



HAL
open science

Acquisitions de données sismiques denses dans la vallée du Rhône pour la caractérisation des effets de site

Berénice Froment, Céline Gelis, Edward Marc Cushing, Loïc Giselbrecht,
François Lavoué, Andrés Olivares-Castaño, Matthias Ohmberger, Katrin
Hannemann, Pierre Boué, Emmanuel Chaljub, et al.

► To cite this version:

Berénice Froment, Céline Gelis, Edward Marc Cushing, Loïc Giselbrecht, François Lavoué, et al..
Acquisitions de données sismiques denses dans la vallée du Rhône pour la caractérisation des effets de
site. 2022, pp.10-11. hal-04224630

HAL Id: hal-04224630

<https://hal.science/hal-04224630>

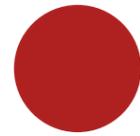
Submitted on 2 Oct 2023

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



Acquisitions de données sismiques denses dans la vallée du Rhône pour la caractérisation des effets de site

Contexte

Certaines configurations géologiques, comme les anciennes vallées remplies de sédiments, sont propices à piéger les ondes sismiques, pouvant mener à une amplification du mouvement sismique en surface et à l'allongement de sa durée. Etant liés aux propriétés locales du sous-sol, ces effets de site peuvent varier fortement d'un site à l'autre et restent difficiles à quantifier pour certaines structures géologiques complexes. Des études dites site-spécifiques sont donc nécessaires pour caractériser ces effets et les prendre en compte correctement dans l'évaluation de l'aléa sismique en un site donné. Elles sont toutefois généralement considérées comme difficiles à mettre en œuvre dans les zones de sismicité faible à modérée telles que la France métropolitaine.

Dans ce cadre, l'IRSN mène depuis plusieurs années des travaux dans la région du site nucléaire du Tricastin, dans la vallée du Rhône. Ce site est implanté sur un ancien canyon, creusé par le Rhône il y a environ 6 millions d'années, durant la crise de salinité Messinienne, et rempli par la suite de sédiments au Pliocène et au Quaternaire. Le fort contraste de propriétés entre le remplissage sédimentaire du canyon (sables, argiles) et les roches encaissantes (marnes et calcaires durs), ainsi que la géométrie du canyon attendue complexe, rendent cette configuration géologique propice aux effets de site. Les premiers travaux de l'IRSN, débutés en 2016 et synthétisés dans une publication récente (Gélis et al., 2022), ont permis notamment une première caractérisation de l'effet de site à partir d'enregistrements de séismes, en deux points particuliers à l'aplomb du canyon sédimentaire. Les résultats montrent une amplification du mou-

vement sismique pouvant atteindre un facteur 6 dans certaines gammes de fréquence par rapport au rocher encaissant.

Programme Dare

Fort de ces premiers résultats, l'IRSN a lancé un programme de recherche (Dare, Dense ARray for site effect Estimation) visant à étendre ces études spatialement, afin d'estimer la variabilité du mouvement dans la zone et de mieux comprendre les effets liés à la géométrie complexe du canyon sédimentaire sur le mouvement sismique. L'idée de ce travail est de s'appuyer sur une acquisition massive de données dans la zone. L'approche adoptée dans Dare consiste à exploiter les données denses acquises par différentes techniques (incluant des approches basées sur l'utilisation du bruit sismique ambiant) et à confronter les estimations des effets de site qui en découlent. Au-delà de l'intérêt évident d'améliorer l'évaluation de l'aléa localement, ces études présentent également un intérêt pour les travaux sur les effets de site plus généralement. Le canyon sédimentaire du Rhône est en effet un exemple de vallées sédimentaires profondes dont l'impact reste difficile à quantifier sur le mouvement sismique (à titre d'exemple, cette question est actuellement un sujet de discussion dans les groupes en charge des normes sismiques à l'échelle européenne - Voir Paolucci et al., 2021). Ces travaux contribueront à une meilleure compréhension des facteurs qui contrôlent les effets de site dans de telles structures. Quatre partenaires se sont associés autour de ce projet : l'IRSN, l'Université de Potsdam, l'Université Grenoble Alpes et le GFZ (Potsdam). DARE est financé par l'IRSN et les agences de recherche nationales française (ANR) et allemande (DFG) (Projet de Recherche Collaborative - International ; 2020 - 2023).

Enregistrement du séisme du Teil

En amont de la campagne massive de 400 nodes*, une étude préliminaire a été menée afin de s'assurer de la faisabilité d'une telle acquisition et d'affiner la stratégie de déploiement. Début novembre 2019, 30 nodes et 3 stations sismiques ont été installés dans la zone pour 2 semaines. Les instruments déployés ont enregistré le séisme du Teil du 11 Novembre 2019 (Mw=4,9), localisé à une vingtaine de kilomètres au nord du Tricastin. Ces enregistrements illustrent clairement les phénomènes d'amplification du mouvement et d'allongement de sa durée, propres aux effets de site. Toutefois, du fait de l'amplitude du mouvement généré par ce séisme, les instruments situés à l'aplomb du canyon sédimentaire ont saturé, limitant l'exploitation de ces signaux pour une estimation quantitative de l'amplification sismique.

* Nodes : petits capteurs sismiques autonomes utilisés pour des installations en réseaux denses dans le cadre de mesures temporaires

Acquisition des données Dare

Deux campagnes sismiques complémentaires ont donc été menées au sein du projet. La première campagne, réalisée avec l'appui des sociétés Sisprobe et Egis, a consisté à déployer 400 nodes trois composants sur une zone d'environ 10 km x 10 km pendant 1 mois (gauche). Cette campagne visait à enregistrer le bruit sismique ambiant. Pour compléter cette première acquisition, une seconde campagne a été réalisée, consistant à déployer 50 stations sismiques large-bande sur la même zone pendant près de 9 mois (droite). Cette seconde cam-

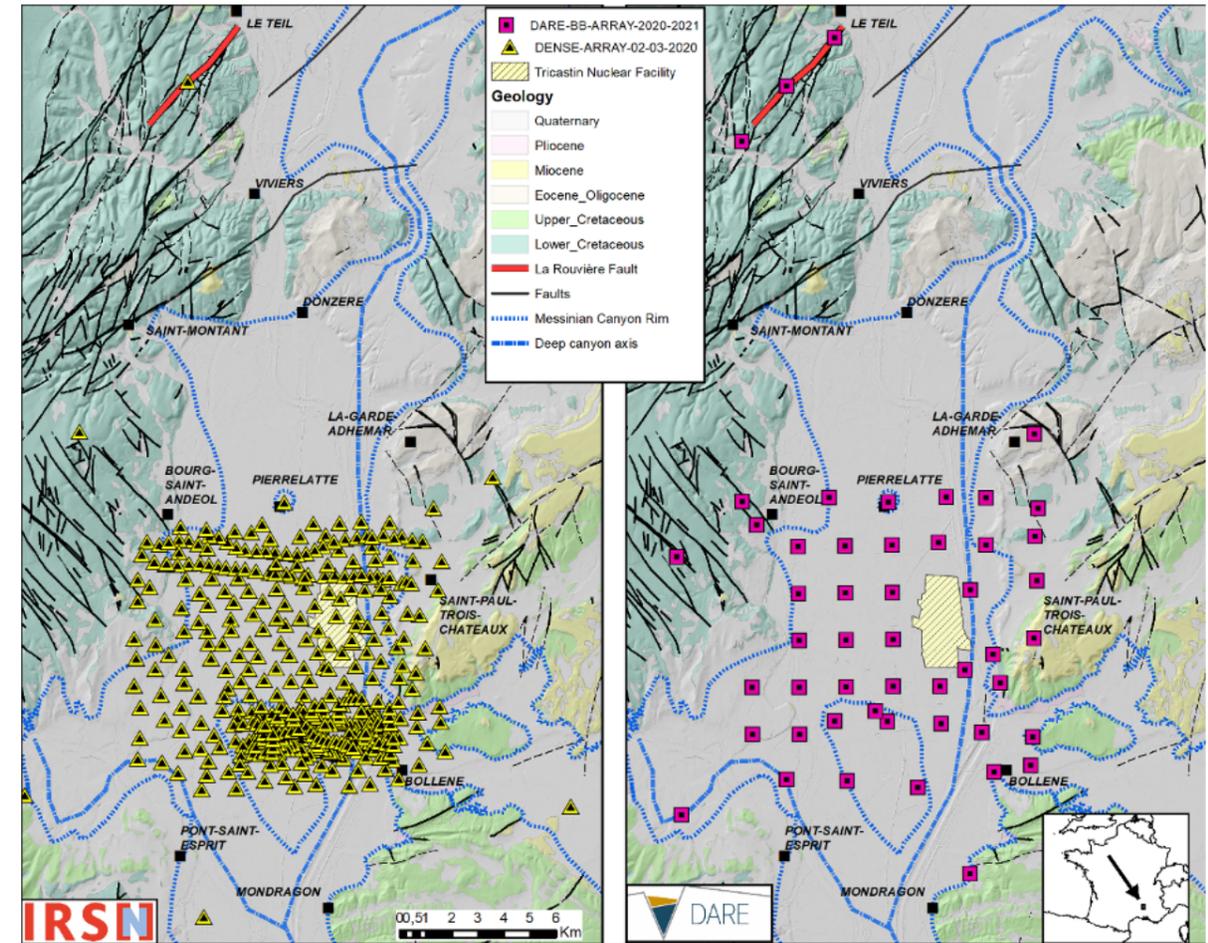


Figure 1 : Carte des réseaux déployés dans le cadre du projet Dare. Gauche : campagne de 400 nodes (1 mois, hiver 2020). Droite : campagne de 50 stations sismiques large-bande (septembre 2020 - mai 2021).

pagne visait à enregistrer la sismicité (locale, régionale et mondiale). Ces deux campagnes aux échelles temporelles et spatiales différentes fournissent des jeux de données complémentaires ciblant différents observables (bruit ambiant ; sismicité). Les deux jeux de données sont présentés en détail dans un article récent (Froment et al., 2022). Ils seront mis à disposition à la fin de l'année 2023 via les centres de données Géofon (données large-bande) et Résif (données nodes).

Exploitation des données

Ces données sont en cours de traitement dans le cadre de la collaboration franco-allemande. Différentes approches sont adoptées (approches numérique et empirique ; exploitation du bruit ambiant et de la sismicité). Ces différentes approches seront associées et/ou comparées pour consolider nos conclusions et obtenir une estimation robuste des

effets de site dans la zone. Plus généralement, le projet Dare vise à fournir un exemple de l'intérêt d'acquérir et d'exploiter des données sismiques in situ pour des applications opérationnelles d'aléa sismique dans les zones de sismicité faible à modérée.

Béatrice Froment, Céline Gélis, Marco Cushing (et l'équipe du projet Dare*)

*Doctorants et Post-doctorants : Loïc Gisselbrecht (Doctorant, IRSN/UGA) ; François Lavoué (Post-doctorant, IRSN/UGA) ; Andrés Olivar-Castaño (Post-doctorant, Université de Potsdam).

Ainsi que Matthias Ohrnberger (coordinateur allemand), Katrin Hannemann (Université de Potsdam) ; Pierre Boué, Emmanuel Chaljub, Laurent Stehly (Université Grenoble Alpes) ; Fabrice Cotton, Annabel Haendel, Marco Pilz, Chuanbin Zhu (GFZ Potsdam) ; Yann Richet (IRSN).

Références

- Froment, B., A. Olivar-Castaño, M. Ohrnberger, L. Gisselbrecht, K. Hannemann, E. M. Cushing, P. Boué, C. Gélis, A. Haendel, M. Pilz, et al. (2022). Complementary Dense Datasets Acquired in a Low-to-Moderate Seismicity Area for Characterizing Site Effects: Application in the French Rhône Valley, *Seismol. Res. Lett.* XX, 1-17. doi: 10.1785/0220220244.
- Gélis, C., L. Cauchie, E.M. Cushing, B. Froment, S. Franco, H. Jomard, D. Moiriat, L. Provost, B. Sariguzel, and H. Tebib (2022). Estimation of the Local Seismic Amplification on an Industrialized Site in the French Rhône Valley. *Pure Appl. Geophys.* 179, 2119-2145. <https://doi.org/10.1007/s00024-022-03069-x>
- Paolucci, R., M. Aimar, A. Ciancimino, M. Dotti, S. Foti, G. Lanzano, P. Mattevi, F. Pacor, and M. Vanini (2021). Checking the site categorization criteria and amplification factors of the 2021 draft of Eurocode 8 Part 1-1. *Bull. Earthquake Eng.* 19, 4199-4234. <https://doi.org/10.1007/s10518-021-01118-9>