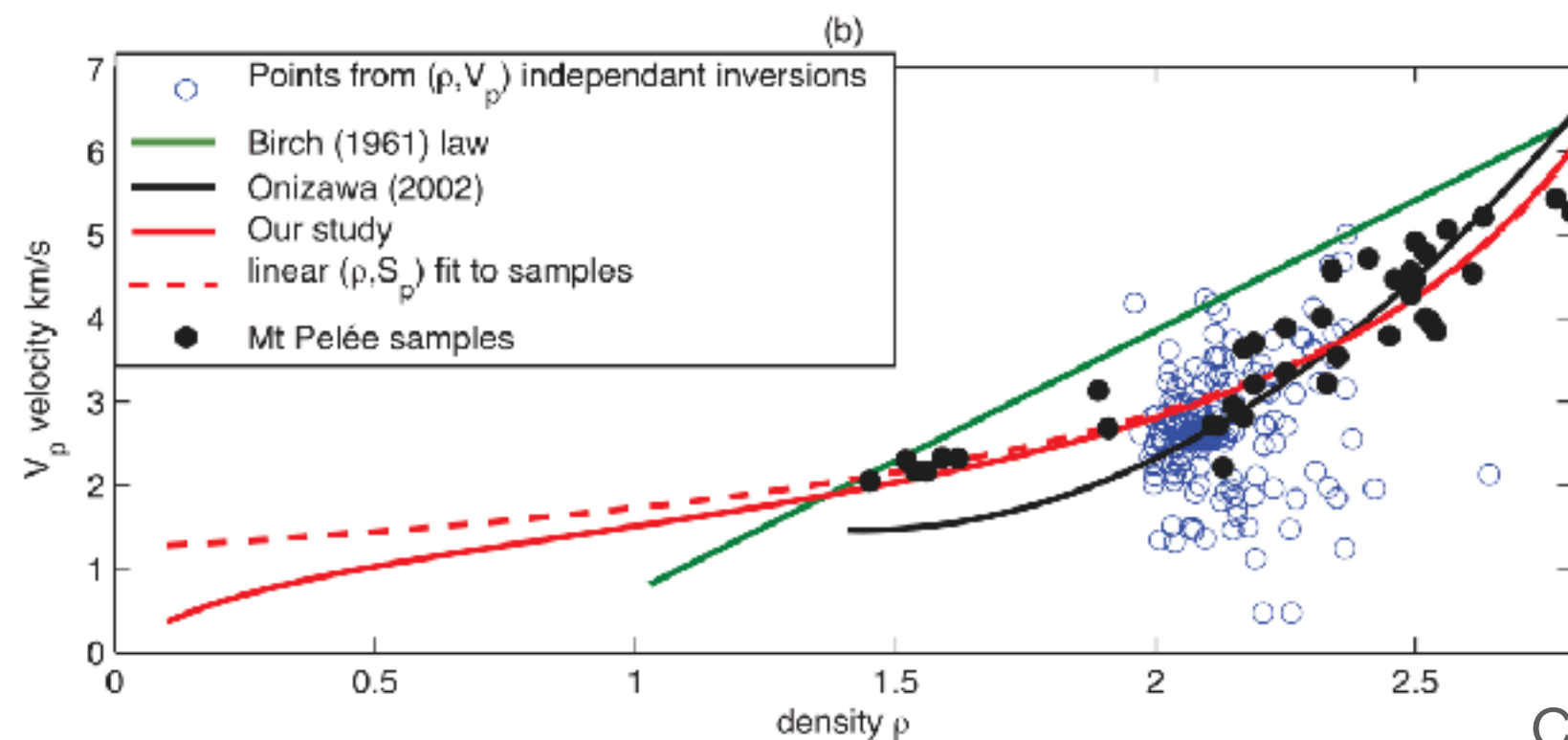


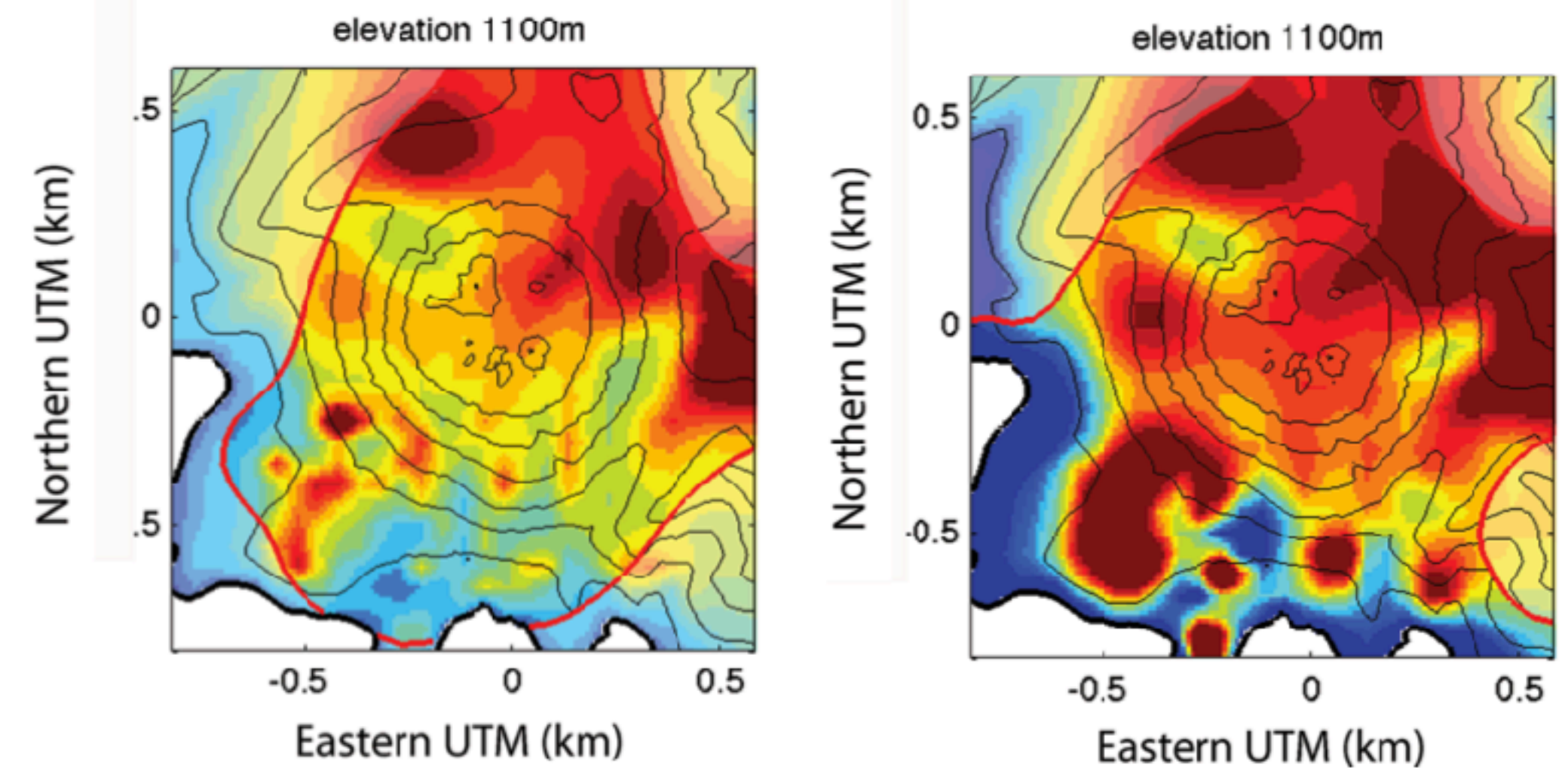
Inversions gravimétrie/sismologie, comment concilier deux observables indépendants à l'échelle de Résif ?

Inversions conjointes ?

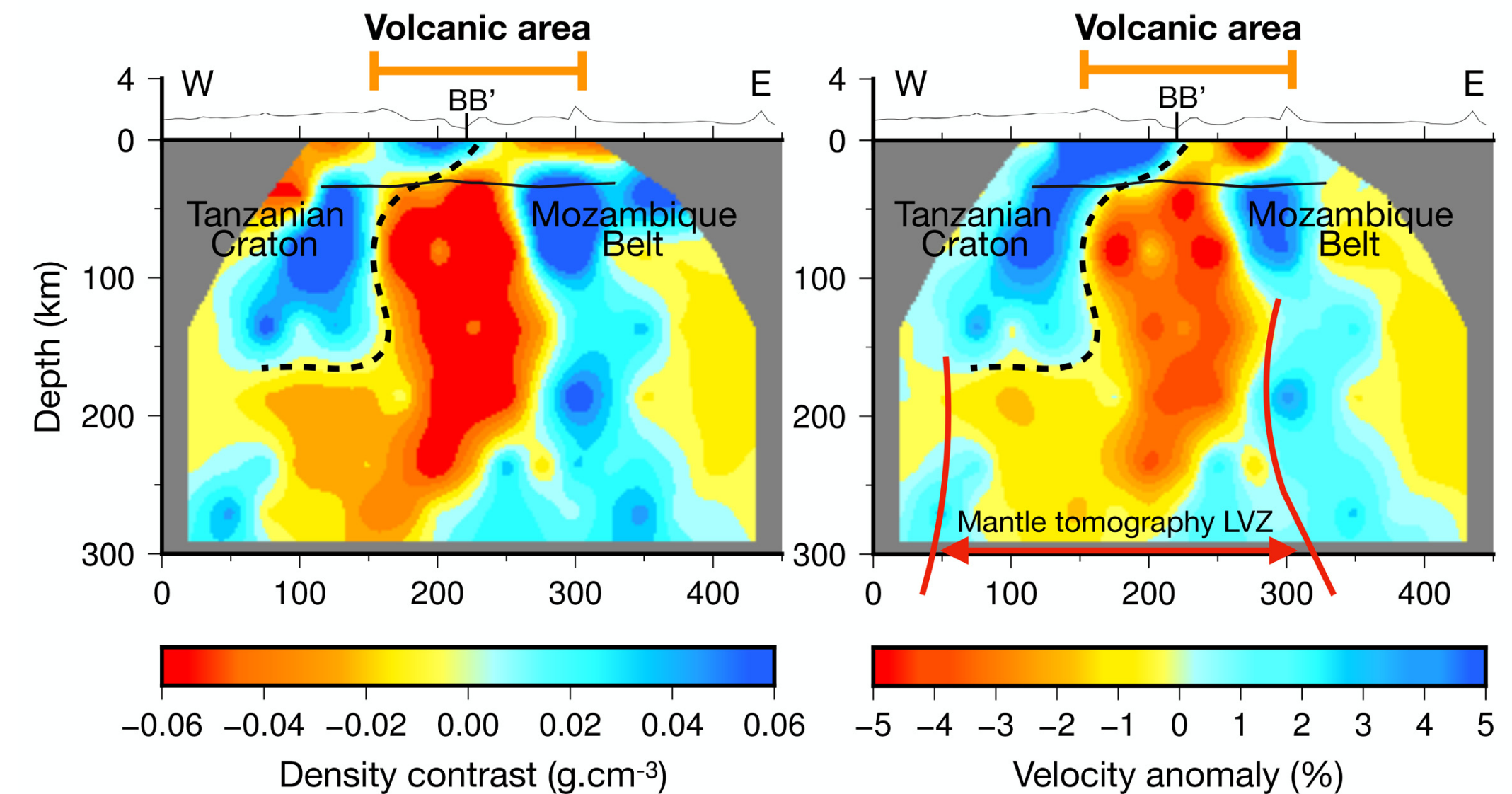
- Inversions coopératives (Lines et al. 1988)
 - Conjointes
 - Séquentielles
- Couplage entre paramètres
 - Loi empirique (e.g. Birch, Nafe & Drake...)
 - Correlation, cross-gradient (e.g. Doetsch et al. 2006, Gallardo & Meju 2007)



Coutant et al. (2012)



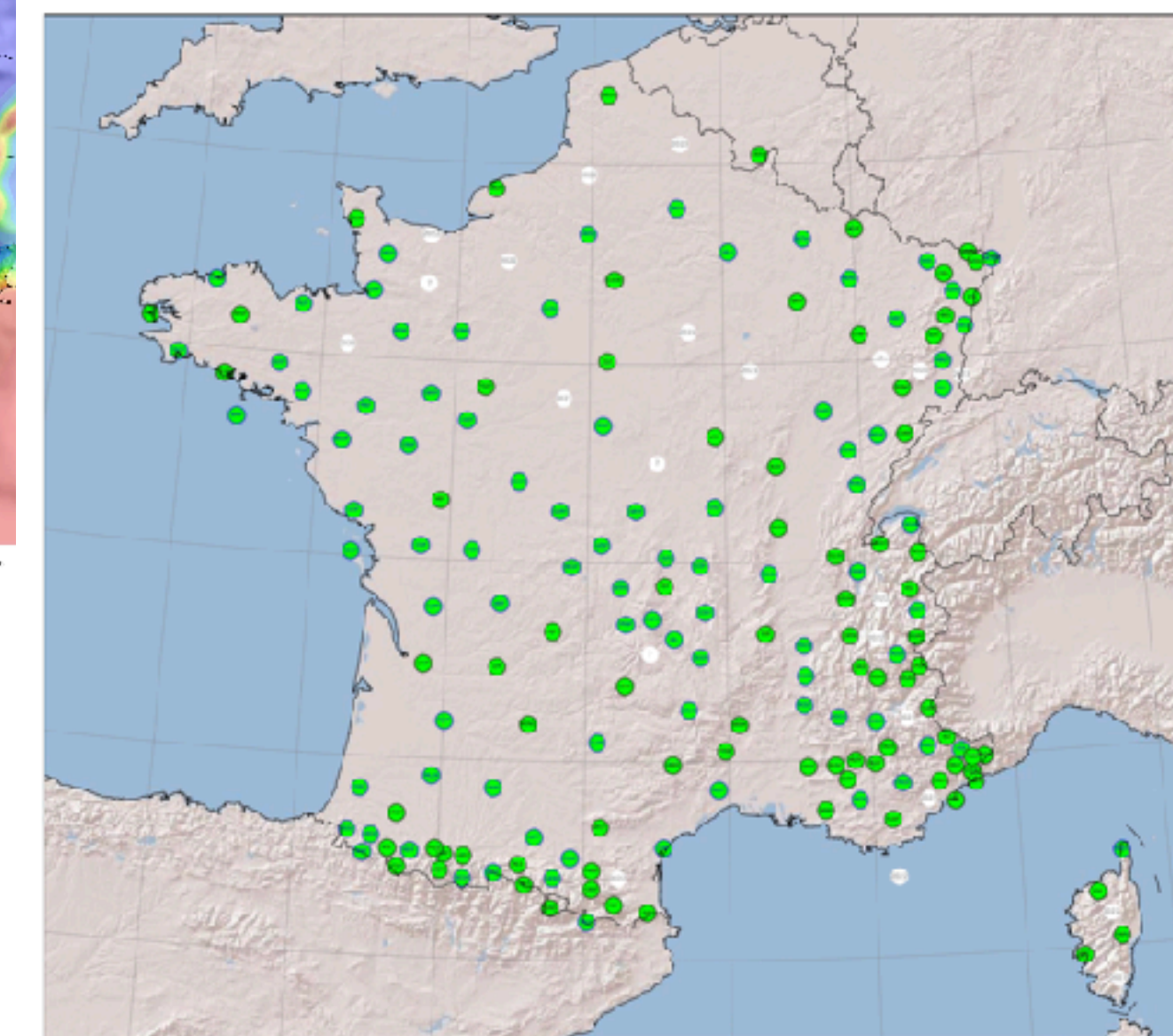
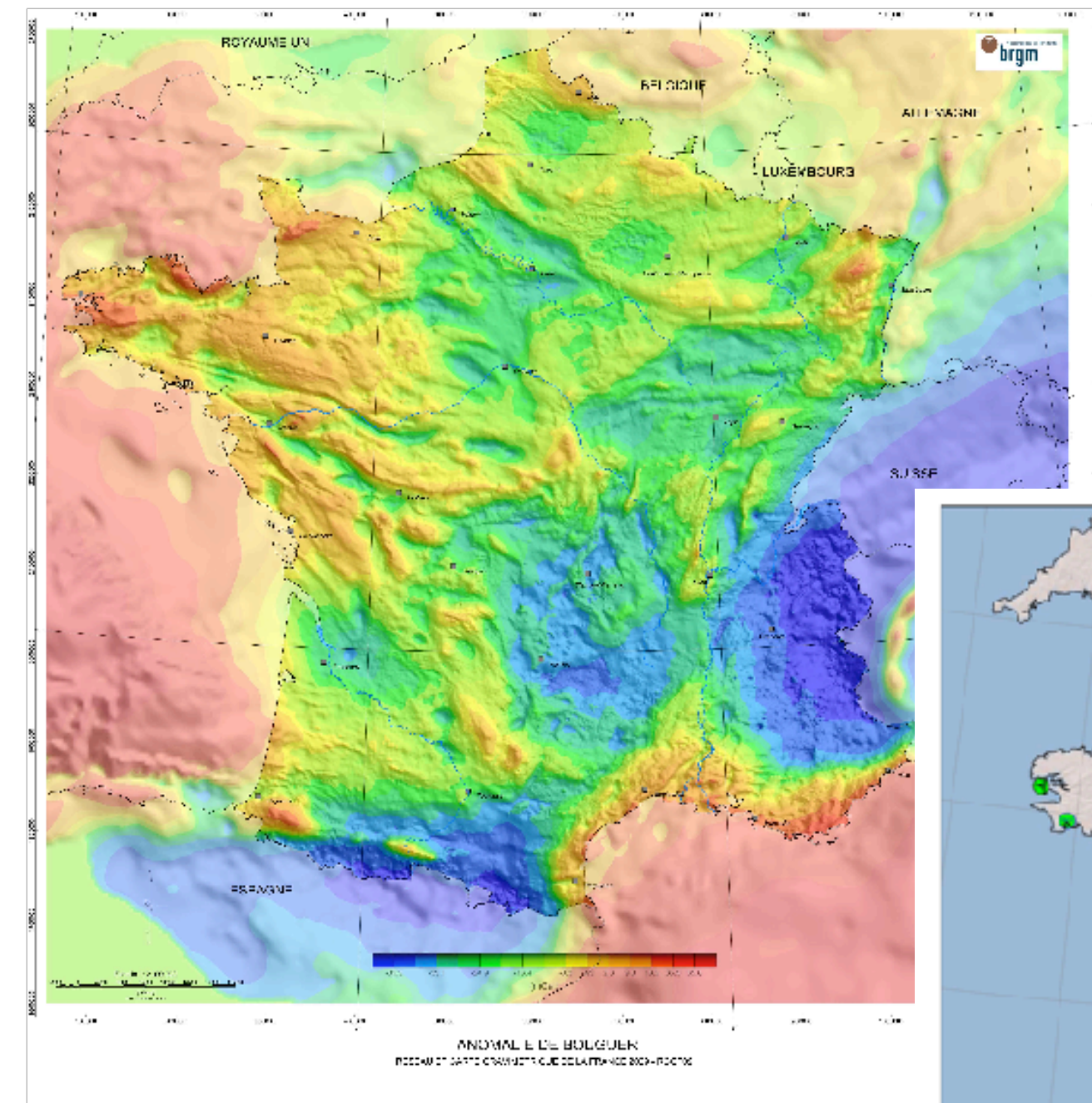
Coutant et al. (2012): Joint inversion of P-wave velocity and density (Piton de la Fournaise)



Tiberi et al. (2019): Joint inversion of P-wave velocity and density (East African Rift)

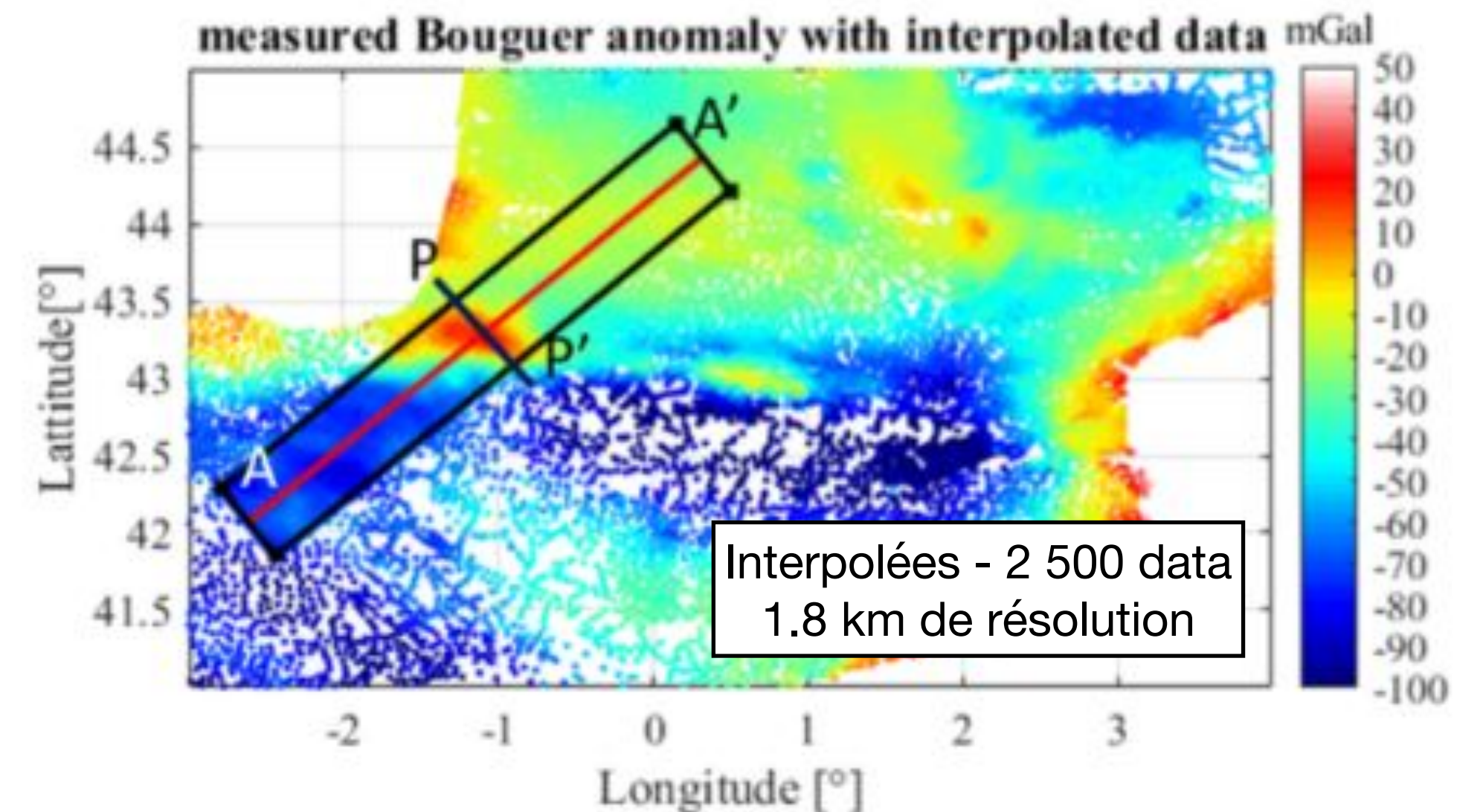
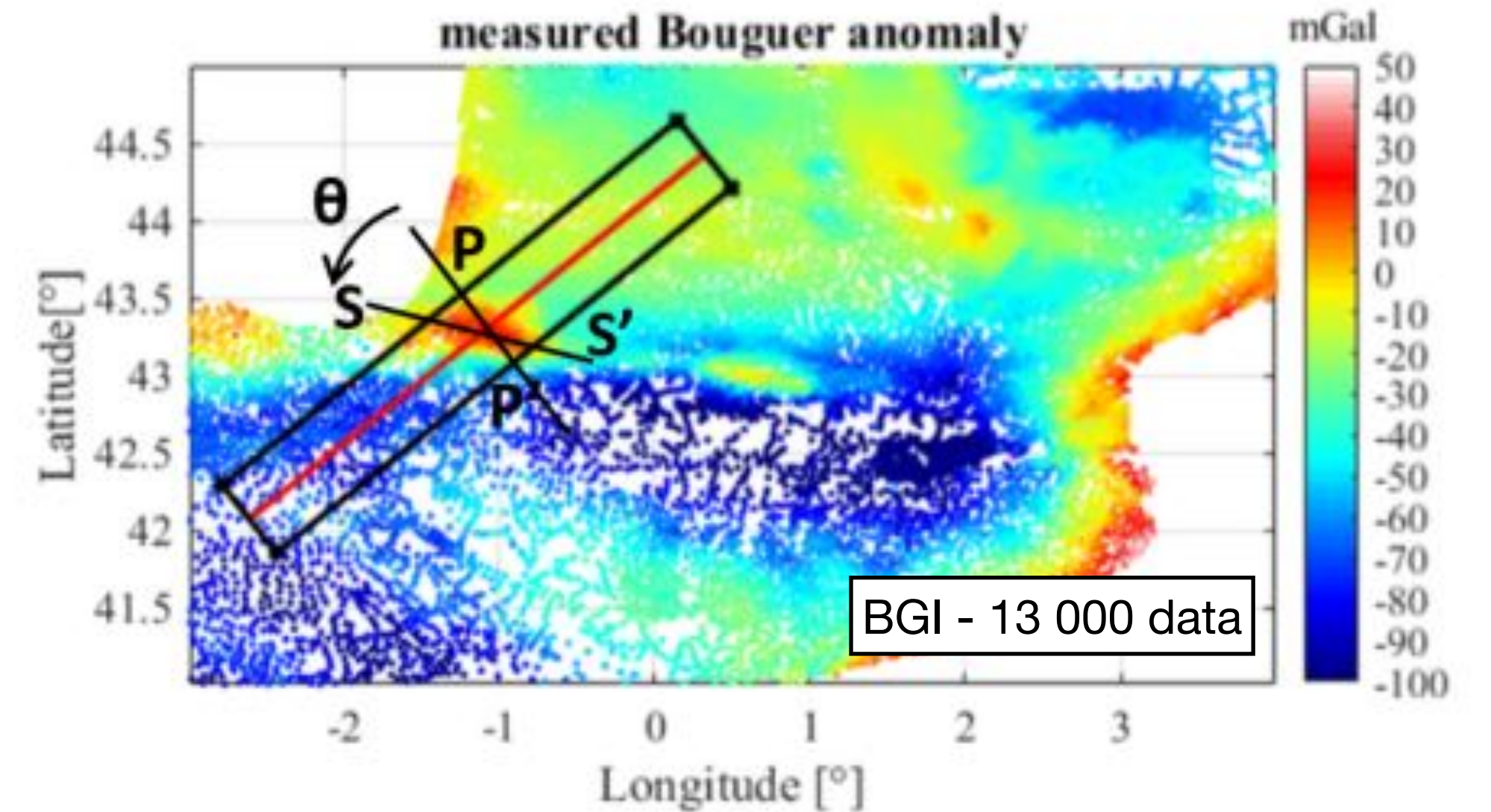
Imagerie conjointe à l'échelle de la France

- Intérêts : bénéficier d'un réseau sismologique permanent à l'échelle nationale + données gravi et gradiométriques pour avoir un modèle de vitesse sismique **et** de densité cohérent à l'échelle de la France, identifier les zones où le couplage n'est pas observé
- ANR FRLitho3D (PI. Jérôme Vergne)
- Verrous à lever, difficultés prévues
 - Adapter la (les) méthodologie(s)
 - Vérifier la compatibilité des données
 - Gérer les *a priori* et identifier leurs impacts sur les solutions



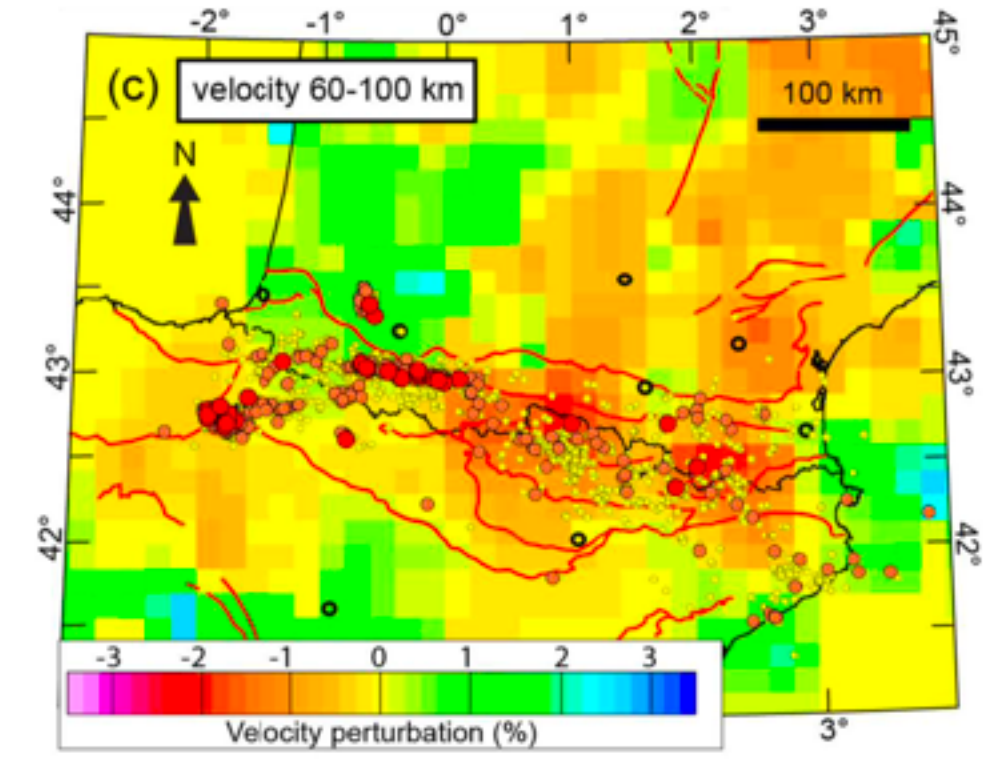
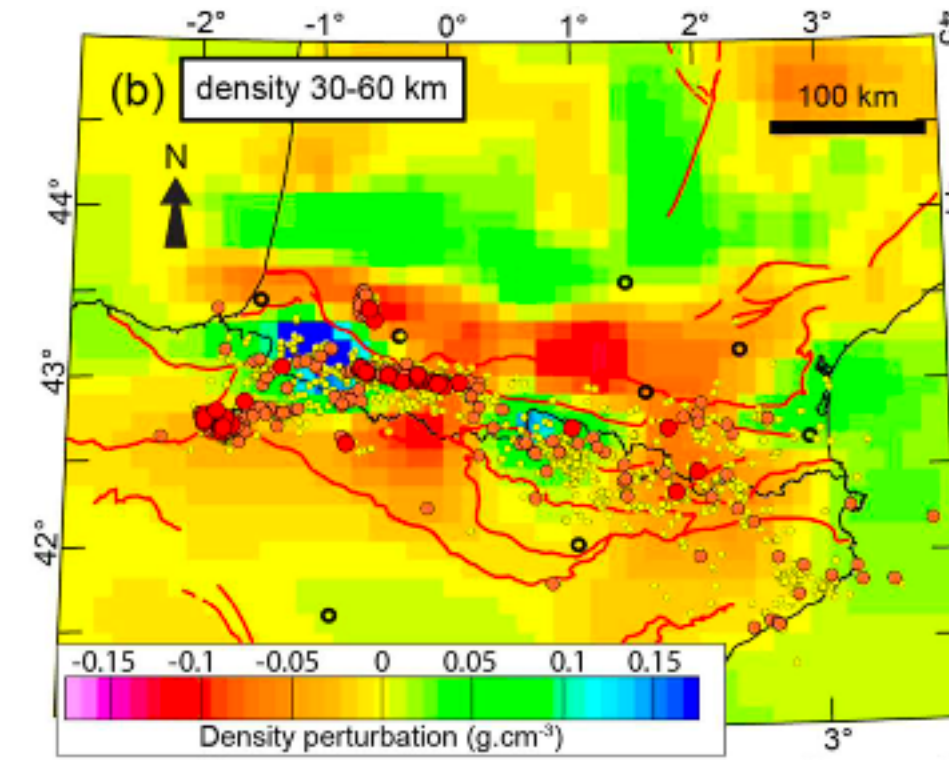
Méthodologies envisagées

- Tenir compte de la distribution des données, des *a priori*, des écarts types
- Inverser gravi/sismo
- Inverser gradio/sismo
- Impact des *a priori*
 - RF
 - Modèles vitesses...



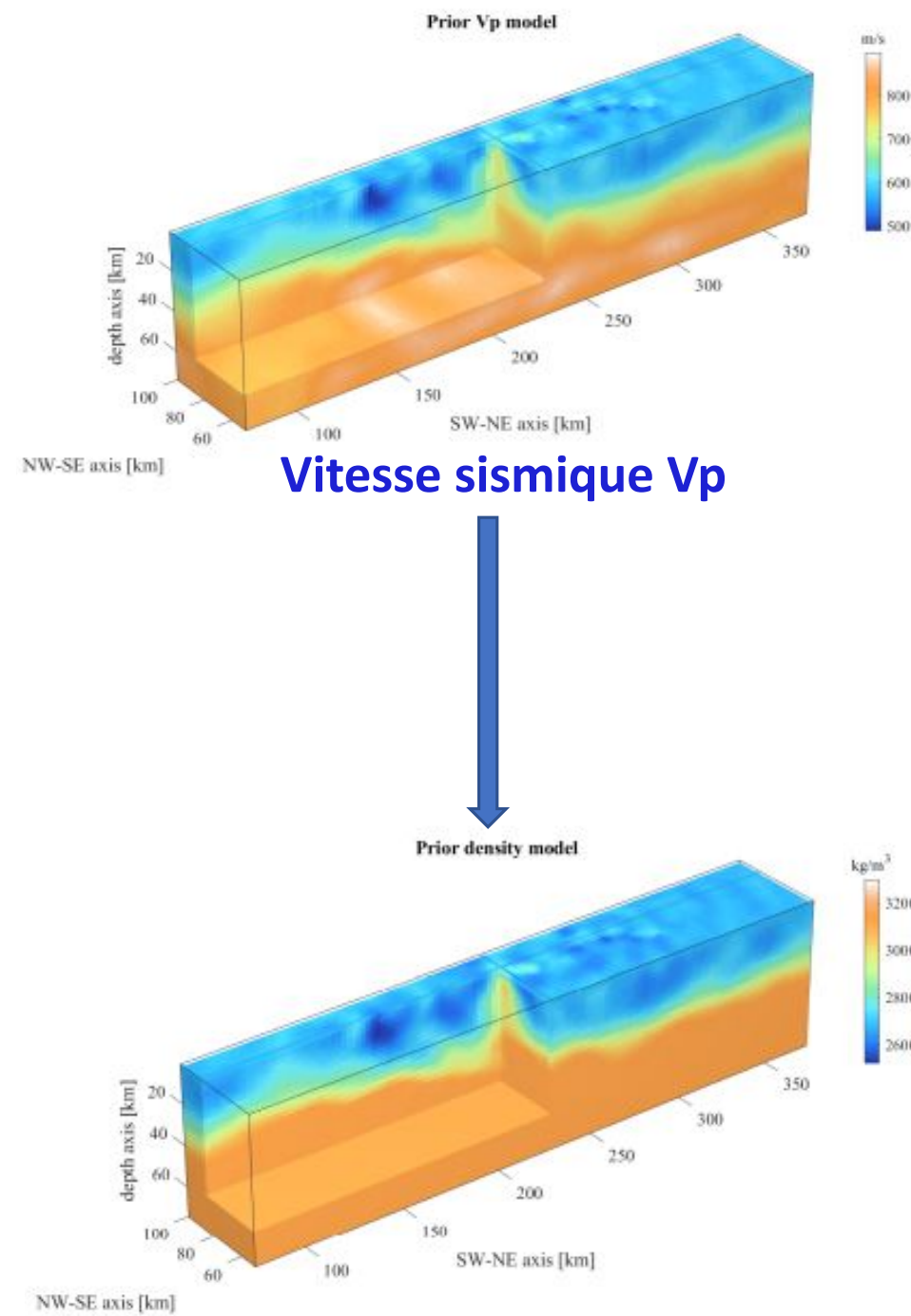
Méthodologies envisagées

- Tenir compte de la distribution des données, des *a priori*, des écarts types (travail sur la gravi)
- Inverser gravi/sismo
- Inverser gradio/sismo
- Impact des *a priori*
 - RF
 - Modèles vitesses...

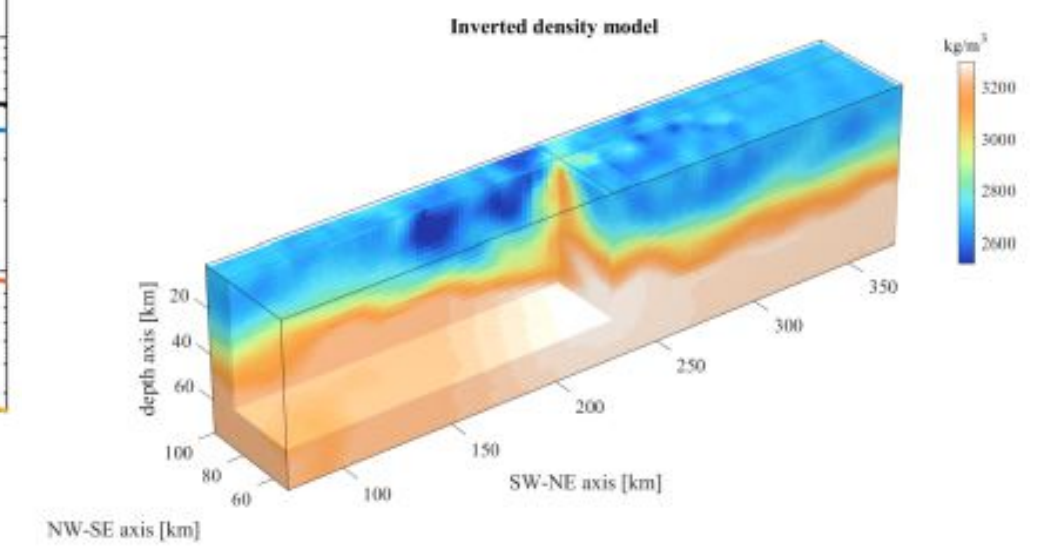
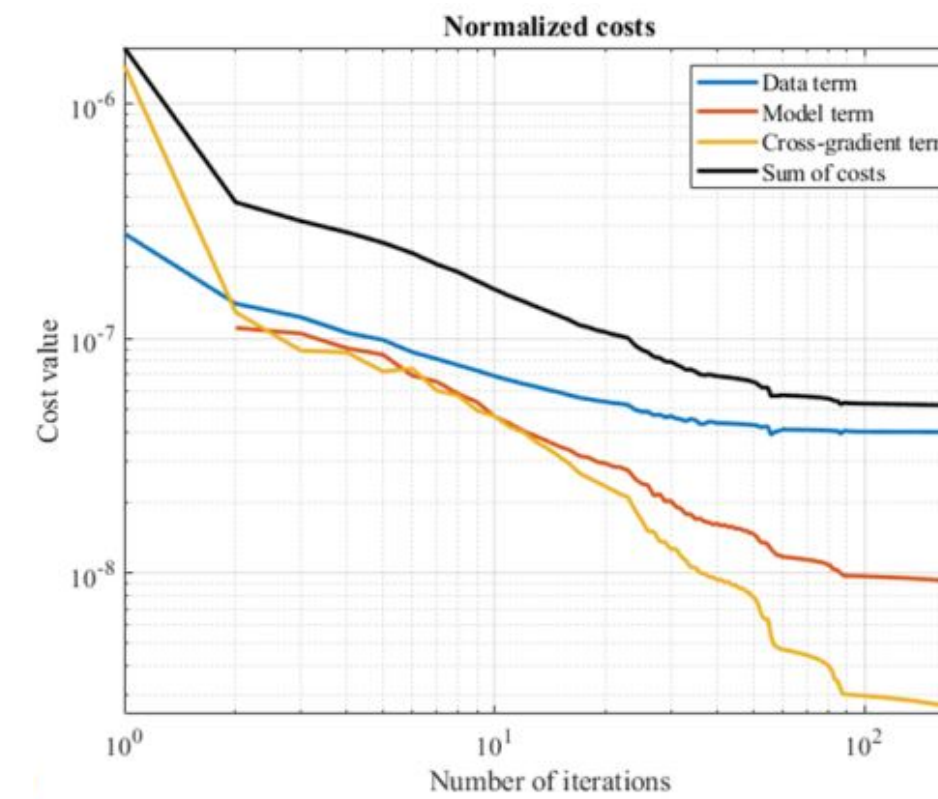


Dufrechou et al. (2018): Joint inversion of P-wave delaytimes and gravity (Pyrénées)

Martin et al. (2021): Inversion of gravity with P-wave prior (Pyrénées)



Evolution des différents termes de la fonction coût



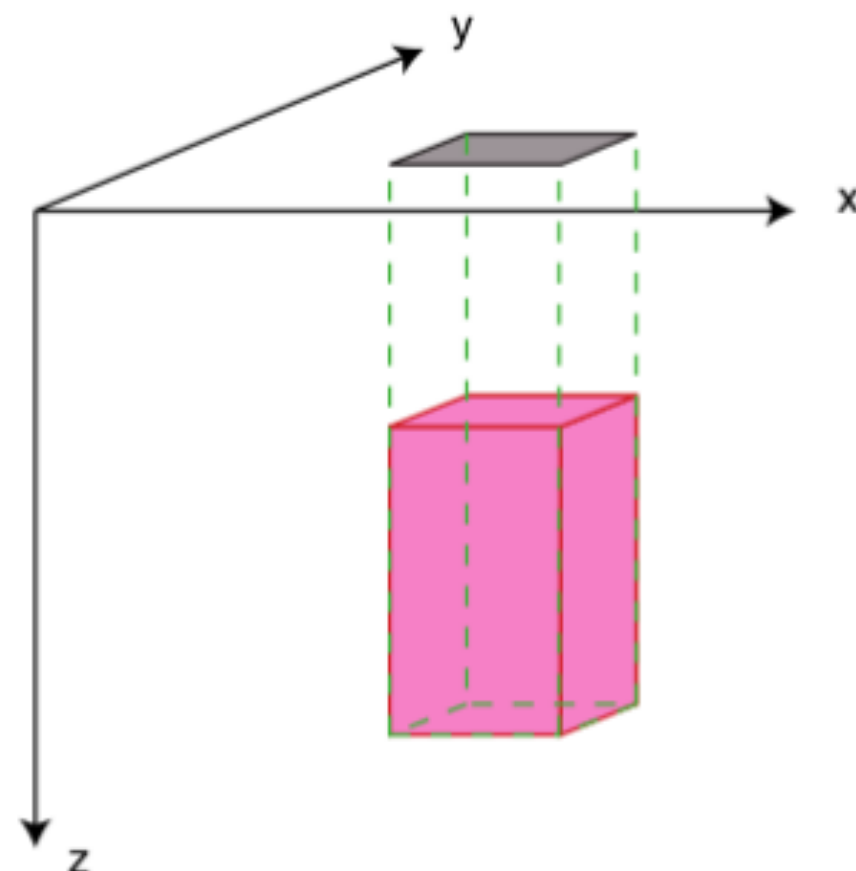
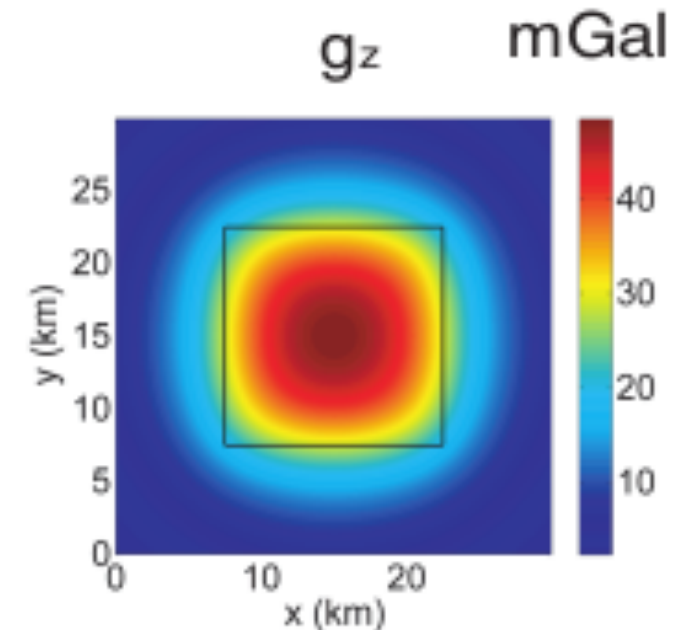
Modèle densité ρ initial a priori
Loi de corrélation Nafe-Drake
 $\rho = f(V_p)$

Inversion des données gravimétriques (BGI)

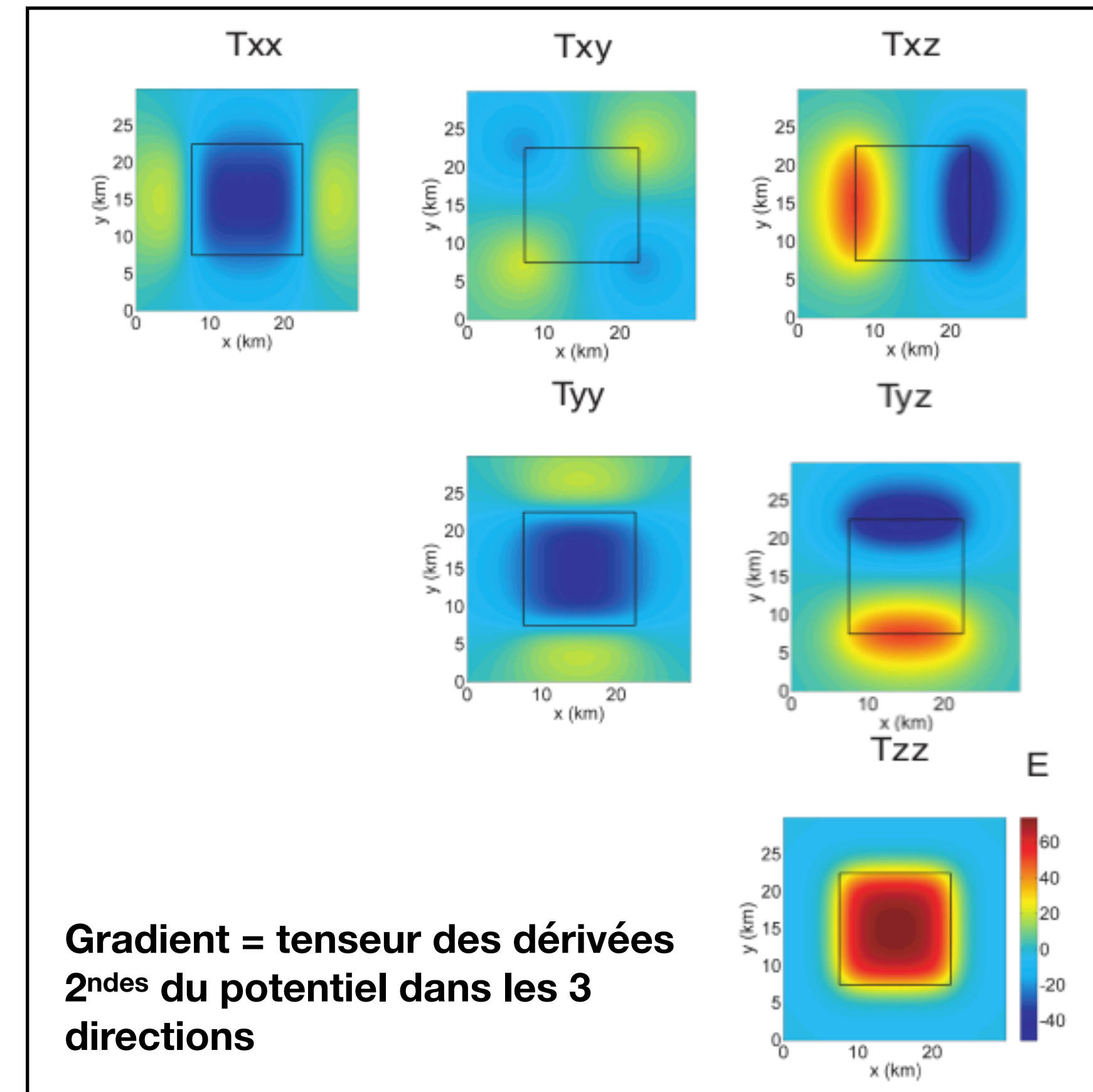
Modèle densité après inversion

Méthodologies envisagées

- Tenir compte de la distribution des données, des *a priori*, des écarts types (travail sur la gravi)
- Inverser gravi/sismo
- Inverser gradio/sismo
- Impact des *a priori*
 - RF
 - Modèles vitesses...



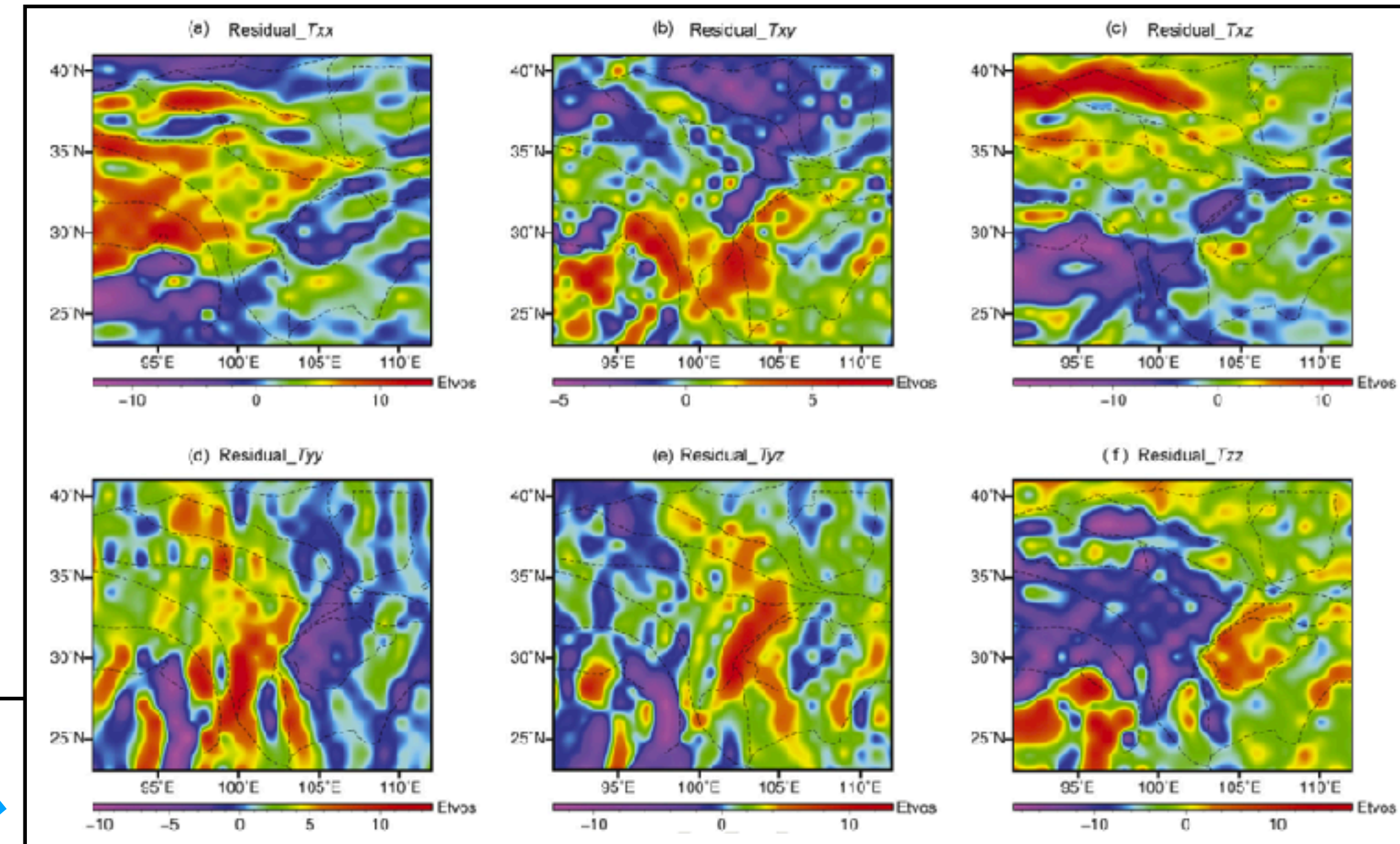
$$\mathbf{T} = \begin{pmatrix} T_{xx} & T_{xy} & T_{xz} \\ T_{yx} & T_{yy} & T_{yz} \\ T_{zx} & T_{zy} & T_{zz} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} & \frac{\partial^2 V}{\partial y \partial x} & \frac{\partial^2 V}{\partial z \partial x} \\ \frac{\partial^2 V}{\partial x \partial y} & \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} & \frac{\partial^2 V}{\partial z \partial y} \\ \frac{\partial^2 V}{\partial x \partial z} & \frac{\partial^2 V}{\partial y \partial z} & \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} \end{pmatrix}$$



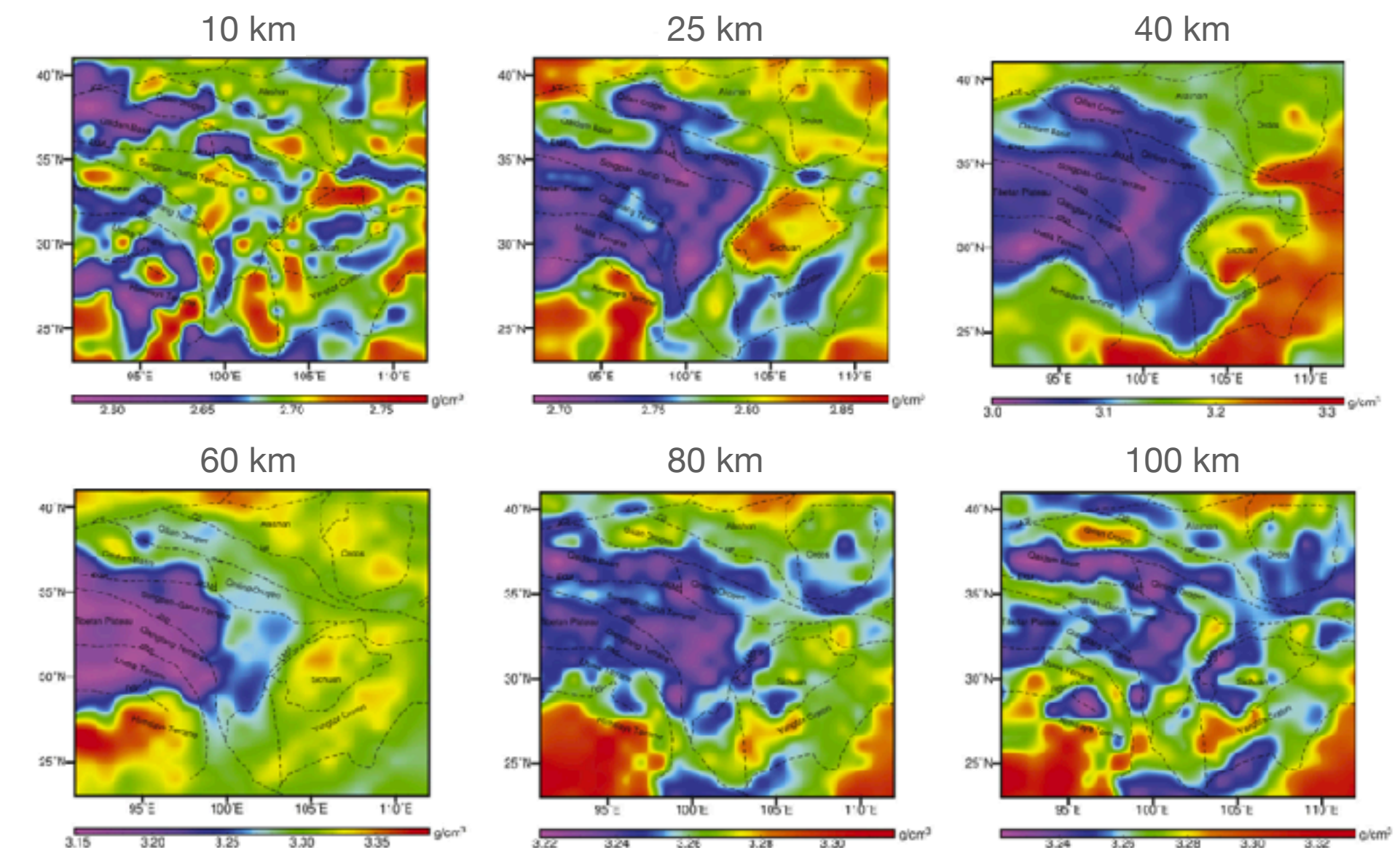
Méthodologies envisagées

- Tenir compte de la distribution des données, des *a priori*, des écarts types (travail sur la gravi)
- Inverser gravi/sismo
- Inverser gradio/sismo
- Impact des *a priori*
 - RF
 - Modèles vitesses...

Données (6)

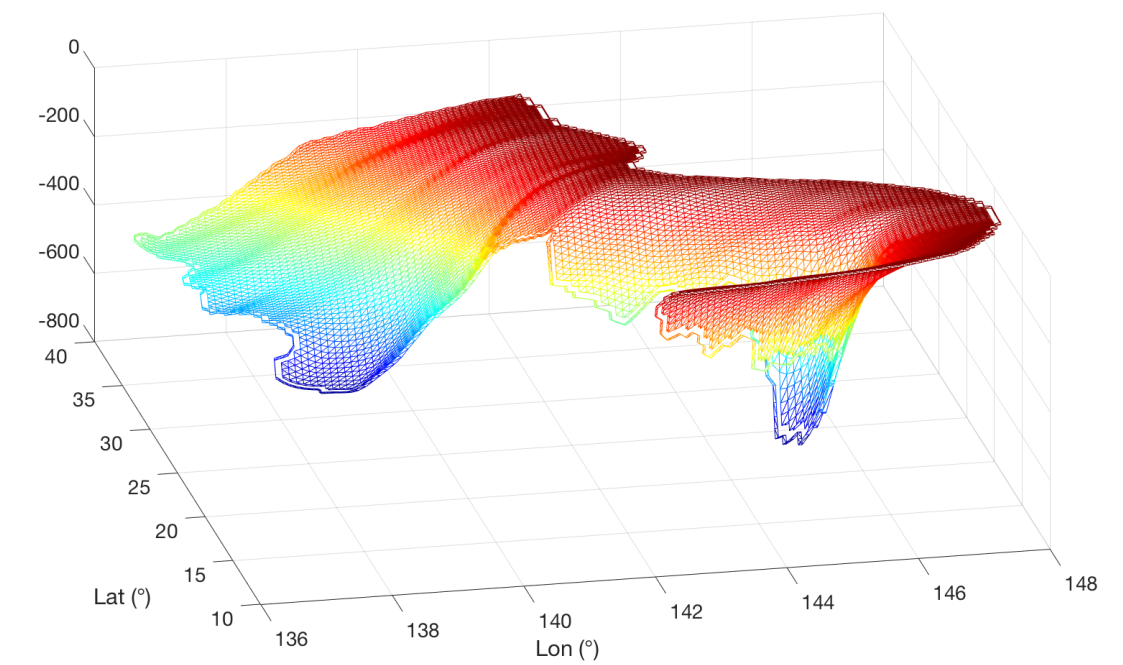


Modèle de densité



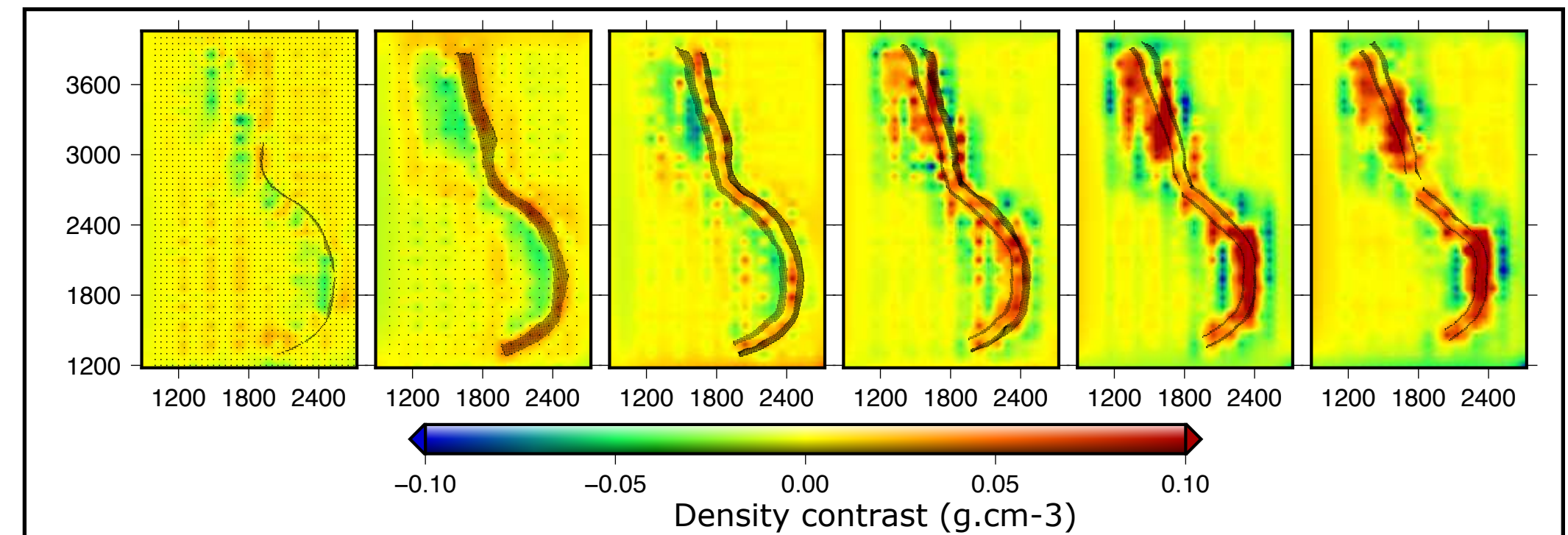
Méthodologies envisagées

- Tenir compte de la distribution des données, des *a priori*, des écarts types (travail sur la gravi)
- Inverser gravi/sismo
- Inverser gradio/sismo
- Impact des *a priori*
 - RF
 - Modèles vitesses...

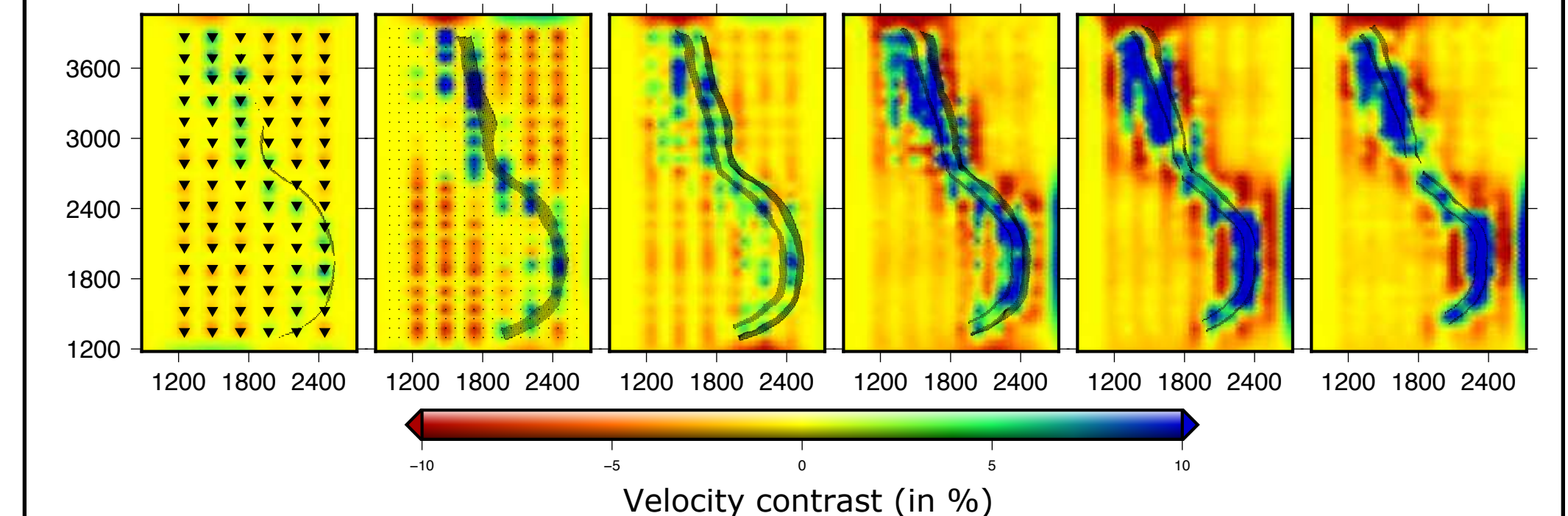


Joint GG - G - T inversion

Modèle de densité

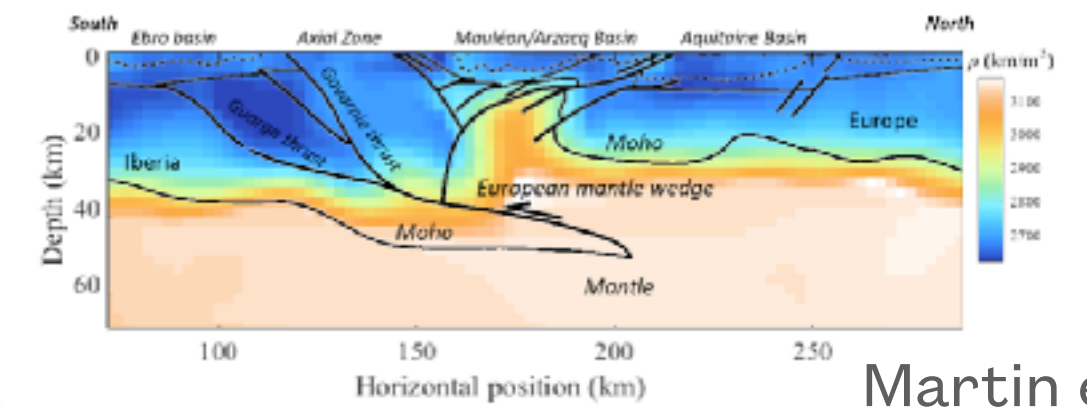
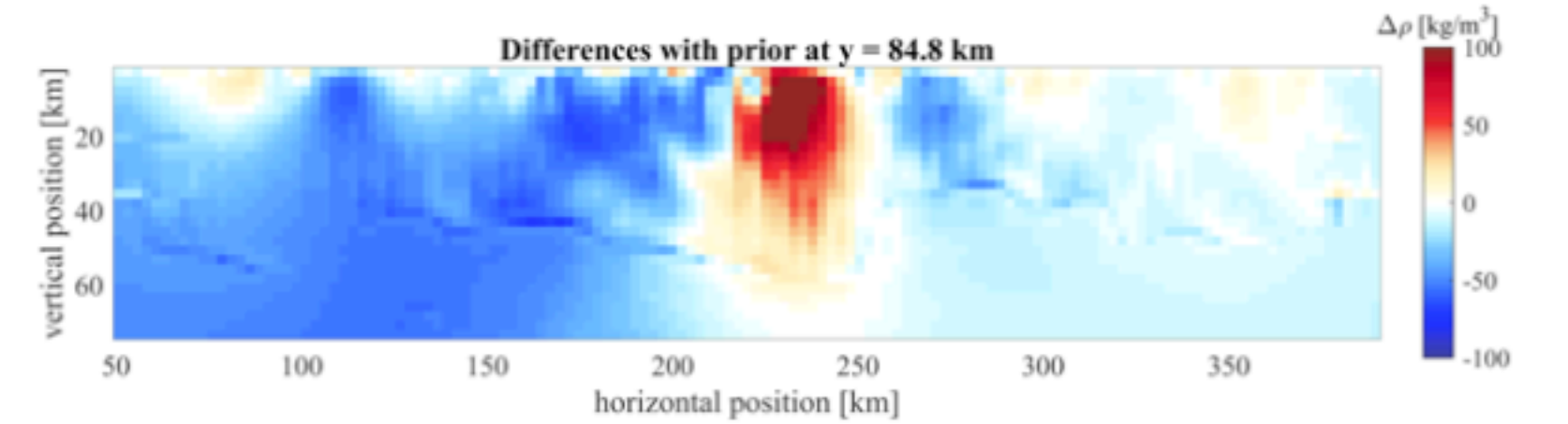
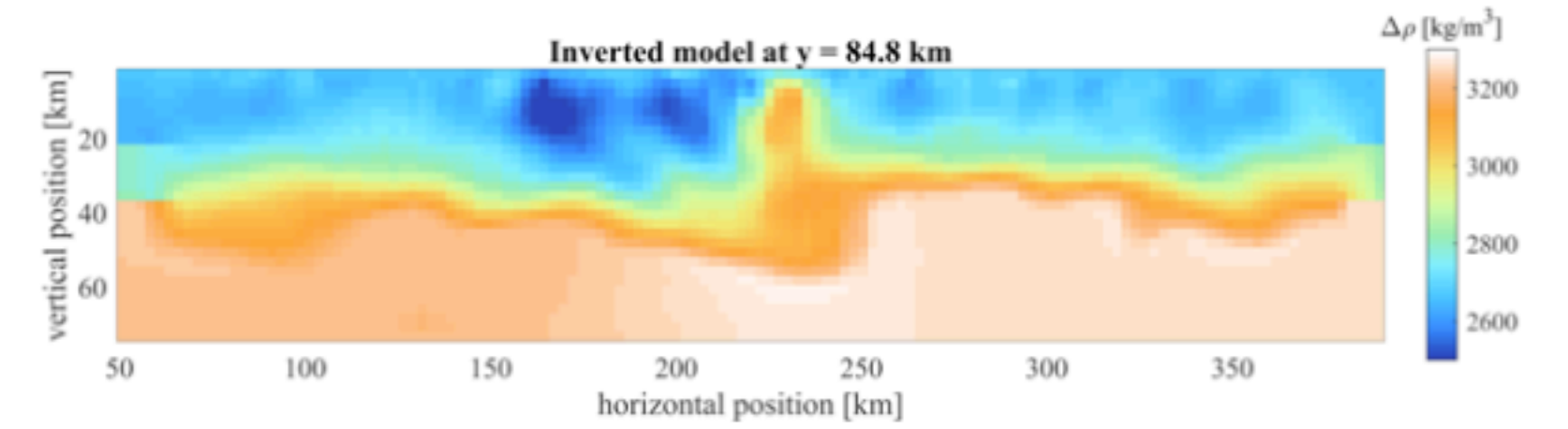


Modèle de vitesse

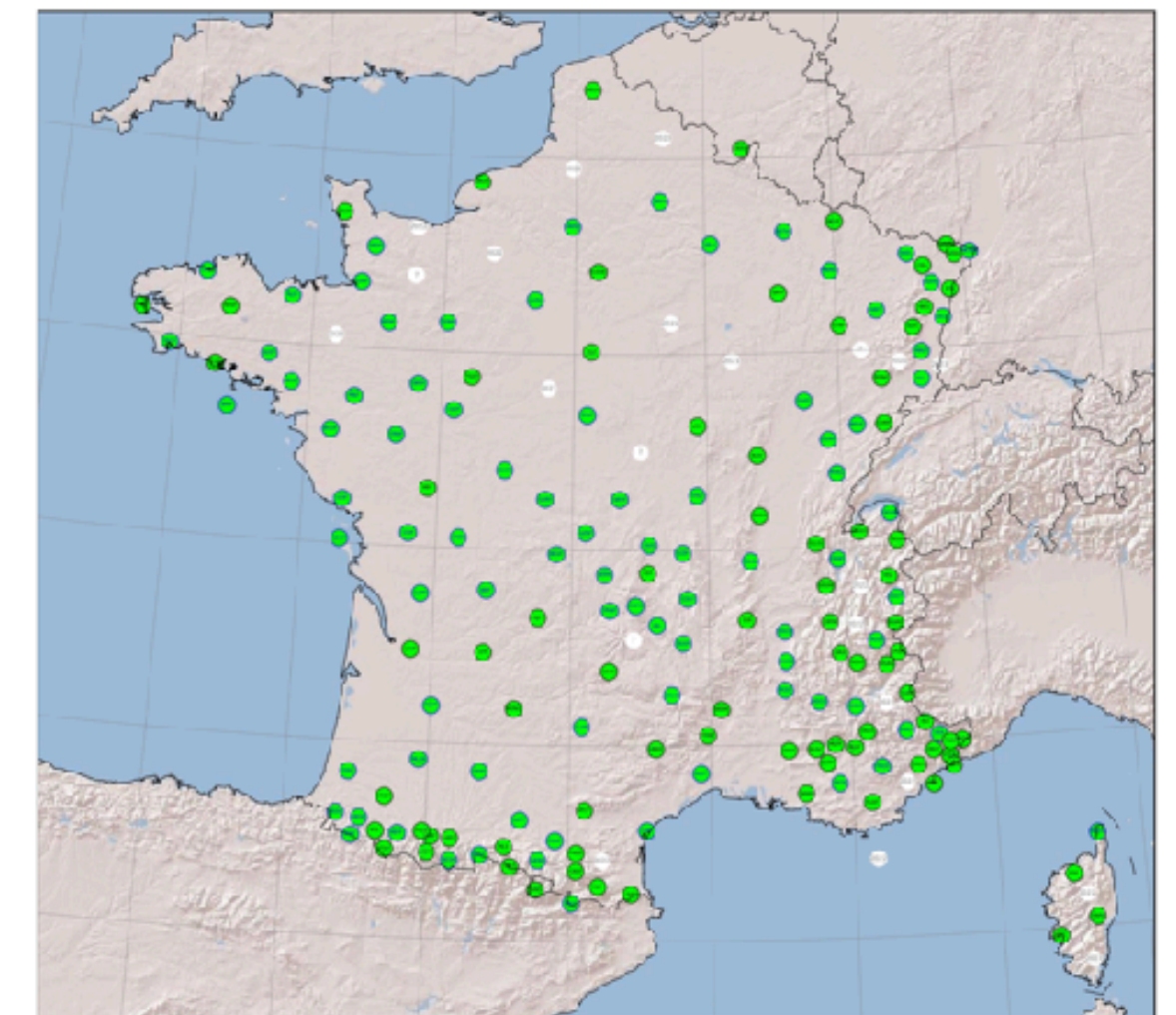
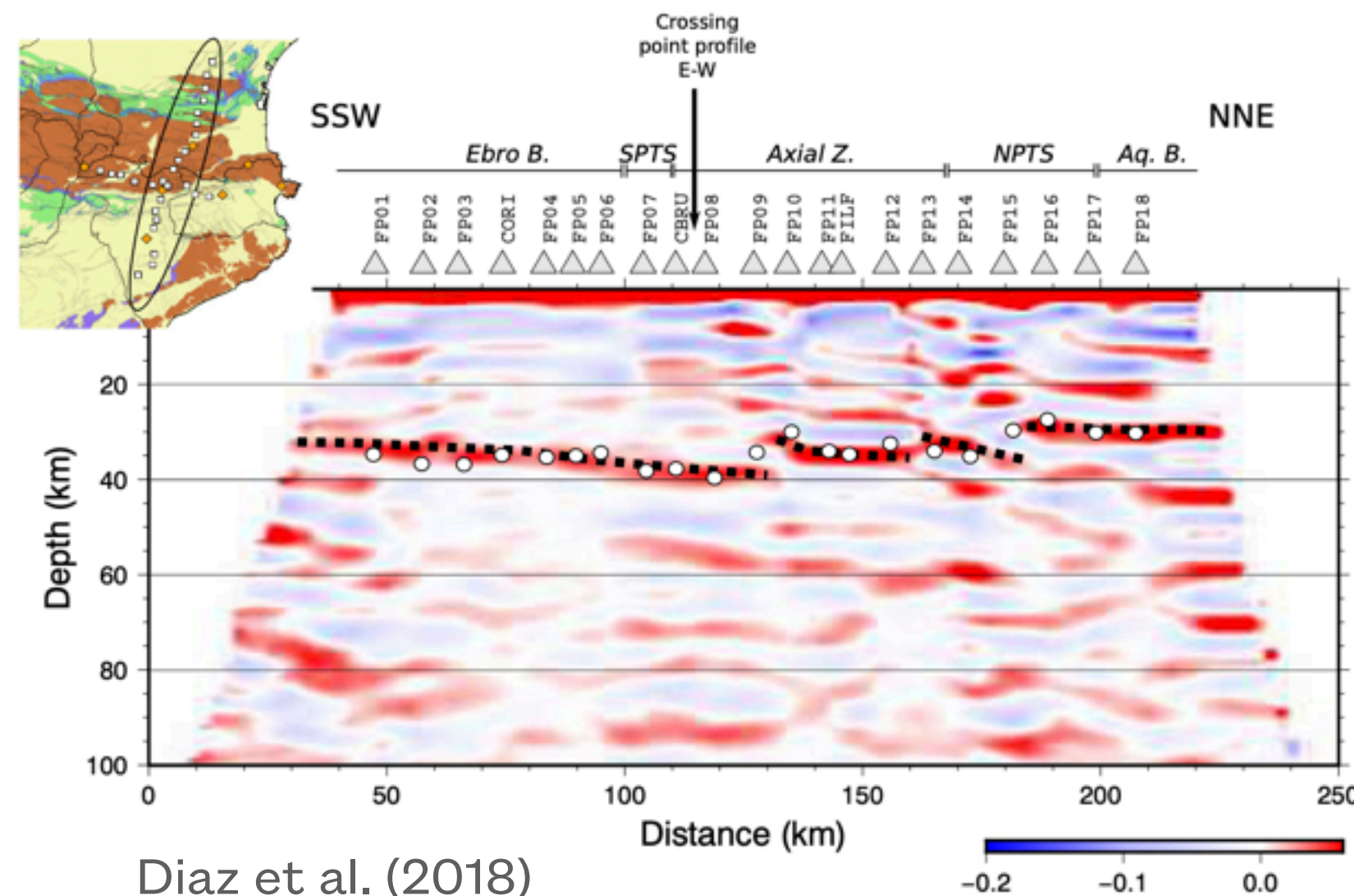


Méthodologies envisagées

- Tenir compte de la distribution des données, des *a priori*, des écarts types (travail sur la gravi)
- Inverser gravi/sismo
- Inverser gradio/sismo
- Impact des *a priori*
 - RF
 - Modèles vitesses...



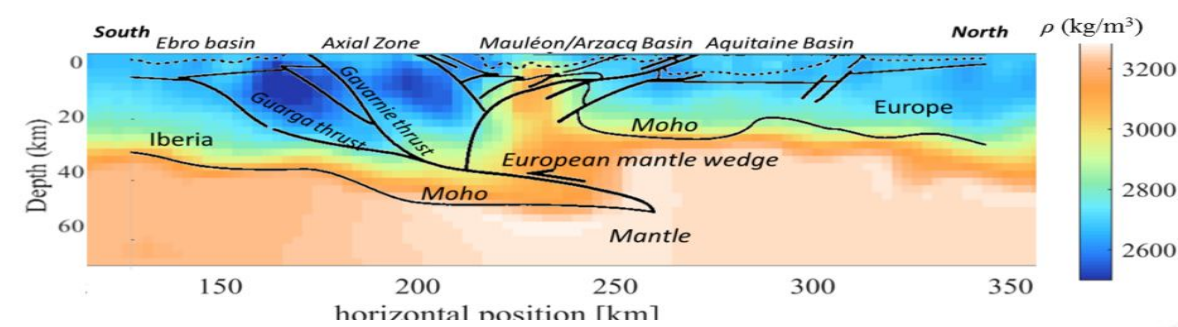
Martin et al. (2021)



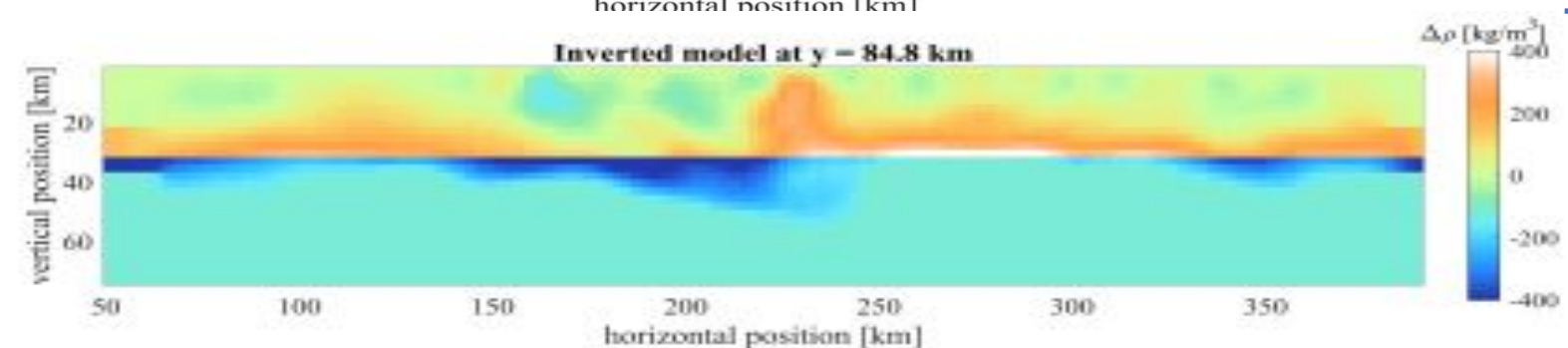
Résultats attendus

- Déjà fait au niveau Pyrénées par plusieurs méthodes
- Région test = les Pyrénées,
- Application à toute la France avec intérêt focalisé sur régions où la corrélation densité/vitesse n'est pas forcément suivie (effet thermique / composition).

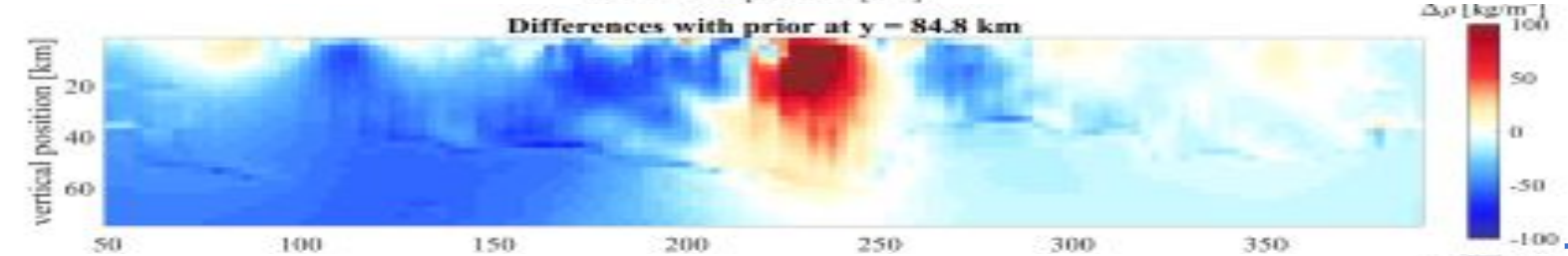
Analyse et interprétation des résultats du modèle



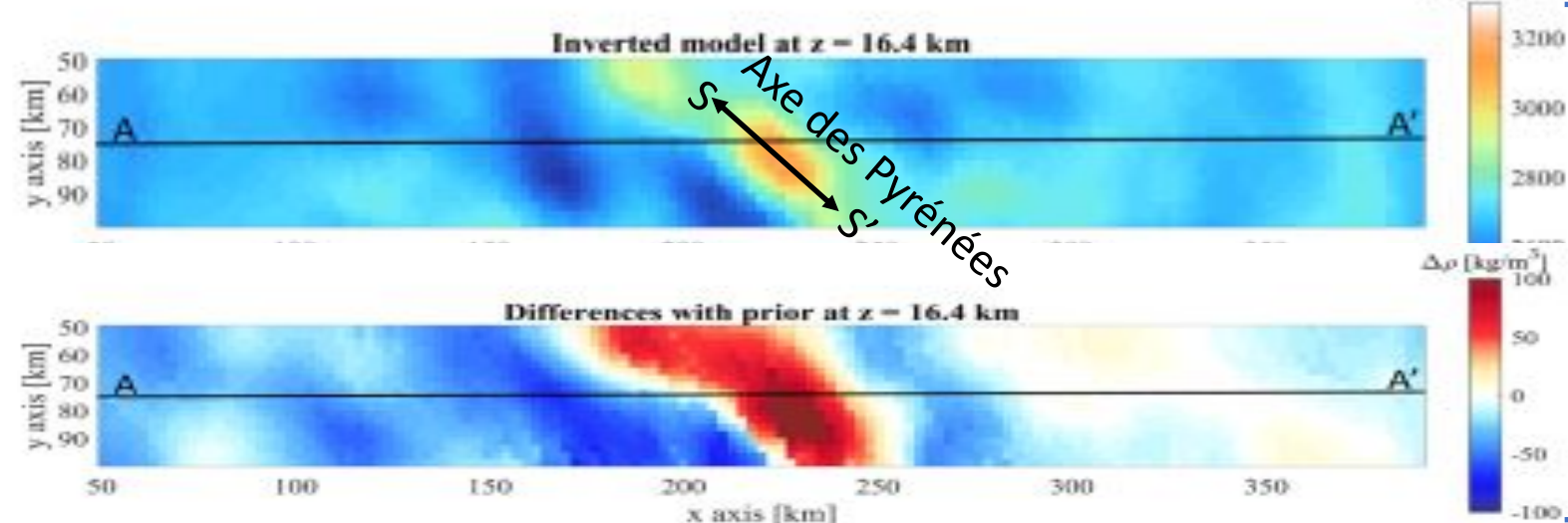
(A) Profil vertical des densités le long du profil



(B) Anomalies de Densités

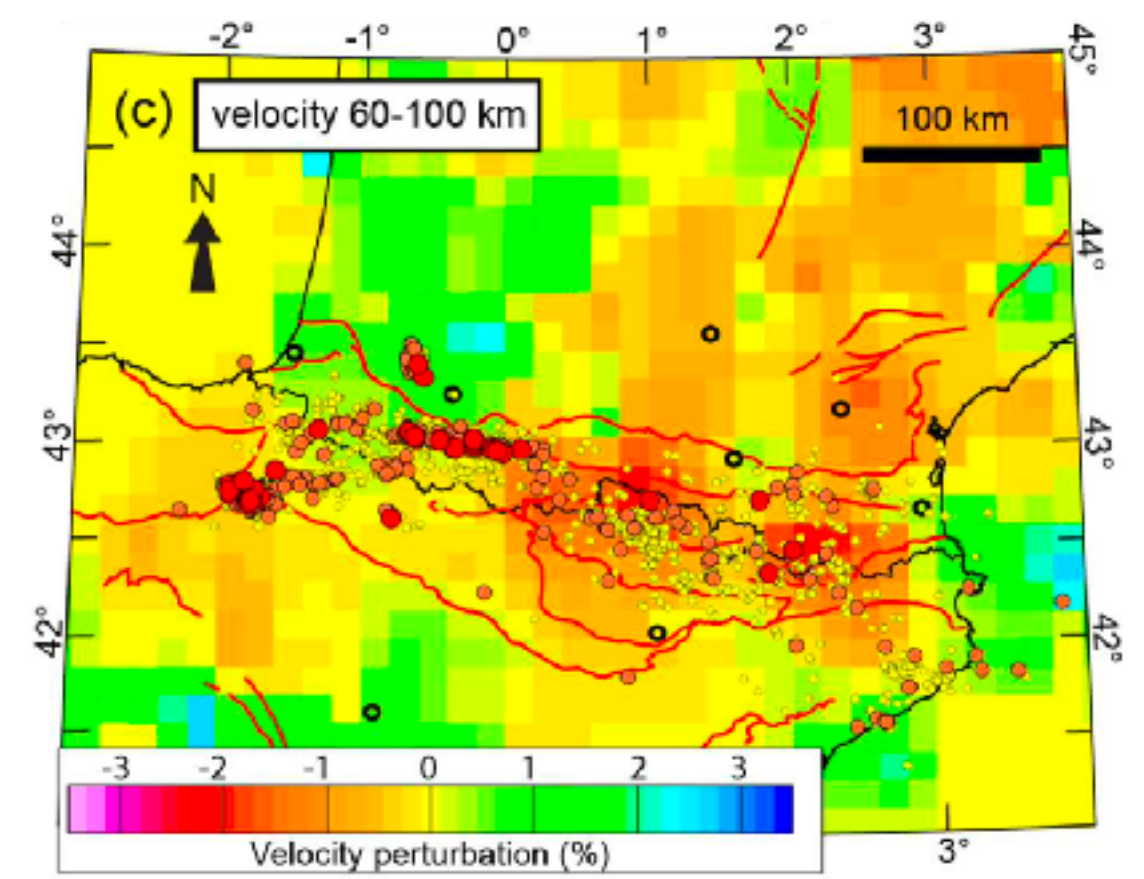
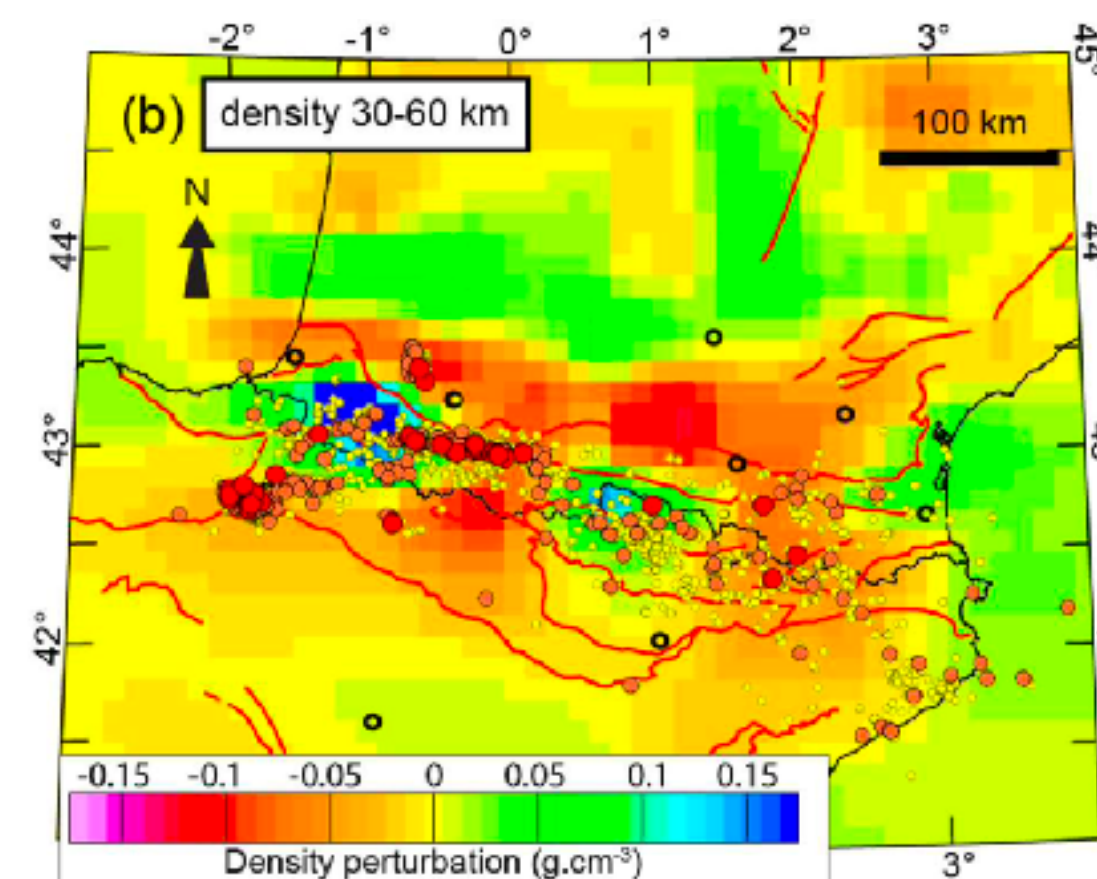


(C) Ecart entre densités inversées et initiales



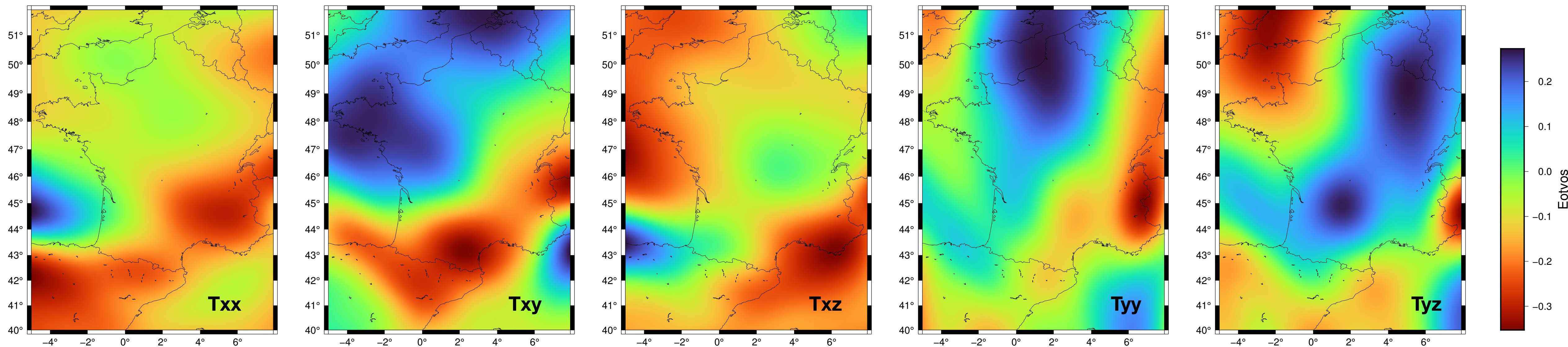
(D) Densités à 16.4 km de profondeur

Anomalie: ~30 km de long



Résultats attendus

- Déjà fait au niveau Pyrénées par plusieurs méthodes
- Région test = les Pyrénées,
- Application à toute la France avec intérêt focalisé sur régions où la corrélation densité/vitesse n'est pas forcément suivie (effet thermique / composition).



Pour aller plus loin...

- Comparer les méthodes en termes de résolution, de coût numérique, de sensibilité aux données, aux *a priori*, à la paramétrisation...
- Intérêt et apport de la gradiométrie par rapport à la gravimétrie, différence entre données brutes (GOCE) et modèles combinés (EGM, EGG...)
- Intérêt du spatial vs. terrestre
- Intérêt d'un couplage entre vitesse et densité ?
- Tester la cohérence des données par rapport à l'échelle considérée
- Quantifier les effets 3D des structures par rapport aux approches 2.5D
- Pour démarrer : stages RF RLBP (IST/GM), thèse + Post-doc (GM/GET)