

## LES GRAVIMÈTRES PEUVENT ALERTER PRÉCOCEMENT EN CAS DE CRUES SOUDAINES

Publié le 14 juillet 2022



par Laetitia Theunis

Voilà un an, l'est de la Belgique était frappé par des inondations catastrophiques. Mesurer la pesanteur et les vibrations sismiques du sol permet d'observer de tels événements extrêmes. Et de mieux les comprendre. C'est ce que vient de [démontrer](#) une équipe de chercheurs menée par Michel Van Camp de l'[Observatoire royal de Belgique](#). Et ce, en exploitant les données gravimétriques et sismiques de la [station sismographique de Membach](#), située non loin de la Vesdre. Alors que les données sismiques apportent des informations complémentaires sur la séquence des événements, le gravimètre a montré qu'il peut agir comme un dispositif d'alerte précoce, quelques heures avant l'événement extrême.

### Le début d'une longue série

Du 13 au 15 juillet 2021, la tempête Bernd a engendré des crues catastrophiques dans le nord-ouest de l'Europe, faisant 184 morts dans l'ouest de l'Allemagne et 38 dans l'est de la Belgique. Ces inondations majeures ont également détruit des centaines de maisons et perturbé les systèmes de distribution d'eau et d'électricité ainsi que les télécommunications. Si cet événement hydrologique est bien gravé dans nos mémoires, il ne serait qu'un prélude à ce qui nous attend dans les prochaines années.

« En effet, les événements extrêmes, s'ils demeurent encore rares, deviendront plus fréquents en raison du changement planétaire. Cela nécessitera une surveillance accrue et poussera les réseaux d'observation classiques à leurs limites. Cela nous incite à combiner toutes les sources d'information possibles pour obtenir une image complète des événements extrêmes et de leur évolution », explique le responsable du service sismologie-gravimétrie de l'ORB. Notamment la sismographie et la gravitométrie.



(a) Le bassin versant de la Vesdre (702 km<sup>2</sup>) et (b) une vue élargie autour de la station de Membach, avec les réservoirs de la Gileppe et d'Eupen, le hameau de Béthane et le pluviomètre de Jalhay. La masse d'eau dans les zones encadrées en noir contribue à 90% (ligne continue) et 95% (ligne pointillée) du signal gravitationnel tel que suivi par le gravimètre. Le carré violet représente l'empreinte du radar météorologique. Cartes provenant du [Géoportail wallon](https://www.geoportail.wallon.be/). © Michel Van Camp *et al.* - Cliquer pour agrandir

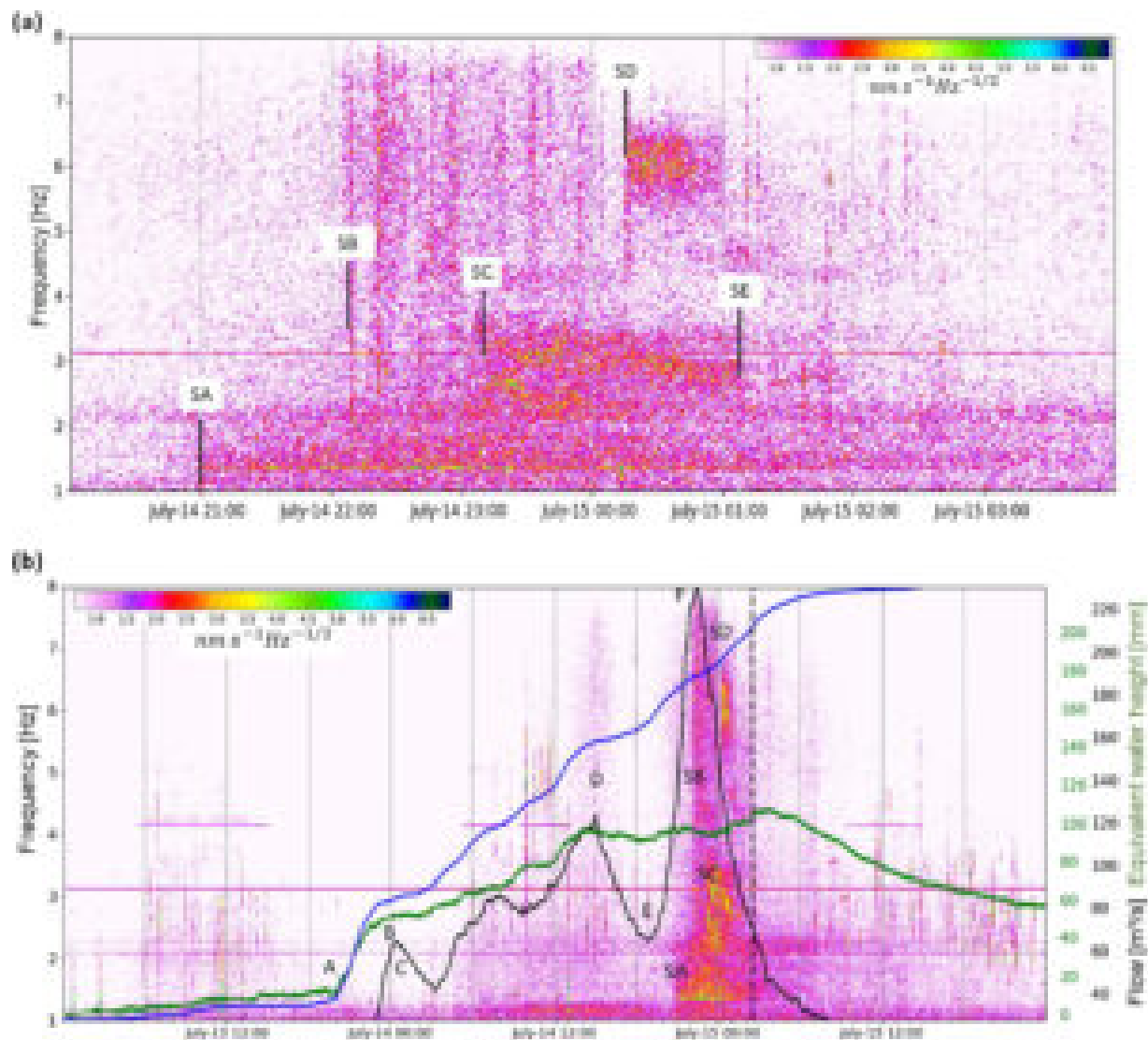
## Vibrations du sol

Les mesures de la station géophysique de Membach, entre les barrages d'Eupen et de la Gileppe, ont apporté un nouveau regard sur les inondations catastrophiques de juillet 2021. Cette station, située le long de la Vesdre, dans l'est de la Belgique, fait partie des réseaux sismique et gravimétrique de l'Observatoire royal de Belgique.

La turbulence croissante du cours d'eau, le transport de sédiments et de débris de la rivière en crue ont induit un bruit sismique. « Les mesures sismiques de Membach ont montré des augmentations brutales des vibrations captées par les sismomètres dans l'après-midi et la soirée du 14 juillet 2021. Ce phénomène est lié à des variations du débit de la Vesdre, dont les flots turbulents, charrient de nombreux déchets, et brisent des infrastructures », explique Michel Van Camp.

« Un des accroissements soudains du bruit sismique, à 02h15 le 15 juillet, coïncide avec un témoignage détaillé recueilli 3 km en aval, à Béthane. Là, le gardien de nuit d'une usine, gravement endommagée lors des événements, rapporte un rugissement soudain dans la vallée avant l'arrivée d'une crue soudaine, qualifiée de " tsunami ", à 00 h 30, suivie d'une seconde à 01 h 30 ce même jour. »

Cette séquence d'événements, reconstituée à partir des données sismiques, ainsi que d'autres informations hydrologiques, permet de mieux comprendre la catastrophe dans sa complexité.



a) Du 14 juillet 20 h au 15 juillet 4 h, 2021 Temps universel coordonné (UTC) : spectre à fenêtre mobile de l'enregistrement du sismomètre vertical à large bande de la station de Membach. Le signal persistant autour de 3.12 Hz est typique de cette station, son origine est inconnue. (b) Du 13 juillet 18 h au 16 juillet, 00 h, 2021 : spectre à fenêtre mobile du sismomètre, de la pluviométrie radar (bleu) et de la hauteur d'eau équivalente (vert), déduite de la variation de la gravité en utilisant une admittance de  $-0,39 \text{ nm/s}^2/\text{mm}$  (Delobbe et al., 2019). L'échelle verte sur l'axe de droite fait référence à la fois aux précipitations et aux mesures du gravimètre. En noir, le débit entrant dans le réservoir d'Eupen et la ligne pointillée verticale indique le moment où le débitmètre de Verviers, le plus proche, à 14 km en aval (distance le long de la rivière), est tombé en panne. On constate une augmentation du bruit sismique pendant les heures de travail, due aux activités anthropiques, à laquelle s'ajoute l'augmentation du bruit le 14 juillet causée par la crue de la rivière. Heure en UTC © Michel Van Camp *et al.* - Cliquer pour agrandir

## Le gravimètre détecte la saturation du sol

A Membach, se tient également un [gravimètre à supraconductivité](#). Cet instrument mesure les variations de la pesanteur avec une précision de l'ordre du centième de milliardième ( $10^{-11}$ ) de  $g$  ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ). Il prend la forme d'une petite bille en lévitation permanente dans un champ magnétique créé par des courants électriques persistants injectés dans des bobinages supraconducteurs.



Le gravimètre à supraconductivité de Membach se trouve à l'extrémité d'un tunnel de 140 m de long. Ce gravimètre contient une sphère de 4 grammes en lévitation dans un champ magnétique. La supraconductivité du capteur est assurée par l'hélium liquide dont la température avoisine les  $-269^{\circ}\text{C}$  © E.

Coveliers / Observatoire royal de Belgique - Cliquer pour agrandir

« Le 14 juillet, entre 02 et 15 heures, les précipitations cumulées ont atteint 80 mm au-dessus de Membach et 59 mm au-dessus du bassin versant du réservoir en amont du barrage d'Eupen, ce qui a amené le débit dans le réservoir du barrage à  $125\text{ m}^3/\text{s}$  ! Cet événement est détecté par une première augmentation du bruit sismique, qui a augmenté à nouveau après 19 heures. »

« Le gravimètre a indiqué que le sol était déjà complètement saturé d'eau l'après-midi du 14 juillet. Le sol n'a plus pu absorber les nouvelles précipitations de début de soirée. Ceci a induit une augmentation accélérée du ruissellement en surface, provoquant une inondation soudaine, dévastatrice et mortelle », explique Michel Van Camp.

## Un système d'alerte précoce des crues soudaines

« Dans cette étude pionnière, nous avons montré que la surveillance continue de la gravité pouvait améliorer les systèmes d'alerte précoce. Dans des circonstances similaires, un service opérationnel devrait être en mesure de diffuser une alerte dans les quelques heures précédant l'augmentation catastrophique du débit de la Vesdre. »

« Dans un avenir proche, il sera possible de déployer des réseaux de gravimètres relatifs microélectromécaniques à faible coût, ainsi que des gravimètres quantiques absolus. Ces " imageurs de gravité " devraient compléter de nouveaux systèmes d'alerte précoce pour informer du degré de saturation du sol dans les zones sujettes aux crues soudaines », conclut Michel Van Camp.