



**HAL**  
open science

# Première carte des taux de déformation à l'échelle de la France métropolitaine

Christine Masson, Philippe Vernant, Stéphane Mazzotti

► **To cite this version:**

Christine Masson, Philippe Vernant, Stéphane Mazzotti. Première carte des taux de déformation à l'échelle de la France métropolitaine. 2020, pp.9-10. hal-03709736

**HAL Id: hal-03709736**

**<https://hal.science/hal-03709736>**

Submitted on 11 Jul 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Première carte des taux de déformation à l'échelle de la France Métropolitaine

Tout le monde a en tête l'image du tremblement de terre de 2011 au Japon, entraînant l'accident nucléaire de Fukushima. Cet évènement illustre parfaitement le lien entre gestion du risque naturel et enjeux socio-économiques dans les pays industrialisés. La France est le 2<sup>e</sup> pays au monde ayant le plus de réacteurs nucléaires. Cependant le contexte géodynamique est très différent de celui du Japon car ce dernier se trouve à proximité d'une frontière de plaque très active. Au niveau mondial, environ 90 % de l'énergie sismique est relâchée au niveau des frontières de plaques (Scholz, 2002). La France, quant à elle, est considérée comme un domaine intraplaque appartenant à la grande plaque Eurasienne jugée stable. Les séismes forts (Magnitude > 6) y sont très rares mais pas inexistantes (Jomard et al., 2017). Il y a toutefois une sismicité faible à modérée présente à travers le territoire. (Fig. 1)

L'étude de la géodynamique actuelle de la France est donc un enjeu scientifique et socio-économique important. Pour étudier et quantifier la déformation, l'analyse des séries temporelles de positions obtenues à partir de données GNSS a fait ses preuves dans les zones de déformation rapide, mais reste en limite de résolution dans les zones de déformation lente. Cette limite de résolution, équivalente au niveau de bruit dans les mesures, est liée à la dispersion des positions quotidiennes estimées. Le bruit est dû, entre autres, aux orbites des satellites, à la météo et aux caractéristiques propres à la station. Ainsi, le principal problème qui se pose est de pouvoir discriminer le signal de déformation par rapport au bruit intrinsèque de la méthode.

La déformation actuelle dans les Alpes et les Pyrénées a pu être partiellement identifiée dans de précédentes études (Rigo et al., 2015, Nocquet et al., 2016, Walpersdorf et al. 2018), mais pour le reste du territoire, la

densité et les durées d'opération des stations GNSS restaient trop faibles. La quantification précise des taux de déformation en France est l'objectif principal du service national d'observation Résif-RENAG (Réseau national GNSS). Le travail de thèse de Christine Masson à Montpellier s'est intégré dans cette thématique et a donc consisté à mettre en place des méthodologies afin de pouvoir

(réseau RGP), puis enrichi par les réseaux commerciaux (par exemple : Orpheon, Teria ou SatInfo). La quantification de la résolution de chacune des stations a été réalisée grâce à l'utilisation de données synthétiques. L'avantage des données synthétiques, à la différence des données réelles, est que l'on connaît la vitesse réelle des sites et qu'ainsi on peut estimer la déviation entre l'estimation et la vitesse

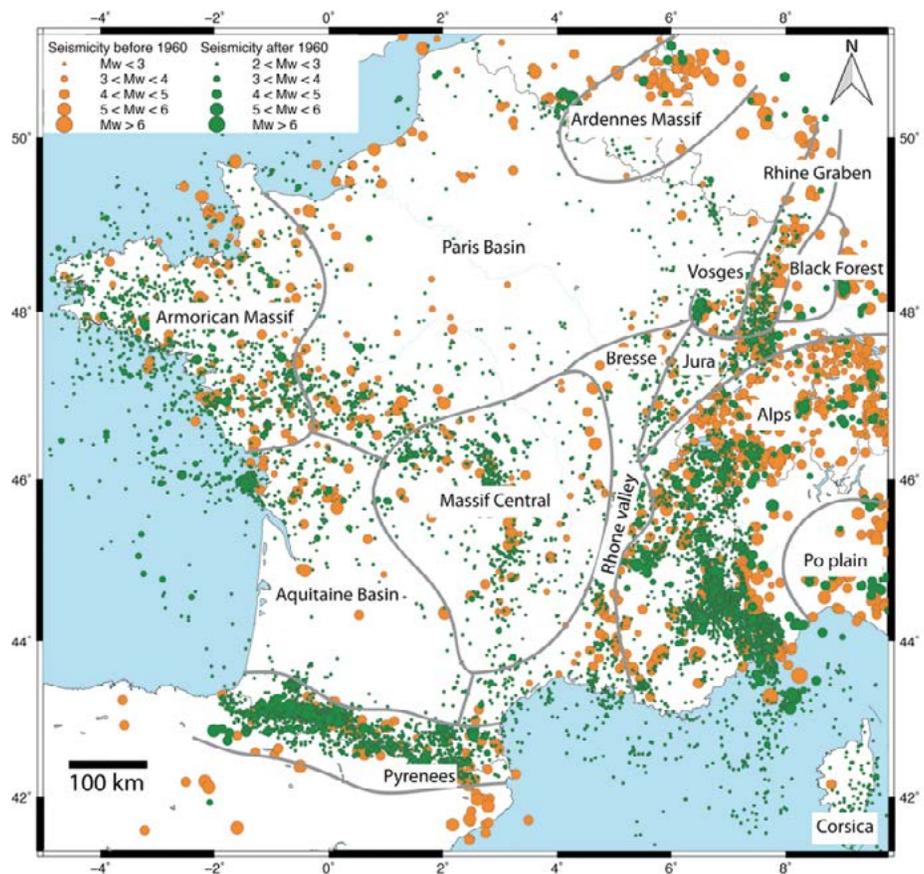


Figure 1 – Sismicité de la France, instrumentale en vert et historique en orange (catalogues SHARE et SI-Hex). (Masson et al., 2019b)

quantifier de manière robuste et statistique la déformation pour l'ensemble du territoire métropolitain. Ce travail a été possible grâce à la maturité du réseau de stations GNSS permanentes, d'abord développé par la communauté scientifique depuis 20 ans (Résif-RENAG) et par l'IGN

vraie. Cela revient à quantifier la limite de précision de notre analyse en fonction des caractéristiques de chaque série temporelle (pour plus de détails, Masson et al., 2019a). Les résultats ont montré que, pour des stations de plus de 8 ans, la précision sur la vitesse atteint 0,2 mm/a

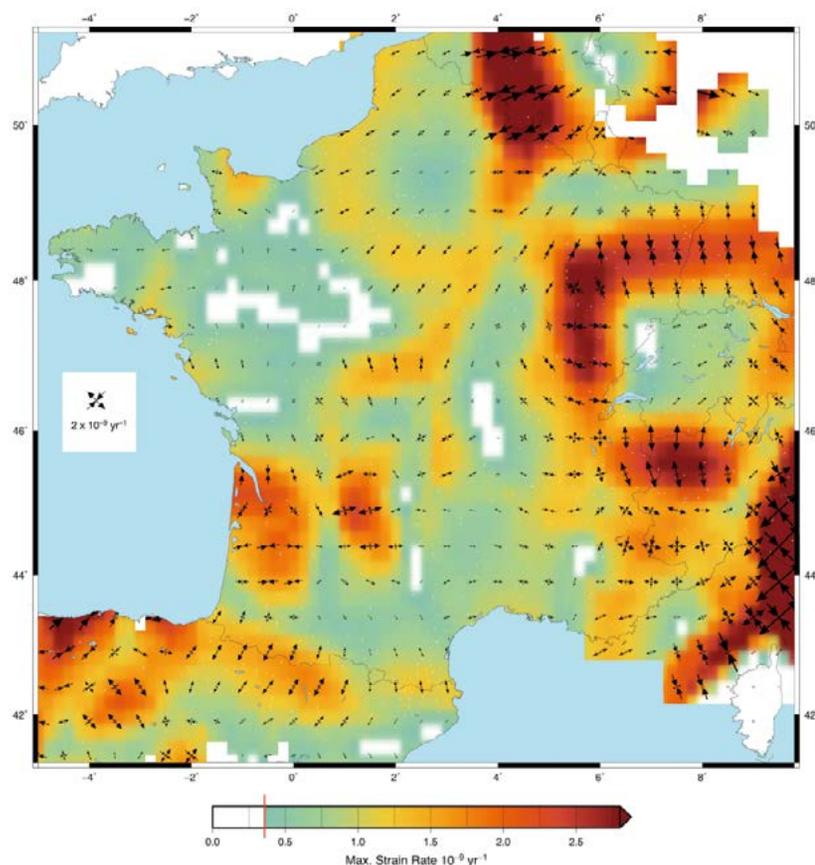


Figure 2 – Taux de déformation horizontale de la France. (Masson et al. 2019b)

pour les composantes horizontales. Mais, pour aller plus loin, Christine Masson a cherché à vérifier si une cohérence spatiale existe dans le champ de vitesses obtenu. Pour assurer des résultats robustes, elle a utilisé deux méthodologies indépendantes dont les performances ont été quantifiées statistiquement et qui fournissent des résultats proches. Ce travail de thèse a permis de fournir la première carte de taux de déformation pour l'ensemble du territoire métropolitain français (Fig. 2) et de quantifier la confiance sur les taux de déformation obtenus (plus de détails, Masson et al., 2019b).

Sur la figure 2, plusieurs choses sont remarquables :

- On retrouve et améliore la caractérisation de la déformation en extension, mise en évidence par de précédentes études, dans les Alpes et les Pyrénées (Rigo et al., 2015, Nocquet et al., 2016, Walpersdorf et al., 2018).
- Plusieurs zones ne présentant quasiment pas de sismicité (Fig. 1), présentent une déformation importante, notamment au niveau des Bassins Aquitain et Parisien. Cette remarque entraîne de nouveaux questionnements sur l'origine de cette déformation. Est-elle tran-

sitoire ? Est-elle liée à l'exploitation des ressources naturelles par l'Homme ?

- Un autre exemple de zone remarquable est la Bretagne, où, pour la première fois, nous sommes capables de quantifier une faible déformation en extension compatible avec la tectonique long terme et la sismicité de la région (Mazabraud et al., 2005).

À l'heure actuelle, ce travail ne permet pas de répondre de manière directe aux questions de sécurité industrielles, mais il a permis de débloquent certains verrous scientifiques liés à la résolution des méthodes géodésiques. Il est maintenant important d'aller plus loin et d'utiliser ces résultats pour contraindre les calculs d'aléa sismique. Par exemple, en 2019 un travail a été mené, en partenariat avec l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) afin d'intégrer les données GNSS dans les modèles de sismicité.

Christine Masson, Philippe Vernant et Stéphane Mazzoti  
(Géosciences Montpellier)

Contact : gnss@oreme.org

## Bibliographie

- Masson C., Mazzotti S. and Vernant P., "Precision of continuous GPS velocities from statistical analysis of synthetic time series". *Solid Earth*, 10(1), 329–342, <https://www.solid-earth.net/10/329/2019> (2019a).
- Masson C., Mazzotti S., Vernant P. and Doerflinger E., "Extracting small deformation beyond individual station precision from dense GNSS networks in France and Western Europe". *Solid Earth Discuss.*, 1–34, <https://www.solid-earth.net/10/1905/2019> (2019b).
- Jomard H., Cushing E. M., Palumbo L., Baize S., Davi, C., & Chartier T., "Transposing an active fault database into a seismic hazard fault model for nuclear facilities - Part 1: Building a database of potentially active faults (BDFA) for metropolitan France". *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 17(9), 1573-1584 (2017).
- Mazabraud Y., Béthoux N., Guilbert J., & Bellier O., "Evidence for short-scale stress field variations within intraplate central-western France". *Geophysical Journal International*, 160(1), 161-178 (2005).
- Nocquet J. M., Sue C., Walpersdorf A., Tran T., Lenôtre N., Vernant P., Cushing M., Jouanne F., Masson F., Baize S., Chéry J., van der Beek P., "Present-day uplift of the western Alps". *Scientific reports*, 6, 28404 (2016).
- Rigo A., Vernant P., Feigl K. L., Goula X., Khazaradze G., Talaya J., Morel M., Nicolas J., Bayse S., Chéry J., Sylvander M., "Present-day deformation of the Pyrenees revealed by GPS surveying and earthquake focal mechanisms until 2011". *Geophysical Journal International*, 201(2), 947-964 (2015).
- Scholz C. H., "The Mechanics of Earthquakes and Faulting, 2<sup>nd</sup> ed.", *Cambridge University Press*, Cambridge (2002).
- Walpersdorf A., Pinget L., Vernant P., Sue C., Deprez A., and the RENAG team, "Does Long-Term GPS in the Western Alps Finally Confirm Earthquake Mechanisms?". *Tectonics*, 37, <https://doi.org/10.1029/2018TC005054> (2018).