

# Le tremblement de terre du 18 septembre 1692 dans le nord de l'Ardenne (Belgique).

## Impact sur le patrimoine architectural.

*Pierre Alexandre<sup>1</sup>, David Kusman<sup>2</sup>, Thierry Camelbeeck<sup>3</sup>*

### Résumé

L'étude systématique des documents historiques menée ces dernières années indique que le tremblement de terre du 18 septembre 1692 est vraisemblablement le plus important connu ayant affecté le nord-ouest de l'Europe, avec une magnitude estimée entre 6.0 et 6.5. Cet événement a provoqué des dégâts très importants dans le nord de l'Ardenne belge, notamment aux châteaux (Soiron, Walhorn, etc.) et églises (Soiron, Andrimont, Theux, etc.). Quelques descriptions mentionnent également de fortes destructions dans les maisons.

A plus grande distance de l'épicentre, les secousses ont également provoqué des dégâts dans de nombreux édifices en Belgique, France, Allemagne, Pays-Bas et même dans le sud-est de l'Angleterre.

Le patrimoine architectural de nos régions a donc été fortement affecté par ce séisme. Nous présentons quelques exemples montrant l'impact connu de cet événement sur quelques édifices en Belgique.

### 1. Introduction

L'étude de l'impact des tremblements de terre sur le patrimoine architectural est un domaine de recherche qui s'est progressivement imposé dans les zones à haute activité sismique. Etant donné que la Belgique et les régions voisines ne connaissent pas fréquemment de fortes secousses telluriques, on avait jusqu'à très récemment sous-estimé cet éventuel impact sur le bâti ancien. Par exemple, les tremblements de terre récents d'Eschweiler (22 juillet 2002,  $M = 4.4$ ), de Roermond (13 avril 1992,  $M = 5.4$ ) ou de Liège (8 novembre 1983,  $M = 4.6$ ) n'ont pas eu ou ont eu relativement peu d'effet sur ce type de construction.

Par contre, les documents historiques indiquent que des séismes plus anciens ont affecté ce patrimoine. Les plus marquants sont ceux du 21 mai 1382 ( $M \sim 6.0$ ) dans le sud de la mer du Nord, du 6 avril 1580 ( $M \sim 6.0$ ) dans le Pas de Calais, du 18 septembre 1692 ( $6.0 < M < 6.5$ ) dans le nord de l'Ardenne, du 16 février 1756 ( $M \sim 5.5$ ) dans la région de Düren – Aachen et celui du 23 février 1828 ( $M \sim 4.5$ ) en Hesbaye.

Parmi ces événements sismiques, celui du 18 septembre

1692 est vraisemblablement le plus important connu ayant affecté le nord-ouest de l'Europe (Alexandre et Kupper, 1997 ; Camelbeeck et al., 2000). Il a provoqué des dégâts très importants dans le nord de l'Ardenne belge, notamment aux églises et châteaux. Plusieurs descriptions mentionnent également de fortes destructions dans les habitations. A plus grande distance, les sources signalent de nombreux dégâts au patrimoine architectural, jusque dans le sud-est de l'Angleterre. Une enquête préliminaire nous a également indiqué que les traces de ce séisme sont vraisemblablement encore présentes dans un nombre important de constructions de l'époque. Dans cet article, nous présentons des exemples qui illustrent l'impact de ce tremblement de terre sur le bâti ancien et nous discutons les informations qui permettent de quantifier sa grandeur ainsi que les problèmes posés par l'évaluation de l'intensité macrosismique à partir des mentions de dégâts dans le patrimoine architectural (Figure 1).

### 2. Le séisme du 18 septembre 1692

Dans les compilations et catalogues de séismes anciens, l'épicentre de cette secousse était placée dans la région de Tirlémont (Van Gils et Zaczek, 1978). Le premier, J. Vogt a mis en doute cette localisation et a proposé la région verviétoise comme zone centrale des effets du tremblement de terre (Vogt, 1984). Ces vues ont été confirmées par des recherches ultérieures menées à l'Observatoire royal de Belgique, qui ont permis d'établir une première carte des intensités locales du séisme de 1692 (Alexandre et Kupper, 1997); des investigations récentes ont permis de découvrir de nouveaux textes, tant sur les dégâts du tremblement de terre dans la région épicentrale que sur ceux observés dans l'ensemble de la zone de perceptibilité. Par ailleurs, les impacts de la secousse en Angleterre ont été étudiés par Morse (1983) et par Melville et Ambraseys (1983).

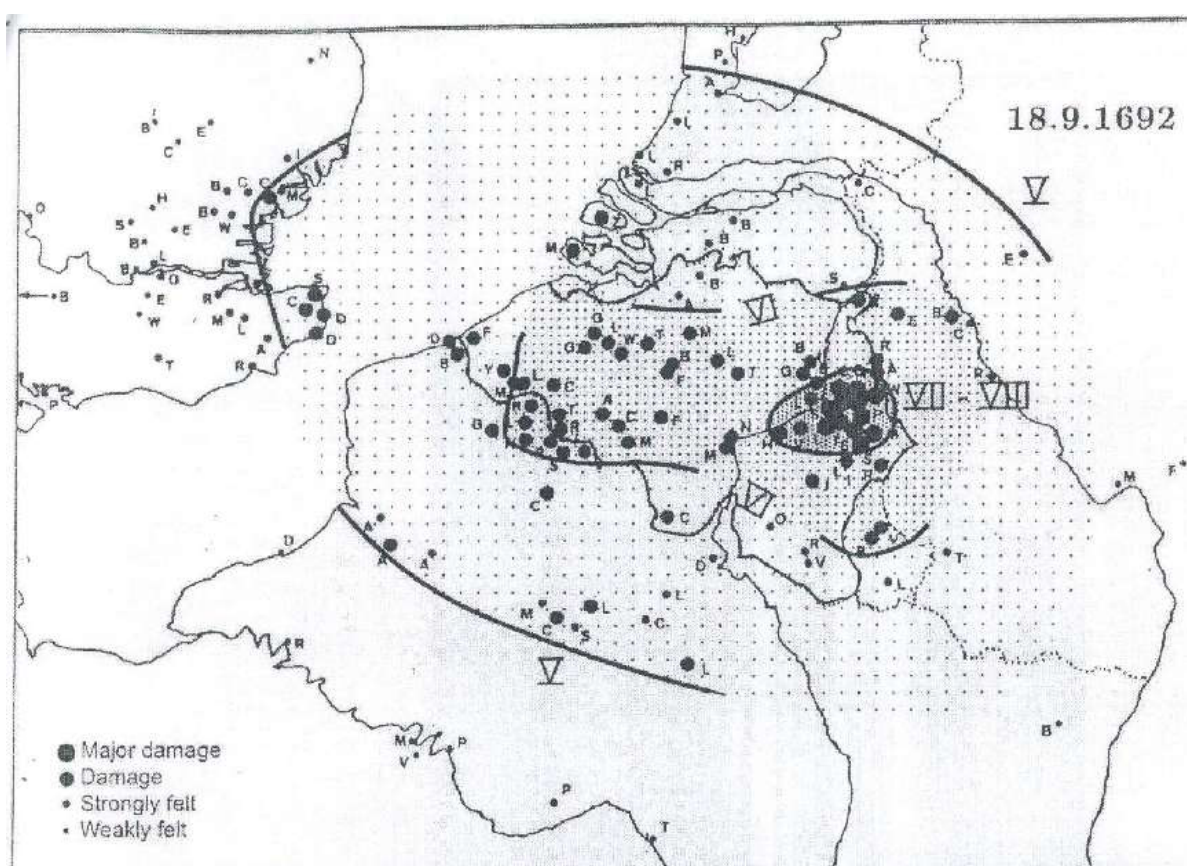
Dans l'état actuel de nos recherches, quelque 250 sources originales, contemporaines des faits, ont été repartitionnées pour le séisme du 18 septembre 1692 et ses diverses répliques, dont la dernière eut lieu le 28 octobre de la même année.

A la lecture de ces sources, la zone épicentrale du séisme

<sup>1</sup> Historien, Observatoire Royal de Belgique - Avenue circulaire, 3 – B 1180 Bruxelles, courriel : [pierre.alexandre@oma.be](mailto:pierre.alexandre@oma.be)

<sup>2</sup> Historien, Observatoire Royal de Belgique - Avenue circulaire, 3 – B 1180 Bruxelles, courriel : [davidkusman@hotmail.com](mailto:davidkusman@hotmail.com)

<sup>3</sup> Sismologue, Observatoire Royal de Belgique - Avenue circulaire, 3 – B 1180 Bruxelles, courriel : [cam@obssei.oma.be](mailto:cam@obssei.oma.be)



**Figure 1 :** carte macrosismique du séisme du 18 septembre 1692, extraite de T. Camelbeeck, K. Vanneste et P. Alexandre, *L'Europe occidentale n'est pas à l'abri d'un grand tremblement de terre*, dans *Ciel et Terre. Bulletin de la Société royale belge d'astronomie, de météorologie et de physique du globe*

peut donc être localisée dans le marquisat de Franchimont, la partie méridionale du duché de Limbourg et la principauté de Stavelot, c'est-à-dire dans l'actuel arrondissement de Verviers, mais sans qu'il soit possible, pour le moment, de situer l'épicentre de façon très précise, ni de dire s'il est situé au nord ou au sud de la Vesdre. Aux témoignages déjà signalés par J. Vogt pour les localités de Verviers, Andrimont, Charneux, Polleur, Theux, Spa et Walhorn, nous pouvons ajouter, pour délimiter la zone d'intensité maximale, des documents originaux d'Ensival, Soiron, Battice, Clermont-sur-Berwinne, Oneux, Montzen, Fléron, Malmedy et Stavelot (Figure 2).

Ce n'est pas le lieu de citer ici tous les documents rassemblés sur cet événement: pour l'essentiel, nous renvoyons à l'article d'Alexandre et Kupper (1997). Nous nous limiterons, pour illustrer notre démonstration, à évoquer les effets et dégâts de la secousse dans la zone proche de l'épicentre d'une part, et dans une zone plus lointaine d'autre part, celle de la Flandre, du Hainaut et de l'Artois.

## 2.1. Dans la zone épiscopale

Dans la région épiscopale et ses abords immédiats, les dégâts concernent aussi bien les édifices majeurs (églises et châteaux pour l'essentiel) que les simples maisons. On constate également que la secousse produit des effets spectaculaires sur les personnes, les animaux et l'environnement en général (altération des sources, etc.).

### 2.1.1. Dégâts aux édifices majeurs.

La plupart d'entre eux sont endommagés et feront l'objet, dans les années ultérieures, de restaurations et parfois de reconstruction complète ou partielle: outre les églises de Verviers, citons celles d'Andrimont, Soiron, Oneux, Theux, Stavelot, Fléron, Baelen, Montzen, Aix-la-Chapelle, Emael, Boirs, Glons, ainsi que des églises de la ville de Liège (cathédrale St-Lambert, abbaye St-Laurent, etc.); des bâtiments abbatiaux à Stavelot et à Malmedy; les châteaux d'Andrimont, Soiron, Franchimont; des châteaux-forts à Walhorn, Battice, Clermont-sur-Berwinne (Le Patrimoine monumental, 1984).



**Figure 2 :** L'église de Soiron (province de Liège, arrondissement de Verviers) telle qu'on peut la voir actuellement. Le chœur de l'église a été détruit en 1725 mais la tour est contemporaine du séisme de 1692 et présente dans sa façade deux fissures qui descendent du toit en se croisant

### 2.1.2. Dégâts aux maisons.

A Ensival, « plusieurs maisons furent écrasées » (Remy Du Pont, Chronique); à Soiron, « un tremblement de terre espouvantable qui a abbatu les maisons, cheminées dont les miennes l'ont esté » (Servais Ronval, Notes); à Charneux, « la maison de Lambert Halleux fut culbutée de fond en comble » (Nicolas Ernolet, Chronologie); à Waucomont-Battice, les bâtiments d'une maison sont « inhabitables, renversés et ruinés par ce violent tremblement de terre » (Minute du notaire Detiège à Battice); à Walhorn, « In diversis locis domus fuerunt eversae et homines occisi » (Annotations, Walhorner Kirchenbuch); à Montzen, « seint alle Schornsteinen oder Caminen abgefallen » (Compte de l'église paroissiale de Montzen); à Stavelot et à Malmedy, « il y a eu plusieurs édifices endommagés et beaucoup de cheminées bouleversées à Malmedy, Stavelot et ailleurs » (Note du registre paroissial de Malmedy); à Aix-la-Chapelle, « die Caminnen oder Schornstein sein heruntergefallen und geborsten, auch etliche Häuser » (Johannes Janssen, Aachener Chronik); à Liège, « il n'y

eust pas une maison dans cette ville qui n'en eust resseny du dommage; il y eust plusieurs personnes écrasées et quantité de blessées par les débris des cheminées et des toits » (Albert Joseph Gossuart, Chronique); « toute la ville de Liege fut forte ébranlée, il y eut plusieurs morts, et beaucoup des dégats sur tout par les cheminées renversées » (Chronique des Célestines d'Avroy; document transmis par Mme S. Boulvain).

### 2.1.3. Effets sur les personnes et les animaux.

Le témoignage du châtelain de Soiron est particulièrement significatif: « Ce tremblement venait du septentrion et alloit au midy avec un bruit et un remuement dessous la terre comme sil y eut passé quelque furieu orage, et, fait à fait qu'il s'avançoit on voyait hausser la surface de la terre, en sorte que plusieurs personnes et animaux en furent culbutez et les arbres et la haie se courboyent comme sils avoyent fait la révérence et puis se jettoient dans leurs place avec grande violence » (Nicolas Ignace de Woelmont, Histoire). Par ailleurs, dans la région de Huy, « les oscillations du sol furent si fortes, qu'elles renversèrent les bêtes de somme dans les étables » (Note dans un registre de la Cour d'Ahin).

### 2.1.4. Modifications de l'environnement

Elles sont signalées à Louveigné « où la fontaine du moulin de Stinval se tarit et se perdit alors » (Notes du registre paroissial de Louveigné); à Spa, où « la source de la Géronstère disparut momentanément, pour reparaître peu après à quelque distance de son emplacement primitif, l'eau du Pouhon demeura trouble durant quelques jours, puis elle devint plus abondante, plus limpide et plus forte au goût » (Nessel, 1699); à Polleur, où la terre s'entrouvrit à plusieurs endroits (Unglücks-Chronica, 1693; cité d'après Vogt, 1984). Un intéressant document, récemment découvert (transmis par M. A. Barthélémy), rapporte qu'à Lambermont, près de Verviers, « un ruisseau qui faisoit tourner la roue dudit moulin de la Fontaine St-Jean, [...] fut entièrement tari par le tremblement de terre du 18 septembre 1692, comme elle est encore présentement » [en 1706] (Minute du notaire Baar à Grand-Rechain). L'annaliste de l'abbaye de Rolduc (Herzogenrath) fait lui aussi état d'effets sur la nature: « Les sources tarirent, les prés se transformèrent en marais » (Nicolas Heyendahl, Annales Rodenses).

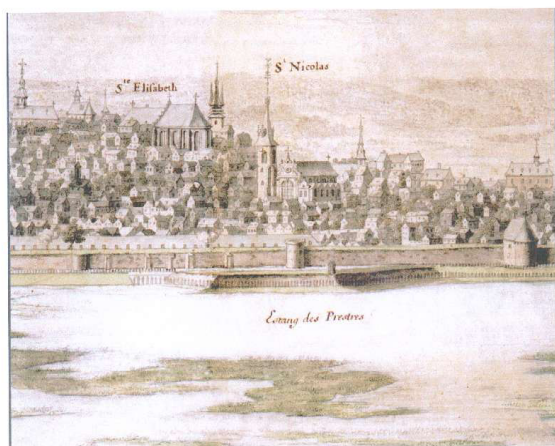
## 2.2. Hors de la zone épiscopale

### 2.2.1. Dégâts aux édifices majeurs.

En Hainaut, les dégâts du séisme dans la ville de Mons affectent fortement au moins un édifice monumental, tandis que les maisons privées semblent moins endommagées. En effet, les pignons des sept chapelles latérales de l'église Sainte-Elisabeth, achevée en 1588, sont tellement ébranlés par la secousse qu'il est



nécessaire de les démonter, entièrement ou partiellement, puis de les remonter (Compte de Sainte-Elisabeth de Mons). L'édifice, situé à proximité de la Grand-Place de Mons, bâti en pierres et en briques, n'avait apparemment pas souffert de la prise de la ville par les troupes de Louis XIV en 1691 et sa façade datait seulement de 1686 (Le Patrimoine monumental, 1975 ; De Keyser, 1997) : l'église était donc probablement encore dans un relativement bon état avant la secousse du 18 septembre 1692 (Figure. 3).



**Figure 3** : Esquisse de Mons en 1691. Les Eglises Saint-Nicolas et Sainte-Elisabeth. Extrait d'une aquarelle française anonyme, Mons, Bibliothèque de l'Université de Mons-Hainaut, Fonds Puissant, ill. n°8.

Dégâts sensibles également en Flandre orientale où le receveur de la seigneurie de Laarne (près de Gand) comptabilise les frais engagés en 1693 pour des travaux exécutés à la maçonnerie du château, où l'on a constaté plusieurs fissures causées par le tremblement de terre (Alexandre et Kupper, 1997). A Poperinge, en Flandre occidentale, aussi bien dans l'église Notre-Dame que dans plusieurs autres églises, les arcades sont endommagées (Tillie, 2000). Pour certains grands édifices, ce sont aussi des petits éléments qui cèdent : à Ypres, c'est une enseigne représentant un dragon en cuivre, au sommet de la tour de l'hôtel de ville, située au-dessus de la halle aux draps, qui menace de s'écrouler ; ce dragon placé au sommet du beffroi se trouvait à une hauteur de 69,50 mètres (Cornillie et Bras, s.d.; Belgische Steden, 1965) ; on le remplace par un nouveau, d'un poids de 56 livres, vers le mois de décembre de la même année. L'horloge de la ville placée sur la même tour pourrait également avoir été détériorée, puisqu'on mentionne dans le compte de la ville les livraisons de ferronnerie après le 6 décembre 1692 pour la restauration de cette horloge. Tout près du beffroi, dans le chœur de l'église Saint-Martin remontant au XIII<sup>e</sup> siècle et haut de 25 mètres (Coomans, 1974), la panique saisit les chanoines lorsque la voussure du

chœur se fissure (Gerard de Feu, Jaerboeken ; Pieter Jacobus Boeteman, Beschrijving ; Compte de la Ville d'Ypres). Par contre, aucune destruction aux maisons n'est constatée. Comme on peut le constater sur le plan en relief de la ville d'Ypres, dressé par les ingénieurs de Vauban en 1701, l'église Saint-Martin et sa tour haute de 57 mètres (sans la flèche) comptait avec le beffroi parmi les édifices les plus élevés de la ville.

Plus au sud, à Tournai, la cathédrale, dont les problèmes de stabilité sont toujours d'actualité, prend la secousse de plein fouet. Un des piliers de l'église se serait écroulé dans la cave du chapitre canonial, un autre se serait fissuré (Histoire de la ville et cité de Tournai).

En Flandre Wallonne, à Lille, les églises de la ville tremblent sur leurs fondations, les cloches sonnent sous le choc alors qu'à l'église Saint-Maurice, de la chaux serait tombée du plafond. Au monastère de Loos, la voûte supérieure de l'église se lézarde en plusieurs points et on ramasse des pierres sur le pavé de marbre du transept. A Nieppes, la flèche de l'église et vingt pieds de la tour auraient été renversés, soit près de six mètres (A propos du tremblement de terre de 1692, 1993 ; Doursther, 1840). En Picardie, deux châteaux au moins subissent des dégradations entraînant des réparations. C'est, d'une part, le château de Coucy, d'autre part le donjon du château d'Airaines, près d'Abbeville, qui souffre de fortes lézardes suscitées par le séisme (Alexandre et Kupper, 1997).

#### 2.2.2. Dégâts aux maisons et effets sur les personnes.

Dans le Hainaut, à Mons, les maisons privées ne furent pas non plus épargnées par le séisme. S'il faut sans doute nuancer la relation du chroniqueur montois de Boussu, selon lequel plusieurs cheminées défoncèrent les toits des maisons et blessèrent ou tuèrent des habitants de la ville (G.-J. de Boussu, Histoire de la ville de Mons), il y eut certainement des dégâts aux fenêtres des maisons. Le plombage des verrières d'une maison particulière aurait cédé, sous la secousse (compte de l'Eglise Sainte-Elisabeth de Mons) : l'on comptabilise le travail de (...) « Jean du Pont verrier pour avoir remis en plomb les verres de la maison Anne Marie Pirrez esbranlée par le tremblement de terre at este payez 72 sous (...). » Dans la paroisse de Saint-Nicolas en Havré, proche de Sainte-Elisabeth, une victime du tremblement de terre, Catherine Siméon, est attestée avec certitude. La secousse est aussi ressentie plus à l'ouest, au-delà du marché de la ville, dans les paroisses de Saint-Germain et Sainte-Waudru (Notes des registres paroissiaux de Saint-Nicolas en Havré, Saint-Germain, et Sainte-Waudru à Mons). A Valenciennes, il y eut une femme et deux enfants blessés par la chute de cheminées, d'après de Magalotty, l'intendant français qui écrit au roi vers quatre heures de l'après-midi, le jour même : il a ressenti la secousse car il dérape en signant une lettre, croyant d'abord que des officiers d'état-major s'appuyaient trop

sur la table pour examiner les cartes militaires. Et la lettre poursuit : bien que la maison « *soit fort grande et assez materielle, (...) elle a été toute ebranslée* » : un chapiteau de fenêtre et une cheminée tombent dans la cour. On a vu dans la ville, toujours selon ce témoignage, les clochers d'églises et les tourelles trembler (de Magalotty, Lettre au roi de France).

En Flandre occidentale, à Bruges, tous les édifices auraient fortement balancé d'avant en arrière, à l'instar de berceaux, si bien que quelques cheminées s'effondrent et quelques tuiles tombent. De nombreuses personnes, prises de frayeur, quittent leurs maisons, d'autres sont prises de malaise (Jacques In Bona, Chronijk der Stad Brugge ; Annotation dans un Registre de résolutions) ; à Courtrai (de Bagnols, Lettre à Monsieur de Barbezieux; Gazette de France), le tremblement de terre, dont un témoin évalue la durée à une minute, est ressenti, sans plus ; mais hormis la chute de quelques cheminées et tuiles, on ne constate aucune destruction au patrimoine monumental dans ces deux villes. A Poperinge, les pignons de quelques maisons s'écroulent et quelques personnes sont blessées par la chute de morceaux de pierres (Tillie, 2000).

Plus au sud, à Tournai, les habitants constatent un fort vacillement de leurs maisons ainsi que la chute de quelques cheminées (Histoire de la ville et cité de Tournai).

Dans le Westhoek, à Dunkerque (Colbert de Mauleuvrier, Lettre au roi de France), un intendant de Louis XIV écrit qu'« *il y eut quelques verres cassés de dessus les tables et quelques porcelaines renversées de dessus les cabinets, mais je n'ay pas ouy dire qu'il ait causé aucun autre desordre* », mais on ne déplore pas de dégât plus important. En Flandre gallicante, à Lille, des cheminées s'écroulent dans les rues, des pignons se fendent. Dans le quartier des bouchers, le sol est jonché de tuiles. Des ouvriers installés sur des échafaudages dans le quartier des halles de la ville sont secoués comme sur une balançoire (A propos du tremblement de terre de 1692, 1993).

### 3. Comparaison avec des séismes récents

Il est intéressant de comparer les dégâts provoqués par le séisme du 18 septembre 1692 sur le patrimoine architectural avec ceux provoqués par des tremblements de terre récents.

Le tremblement de terre récent ayant eu l'impact le plus important dans nos régions est celui qui s'est produit à Liège le 8 novembre 1983. Ce tremblement de terre de magnitude modérée  $M = 4.6$  avait son foyer à relativement faible profondeur (4 à 6 km) sous la ville de Liège. Il a provoqué énormément de dégâts aux maisons. Ces dégâts ont été accentués par la vétusté préexistante d'un certain nombre d'habitations situées dans la zone d'exploitation minière. Près de 300 maisons ont été

déclarées inhabitables et plusieurs ont dû être démolies. En ce qui concerne le bâti historique, peu de dégâts ont été observés. Seules deux églises ont subi des dégâts assez importants (deux décrets d'inhabitabilité). A l'extérieur d'un rayon moyen de 10 km autour de l'épicentre, aucun dégât n'a été constaté dans des édifices du patrimoine architectural. Remarquons qu'un tremblement de terre de même importance ( $M = 4.4$ ) s'est produit le 22 juillet 2002 dans la région d'Eschweiler en Allemagne. Grâce à la plus grande profondeur du foyer (~ 13 km), ce séisme n'a produit dans la zone épiscopentrale que des dégâts légers aux habitations bien qu'il ait été ressenti jusqu'à la côte belge.

Le séisme de Roermond aux Pays-Bas, le 13 avril 1992, est le plus important constaté ( $M = 5.4$ ) dans nos régions durant le 20<sup>e</sup> siècle. Dans la région épiscopentrale, il a provoqué (Noe et al., 1992) de nombreuses ruptures de cheminées aux maisons d'habitations. Lorsque la cheminée était en pignon, son effondrement a quelquefois entraîné la chute d'une partie de ce mur. Un autre dégât caractéristique est l'apparition de fissures de cisaillement dans des murs de façade et des murs pignons en brique. Contrairement aux cas des séismes de Liège et d'Eschweiler, dans le cas du séisme de Roermond, un certain nombre de bâtiments du patrimoine architectural ont subi des dégâts dans et en dehors de la zone proche de l'épicentre.

Aux Pays-Bas, deux églises, seulement, ont été touchées par le séisme. L'église de Roermond a présenté des fissures du mur pignon ainsi qu'au droit des éléments d'angle des tours clochers. A l'église Saint-Sébastien d'Herkenbosch, le clocher en briques, qui était nouveau, a par contre subi des dégâts importants. En Allemagne, plus de 150 églises ont subi des dégâts (Meidow et Ahorner, 1994), la plupart dans la région proche de l'épicentre, mais certaines à plus grande distance comme à Cologne, Bonn et Coblenze. Les églises les plus endommagées (fissures dans les murs et les voûtes, fissures à la liaison entre la tour et la nef, chute de clochetons, ...) sont situées dans la zone d'intensité la plus élevée (VI-VII EMS-98). Par contre, les églises ayant subi des dégâts plus légers sont localisées dans la zone d'intensité V.

Le séisme du 18 septembre 1692 apparaît donc exceptionnel par rapport à ces trois séismes récents par :

1. l'importance des destructions à tous les types de constructions dans la zone épiscopentrale.
2. l'étendue spatiale des dégâts aux édifices du patrimoine architectural en Belgique, France, Allemagne et sud-est de l'Angleterre.

### 4. Importance du séisme du 18 septembre 1692

L'extension des dégâts provoqués par le séisme du 18 septembre 1692 est une indication de son importance.

Nous avons évalué sa magnitude (Camelbeeck et al., 2000) comme étant comprise entre 6.0 et 6.5.

Dans le cadre de cette discussion, nous considérerons le modèle simple de source sismique développé par Brune (1970). Dans ce modèle, la source est définie par deux paramètres :

-Le moment sismique qui représente la grandeur de la source :

$$M_0 = \mu \cdot A \cdot u$$

Avec  $\mu$  la rigidité dans la zone focale,  $A$  la surface de faille affectée par la rupture et  $u$  le déplacement moyen dans le plan de faille. Il existe une relation directe entre la magnitude  $M$  du séisme et son moment sismique.

-La durée de la source qui est directement en relation avec la durée de la propagation de la rupture dans le plan de faille. Cette durée est l'inverse de la "fréquence coin" observée dans le spectre du déplacement des ondes  $S$ , qui est la fréquence principale à laquelle l'énergie de la source est rayonnée.

Ce modèle, bien que simple, permet de prendre en considération les lois d'échelle des tremblements de terre.

La fréquence à laquelle l'énergie sismique est rayonnée par un tremblement de terre diminue lorsque les dimensions de sa source augmentent. Cette fréquence était respectivement de  $3.1 \pm 1.5$  Hz et  $1.5 \pm 0.5$  Hz pour les séismes de Liège (Camelbeeck and De Becker, 1985) en 1983 ( $M_0 = 20.5 \pm 14.0 \cdot 10^{15}$  N.m) et de Roermond (Camelbeeck et van Eck, 1994) en 1992 ( $M_0 = 1.40 \pm 0.55 \cdot 10^{17}$  N.m). On peut évaluer cette fréquence à 0.26 Hz pour un tremblement de terre similaire à celui du 18 septembre 1692 de moment sismique  $M_0 = 2.5 \cdot 10^{18}$  N.m correspondant à une magnitude  $M = 6.2$ .

A partir de la description des dégâts présentées dans la première partie de cet article, on peut également remarquer que l'extension de l'impact et son importance qualitative sur les constructions du patrimoine architectural augmentent de manière significative avec la magnitude des séismes décrits. Les caractéristiques principales de ces constructions sont leur complexité et leur dimension qui est supérieure à celle des habitations. La conséquence est que le mode fondamental de vibration de ces structures (châteaux, églises,...) est beaucoup plus bas ( $\sim 1$  Hz – 2 Hz) que celui des habitations traditionnelles en maçonnerie (5 à 10 Hz) et que de nombreux modes peuvent être mis en oscillation pour des fréquences inférieures à 20 Hz. Par exemple, le mode fondamental de vibration de la tour du clocher de l'église de Boussu près de Mons est à une fréquence de 1.41 Hz (Defaut et Deneyer, 1999).

Au vu de ces fréquences propres et des fréquences "coin" définies pour les différents tremblements de terre,

on comprend que l'extension géographique des dégâts au patrimoine architectural est une indication du bas contenu fréquentiel du spectre sismique, représentatif de tremblements de terre de magnitude supérieure à 5.5 – 6.0.

## 5. Evaluation de l'intensité

Comme dans la plupart des études de sismicité historique, l'estimation des intensités pose de nombreux problèmes, dus au manque d'informations précises sur la vulnérabilité des constructions, le degré des dégâts ainsi que la quantité des constructions affectées. De même, les édifices comme les églises ou les châteaux, qui sont généralement ceux pour lesquels on dispose du plus grand nombre d'information, n'entrent guère en ligne de compte dans la description des dégâts sur l'échelle EMS-98. Il apparaît donc indispensable d'évaluer l'intensité en considérant différents cas de figure, de présenter une gamme d'intensités possibles d'après les informations disponibles et de prendre garde, si on se base uniquement sur des informations concernant des édifices importants. Dans la zone épiscopale du séisme de 1692, la description des dégâts sur les maisons particulières correspond à des dégâts de degré 3, 4 et même 5 dans l'échelle EMS-98 (Grünthal, 2001). Dans certaines localités, il est indiqué que « toutes » ou la plupart des cheminées ont été renversées et que « des » maisons furent écrasées ou culbutées. Ces destructions correspondent au minimum à l'intensité VII et beaucoup plus vraisemblablement à l'intensité VIII. Certaines descriptions des effets sur les personnes et les animaux confirment l'importance des mouvements du sol.

A plus grande distance, en Flandre ou dans le Hainaut, les dommages éprouvés par les grands édifices sont nombreux. Par contre les dégâts aux maisons, bien qu'encore décrits, sont généralement moins importants. Dans le nord de la France, des destructions dans certains châteaux sont constatées, alors que l'effet sur les immeubles d'habitations et sur les personnes laisse supposer une intensité ne dépassant pas V. A une certaine distance de l'épicentre, les dégâts constatés aux grands édifices ont donc tendance à faire surévaluer l'intensité. C'est un paramètre dont il faut tenir compte dans l'étude de tremblements de terre historiques pour lesquels les informations disponibles sont moins nombreuses que dans le cas du séisme de 1692.

## 6. Conclusion

Des tremblements de terre de la grandeur de celui du 18 septembre 1692 sont peu fréquents. Les deux seuls exemples connus sont ceux du 21 mai 1382 ( $M \sim 6.0$ ) dans le sud de la mer du Nord et du 6 avril 1580 ( $M \sim 6.0$ ) dans le Pas de Calais (Melville et al., 1996). Lors d'un événement de ce type, il faut s'attendre à des dégâts

importants au patrimoine architectural dans une zone très étendue. Dans le cadre de la politique de préservation de ce patrimoine, il apparaît donc nécessaire de prêter attention à la possible occurrence d'un événement futur de cette importance.

## Sources et travaux

### 1. Sources

-Annotation dans un *Registre de résolutions épiscopales, pour l'année 1692*, registre B.42, années 1690 à 1694), p. 241, Archives de l'Evêché à Bruges.

-Annotation dans le *Walhorner Kirchenbuch*, texte édité dans F.H. Van Rummelen, op. cit., p. 34.

-de Bagnols, *Lettre à Monsieur de Barbezieux*, en date du 21 septembre 1692 au camp de Courtrai, Archives du Service Historique de l'Armée de terre à Vincennes, Série M, 1M41.

-Pieter Jacobus Boeteman, *Beschrijving van Ieper*, Bibliothèque Royale de Belgique, Section des Manuscrits, Ms., Fonds Merghelynck, n°143a, f° 23r°-v° .

-G.-J. de Boussu, *Histoire de la ville de Mons, ancienne et nouvelle, contenant tout ce qui s'est passé de plus curieux depuis son origine 650, jusqu'à présent 1725*, Mons, 1725, p. 312.

-*Chronique du couvent des Célestines d'Avroy*, Bibliothèque de l'Université de Liège, ms. n° 1168, p. 123-124.

-Colbert de Mauleuvrier, *Lettre au roi de France*, Dunkerke, 19 septembre 1692, Archives du Service Historique de l'Armée de terre à Vincennes, série A1, registre n°1146, f° 273r°.

-*Compte de l'église paroissiale de Montzen pour l'année 1692*, registre n°2 des dépenses et recettes de la fabrique d'église, 1691-1771, p.9, Archives de l'Etat à Liège.

-*Compte des recettes et dépenses de l'église Sainte-Elisabeth de Mons de l'année 1692*, registre, n°191, années 1690 à 1695, f° 68r°-f° 69r°, Archives de l'Etat à Mons.

-*Compte de la Ville d'Ypres pour l'année 1692*, transcrit dans le Recueil d'analyses au point de vue généalogique, historique, artistique, des 182 premiers comptes originaux en cahiers de la ville d'Ypres que renferment les archives communales de cette localité, t.3, 1495-1686 [sic], Bibliothèque Royale de Belgique, Section des Manuscrits, Ms., n°32, p. 244.

-Remy Du Pont, d'Ensival, *Chronique du Pays de Liège, d'après P. Alexandre, Documents inédits sur les séismes des XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles*, dans Ciel et Terre, t. 108, 1992, p. 149.

-Nicolas Ernolet, *Chronologie de l'Europe et de Charneux*, Bibliothèque de l'Université de Liège, Ms. n° 1132-1151.

-Gerard de Feu, *Jaerboeken der Stad Ieper*, Bibliothèque Royale de Belgique, Section des Manuscrits, Ms., Fonds Merghelynck, n°142, f° 129r°.

-*Gazette de France ou Recueil de Gazettes*, n°44, nouvelles du camp de Courtrai en date du 29 septembre 1692.

-Albert Joseph Gossuart, *Chronique de Liège*, Bibliothèque de l'Université de Liège, ms. n° 1152-1154.

-Nicolas Heyendahl, *Annales Rodenses*, éd. M.S.P. Ernst, Histoire du Limbourg, Liège, t. 7, 1847, p. 212.

-*Histoire de la ville et cité de Tournai jusqu'à l'année 1749*. La Haye, 1750, pp. 449-450.

-Jacques In Bona, *Chronijk der Stad Brugge*, Stadsbibliotheek Kortrijk, Ms. n°175 f° 2v°-3r°.

-Johannes Janssen, *Aachener Chronik*, éd. H.A. von Fürth, Beiträge und Material zur Geschichte der Aachener Patrizier-Familien, Aix, t. 3, 1890, p. 14.



-de Magalotty, *Lettre au roi de France*, Valenciennes, 18 septembre 1692, Archives du Service Historique de l'Armée de terre à Vincennes, série A1, registre n°1146, f° 267r°-267v°.

-*Minute du notaire H. Detiège à Battice* (Archives de l'Etat à Liège, Notariat), texte édité par P. Guérin, dans Bulletin du Cercle Historique de Fléron, 1997, fasc. 2, p. 100.

-*Minute du notaire R. Baar à Grand-Rechain*, Archives de l'Etat à Liège, Notariat, acte du 18 octobre 1706.

-E. Nessel, *Traité des eaux de Spa*, Spa, 1699, p. 33.

-*Note dans un Registre de la Cour d'Ahin*, d'après J. Fréson, *Quelques dates mémorables*, dans Annales du Cercle Hutois des Sciences et des Beaux-Arts, t. 12, 1898, p. 197-198.

-*Notes du Registre paroissial de Louveigné*, éd. P. Guérin, dans Bulletin du Cercle Historique de Fléron, décembre 1986, p. 36.

-*Note du Registre paroissial de Malmedy*, Archives de la ville de Malmedy, Registre paroissial n° 5, p. 221.

-*Notes du Registre paroissial de l'église Saint-Germain de Mons*, n°1813.64, p. 121 (Archives de l'Etat à Mons).

-*Notes du Registre paroissial de l'église Saint-Nicolas en Havré de Mons*, n°1892, p. 26 (Archives de l'Etat à Mons).

-*Notes du Registre paroissial de l'église Sainte-Waudru de Mons*, n°1955, f° 140r° (Archives de l'Etat à Mons).

-Servais Ronval, *Notes du Registre paroissial de Soiron*, éd. M. Graindor, La Vie quotidienne à Soiron au temps jadis, Olne, 1964, p. 178.

-*Unglücks-Chronica vieler grausamer und erschrecklicher Erdbeben*; d'après J. Vogt, op. cit., 1984, p. 14.

-Nicolas Ignace de Woelmont, *Histoire chonologique de la maison de Woelmont*, d'après M. Graindor, *L'Avouerie et les anciens seigneurs de Soiron*, t. II, La maison de Woelmont, Verviers, 1968, p. 129.

## 2. Travaux

Alexandre et Kupper, 1997

Alexandre, P. et Kupper, J.L., *Le tremblement de terre de 1692 et le miracle de Notre-Dame des récollets à Verviers*. Liège, 1997 (*Feuillets de la cathédrale de Liège*, n°s 28-32).

*A propos du tremblement de terre de 1692*, dans **Douaisis-Généalogie**, 1993, n°6, p. 8.

Belgische Steden In Reliëf. *Plannen opgenomen door franse militaire ingenieurs-XVIIe-XIXe eeuw*, Bruxelles, 1965, p. 215.

Brune, 1970

Brune, J., *Tectonic stress and spectra of seismic shear waves from earthquakes*, dans **Journal of Geophysical Research**, vol. 75, 1970, pp. 4997-5009.

Camelbeeck et de Becker, 1985

Camelbeeck, T. et De Becker, M., *The earthquakes of Liège of November 8, 1983 and December 21, 1965*, dans P. Melchior (éd) **Seismic activity in western Europe**, Dordrecht, 1985, pp. 233-248.

Camelbeeck et van Eck, 1994

Camelbeeck, T. et van Eck, T., *The Roer Valley Graben earthquake of 13 april 1992 and its seismotectonic setting*, dans **Terra Nova**, vol. 6, 1994, 9 pages.



Camelbeeck et al., 2000

Camelbeeck, T., Alexandre, P., Vanneste, K., Meghraoui, M., *Long-term seismicity in regions of present day low seismic activity: the example of western Europe*, dans ***Soil Dynamics and earthquake engineering***, t. 20, 2000, pp. 405-414.

Coomans, 1974

Coomans, J., *La collégiale de Saint-Martin*, dans ***O. Mus et J.A. Van Houtte (éd.)***, Prisma van de Geschiedenis van Ieper, Ypres, 1974, pp. 104-116.

Cornillie et Bras, sd

Cornillie, J. et Bras, A., *Geschiedenis van de lakenhalle te Ieper vanaf den opbouw tot onder den wereldoorlog*, Ypres, s.d.

Defaut et Deneyer, 1999

Defaut, C. et Deneyer, A., *Contribution à l'étude de la stabilité de l'église Saint-Géry de Boussu*. Travail de fin d'études, Faculté Polytechnique de Mons, 1999, 116 pages.

De Keyzer, 1997

DE Keyzer, W. (dir.), ***Images d'une ville. Mons***, de 1200 à 1815, Wetteren, 1997.

Doursther, 1840

Doursther, H., ***Dictionnaire universel des poids et mesures anciens et modernes, contenant des tables des monnaies de tous les pays***, Bruxelles, 1840.

Grünthal, 2001

Grünthal, G. (éd.), *L'Echelle Macrosismique Européenne*, ***Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie***, vol. 19, Luxembourg, 2001.

***Le Patrimoine monumental de la Belgique, Wallonie, t. 4***, Province de Hainaut. Arrondissement de Mons, Liège, 1975 .

***Le Patrimoine monumental de la Belgique, Wallonie, t. 12/1***, Province de Liège. Arrondissement de Verviers, Liège, 1984.

Meidow et Ahorner, 1994

Meidow, H. et Ahorner, L., *Macro seismic affects in Germany of the 1992 Roermond earthquake and their interpretation*, dans ***Geologie en Mijnbouw***, t. 73, 1994, pp. 271-279.

Melville et al., 1996

Melville, C., Levret, A., Alexandre, P., Lambert, J. et Vogt, J., *Historical seismicity of the Strait of Dover-Pas de Calais*, dans ***Terra Nova***, t. 8, 1996, pp. 626-647.

Melville et Ambraseys, 1983

Melville, C. et Ambraseys, N., *Seismicity of the British Isles and the North Sea*, Londres, London Centre for Marine Technology, 1983, pp. 96-102.

Morse, 1983

Morse, T., *"How near were we to Ruine": the effects in England of the earthquake of 8th September 1692*, dans ***Disasters***, t. 7, 1983, pp. 276-282.

Noe et al., 1992

Noe, H., Weber, C., Jongmans, D., Bouchon, M., *Le séisme de Roermond (Pays-Bas) du 13 avril 1992 – rapport de mission*. Association Française du Génie Parasismique, 1992, 28 pages.

Tillie, 2000

Tillie, W., *Aardbeving in Poperinge ?* dans ***Aan de Schreve***, *Kring voor heemkunde, Poperinge en omstreken*, vol. 30/fasc.3, 2000, pp.88-90.

***Le tremblement de terre du 18 septembre 1692 dans le nord de l'Ardenne (Belgique). Impact sur le patrimoine architectural***. - Pierre Alexandre, David Kusman, Thierry Camelbeeck

Van Gils et Zaczek, 1978

Van Gils, J.M. et Zaczek, Y., *La séismicité de la Belgique et son application en génie parasismique*, dans ***Annales des Travaux publics de Belgique***, n° 6, 1978, p. 18.

Van Rummelen, 1942

Van Rummelen, F.H., *Overzicht van de tusschen 600 en 1940 in Zuid-Limburg en omgeving waargenomen aardbevingen*, dans ***Mededeelingen van het Geologisch Bureau voor het Mijngediet te Heerlen, behorende bij het jaarverslag over 1942 en 1943***, pp. 32-36.

Vogt, 1984

Vogt, J., *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, p. 13-21.