

Fabrice HOLLENDER^{1,2}, Pauline RISCHETTE³, Emeline MAUFROY² et Cécile CORNOU²

¹ Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives (CEA), DES, CEA Cadarache, Saint Paul Lez Durance | ² Institut des Sciences de la Terre (ISTerre), Université Grenoble Alpes, CNRS, IRD, IFSTTAR, Grenoble
³ Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre (EOST), CNRS UMS 830, Strasbourg

Etat des lieux

Le réseau RAP fait l'objet d'un effort de caractérisation systématique de ses stations depuis 2012. Récemment, cet effort s'est étendu aux sites couplés RAP/RLBP et aux sites RLBP.

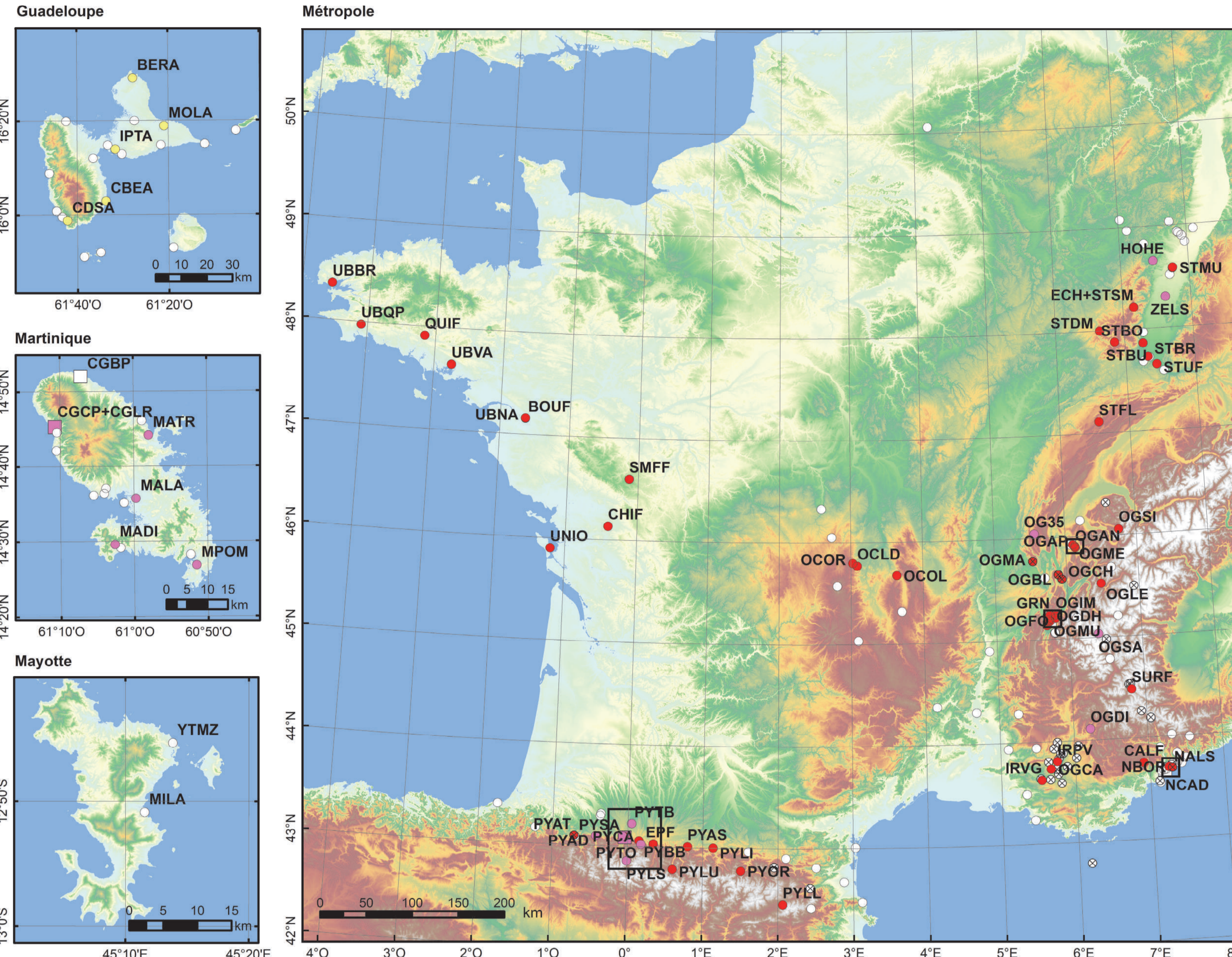
La caractérisation des stations est importante pour :

- la détermination des classes de sol, fréquences de résonance, V_{S30} ...
- la bonne compréhension des effets de site affectant les stations (lithologiques + topographiques),
- une meilleure utilisation des bases de données de signaux.

A ce jour, **69 stations** ont fait l'objet de mesures géophysiques sur site, orientées vers la détermination de paramètres importants pour l'évaluation des effets de site lithologiques et la classification des sites. Parmi ces stations:

- 33 stations présentent un traitement terminé avec des résultats publiés,
- 17 stations présentent traitement terminé mais dont les résultats ne sont pas publiés (ils sont communiqués au cas par cas),
- 19 stations présentent un traitement en cours ou presque finalisé (campagne de caractérisation dans les Pyrénées de septembre 2019, en Martinique en mars 2020, dans les Alpes et en Alsace en juin 2021).

Grâce à la mise à disposition récente de MNT haute-résolution sur l'ensemble de la France, les effets de site topographiques ont quant à eux été estimés sur l'ensemble des stations.



Etat du réseau RAP au 15/11/2021 - Légende

- Stations non caractérisées
- Stations dont la caractérisation est prévue en 2023
- Stations caractérisées, traitement en cours
- Stations caractérisées et profils Vs disponibles
- Stations en fonction
- ⊗ Stations arrêtées (durée de fonctionnement > 5 ans)
- Stations standard
- Bâtimets instrumentés

Optimisation et perspectives

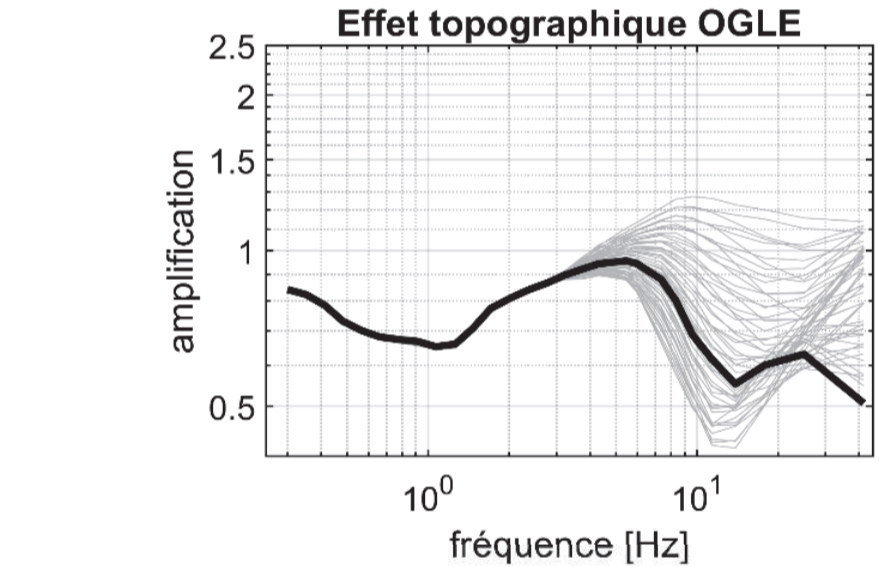
Dans l'optique d'accélérer l'effort de caractérisation des stations RAP et envisager de l'étendre aux stations RLBP, il est indispensable d'être plus efficace sur l'ensemble du processus et réduire la durée séparant les mesures sur sites et la mise à disposition des résultats à l'ensemble de la communauté. Cet effort d'optimisation comprend plusieurs volets.

Volet 1 : optimisation instrumentale. Les appareils de mesures utilisés jusqu'à 2020 pour la caractérisation (sismomètres large-bande) étaient coûteux, fragiles et relativement lourds. D'importants dommages ont d'ailleurs été à déplorer lors du retour du matériel de Martinique. Un travail de qualification de nodes sismiques (type SmartSolo) a été mené en 2021 et a validé l'emploi de ce matériel. En conséquence, la dernière campagne de juin 2021 a été réalisée avec ce matériel qui permettra, « à effort constant », de caractériser plus de sites (cf. poster « Qualification des nodes SmartSolo » pour l'optimisation de la caractérisation des conditions de site des stations RAP et RLBP »).

Volet 2 : optimisation du traitement des données. Des travaux de systématisation de la préparation des données et du traitement (traitement en « batch ») ont été réalisés et feront l'objet de procédures d'utilisation mises à disposition de tous.

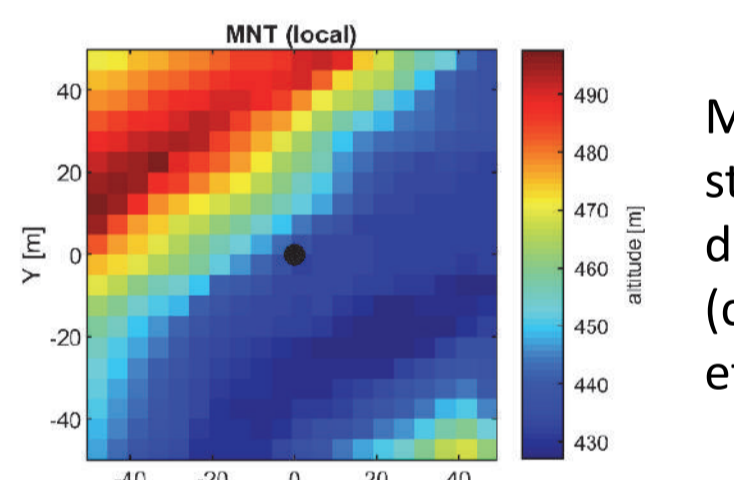
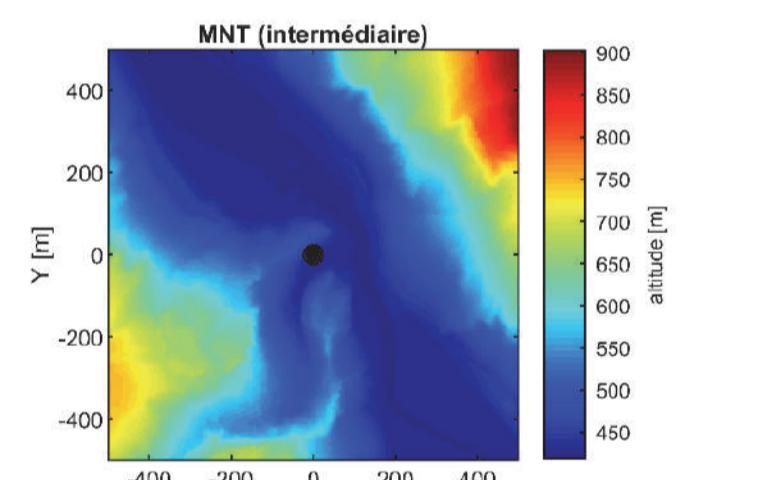
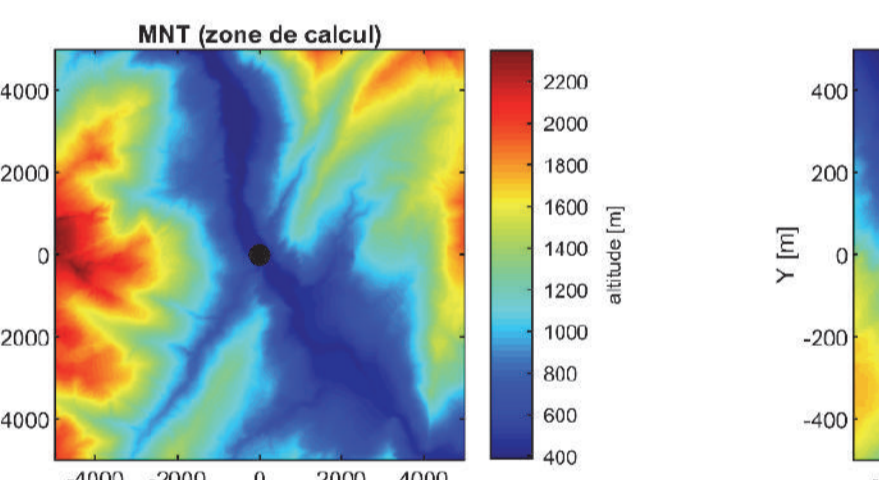
Volet 3 : mise à disposition plus rapide des résultats. Un sous-domaine du site Internet RESIF est en cours de construction. Adossé à un article et à un DOI, ce site permettra de mettre en ligne les résultats obtenus sur un site donné dès le traitement terminé.

Evaluation systématique de effets de site topographiques

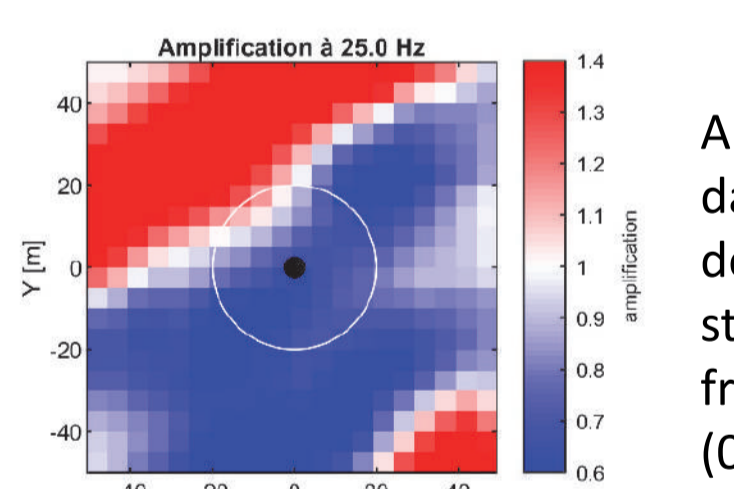
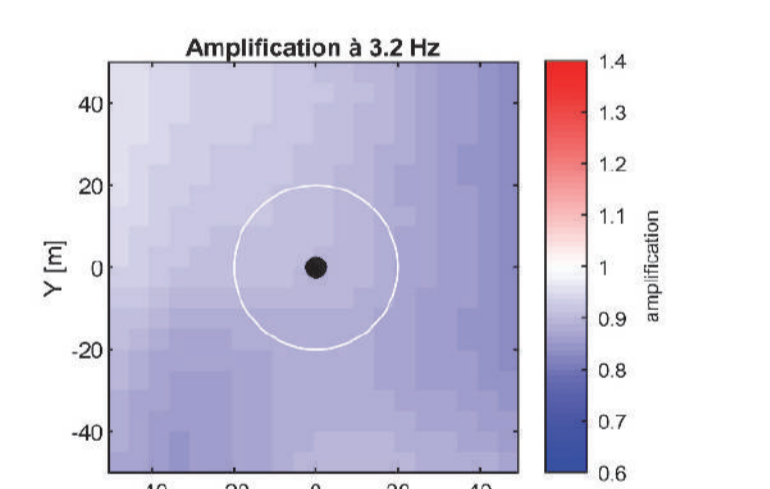
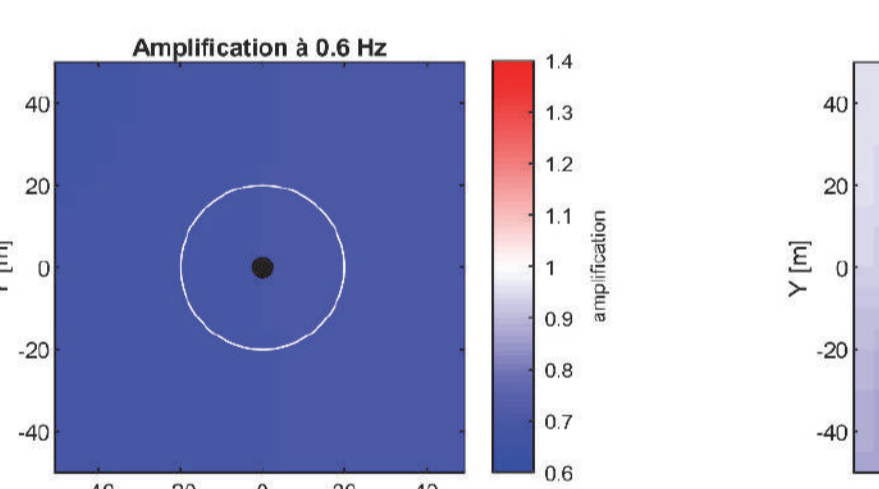


Amplification de 0.65 à 0.96 sous 10 Hz

La mise à disposition par l'IGN du MNT de la France au pas de 5 m a permis l'application du proxy « frequency scaled curvature » (Maufroy et al. 2015) sur l'ensemble des stations. A gauche, l'estimation de l'amplification topographique pour la station OGLE (ici, désamplification due à sa situation en fond de vallée). Courbe noire : amplification calculée à la localisation estimée de la station. Courbes grises : amplification en tout point dans un rayon de 20 m autour de la localisation estimée de la station.



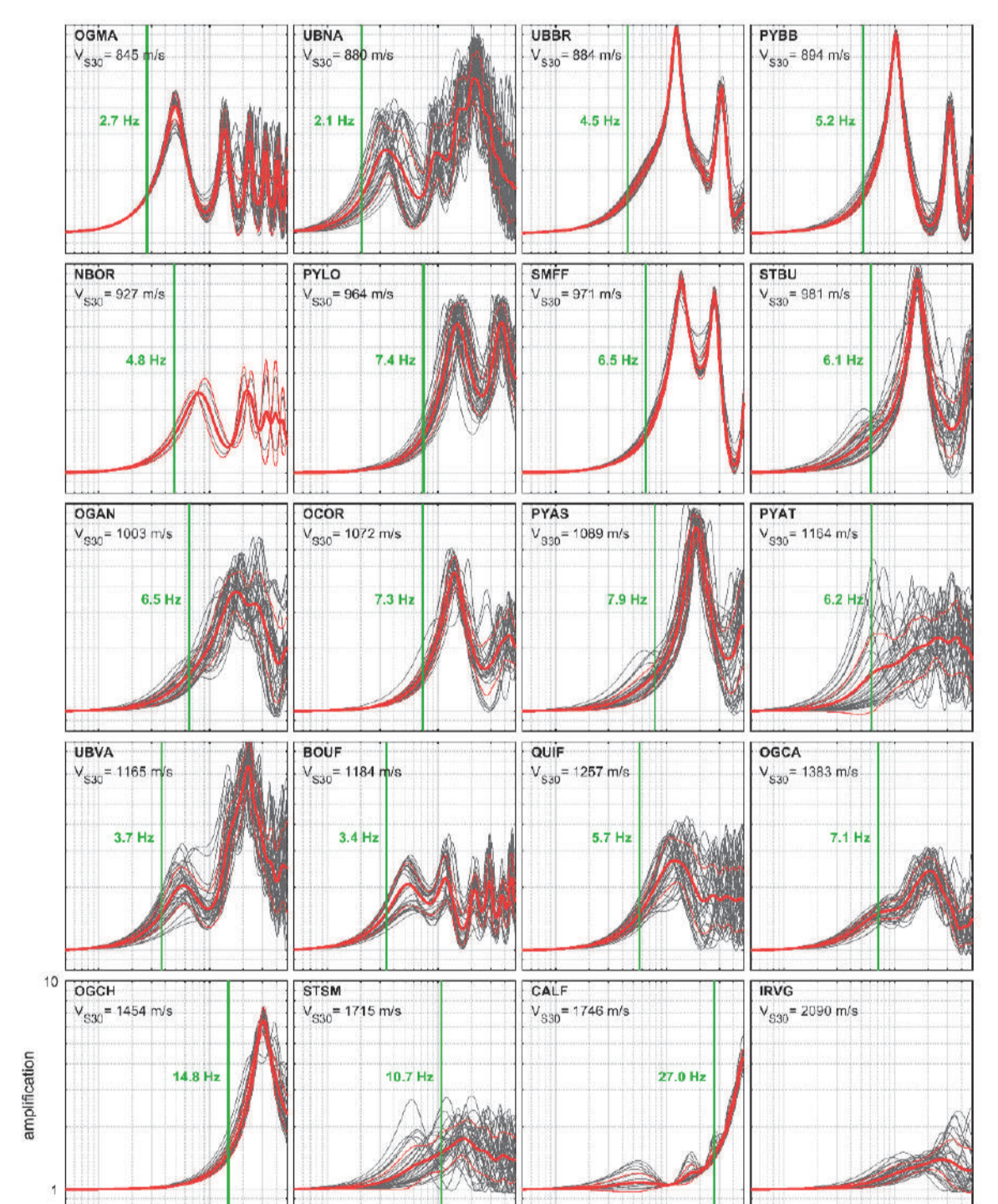
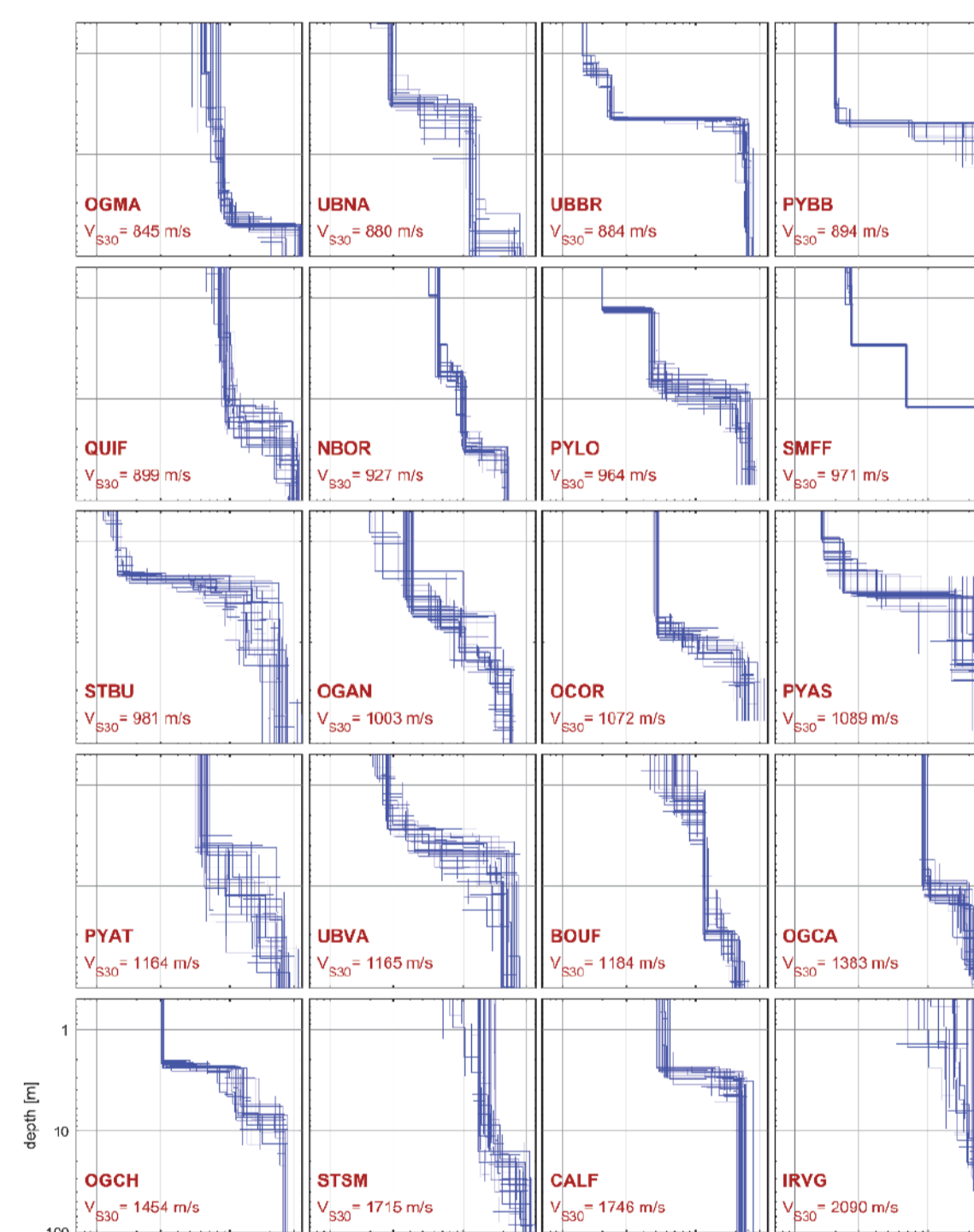
MNT autour de la station OGLE à différentes échelles (carré de 10 000, 1 000 et 100 m de côté)



Amplifications estimées dans un carré de 100 m de côté autour de la station OGLE à 3 fréquences différentes (0,6, 3,2 et 25 Hz).

Détermination des profils de vitesse et évaluation des effets de site lithologiques 1D

La caractérisation des stations permet notamment de déterminer les profils de vitesse des ondes de cisaillement. A gauche, les profils de vitesse déterminés pour 20 stations caractérisées du réseau présentant un $V_{S30} > 800$ m/s (33 profils par station pour explorer l'incertitude de mesure et d'inversion). A droite, les effets de site déduits par simulation 1D sur les mêmes stations.



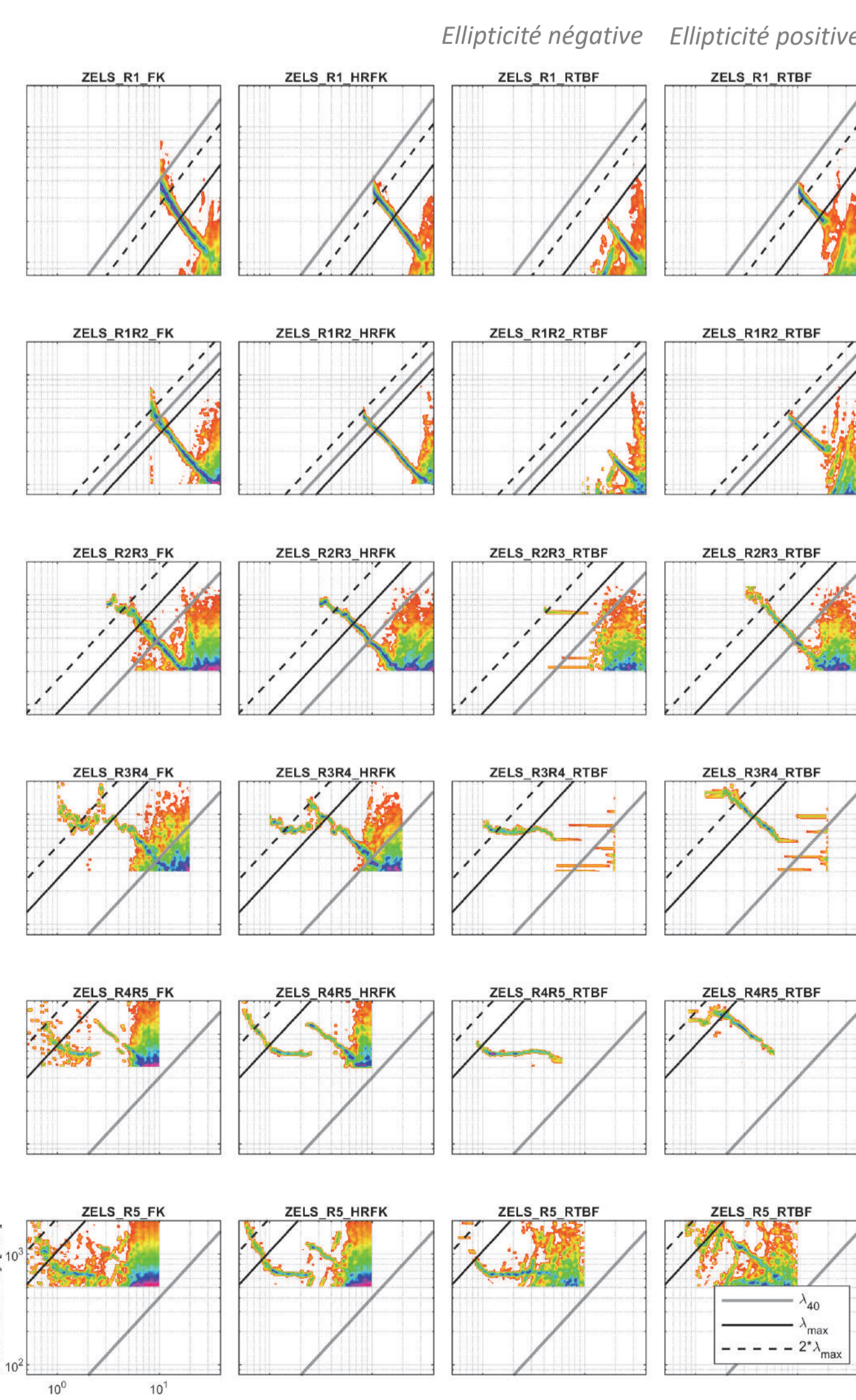
Zoom sur la campagne de juin 2021

La campagne de juin 2021 portait sur la caractérisation de 6 stations dans les Alpes (4 stations couplées RAP-RLBP : OGD1, OGSA, OG35 et OGSM - dite « Hell Station » compte tenu des températures diaboliques qui y régnaient, + 2 stations du réseau LDG : MBDF et LPF) et 5 stations dans la région « Grand Est » (HOHE, MANO, WLS, ECH, ZELS). Cette campagne présentait plusieurs particularités/objectifs:

- première campagne utilisant les nodes « SmartSolo » (mis à disposition par l'EOST),
- première campagne comprenant des stations purement RLBP (MANO et WLS),
- campagne intégrant les stations produisant les magnitudes les plus fortes (MANO) et les plus faible (WLS) du réseau opéré par l'EOST,
- campagne intégrant les stations ayant fait l'objet de mesures temporaires pour l'évaluation des effets d'installation (OG35, OGSA, ECH, ZELS en plus des stations OGFO et STMU déjà caractérisés en 2014) : voir poster « Avez-vous dit champ-libre ? Importance des choix d'installation des stations sismologiques sur le contenu fréquentiel des signaux enregistrés ».



Mesures MASW à la station OGSA (Col de Lautaret).



Traitement de type FK pour la station ZELS. Le traitement RTBF permet de bien différencier 2 modes (fondamental et probablement 2^{ème} mode supérieur) pour les grands réseaux (R3R4, R4R5) grâce à la détermination de l'angle d'ellipticité.



Les nodes « SmartSolo » (1,7 kg contre 14 kg pour les sismomètres CMG6-TD et leurs accessoires) permettent une mise en œuvre plus rapide et présentent un encombrement total beaucoup plus réduit. Ils permettent notamment d'aller installer les réseaux en vélo !