



**HAL**  
open science

## Nouvelle vision de la structure lithosphérique des Alpes par tomographie de bruit ambiant

Anne Paul, Chloé Alder, Yang Lu, Ahmed Nouibat, Dorian Soergel, Thomas Bodin, Eric Debayle, Thierry Dumont, Stephane Guillot, Helle A. Pedersen,  
et al.

► **To cite this version:**

Anne Paul, Chloé Alder, Yang Lu, Ahmed Nouibat, Dorian Soergel, et al.. Nouvelle vision de la structure lithosphérique des Alpes par tomographie de bruit ambiant. 2021, pp.10-11. hal-03662581

**HAL Id: hal-03662581**

**<https://hal.science/hal-03662581v1>**

Submitted on 11 May 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.



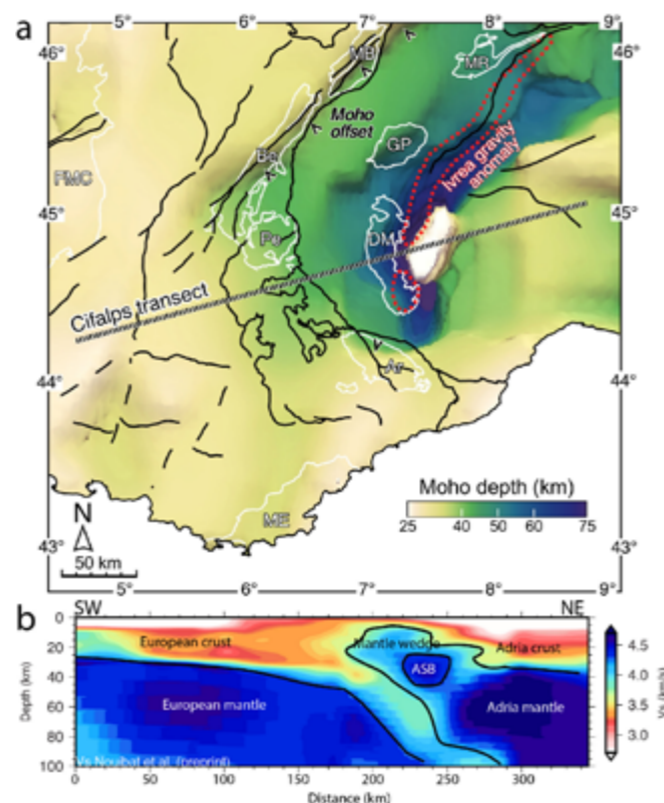
## Nouvelle vision de la structure lithosphérique des Alpes par tomographie de bruit ambiant

Alors que les Alpes sont la chaîne de montagne la plus étudiée par les géologues depuis plus d'un siècle, la connaissance de leur structure lithosphérique restait parcellaire faute d'un réseau sismologique dense et homogène. Seule l'imagerie sismologique permet en effet de « voir » les structures profondes, d'infirmer ou confirmer les modèles géologiques. Le réseau sismologique temporaire AlpArray et sa composante française AlpArray-FR (lettre d'information Résif n°18) ont fourni les données nécessaires à l'implémentation de nouvelles méthodes de tomographie de bruit ambiant et leur application aux Alpes. Quatre thèses ont exploité les enregistrements continus de près de 1000 stations temporaires et permanentes d'Europe Occidentale, dont AlpArray.

Y. Lu a réalisé une inversion probabiliste des données de dispersion des ondes de surface pour calculer une tomographie en vitesse d'ondes S ( $V_s$ ) de la croûte d'Europe occidentale [Lu et al. 2018]. Sa principale découverte dans les Alpes occidentales est un approfondissement brutal (8-10 km) de la limite croûte-manteau (Moho) le long d'une structure rectiligne orientée NE-SO sous les massifs cristallins externes de Belledonne au Mont Blanc (« Moho offset » sur la figure 1a). L'orientation de cette structure suggère un héritage de la chaîne hercynienne (300-400 Ma).

A. Nouibat a implémenté une méthode d'inversion dite transdimensionnelle (aucun paramètre fixé a priori) pour calculer les cartes de vitesse de groupe des ondes de surface et leurs incertitudes ; il a ensuite appliqué la méthode de Y. Lu pour calculer un nouveau modèle de  $V_s$  [Nouibat et al., soumis]. La figure 1a montre une carte de profondeur d'un analogue du Moho, et la figure 1b une coupe dans le modèle  $V_s$  le long du profil nommé Cifalps sur la figure 1a. Les détails que révèle ce modèle peuvent être corrélés aux données géologiques de surface. Il devient alors possible de construire un modèle géologique 3D en extrapolant la carte géologique en profondeur avec le modèle sismologique pour contrainte. Un résultat important de cette tomographie est la mise en évidence du plongement (subduction) de la croûte européenne sous le coin mantellique (« mantle wedge » sur la figure 1b) qui culmine à 10 km de profondeur sous le massif de Dora Maira (DM sur la figure 1a) entre les croûtes Européenne et Adriatique. Le petit corps de vitesse rapide ( $V_s > 4.3$  km/s) situé entre 20 et 50 km de profondeur dans le coin mantellique est nommé ASB (pour « Adria seismic body ») car il concentre la majorité des hypocentres des séismes les plus profonds des Alpes occidentales.

D. Soergel a utilisé les corrélations de bruit pour cartographier l'atténuation des ondes sismiques (mesurée par le facteur de qualité  $Q_c$  de la partie tardive des ondes de



1— Résultats de la tomographie de Nouibat et al. pour les Alpes sud-occidentales. a) Carte de profondeur de la surface  $V_s = 4.3$  km/s, considérée comme analogue du Moho. Les pointes de flèches noires montrent le saut de Moho de Belledonne (Be) au Mont Blanc (MB). b) Coupe dans le modèle  $V_s$  le long du profil Cifalps indiqué sur la carte. Le Moho Européen, le Moho Adriatique, et le contour du coin mantellique sont surlignés en noir, ainsi que le corps de vitesse rapide ASB (Adria seismic body).

surface, ou coda) à des fréquences plus basses que ce que permettent les enregistrements de séismes [Soergel et al. 2020]. La figure 2 montre la carte de  $Q_c$  entre 2.5 et 5s de période. Les ondes sismiques sont beaucoup plus atténuées dans les bassins (bassin du Po, bassin Pannonien) que dans les Alpes ou les Apennins. L'atténuation est très faible dans le sud-est de la France. Ce type de carte peut être utile à l'évaluation du risque sismique.

C. Alder a analysé les vitesses des 2 types d'onde de surface que sont les ondes de Love et de Rayleigh et les a inversées simultanément par une méthode probabiliste pour estimer l'anisotropie radiale dans la croûte européenne [Alder et al. 2020]. L'anisotropie radiale est une différence de vitesse de propagation entre les ondes de Love dont le mouvement de particules, ou polarisation, est horizontal et les ondes de Rayleigh polarisées verticalement. Elle marque la fabrique d'une roche : foliation, fracturation, etc. Contrairement aux études qui montrent que croûte inférieure et manteau supérieur

sont anisotropes sur toute l'Europe, C. Alder ne détecte une anisotropie que dans la croûte inférieure et le manteau supérieur de la chaîne des Apennins (Italie). Cette différence est liée à l'excellente couverture des données de corrélation de bruit, et à l'inversion probabiliste qui permet de séparer l'anisotropie « structurale » liée à un litage horizontal fin de l'anisotropie radiale intrinsèque. L'anisotropie radiale de la croûte inférieure des Apennins est attribuée à la déformation ductile associée à l'importante extension subie par cette chaîne.

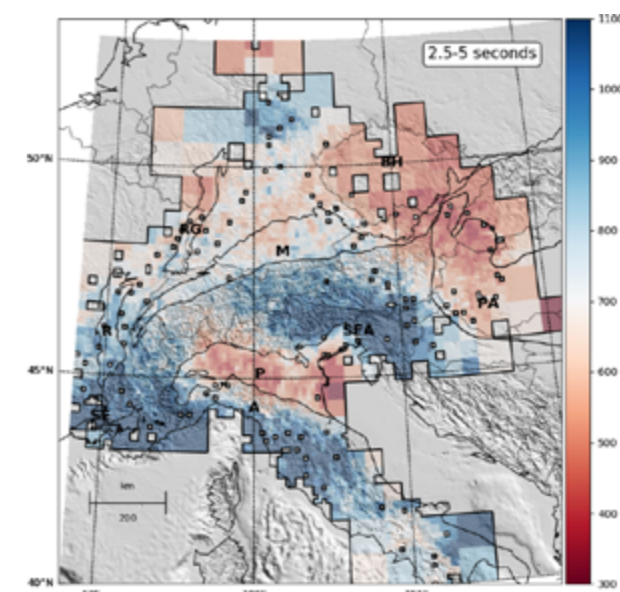
Ces résultats seront exploités dans de nouveaux modèles géodynamiques des Alpes et régions environnantes. Le modèle  $V_s$  de Nouibat et al. est en cours d'interprétation pour construire un modèle géologique crustal 3D du chantier « Alpes et bassins périphériques » du programme RGF (Référentiel Géologique de la France).

Anne Paul, Chloé Alder, Yang Lu, Ahmed Nouibat, Dorian Soergel et le groupe scientifique "tomographie AlpArray-FR"<sup>1</sup>

### Références

- Alder et al. 2020 ; doi.org/10.1093/gji/ggab066
- Lu et al. 2018 ; doi.org/10.1093/gji/ggy188
- Nouibat et al. ; soumis à Geophysical Journal International.
- Soergel et al. 2020 ; doi.org/10.1093/gji/ggz443

<sup>1</sup> Thomas Bodin, Eric Debayle, Thierry Dumont, Stéphane Guillot, Helle Pedersen, Yann Rolland, Stéphane Schwartz, Laurent Stehly.



2— Carte du facteur de qualité (coda- $Q$ ) mesurée à partir de corrélations de bruit dans la zone Alpine au sens large, pour la gamme de période 2.5-5s (Soergel et al. 2020).