

Hoeveel aardbevingen zijn er gemiddeld in België?

OD Seismologie & Gravimetrie
Koninklijke Sterrenwacht van België (KSB)
<http://www.seismologie.be>

1. "Wet" van Gutenberg-Richter

Reeds in 1944 ontdekten Gutenberg en Richter dat er een verband bestaat tussen het aantal aardbevingen in een gebied en hun magnitude. Volgens deze "wet" neemt het aantal aardbevingen N met magnitude groter dan M af in functie van de magnitude volgens:

$$\log(N > M) = a - b \cdot M$$

Dit is de vergelijking van een rechte in een log-lineaire grafiek met intercept a en helling $-b$ (Fig. 1).

Parameter a beschrijft hoe actief de specifieke regio is en b is meestal ongeveer gelijk aan 1, wat betekent dat het aantal aardbevingen grofweg met een factor 10 daalt per magnitude-eenheid.

2. Berekening voor België

De wet van Gutenberg-Richter gaat ook op voor een gebied met matige seismische activiteit zoals België.

2.1 Aardbevingscatalogus

De KSB houdt een "catalogus" bij van aardbevingen in en rond België (Fig. 2). Deze bestaat uit twee componenten:

- Historische aardbevingen (vanaf ongeveer 1350), die beschreven worden in historische documenten;
- Instrumentele aardbevingen (vanaf ongeveer 1910), die werden geregistreerd door seismografen.

2.2 Correctie voor compleetheid

De catalogus bevat 2555 aardbevingen tot eind 2017. Wanneer we echter de magnitudes in functie van de tijd uitzetten (Fig. 3), is duidelijk te zien dat de onderdrempel van de magnitude verschillende sprongen vertoont. Door veranderingen in de historische archieven en instrumentele ontwikkelingen is de detectiedrempel doorheen de tijd verlaagd. Of omgekeerd, hoe verder we teruggaan in de tijd, hoe minder compleet de catalogus is. We moeten hiervoor corrigeren door toepassing van een compleetheidsfilter (rode lijn in Fig. 3), waarna er nog 478 aardbevingen overblijven (Fig. 4).

2.3 Selectie-afstand

Om de analyse specifiek voor het Belgisch territorium uit te voeren, moeten we er ook nog rekening mee houden dat de afstand waarover de effecten van een aardbeving zich manifesteren toeneemt met de magnitude. Een zware aardbeving met epicentrum net buiten de grens zal nl. ook in België schade veroorzaken. We houden daarom ook rekening met alle aardbevingen tot een zekere afstand van de grens, waarbij deze afstand toeneemt met de magnitude (Fig. 5).

2.4 Gutenberg-Richter grafiek

Om tenslotte te berekenen hoe vaak aardbevingen gemiddeld voorkomen in België, moeten we gewoon het aantal aardbevingen van een bepaalde magnitude delen door de respectievelijke waarnemingsperiode. Het resultaat is de Gutenberg-Richter grafiek voor België, waarop we de gemiddelde frequentie voor elke magnitude kunnen aflezen (Fig. 6):

- $M \geq 3,0$ (licht, geen schade, soms gevoeld): 1 à 2 per jaar;
- $M \geq 4,6$ (cfr. Luik 1983, schade in kleine regio): om de 11 à 19 jaar;
- $M \geq 5,3$ (cfr. Roermond 1992, schade in groot gebied): om de 44 à 82 jaar;
- $M \geq 6,0$ (cfr. Verviers 1692, schade over volledig territorium): om de 220 à 450 jaar.

Hierbij dient opgemerkt te worden dat dit gemiddelde waarden zijn die geen strikte periodiciteit impliceren. De onzekerheid neemt ook toe met de magnitude.



Combien de séismes y a-t-il en moyenne en Belgique?

DO Séismologie & Gravimétrie
Observatoire Royal de Belgique (ORB)
<http://www.seismologie.be>

1. "Loi" de Gutenberg-Richter

Déjà en 1944, Gutenberg et Richter ont découvert qu'il existe un lien entre le nombre de tremblements de terre dans une région donnée et leur magnitude. Selon cette "loi", le nombre N de séismes d'une magnitude supérieure à M diminue en fonction de la magnitude suivant:

$$\log(N > M) = a - b \cdot M$$

Dans un graphique logarithmique-linéaire, c'est l'équation d'une droite dont l'ordonnée à l'origine est a et la pente $-b$ (Fig. 1).

Le paramètre a décrit l'activité d'une région donnée et b est environ égal à 1, ce qui signifie que le nombre de séismes diminue, grosso modo, d'un facteur 10 par unité de magnitude.

2. Calculs pour la Belgique

La loi de Gutenberg-Richter vaut aussi pour une région à la sismicité modérée comme la Belgique.

2.1 Catalogue de séismes

L'ORB maintient un catalogue de tremblements de terre en Belgique et environs (Fig. 2). Il est composé de deux parties:

- Les tremblements de terre historiques (à partir de 1350 environ), qui sont décrits dans des documents historiques;
- Les tremblements de terre instrumentaux (à partir de 1910), qui ont été enregistrés par des séismographes.

2.2 Correction de complétude

Le catalogue contient 2555 tremblements de terre jusqu'à fin 2017. Cependant, quand on met les magnitudes en regard du temps (Fig. 3), on voit clairement que le seuil inférieur de magnitude augmente par sauts. Ceci est dû à l'évolution des archives historiques et ensuite aux développements instrumentaux. Et, à l'inverse, plus on remonte dans le temps, moins le catalogue est complet. Ceci doit donc être corrigé en appliquant un filtre de complétude (ligne rouge sur la Fig. 3), suite à quoi il reste encore 478 tremblements de terre (Fig. 4).

2.3 Distance de sélection

Pour effectuer une analyse spécifique pour le territoire belge, il faut aussi tenir compte de ce que la distance à laquelle les effets d'un séisme se manifestent augmente avec la magnitude. Ainsi, un fort tremblement de terre dont l'épicentre est juste au-delà de la frontière causera aussi des dégâts en Belgique. C'est pourquoi nous prenons en compte aussi les tremblements de terre au-delà de la frontière et jusqu'à une certaine distance, d'autant plus grande que la magnitude est élevée (Fig. 5).

2.4 Graphique de Gutenberg-Richter

Finalement, pour savoir combien de tremblements de terre se produisent en moyenne en Belgique, on divise le nombre de séismes d'une magnitude donnée par la période d'observation correspondante. Le résultat est le graphique de Gutenberg-Richter, sur lequel on peut lire la fréquence moyenne pour chaque magnitude (Fig. 6):

- $M \geq 3,0$ (léger, pas de dégâts, parfois ressenti): 1 à 2 fois par an;
- $M \geq 4,6$ (ex.: Liège 1983, dégâts dans une petite région): tous les 11 à 19 ans;
- $M \geq 5,3$ (ex.: Roermond 1992, dégâts dans une grande région): tous les 44 à 82 ans;
- $M \geq 6,0$ (ex.: Verviers 1692, dégâts sur l'ensemble du territoire): tous les 220 à 450 ans.

Il faut donc bien avoir à l'esprit qu'il s'agit de valeurs moyennes qui n'impliquent pas une périodicité rigoureuse. Et l'incertitude augmente aussi avec la magnitude.

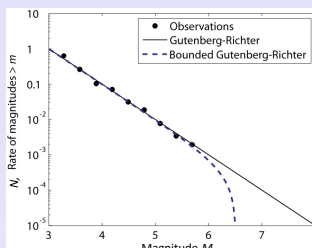


Fig. 1 – Typische Gutenberg-Richter grafiek.
Graphique Gutenberg-Richter typique

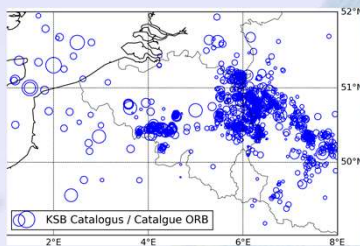


Fig. 2 – Catalogue van aardbevingen in en rond België.
Catalogue de séismes en Belgique et environs.

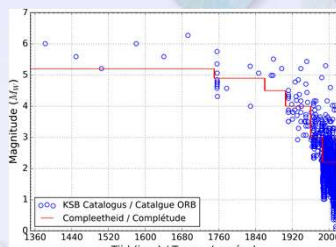


Fig. 3 – Magnitude-tijd diagram voor aardbevingen in de catalogue.
Diagramme magnitude-temps pour les séismes du catalogue.

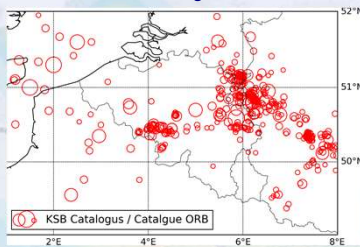


Fig. 4 – Aardbevingencatalogus na toepassing compleetheidsfilter.
Catalogue de séismes après application du filtre de complétude

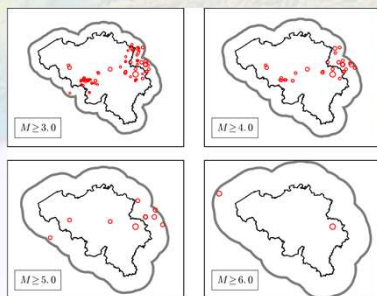


Fig. 5 – Selectie-afstand aardbevingen in functie van magnitude.
Distance de sélection des séismes en fonction de la magnitude.

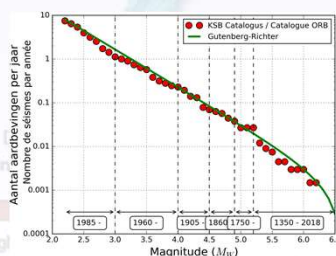


Fig. 6 – Gutenberg-Richter grafiek voor België.
Graphique Gutenberg-Richter pour la Belgique.