

DE AARDBEVING VAN 22 JULI 2002 IN DE ROERDALSLENK EN DE EFFECTEN ERVAN IN BELGIË

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 en Roland Verbeiren (Koninklijke Sterrenwacht van België, Ringlaan 3, B-1180 Brussel).

INLEIDING

Op 22 juli 2002, om 7h45 (plaatselijke tijd) 's ochtends, hebben heel wat mensen in België bodemtrillingen gevoeld die waren veroorzaakt door een aardbeving. De schokken werden het sterkst gevoeld in het oosten van het land, maar hebben er geen enkele schade aangericht. In de omgeving van Brussel werden de trillingen gevoeld door een aanzienlijk aantal personen in rust binnenshuis, terwijl buitenshuis slechts weinig mensen de aardbeving opgemerkt hebben. Tot aan de Belgische kust zijn er enkele personen die deze aardbeving hebben gemeld. Het epicentrum van de beving werd gelokaliseerd te Alsdorf, nabij Eschweiler, in Duitsland. De M_S -magnitude werd berekend op 4.6. Het is de belangrijkste aardbeving in onze regio sedert deze van 13 april 1992 te Roermond in Nederland, waarvan de M_S -magnitude 5.4 bedroeg. Ondanks het feit dat de magnitude vergelijkbaar was met de vernietigende aardbeving van 8 november 1983 in de omgeving van Luik, heeft deze aardbeving enkel lichte schade veroorzaakt in de epicentrale zone in Duitsland.

Voor deze aardbeving beschikte de afdeling "Seismologie, Aardgetijden en Gravimetrie" van de Koninklijke Sterrenwacht van België over twee nieuwe middelen die een betere evaluatie van het effect van aardbevingen op ons grondgebied mogelijk maken: de 12 stations van het accelerometer-netwerk die in gebruik genomen werden vanaf 1999, en de openbare macroseismische enquête op de website van de Sterrenwacht. In dit artikel schetsen we de effecten van de aardbeving van 22 juli 2002 in België en tonen we hoe de accelerometer-gegevens en de internet-enquête bijgedragen hebben tot onze analyse.

1. DE PARAMETERS VAN DE AARDBEVINGSBRON

De aardbeving werd gelokaliseerd aan de hand van de aankomsttijden van de P- en S-golven⁽¹⁾ in de stations van de Duitse, Belgische en Nederlandse seismische netwerken. Hieruit werden de volgende parameters berekend:

oorsprongtijd : 5h 45m 05.0s \pm 0.3 s UT
noorderbreedte : 50°52.3' \pm 0.6km

⁽¹⁾ Bij een aardbeving zijn de eerste golven die een gegeven station bereiken de druk- of P-golven, die een lagere amplitude hebben dan de schuif- of S-golven. In de aardkorst bedraagt de snelheid van deze golven ongeveer 6.0 km/s (P) en 3.4 km/s (S).

oosterlengte : $6^{\circ}12.3' \pm 0.6\text{km}$
diepte : $13.5 \text{ km} \pm 0.6 \text{ km}$

De meetwaarden in de seismische stations die direct verbonden zijn met de Sterrenwacht via een telefonische ISDN-lijn, zijn weergegeven in Tabel 1.

De lokale magnitude (M_L), berekend op basis van de stations van het Belgische netwerk, bedraagt 5.1 ± 0.3 . De momentmagnitude (M_W) die bepaald werd aan de hand van breedband-registraties van het regionale Duitse netwerk bedraagt 4.6.

Het epicentrum, met een ster aangegeven op de kaart in Figuur 1, was gesitueerd in de Roerdalslenk. Gezien de diepte van 13 km is het waarschijnlijk dat de aardbeving ontstond langs de Roerrandbreuk, aan de oostrand van de slenk. Het haardmechanisme geeft een beweging aan langs een normale breuk, bij benadering NW-ZO georiënteerd, en met een helling van 55° , wat volledig in overeenstemming is met deze hypothese.

De aardbeving van 22 juli 2002 is dus een typische aardbeving voor deze regio, die bijdraagt aan de actuele subsidentie van de Roerdalslenk. Deze subsidentie is goed zichtbaar in de morfologie en in de recente geologische stratigrafie.

2. DE EFFECTEN VAN DE AARDBEVING IN BELGIË

Een aardbeving wordt gekenmerkt door zijn hypocentrum en door zijn magnitude. Het hypocentrum is het punt binnenin de aarde waar de breuk ontstaat, terwijl de magnitude informatie verschaft over de afmetingen van de breukzone die door de aardbeving in beweging komt. Een aardbeving kan ook gekarakteriseerd worden aan de hand van zijn intensiteit⁽²⁾, dit is een maat voor de effecten die de beving veroorzaakt heeft op de inwoners van de getroffen regio en voor de schade die er eventueel aangericht werd. Daarom is het nuttig de grenzen te kennen tot waar de aardbeving is waargenomen, en, nog belangrijker, de omvang van de zone waar de schokken het hevigst waren. Deze informatie is belangrijk voor openbare werken en de ruimtelijke ordening van het gebied.

Momenteel is het niet mogelijk om het hele grondgebied te voorzien van voldoende seismische stations en accelerometers (zie hieronder) om een precieze bepaling van de bodembewegingen op "lokale" schaal toe te laten. Daarom baseren we ons ook op de effecten van de trillingen op de mens en op voorwerpen, alsook op schade aan gebouwen. Dit zijn de belangrijkste criteria voor het opstellen van zogenaamde macroseismische kaarten. We kunnen dus stellen dat op plaatsen waar zich geen meetinstrumenten bevinden, het de mensen zelf zijn en hun constructies die dienst doen als meetapparatuur! Hoewel deze methode ontwikkeld werd vóór de ontwikkeling van seismologische instrumenten, blijft de evaluatie van de intensiteit zeer nuttig om de complexiteit van

⁽²⁾ Men mag intensiteit niet verwarren met magnitude. De magnitude is recht evenredig met de energie die vrijkomt door de beweging van de breuk die de aardbeving veroorzaakt. De intensiteit, aangegeven met een Romeins cijfer, is gewoonlijk maximaal in de buurt van de breuk en neemt af met de afstand. Tegenwoordig maakt men gebruik van de Europese macroseismische intensiteitsschaal EMS-98, afgeleid van de vroegere schaal van Mercalli.

bodembewegingen en de aard van de aangerichte schade te beschrijven. Sedert 1932 voert de Koninklijke Sterrenwacht van België een enquête uit bij elke aardbeving die in België gevoeld werd, zodat telkens een macroseismische kaart kan opgesteld worden die de effecten van de aardbeving in België weergeeft. Deze enquêtes waren tot nog toe hoofdzakelijk gebaseerd op een officiële vragenlijst die verstuurd wordt naar de gemeentelijke overheden van de regio waar de aardbeving gevoeld werd.

2.1 DE OFFICIËLE ENQUÊTE BIJ DE GEMEENTELIJKE OVERHEDEN

Na de aardbeving van 22 juli 2002 heeft de Sterrenwacht een enquêteformulier opgestuurd naar alle steden en gemeenten. Het is de bedoeling dat de antwoorden op deze vragenlijst (zie bijlage 1) de effecten van de aardbeving in de betrokken gemeente op een algemene manier beschrijven. De vragen zijn eenvoudig en precies gesteld, opdat men de karakteristieken van de schokken gemakkelijk zou kunnen bepalen. De eerste drie vragen gaan over de manier waarop de schokken waargenomen werden door de bevolking; de vier volgende over de beweging van bepaalde voorwerpen, en de laatste twee over de eventuele schade. Eventuele opmerkelijke vaststellingen kunnen vermeld worden als antwoord op vraag 10. In de mate van het mogelijke proberen we de vragenlijsten te versturen op de dag van de aardbeving zelf. Over het algemeen antwoorden de gemeenten snel, maar toch duurt het minstens een maand vooraleer een definitieve kaart opgemaakt kan worden. Hierbij maken we ook gebruik van alle mogelijke bijkomende informatiebronnen, o.a. persartikelen en geschreven of telefonische getuigenissen van de bevolking. Bij een destructieve aardbeving worden tevens ploegen uitgezonden op het terrein om de schade op te meten en te classificeren. In het geval van een dergelijke ramp is de “officiële” vragenlijst buitengewoon belangrijk, aangezien het antwoord van de gemeentelijke overheid de begrenzing van het gebied kan beïnvloeden dat door de Minister van Binnenlandse Zaken erkend wordt als rampgebied.

Na het doornemen van de antwoorden op de vragenlijst i.v.m. de aardbeving van 22 juli 2002 hebben we een macroseismische intensiteitskaart opgesteld (Figuur 2). We zullen deze kaart verderop bespreken in vergelijking met de kaart die kon worden opgesteld op basis van de internet-enquête.

2.2 DE INTERNET-ENQUÊTE

De eerste macroseismische enquêtes op internet werden in 1995 geïntroduceerd in Californië. De talrijkheid en de snelheid van de antwoorden na de vele aardbevingen in deze regio bewezen al snel het nut van deze internet-enquêtes (Wald et al., 1999). Vanaf 1999 hebben wij ons hierdoor laten inspireren, en hebben we de enquêteformulieren van de Geologische Dienst van de Verenigde Staten (USGS) aangepast en vertaald in het Frans, Nederlands en Duits. Zo konden wij op het moment van de aardbeving van Alsdorf de enquête onmiddellijk activeren in de drie landstalen, alsook in het Engels. Het internetadres (<http://www.astro.oma.be/SEISMO/>) werd meegedeeld aan de media, die de informatie over het brede publiek verspreid hebben. ‘s Namiddags hadden al meer dan

2000 personen de vragenlijst beantwoord, wat het mogelijk maakte, dezelfde dag nog, een voorlopige kaart met de effecten van de aardbeving in ons land op te stellen. Door de snelheid waarmee deze informatie ingezameld werd, konden we ook onmiddellijk een negatief antwoord geven op de vraag van de Minister van Binnenlandse Zaken of deze aardbeving als een natuurramp beschouwd moest worden.

In totaal hebben meer dan 6000 personen de vragenlijst beantwoord. Antwoorden afkomstig uit buurlanden werden niet geanalyseerd, en slechts een twintigtal antwoorden werden wegens incoherentie verworpen door een automatische testprocedure. Figuur 3 geeft de geografische verdeling van het aantal antwoorden per gemeente weer. Het aantal antwoorden was uiteraard groter in de gemeenten met een groter aantal inwoners, maar er kwamen ook duidelijk meer antwoorden uit Vlaanderen dan uit Wallonië. Er is eveneens een zeker verband met de nabijheid van het epicentrum, en dus met de hevigheid van de schokken, zoals de afname van het aantal antwoorden naar het zuidwesten toe (in de Waalse regio) aantoont. Opmerkelijk is ook dat zelfs uit gebieden op grote afstand van de bron, waar de trillingen niet of slechts licht gevoeld werden (Arlon, Oostende, Knokke, ...), antwoorden binnenliepen.

Hoe evalueren we de intensiteit op basis van een enquête? Sommige vragen zijn meerkeuzevragen. Aan elk mogelijk antwoord wordt een waarde toegekend die groter is naargelang het beschouwde effect van de aardbeving belangrijker is. Deze waarden worden ingevoerd in een formule, die gekalibreerd is voor de aardbevingen in Californië, en waarvan het resultaat een reëel getal is dat de waargenomen intensiteit benadert. Het toekennen van een intensiteitswaarde aan een bepaalde locatie gebeurt als volgt. Na eliminatie van de incoherente antwoorden wordt voor alle vragenlijsten afkomstig van die locatie het gemiddelde van de verkregen waarden berekend en afgerond tot het dichtste geheel getal. Dit getal vertegenwoordigt de intensiteitswaarde voor de beschouwde plaats.

We hebben enkel de gemeenten weerhouden waarvoor ten minste drie geldige antwoorden werden bekomen. Figuur 4 toont de resultaten van deze enquête, die we nu kunnen vergelijken met de resultaten van de klassieke enquête in Figuur 2. De maximaal waargenomen intensiteit bedraagt IV op de EMS-98-schaal (Grünthal, 1998), wat in overeenstemming is met een beving die over een vrij uitgestrekt gebied kon worden waargenomen. De aardshok werd door een groot aantal inwoners binnenshuis gevoeld, maar door slechts weinigen buitenshuis. Enkele personen kunnen wakker geworden zijn. Trilling van ramen, deuren en vaatwerk werd waargenomen. Normaal gezien doet zich geen schade voor bij een dergelijke intensiteitsgraad. Intensiteit is echter een statistisch begrip, wat betekent dat geïsoleerde gevallen met zeer lichte schade niet onmogelijk zijn. Het aantal gemeenten waar intensiteit IV waargenomen werd, is kleiner bij de internet-enquête. Deze gemeenten vormen min of meer een cirkelboog, gecentreerd rond het epicentrum van de aardbeving en met een straal van maximaal ongeveer 45 km. Op grotere afstand blijkt deze intensiteit nog waargenomen te zijn in enkele geïsoleerde gemeenten, waarvan enkele zich ten west-zuidwesten van de aardbevingshaard bevinden. De officiële enquête bevestigt dat de effecten van de aardbeving belangrijker lijken in deze richting. Wanneer we beide kaarten vergelijken, kunnen we twee belangrijke punten

opmerken: 1) de kaart via het internet lijkt homogener op het vlak van intensiteit; 2) de kaart via het internet geeft waarschijnlijk een beter beeld van de zone waar de aardbeving waargenomen kon worden. Deze verschillen zijn waarschijnlijk het resultaat van de verschillende benaderingswijze van de beide enquêtes. In tegenstelling tot de internet-enquête, die gebaseerd is op een individuele vragenlijst, stoelt de officiële enquête op één enkele vragenlijst per gemeente, waarin de algemene informatie over de effecten van de schok opgenomen moeten worden. De kwaliteit van de antwoorden zal zeer sterk afhangen van de inspanning van de functionaris die de enquête invult om zich te informeren over de effecten van de aardbeving in zijn gemeente. Dit kan enerzijds de heterogeniteit van de antwoorden verklaren, en anderzijds dat in een groot aantal gemeenten waar volgens de officiële enquête de schok niet gevoeld werd, eigenlijk een intensiteit II (schok enkel gevoeld door sommige personen in rust binnenshuis) genoteerd had moeten worden. De kwaliteit van de internet-enquête zou dus beter moeten zijn voor zover ze door voldoende mensen per gemeente ingevuld werd.

3. DE GEGEVENS VAN HET ACCELEROMETER-NETWERK

De aardbevingen van Luik (8 november 1983) en van Roermond (13 april 1992) herinneren er ons aan dat ook onze streken door destructieve aardbevingen getroffen kunnen worden, en dat het noodzakelijk is deze seismische activiteit beter te begrijpen. Sedertdien werden op de Koninklijke Sterrenwacht van België meerdere studies verricht om het seismisch risico in onze gebieden beter te kennen. Met seismisch risico wordt bedoeld de waarschijnlijkheid dat een bepaalde waarde van de bodemversnelling niet overschreden wordt binnen een gegeven tijdsinterval. Bovendien suggereren recente historische en paleoseismologische studies dat zich nog veel krachtigere aardbevingen (magnitude ≥ 6.0) kunnen voordoen in onze regio's. Om kaarten van het seismische risico op te stellen en de impact van dergelijke grote aardbevingen te berekenen is het nodig de bodemversnellingen ("*strong motions*") te kennen in de getroffen zones. Deze versnellingen kunnen enkele tienden van de zwaartekracht (g) bedragen. Het is eveneens noodzakelijk de demping van de golven in functie van de afstand tot het epicentrum te onderzoeken, alsook de zogenaamde site-effecten, dit is de plaatselijke respons van de bodem op aardbevingen.

Tijdens de aardbevingen van Luik en Roermond was het niet mogelijk de bodembewegingen te meten in de epicentrale zone, waar soms belangrijke schade werd vastgesteld. Gelijkaardige problemen stellen zich rond het epicentrum van aardbevingen met een magnitude $M_S \geq 3.5$. Bodemversnellingen groter dan $0.05 g$ verzadigen er namelijk de seismometers. Om hevige bodembewegingen in seismische zones van Noord-West-Europa te registreren werken Europese seismologen en ingenieurs daarom aan de installatie van een netwerk van accelerometers. Registraties van dergelijke bewegingen in andere actieve zones tonen bovendien aan dat deze veel complexer zijn dan verwacht. Het is dus belangrijk zoveel mogelijk gegevens te verzamelen.

Om die reden werden recent 12 accelerografen geïnstalleerd in de aardbevingsgevoelige regio's van ons land, met name de provincies Luik, Limburg en Henegouwen (Tabel 2).

De keuze van de plaatsing houdt rekening met de verschillende bodemtypes, alsook met de nabijheid van belangrijke openbare werken. Het merendeel van de meetstations bevindt zich in gemeentelijke gebouwen teneinde de continuïteit van de metingen en een gemakkelijke toegang te garanderen. De komende maanden zullen nog eens vijf accelerografen geïnstalleerd worden. Een accelerograaf bestaat enerzijds uit de eigenlijke accelerometer, dit is een sensor die de horizontale en verticale componenten van de bodemversnelling meet, en anderzijds uit een digitaal acquisitiesysteem, een GPS-ontvanger, een modem en een batterij. De GPS verschaft de exacte tijd, onmisbaar voor de lokalisatie van aardbevingen; de modem laat toe het instrument op afstand te controleren en de batterij verzekert een autonomie van 36 uren in het geval van een stroomonderbreking. Fundamenteel lijken accelerometers en seismometers sterk op elkaar: de sensor bestaat gewoonlijk uit een massa opgehangen aan een veer. De verschillen situeren zich in de eigenfrequentie van de ophanging en in de meetelektronica, die ervoor zorgen dat een seismometer gewoonlijk de bodemsnelheid meet, en een accelerometer de bodemversnelling. Door zijn duidelijk lagere gevoeligheid kan een accelerometer bodemversnellingen meten gelijk aan de valversnelling $g^{(3)}$.

Dit wetenschappelijk project vormt een onmisbare aanvulling op de studies naar de preventie van het seismisch schaderisico die aan de Koninklijke Sterrenwacht van België worden gerealiseerd. Het zal een grote rol spelen in de gedetailleerde analyse van de seismische haardmechanismen (gerichtheid van de aardbevingsbron en complexiteit van de breuk in de aardkorst). Dit zal het mogelijk maken om niet alleen de macroseismische intensiteitskaarten te valideren, maar ook om de kaarten van het seismisch risico te vervolledigen en een antwoord te formuleren op de vele vragen van het publiek (studiebureaus voor openbare werken, architecten, technische centra, overheidsadministratie, enz.).

Op het moment van de aardbeving van 22 juli 2002 was het accelerometer-netwerk operationeel. Ondanks de grote afstand tot het hypocentrum hebben 8 accelerometers, voor het eerst in België, de bodemversnellingen bij een aardbeving kunnen registreren. Gezien de relatieve zwakte van de signalen echter, hadden enkel de S-golven een voldoende grote amplitude om de accelerometers in werking te stellen. Hierdoor beschikken we niet over accelerometrische registraties van de P-golven die ze voorafgegaan zijn. De maximale acceleraties (in % van g) die in de acht geactiveerde stations werden geregistreerd, zijn weergegeven in Tabel 2. De stations in Strépy-Thieu, Sart-Tilman en La Chartreuse hebben de gebeurtenis niet geregistreerd omdat hun activeringsdrempel te hoog ingesteld was. Eigenlijk varieert de afregeling van de gevoeligheid van de instrumenten van de ene plaats tot de andere, in functie van het lokale ruisniveau (bijvoorbeeld, de voltooiingswerken aan de liften van Strépy-Thieu brengen trillingen teweeg die ons verplicht hebben de detectiedrempel te verhogen). Te Kinrooi bleek het instrument, dat nog maar pas in gebruik genomen was, defect, en het is ondertussen vervangen. Te Bree is de accelerograaf met vertraging in werking getreden bij de aankomst van de S-golven. De oorzaak hiervan is de relatieve zwakte van het signaal, alsook de frequentie-inhoud ervan. De accelerometers zijn namelijk voorzien van

⁽³⁾ Om zich een idee te vormen over de hevigheid van een dergelijke beweging: een naar boven gerichte versnelling van 1 g houdt in dat objecten die op de grond geplaatst zijn, naar boven geslingerd worden.

filters, en zijn daarom slechts gevoelig voor een bepaald deel van het signaal, om te vermijden dat ze te pas en te onpas in werking treden. Dit verklaart waarom de accelerografen niet noodzakelijk in werking treden bij de hoogste pieken, en bijgevolg het relatief lage versnellingsniveau dat te Bree werd gemeten.

De aardbeving van Alsdorf is de eerste beving die werd geregistreerd door ons netwerk van accelerometers (Figuur 5), en was een uitstekende testcase voor de goede werking van het netwerk, dat nog verder ontwikkeld en uitgebreid zal worden.

REFERENTIES

Grünthal G. (uitgever) (1998). European Macroseismic Scale 1998. *Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de sismologie*, vol 15, 99 pp.

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.

DANKWOORD

De installatie van de accelerometers zou niet mogelijk geweest zijn zonder de medewerking van de Faculté Polytechnique van Mons, het Waalse Ministerie van Openbare Werken en Transport (Strépy-Thieu), alsook de steden en gemeenten Bree, Chapelle-lez-Herlaimont, Kinrooi, La Louvière, Liège, Maaseik en Saint-Nicolas. Wij danken van harte alle personen die ons de nodige hulp verleend hebben.

Stations- code	Naam van het station	Afstand tot het epicentrum (km)	Aankomst P-golf (m:s)	Aankomst S-golf (m:s)	Maximale bodem- verplaatsing (μm)
MEM	Membach	32.5	45:10.94	45:15.12	signaal verzadigd
EBN	Eben Emael	37.9	45:11.80	45:16.19	signaal verzadigd
LCH	La Chartreuse	49.9	45:13.82	45:20.17	505
STI	Sart Tilman	55.4	45:14.74	45:21.76	signaal verzadigd
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	Ukkel	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

Tabel 1 – Gegevens met betrekking tot de aardbeving van 22 juli 2002 voor de seismische stations direct verbonden met de Sterrenwacht te Ukkel. Stations gemarkeerd met (L) zijn opgesteld in het Groot-Hertogdom Luxemburg.

Provincie	Gemeente	Site	In werking sedert	Versnelling op 22/07/2002 (% g)	Afstand tot epicentrum (km)
Brabant	<i>Ukkel</i>	<i>K.S.B. (Paviljoen)</i>	<i>2003</i>	-	-
Henegouwen	Chapelle-lez-Herlaimont	Stadhuis	10/2001	0.22	143
	La Louvière	Stadhuis	08/2001	0.36	149
	Mons	Faculté Polytechnique	05/2001	0.25	166
	Strépy-Thieu	Bootlift	01/2002	n.b.	155
Luik	Ans (Aleur)	Particulier huis	09/1999	1.12	53
	<i>Baelen (Membach)</i>	<i>Station K.S.B.</i>	<i>2003</i>	-	-
	Liège (Bressoux)	Oude mijn van La Chartreuse	05/1999	n.b.	49
	Saint-Nicolas	Gemeentelijk kinderdagverblijf	03/2002	0.74	54
	Liège (Sainte-Walburge)	Gemeenteschool	03/2002	1.01	50
	Liège (Sart-Tilman)	ULg - Gebouw B19	06/1999	n.b.	55
Limburg	Bree	Stadhuis	09/2001	0.38	50
	Kinrooi	Stadhuis	06/2002	n.b.	43
	Maaseik	Stadhuis	09/2001	0.64	39

Tabel 2 – *Lijst van accelerografen in België, met hun datum van installatie en de maximale versnelling gemeten tijdens de aardbeving van Alsdorf. De stations in aanbouw zijn cursief gedrukt; n.b. = niet beschikbaar.*

BIJLAGE 1

KONINKLIJKE STERRENWACHT VAN BELGIË

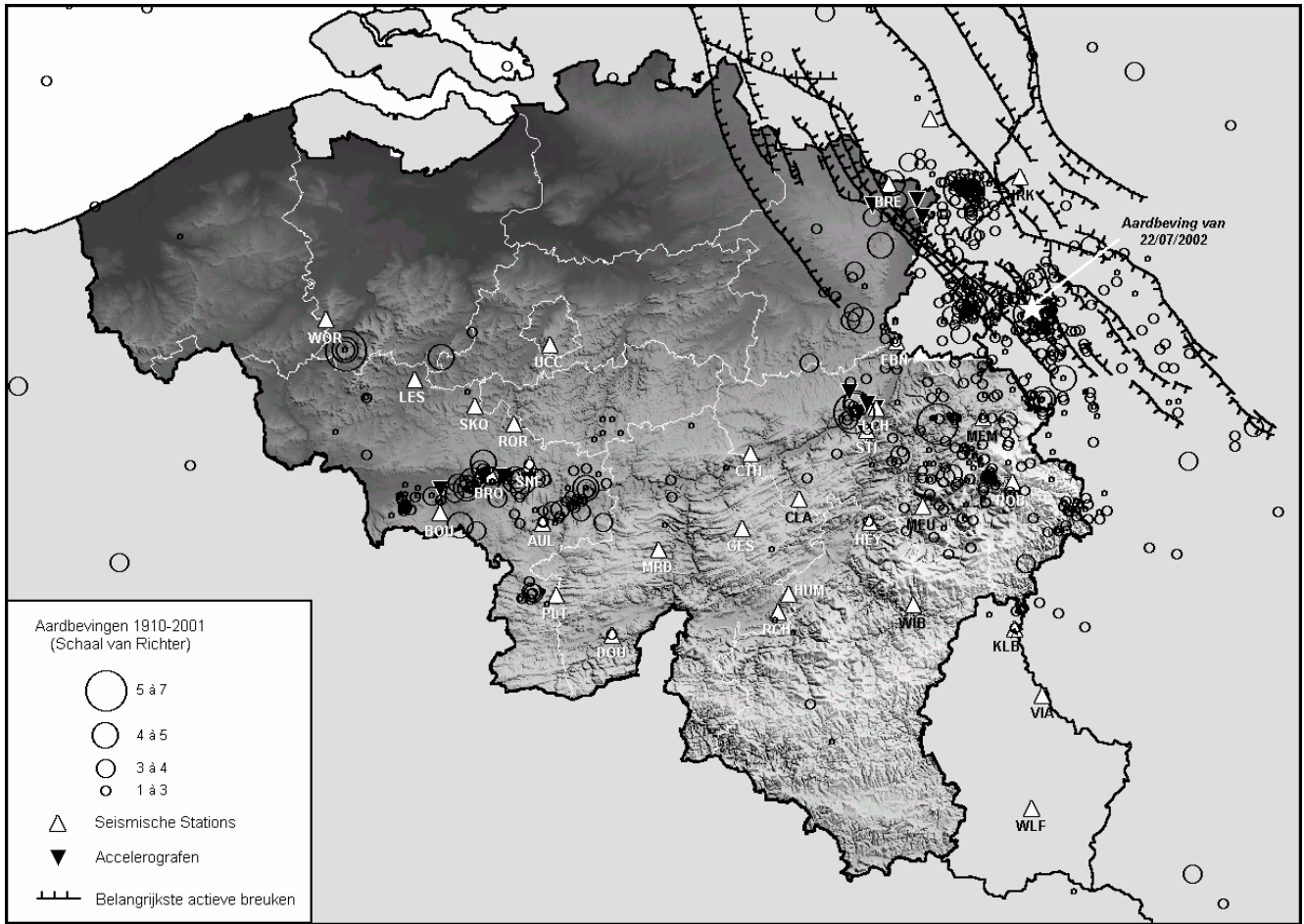
Aardbeving van :
STREEK VAN

PROVINCIE :
GEMEENTE :

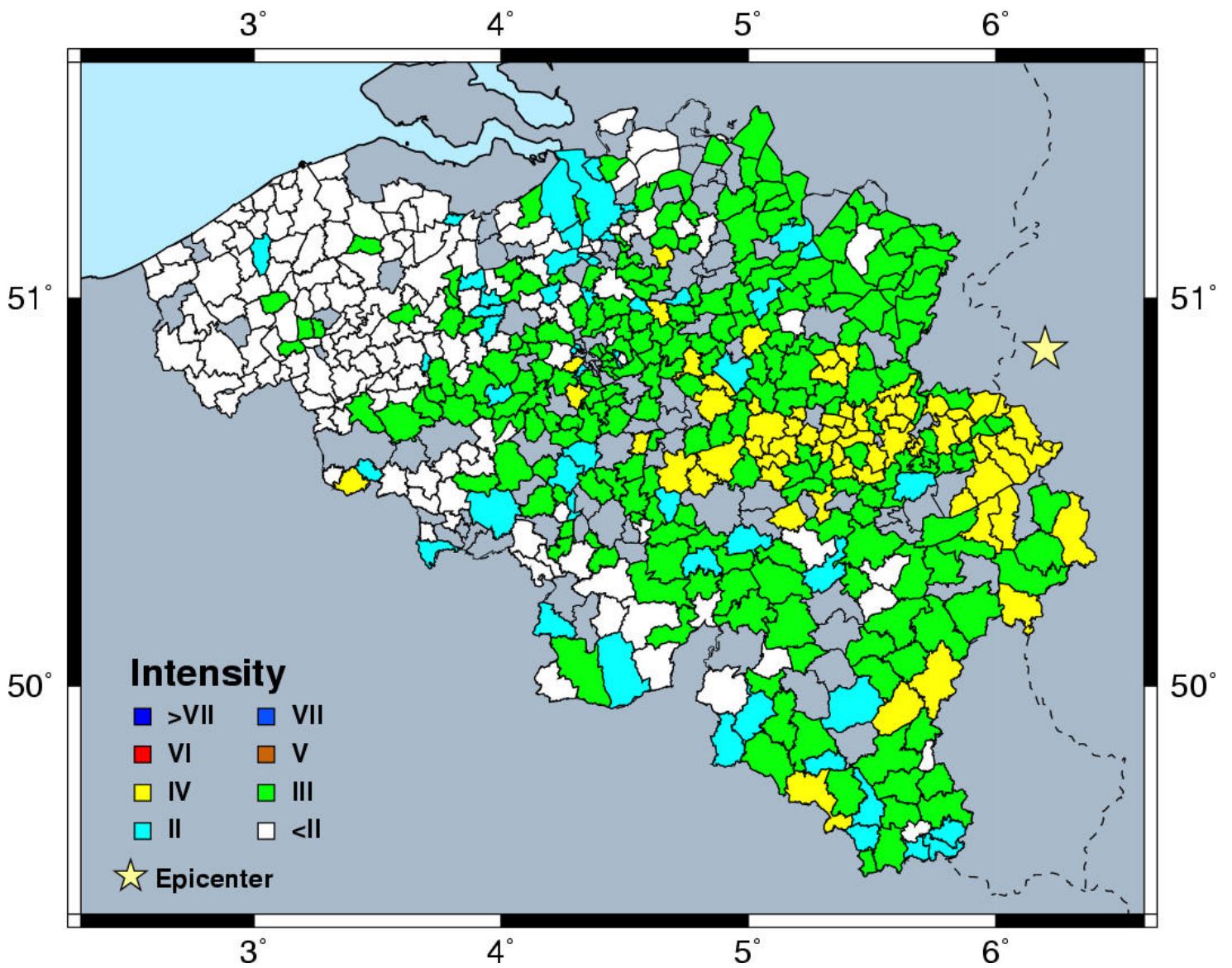
VRAGENLIJST

AANTAL WONINGEN IN UW GEMEENTE

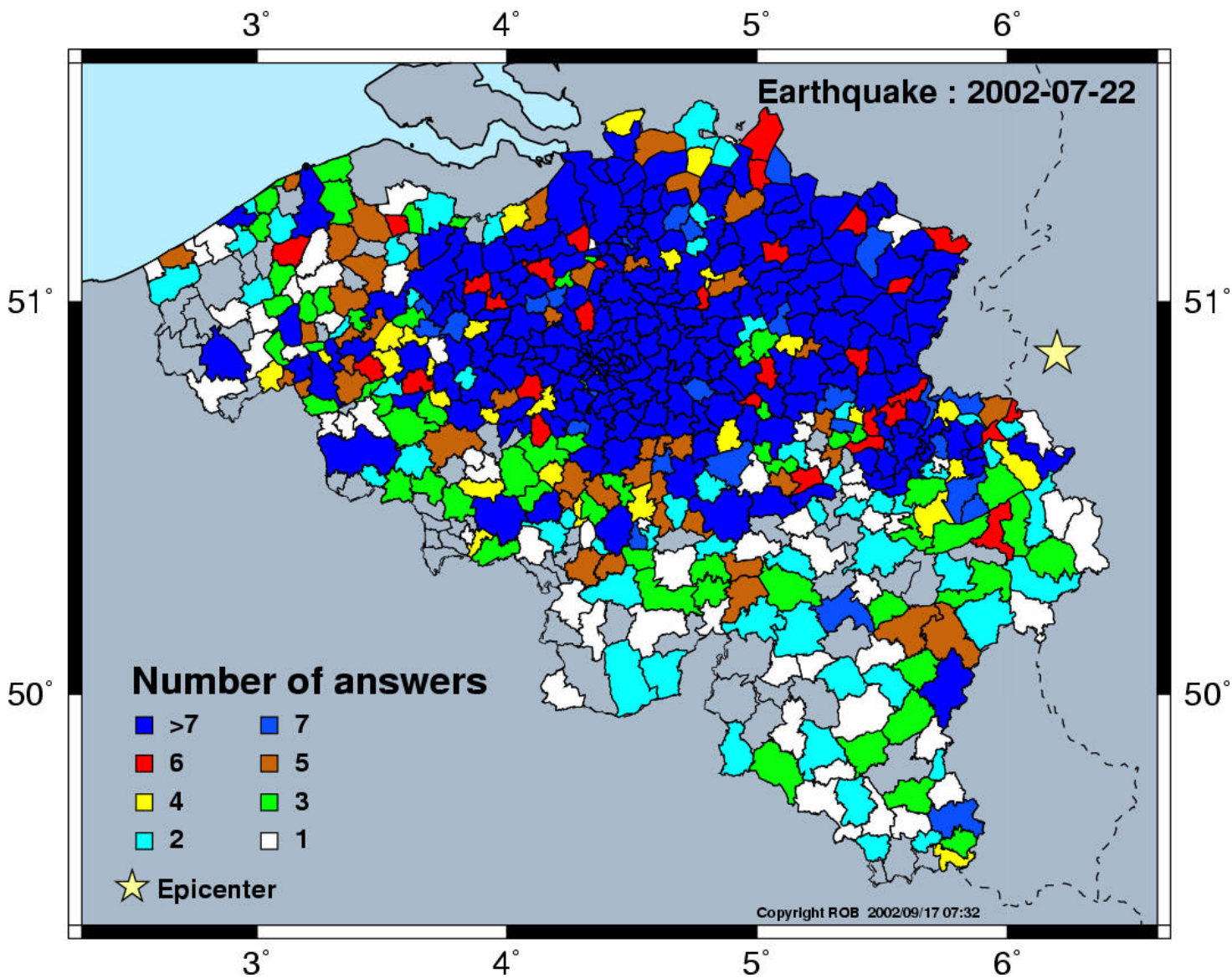
1. WERD DE AARDBEVING WAARGENOMEN DOOR DE BEVOLKING? JA NEEN
- 2a. WERDEN ER DOOR DE BEVOLKING BINNENSHUIS TRILLINGEN WAARGENOMEN?
HEVIGE Door iedereen Door velen Door slechts enkelen
LICHTE Door iedereen Door velen Door slechts enkelen
- 2b. WERDEN ER DOOR DE BEVOLKING BUITENSHUIS TRILLINGEN WAARGENOMEN?
HEVIGE Door iedereen Door velen Door slechts enkelen
LICHTE Door iedereen Door velen Door slechts enkelen
3. ZIJN ER MENSEN DIE HUN WONINGEN ONTVLUCHT ZIJN?
 NEEN JA - enkele JA - veel
4. ZIJN ER OPGEHANGEN VOORWERPEN BEGINNEN SLINGEREN? JA NEEN
5. ZIJN ER KLEINE VOORWERPEN BEGINNEN TRILLEN? JA NEEN
WERDEN ER KLEINE VOORWERPEN VERPLAATST? JA NEEN
ZIJN ER KLEINE VOORWERPEN VAN HET MEUBILAIR GEVALLEN? JA NEEN
6. ZIJN ER DEUREN EN VENSTERS BEGINNEN TRILLEN? JA NEEN
ZIJN ER DEUREN EN VENSTERS OPEN OF DICHT GESLAGEN? JA NEEN
ZIJN ER VENSTERS GEBROKEN? JA NEEN
7. IS HET MEUBILAIR BEGINNEN DAVEREN? JA NEEN
IS ER MEUBILAIR VERPLAATST? JA NEEN
IS ER MEUBILAIR OMVERGEWORPEN? JA NEEN
ZO JA, WELKE?
8. WERDEN ER MUREN BESCHADIGD?
 LICHTE BARSTEN DIEPE BARSTEN
 OMGEVALLEN NIHIL
9. WERDEN ER SCHOORSTENEN BESCHADIGD? JA NEEN
ZO JA, HOEVEEL GEDEELTELIJK?
HOEVEEL VOLLEDIG?
10. INDIEN ANDERE VERSCHIJNSELEN WERDEN WAARGENOMEN TIJDENS DE AARDBEVING? GELIEVE DEZE HIERONDER TE BESCHRIJVEN



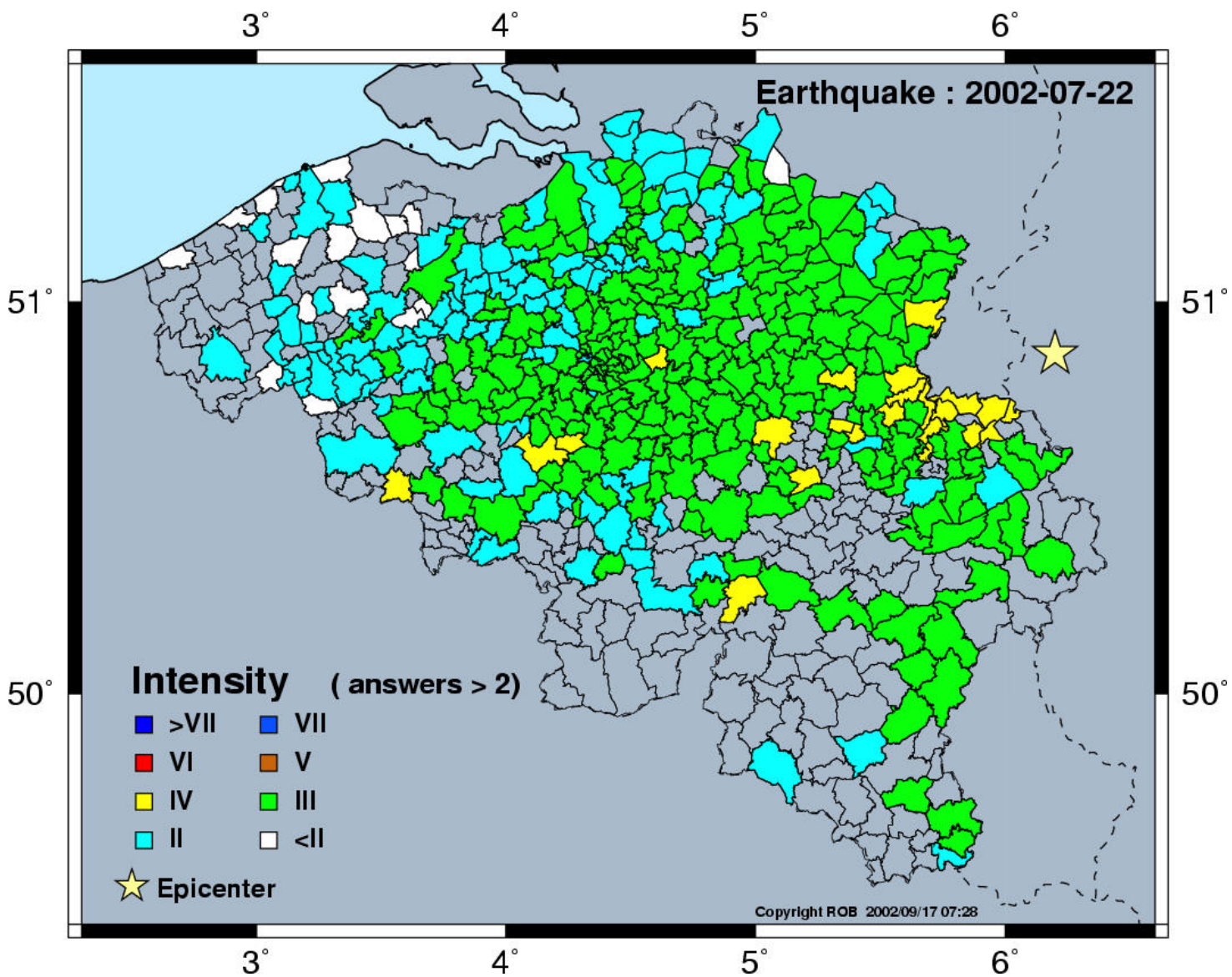
Figuur 1 – Aardbeving van 22 juli 2002. Lokalisatiekaart.



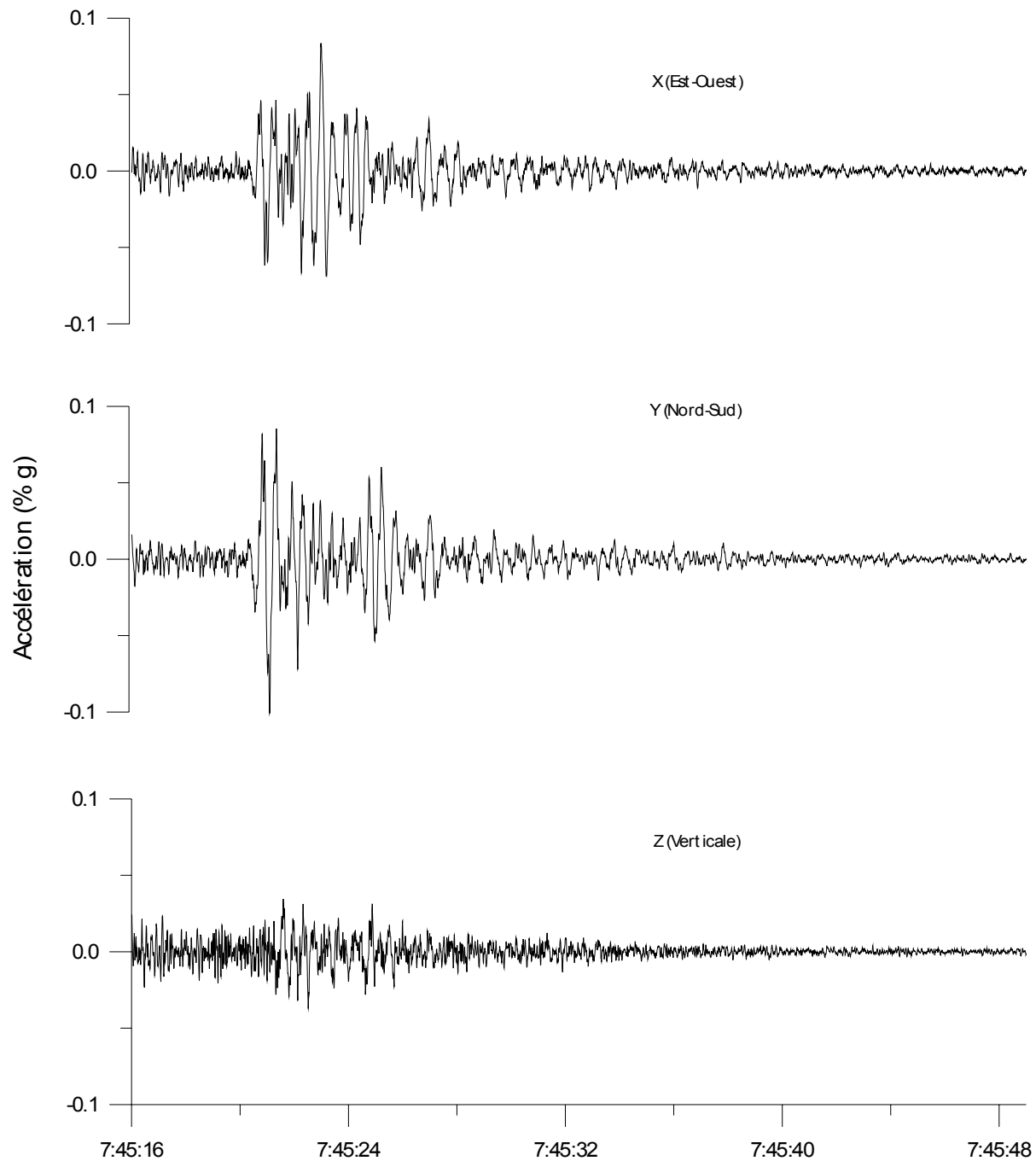
Figuur 2 – Aardbeving van 22 juli 2002. Macrozeismische kaart op basis van de officiële enquête.



Figuur 3 – Aardbeving van 22 juli 2002. Aantal antwoorden per gemeente op de internet-enquête.



Figuur 4 – Aardbeving van 22 juli 2002. Macroseismische kaart op basis van de enquête op internet. Enkel de gemeenten waarvoor tenminste drie antwoorden binnenliepen, zijn opgenomen.



Figuur 5 – De drie componenten van de bodemversnellingen gemeten te Sainte-Walburge. De grafiek toont de staart (coda) van de P-golf, gevolgd door de S-golf, die sterk afgetekend is op de twee horizontale componenten.