

# L'essaim sismique de Court-Saint-Etienne entre 2008 et 2010

## 237 SÉISMES EN 1 AN ET DEMI

Les séismes se sont produits à proximité de Faux, au sud de Court-Saint-Etienne, en profondeur sous la vallée de la Thyle. Les mesures géophysiques réalisées sur le terrain n'ont pas permis de confirmer la présence d'une faille proche de la surface du sol.

Koen Van Noten,  
Thomas Lecocq  
et Thierry Camelbeeck

Si vous avez lu les gros titres des journaux entre le 12 juillet 2008 et le 18 janvier 2010, vous n'avez pas pu rater l'information : la Terre a tremblé à Court-Saint-Etienne dans le Brabant Wallon. Pas une ou deux fois, non, 237 fois ! Les sismologues de l'Observatoire royal de Belgique nomment cette recrudescence d'activité 'l'essaim sismique de Court-Saint-Etienne'. Dans une étude multidisciplinaire, ils sont allés à la recherche de la source et des mécanismes de ces tremblements de terre.

### Un essaim sismique ?

La grandeur d'un séisme est toujours mentionnée sur une échelle de magnitude dont la progression est logarithmique. La 'magnitude locale' (notée  $M_L$ ) est calculée à partir du déplacement maximal du sol mesuré par les sismomètres d'un réseau sismique, comme celui de l'Observatoire qui surveille l'activité sismique en Belgique et dans les régions voisines.

### Quelques manchettes

*'Aarde blijft maar beven in Wallonië'*  
Gazet van Antwerpen 14 juillet 2008  
*'Al 100 aardbevingen in Waals-Brabant sinds zomer 2008'*  
Het Laatste Nieuws 25 février 2009  
*'Opnieuw lichte aardbeving in Waals-Brabant'*  
De Redactie 3 mars 2009  
*'Tremblement de Terre à Court-Saint-Etienne'*  
RTBF Belgique 28 décembre 2009  
*'La terre a encore tremblé à Court-Saint-Etienne'*  
Le Soir 31 décembre 2009

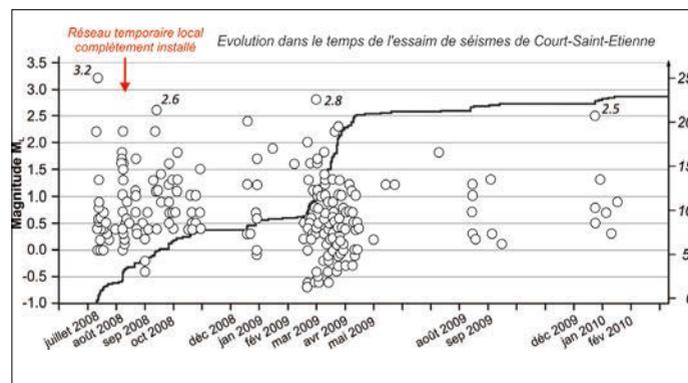


Figure 1 : L'évolution de l'essaim sismique de Court-Saint-Etienne. Comme souvent lors de séquences sismiques, il n'y a pas de dépendance claire entre la magnitude et le temps écoulé depuis le début de la séquence.

Les essaims de séismes sont des suites de petits séismes se produisant sur une courte période de temps. A l'opposé des grands tremblements de terre qui sont éventuellement précédés de quelques séismes précurseurs et suivis de nombreuses répliques plus petites, les essaims sont dépourvus de cette distribution autour d'un événement principal. L'essaim de Court-Saint-Etienne ne montre en effet aucune dépendance de la magnitude avec le temps (Figure 1). Le premier séisme de l'essaim a eu lieu le 12 juillet 2008 et avait une magnitude locale de  $M_L$  2,2. Le jour suivant, le 13 juillet 2008, le séisme le plus fort de la séquence s'est produit avec une magnitude  $M_L$  3,2.

Suite à ces deux premiers séismes, les scientifiques du service Séismologie-Gravimétrie de l'Observatoire royal de Belgique ont installé sept stations locales durant l'été 2008. Ces stations ont enregistré en continu les mouvements du sol pendant un an et demi dans la région de Court-Saint-Etienne et Ottignies. Ce réseau local a permis de mesurer des séismes de très faible amplitude qui n'auraient pas pu l'être avec le réseau sismique belge permanent dont les

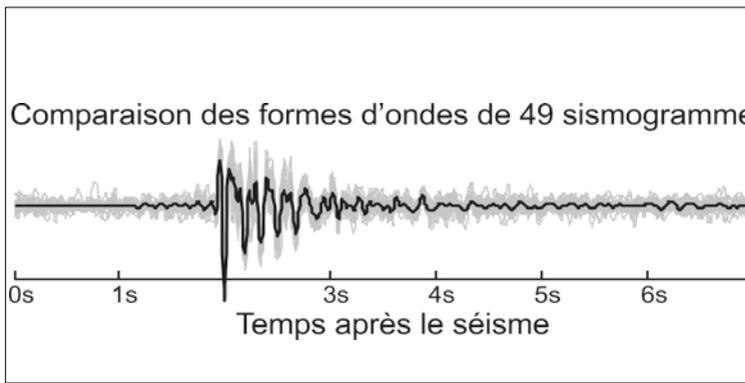


Figure 2 : Comparaison des formes d'onde de 49 séismes enregistrés au printemps 2009 par la station OTT à Ottignies. Les séismes qui se produisent à des endroits très rapprochés (quelques dizaines à centaines de mètres) donnent des sismogrammes de formes similaires.

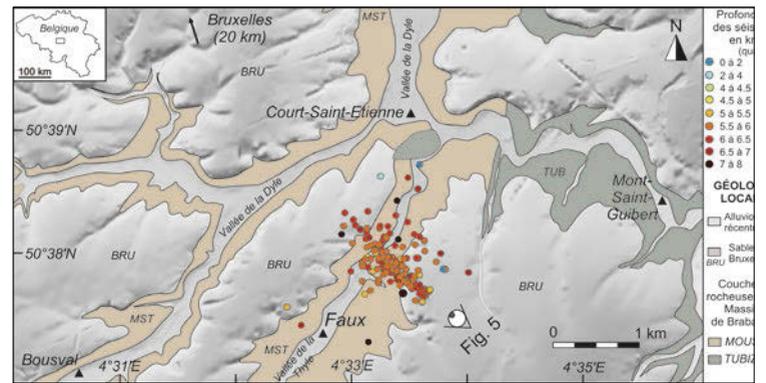


Figure 3 : Les séismes de l'essai de Court-Saint-Étienne s'alignent sur une direction sud-est-nord-ouest à des profondeurs de 5 à 7 km dans le sous-sol. Les couleurs illustrent les différentes couches géologiques à la surface telles que présentées sur les cartes géologiques locales. Le point de vue (l'œil) de la Figure 4 est également présenté.

stations se situent à plus grande distance. Au total, 237 séismes ont pu être mesurés entre le 12 juillet 2008 et le 18 janvier 2010 et leur magnitude était comprise entre  $M_L$  0.7 (l'échelle de magnitude est logarithmique, des très petits séismes peuvent avoir des magnitudes négatives, ce qui signifie simplement qu'ils sont inférieurs à un séisme de référence) et  $M_L$  3.2. Les deux périodes les plus actives sont l'été 2008 et le printemps 2009, pendant lequel jusque 10 séismes ont été mesurés quotidiennement.

### Profondeur et la localisation de l'essai

Comme tous les séismes se sont produits à proximité les uns des autres, les sismogrammes enregistrés dans une station sismique particulière sont très ressemblants (Figure 2). Les variations subtiles dans les enregistrements sont dues à la différence de localisation des événements individuels. La comparaison de la forme du signal sismique des séismes de la séquence dans les différentes stations permet ainsi de déterminer de manière précise leurs épicentres et profondeurs. Suite à cette analyse, il est apparu évident que les différents séismes de la séquence sont alignés et orientés dans une direction nord-ouest – sud-est et qu'ils se sont produits sous le hameau de Faux dans la vallée de la Thyle, au sud de Court-Saint-Étienne. Les données sismiques montrent en outre que l'essai s'est produit sur une faille longue de 1,5 km et située entre 5 et 7 km de profondeur (Figure 3), plongeant vers le nord-ouest avec un angle de  $87^\circ$  avec la surface (presque verticale, Figure 4).

### L'avez-vous senti ?

La relativement faible profondeur de l'essai et le fait que les bâtiments en Brabant Wallon sont construits presque directement sur le rocher du Massif géologique du Brabant expliquent que les séismes ont été particulièrement bien ressentis par la population. Le séisme  $M_L$  3,2 du 13 juillet 2008 a été senti jusqu'à Liège, soit à 75 km à l'ouest de

l'épicentre. Vers le nord, la limite de perception correspond à la bordure nord de Bruxelles, à environ 45 km (Figure 5).

Au total, 60 des 237 séismes ont été ressentis ou parfois uniquement 'entendus'. En effet, suite à chaque tremblement de terre ressenti, la population locale a mentionné sur le site web 'L'avez-vous senti ?' de l'Observatoire des 'bang' pour les petits séismes ou des roulements plus sourds comme 'un camion qui passe dans la rue' ou 'le bruit de l'orage dans le lointain' pour les séismes de plus grande magnitude.

### Comment a bougé la faille ?

Les séismes résultent du glissement entre deux blocs de roche de la croûte terrestre. L'énergie ainsi libérée est transmise dans la roche environnante sous forme de vibrations et peut être ressentie à la surface et provoquer des dégâts lors de séismes importants. La magnitude des séismes est directement liée à la surface de la faille qui a subi le glissement. L'essai a induit un mouvement cumulé résultant du glissement individuel de chacun des 237 petits séismes le long de la faille identifiée par la localisation des événements.



© Kroll, Le Soir, 4 mars 2009

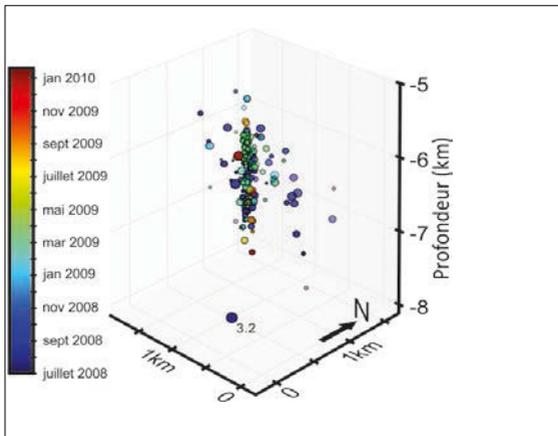


Figure 4 : La vue de côté de l'essaim sismique permet d'apprécier la presque-verticalité de la faille entre 5 et 7 km de profondeur. La localisation du séisme de magnitude  $M_L$  3,2 est indiquée, il s'est produit à une profondeur de 7,7 km.

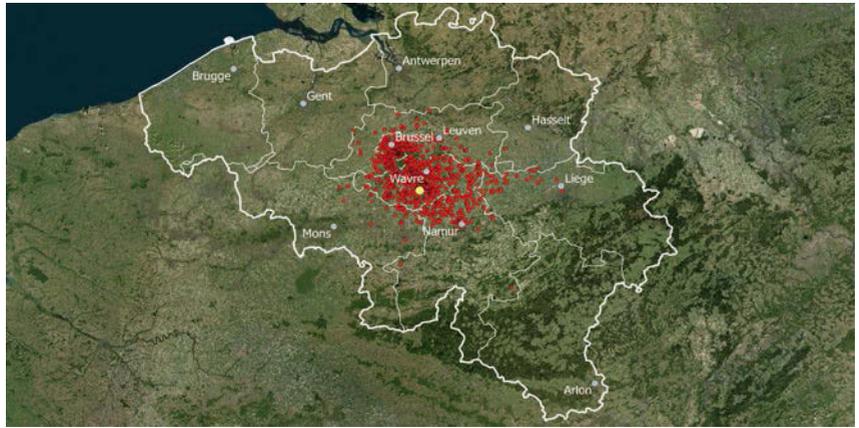


Figure 5 : Résultats de l'enquête macrosismique 'L'avez-vous ressenti ?' après le séisme de magnitude 3,2 du 13 juillet 2008. Le point jaune indique la localisation de l'épicentre et les 1500 points rouges les endroits où le séisme a été ressenti.

Le déplacement total causé par les 237 séismes de la séquence n'est que de quelques centimètres. Le séisme de  $M_L$  3,2 a produit à lui seul la majorité de ce déplacement, sur une faille de la taille d'environ un terrain de football et demi (~1 ha), alors que les séismes plus petit que  $M_L$  2 n'ont causé que des mouvements de quelques millimètres sur des surfaces de faille de quelques  $m^2$  à quelques dizaines de  $m^2$ . Si on compare ces déplacements aux 6 mètres observés pour une surface de faille d'environ  $600 \text{ km}^2$  pour le séisme de magnitude 7,8 du 25 avril 2015 au Népal, il apparait rapidement pourquoi ces petits séismes dans le Brabant wallon ont été uniquement ressentis par la population locale et n'ont pas provoqué de dégâts dans la région.

#### Peut-on 'voir' la faille ?

Bien qu'une visualisation 3D de la faille (Figure 4) soit apportée par la localisation des événements sismiques, cette image ne permet pas de mettre celle-ci directement en relation avec l'environnement géologique local. Par des recherches complémentaires, il a été possible de mettre en évidence les propriétés magnétiques des différentes roches autour de la zone de faille mise en évidence par l'essaim. La Formation de Tubize (Figure 6) est visible partout dans le Massif du Brabant. Cette formation rocheuse contient une grande quantité de minéraux magnétiques qui permet de la suivre dans le Massif, même là où il n'affleure pas. Pour avancer dans nos recherches, nous avons donc utilisé une étude magnétique aéroportée (Figure 7) couvrant l'ensemble du territoire national qui a été réalisée en 1994 par le Service Géologique de Belgique (Institut royal des Sciences naturelles de Belgique).

En collaboration avec la géophysicienne Anjana K. Shah de l'Institut de Géophysique Américain (USGS), les données

magnétiques du Brabant Wallon ont été filtrées afin de mettre en évidence le signal correspondant à des roches situées entre 5 et 7 km de profondeur. Le résultat de cette méthode montre que l'essaim de 2008-2010 se produit le long d'une faille située dans une formation faiblement magnétique bordée des deux côtés par des formations fortement magnétiques (pour les détails voir Figure 7). Cette découverte démontre que la faille associée avec la séquence est limitée en dimensions. La magnitude d'un séisme étant directement liée à la longueur de la faille, ceci explique pourquoi il n'y a pas eu de plus grands tremblements de terre le long de cette structure dans le Brabant Wallon.

Une séquence similaire s'est également produite entre 1953 et 1957 au même endroit. Le séisme le plus important de la séquence a eu lieu le 6 janvier 1953 avec une magnitude  $M_L$  4,0. Une telle magnitude correspond à une surface de faille de l'ordre du  $1,4 \text{ km}^2$ , ce qui donne tout son sens à l'hypothèse d'une dimension limitée de la faille active.

Ceci n'exclut cependant pas que de grands séismes puissent un jour se produire ailleurs dans le Massif du Brabant, comme celui du 11 juin 1938 de magnitude  $M_L$  5,6 à Zulzeke-Nukerke (proximité d'Oudenaarde) dont le mécanisme n'est toujours pas déterminé. Le lien entre l'activité sismique et la géologie locale établi grâce à notre analyse des données magnétiques montre que la méthodologie développée dans cette étude donne aux géologues et sismologues de nouvelles pistes prometteuses pour la compréhension de l'activité sismique dans nos régions, mais également à l'intérieur des plaques tectoniques ailleurs dans le monde.

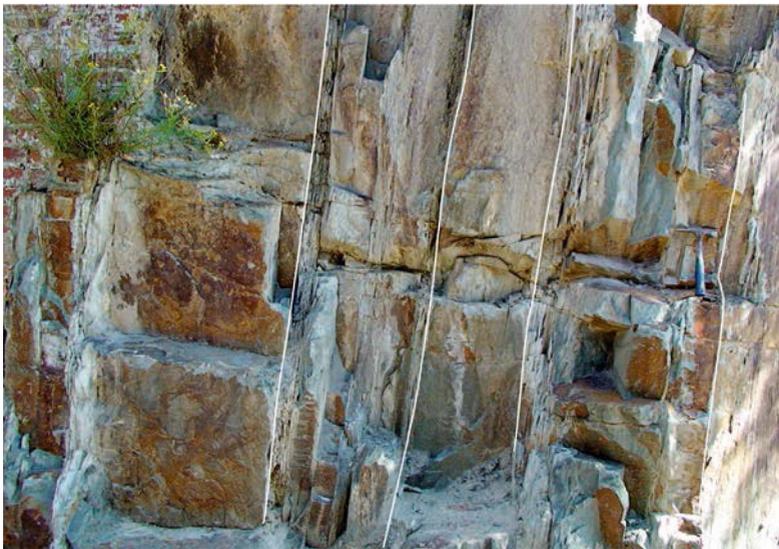


Figure 6 : Couches géologiques verticales de la Formation de Tubize situées sous l'église de Mont-Saint-Guibert. Le marteau (à droite) donne l'échelle. Photo © Alain Herbosch

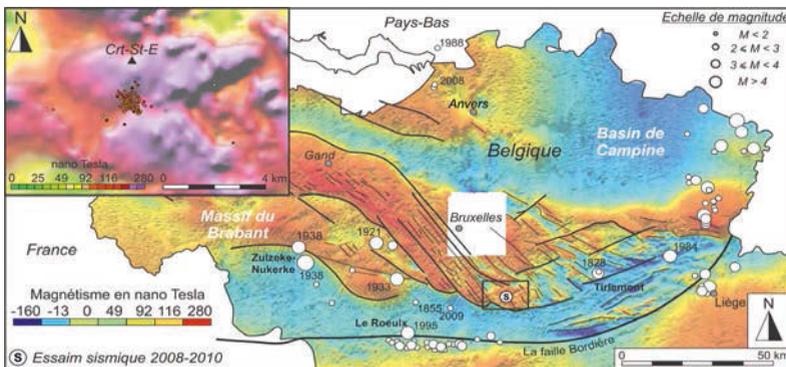


Figure 7 : Les couleurs chaudes de la carte aéromagnétique représentent les endroits où un signal magnétique plus important a été mesuré. Dans le Massif du Brabant, ce signal provient principalement de la Formation de Tubize riche en minéraux magnétiques. Les lignes sombres ont été interprétées comme étant des failles recoupant le Massif du Brabant. L'essaim sismique (S) s'est produit le long d'une plus petite faille. L'encart montre que l'essaim de tremblements de terre se situe entre deux massifs rocheux fortement magnétiques (les zones mauves), et que cette structure est de longueur limitée.

### Plus

Cet article a été écrit suite à la publication des résultats de l'étude sur l'essaim de séismes de Court-Saint-Etienne dans le journal scientifique *Tectonophysics*, recherche financée par la Politique scientifique fédérale (Belspo).

Koen Van Noten, Thomas Lecocq, Anjana K. Shah & Thierry Camelbeeck. 2015. *The seismotectonic significance of the 2008-2010 seismic swarm in the Brabant Massif (Belgium)*, in: *Tectonophysics* 656, 20-38. (article sur le site <http://dx.doi.org/10.1016/j.tecto.2015.05.026>)

### Les auteurs

Koen Van Noten est géologue structuraliste et chercheur post-doctoral FNRS à l'Observatoire royal de Belgique (ORB). Ses recherches sont principalement orientées dans la compréhension du lien entre les séismes et la géologie et sur les raisons pour lesquelles les belges ressentent différemment les séismes en fonction de la géologie locale.

Thomas Lecocq est géologue/sismologue à l'ORB. Il est spécialisé en (volcano-)sismologie et son travail a également pour but de mieux comprendre l'activité volcanique à l'aide de la surveillance sismique.

Thierry Camelbeeck est sismologue et a été chef faisant fonction de la section Séismologie-Gravimétrie de l'ORB entre 2004 et 2015. Ses recherches sont principalement orientées dans l'analyse de l'activité sismique et de ses causes dans les régions continentales dites 'stables'.