à Bologna et à son territoire : Cento, Medicina, San Giovanni in Persiceto avec une intensité de V-VI et IV pour Ferrara (1).

Pour Bologna il existe des témoignages précis et détaillés sur les effondrements et les lésions sur les églises, sur les édifices et à deux tours, tandis que dans les localités de la province la secousse fut ressentie mais n'a pas causé de dégât (1).

20 juillet 1399

Celui-ci fut d'une intensité maximale de VIII à Dismaro et d'une magnitude équivalente de 5.14 Mw (2). A Modena et à Bologna il y eu des fissures sur quelques édifices. Il n'a pas été précisé de destruction. Il a été retenu pour ce séisme une intensité de VII sur Maserno et Modena ; VI-VII pour Bologna (1).

5 juin 1501

Il représente le plus important événement avec une intensité maximale de IX et une magnitude équivalente de 5.98 Mw (2).

L'aire la plus affectée comprend quelques localités de la province de Modena telles que : Castelvetro, Maranello, Sassuolo et Montegibbio pour lesquelles les dégâts furent graves et répandu, ils ont impliqué la majeure partie du patrimoine bâti, avec des effondrements et des fissures qui ont rendu inhabitable la plupart des habitations (1). Des dégâts moins graves se produisirent sur Modena et à Reggio Emilia. Pour cet événement il a été retenu les intensités suivantes : IX pour Castelvetro di Modena, Maranello, Montegibbio et Sassuolo... VII-VIII pour Modena ; VI pour Reggio nell'Emilia ; III pour Bologna (1).

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques

Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013

Volume II : Emilia-Romagna, Assisi

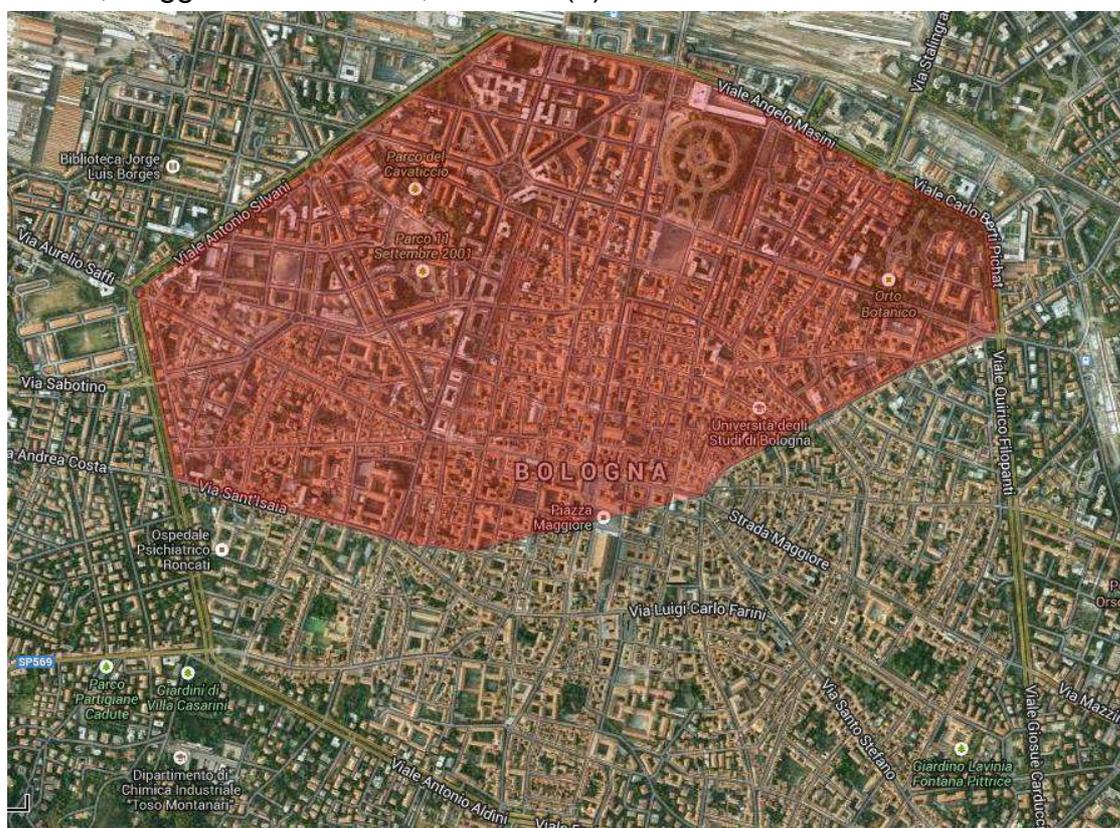
3 janvier 1505

Ce séisme a été précédé par une secousse survenue le 31 décembre 1504 causant de légers dégâts à Bologna et à Modena et fut ressenti fortement à Ferrara.

L'aire affectée par celui du 3 janvier 1505 d'une intensité maximale de VIII et une magnitude équivalente de 5.57 Mw (2), concernait Bologna et la zone alentour. Les seuls dommages attestés par les sources se portent sur la zone urbaine, suburbaine et les collines de Bologna. Les dégâts furent surtout sur les édifices à voûte comme les églises et les palais, mais aussi de nombreuses tours notamment dans leur partie la plus élevée,

Certaines ont dû être démolies ou bien rabaissées pour éviter les effondrements sur les bâtiments voisins (1).

Ont été retenues les intensités suivantes : Bologna VIII ; Bazzano VII-VIII ; Ferrara, Modena, Reggio nell'Emilia VI ; Cento V (1).



Bologna : aire des dégâts majeurs provoqués par le tremblement de terre du 3 janvier 1505. Base cartographique Google Maps

10 février 1547

C'est à présent au tour de Reggio Emilia d'être touché par un tremblement de terre d'intensité maximale de VIII et d'une magnitude équivalente de 5.14 Mw (2).

Ce séisme provoqua l'écroulement de cheminées, de corniches et de toits. Beaucoup d'édifices religieux et privés subirent des dégâts d'une certaine gravité. Les effets furent légers pour la ville de Modena et pour la province de Reggio Emilia (1).

Les intensités qui ont pu être retenues pour ce séisme sont les suivantes : Reggio Emilia VIII ; Bagnolo in Piano VI-VII ; Modena et Novellara VI ; San Felice sul Panaro IV-V (1).

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques

Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013

Volume II : Emilia-Romagna, Assisi

24 novembre 1561

Ce séisme nettement moins fort que les précédents a atteint une intensité de VI-VII magnitude équivalente de 4.51 Mw (2).

Cet événement a concerné la zone sud de Ferrara où quelques dégâts furent limités à la chute de cheminées de très peu de maison et de légères fissures (1).

17 novembre 1570

Cet événement survenu à 19h10 constitue le choc principal d'une longue série de séismes précurseurs qui a débuté dans les premières heures et qui c'est poursuivi durant toute cette journée (1). Certaines de ces secousses ont été suffisamment fortes pour provoquer quelques chutes de créneaux de terrasses et de cheminées qui ont endommagé de nombreux toits (1).

La secousse principale d'intensité maximale de VIII et de magnitude équivalente de 5.46 Mw (2) provoqua l'écroulement de cheminées, des corniches et de graves lésions dans les murs (1).

A Ferrara les dégâts se produisirent surtout dans la partie médiévale de la cité où quelques édifices s'écroulèrent totalement et toutes les autres constructions subirent des effondrements de murs et de toits, des fissures et des décollements de murs, ce qui rendit en grande partie inhabitable les bâtiments publics et les habitations privées (1).

Les dégâts majeurs concernèrent les édifices élevés c'est à dire les églises, les campaniles, les palais notamment les plafonds et les voûtes. Les secousses ont touché surtout les bâtiments situés en extrémité de rue non maintenus par d'autres constructions. Divers détails également sur les logements privés dont environ 40% des habitations ont été endommagées (1).

En dehors de la ville, dans un rayon de 15 à 20 km, une trentaine de localités subirent des dégâts significatifs surtout sur les édifices religieux (1).

Parmi la longue liste des intensités qui ont pu être définies, on retiendra uniquement celle des localités que nous avons visités et qui sont les suivantes : Ferrara VIII ; Bondeno VII ; Cento et Final Emilia VI et enfin Bologna IV (1).



Ferrara : aire des dégâts majeurs provoqués par le tremblement de terre du 17 novembre 1570
Base cartographique Google Maps

18 mars 1624

Ce séisme a été relativement fort avec une intensité maximale de VIII-IX et une magnitude équivalente de 5.47 Mw (2). L'épicentre était autour de la ville de Argenta au sud-est de Ferrara, un secteur proche de l'Adriatique et donc à l'écart de la zone visitée au cours de la mission. Parmi les intensités connues on retiendra VI pour Ferrara ; V pour Carpi (1).

11 avril 1688

Cet événement aussi s'est produit dans un secteur éloigné de la zone visitée. Il a été cependant fort avec une intensité maximale de IX et une magnitude équivalente de 5.78 Mw (2). La localité la plus sévèrement endommagée fut Cotignola où s'écroulèrent 40 % des maisons (1).

Suite à ce séisme on retiendra les intensités suivantes : Cotignola IX ; Bagnacavallo VIII ; Lugo, Russi et Solarolo VIII ; Bologna VI ; Ferrara V (1).

Classement de localités visitées

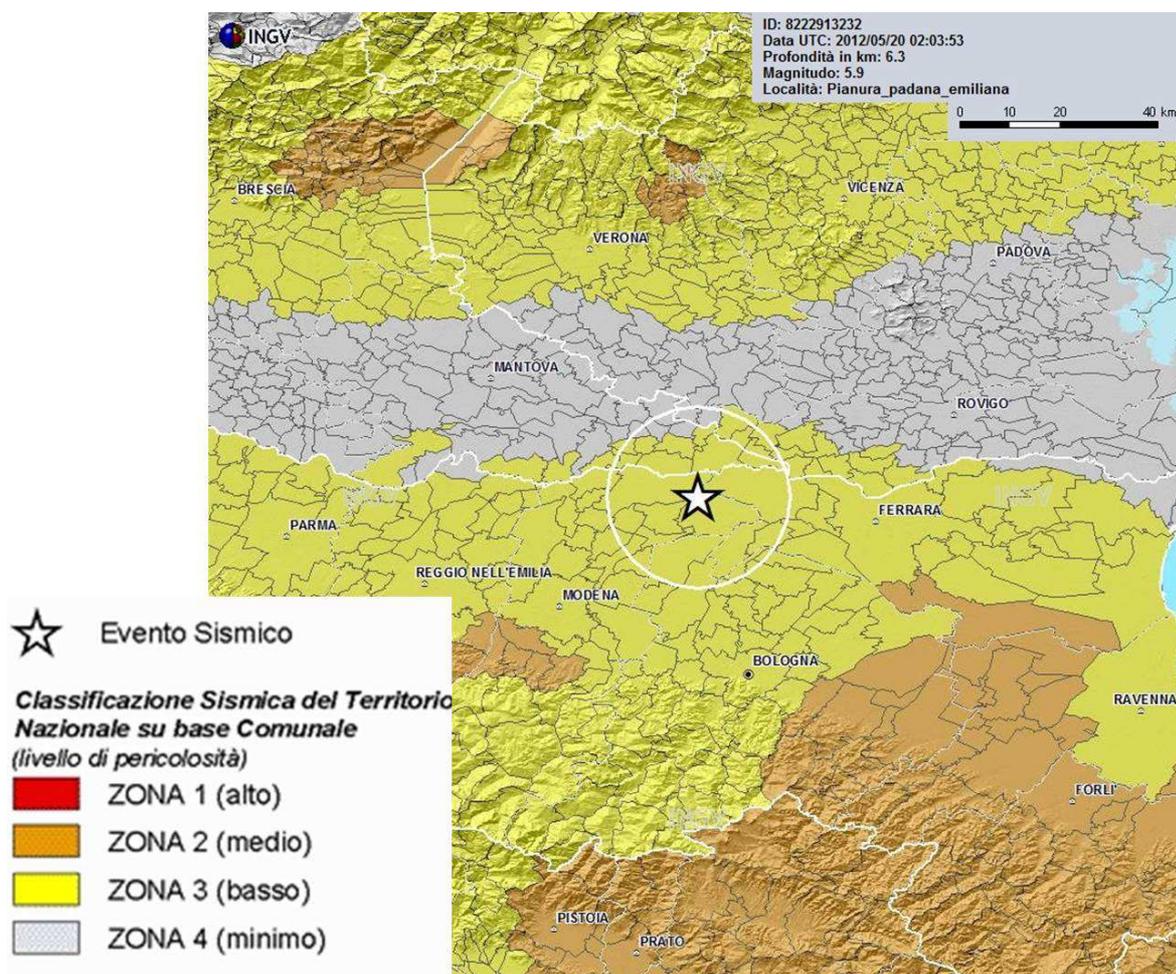
La région d'Emilia Romagna où se sont produits les séismes du 20 et 29 mai 2012 se situe dans une zone de niveau 3 (niveau d'aléa sismique dit « faible » de la carte de l'aléa sismique italien. Cette carte représente l'aléa sismique établi commune par commune, sur une échelle de 1 (haute) à 4 (très basse). L'épicentre est localisé dans une zone où l'on estime qu'une accélération du sol de 0,15 g peut être dépassée avec une probabilité de 10% en 50 ans.

Selon l'ordonnance du président du Conseil des ministres n° 3274 du 20 Mars 2003, les localités que nous avons visitées sont donc toutes classées en zone sismique 3 : En zone de sismicité 3 pour : Bologna, Pieve di Cento (Province de Bologna) également pour : Bondeno, Cento, Ferrara, Mirabello, Poggio Renatico, Sant'Agostino (Province de Ferrara) et aussi Bomporto, Concordia sulla Secchia, Finale Emilia, Mirandola, San Felice sul Panaro (Province de Modena) (3).

Sources documentaires :

1. Boschi Enzo, Ferrari Graziano, Gasperini Paolo, Guidoboni Emanuela, Smriglio Giuseppe, Valensise Gianluca : « Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a. C. al 1980 » – Istituto Nazionale di Geofisica SGA storia geofisica ambiente – 1995
2. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.) : http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/query_eq/
3. Zone sismique italienne par commune : <http://www.ospace.it/TripSpace/zonesismicheitalia.asp>
4. Terremoto dell'Emilia del 2012 - wikipedia: http://it.wikipedia.org/wiki/Terremoto_dell%27Emilia_del_2012

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
 Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
 Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Localisation du séisme par rapport à la carte du dernier zonage sismique italien

2.2 Le bilan du séisme du 20 mai 2012

Les deux séismes de mai 2012, ont touchés trois régions italiennes, principalement l'Emilia-Romagna, plus faiblement la Lombardie au nord-ouest et la Venetie au Nord. Ils ont provoqué d'importants dégâts sur quatre provinces de la région d'Emilia Romagna, celles de Ferrara, de Bologna, de Modana et de Reggio Emilia.

On déplora sur les deux séismes 28 morts, 300 blessés, 45.000 personnes déplacées, 59 communes affectées. La commission européenne a estimé les dommages à 13 milliards d'euros (6).

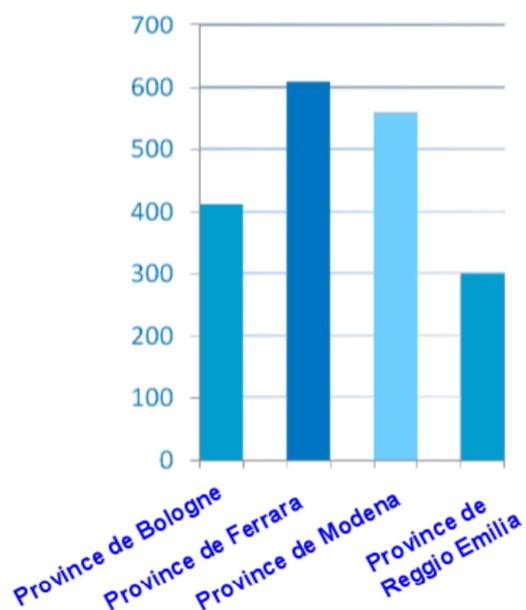
Au 16 avril 2013 on retiendra environ 2 200 biens du patrimoine culturel endommagés dont 532 églises sur l'ensemble de la zone affectée.

Les dégâts les plus importants ont affecté le patrimoine historique de la région, mais aussi des installations industrielles, des bâtiments agricoles anciens et quelques immeubles d'habitation dont certains devront être démolis.

Il est incompréhensible que le territoire de Ferrara Modana soit classé en risque sismique faible.

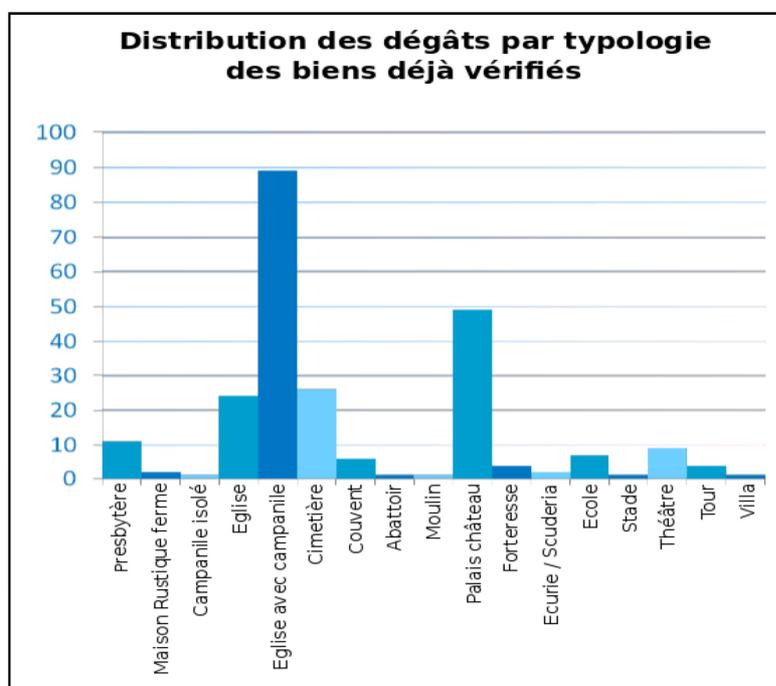
Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
 Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
 Volume II : Emilia-Romagna, Assisi

**Distribution des dommages dans la zone impactée
 par les deux tremblements de terre**



Total des biens signalés environ : 2 200

(Document source : Direzione Regionale per i Beni Culturali e paesaggistici dell'Emilia Romagna, adaptation en français par André Laurenti)



Actuellement les vérifications sont terminées en ce qui concerne la typologie «Église» et «Eglise avec clocher.» (Document source : Direzione Regionale per i Beni Culturali e paesaggistici dell'Emilia Romagna (adaptation en français par André Laurenti)

Les estimations des travaux de réhabilitation indiquées pour chaque édifice sont extraites parmi les données des 656 premiers projets de reconstruction qui visent les logements, le patrimoine culturel, les établissements scolaires et universitaires et qui font et feront l'objet d'un financement durant la période 2013 et 2014.

Il s'agit d'une première phase de 521 millions d'euros, avec une mise à jour effectuée par une structure technique composée de commissaires et qui met en œuvre une partie du programme des travaux sur les bâtiments publics et sur le patrimoine culturel.

A partir du site (voir lien ci-dessous), les données mises à jour au 30 Septembre 2013, sont accessibles par commune et par typologie et permettent de visualiser pour chaque projet et par typologie l'estimation globale des dégâts (montant général), le financement inséré dans le plan de reconstruction (Montant du programme), l'affectation prévue pour la première phase (Montant du plan).

http://blog.openricostruzione.it/?p=1826&utm_source=rss&utm_medium=rss&utm_campaign=prova-piano-ricostruzione

2.3 FERRARA, 135291 habitants (province de Ferrara)

Cette ville de la Renaissance, située sur le delta du Pô, a été inscrite sur la Liste du patrimoine mondial de l'UNESCO en 1995 comme un exemple exceptionnel d'une ville de la Renaissance planifiée, qui a conservé son tissu urbain virtuellement intact. Le tremblement de terre a provoqué quelques dégâts peu importants principalement sur les monuments historiques dont il a été observé des lézardes sur quelques édifices.

Il a été signalé des chutes de matériaux au Corso della Giovecca et sur une voiture au Parco Pareschi. Sur l'église San Paolo des éléments décoratifs se sont descellés de leur support à l'angle nord-est, les mêmes éléments situés à l'angle nord-ouest n'ont pas bougé.

Au château Estense, le symbole de Ferrara, les petites tours des lions ont été endommagées. On a déploré aussi des dégâts dans un commerce du Château. Très vite au mois de mai 2012, la province a alloué 250 000 € pour sécuriser les tourelles. Lors de notre visite en juillet 2013 les tourelles étaient en cours de réparation, une ossature métallique sera mise en place (fig. 2.3.2-4, -8) à l'intérieur pour conforter la construction.

L'estimation générale des dégâts pour le château s'élève à 9 050 000,00 Euros, le montant du programme s'élève à 8 137 000,00 Euros et le montant du plan s'élève à 550.000,00 Euros.

2.3.1 Cathédrale San Giorgio Martire

Cette cathédrale représente le plus grand édifice religieux de la ville. Dédiée à Saint Georges, elle se situe proche du Palais Municipal et du Château d'Este, elle est reliée à l'archevêché par un passage couvert. Cet édifice fut construit au XIIe siècle et consacrée en 1135.

Entre 1451 et 1493, le campanile conçu par Leon Battista Alberti fut construit et cependant, n'a jamais été terminé, il manque encore le toit de la flèche prévu. Au XVII^{ème} siècle, l'intérieur de la cathédrale a été radicalement restauré dans le style baroque après un incendie.

En 2006, l'extérieur de l'abside a fait l'objet d'une restauration.

Sur la photo 2.3.1-2, on remarque dans cette partie élevée de l'édifice la présence d'agrafes, une réparation permettant de raccorder les pierres qui ont subi des décalages ou de petits éclatements au cours de l'action sismique.

L'estimation générale des dégâts pour la cathédrale s'élève à 1 800 000 Euros.

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.3.1-1



Fig. 2.3.1-2

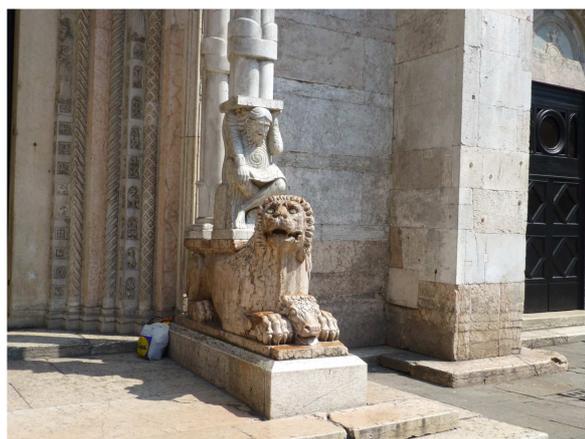


Fig. 2.3.1-3



Fig. 2.3.1-4



Fig. 2.3.1-5

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
 Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
 Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.3.1-6



Fig. 2.3.1-7



Fig. 2.3.1-8



Fig. 2.3.1-9



Fig. 2.3.1-10

2.3.2 Palais ducal



Fig. 2.3.2-1



Fig. 2.3.2-2

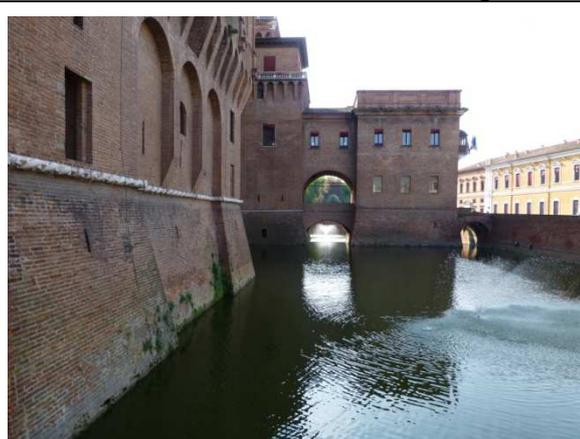


Fig. 2.3.2-3



Fig. 2.3.2-4



Fig. 2.3.2-5

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.3.2-6 Avant séisme



Fig. 2.3.2-7

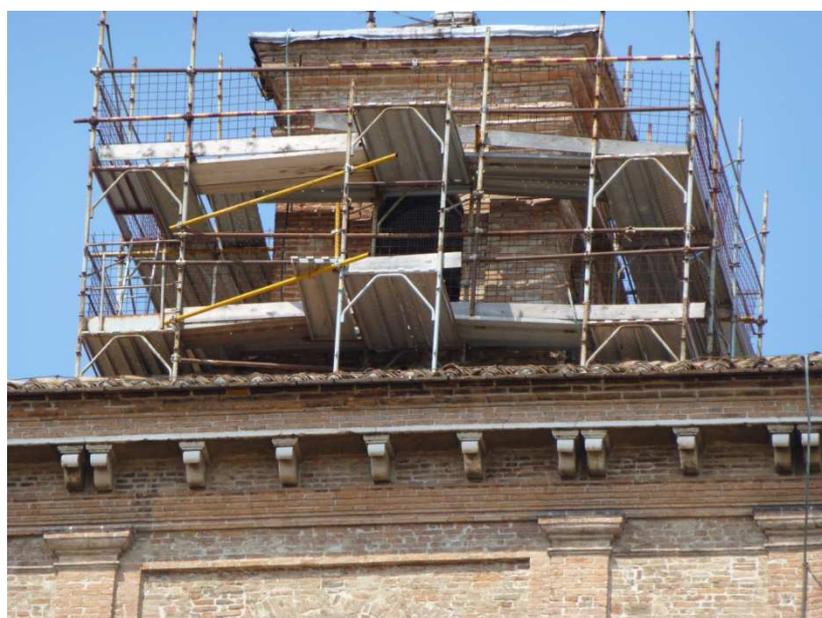


Fig. 2.3.2-8



Fig. 2.3.2-9



Fig. 2.3.2-10

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
 Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
 Volume II : Emilia-Romagna, Assisi

2.3.3 Centro storico



Fig. 2.3.3-1



Fig. 2.3.3-2



Fig. 2.3.3-3



Fig. 2.3.3-4



Fig. 2.3.3-5

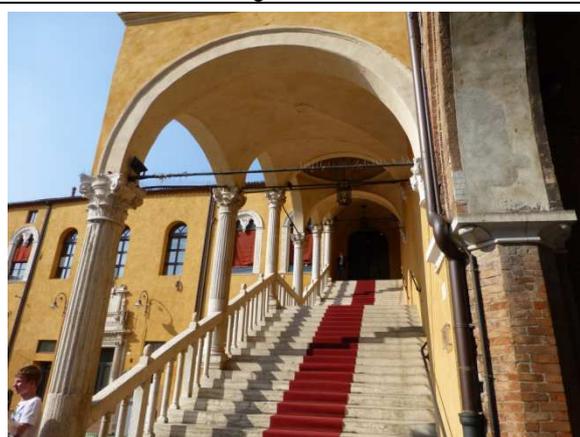


Fig. 2.3.3-6

L'église San Paolo et le monastère

Elle fut édiée au Xe siècle. Le tremblement de terre de Ferrare en 1570 a nécessité la reconstruction de l'église entière, sans toutefois de préjudice au mur droit adjacent au cloître, qui conserve encore les fresques de l'édifice original.

Le travail de reconstruction a été confié à l'architecte Alberto Schiatti. Alfonso II d'Este posa la première pierre du nouvel édifice en 1575 et fut ensuite inauguré en 1611.

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques

Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013

Volume II : Emilia-Romagna, Assisi

Le monastère des Carmélites qui jouxte l'édifice a été prolongé à la fin du XVII^e siècle jusqu'à occuper l'ensemble de la propriété. Entre 1797 et 1798, avec l'occupation napoléonienne, les moines ont été transférés et le monastère a été utilisé comme prison jusqu'en 1912. L'église paroissiale a été ouverte au culte. Affecté par la destruction de la dernière guerre, le couvent et le cloître ont été restaurés en 1968 et utilisés pour héberger des bureaux municipaux.

L'estimation générale des dégâts pour le monastère s'élève à 2 487 500,00 Euros et le montant du plan s'élève à 500 000,00 Euros.



Fig. 2.3.3-7



Fig. 2.3.3-8



Fig. 2.3.3-9



Fig. 2.3.3-10



Fig. 2.3.3-11

2.4 PIEVE DI CENTO, 6959 habitants (province de Bologna)

2.4.1 Chiesa des SS. Rocco e Sebastiano

Fermée au public

L'estimation générale des dégâts pour l'église San Rocco e Sebastiano s'élève à 312 500,00 Euros et le montant du plan s'élève à 207.500,00 Euros.



Fig. 2.4.1-1



Fig. 2.4.1-2



Fig. 2.4.1-3



Fig. 2.4.1-4

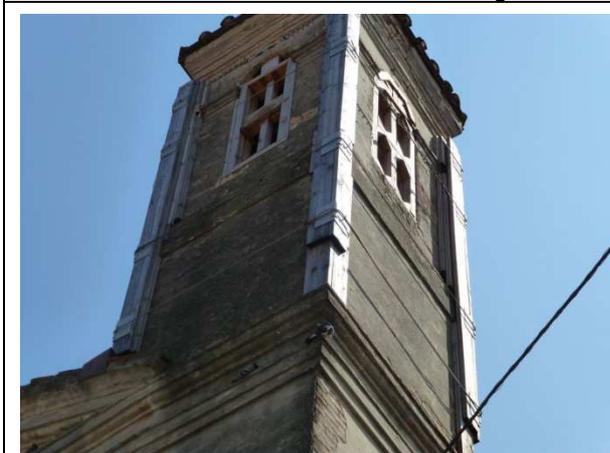


Fig. 2.4.1-5

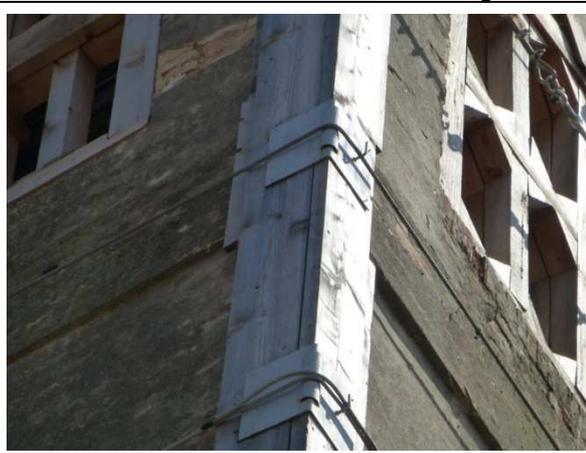


Fig. 2.4.1-6

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques

Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013

Volume II : Emilia-Romagna, Assisi

2.4.2 Duomo Santa Maria Maggiore, fermée au public

Le deuxième séisme du 29 mai, a provoqué l'effondrement de la coupole de la Collégiale Santa Maria Maggiore à l'intérieur du bâtiment. On déplora également le détachement de la façade principale des parois latérales, même l'abside (qui est la partie la plus ancienne) est détachée du corps principal. Le campanile a été fissuré au niveau de la partie supérieure de la flèche et a été rapidement sécurisé.

L'estimation générale des dégâts s'élève à 556 250,00 Euros et le montant du plan s'élève à 445.000,00 Euros.



Fig. 2.4.2-1



Fig. 2.4.2-2



Fig. 2.4.2-3



Fig. 2.4.2-4



Fig. 2.4.2-5



Fig. 2.4.2-6

2.4.3 Centro storico



Fig. 2.4.3-1

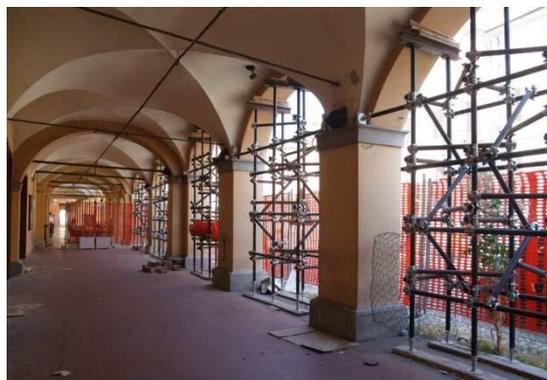


Fig. 2.4.3-2



Fig. 2.4.3-3



Fig. 2.4.3-4



Fig. 2.4.3-5



Fig. 2.4.3-6

2.5 CENTO - 35582 habitants (province de Ferrara)

Dans cette ville les effets sont moins importants.

L'église del Rosario (1633 - 1645) a perdu des éléments décoratifs situés sur les parties élevées, le clocher a été sécurisé. Il en est de même pour la Collegiata di San Biagio.

La façade principale de l'église de San Filippo XVIIIe siècle a été fissurée.

Photos 2-5-3 : On peut voir sur ces photos une pathologie d'endommagement bien identifiée dans les fiches STOP, avec ici le décollement partiel du mur pignon qui n'est pas liaisonné à la couverture.

D'une manière générale, des lésions structurelles plus ou moins étendue se sont produites sur toutes les églises de Cento. Celles-ci ont été immédiatement fermées en attendant d'être fixées (6).

Parmi celles-ci, l'église San Sebastiano et San Rocco du XVIe siècle, a été affectée par l'effondrement d'un pignon et de fissures à l'intérieur.

Le bâtiment qui abrite la pinacothèque de Cento, a subi des dommages graves, surtout à l'intérieur avec l'effondrement de voûtes et des créneaux à l'extérieur. Il convient de mentionner aussi le théâtre communal du XIXe siècle, le Palais du Gouverneur qui abrite aujourd'hui le Musée d'Art Moderne endommagé au niveau des structures internes et les murs externe.

L'estimation des dégâts s'élève pour cette commune à 40.696.786,43 Euro

2.5.1 Chiesa dei Rosario



Fig. 2.5.1-1



Fig. 2.5.1-2



Fig. 2.5.1-3



Fig. 2.5.1-4



Fig. 2.5.1-5



Fig. 2.5.1-6

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques

Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013

Volume II : Emilia-Romagna, Assisi

2.5.2 Collegiata di San Biagio

Chute de la partie supérieure du clocher

L'estimation générale des dégâts pour la Collegiata di San Biagio s'élève à :

1 770 000,00 Euros.



Fig. 2.5.2-1



Fig. 2.5.2-2



Fig. 2.5.2-3

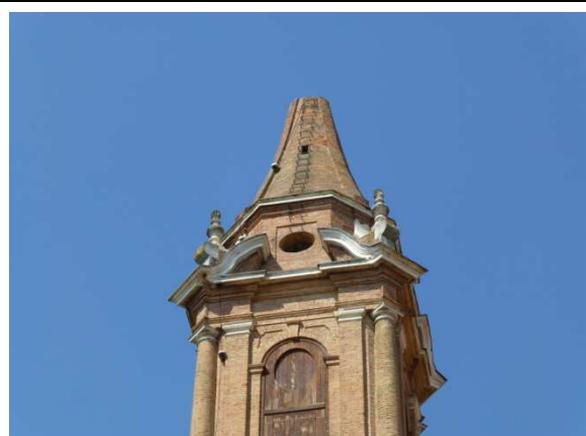


Fig. 2.5.2-4



Fig. 2.5.2-5

2.5.3 Chiesa San Filippo

Chute du haut du clocher – fronton en péril, cerclé



Fig. 2.5.3-1



Fig. 2.5.3-2



Fig. 2.5.3-3

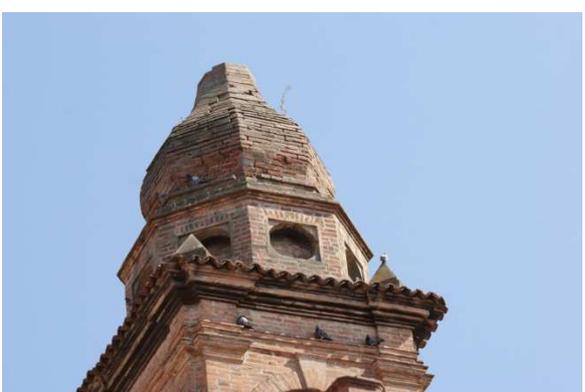


Fig. 2.5.3-4

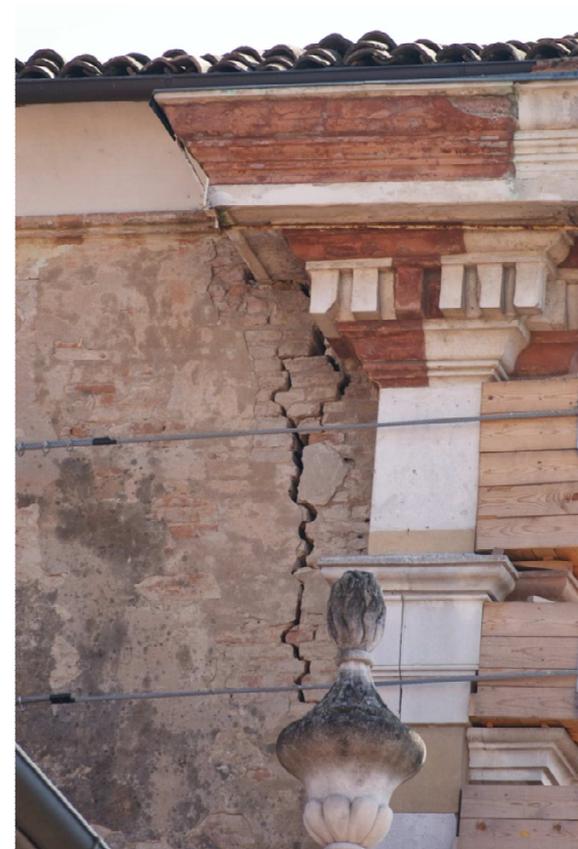


Fig. 2.5.3-5

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques

Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013

Volume II : Emilia-Romagna, Assisi

2.5.4 Hôtel de ville

Chute des créneaux sauf aux angles. Mise en sécurité de l'ensemble du Clocher
L'estimation générale des dégâts pour l'Hôtel de Ville s'élève à 3 200 000,00 Euros
et le montant du plan s'élève à 1 850.000,00 Euros.



Fig. 2.5.4-1



Fig. 2.5.4-2



Fig. 2.5.4-3



Fig. 2.5.4-4



Fig. 2.5.4-5



Fig. 2.5.4-6

2.5.5 Palazzo del Governatore, Piazza del Guecino



Fig. 2.5.5-1



Fig. 2.5.5-2



Fig. 2.5.5-3

2.5.6 Chiesa San Pietro



Fig. 2.5.6.-1 Avant le séisme



Fig. 2.5.6.-2

2.5.7 Centro storico



Fig. 2.5.7-1



Fig. 2.5.7-2



Fig. 2.5.7-3



Fig. 2.5.7-4



Fig. 2.5.7-5



Fig. 2.5.7-6

2.5.8 Teatro comunale (1856 – 1861)



Fig. 2.5.8-1



Fig. 2.5.8-2

2.6 BUONA COMPRA fraction de Cento - 264 habitants (province de Ferrara)

2.6.1 Chiesa San Martino

L'église de San Martino di Tours s'est effondrée, quant au campanile qui a été gravement fissuré, a dû être démolie.

Il a été prévu un montant de 10 millions d'euros pour la reconstruction de l'église.



Façades nord et ouest de l'église de San Martino di Tours avant le tremblement de terre
(Capture d'image à partir de Google Maps)



Façades Est et Nord de l'église de San Martino di Tours et le campanile avant le tremblement de terre
(Capture d'image à partir de Google Maps)

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.6.1-1



Fig. 2.6.1-2

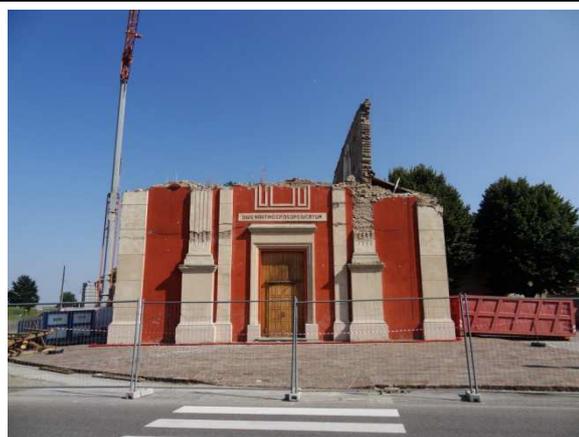


Fig. 2.6.1-3

2.7 SAN AGOSTINO, 7 106 habitants (province de Ferrara)

2.7.1 Chiesa Sant'Agostino

L'église paroissiale de Sant-Agostino, dont les origines remontent au XVI^e siècle et qui fut presque entièrement reconstruite en 1763, est traversée à l'intérieur par des fissures sur la voûte de l'abside centrale et sur les chapelles latérales. Une des statues de la façade s'est détachée et s'est écrasée sur le toit.

Le campanile, avec l'horloge qui s'est arrêtée à 4h04 le 20 mai, est traversé par de profondes lézardes.

La Direction régionale a prévu dans une première phase, l'utilisation d'une machine robotisée qui, partant de la base du campanile est montée vers le sommet, en injectant un jet de mortier renforcé de fibres dans les fissures de la tour et également dans les parties séparées par le tremblement de terre afin de rigidifier la maçonnerie. Après cette première intervention réalisée par une société privée hautement spécialisés, une seconde phase de travaux a été effectuée par le Noyau des Opérations Provisoires des pompiers, et qui ont permis de réaliser un cerclage du campanile afin d'assurer la consolidation du beffroi.

L'estimation des dégâts s'élève pour cette commune à 6.100.000,00 Euro

L'estimation générale des dégâts pour la chiesa di Sant-Agostino et son campanile s'élève à 2 240 000,00 Euros et le montant du plan s'élève à 1 783.000,00 Euros.



Fig. 2.7.1-1



Fig. 2.7.1-2



Fig. 2.7.1-3



Fig. 2.7.1-4

2.7.2 Municipio

Dans la commune de Sant-Agostino (province de Ferrara), la mairie était un bâtiment du XIXe siècle édifié sur quatre niveaux. Ce symbole de la commune était isolé au milieu d'une esplanade, et a été très gravement endommagé par le premier tremblement de terre. Lors du second choc, les dégâts se sont à nouveau aggravés le rendant extrêmement vulnérable.

, le bâtiment finalement été dynamité.

Au dernier niveau de l'immeuble (4ème), était stocké toutes les archives qui représentaient une charge importante sur les planchers. Cela a probablement été l'un des facteurs d'endommagement, tout comme l'absence de chaînages.

Cette Mairie construite en 1875, contenait un lustre historique en verre de Murano pesant environ 400 kilos, suspendu au plafond de la salle du conseil. Il y avait aussi quelques fresques. Malgré le refus de nombreuses personnes et du Maire, déclaré comme dangereux et irréparable le bâtiment a été dynamité dans l'après-midi du jeudi 19 Juillet 2012. Seize kilos d'explosifs répartis en deux cents micro-charges, ont réduit l'édifice à un tas de décombres.

En attendant, la mairie a été transférée dans une école située à proximité.



Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
 Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
 Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.7.2-1



Fig. 2.7.2-2



Fig. 2.7.2-3



Fig. 2.7.2-4



Fig. 2.7.2-5



Fig. 2.7.2-6

2.8 MIRABELLO, 3 541 habitants (province de Ferrara)

2.8.1 Chiesa San Paolo

L'église paroissiale de San Paolo datant du XVIIIe siècle s'est partiellement écroulée. Elle avait été entièrement reconstruite en 1929 par l'ingénieur Luigi Gulli.

Orientée nord-ouest sud-est, toute la partie arrière (sud-est) jusqu'à la croisée du transept s'est effondrée lors du premier tremblement de terre et réduite à un tas de gravats. La nef semble s'être partiellement écroulée lors du second séisme au niveau de la façade nord-ouest qui s'est décollée.

Le presbytère du XIXe siècle qui jouxte l'église a été aussi gravement endommagé.

Quant au campanile, le plus haut de la province avec ses 56 mètres, est resté stable sans dégâts sérieux. Malgré tout, les pompiers ont jugé bon de le sécuriser, en démontant la partie supérieure du clocher. Après l'avoir soigneusement sanglé pour éviter toute chute de matériaux, ils l'ont déposé au sol après des manœuvres complexes et spectaculaires qui ont nécessité des jours de travail.

Il a été mis aussi en sécurité les objets de culte et des œuvres d'art de valeur retirés de l'église et transférés au Palazzo Ducale à Sassuolo réquisitionné pour cela.

Parmi ces œuvres, ont été sauvées en particulier une peinture de l'école Ferrarese du XVIe siècle, représentant la « Déposition du Christ » et une peinture réalisée par Filippo Pedrini représentant la « Vocation de Saint Paul ».

La mise en sécurité de l'église San Paolo, du presbytère adjacent et du campanile, a nécessité cinq mois de travail entrepris par la Direction régionale des biens culturels et paysagistes. La Vierge de San Luca a été aussi sauvée.

Ces travaux ont été financés par le commissariat pour la reconstruction et se sont élevés à 251500 €. Un budget de 12.000.000€ a été prévu pour la reconstruction.

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.8.1-1



Fig. 2.8.1-2



Fig. 2.8.1-3



Fig. 2.8.1-4



Fig. 2.8.1-5



Fig. 2.8.1-6

2.9 MIRANDOLA, 24 602 habitants (Province de Modena)

2.9.1 Chiesa San Francisco

Nous sommes accueillis par Giulio Goldoni et Paolo Maffei responsables techniques de chantier de l'entreprise de restauration MAFFEI

A l'intérieur, environ quatre mètres de gravats ont été retirés. La façade nord de cette église orientée Est Ouest, a été préservée grâce à la présence d'un ancien couvent dont l'un des murs jouxtant celui de l'église, a fait office de contrefort.

Les voûtes ont été confortées : 100 points de support en bois par arche. L'abside a résisté car appuyée au bâtiment arrière.

Dans cette église figuraient des peintures réalisées directement sur du plâtre lissé et des tombeaux de la famille de Pico de la Mirandola, suspendus au mur nord de l'édifice. Tout a été protégé des intempéries dans des caissons de bois.

Le campanile situé à l'angle Nord-Est, s'est complètement effondré à l'intérieur de l'église ainsi que le toit, les voûtes et une partie des murs.

Pour cette construction, les tirants comme dans la plupart des églises, étaient insuffisants et la qualité du liant était très médiocre et s'effrite très facilement.

Diverses mesures ont été mises en place pour consolider les maçonneries fissurées et d'améliorer le comportement statique.

L'estimation générale des dégâts pour la Chiesa San Francesco s'élève à 10 067 611,00 Euros, le montant du programme s'élève à 9 935 899,00 Euros et le montant du plan s'élève à 1 500.000,00 Euros.



Fig. 2.9.1-1 Avant le séisme

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.9.1-2 Avant le séisme



Fig. 2.9.1-3 Avant le séisme

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi

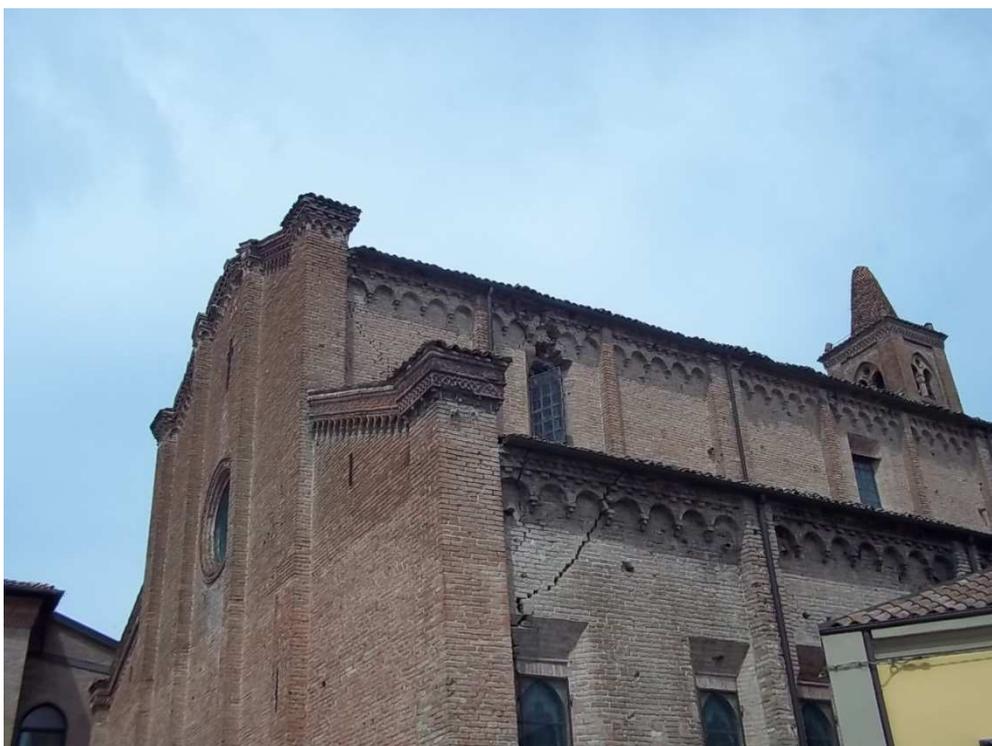


Fig. 2.9.1-4 Après la première secousse



Fig. 2.9.1-5 Après la seconde secousse

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.9.1-6



Fig. 2.9.1-7



Fig. 2.9.1-8



Fig. 2.9.1-9



Fig. 2.9.1-10



Fig. 2.9.1-11

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.9.1-12



Fig. 2.9.1-13



Fig. 2.9.1-14



Fig. 2.9.1-15



Fig. 2.9.1-16

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.9.1-17



Fig. 2.9.1-18



Fig. 2.9.1-19



Fig. 2.9.1-20

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.9.1-21



Fig. 2.9.1-22

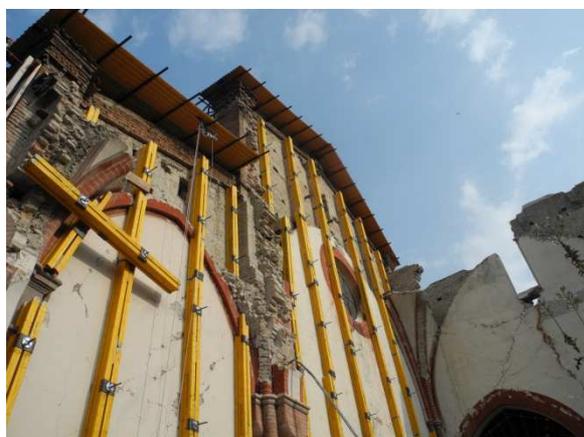


Fig. 2.9.1-23



Fig. 2.9.1-24



Fig. 2.9.1-25



Fig. 2.9.1-26

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
 Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
 Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.9.1-27



Fig. 2.9.1-28



Fig. 2.9.1-29



Fig. 2.9.1-30



Fig. 2.9.1-31

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
 Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
 Volume II : Emilia-Romagna, Assisi

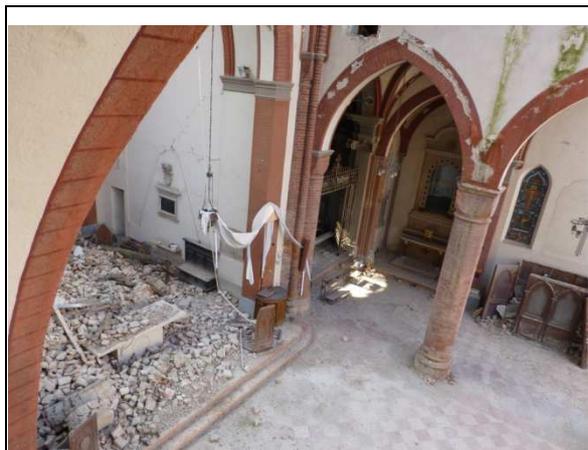


Fig. 2.9.1-32



Fig. 2.9.1-33



Fig. 2.9.1-34



Fig. 2.9.1-35



Fig. 2.9.1-37



Fig. 2.9.1-38

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.9.1-39



Fig. 2.9.1-40



Fig. 2.9.1-41



Fig. 2.9.1-42



Fig. 2.9.1-43



Fig. 2.9.1-44

2.9.2 Hôtel de ville

L'estimation générale des dégâts pour l'Hôtel de Ville s'élève à 7 191 151 Euros et le montant de la mise en sécurité s'élève à 200.000 Euros.



Fig. 2.9.2-1



Fig. 2.9.2-2



Fig. 2.9.2-3



Fig. 2.9.2-4



Fig. 2.9.2-5



Fig. 2.9.2-6

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques

Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013

Volume II : Emilia-Romagna, Assisi

2.9.3 Duomo Santo Maria Maggiore

Eglise paroissiale, propriété de la Curie. Intervention de mise en sécurité des Vigili del Fuoco (Senior Benedetti) : renforcement des colonnes ; dégagement des décombres (2,5 m de gravats). Confortement des arcs pour éviter que les murs ne s'ouvrent. Mise en sécurité et stockage des œuvres d'art. Ne savent pas s'ils pourront sauver le campanile.

L'estimation générale des dégâts s'élève à 5 875 000 Euros, et le montant de la mise en sécurité est de 600.000 Euros



Fig. 2.9.3-1



Fig. 2.9.3-2

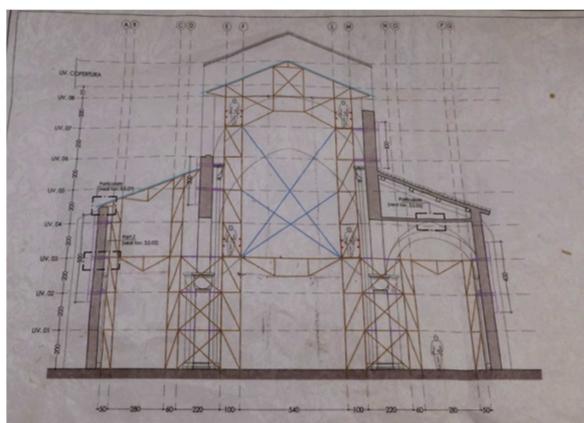


Fig. 2.9.3-3



Fig. 2.9.3-4



Fig. 2.9.3-5



Fig. 2.9.3-6

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi

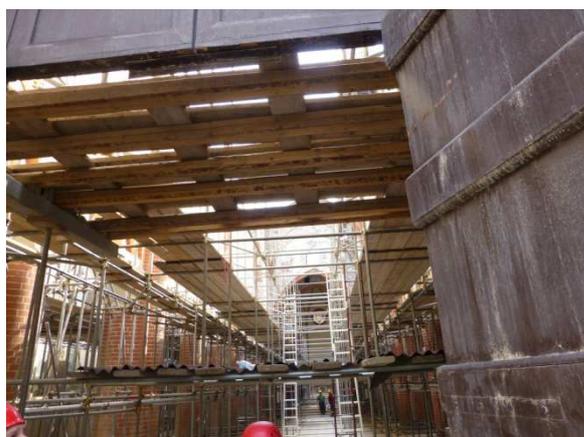


Fig. 2.9.3-7



Fig. 2.9.3-8



Fig. 2.9.3-9



Fig. 2.9.3-10

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
 Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
 Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.9.3-11



Fig. 2.9.3-12



Fig. 2.9.3-13



Fig. 2.9.3-14



Fig. 2.9.3-15



Fig. 2.9.3-16

2.9.4 Castello de Pico de la Mirandola

L'estimation générale des dégâts pour le château dei Pico de la Mirandola s'élève à 10 000 000 Euros et le montant de la mise en sécurité est de 3 853.604 Euros.



Fig. 2.9.4-1



Fig. 2.9.4-2



Fig. 2.9.4-3



Fig. 2.9.4-4



Fig. 2.9.4-5



Fig. 2.9.4-6



Fig. 2.9.4-7.



Fig. 2.9.4-8



Fig. 2.9.4-9

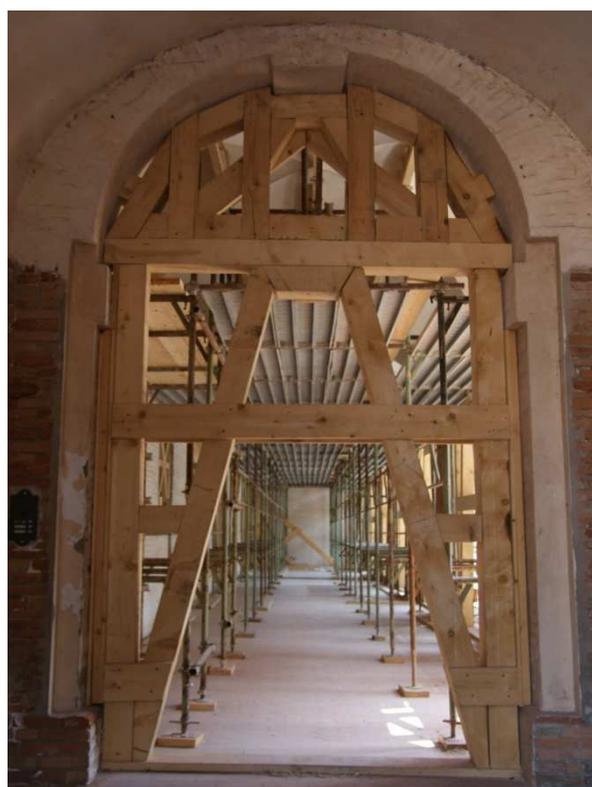


Fig. 2.9.4-10

2.9.6 Scuola « Don Ricardo Adani », renforcement

L'école maternelle Don Riccardo Adani à Mirandola a été affectée par le séisme. Le cas de cette école est intéressant car cet établissement a pu réouvrir à la rentrée scolaire courant octobre 2012, soit quatre mois après le tremblement de terre. Des travaux de réparations ont été réalisés en même temps que des travaux de renforcement.

Les ouvertures dans une façade constituent des points vulnérables en cas de séisme.

Pour cela, sur le mur pignon nord, des ouvertures situées trop près des angles du bâtiment ont été bouchées. Des injections de résine expansive ont permis de colmater les fissures. Des chaînages liaisonnant toute la structure ont été mis en place à chaque niveau. Il en est de même pour la charpente qui a été bloqué par la pose d'une armature ceinturant la totalité de l'édifice. A présent l'école a un meilleur comportement face aux sollicitations sismiques.

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
 Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
 Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.9.6-1

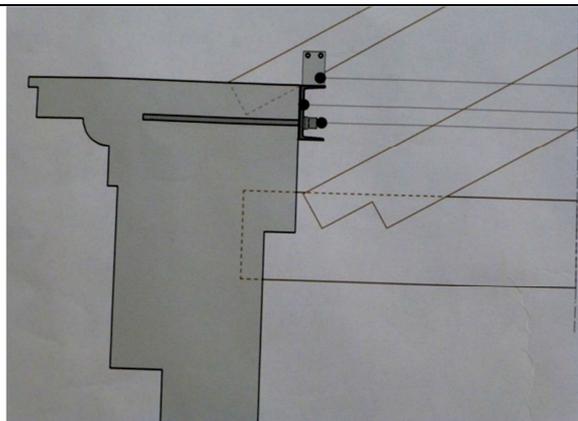


Fig. 2.9.6-2

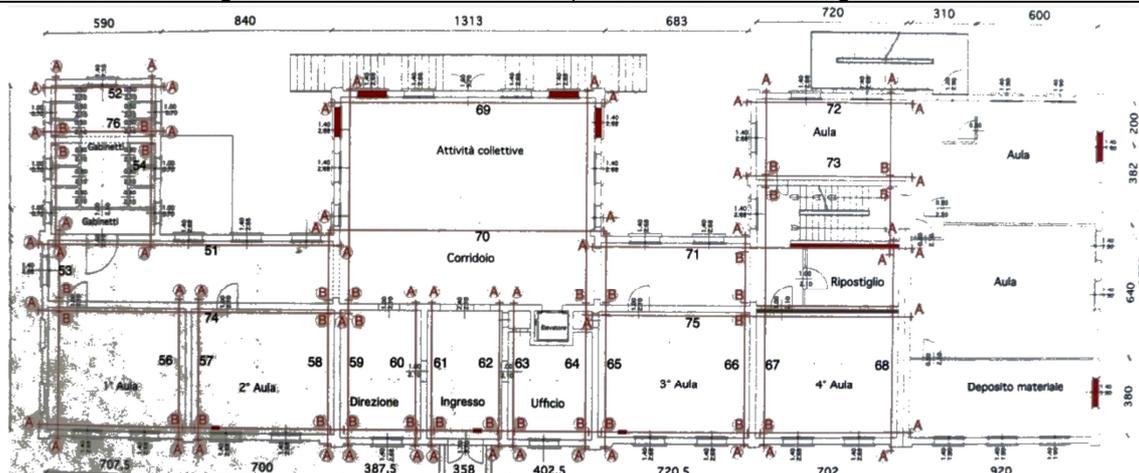


Fig. 2.9.6-3



Fig. 2.9.6-4



Fig. 2.9.6-5

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.9.6-6



Fig. 2.9.6-7



Fig. 2.9.6-8



Fig. 2.9.6-9



Fig. 2.9.6-10



Fig. 2.9.6-11



Fig. 2.9.6-12 Seulement des poteaux reprenaient la toiture, après le séisme, la ferme a été renforcée

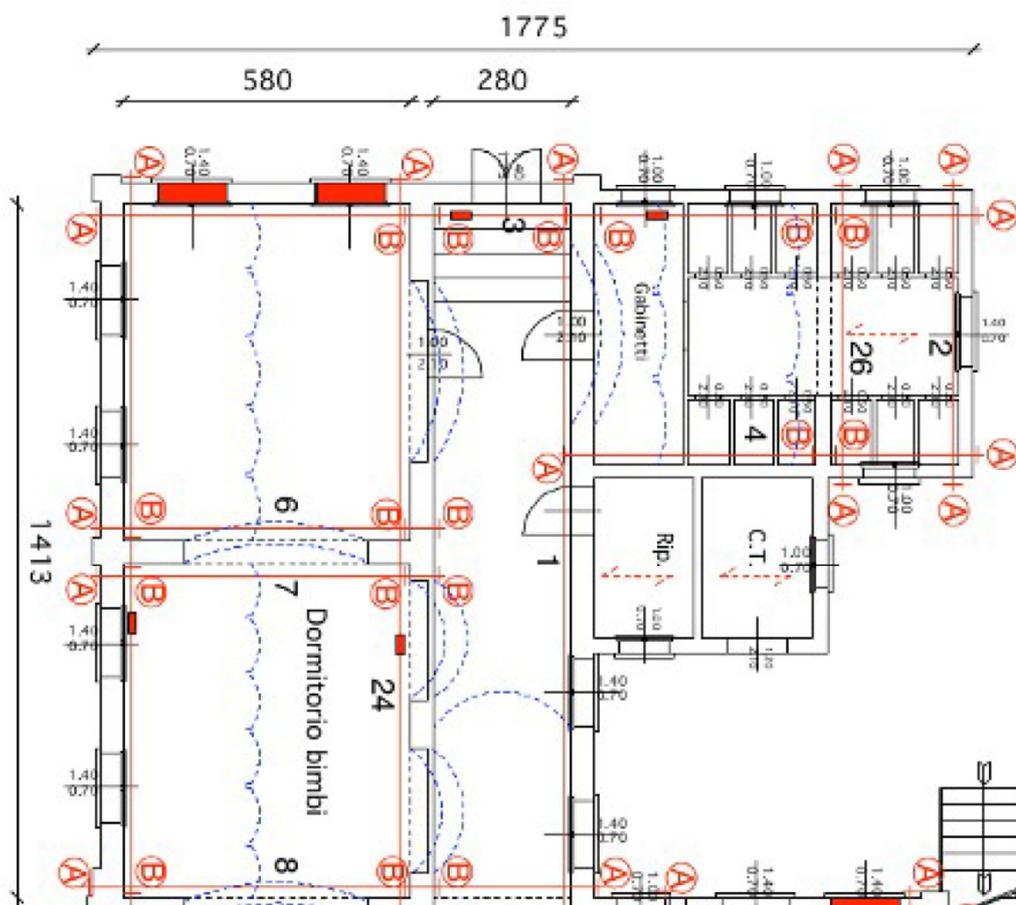


Fig. 2.9.6-13 Sur cet extrait de plan de l'école, figure en rouge A (mur externe) et B (mur de refend) les tirants métalliques qui ont été posés, voir les détails ci-dessous.

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques

Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013

Volume II : Emilia-Romagna, Assisi

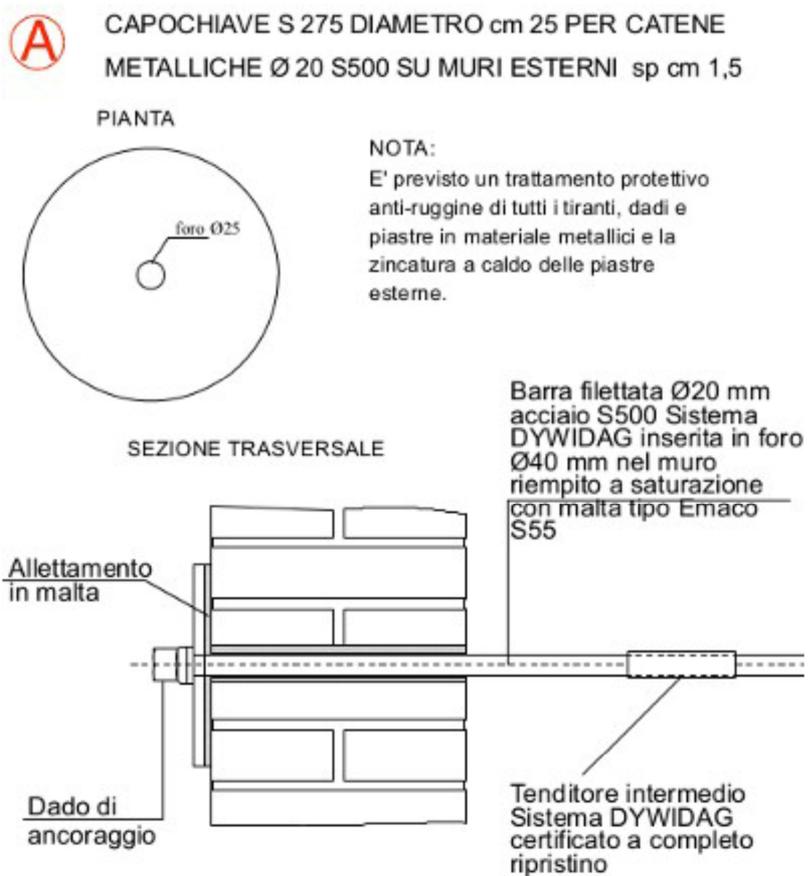


Fig. 2.9.6-14

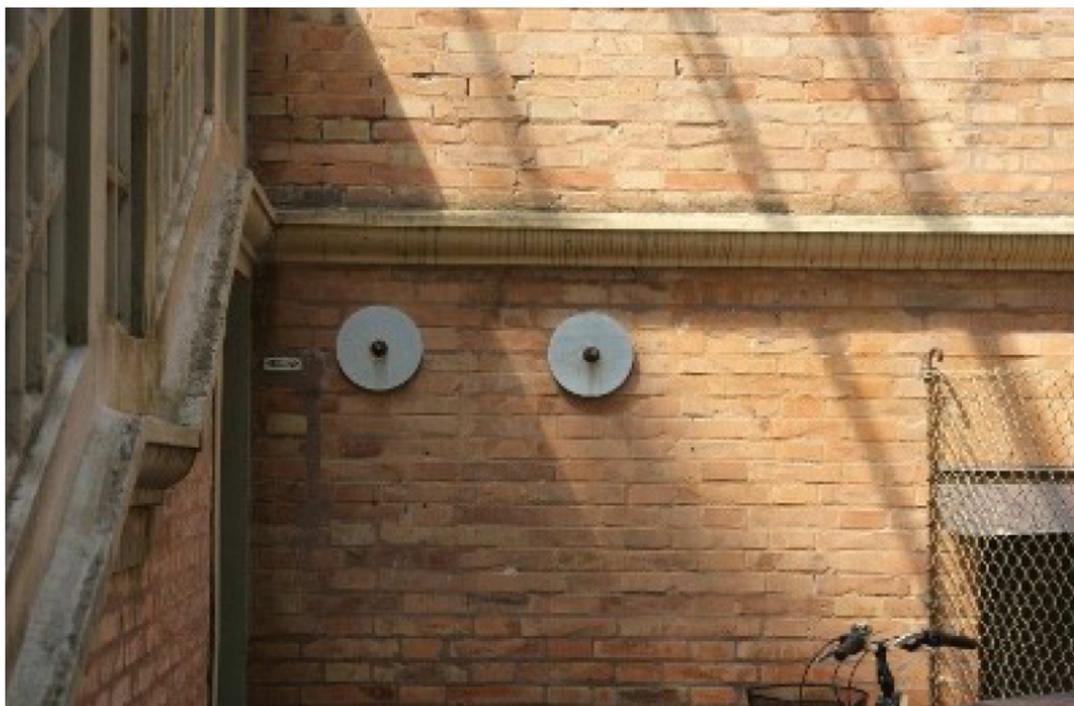


Fig. 2.9.6-15

2.9.6 Centro storico



Fig. 2.9.6-1



Fig. 2.9.6-2



Fig. 2.9.6-3



Fig. 2.9.6-4



Fig. 2.9.6-5



Fig. 2.9.6-6

2.10 VALALTA

Fraction de la commune de Concordia sulla Secchia – 503 habitants (province de Modena)

2.10.1 Maison de Maître

Cette magnifique demeure aux plafonds décorés est en travaux pour être destinée à terme, à des réceptions. Le séisme a provoqué quelques dégâts légers principalement des chutes de plâtres dans les étages et des fissures au-dessus des portes. La toiture en parfait état s'est bien comportée.



Fig. 2.10.1-1



Fig. 2.10.1-2



Fig. 2.10.1-3

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.10.1-4



Fig. 2.10.1-5



Fig. 2.10.1-6



Fig. 2.10.1-7



Fig. 2.10.1-8



Fig. 2.10.1-9

2.11 CONCORDIA SULLA SECCHIA, 9 059 habitants (province de Modena)

De nombreuses maisons du centre historique ont subi de sérieux dommages certaines se sont en partie effondrées. La vieille ville a été évacuée et a été mise en zone rouge. Les principaux dégâts ont été causés par le séisme du 29 mai, les événements précédents avaient toutefois causé quelques dommages aux bâtiments historiques comme l'église et l'hôtel de ville avec des effondrements partiels. L'estimation des dégâts s'élève pour cette commune à 3.980.000,00 Euro.

2.11.1 Cimetière

L'estimation générale des dégâts pour le cimetière monumental s'élève à 2 200 000,00 Euros



Entrée du cimetière de Concordia sulla Secchia, avant le séisme
(Capture d'image à partir de Google Maps)

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.11.1-1 Après séisme



Fig. 2.11.1-2



Fig. 2.11.1-3

2.11.2 Maison de maître



Fig. 2.11.2-1



Fig. 2.11.2-2



Fig. 2.11.2-3



Fig. 2.11.2-4



Fig. 2.11.2-5

2.12 LA PIEVE DI QUARANTOLI, 981 habitants (province de Modena)

2.12.1 Chiesa Santa Maria de la Neve

Chiesa Santa Maria de la Neve (église romane du début du 13ème siècle). Chœur en cul de four, précédemment restaurée au début du XXème siècle. Effondrement latéral droit et d'une partie du fronton. La Pieve di Quarantoli une église dédiée à la Madona della Neve di Quarantoli

L'estimation générale des dégâts pour l'église s'élève à 193 375,00 Euros.



Fig. 2.12.1-1 Avant séisme



Fig. 2.12.1-2



Fig. 2.12.1-3 Après séisme



Fig. 2.12.1-4



Fig. 2.12.1-5



Fig. 2.12.1-6

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.12.1-7



Fig. 2.12.1-8



Fig. 2.12.1-9



Fig. 2.12.1-10



Fig. 2.12.1-11



Fig. 2.12.1-12

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.12.1-13



Fig. 2.12.1-14



Fig. 2.12.1-15



Fig. 2.12.1-16

2.13 SAN FELICE SUL PANARO, 11 135 habitants (province de Modena)

On déplore l'effondrement partiel de quelques bâtiments. L'église est en grande partie détruite. L'estimation des dégâts s'élève pour cette commune à 32.840.000,00 Euro

2.13.1 Castello Rocco di San Felice

Première construction en l'an 1000, puis restructuration en 1406 par Bartolino di Novara. Construction typiquement défensive. Brique de parement et tout venant à l'intérieur du mur. Ils ont procédé à un brochage avec de la résine et rempli les fissures avec de la résine. Précontrainte à fil adhérent. Les tourelles ont été scalpées. L'arrière du Castello beaucoup plus endommagé que la façade avant. Créneaux vénitiens auxquels on avait rajouté un toit (20ème siècle) qui a permis aux créneaux de tenir.

L'estimation générale des dégâts pour le château s'élève à 8 750 000 Euros et le montant de mise en sécurité est de 1 765.000 Euros.



Face sud-ouest du Château Rocca Estense **avant** le séisme
(photo de particulier rajoutée sur Google Maps)

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



*Façade ouest du Château Rocca Estense **avant** le séisme
(photo de particulier rajoutée sur Google Maps)*



Façade nord (capture à partir de Google Maps)

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.13.1-1

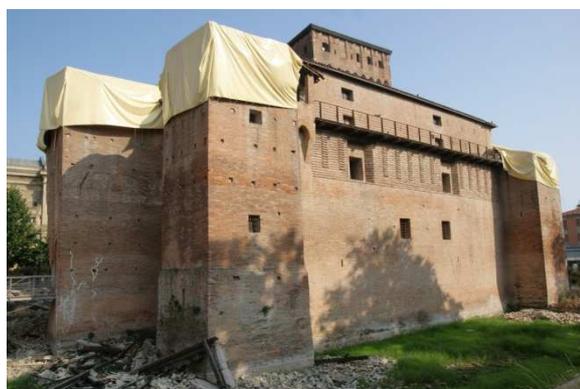


Fig. 2.13.1-2

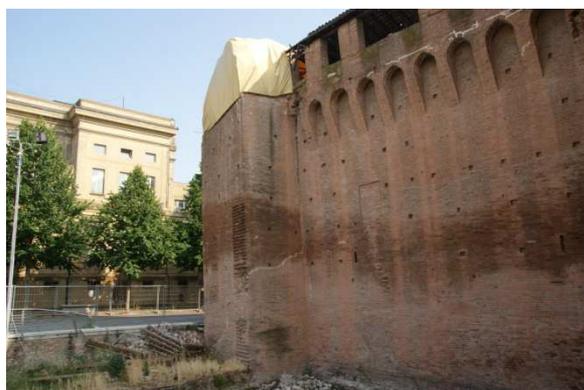


Fig. 2.13.1-3



Fig. 2.13.1-4



Fig. 2.13.1-5



Fig. 2.13.1-6

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.13.1-7



Fig. 2.13.1-8



Fig. 2.13.1-9



Fig. 2.13.1-10



Fig. 2.13.1-11



Fig. 2.13.1-12

2.14 MASSA FINALESE

2.14.1 Chiesa di San Geminiano

L'estimation générale des dégâts pour l'église s'élève à 3 000 000 Euros et le montant de mise en sécurité est de 1.500.000 Euros.



Façades Nord et ouest de la Chiesa di San Geminiano et son campanile **avant** le séisme
(Capture à partir de Google Maps)

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.14.1-1



Fig. 2.14.1-2



Fig. 2.14.1-3



Fig. 2.14.1-4



Fig. 2.14.1-5



Fig. 2.14.1-6

2.15 CASUMARO

Fraction de la commune de Cento 1957 habitants (province de Ferrara)

2.15.1 Chiesa di San Lorenzo

L'église a été construite à l'emplacement d'une chapelle dédiée à San Lorenzo. Au début du XVI^e siècle a été construit le presbytère.

En 1760, la voûte et les murs de l'église ont été recouverts de chaux blanche, en raison d'une épidémie de peste qui a frappé la région.

L'église et le campanile ont été endommagés par le séisme. L'église est fermée au public pour des raisons de sécurité, jusqu'à sa restauration complète.

L'estimation générale des dégâts pour l'église et le campanile s'élève à 672 500,00 Euros



Façade sud de la Chiesa di San Lorenzo et son campanile avant séisme
(Capture à partir de Google Maps)

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.15.1-1



Fig. 2.15.1-2



Fig. 2.15.1-3



Fig. 2.15.1-4



Fig. 2.15.1-5



Fig. 2.15.1-6

2.16 RENO FINALESE

Fraction de Finale Emilia – 148 habitants (province de Modena)

2.16.1 Chiesa Beato Ferdinando Maria Baccilieri

Chiesa Beato Ferdinando Maria Baccilieri (13ème siècle), originellement Oratoire de San Pietro.



Façades Sud et Est de la Chiesa **avant** séisme
(Capture à partir de Google Maps)

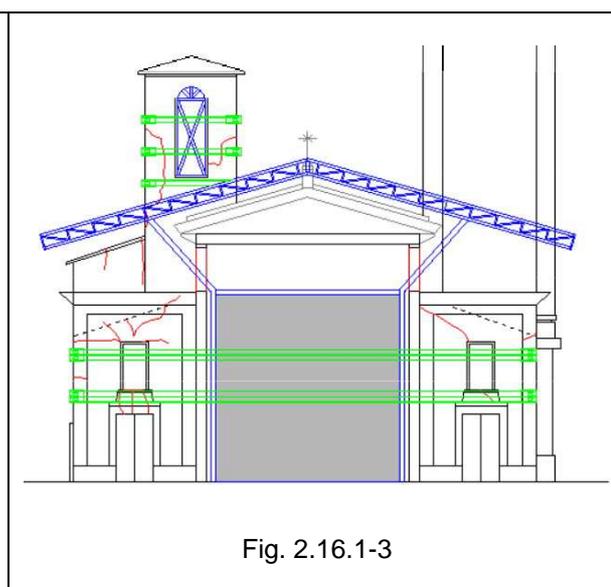
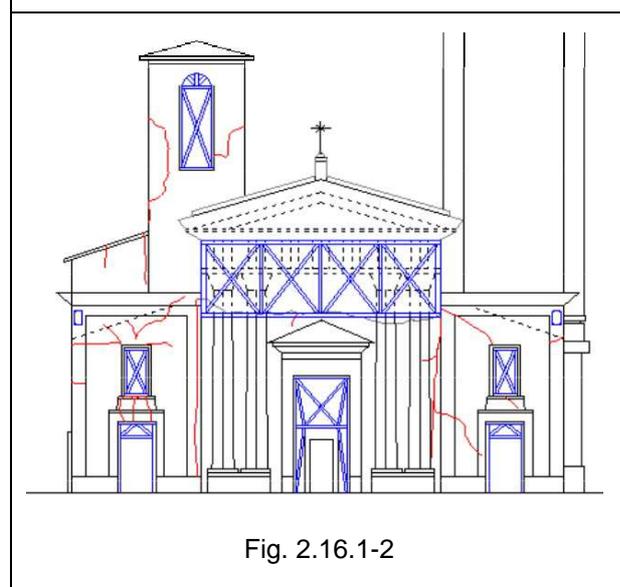
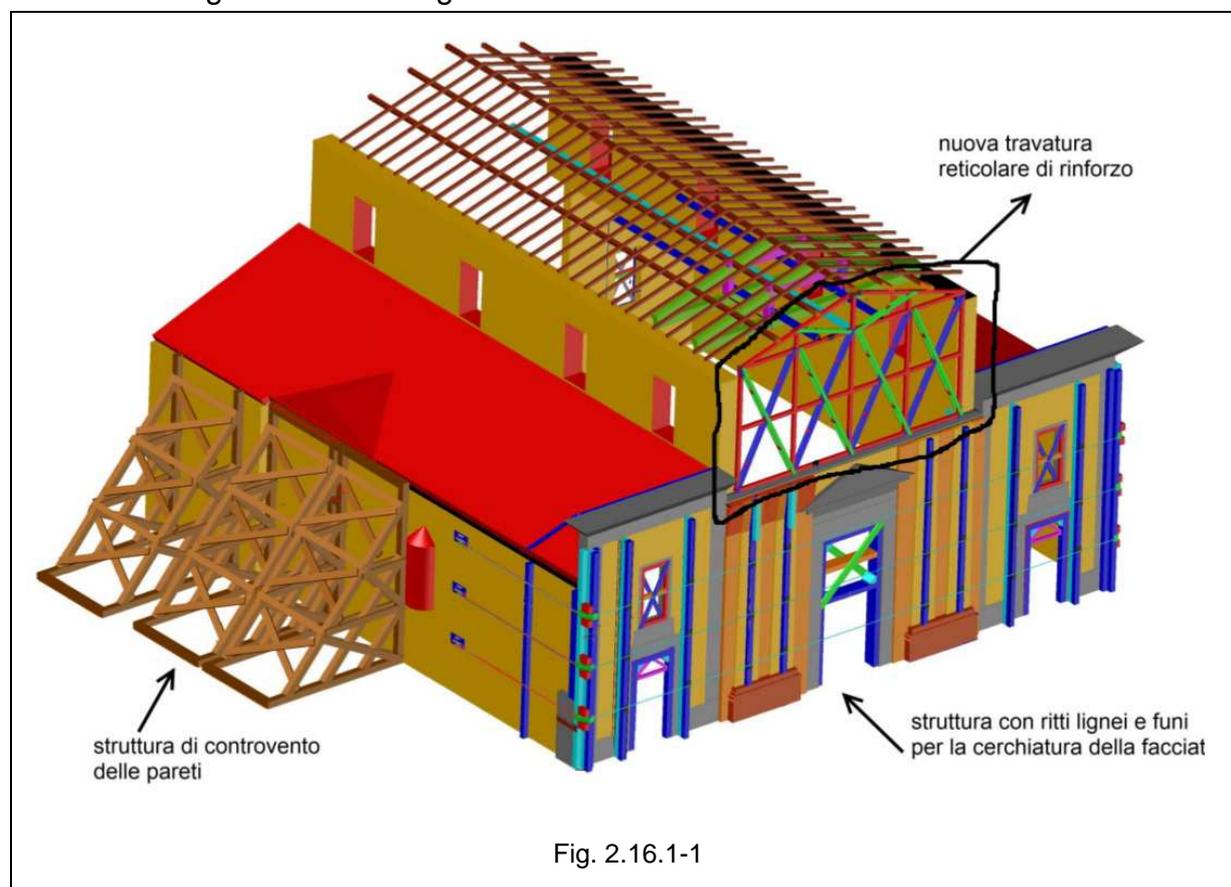
Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques

Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013

Volume II : Emilia-Romagna, Assisi

Chantier dirigé par la direction des Biens culturels. La boule et le paratonnerre du Campanile tombés. Pas d'étais sur la chapelle. Simple accrochage. Effondrement des voûtes. Bâche sur le toit.

L'estimation générale des dégâts s'élève à 324 065 Euros.



Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
 Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
 Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.16.1-4



Fig. 2.16.1-5



Fig. 2.16.1-6



Fig. 2.16.1-7



Fig. 2.16.1-8



Fig. 2.16.1-9

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
 Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
 Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.16.1-10



Fig. 2.16.1-11

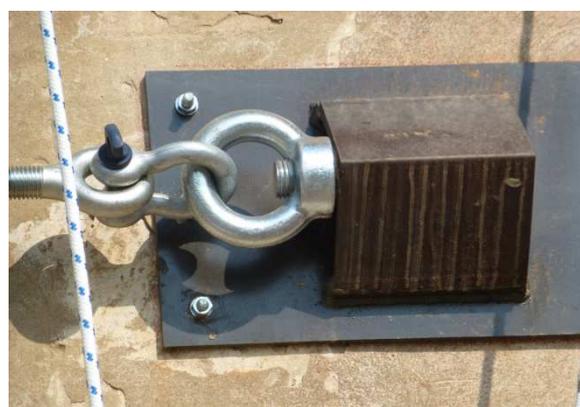


Fig. 2.16.1-12



Fig. 2.16.1-13

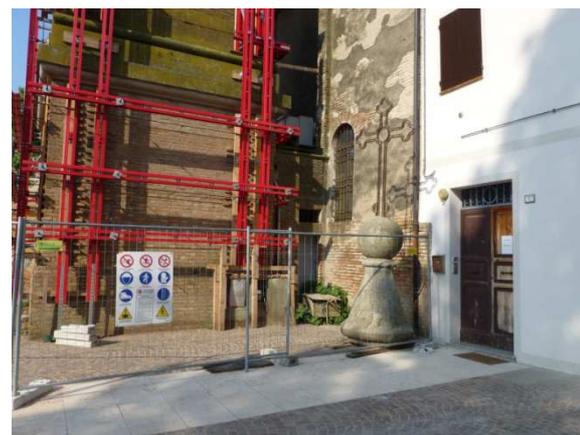


Fig. 2.16.1-14

2.17 FINALE EMILIA, 16 072 habitants (province de Modena)

Dans cette commune la majorité des dégâts ont été provoqués par le séisme du 20 mai, les événements suivants ont causé des dommages mineurs. Une grande partie du château "delle Rocche" édifié en 1402 s'est partiellement effondrée. Il en est de même pour le palais Vénitien, celui-ci a été durement touché, il s'est partiellement effondré et 11 personnes qui y vivaient ont été miraculeusement sauvés.

La secousse principale a entraîné, place Baccharini, l'effondrement d'une partie de la Tour de l'Horloge, qui a fini par s'écrouler définitivement lors de la réplique de 15h18 le même jour. Ce symbole de la ville construit en 1213, aurait eu 800 ans en 2013. La tour a été reconstruite au XVe siècle puis modifiée.

La secousse a provoqué aussi l'effondrement d'une partie de la voûte de l'église, une tour au droit de la rue Terrapieni a été sérieusement affectée. Quant à la mairie, l'édifice le plus prestigieux de la place Verdi construit en 1744, a eu son campanile endommagé.

Il est prévu pour la reconstruction et la consolidation de Château delle Rocche 8.000.000 Euros.

L'estimation des dégâts pour la commune s'élève à 37.760.000,00 Euros

2.17.1 Palazzo Borsario

L'estimation générale des dégâts s'élève à 2 250 000 Euros.

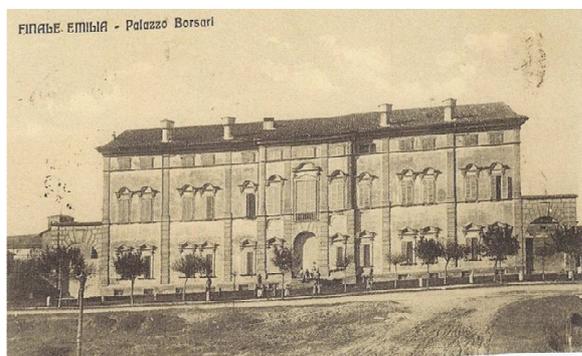


Fig. 2.17.1-1



Fig. 2.17.1-2



Fig. 2.17.1-3

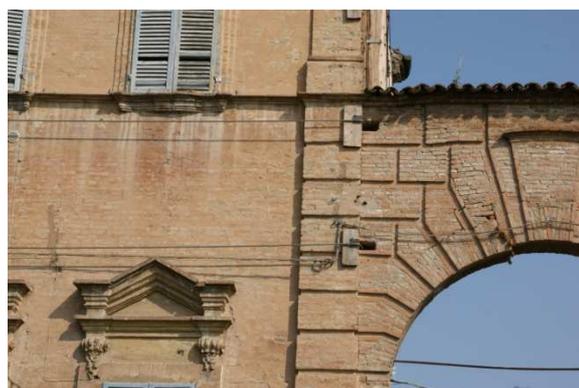


Fig. 2.17.1-4



Fig. 2.17.1-5



Fig. 2.17.1-6

2.17.2 Centro storico

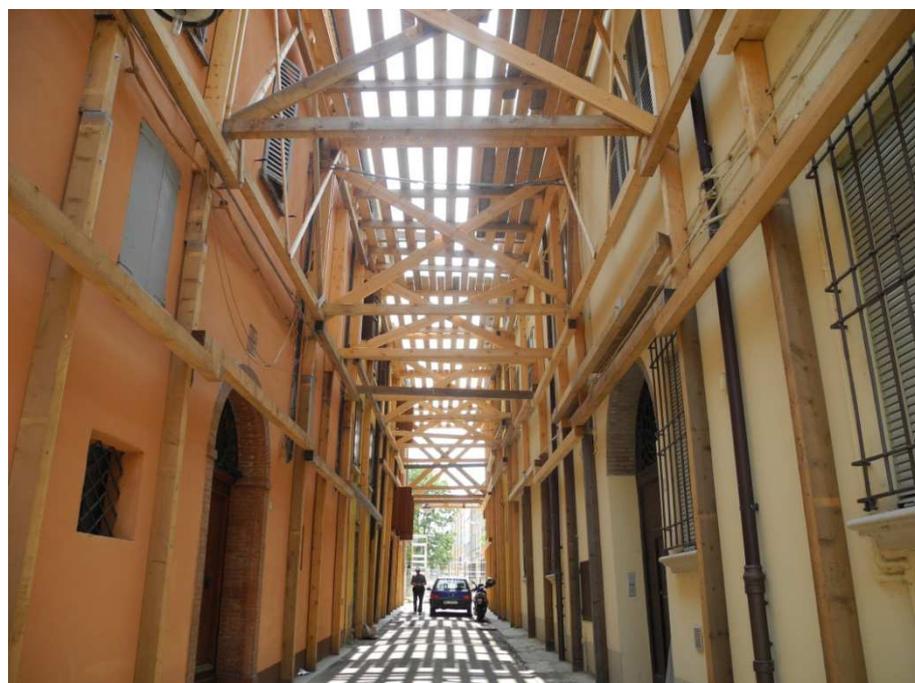


Fig. 2.17.2-1



Fig. 2.17.2-2



Fig. 2.17.2-3

2.17.3 Chiesa San Antonio



Chiesa San Antonio façade ouest **avant** séisme
(Photo de particulier rajoutée sur Google Maps)



Chiesa San Antonio façade nord **avant** séisme
(Capture à partir de Google Maps)

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.17.3-1



Fig. 2.17.3-2



Fig. 2.17.3-3



Fig. 2.17.3-4

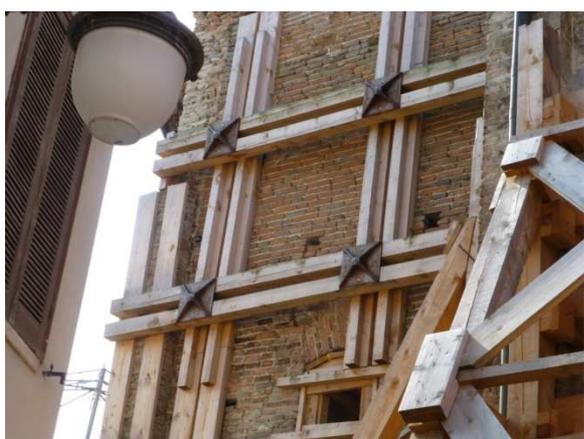


Fig. 2.17.3-5



Fig. 2.17.3-6

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
 Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
 Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.17.4-3.



Fig. 2.17.4-4 Le château avant le séisme



Fig. 2.17.4-5



Fig. 2.17.4-6

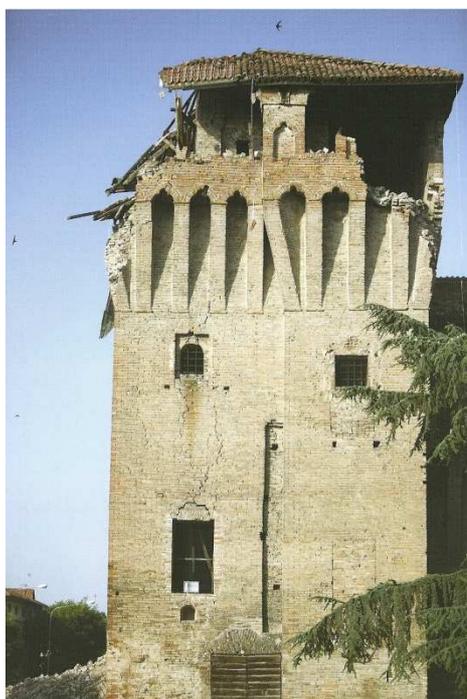


Fig. 2.17.4-7



Fig. 2.17.4-8

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.17.4-9.



Fig. 2.17.4-10



Fig. 2.17.4-11



Fig. 2.17.4-12



Fig. 2.17.4-13



Fig. 2.17.4-14

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.17.4-15



Fig. 2.17.4-16



Fig. 2.17.4-17



Fig. 2.17.4-18



Fig. 2.17.4-19



Fig. 2.17.4-20

2.17.5 Chiesa San Francisco di Assisi

L'estimation générale des dégâts s'élève à 1 468 750 Euros.



Chiesa San Francesco façade sud-ouest avant séisme
(Photo de particulier rajoutée sur Google Maps)

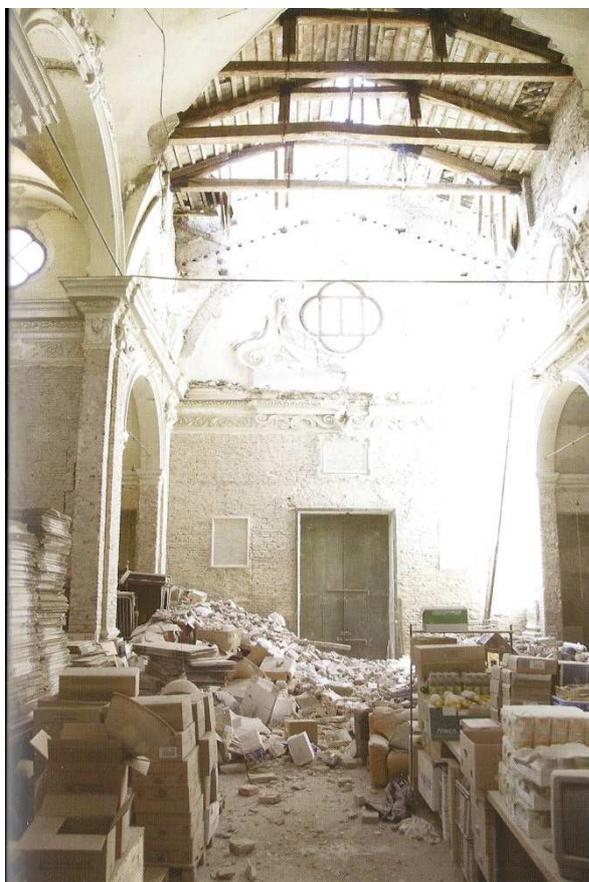


Fig. 2.17.5-1



Fig. 2.17.5-2

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.17.5-3



Fig. 2.17.5-4

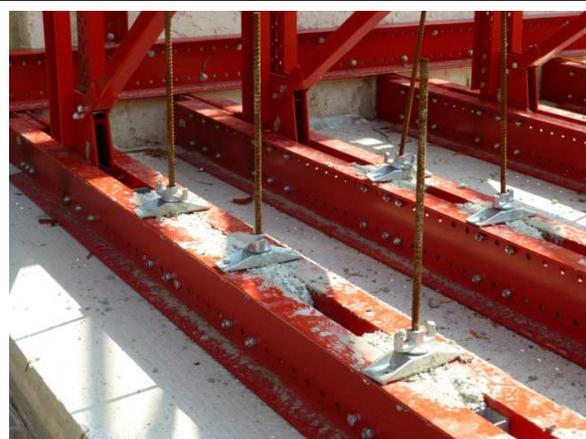


Fig. 2.17.5-5



Fig. 2.17.5-6



Fig. 2.17.5-7



Fig. 2.17.5-8

2.17.6 Teatro sociale

L'estimation générale des dégâts s'élève à 5 321 911 Euros.



Fig. 2.17.6-1



Fig. 2.17.6-2

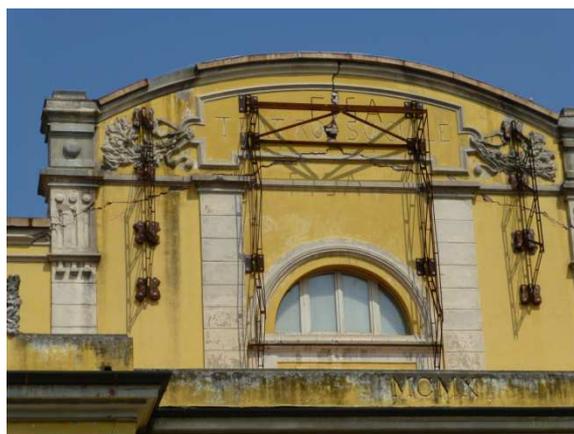


Fig. 2.17.6-3

2.17.7 Torre del Orologio



Torre dei Modenesi ou tour de l'horloge **avant** séisme
(Photo de particulier rajoutée sur Google Maps)

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.17.7-1



Fig. 2.17.7-2



Fig. 2.17.7-3

2.17.8 Chiesa del Rosario

L'estimation générale des dégâts pour la Chiesa del Rosario s'élève à 2 712 500,00 Euros et le montant du plan s'élève à 2 100 000,00 Euros.



Fig. 2.17.8-1



Fig. 2.17.8-2



Fig. 2.17.8-3



Fig. 2.17.8-4 Chiesa del Rosario et son campanile façade sud, **avant** séisme
(Capture à partir de Google Maps)



Fig. 2.17.8-5



Fig. 2.17.8-6



Fig. 2.17.8-7

2.17.9 Chiesa del Seminario « intacte »



Chiesa del Seminario façade sud-ouest
(Capture à partir de Google Maps)

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 2.17.9-1



Fig. 2.17.9-2

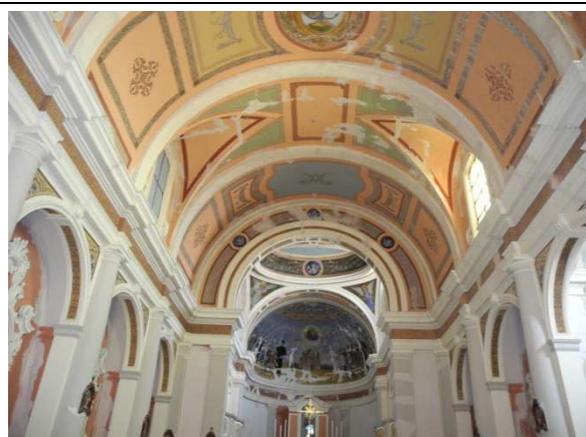


Fig. 2.17.9-3



Fig. 2.17.9-4

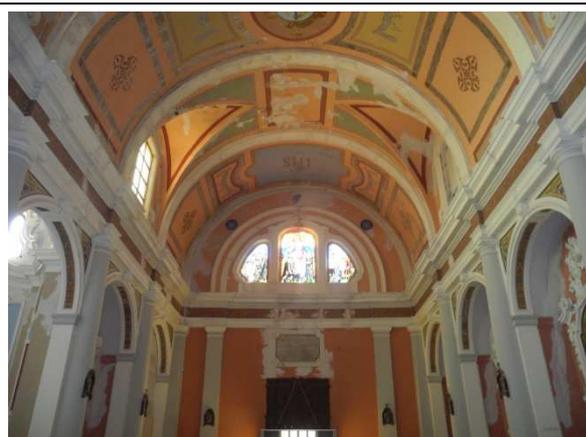


Fig. 2.17.9-5



Fig. 2.17.9-6

3. ASSISI (UMBRIA)

3.1 Sismicité historique d'Assisi et de ses environs

Séisme d'Umbria-Marche de 1997

La crise sismique d'Umbria de 1997 a endommagé 76 communes dont Assise, faisant 11 morts, 100 blessés et plus de 22 600 personnes sans-abris, endommageant 80 000 maisons.

Le choc principal fut précédé par un grand nombre de petits événements intéressant les communes de Foligno et Serravalle di Chienti. La secousse la plus forte parmi cette première phase d'activité, fut celle du 4 septembre 1997 d'une magnitude de 4.4 qui a commencé à fissurer et fragiliser quelques maisons du village de Colfiorito.

Mais c'est le 26 septembre 1997 à 2h33 heure locale, que s'est produite une première secousse destructrice de magnitude 5.8 et d'intensité maximale de VIII-IX sur l'échelle de Mercalli avec comme épicerne la localisé à Cesi. Le même jour à 11h42 heure locale, une seconde secousse encore plus forte de magnitude 6.1, s'est produite à proximité de la localité d'Annifo.

Ce fort séisme d'une intensité maximale de IX sur l'échelle de Mercalli et dont la profondeur du foyer a été estimée à 10 km, dévasta à nouveau les régions d'Ombria et Marche. Après les deux victimes de la première secousse, huit autres personnes ont été tuées dont quatre dans la Basilique de San Francesco d'Assisi.

Pendant la nuit, lors de la première secousse, les fresques de Giotto et de Cimabue, avaient subi des dommages. En fin de matinée, au moment où s'effectuait une visite de quelques techniciens, des ingénieurs, des journalistes et des moines, l'une des voûtes supérieures de la Basilique s'effondra, tuant quatre personnes.



Sismicité historique

Ce n'est pas la première fois que la terre tremble dans ce secteur, on dénombre six séismes importants sur une période de sept siècles plus précisément de 1279 à 1984.

Voici les principaux événements que l'on peut retenir :

30 avril 1279 :

Il s'agit du premier séisme connu dans ce secteur avec une intensité maximale de X sur l'échelle MCS (Mercalli, Cancani, Sieberg) et une magnitude équivalente de 6.3 Mw (2).

On apprend qu'il y a eu 1000 morts à Camerino et environ 500 dans le château de Serravalle di Carda. Mais ces informations ne sont pas rapportées dans des sources de l'époque, mais plutôt dans des textes plus tardifs. Il est probable que cette

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques

Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013

Volume II : Emilia-Romagna, Assisi

nouvelle soit exagérée, lié sans doute au fort impact que l'événement sismique a eu sur la population (1).

L'épicentre est supposé dans la région des Marches, proche des localités de Camerino et Serravalle di Chienti (IX) et situé à environ vingt sept kilomètres à l'Est d'Assisi (1). L'intensité pour cette ville reste méconnue.

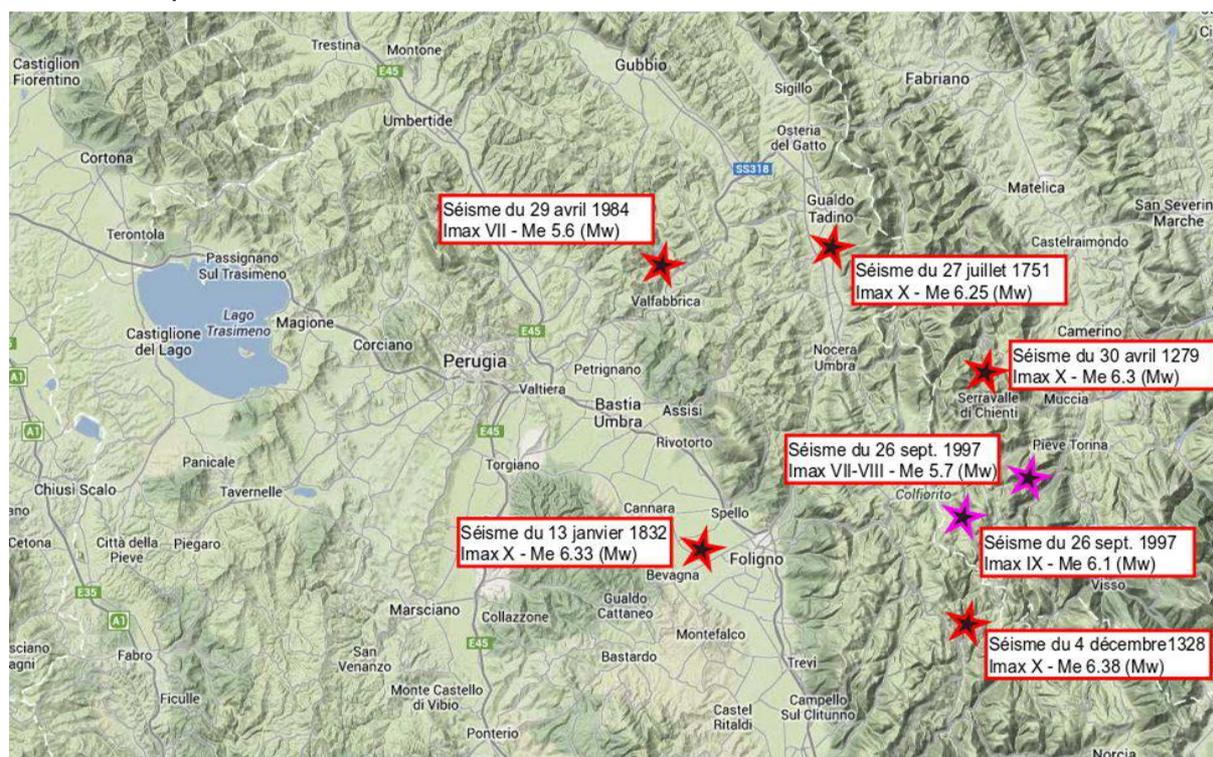
4 décembre 1328 :

Ce séisme qui s'est produit dans la région d'Umbria, a atteint une intensité maximale de X et une magnitude équivalente de 6.2 Mw (2).

Le nombre de victimes fut plutôt élevé, beaucoup de maisons se sont effondrées balayant leurs habitants dans leur sommeil. Giovanni de Bazzano, chroniqueur de l'époque, fait état de 4.000 morts, Villani (XIV^e siècle) 5000. Selon le témoignage de Moïse Ben Daniel (The Jewish National and University Library), la reconstruction de Ripatransone fut organisée par les gens eux-mêmes, sans une intervention ni un appui institutionnel, et n'a pas modifié la structure urbaine des constructions (1).

L'épicentre est supposé se situer entre les localités de Montesanto, Norcia et Preci (intensité X) ; IX pour Castel San Giovanni ; VIII-IX pour Cerreto di Spoleto, Monte San Martino, Ripatransone, Spoleto et Visso (1).

L'intensité pour Assisi n'est pas connue, mais il est probable qu'il y ait eu des dégâts car la ville se situe seulement à un peu plus d'une trentaine de kilomètres au nord-ouest de l'épicentre.



Sismicité historique d'Assisi et de ses environs

Carte réalisée par **André Laurenti** à partir du « Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a. C. ; al 1980 et de l'actualisation de ces données historique réalisée par Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I. N.G.V.)

Légende :

- ▶ Intensité : exprimés en degré entier ou demi-degré, à partir de l'échelle Mercalli-Cancani-Sieberg (M.C.S.)
- ▶ Imax : intensité ponctuelle maximale observée

► Me : magnitude équivalente évaluée selon l'I.N.G.V.

9 septembre 1349 :

Cet événement s'est produit dans la région de Lazio d'une intensité maximale de VIII-IX sur l'échelle MCS (Mercalli, Cancani Sieberg) et de magnitude équivalente de 6.3 Mw (2).

L'épicentre a été estimé entre Tuscania et Viterbo (VIII-IX). Ce tremblement de terre a généré des dégâts d'intensité VIII à Spoleto, Onano et Perugia ; VII pour Assisi, Intensité VII aussi pour Spello et Sansepolcro (1).

L'intensité retenue pour Assisi est discutable, car cette ville est située à plus de 80 km au nord-est de l'épicentre, pour cette raison cet événement ne figurera pas sur la carte.

27 juillet 1751 :

Ce séisme s'est produit dans la région d'Umbria, d'intensité maximale de X et d'une magnitude équivalente de 6.2 Mw (2), avec comme épicentre les localités de Caprara, Corcia, et Crocicchio (intensité X), il a généré des dégâts d'intensité VIII à Nocera, VII-VIII à Gubbio et VII à Assisi (1).

13 janvier 1832 :

Parmi tous ces événements, celui-ci d'une intensité maximale de X et d'une magnitude équivalente de 6.1 Mw (2), serait le plus proche d'Assisi.

En effet, l'épicentre a été déterminé à 13 km seulement au sud de la ville. Les localités de Budino et Cannara ont connu une intensité de X ; IX pour Bevagna ; VIII oligno ; VII-VIII pour Assisi et VII pour Spoleto (1).

29 avril 1984 :

Ce tremblement de terre d'intensité VIII sur l'échelle MCS et de magnitude équivalente de 5.7 Mw (2) représente le dernier événement important de la série avant celui de 1997.

L'épicentre a été localisé à 20 km au nord-ouest d'Assisi et a eu comme intensité V-VI sur cette ville (1).

Classement d'Assise

Selon l'ordonnance du président du Conseil des ministres n° 3274 du 20 Mars 2003, la ville d'Assisi est classée en zone de sismicité 2 (3).

Sources documentaires :

- 1) Boschi Enzo, Ferrari Graziano, Gasperini Paolo, Guidoboni Emanuela, Smriglio Giuseppe, Valensise Gianluca : « Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a. C. al 1980 » – Istituto Nazionale di Geofisica SGA storia geofisica ambiente – 1995
- 2) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.) : http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/query_eq/
- 3) Zone sismique italienne par commune <http://www.abspace.it/TripSpace/zonesismicheitalia.asp>

3.2 BASILICA DI SAN FRANCESCO

Les dommages causés aux basiliques d'Assise et aux fresques de Cimabue et de Giotto par les tremblements de terre de 4 et 26 septembre 1997 ont ému le monde entier.

Les responsables de ces trésors uniques, Frères du couvent Saint-François et directeurs des Beaux-Arts, se sont empressés, au risque de leur vie, de constater les dégâts, récupérer les débris, mettre en sûreté les structures en danger. Leur empressement a, certes, coûté la vie à quatre personnes, deux Frères et deux ingénieurs des Beaux-Arts, ensevelis sous les gravats, le matin du 26 septembre, mais il a surtout permis de cerner les causes des dégâts et de prendre les mesures nécessaires pour prévenir les destructions ultérieures et reconstruire le patrimoine endommagé ou détruit.

Pendant eux ans, Assise a ressemblé à un immense chantier sur lequel opéraient des experts du monde entier ; un précieux laboratoire dont les recherches et les expérimentations et les techniques de pointe profiteront, sans aucun doute, aux monuments du monde exposés aux séismes et aux catastrophes aussi graves que ceux qui ont frappé les monuments d'Assise.

Le premier chantier est à l'intérieur de la basilique supérieure, la plus touchée dans ses structures architecturales et dans ses décorations. Trois voûtains, ou quarts de voûte, le premier au-dessus de la porte d'entrée, et les deux situés à la croisée de la 4e travée et du transept, se sont écroulés, avec leurs arcs, du haut de 22 mètres,. Leur impact s'est répercuté sur le pavement et sur les structures de la basilique inférieure

Nous sommes reçus par le **Professeur Sergio Fusetti**, conservateur de la Basilique depuis 40 ans. La partie des fresques qu'il avait restaurée pendant les 20 ans précédant le séisme du 15 juillet 1997 a tenu. Il a en charge la partie artistique, la rénovation des fresques de Cimabue, Giotto et Lorenzetti et leur entretien : 10 000 m² de fresques au total, réparties équitablement entre basilique supérieure et basilique inférieure. C'est un résumé unique de toute l'histoire de l'art médiéval mondial.

Le séisme du 15 juillet 1997 était le 23^{ème} depuis la construction de la basilique.

L'effondrement de la coupole en 1997 est en partie due au fait qu'après chaque séisme, on entassait les gravats sous les combles ; c'est la partie la plus rigide de la voûte qui s'est effondrée.

Il y avait 1300 tonnes de gravats sous la toiture au-dessus de la voûte.

Les premières mesures d'urgence ont donc eu pour but de soulager les voûtes de leur poids de 1300 tonnes de matériaux : boucher les lézardes par des mortiers appropriés en ayant soin de ne pas endommager leurs bordures ornées de fresques

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques

Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013

Volume II : Emilia-Romagna, Assisi

précieuses ; rattacher les zones les plus menacées aux arcs de la toiture par des tirants pourvus de ressorts afin d'assurer une résistance constante en cas de nouveau séisme.

Il a fallu construire une passerelle pour l'évacuation, qui a été réalisée en 3 mois par petits sacs, les ouvriers travaillant suspendus et harnachés. La basilique a subi des répliques pendant 6 mois.

La basilique n'est restée fermée que 2 ans. La restauration devait être terminée pour le Jubilé de 1999, en présence de Jean Paul II.

La Basilique inférieure (hauteur 9,60 m) de style roman, accueillait le peuple. Elle n'avait à l'origine qu'une seule nef (pas de chapelles latérales). Ces dernières sont apparues vers 1250 avec d'un côté l'histoire de St François, de l'autre celle du Christ.

La Basilique supérieure (hauteur 20 m) de style gothique accueillait les nobles.

Giotto s'est formé ici à Assise, auprès de Cimabue (1290). Il a eu ici à l'âge de 30 ans sa première commande, sur la base d'un projet qui était celui de son maître, Torretto. La basilique a été construite après la mort de François d'Assise (en 1226). Le Pape Grégoire VIII a posé la première pierre et ce sont les compagnons de François d'Assise qui ont construit la basilique pendant environ 20 ans. Consécration en 1250 par le pape.

Un chaînage à mi-hauteur ('poutrelles en acier) a été mis en place par le Professeur Giorgio Groci, pour compléter ce qui a été fait au niveau de la coupole.

Peinture de la voûte en azur minéral, qui peu à peu s'oxyde et devient vert malachite.

Après le séisme, on a récupéré, aidés par des spécialistes du Louvre, 300 000 fragments, soit 80% seulement des fresques de Giotto..

Basilique inférieure : c'est la partie du chœur peinte par Cimabue – immense crucifixion - qui a été la plus compliquée à restaurer, car la couleur était réalisée à sec et devait être collée au blanc d'œuf. Toutes les parties initialement blanches – à base de plomb - se sont oxydées et sont devenues noires (effet d'un négatif photographique).

Les stalles du chœur en bois sont de 1500. On y voit le siège papal avec 2 lions, car la basilique d'Assise est l'une des résidences du pape qui y a son appartement et son cloître. C'est la propriété du Vatican.

Basilique supérieure : les vitraux du fond ont été beaucoup restaurés, notamment au 19^{ème} siècle. Les vitraux du chœur sont les plus anciens du monde. Ils ont échappé à la destruction lors du séisme

Coût global de la restauration : 28 millions d'euros.

Sergio FUSETTI
Conservateur
Basilica di San Francesco



Fig. 3.2-1



Fig. 3.2-2

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques
Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013
Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 3.2-3



Fig. 3.2-4



Fig. 3.2-5

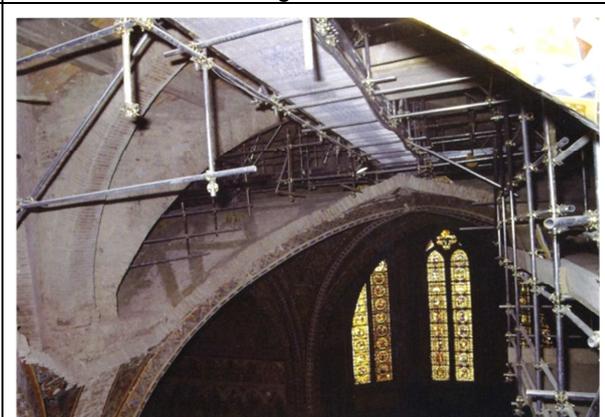


Fig. 3.2-6



Fig. 3.2-7



Fig. 3.2-8



Fig. 3.2-9



Fig. 3.2-10

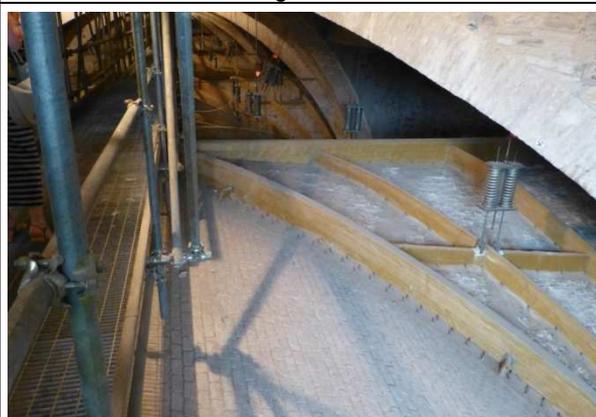


Fig. 3.2-11



Fig. 3.2-12

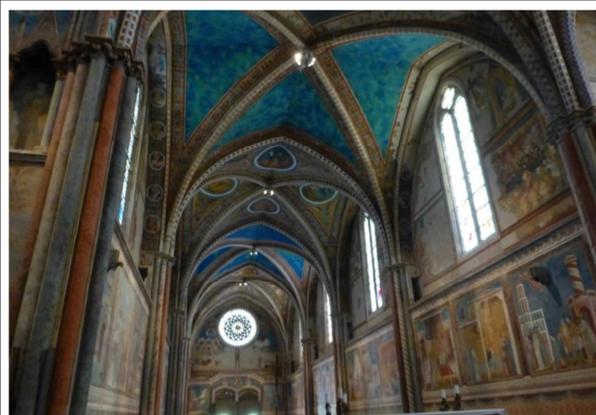


Fig. 3.2-13

Vulnérabilité sismique des Monuments Historiques

Voyage d'étude - Italie / juillet – août 2013

Volume II : Emilia-Romagna, Assisi



Fig. 3.2-14



Fig. 3.2-15



Fig. 3.2-16



Fig. 3.2-17



Fig. 3.2-18

3.3 CENTRO STORICO



Fig. 3.3-1



Fig. 3.3-2



Fig. 3.3-3



Fig. 3.3-4



Fig. 3.3-5



Fig. 3.3-6