

## **LES EFFETS EN BELGIQUE DU TREMBLEMENT DE TERRE DU 22 JUILLET 2002 DANS LE GRABEN DE LA ROER**

Thierry Camelbeeck, Michel Van Camp, Henri Martin, William Van De Putte, Hilde Béatse, Baudouin Bukasa, Stefaan Castelein, Fabienne Collin, Marc Hendrickx, Ali El Bouch, Toon Petermans, Marc Snissaert, Kris Vanneste et Roland Verbeiren (Observatoire Royal de Belgique, avenue circulaire 3, B-1180 Bruxelles).

### INTRODUCTION

Le 22 juillet 2002 à 7h45m (temps local) du matin, de nombreuses personnes ont ressenti en Belgique les mouvements du sol provoqués par un tremblement de terre. Les secousses ont été ressenties le plus fortement dans l'est du pays, mais n'ont provoqué aucun dégât notable. Dans la région bruxelloise, les vibrations ont été ressenties par un nombre important de personnes au repos à l'intérieur des habitations, tandis que peu de personnes se sont rendu compte de l'événement à l'extérieur. Jusqu'à la côte belge, on trouve quelques personnes qui ont signalé avoir ressenti le tremblement de terre. L'épicentre de cet événement sismique a été localisé à Alsdorf, près d'Eschweiler, en Allemagne. Sa magnitude  $M_S$  a été évaluée à 4.6. C'est le plus important séisme dans nos régions depuis celui du 13 avril 1992 à Roermond aux Pays-Bas, dont la magnitude fut  $M_S=5.4$ . Bien que de magnitude comparable à celle du tremblement de terre destructeur du 8 novembre 1983 en région liégeoise, ce séisme n'a provoqué que des dégâts légers dans la zone épiscopale en Allemagne.

A l'occasion de ce tremblement de terre, la section de « séismologie, marées terrestres et gravimétrie » de l'Observatoire Royal de Belgique a disposé de deux outils supplémentaires permettant une meilleure évaluation de l'effet des tremblements de terre sur notre territoire : les 12 stations du réseau d'accéléromètres implantés à partir de 1999 et l'enquête macroséismique publique implémentée sur le site web de l'Observatoire. Dans cet article, nous nous proposons de décrire les effets en Belgique du séisme du 22 juillet 2002 et de montrer quel a été l'apport des données accélérométriques et de l'enquête via l'internet.

### 1. LES PARAMETRES DE LA SOURCE DU TREMBLEMENT DE TERRE

Le tremblement de terre a été localisé à l'aide des mesures des temps d'arrivées des ondes P et S dans les stations des réseaux sismiques allemands, belge et hollandais.

Les différents paramètres obtenus sont :

heure origine : 5h 45m 05.0s  $\pm$  0.3 s UT

latitude N : 50°52.3'  $\pm$  0.6km

longitude E : 6°12.3'  $\pm$  0.6km

profondeur : 13.5 km  $\pm$  0.6 km

Dans le tableau 1, nous avons indiqué les différentes mesures réalisées dans les stations sismiques qui sont reliées par ligne téléphonique ISDN à l'Observatoire.

La magnitude locale déterminée à partir des stations du réseau belge est  $M_L = 5.1 \pm 0.3$ .  
La magnitude de moment déterminée à partir des enregistrements à large bande du réseau régional allemand est  $M = 4.6$

Tableau 1 – Données relatives au tremblement de terre du 22 juillet 2002 pour les stations sismiques reliées en temps réel à l'Observatoire à Uccle

Station	Nom de la station	Distance à l'épicentre (km)	Onde P (m:s)	Onde S (m:s)	Déplacement maximal ( $\mu\text{m}$ )
MEM	Membach	32.5	45:10.94	45:15.12	Saturation
EBN	Eben Emael	37.9	45:11.80	45:16.19	Saturation
LCH	La Chartreuse	49.9	45:13.82	45:20.17	505
STI	Sart Tilman	55.4	45:14.74	45:21.76	Saturation
KLB	Kalborn (L)	86.3	45:19.73	45:29.50	31
GES	Gesves	98.0	45:21.24	45:33.31	26.8
UCC	Uccle	130.2	45:25.86	45:41.37	76
WLF	Walferdange (L)	134.4	45:26.89	45:42.17	69
SNF	Seneffe	141.7	45:27.52	45:44.51	24.6
DOU	Dourbes	143.3	45:27.80	45:45.37	33.9
SKQ	Steenkerque	152.1	45:28.81	45:45.66	16
BOU	Bougnies	168.6	45:31.35	45:51.98	27.3

(L) station implantée au Grand-Duché de Luxembourg

L'épicentre, dont la localisation est indiquée sur les figures 1, 2 et 3 par une étoile, est situé dans le graben de la Roer. Il est vraisemblable qu'avec une profondeur d'environ 13 km, le tremblement de terre ait dû se produire le long de la faille de Rurrand, sur la

bordure est du graben. Le mécanisme au foyer indique un mouvement en faille normale suivant une faille d'orientation approximativement NW-SE avec un pendage de 55° ; ce qui est tout à fait compatible avec cette hypothèse.

Le tremblement de terre du 22 juillet 2002 est donc un tremblement de terre typique de cette région, contribuant à l'affaissement actuel du graben de Roermond qui est bien visible dans la morphologie et la stratigraphie géologique récente.

## 2. LES EFFETS DU SEISME EN BELGIQUE

Un tremblement de terre est caractérisé par la localisation de son hypocentre, qui est le point à l'intérieur de la Terre où s'initie la rupture, et sa magnitude qui fournit une information sur les dimensions de la zone de faille affectée par l'événement. Un tremblement de terre peut également être caractérisé par les effets qu'il a provoqués sur les habitants de la région concernée et sur les éventuels dégâts qu'il y a causés. Il est ainsi utile de connaître les limites de perception du séisme, et, plus important, l'extension de la zone où les secousses ont été les plus fortes. Ces informations sont importantes pour le génie civil et l'aménagement du territoire. A l'heure actuelle, il n'est pas possible de couvrir l'ensemble d'une région avec suffisamment de stations sismiques et accélérométriques (voir ci-dessous) pour permettre une quantification précise des mouvements du sol à l'échelle « locale ». Aussi, se base-t-on sur les effets des vibrations sur l'homme et les objets, ainsi que les dommages au bâti. Ce sont les critères principaux sur base desquels on dresse des cartes dites d'intensité<sup>1</sup>. On peut dire qu'en un lieu donné, en l'absence d'instruments de mesure, ce sont les hommes eux-mêmes et leurs constructions qui font office d'appareil de mesure. Bien que développée avant la naissance des instruments de séismologie, l'évaluation de l'intensité reste très utile pour décrire la complexité des mouvements du sol et la nature des dégâts. Depuis 1932, lors de chaque tremblement de terre ressenti en Belgique, l'Observatoire Royal de Belgique mène une enquête pour établir une carte macroséismique reprenant les effets du séisme sur le territoire belge. Elle est basée principalement sur un questionnaire officiel envoyé aux Administrations Communales de la région touchée par le séisme.

### 2.1 L'ENQUETE OFFICIELLE AUPRES DES ADMINISTRATIONS COMMUNALES

Après le séisme du 22 juillet, l'Observatoire a donc envoyé un formulaire d'enquête à chaque administration communale. Le questionnaire (annexe 1) est destiné à être rempli par une personne décrivant de manière générale les effets du séisme dans la commune considérée. Les questions sont simples et précises, de manière à ce que l'on puisse définir aisément les caractéristiques des secousses. Les trois premières questions concernent la manière dont les secousses ont été ressenties par la population ; les quatre suivantes

---

<sup>1</sup> Il ne faut pas confondre intensité et magnitude (voir Ciel et Terre, vol 115, n°1 janvier-février 1999). La magnitude est directement proportionnelle à l'énergie dégagée par le mouvement de la faille responsable du séisme. L'intensité, exprimée en chiffres romains, est généralement maximale au voisinage de la faille et décroît avec la distance. De nos jours on utilise l'échelle européenne d'intensité macroséismique EMS98, lointaine descendante de l'antique échelle de Mercalli.

tendent à déterminer le mouvement éventuels d'objets usuels et les deux dernières concernent les dégâts éventuels. Si des constatations particulières ont été faites, elles peuvent apparaître en réponse à la question 10. Dans la mesure du possible, nous essayons de poster les questionnaires le jour même du tremblement de terre. Les Administrations Communales répondent en général assez rapidement, mais il faut tout de même attendre au moins 1 mois avant que nous puissions établir un document définitif.

Pour établir cette carte, nous utilisons également tous les moyens d'information disponibles : articles de presse et témoignages écrits ou téléphoniques de la population. En cas de séisme destructeur, des équipes sont également envoyées sur le terrain afin d'y constater les dégâts éventuels et les classer.

Remarquons que ce questionnaire « officiel » est très important dans le cas d'un séisme destructeur parce que la réponse des Administrations Communales peut influencer la délimitation de la zone sinistrée à l'intérieur de laquelle le Ministère de l'Intérieur pourrait décider l'action du fonds des calamités.

Après dépouillement des réponses, nous avons dressé une carte d'intensité macrosismique (figure 1). Nous discuterons cette carte en comparaison avec celle établie à partir de l'enquête sur le web.

## 2.2 L'ENQUETE SUR LE WEB

Les premières enquêtes macrosismiques sur internet ont été proposées en Californie dès 1995. Très vite, le nombre et la rapidité des réponses lors des fréquents séismes de cette région en ont montré l'utilité (Wald et al., 1999). Dès 1999, nous nous sommes inspirés des formulaires d'enquête du service géologique des Etats-Unis, que nous avons adaptés et traduits en français, néerlandais et allemand. Ainsi, lors de l'événement d'Alsdorf, nous avons pu immédiatement activer l'enquête dans nos trois langues nationales, ainsi qu'en anglais. L'adresse internet (<http://www.astro.oma.be/SEISMO/>) a été communiquée aux médias qui ont généralement répercuté l'information. Dans l'après-midi du séisme, plus de 2000 personnes avaient déjà répondu au questionnaire et nous avons pu établir, le jour même du tremblement de terre, une carte préliminaire des effets du séisme dans notre pays. Cette rapidité dans la collecte de l'information nous a également permis de répondre sans délai par la négative au Ministère de l'Intérieur qui nous demandait si ce tremblement de terre devait être considéré comme une calamité naturelle.

Au total, plus de 6000 personnes ont répondu au questionnaire. Nous n'avons pas analysé les réponses provenant des pays voisins et seulement une vingtaine de réponses ont été rejetées par les tests préliminaires indiquant leur incohérence. Nous avons indiqué sur la figure 2 la répartition géographique du nombre de réponse par commune à l'enquête. Les réponses ont bien sûr été plus nombreuses dans les communes de population élevée, mais le nombre de réponses est nettement plus important en Flandre qu'en Wallonie. Il y a également une certaine relation avec la proximité de l'épicentre, et donc de l'importance des secousses, comme le montre la décroissance du nombre de réponse vers le sud-ouest (en région wallonne). Il est également intéressant de noter que même à grande distance de la source, en des endroits où les vibrations n'ont pas été ou ont été faiblement ressenties, un certain nombre de réponses ont été obtenues (Arlon, Oostende, Knokke,...).

Comment évalue t-on l'intensité à partir d'un questionnaire ? Certaines questions sont à choix multiples. A chacune des réponses possibles est associée une valeur qui est d'autant

plus grande que l'effet considéré du tremblement de terre est important. Ces valeurs sont introduites dans une formule, calibrée pour les tremblements de terre en Californie, et dont le résultat est un nombre réel approchant l'intensité observée.

Comment une intensité est-elle associée à une localité ? Pour tous les questionnaires d'une localité, après avoir éliminé les réponses incohérentes, la moyenne des valeurs obtenues est calculée et arrondie au nombre entier le plus proche. Celui-ci représente la valeur d'intensité pour la localité considérée.

Nous n'avons considéré que les communes où au moins trois réponses valides ont été enregistrées. La figure 3 montre les résultats de cette enquête, que l'on peut comparer aux résultats de l'enquête classique (figure 1). L'intensité maximale observée est IV dans l'échelle EMS-98 (Grünthal, 2001), ce qui correspond à une secousse largement observée. Elle est ressentie à l'intérieur des habitations par de nombreuses personnes, par peu de gens à l'extérieur. Quelques personnes peuvent être réveillées. Les fenêtres, les portes et la vaisselle vibrent. Normalement, aucun dégât ne se produit à un tel degré d'intensité. Cependant, la notion d'intensité est statistique, ce qui signifie qu'il n'est pas impossible d'avoir des cas isolés de dégâts très légers. Le nombre de communes où l'intensité IV a été observée est plus faible dans le cas de l'enquête par le web. Ces communes dessinent plus ou moins un arc de cercle centré sur l'épicentre du séisme et dont le rayon maximal est d'environ 45 km. A plus grande distance, cette intensité semble avoir été observée dans quelques communes isolées, dont quelques unes se situent dans une direction WSW par rapport au foyer du tremblement de terre. L'enquête officielle confirme que les effets du séisme semblent avoir été plus importants suivant cette direction. En comparant les deux cartes, deux observations importantes sont : 1) la carte sur le web semble plus homogène en terme d'intensité ; 2) la carte sur le web fournit probablement une meilleure évaluation de la zone de perceptibilité du tremblement de terre. Ces différences proviennent vraisemblablement des différences de conception des deux types d'enquêtes. A l'inverse de l'enquête sur le web qui est basée sur un questionnaire individuel, l'enquête officielle est basée sur un questionnaire unique par commune, dans lequel doivent être reportées des informations globales sur les effets de la secousse. La qualité des réponses dépendra très fortement du zèle mis par le fonctionnaire chargé de le remplir à s'informer des effets du séisme dans sa commune. Ceci peut ainsi expliquer d'une part l'hétérogénéité des réponses, et d'autre part, que dans de nombreuses communes où l'intensité II (secousse ressentie uniquement par quelques personnes au repos dans les maisons) aurait dû être notée, la réponse au questionnaire indique que la secousse n'a pas été ressentie. La qualité de l'enquête sur le web devrait donc être meilleure pour autant que l'échantillonnage par commune soit suffisamment élevé.

### 3. LES DONNEES ACCELEROMETRIQUES

Le tremblement de terre à Liège (8 novembre 1983) a rappelé que nos régions peuvent être affectées par des séismes destructeurs et qu'il était nécessaire de mieux comprendre cette activité sismique. Depuis, de nombreuses recherches ont été menées à l'Observatoire Royal de Belgique pour mieux connaître l'aléa sismique dans nos régions, c'est-à-dire la probabilité que des niveaux d'accélération du sol ne soient pas dépassés en

un endroit donné durant un intervalle de temps donné. D'autre part, nous avons montré dans le n°1 du vol 115 de Ciel et Terre (janvier-février 1999) que des études historiques et paléosismologiques récentes suggèrent que des séismes beaucoup plus importants (magnitude supérieure ou égale à 6.0) peuvent se produire dans nos régions.

Pour établir des cartes d'aléa sismique et calculer l'impact de ces grands tremblements de terre, il est nécessaire de connaître les accélérations du sol (« *mouvements forts* ») dans les zones affectées. Celles-ci peuvent atteindre des valeurs de quelques dixièmes de l'accélération de la pesanteur (g). Il est également indispensable de rechercher les effets de l'atténuation des ondes en fonction de la distance, ainsi que la réponse locale du sol aux séismes, c'est-à-dire les effets de site.

Lors des tremblements de terre de Liège et de Roermond, il n'a pas été possible de mesurer les mouvements du sol ressentis dans la zone épiscopale, où des dégâts parfois importants ont été observés. Des problèmes similaires se posent au voisinage de l'épicentre de séismes de magnitude  $M_S \geq 3.5$ , où les accélérations qui dépassent 0,05 g saturent les sismomètres. C'est ce qui a conduit les sismologues et ingénieurs européens à mettre en œuvre des réseaux d'accéléromètres pour enregistrer les mouvements forts du sol dans les zones sismiques du nord-ouest de l'Europe. Par ailleurs, les enregistrements de tels mouvements effectués à l'étranger ont montré que leur complexité était bien plus grande qu'attendue et il est donc important de disposer d'un nombre important de données.

A cette fin, douze accélérographes ont été installés dans des zones sensibles de notre pays, à savoir dans les provinces de Liège, du Limbourg et du Hainaut (tableau 2). Le choix de ces emplacements a pris en considération les différents types de sol, de même que la présence d'ouvrages de génie civil. La plupart des stations de mesures se trouvent dans des bâtiments communaux afin de garantir la continuité des mesures et un accès aisé. Cinq accélérographes devront encore être installés dans les mois à venir. Un accélérographe comprend d'une part l'accéléromètre proprement dit, capteur qui mesure les composantes horizontales et verticale des accélérations du sol et d'autre part un système numérique d'acquisition de données, un récepteur GPS, un modem, ainsi qu'une batterie. Le GPS fournit l'heure exacte, indispensable pour la localisation des séismes, le modem permet de contrôler l'instrument à distance, et la batterie assure une autonomie de 36 heures en cas de coupure de courant. Fondamentalement, accéléromètre et sismomètre sont très semblables : le capteur consiste généralement en une masse suspendue à un ressort. Des différences apparaissent au niveau de la fréquence propre des suspensions et de l'électronique de mesure, qui impliquent que le sismomètre fournit habituellement la vitesse du sol, et l'accéléromètre, l'accélération du sol. Nettement moins sensible, l'accéléromètre peut mesurer des accélérations du sol équivalentes à l'accélération de la pesanteur  $g^{(2)}$ .

Ce projet scientifique constitue un complément indispensable aux études réalisées à l'Observatoire Royal de Belgique en matière de prévention du risque sismique et jouera un grand rôle dans l'analyse détaillée des mécanismes au foyer (directivité de la source et complexité de la faille crustale). Ceci permettra de mieux contraindre les cartes d'intensité macrosismique, mais aussi de compléter les cartes d'aléa sismique et de

---

<sup>2</sup> Pour se donner une idée de la violence d'un tel mouvement, une accélération vers le haut équivalente à 1 g implique que les objets posés au sol sont projetés vers le haut.

répondre aux nombreuses questions formulées par le public (bureaux d'études en génie civil, architectes, centres techniques, administrations publiques, ...).

Lors du séisme du 22 juillet 2002, ce réseau était opérationnel. Malgré l'éloignement de l'hypocentre, 8 accéléromètres ont pu fournir, pour la première fois en Belgique, des enregistrements d'accélération du sol. Vu la faiblesse relative des signaux, seules les ondes S ont atteint une amplitude suffisante pour déclencher les accélérographes. De ce fait, nous ne disposons pas d'enregistrement accélérométrique des ondes de compression P qui les ont précédées<sup>3</sup>.

La tableau 2 reprend les accélérations (en % de g) maximales mesurées aux différentes stations qui ont déclenché. Strépy-Thieu, Sart-Tilman et La Chartreuse n'ont pas enregistré l'événement car leur niveau de déclenchement était trop élevé. En effet, le réglage de la sensibilité des instruments varie d'un endroit à l'autre, en fonction du niveau de bruit local (par exemple, les travaux d'achèvement aux ascenseurs de Strépy-Thieu génèrent des vibrations qui nous ont obligé à relever le seuil de détection). Quant à Kinrooi, l'instrument, qui venait d'être installé, s'est avéré défectueux et a été remplacé depuis. A Bree, l'accélérographe a tardé à déclencher lors de l'arrivée des ondes S. La cause en est la faiblesse relative du signal, ainsi que son contenu en fréquence. En effet, les accélérographes, dotés de filtres, ne sont sensibles qu'à une certaine partie du signal, ceci afin d'éviter des déclenchements intempestifs. Ceci explique que les accélérographes ne déclenchent pas nécessairement sur les pics les plus élevés et partant, le niveau relativement bas de l'accélération mesurée à Bree.

L'événement d'Alsdorf a été le premier à être enregistré sur notre réseau d'accéléromètres (figure 4) et a constitué un excellent test du bon fonctionnement du réseau qui est encore en phase de développement et d'extension.

## REFERENCES

G.Grünthal (éditeur) (2001). L'échelle macrosismique européenne EMS-98. *Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de sismologie*, vol 19, 103 pages.

Wald D.J., Quitoriano V., Dengler L. and Dewey J.W. (1999). Utilization of the internet for rapid community intensity maps. *Seismological Research Letters*, **70**, 680-693.

## REMERCIEMENTS

L'installation des accéléromètres n'aurait pas été possible sans l'accueil et la collaboration de la Faculté Polytechnique de Mons, du Ministère Wallon de l'Équipement et des Transports (Strépy-Thieu), ainsi que des communes de Bree, Chapelle-lez-Herlaimont, La Louvière, Liège, Maaseik et Saint-Nicolas. Nous remercions chaleureusement toutes les personnes qui nous y ont apporté l'aide nécessaire.

---

<sup>3</sup> Lors d'un séisme, les premières ondes qui arrivent en une station donnée sont les ondes de compression P, d'amplitude inférieure aux ondes de cisaillement S. Dans la croûte terrestre, la vitesse de ces ondes est d'environ 6 km/s (P) et 3.4 km/s (S).

Tableau 2. Liste des accélérographes en Belgique, date d'installation et accélération maximale mesurée lors du séisme d'Alsodorf. Les stations en projet sont en italique (n.d. = non disponible).

Province	Commune	Lieu	Mise en service	Accélération le 22/07/2002 (% g)	Distance à l'épicentre (km)
Brabant	<i>Uccle</i>	<i>O.R.B. (Pavillon)</i>	<i>2003</i>	-	-
Hainaut	Chapelle-lez-Herlaimont	Maison communale	10/2001	0.22	143
	La Louvière	Maison communale	08/2001	0.36	149
	Mons	Faculté polytechnique	05/2001	0.25	166
	Strépy-Thieu	Ascenseur à bateaux	01/2002	n.d.	155
Liège	Ans (Alleur)	Maison particulière	09/1999	1.12	53
	<i>Baelen (Membach)</i>	<i>Station O.R.B.</i>	<i>2003</i>	-	-
	Liège (Bressoux)	Ancienne mine de La Chartreuse	05/1999	n.d.	49
	Saint-Nicolas	Crèche communale	03/2002	0.74	54
	Liège (Sainte-Walburge)	Ecole communale	03/2002	1.01	50
	Liège (Sart-Tilman)	LGIH-Bâtiment B19	06/1999	n.d.	55
Limbourg	Bree	Maison communale	09/2001	0.38	50
	Kinrooi	Maison communale	06/2002	n.d.	43
	Maaseik	Maison communale	09/2001	0.64	39



# ANNEXE 1

## **OBSERVATOIRE ROYAL DE BELGIQUE**

### **Tremblement de terre du :** **REGION DE**

PROVINCE :

COMMUNE :

### **QUESTIONNAIRE.**

**NOMBRE D'HABITATIONS DANS VOTRE COMMUNE .....**

**1. LE TREMBLEMENT DE TERRE A-T-IL ETE OBSERVE? ( ) OUI ( ) NON**

**2a. DES VIBRATIONS ONT-ELLES ETE RESENTIES A L'INTERIEUR DES HABITATIONS?**

FORTEMENT ( ) Par tous ( ) Par Beaucoup ( ) Par quelques-uns  
FAIBLEMENT ( ) Par tous ( ) Par Beaucoup ( ) Par quelques-uns

**2b. DES VIBRATIONS ONT-ELLES ETE RESENTIES A L'EXTERIEUR DES HABITATIONS?**

FORTEMENT ( ) Par tous ( ) Par Beaucoup ( ) Par quelques-uns  
FAIBLEMENT ( ) Par tous ( ) Par Beaucoup ( ) Par quelques-uns

**3. DES PERSONNES SONT-ELLES SORTIES DES HABITATIONS.**

( ) NON ( ) OUI- Quelques-unes ( ) OUI - beaucoup

**4. DES OBJETS SUSPENDUS ONT-ILS OSCILLE? ( ) OUI ( ) NON**

**5. DE PETITS OBJETS ONT-ILS VIBRE? ( ) OUI ( ) NON**  
ONT-ILS ETE DEPLACES? ( ) OUI ( ) NON  
SONT-ILS TOMBES DE MEUBLES? ( ) OUI ( ) NON

**6. DES PORTES ET VITRES ONT-ELLES VIBRE? ( ) OUI ( ) NON**  
ONT-ELLES CLAQUE? ( ) OUI ( ) NON  
DES VITRES SE SONT-ELLES BRISEES? ( ) OUI ( ) NON

**7. DU MOBILIER A-T-IL - VIBRE? ( ) OUI ( ) NON**  
- ETE DEPLACE? ( ) OUI ( ) NON  
- ETE RENVERSE? ( ) OUI ( ) NON  
SI OUI, LEQUEL?

**8. DES MURS ONT-ILS ETE ENDOMMAGES?**

( ) SIMPLES FISSURES ( ) LEZARDES PROFONDES  
( ) RENVERSEES ( ) NEANT

**9. DES CHEMINEES ONT-ELLES ETE ABATTUES? ( ) OUI ( ) NON**

SI OUI, COMBIEN PARTIELLEMENT :  
TOTALEMENT :

**10. SI D'AUTRES CONSTATATIONS ONT ETE FAITES LORS DU TREMBLEMENT DE TERRE, POUVEZ-VOUS NOUS LES DETAILLER**

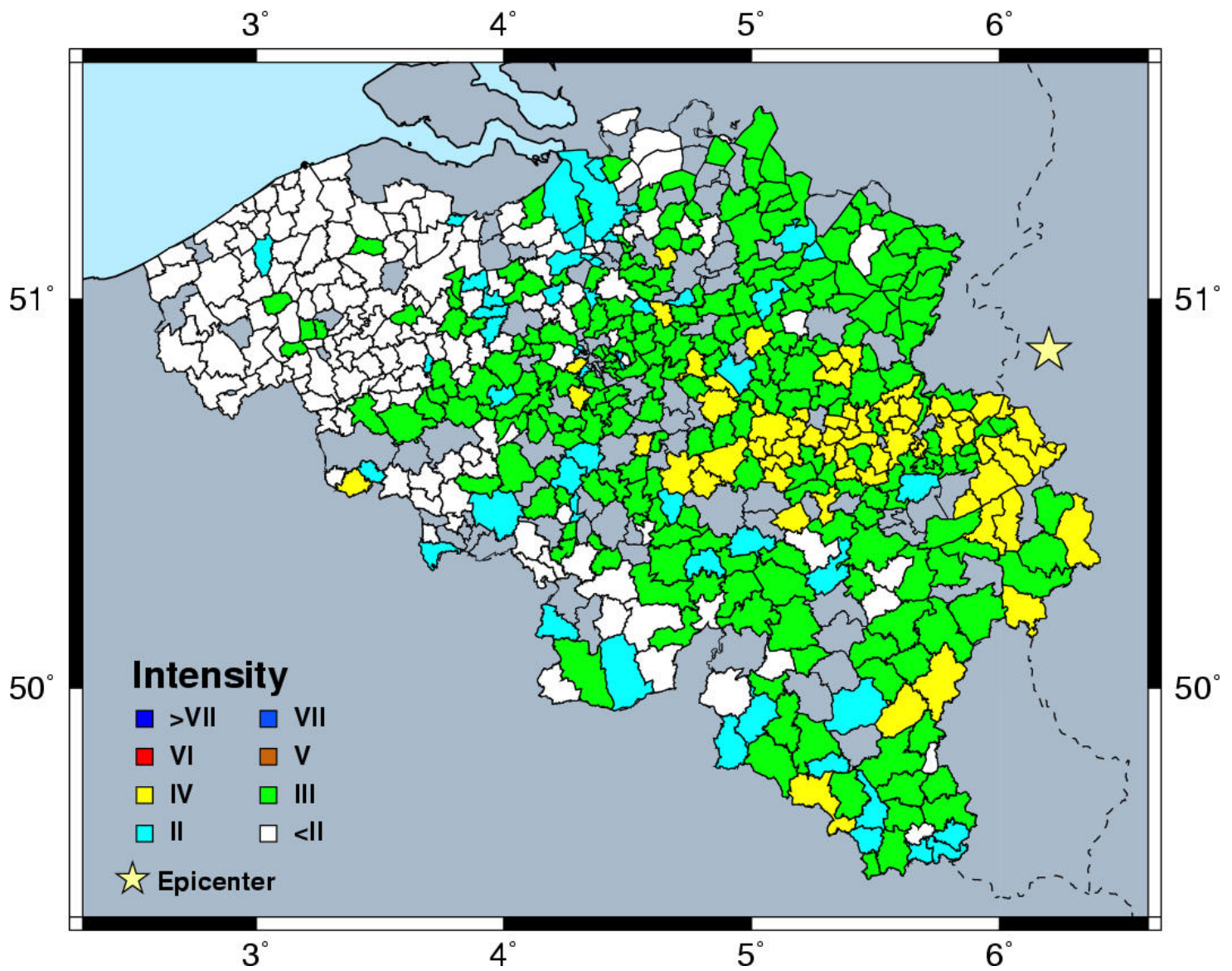


Figure 1. Tremblement de terre du 22 juillet 2002 – Carte macroséismique établie à partir de l'enquête officielle.

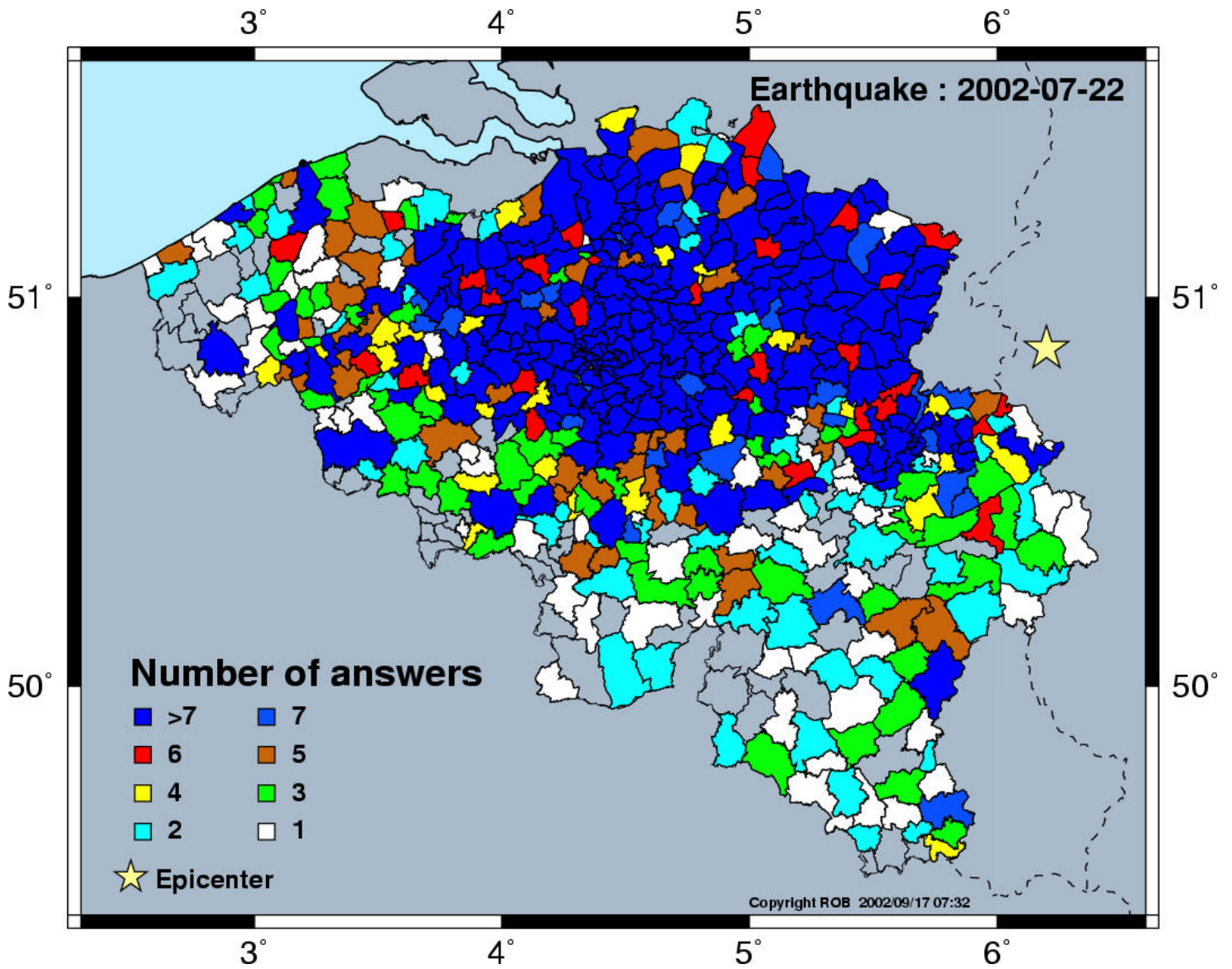


Figure 2. Tremblement de terre du 22 juillet 2002. Nombre de réponse par commune au questionnaire sur internet.



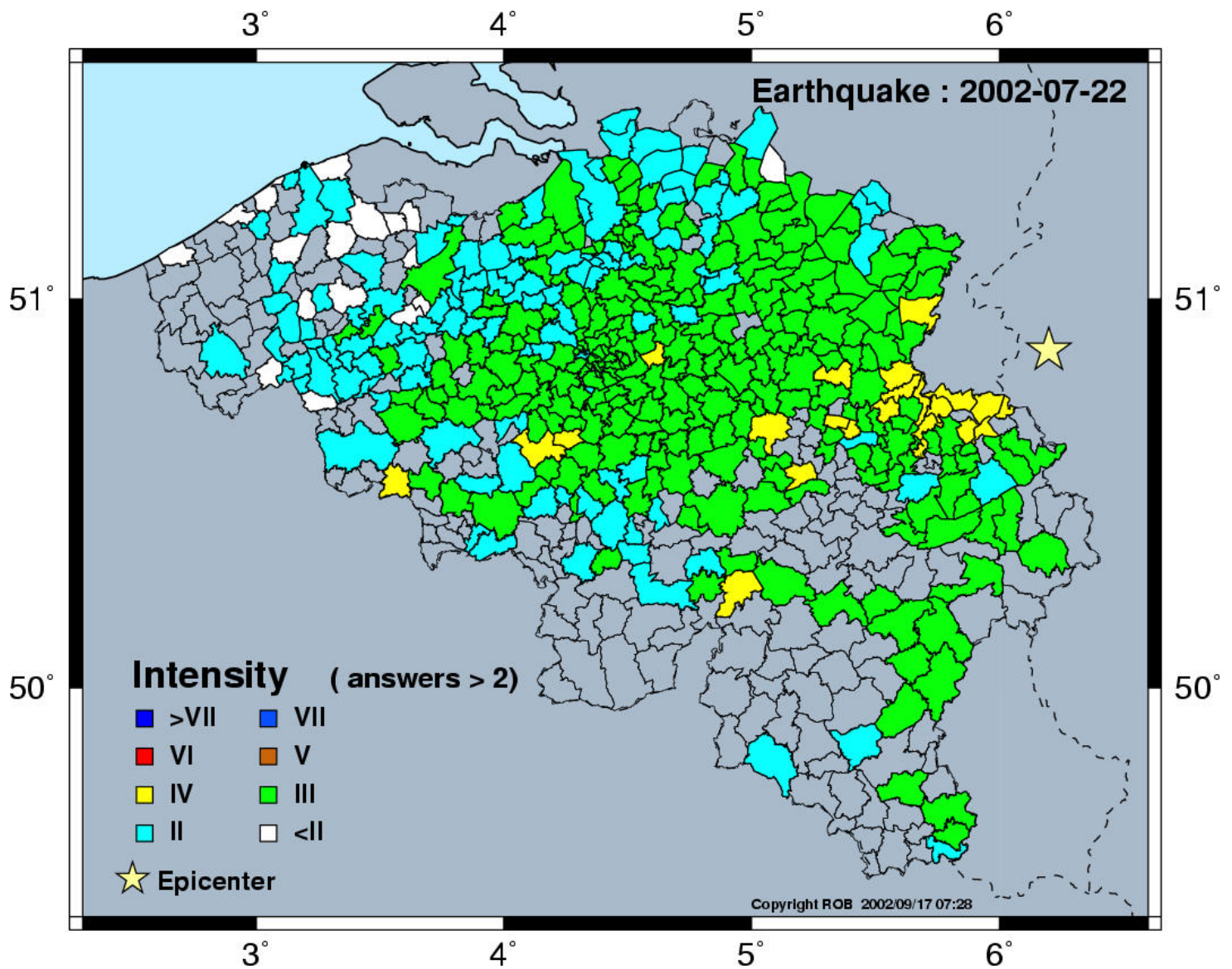


Figure 3. Tremblement de terre du 22 juillet 2002 – Carte macroséismique établie à partir de l'enquête sur internet. Seules sont notées les communes pour lesquelles au moins trois réponses ont été reçues.

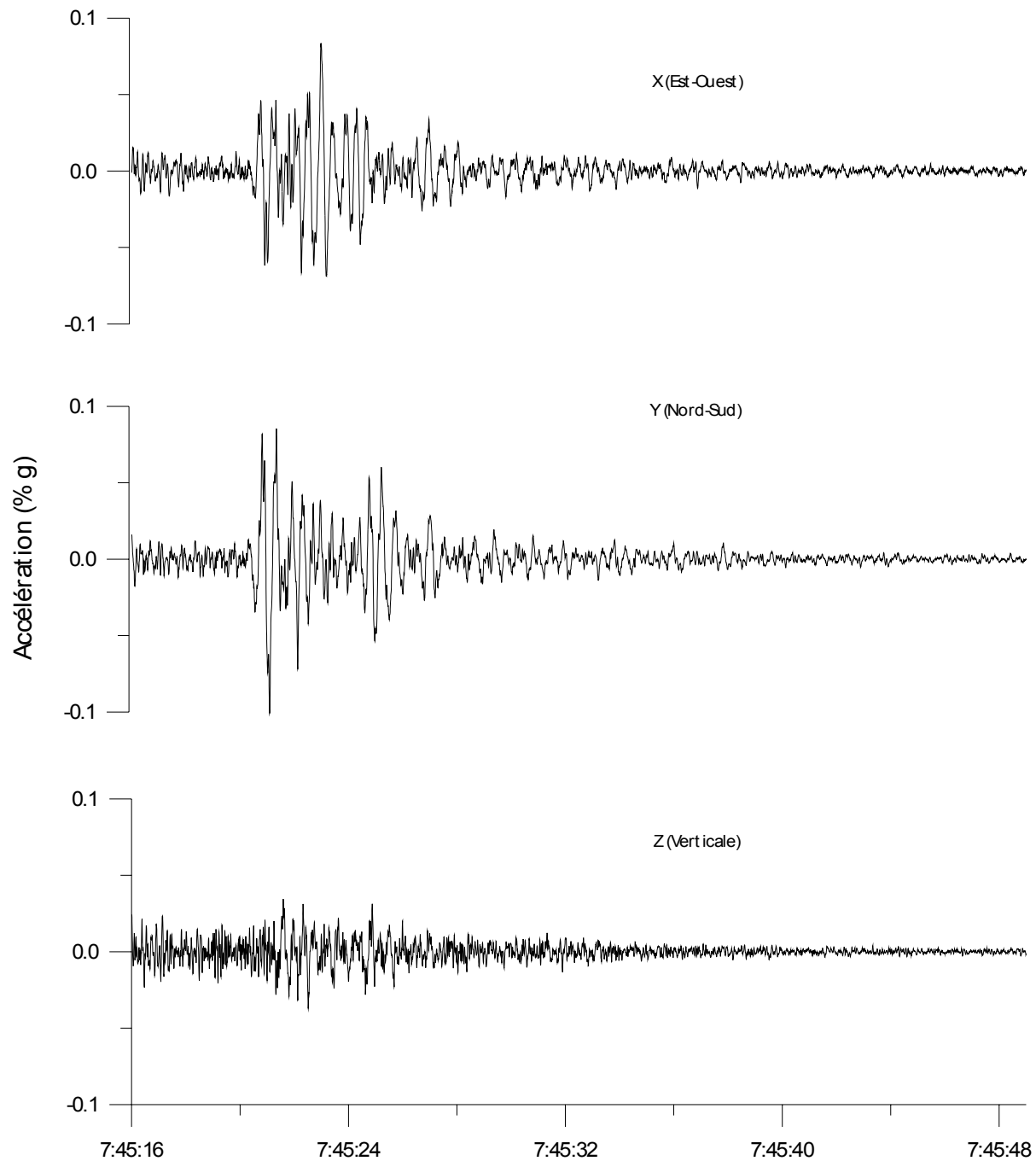


Figure 4. Accélérations mesurées à Sainte-Walburge suivant les trois composantes du mouvement du sol. On observe sur le graphique la coda de l'onde P, suivie de l'onde S, bien marquée sur les deux composantes horizontales.