

LES SÉISMES HISTORIQUES DANS NOS RÉGIONS ET LEUR IMPACT SUR LE PATRIMOINE ARCHITECTURAL

Pierre Alexandre ⁽¹⁾ et Alain Sabbe ⁽²⁾

⁽¹⁾ Observatoire Royal de Belgique, Section de Séismologie

⁽²⁾ Université de Mons, Faculté Polytechnique

Trois décennies de recherches sur la sismicité historique de l'Europe du Nord-Ouest

Le tremblement de terre du 8 novembre 1983 a rappelé aux scientifiques et aux pouvoirs publics que la Belgique, qui n'avait plus connu de séisme majeur depuis celui du 11 juin 1938, pouvait à l'occasion être le théâtre de puissants phénomènes telluriques. Cet événement a dès lors suscité un regain d'intérêt pour la sismicité historique de nos régions. Celle-ci était alors à vrai dire mal connue, car les travaux déjà existants, et notamment les catalogues des secousses du passé survenues dans nos régions, n'avaient pas été établis en collaboration avec des historiens et ne respectaient pas les règles les plus élémentaires de la critique des sources.

A l'initiative de l'Observatoire royal de Belgique, des recherches impliquant une telle collaboration furent inaugurées en 1984. Le catalogue des séismes historiques élaboré au cours du XXe siècle dans cette institution, sur base du recueil publié en 1901 par Lancaster (1), fut progressivement expurgé de tous les faux séismes ("*fake earthquakes*") qu'il contenait. Ainsi furent notamment relégués au rang des affabulations les prétendus tremblements de terre de Tournai en 330 (avec écroulement du beffroi !), 502, 630, 854 et 1109 (2), de Tongres vers 600-615 (3), de Liège ou de Maestricht en 878, 1007, 1101, 1116, 1174, 1385 et 1393 (4), etc. Plus de 150 faux

événements ont ainsi été éliminés pour la période qui s'étend de 330 à 1911. Parmi les cas les plus étonnants figure celui du séisme du 29 mars 1000, qui eut bien lieu dans nos régions mais dont les compilateurs firent indûment un cataclysme d'intensité X à Ljubljana en Slovénie (5); et aussi la prétendue secousse du 14 août 1317, qui aurait détruit 27 édifices à Ninove, 34 à Grammont et 37 à Renaix, billevesées provenant d'un manuscrit du XVIIIe siècle qui ne reposait en rien sur une source originale et contemporaine des faits.

Mais le travail de l'historien ne devait pas se limiter à épurer ce catalogue de ses scories et à établir une liste chronologique des secousses ressenties dans nos contrées. Il fallait aussi, pour chacune de ces secousses, rassembler le maximum de données sur les localités où elles furent ressenties ("*macroseismic datapoints*") et sur les effets qu'elles produisirent sur les populations, les bâtiments, les sites naturels, etc. Ainsi de nouvelles cartes des intensités locales des séismes ont-elles pu être élaborées et permettre de mieux déterminer quelles furent les zones épicentrales de ces séismes. Pour ne donner qu'un exemple, citons le tremblement de terre du 18 septembre 1692, dont l'épicentre était autrefois placé à Tirlemont et qui est à présent localisé dans la région verviétoise (6).

C'est dans le but de rassembler ces données que depuis 1984 de nombreuses recherches ont été entreprises par des chercheurs de

l'Observatoire royal dans les bibliothèques et dépôts d'archives de Belgique et du Luxembourg, du Nord de la France, des Pays-Bas et de l'Allemagne rhénane. Des copies de textes manuscrits ou imprimés relatifs aux séismes du passé ont été réunis et ont été introduits dans une base de données informatique qui sera progressivement rendue disponible sur le réseau d'Internet.

Les sources de la sismicité historique: méthodologie et limites

Le travail du "séismologue historique" consiste donc à rechercher les documents anciens faisant état des tremblements de terre et de leurs effets. Il faut dire que c'est la seule méthode permettant de reconstituer la sismicité du passé avec précision et de contribuer ainsi à une meilleure connaissance de l'aléa sismique à long terme dans nos régions, alors que dans les études de climatologie historique par exemple, d'autres méthodes, telles que la dendrochronologie, peuvent être utilisées en parallèle avec la recherche de sources écrites.

Comme il a été dit plus haut, il ne suffit cependant pas de compiler n'importe quels documents. Ceux-ci doivent être soumis à la critique historique, et seuls ne doivent être retenus que les textes émanant de sources originales, contemporaines des faits, ou bien de sources de seconde main dont l'historien parvient à prouver qu'elles dérivent de sources origi-

nales aujourd'hui perdues.

D'un autre côté, il ne faut pas croire que des recherches de cette nature vont nécessairement combler toutes les lacunes de nos connaissances en matière de sismicité historique: pour certaines régions et certaines époques, les sources écrites font absolument défaut ou ne nous renseignent que très imparfaitement. Dans nos régions, on peut distinguer les périodes suivantes dans l'évolution de notre documentation:

Avant 750 environ: nous ignorons tout des secousses qui ont pu se produire en Europe du Nord-Ouest; les sources de l'empire romain ne font état que de tremblements de terre survenus dans les zones méditerranéennes.

De 750 à 1350 environ: nous pouvons à grand-peine établir, d'après les annales monastiques ou épiscopales de ce temps, une simple liste des séismes et d'un petit nombre de localités dans lesquelles ils ont été ressentis, sans avoir d'informations sur leurs effets. Pour la secousse du 29 mars 1000 évoquée plus haut, par exemple, nous savons seulement qu'elle a été ressentie à Liège, à Florennes, à Gand, à Saint-Amand et à Soissons, sans pouvoir dire même quelle était la zone épiscopale exacte de cet événement. Paradoxalement, le seul tremblement de terre de cette époque pour lequel nous pouvons donner une intensité locale est celui du 3 janvier 1117, dont l'épicentre était à Vérone mais qui fut ressenti au moins jusqu'à Liège, où une source contemporaine, le *Chronicon rhythmicum Leodiense*, décrit le balancement des lustres dans la cathédrale Saint-Lambert (7).

A partir du milieu du XIVe siècle: Pour des raisons multiples, qu'il ne nous appartient pas

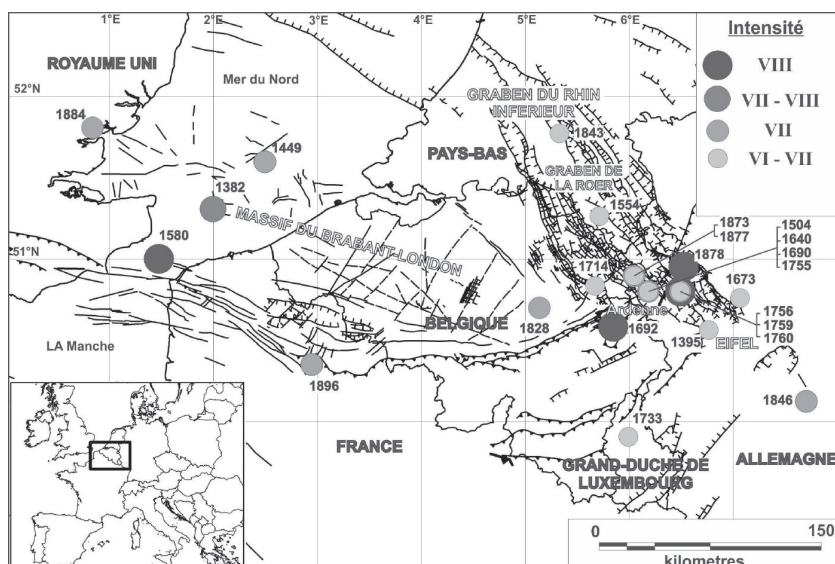


Figure 1 : Les principaux séismes en Belgique et dans les régions voisines de 1350 à 1900. Il s'agit des secousses dont nous pouvons estimer qu'elles eurent une intensité épiscopale d'au moins VI-VII (échelle EMS-98). Ces intensités à l'épicentre ne sont pas nécessairement représentatives de la magnitude du séisme.

d'exposer ici, les sources écrites, notamment les chroniques urbaines, sont beaucoup plus abondantes dans toute l'Europe occidentale depuis le XIVe siècle. Par exemple, les deux grands tremblements terre européens du 25 janvier 1348 en Carinthie et du 18 octobre 1356 à Bâle sont les premiers pour lesquels le nombre de sources dénombrées est de l'ordre de plusieurs dizaines et dont les effets sur le bâti sont relativement bien connus. Chez nous, c'est le séisme du 21 mai 1382 en mer du Nord qui inaugure la série des secousses pour lesquelles nous pouvons élaborer une carte macroséismique, grâce aux données recueillies sur les intensités locales, principalement en Flandre et en Angleterre.

A partir du milieu du XVIIe siècle: De nouveaux types de sources écrites vont s'ajouter aux sources narratives traditionnelles telles que les annales et les chroniques: registres de comptes où sont parfois mentionnés des frais de réparation, registres paroissiaux où les curés notent les événements du temps, rapports

émanant des communes belges au XIXe siècle, etc. Le développement de la presse à partir du XVIIe siècle (la *Gazette de France* est créée en 1631) va constituer pour nous un apport majeur à la connaissance des événements naturels, surtout grâce aux lettres envoyées aux gazettes par des correspondants locaux. Enfin c'est aussi à cette époque qu'apparaissent les premières relations de tremblements de terre écrites par des auteurs scientifiques: par exemple, les descriptions des effets de la secousse du 4 avril 1640 que nous ont laissées Libert Froidmont et Jean-Baptiste Van Helmont (8).

Résultats obtenus: les séismes majeurs dans nos régions depuis le XIVe siècle

Comme nous l'avons dit plus haut, nous savons peu de choses de l'intensité des grands séismes antérieurs à 1350: les cartes sommaires que nous pouvons établir pour les séismes du 29 mars 1000, 27 mars 1081 et 1^{er} août 1179 (9) montrent des zones de percepti-

Date	Intensité maximale	Zone épiscopale supposée	Principales zones endommagées
1382.05.21	VII-VIII	Mer du Nord	Kent, Flandre
1395.06.11	VI-VII	Eifel	Rhénanie du Nord-Ouest
1449.04.23	VII	Mer du Nord	Flandre
1504.08.23	VII	région d'Aix-la-Chapelle	Rhénanie du N-O, Belgique orientale
1554.03.22	VI-VII	région de Weert	Limbourg hollandais du Nord-Ouest
1580.04.06	VIII	Pas de Calais (détroit)	Bouonnais, Kent, Flandre
1640.04.04	VII	région d'Aix-la-Chapelle	Rhénanie du N-O, Belgique orientale
1673.02.19	VI-VII	région de Bonn	Rhénanie du Nord-Ouest
1690.12.18	VI-VII	région d'Aix-la-Chapelle	Rhénanie du Nord-Ouest
1692.09.18	VIII	région de Verviers	Belgique orientale, Limbourg hollandais
1714.01.13	VI-VII	région de Maestricht	Limbourg hollandais méridional
1733.04.13	VI-VII	Nord du Luxembourg	Nord du grand-duché du Luxembourg
1755.12.27	VII	région d'Aix-la-Chapelle	Rhénanie du N-O, Belgique orientale
1756.02.18	VIII	région de Düren	Rhénanie du N-O, Belgique orientale
1759.08.23	VI-VII	région de Düren	Rhénanie du N-O
1760.01.20	VII	région de Düren	Rhénanie du N-O, Belgique orientale
1828.02.23	VII	région de Jauche	Hesbaye
1828.12.03	VI	région d'Aix-la-Chapelle	Rhénanie du N-O, Belgique orientale
1843.04.06	VI-VII	région de Veghel	Brabant septentrional
1846.07.29	VII	St. Goar	Rhénanie méridionale
1873.10.22	VI-VII	Herzogenrath	Rhénanie du N-O, Limbourg hollandais
1877.06.24	VII	Herzogenrath	Rhénanie du N-O, Limbourg hollandais
1878.08.26	VIII	Tollhausen	Rhénanie du N-O
1896.09.02	VII	Vallée de la Scarpe	Artois, Flandre française

Tableau I : Les principaux séismes en Belgique et dans les régions voisines de 1350 à 1900. Les séismes repris dans cette liste ont une intensité minimale supposée de VI-VII (échelle EMS-98). Les indications relatives aux intensités et aux zones épiscopales sont provisoires et reflètent l'état actuel de la recherche.

bilité assez similaires à celles de séismes mieux connus survenus par la suite (par exemple ceux de 1504 ou de 1640), mais nous n'en savons pas plus. Par ailleurs, notre connaissance des effets locaux des séismes va s'accroître fortement à partir du milieu du XVIIe siècle grâce à l'emploi de la documentation plus abondante que nous venons d'évoquer. En se reportant au tableau suivant, on constatera que seuls sept séismes d'une intensité égale ou supérieure à VI-VII y figurent pour la période 1350-1650, alors qu'il y en a dix-sept pour la période 1650-1900. Il faut en conclure soit que la sismicité fut plus forte dans cette seconde période, soit plus probablement que nous

sommes alors mieux informés. Dans la base de données élaborée à l'O.R.B., sur les quelque 390 secousses répertoriées en Belgique et dans les régions voisines (Luxembourg, Brabant et Limbourg hollandais, Lorraine, Champagne, Picardie, Artois, Rhénanie du Nord) de 1350 à 1900, la plus grande partie de ces données concerne les 24 séismes majeurs indiqués dans le tableau I. En effet, les séismes d'intensité épiscopale inférieure à VI, qui n'ont donc pas provoqué de dégâts, n'ont souvent été mentionnés que par un petit nombre d'observateurs anciens et leurs zones de perceptibilité sont souvent moins bien connues.

Parmi les principaux résultats obtenus dans cette étude des principales crises sismiques de nos régions, citons les suivants:

Les trois grands séismes de la zone de la mer du Nord (21 mai 1382, 23 avril 1449 et 6 avril 1580) ont fait l'objet d'une monographie (10). D'une intensité épiscopale très forte (certainement de VIII pour celui de 1580), ces événements n'ont pas d'antécédents connus (sauf peut-être une mention à Oudenburg (11) en 1087). Par la suite, seules des secousses plus faibles (notamment celle du 27 novembre 1776) ont été observées dans cette même région, où la sismicité instrumentale du XXe siècle n'a pas non plus dé-

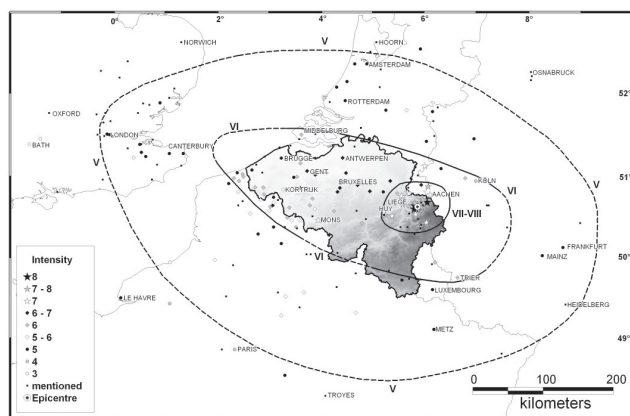


Figure 2 : Le séisme du 18 septembre 1692

celé de phénomène majeur. C'est donc grâce à la seule sismicité historique que le risque potentiellement important de cette zone est connu (cfr figure 1).

Le séisme du 18 septembre 1692 est certainement l'événement le plus destructeur connu survenu dans nos régions entre 1350 et nos jours. Une importante mise au point y a été consacrée en 2008 (12), complétée par un article paru dans *Ciel et Terre* en 2011 (13). Environ 230 «*macroseismic datapoints*» ont été relevés pour cet événement, dont l'épicentre se situait non pas à Tirmont, mais en un point situé entre Herve, Soiron et Walhorn (figure 2). Ce tremblement de terre est le premier pour lequel nous pouvons repérer de façon indubitable des effets encore visibles dans le patrimoine architectural subsistant aujourd'hui.

Sur les 390 secousses observées entre 1350 et 1900, près de 250 d'entre elles ont eu lieu pendant les seules années 1755-1762. L'extrême fin de l'année 1755 et l'année 1756 furent les plus mouvementées, mais on observa encore jusqu'au mois de juillet 1762 (figure 3) un grand nombre de répliques, et même un séisme majeur comme celui du 20 janvier 1760. L'étude de cette étonnante séquence sismique, sans autre exemple dans nos régions, a fait

l'objet d'un rapport circonstancié, dans le cadre d'un projet de recherche européen (*CEC Project «Review of Historical Seismicity»*) dont seule la partie consacrée au tremblement de terre du 27 décembre 1755 a été publiée (14).

L'épicentre du séisme du 23 février 1828, placé autrefois aussi à Tirmont, est désormais localisé plutôt dans la région de Hannut, où il a laissé des traces manifestes de dégâts dans les églises de la région. Paradoxalement, l'impact de cet événement était jusqu'il y a quelque temps mieux connu par des publications allemandes que par des études belges: ce sont deux pionniers de la séismologie, P.N.C. Egen (1793-1849) et J.J. Nöggerath (1788-1877), qui ont rassemblé et publié dès l'année 1828 de nombreuses données sur les effets locaux de cette secousse. Egen fut le premier à élaborer une carte macroséismique en utilisant une échelle d'intensité de son invention (15). En Belgique, Quetelet ne s'intéressa guère aux épisodes sismiques de son temps. Ce n'est qu'au cours de recherches récentes qu'une documentation nouvelle sur les effets de la secousse du 23 février 1828 a été recueillie, principalement d'après la presse de l'époque, les rapports des bourgmestres et les archives des cures paroissiales (16).

L'épicentre de la plupart des

autres séismes majeurs ressentis dans nos régions est localisé en général en Rhénanie nord-occidentale, dans la région d'Aix-la-Chapelle. C'est le cas notamment des tremblements de terre du 11 juin 1395 et du 23 août 1504 (17), du 4 avril 1640 (18), du 3 décembre 1828, etc. Les études en cours tendent à montrer que dans certains cas ces épicentres doivent être cherchés un peu moins à l'est, c'est-à-dire dans la zone frontalière entre la province de Liège et l'Allemagne.

Il faut constater par ailleurs que certains séismes majeurs du XXe siècle, documentés à la fois par la sismicité instrumentale et les enquêtes macroséismiques, n'ont pas d'antécédents historiques connus, c'est-à-dire de secousses anciennes notables qui auraient leurs épicentres dans la même zone. Il en va ainsi par exemple, des tremblements de terre d'intensité épicentrale de niveau VII dans le Hainaut en 1911, 1949, 1953 et 1965-1967, dans la région d'Audenarde le 11 juin 1938 et dans l'agglomération liégeoise le 8 novembre 1983.

L'impact des séismes du passé sur le patrimoine architectural de nos régions

A côté des sources écrites, qui sont les seules à pouvoir nous fournir une liste chronologique des tremblements de terre du passé, des sources d'une autre nature peuvent compléter à l'occasion notre documentation: il s'agit des traces qu'ont pu laisser les séismes dans le bâti de nos régions, principalement les grands édifices tels que les églises, les châteaux, etc. La plupart des bâtiments patrimoniaux chez nous ont en effet connu les principaux séismes repris dans le tableau I. Certains d'entre eux ont subi des dommages plus ou moins importants. Avec le temps, ces dommages

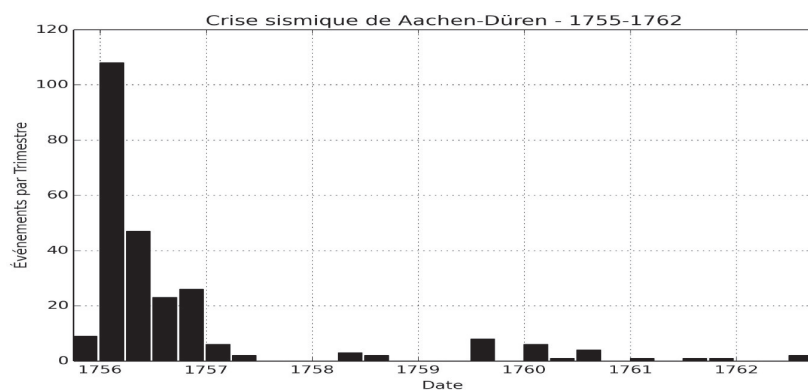


Figure 3 : La crise sismique de 1755-1762: nombre de secousses ressenties par trimestre.

ont été réparés ou cachés dans le cadre de travaux, pas nécessairement liés à des réparations post-sismiques. Il est donc souvent difficile d'avoir accès à ces traces.

Cependant, c'est principalement le patrimoine monumental emblématique qui offre encore la possibilité d'une telle lecture sismique. Dans ce cadre, le service de Génie Architectural et Urbain de la Faculté Polytechnique de Mons étudie depuis quelques années les effets que les séismes peuvent laisser sur notre patrimoine architectural, en analysant notamment les pathologies des bâtiments patrimoniaux.

Sur base de ces recherches, avec l'aide du département de Séismologie de l'O.R.B., ce service a développé une méthodologie spécifique permettant de déterminer l'origine sismique de désordres structurels, mais également d'estimer l'intensité du séisme concerné.

En effet, l'Échelle Macroséismique Européenne 1998 (EMS-98) permet d'attribuer une intensité à un séisme sur base des degrés de dégâts observés dans les bâtiments, en fonction de leur typologie constructive et de leur vulnérabilité. Cette échelle ne s'applique cependant pas aux monuments emblématiques comme les églises. Une proposition d'échelle

d'intensité sur base des dégâts et des réparations des bâtiments emblématiques a été confrontée à celle de l'EMS-98. Elle semble satisfaisante.

D'autre part, la définition sismique de l'origine des désordres constatés sur les bâtiments emblématiques n'est pas nécessairement évidente. Elle nécessite des investigations transdisciplinaires dont les recoupements permettent d'en cerner la nature.

Globalement, ces investigations se structurent en deux phases, la première consistant à déduire avec un certain degré de certitude si un tremblement de terre a affecté le bâtiment, la seconde visant à déterminer l'origine sismique des pathologies observées.

Pour répondre à la première question diverses investigations sont nécessaires: l'analyse de sources historiques, l'analyse des pathologies et l'analyse typologique du bâtiment patrimonial, ainsi que, complémentaiement, l'analyse sismologique.

L'analyse historique (exposée précédemment) consiste en l'étude des séismes passés (date, épicentre, magnitude) ainsi qu'en la récolte et l'examen de sources historiques (textes et iconographie) relatant des dommages aux bâtiments.

L'étude typologique nous permet de répertorier les caractéristiques de vulnérabilité aux tremblements de terre comme l'épaisseur des murs, l'asymétrie en plan et en élévation, la simplicité de la forme du bâtiment, l'accentuation en plan d'une direction dans un rapport 1 à 3, ou la présence de divers éléments singuliers (décrochements en hauteur, partie assez haute, angles rentrants, nombreuses ouvertures en partie basse, etc.).

L'analyse pathologique regroupe toutes les pathologies et réparations visibles sur le bâtiment. Elle doit particulièrement s'attacher à des types de désordres reconnus comme sismiques. Il s'agit plus spécifiquement de :

- la présence de fissures verticales s'évasant vers le haut, dans l'angle entre la façade et les murs de refend ;
- la présence de fissures à 45° en croix ou en diagonale à partir des angles des ouvertures ;
- la présence de fissures horizontales dans les joints de maçonnerie ;
- la désolidarisation des murs ;
- le descellement, le basculement ou la descente de clés de voûte ;
- l'effondrement ou la fissuration de voûtes structurelles ;
- la destruction partielle ou complète du bâtiment ;
- ...

Enfin, l'analyse sismologique est une étude complémentaire visant à vérifier si un problème d'effet de site en relation avec la fréquence propre du bâtiment a pu amplifier les mouvements du sol et du bâtiment.

Si en conclusion de la première étape, il s'avère avec un certain

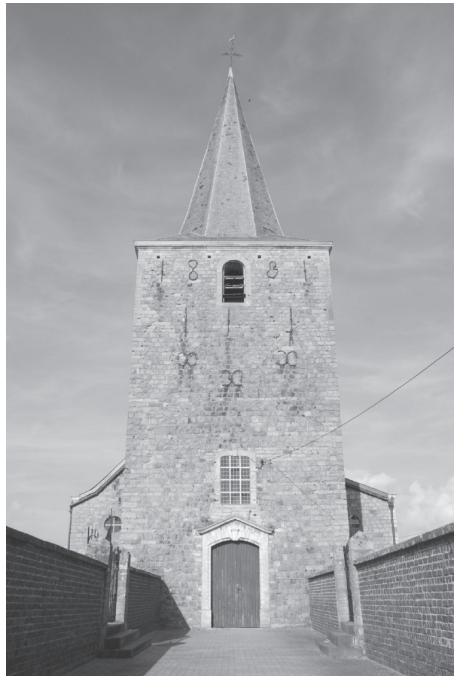


Figure 4 : L'église de Marilles (commune d'Orp-Jauche, Brabant Wallon). Sur le parement de la tour se distinguent assez clairement les traces des nombreuses réparations effectuées à la suite du séisme du 23 février 1828, dont l'épicentre se situait dans la région de Jauche. La date de 1831 indiquant la fin des travaux de restauration est écrite à l'aide de certaines des ancrs vraisemblablement utilisées pour stabiliser la partie supérieure de la tour.

degré de certitude qu'un tremblement de terre a affecté le bâtiment, on procède à la seconde étape. Celle-ci tente d'éliminer les causes autres que sismiques, susceptibles de provoquer des dégâts semblables. Elle consiste en une analyse pathologique détaillée concernant plus spécifiquement :

- la nature du sol (cartes géologiques, traces de forage, essais de sol, mesures géophysiques, etc.) ;
- l'adéquation des fondations (affouillement, nivellements et relevés au théodolite, etc.) ;
- la présence de poussées horizontales en tête de murs (voûtes, charpentes, chaînages, etc.) ;

- l'existence de problèmes d'humidité ;
- l'incidence d'un éventuel glissement de talus.

L'état de fissuration du bâtiment est souvent révélateur de la plupart de ces causes. Il convient cependant d'en apprécier l'évolution actuelle par l'installation de jauges. En effet, les tremblements de terre induisent instantanément des fissures ou déclenchent dans le temps l'évolution de fissures par une conjonction de causalités.

Dans tous les cas, il ne sera pas toujours possible d'éliminer toutes les causes autres que sismiques. Des études complémentaires comme des modélisations numériques seront alors nécessaires.

Cette méthodologie, appliquée à certaines églises de Hesbaye (figure 4) touchées par le séisme du 23 février 1828 (magnitude de 5.0), s'est montrée concluante. Elle a également permis d'évaluer l'impact du séisme du 18

Références

- (1) A. LANCASTER, Les tremblements de terre en Belgique, dans *Annuaire Météorologique de l'Observatoire Royal de Belgique*, 1901, pp. 194-228.
- (2) P. ALEXANDRE, La séismicité historique du Hainaut, de la Flandre et de l'Artois de 700 à 1800, dans *Annales de la Société Géologique de Belgique*, t. 112, 1989, pp. 329-344.
- (3) P. ALEXANDRE, Le prétendu séisme de Tongres vers 600: une invention hagiographique, dans *Ciel et Terre*, t. 105, 1989, pp. 11-12.
- (4) P. ALEXANDRE, Catalogue des séismes survenus au Moyen Age en Belgique et dans les régions voisines, dans P. MELCHIOR (éditeur), *Seismic Activity in Western Europe*, Dordrecht, 1985, pp. 189-203.
- (5) P. ALEXANDRE, The seismic cataclysm of 29 March 1000: genesis of a mistake, dans *Tectonophysics*, t. 193, 1991, pp. 45-52.
- (6) J. VOGT, Révision de deux séismes majeurs de la région d'Aix-la-Chapelle-Verviers-Liège ressentis en France: 1504, 1692, dans *Tremblements de terre, Histoire et Archéologie, Actes du Colloque d'Antibes 2-4/11/1983*, Valbonne, 1984, pp. 9-21.
- (7) C. DE CLERCQ, *Reimbaldi Leodiensis opera omnia*, dans *Corpus Christianorum. Continuatio mediaevalis*, t. 4, 1966, pp. 125-126.
- (8) L. FROMONDUS, *Meteorologicum libri sex*, Louvain, 1646, pp. 292-293; J.B. VAN HELMONT, *Ortus medicinae id est initia physicae inaudita*, Amsterdam, 1652, p. 76.
- (9) P. ALEXANDRE, *Les Séismes en Europe occidentale de 394 à 1259. Nouveau catalogue critique*, Publications de l'Observatoire Royal de Belgique, Série Géophysique, Bruxelles, 1990, pp. 219, 227, 242.
- (10) C. MELVILLE, A. LEVRET, P. ALEXANDRE, J. LAMBERT ET J. VOGT, Historical seismicity of the Strait of Dover-Pas de Calais, dans *Terra nova*, t. 8, 1996, pp. 626-647.

septembre 1692 dans le village de Soiron, à quelques kilomètres de Verviers (figure 5). Des études complémentaires sont actuellement en cours sur ces églises, afin de préciser certaines caractéristiques de ce séisme.

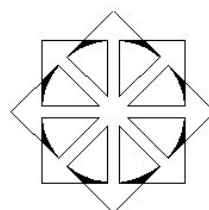
En conclusion, qu'elles soient écrites ou monumentales, les diverses traces des séismes nécessitent une méthodologie d'approche critique, spécifique et transdisciplinaire afin de préciser nos connaissances sur les séismes historiques. On l'a vu, ces approches se complètent mutuellement.

Ces traces ont également un impact sur le futur. En effet, elles permettent d'une part d'apprécier la vulnérabilité de ces constructions et d'autre part de développer des mesures de mitigation, de renforcement de ces structures historiques par rapport aux prochains séismes potentiels, en perspective de futurs travaux de restauration de ces édifices, dans le but de leur conservation.



Figure 5: Impact dans le village de Soiron du tremblement de terre du 18 septembre 1692.

Maison du 17^e siècle présentant des traces de reconstruction suite à des dégâts importants caractéristiques d'un tremblement de terre: chute de cheminée accompagnée par un morceau de la partie supérieure du mur et décollement de la façade, reconstruite en brique après le séisme, du mur pignon.



- (11) P. ALEXANDRE, Un séisme inconnu: les secousses du 13 août 1087 à Oudenburg, dans *Ciel et Terre*, t. 110, 1994, pp. 79-82.
- (12) P. ALEXANDRE, D. KUSMAN, T. PETERMANS ET T. CAMELBEECK, The 18 September 1692 Earthquake in the Belgian Ardenne and its aftershocks, dans J. FRÉCHET, M. MEGHRAOUI ET M. STUCCHI (éditeurs), *Historical Seismology. Interdisciplinary Studies of Past and Recent Earthquakes*, Springer, 2008, pp. 209-230.
- (13) E. KNUTS ET P. ALEXANDRE, Nouveaux documents sur le grand séisme du 18 septembre 1692, dans *Ciel et Terre*, t. 127, 2011, pp. 174-178.
- (14) P. ALEXANDRE ET J. VOGT, La crise séismique de 1755-1762 en Europe du Nord-Ouest. Les secousses des 26 et 27.12.1755: recensement des matériaux, dans P. ALBINI ET A. MORONI (éditeurs), *Materials of the CEC Project Review of Historical Seismicity in Europe*, t. 2, Milan, 1994, pp. 37-75.
- (15) P.N.C. EGEN, Ueber das Erdbeben in den Rhein- und Niederlanden vom 23. Februar 1828, dans *Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie*, t. 13, 1828, pp. 153-163; J.J. NÖGGERATH, Das Erdbeben vom 23ten Februar 1828 im Königreiche der Niederlande und in den Königl. Preuss. Rheinisch-Westphälischen Provinzen, dans *Schweigger's Jahrbuch*, t. 23/2 (53/2), 1828, pp. 1-56.
- (16) Les conclusions de cette étude paraîtront prochainement dans le chapitre VIII d'un volume intitulé *Intraplate Earthquakes* (Cambridge University Press).
- (17) P. ALEXANDRE, Historical seismicity of the lower Rhine and Meuse valleys from 600 to 1525: a new critical review, dans *Geologie en Mijnbouw*, t. 73, 1994, pp. 431-438.
- (18) J. VOGT, Glimpses at the 1640 earthquake in north-western Europe, dans P. ALBINI ET A. MORONI (éditeurs), *Materials of the CEC Project Review of Historical Seismicity in Europe*, t. 2, Milan, 1994, pp. 77-87.