

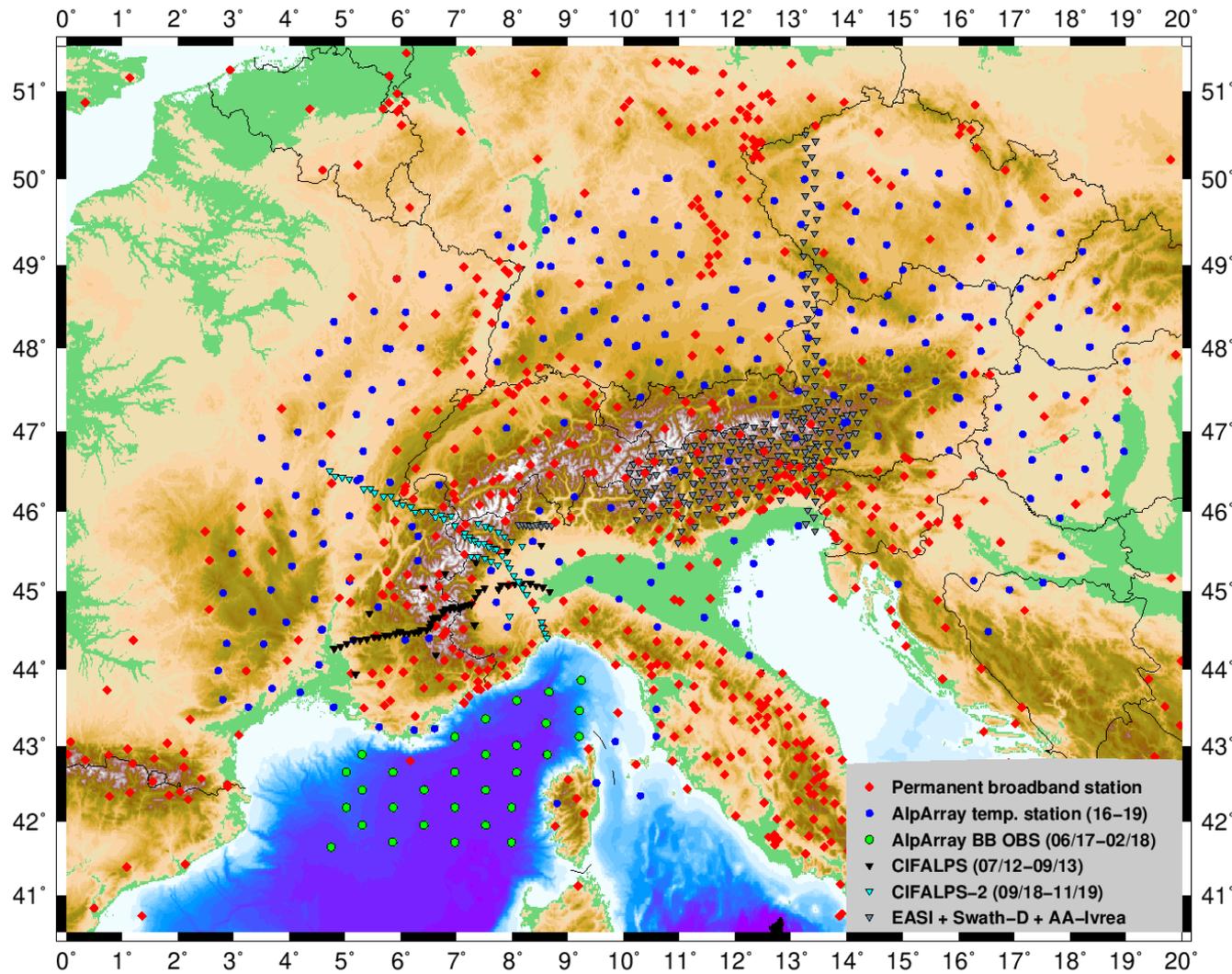
Tomographie de la lithosphère Alpine : apport des réseaux AlpArray & CIFALPS

Laurent Stehly, Yang Lu, Anne Paul

ISTerre, Grenoble

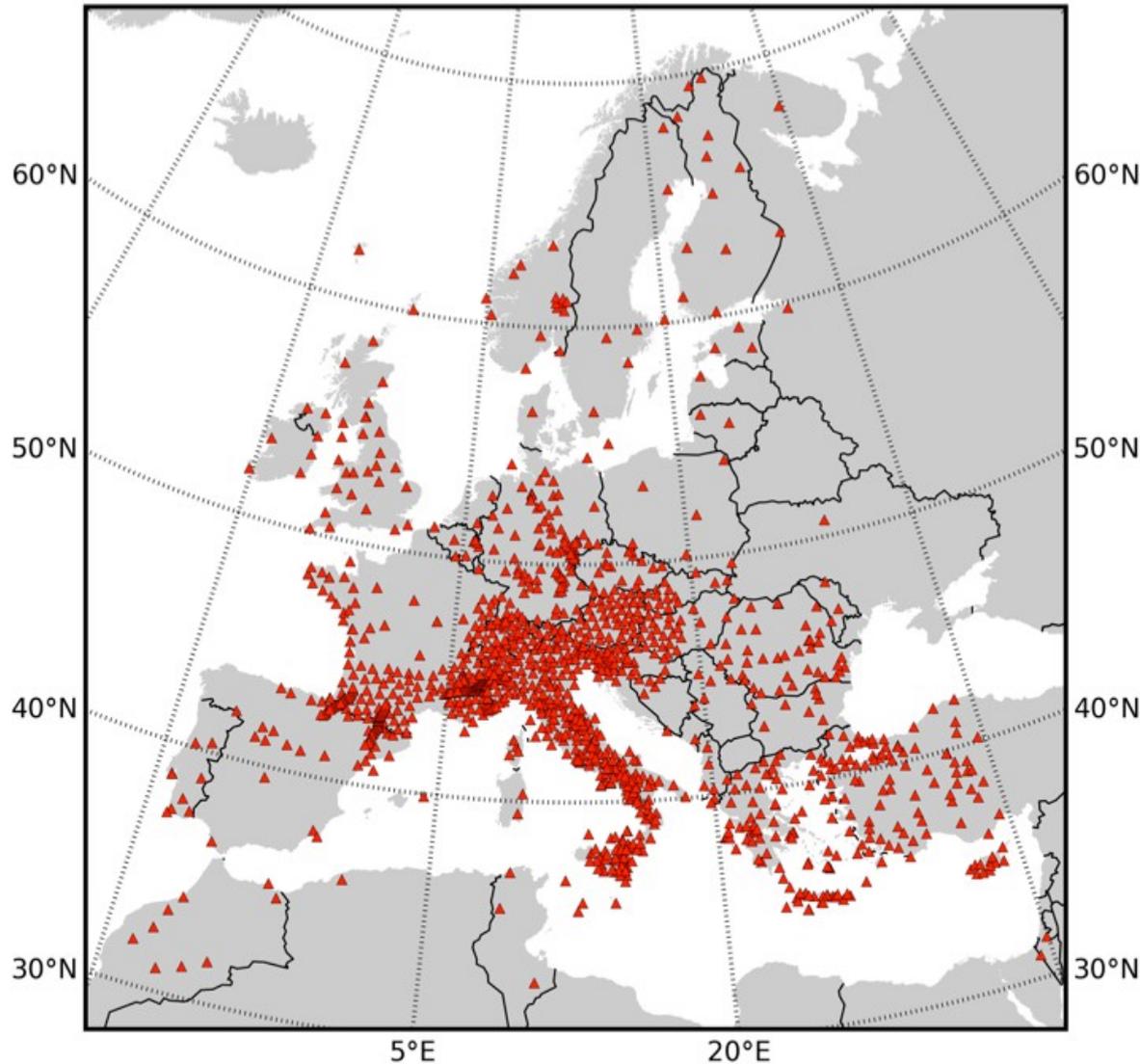


Réseaux européens 2012-2019



- X 10 en 15 ans !
- **> 1500 stations** incluant les réseaux permanents, RLBP, AlpArray, CIFALPS I & II
- 68 réseaux au total

Dataset utilisé par Yang Lu



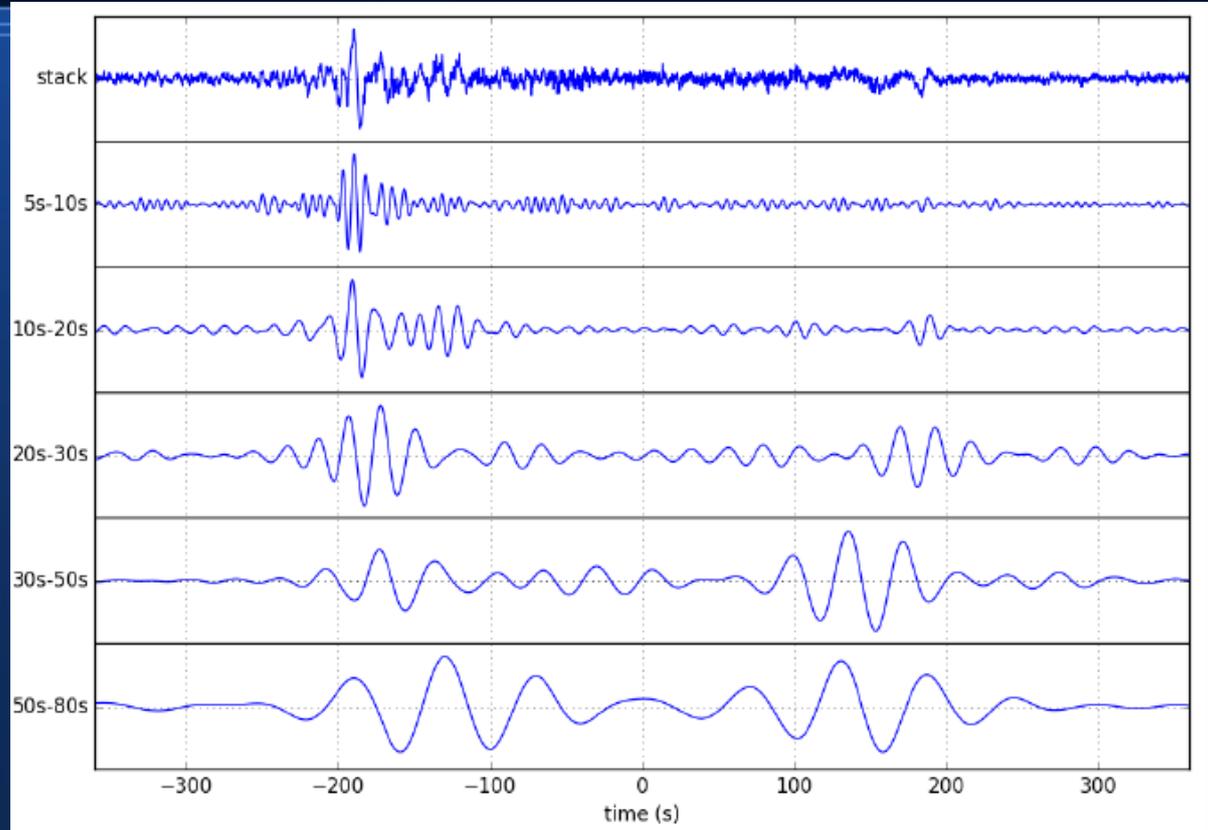
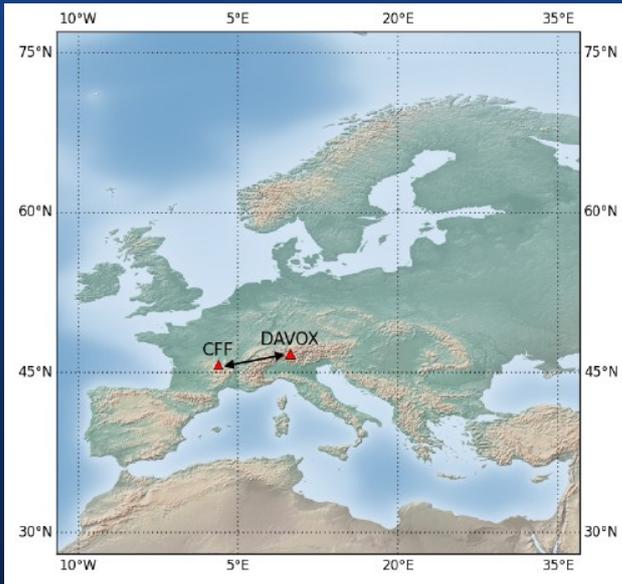
- 1300 stations
- 4 ans de données 2012-2016
- Inclue les 1eres stations AlpArray

1. Modèle Vs probabiliste de l'Europe à partir de corrélations de bruit

Laurent Stehly¹, Yang Lu¹, Anne Paul¹, AlpArray Working Group

1. ISTerre, Grenoble

Corrélation calculée entre CFF et DAVOX

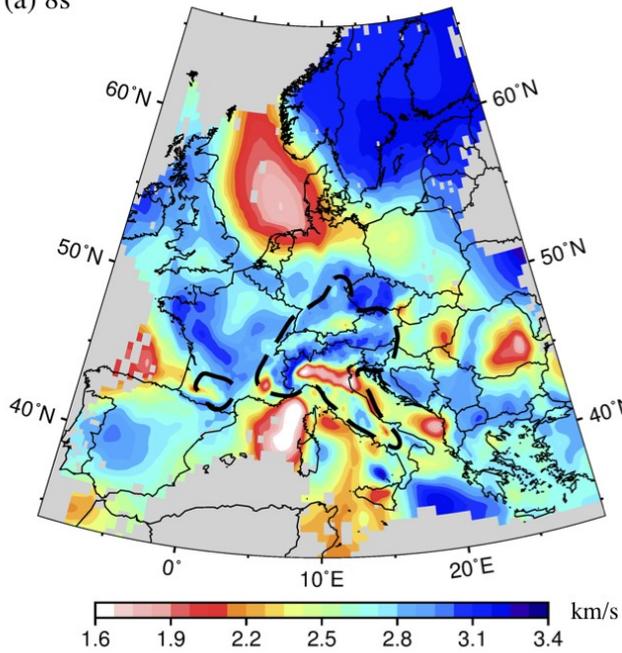


- ~ 1 million de trajet au total
- Entre 5 et 20 % des trajets sélectionnés selon les bandes de fréquence

Group Velocity maps 5-125s

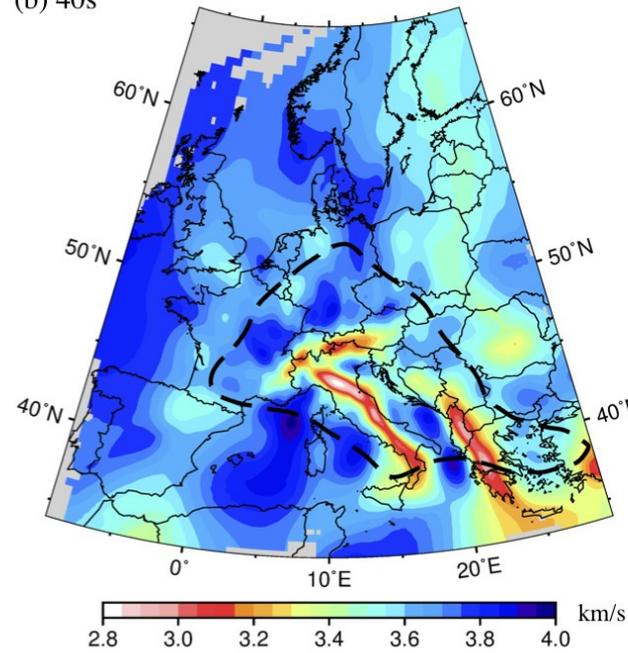
8s

(a) 8s



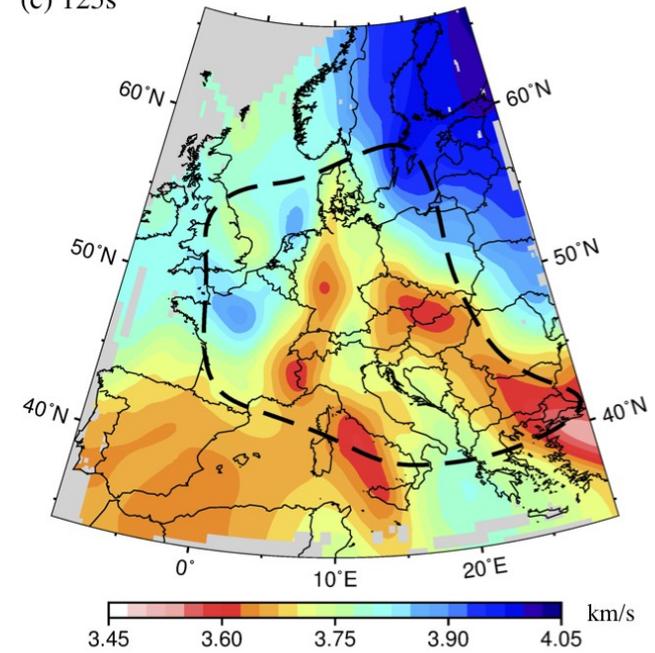
40s

(b) 40s



125s

(c) 125s

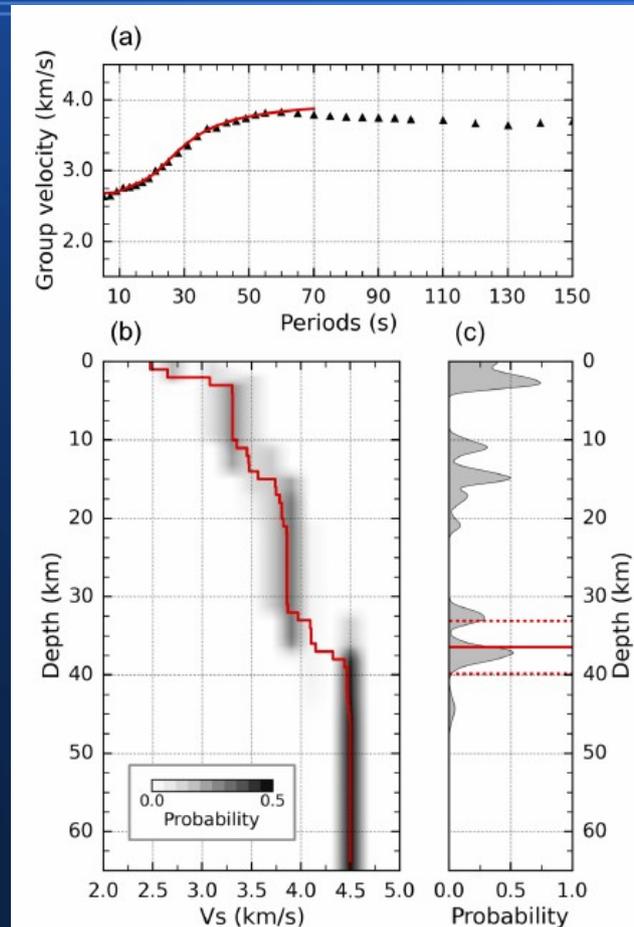


Inversion probabiliste pour Vs

- Une banque de 8 millions de modèles Vs 1D + courbe de dispersion est calculée
- Les modèles contiennent 4 couches : sédiment, cr sup, cr inf, manteau
- Pour chaque pixel,
 - on extrait une courbe de dispersion locale issue des cartes de vitesse de groupe
 - Elle est comparée aux 8 millions de modèle synthétique
 - => on obtient pour chaque profondeur une probabilité d'avoir une densité de probabilité pour Vs + une probabilité d'avoir une interface

Exemple d'inversion pour un pixel dans le bassin molassique

Densité de probabilité pour V_s

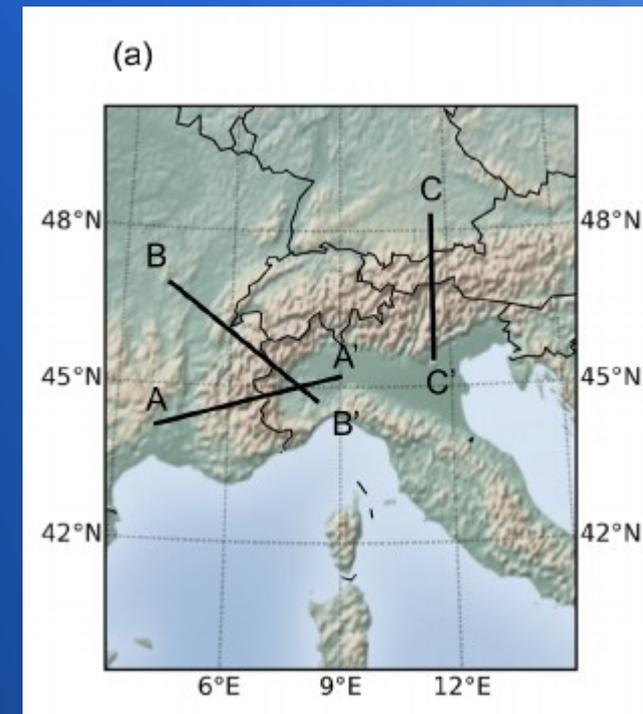
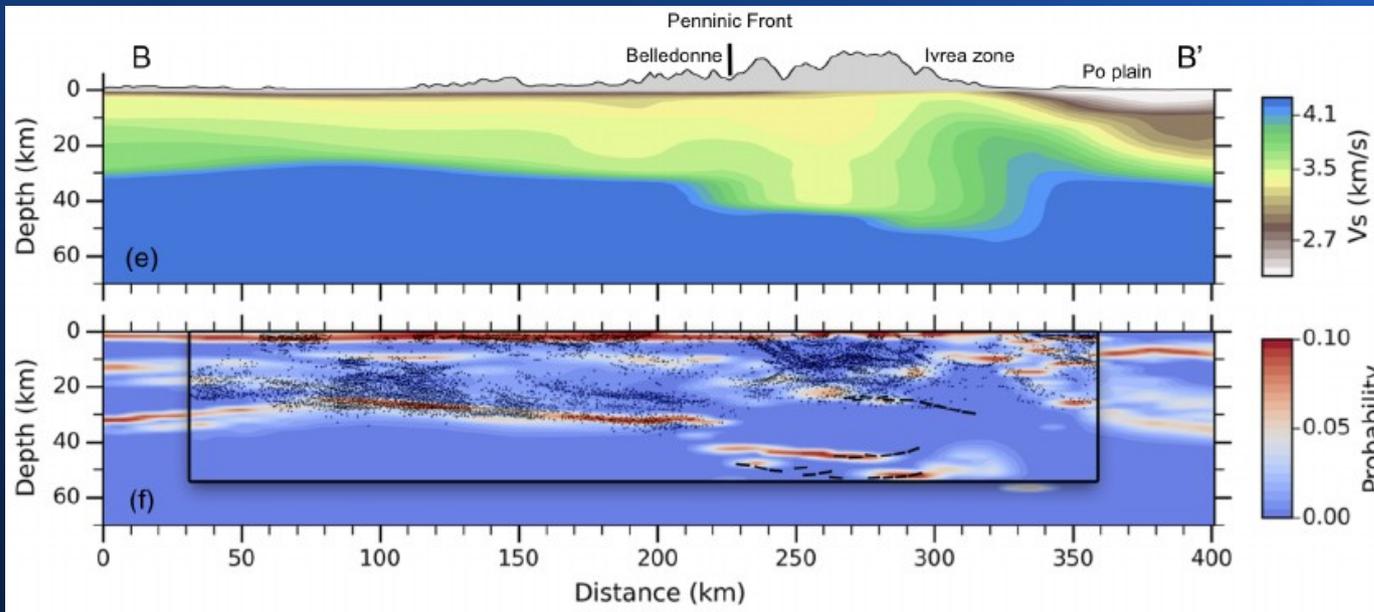


← Probabilité d'avoir une interface

Le modèle probabiliste permet de distinguer les modèles compatibles et incompatibles avec les données.

On note ici que plusieurs profondeurs sont possibles pour le Moho.

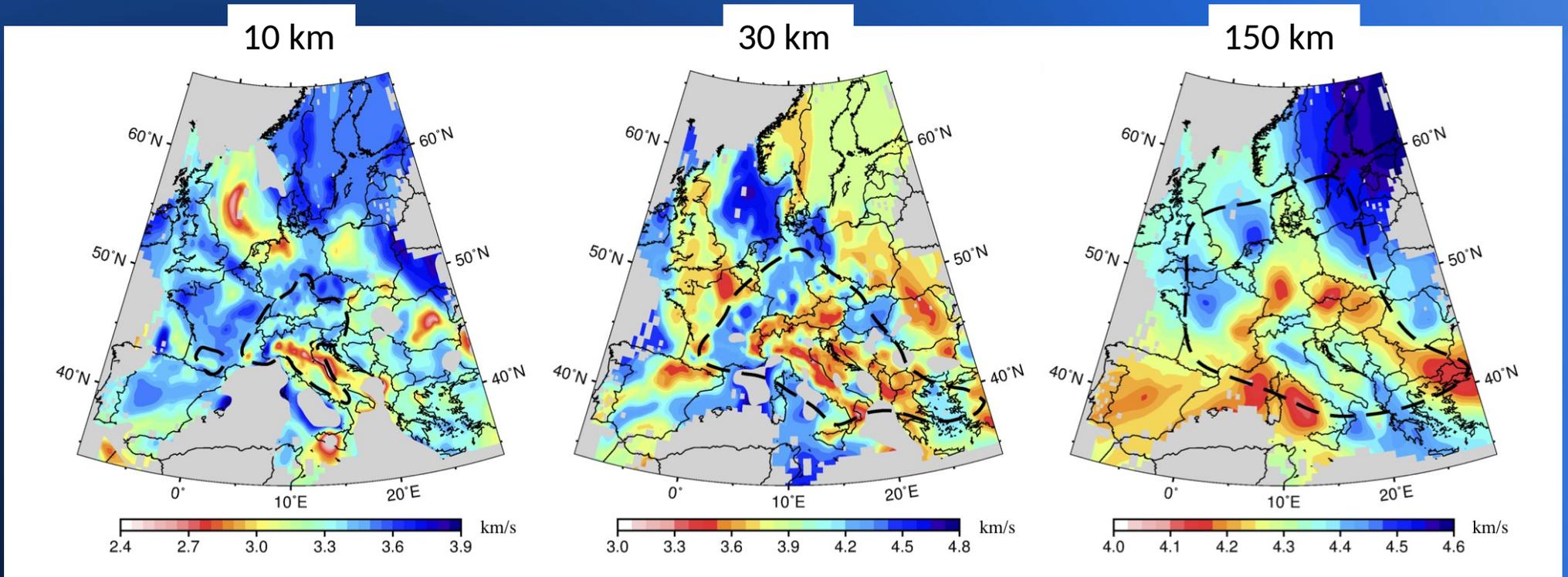
Modèle Vs et probabilité d'avoir une interface le long du profile ECORS-CROP B-B'



ECORS-CROP Cross section :

- Moho step below the Pennic Front as well as an intra-crustal interface
- Top of the Ivrea body is visible at ~10 km depth

S-waves velocity vs depth



On extrait un modèle de V_s issu du modèle probabiliste. Mais en réalité l'information est contenue dans les densités de probabilité
Nécessaire pour la « Wave Equation Tomography »

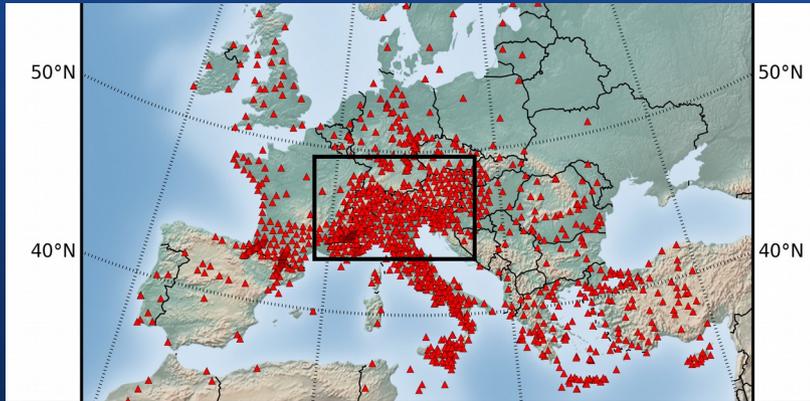
Petites remarques :

- La principale limitation est notre manque de connaissance géologique à l'échelle de l'Europe
- => il est possible que le modèle contiennent des informations importantes ... sans qu'on le sache

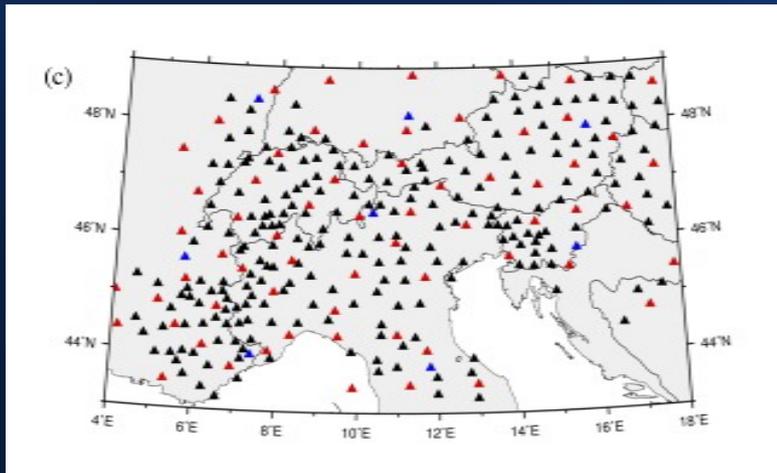
2. Wave Equation Tomography of the western Alps

Yang Lu, Laurent Stehly, Romain Brossier, Anne Paul
ISTerre, Grenoble

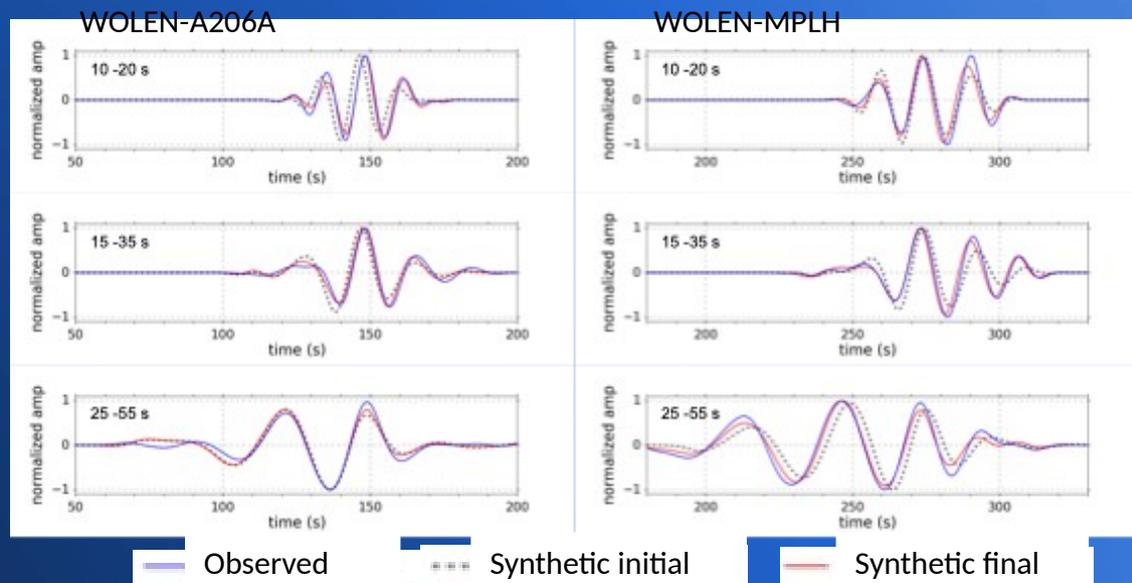
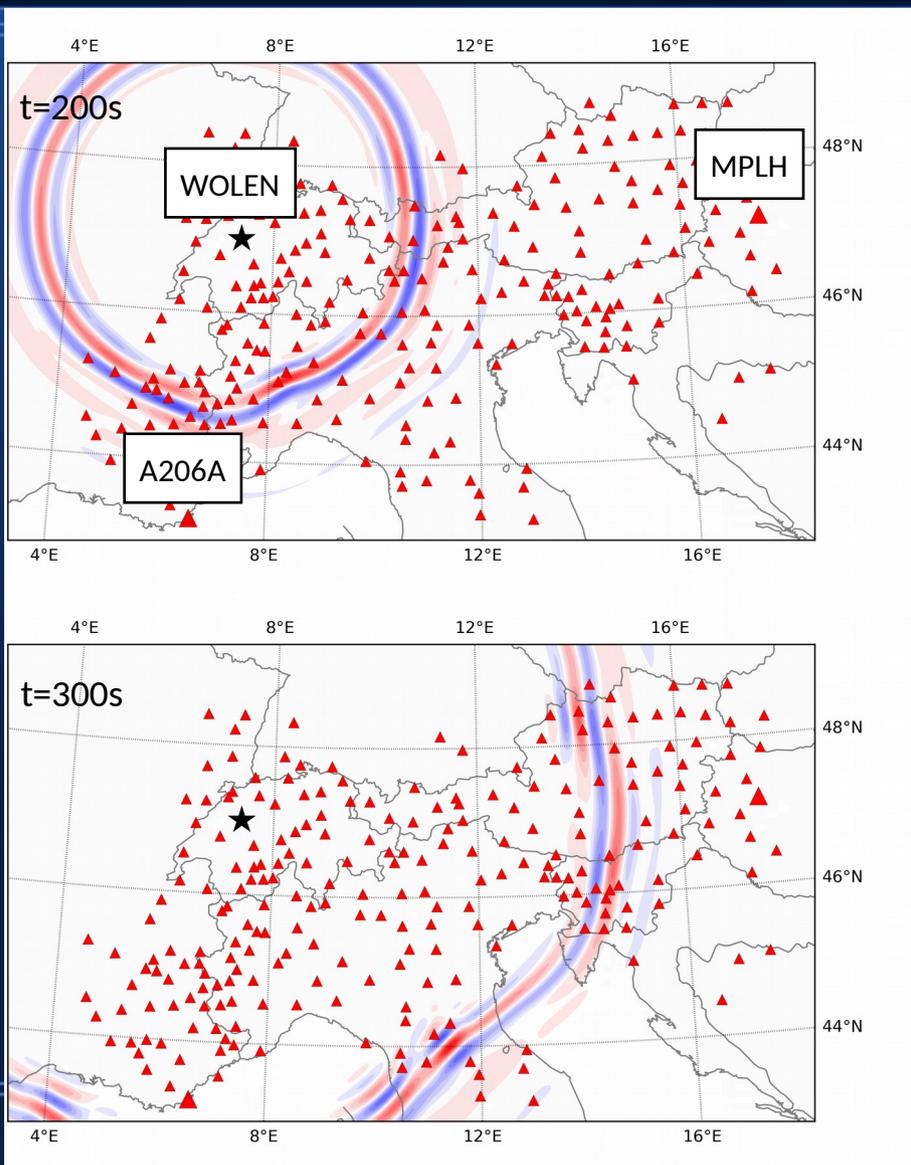
Modélisation des corrélations de bruit



- La forme d'onde des corrélations est modélisée en supposant qu'elles sont une fonction de Green
- La différence des temps d'arrivée observés vs simulés est inversée entre 10-55s.
- Modèle initial : modèle 3D Vs précédent
- On utilise 64 sources virtuelles (rouge) et ~300 récepteurs (noir)
- Package : SEM46 du consortium Seiscope (Trinh et al., 2019)
- Peut-on extraire plus d'information des ondes de surface ?



Exemple de simulation



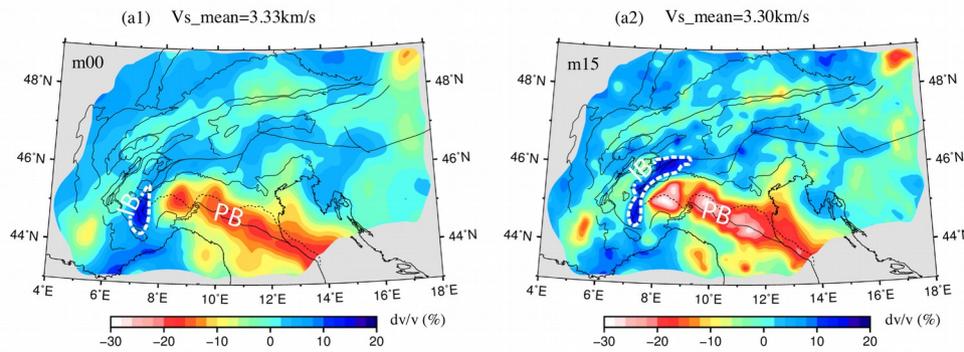
- On note des distortions des fronts d'onde dues à la structure 3D du milieu

résultats

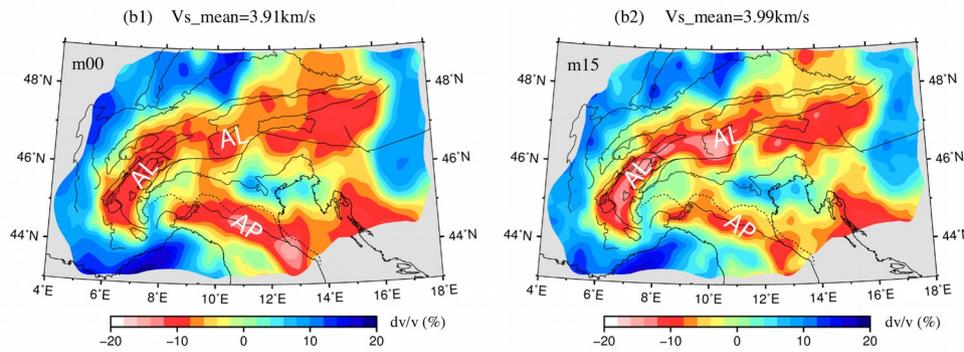
Initial model
LSP-Eucrust1.0

Final model

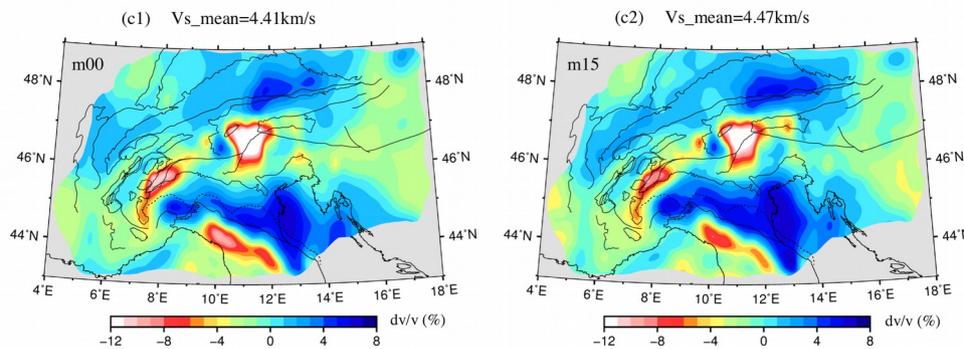
10 km



30 km

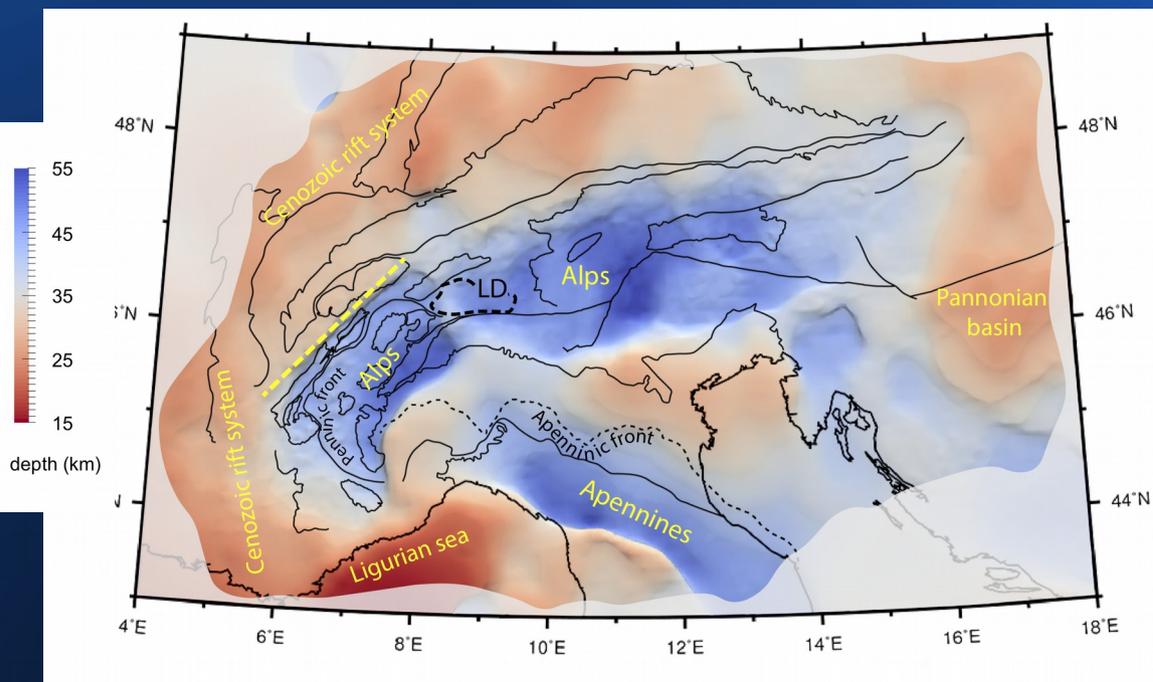


50 km

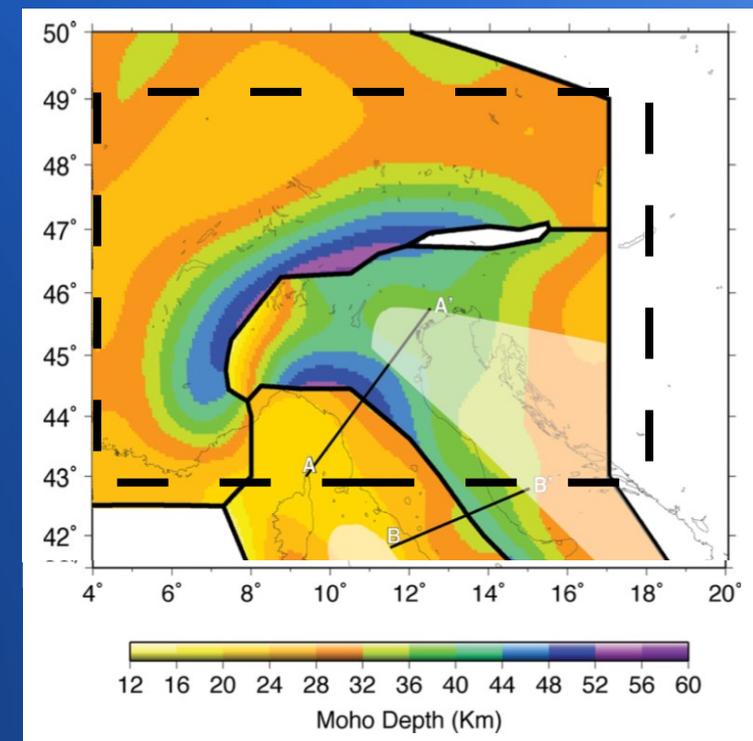


- ~65% total misfit reduction
- Resolution 40-50 km
- Significant enhancement of velocity contrasts
- Increase of average V_s

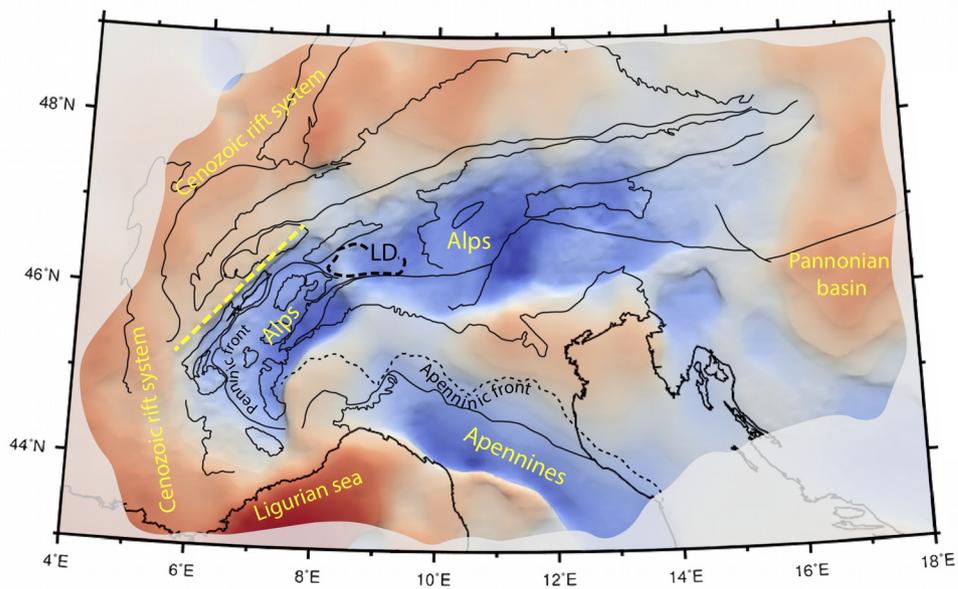
Iso-velocity 4.2 km/s interpreted as a moho map



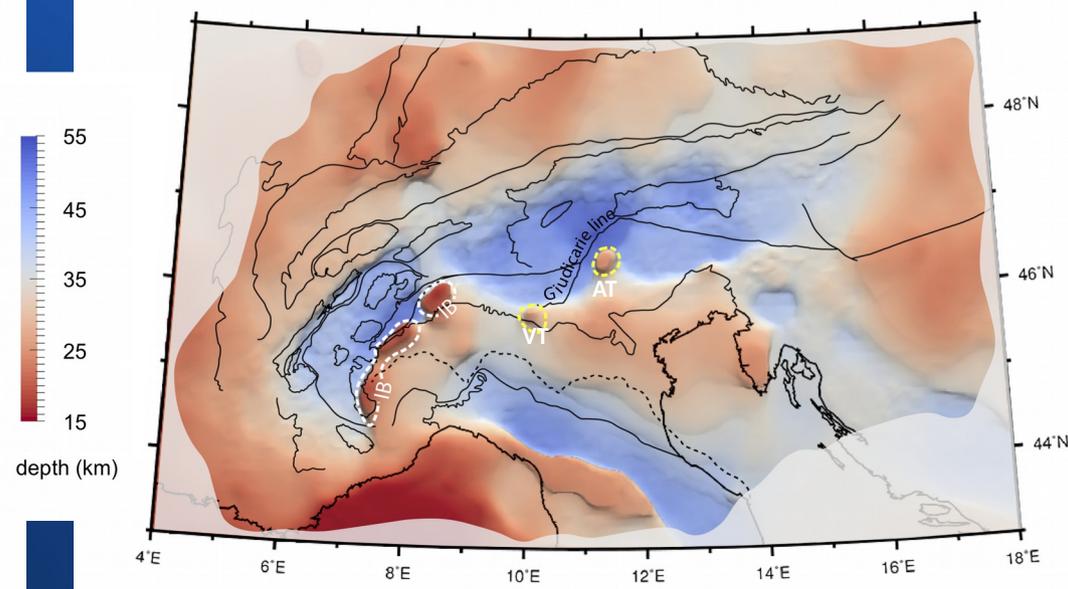
Iso-velocity 4.2 km/s depth map



Spada et al. 2013



Iso-velocity 4.2 km/s



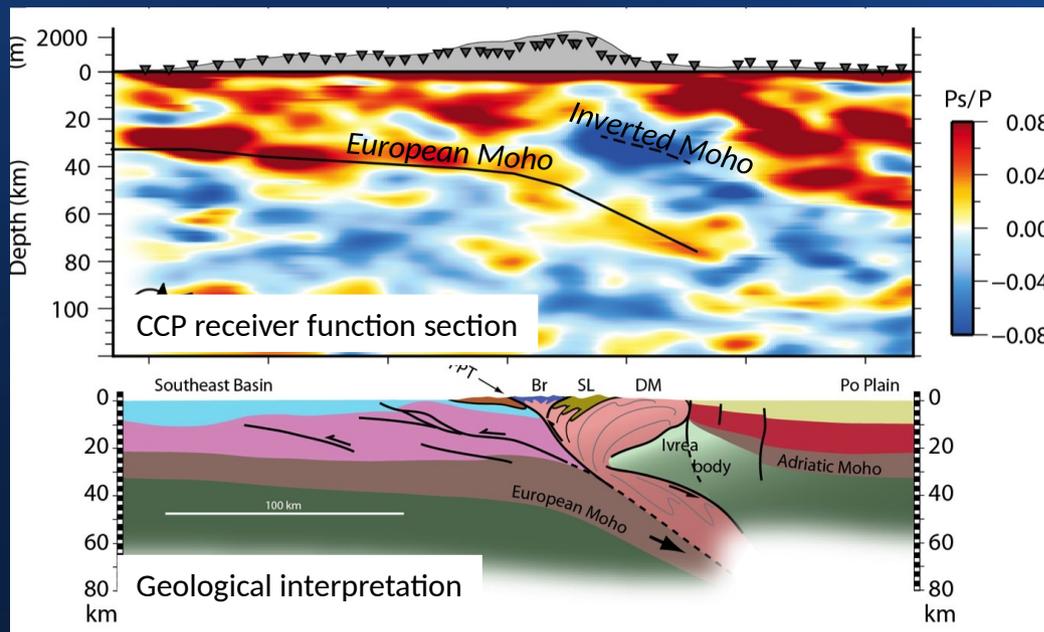
Iso-velocity 4.0 km/s

IB: Ivrea body (high ρ , high vel. w.r.t. crust):
serpentinized mantle

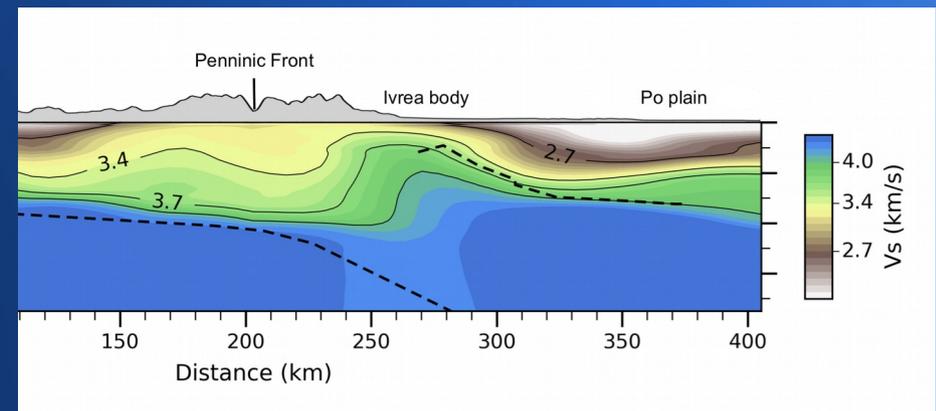
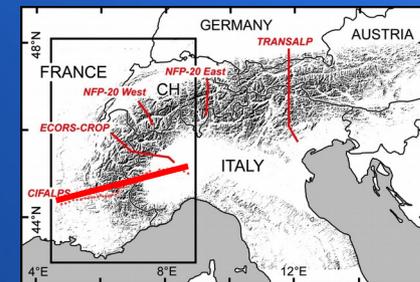
VT: Val Trompia – Val
Caffaro
AT: Athesian Volcanic
Group

Provinces of
Permian
magmatism

Which type of rock in-between the Ivrea body (serpentinized Adriatic mantle) and the european lower crust in the W-Alps subduction complex?

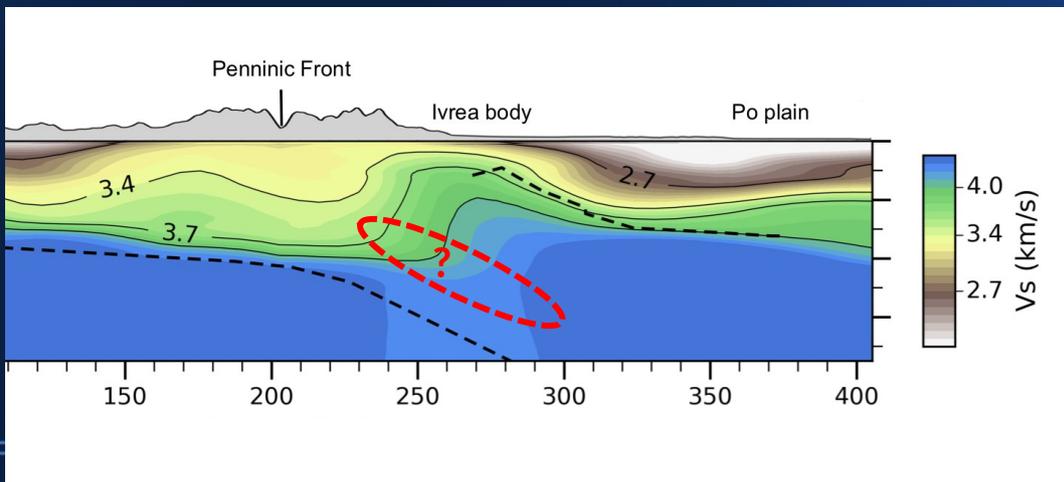
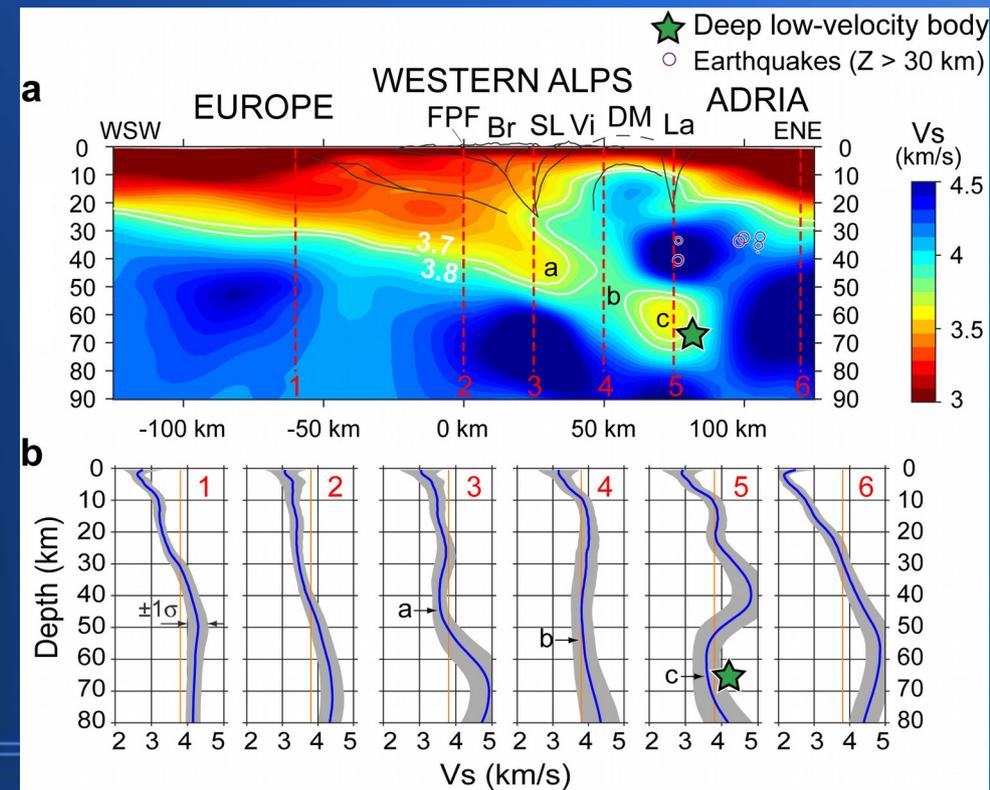
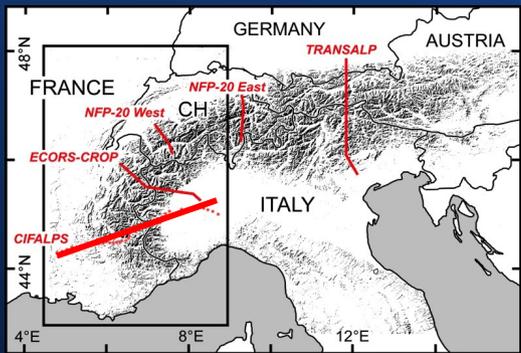


Zhao et al, 2015 Using CIFALPS data

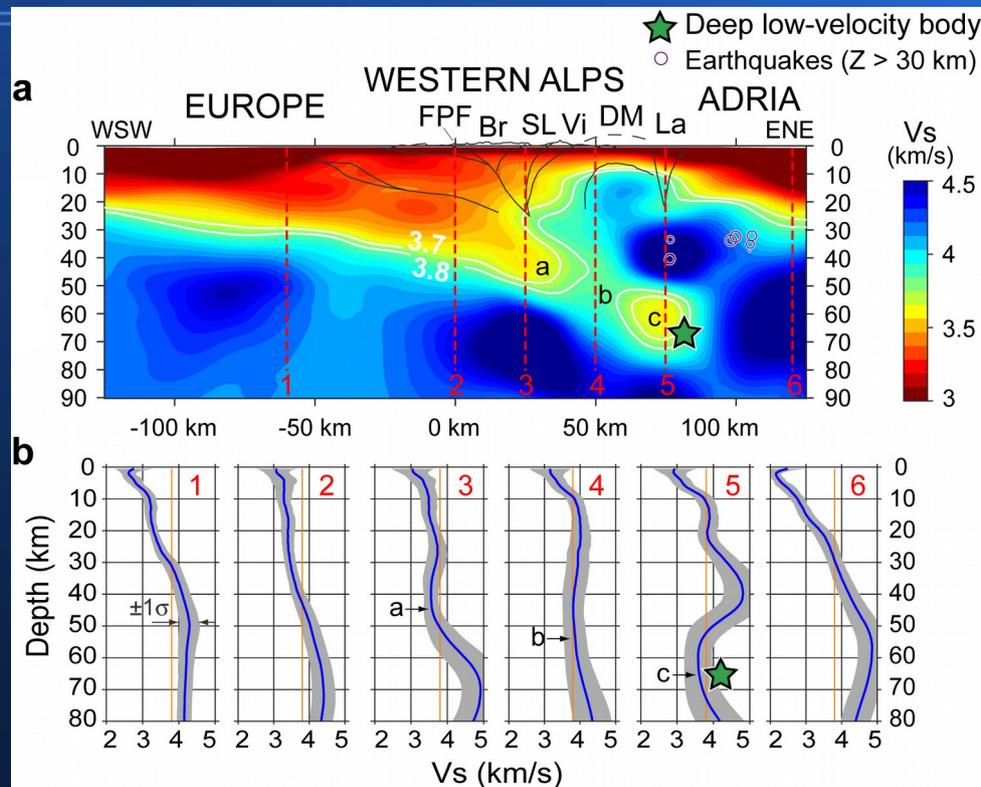


Lu, 2019 : plongement du Moho pas clair : modèle initial ne contient que 4 couches

Tomography from trans-dimensional inversion of group velocity data



interpretation



Low Vs (3.5-3.8 km/s) at 60-70 km depth in the subduction wedge

+

Petrophysical constraints



Interpretation: serpentinites (1st geophysical evidence of a serpentinite layer in a continental subduction wedge)

Coda Q in the 2.5-20s period band from seismic ambient noise - Application to the greater Alpine Area

Dorian Soergel¹, H. Pedersen¹, L. Stehly¹, L. Margerin², A. Paul¹ &
AlpArray Working Group

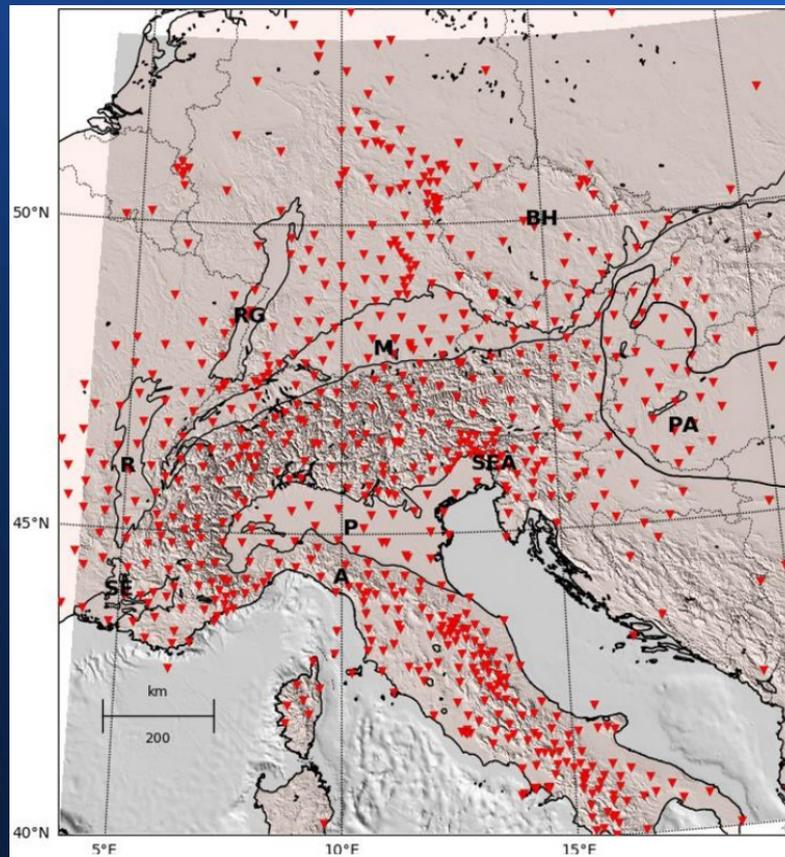
1. Isterre, Grenoble

2. IRAP, Toulouse

Pourquoi utiliser la coda des corrélations pour mesurer l'atténuation ?

- Séismes :
 - => coda-Q > 1hz
 - Atténuation d'onde de surface à longue période
- Peu d'information sur l'atténuation des ondes de surface entre 2-20s de période
- Correspond à la fréquence de résonance de certains batiment
- Information sur la structure du milieu

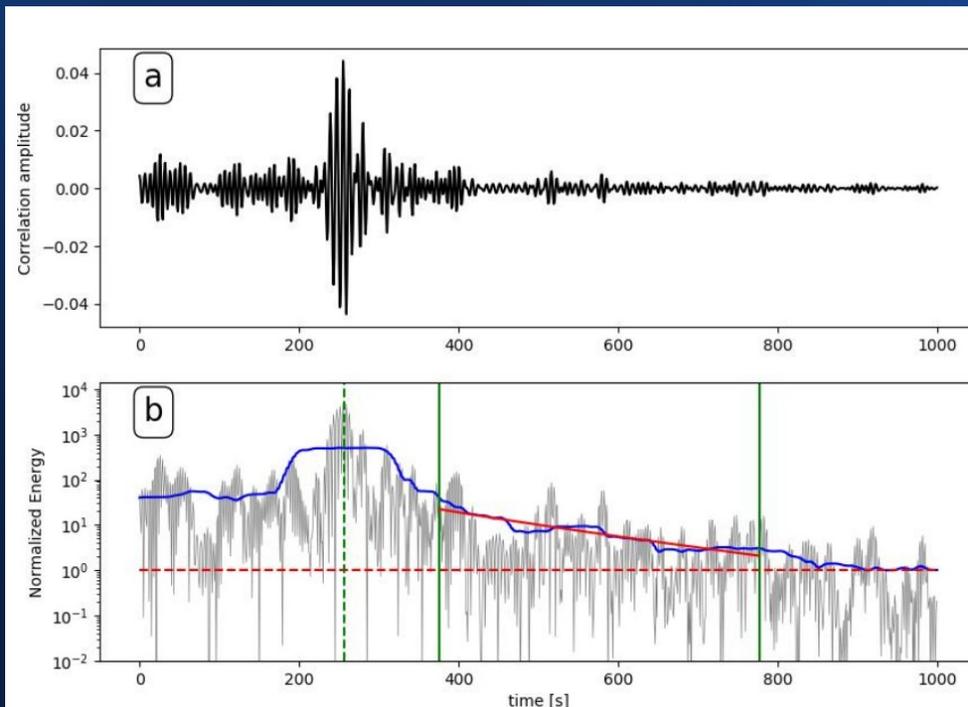
Données



736 stations, de 1 à 4 ans de données

Mesures de coda-Q

Exemple de mesures pour 2 stations séparées par 700 km entre 5-10s de période

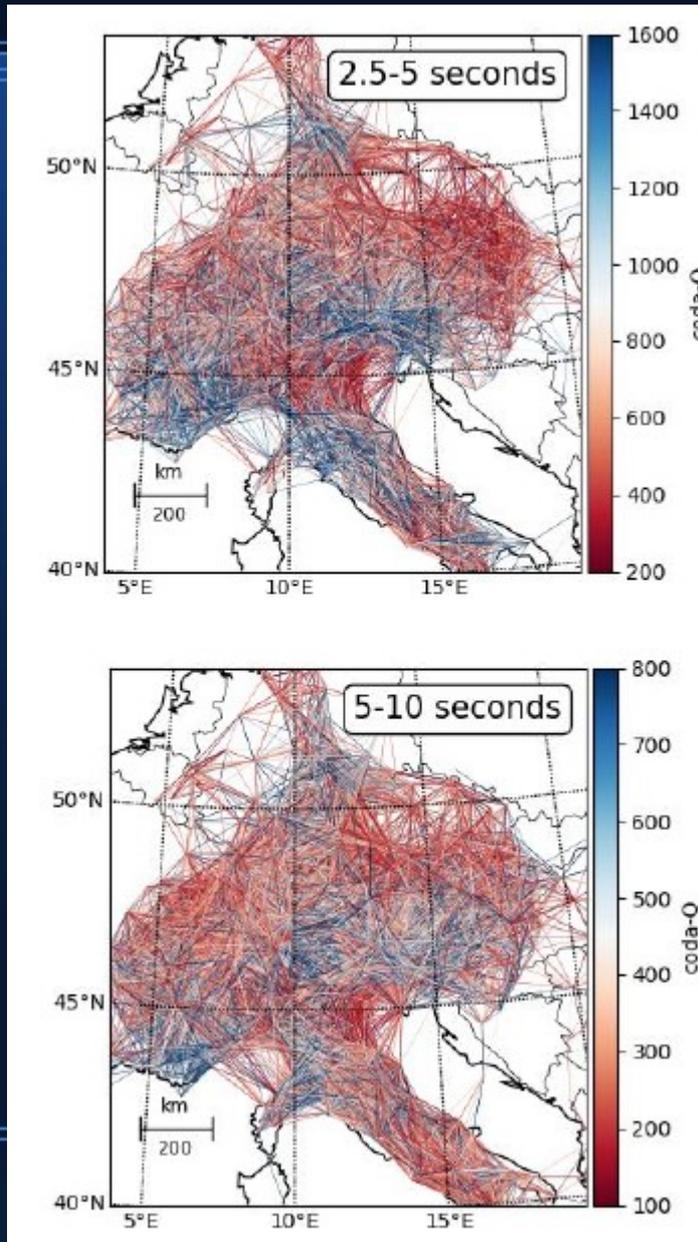


- Pour chaque corrélation de bruit :
l'enveloppe lissée de la coda (bleu)
est modélisé par une fonction
de la forme :

$$E(f, t) = S(f) \exp [2\pi f / Q(f) t^{-1}]$$

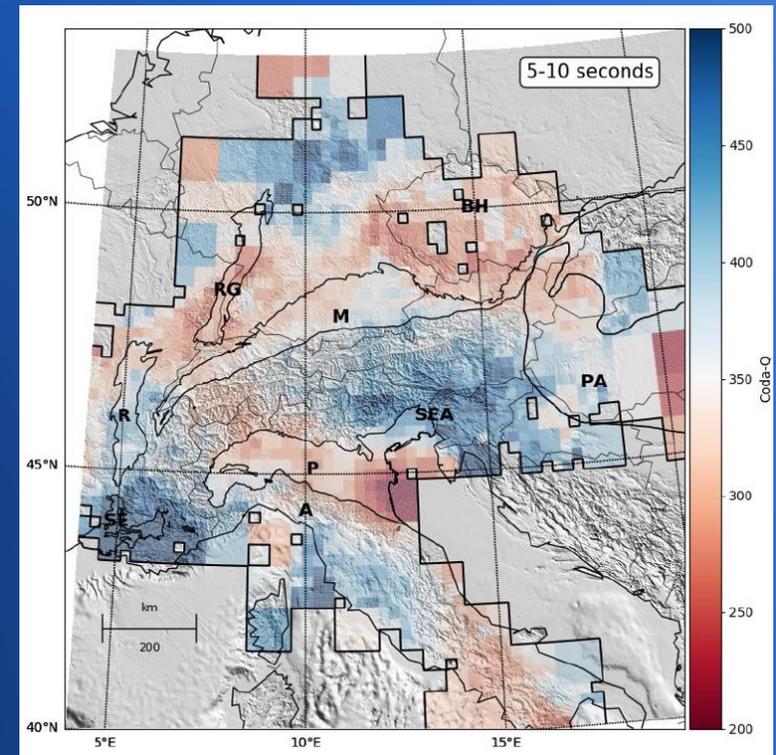
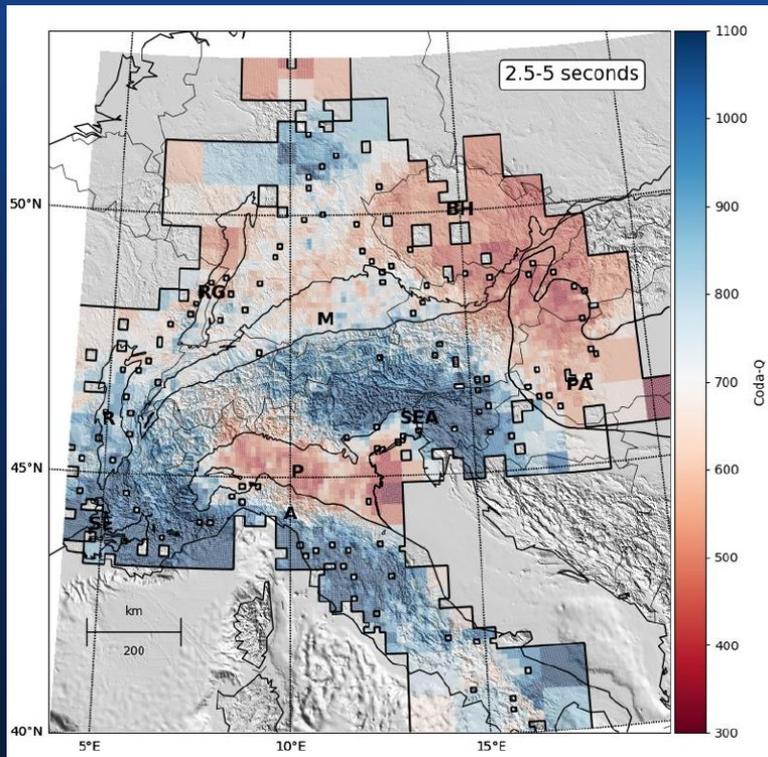
- 10 à 50 % des trajets sont conservés
selon les bandes de fréquences

Map of coda Q for each pair of station



- Mesures obtenues entre chaque pair de station entre 2.5-5s et 5-10s.
- Seul les trajets entre 50 et 200 km sont représentés
- Bonne cohérence entre les mesures sélectionnées

Résultats finaux



- Low coda-Q below the Po Plain and Molasse basin
- High Coda-Q in the western Alps and in the Apennines

Conclusions

- Le développement des réseaux permanents & temporaires, des centres de données européens ont été décisifs pour les études de la lithosphère alpine .
- Modèle Vs 3D probabiliste de l'ensemble de l'Europe (Lu et al, 2017)
- Images du Moho, interfaces intra-crustales, et de la subduction continentale sous les Alpes (Zhao et al, 2015,2019, Lu et al, 2017, 2019)
- Premières cartes de coda-Q entre 2.5-20s à partir de bruit sismique qui complètent les analyses issues de séismes > 1hz (Soergel et al, 2019)

