

LES ALPES MONTENT... UN PARADOXE TECTONIQUE

Auteurs : Jean-Mathieu Nocquet¹, Christian Sue², Andrea Walpersdorf³, Trong Tran¹, Nicole Lenôtre⁴, Philippe Vernant⁵, Marc Cushing⁶, François Jouanne⁷, Frédéric Masson⁸, Stéphane Baize⁶, Jean Chéry⁵ & Peter A. Van der Beek³

Une nouvelle combinaison de 10 ans de données GPS permanents, en particulier par le réseau RENAG et d'un siècle de données de nivellement montre de façon cohérente que les Alpes occidentales sont caractérisées par des mouvements verticaux en surrection rapide, jusqu'à 2,5 mm/an au NW de l'arc, alors que les mouvements horizontaux aux limites de la chaîne sont d'un ordre de grandeur plus faible. Cet apparent paradoxe s'explique par la réponse combinée de l'érosion et de la fonte des glaciers alpins d'une part, et de processus profonds à l'échelle lithosphérique d'autre part.

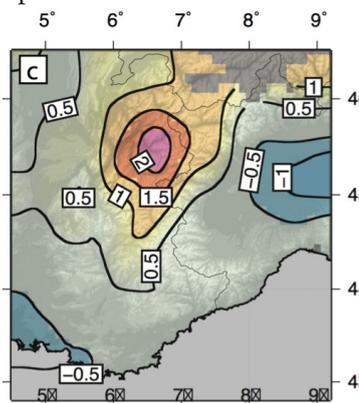


Fig. 1) Vitesses verticales (mm/an) basées sur la combinaison des mesures GPS et de nivellement.

Les mouvements horizontaux à travers la chaîne sont virtuellement nuls, avec des vitesses horizontales relatives de par et d'autre de la chaîne (entre la plaine du Pô et l'avant pays alpin : l'« Europe stable ») de l'ordre de 0,1 à 0,3 mm/an, plutôt en divergence.

Les Alpes occidentales offrent donc une opportunité unique de caractériser la contribution des processus déconnectés de la tectonique des plaques (déformation horizontale) dans l'évolution géodynamique des orogènes. Les données GPS permanentes permettent de caractériser les mouvements verticaux avec une précision de 0,2 mm/an. En parallèle des mesures GPS, un siècle de mesures de nivellements a été analysé, avec une précision comparable.

Les deux jeux de données sont cohérents à 0,3 mm/an près. Ils montrent des mouvements verticaux nuls dans l'avant-pays alpin à l'ouest de la chaîne, ce qui permet de définir une référence stable. Par rapport à cette référence, le cœur NW des Alpes occidentales (Mont-

Blanc, Vanoise) montre des vitesses de surrection supérieures à 2 mm/an, diminuant vers l'extérieur de la zone. Les Alpes du Sud (Pelvoux, Queyras, Mercantour) montrent des vitesses verticales en surrection plus faibles, de l'ordre de 0,5 mm/an. En périphérie d'orogène, la plaine du Pô et le delta du Rhône sont caractérisés respectivement par une subsidence à 1,5 mm/an et 1 mm/an (fig.1).

A la différence des mouvements horizontaux qui sont classiquement reliés aux mouvements des plaques tectoniques, les mouvements verticaux rapides observés dans les Alpes occidentales peuvent s'expliquer par différents mécanismes. A l'échelle du millénaire, le retrait des glaciers depuis le dernier maximum glaciaire (20000 ans), combiné à celui du petit âge glaciaire (LIA) et au retrait actuel des glaciers alpins peut expliquer environ 0,5 mm/an de surrection régionale selon les modèles, par le phénomène de rebond post glaciaire (GIA, glacial isostatic adjustment).

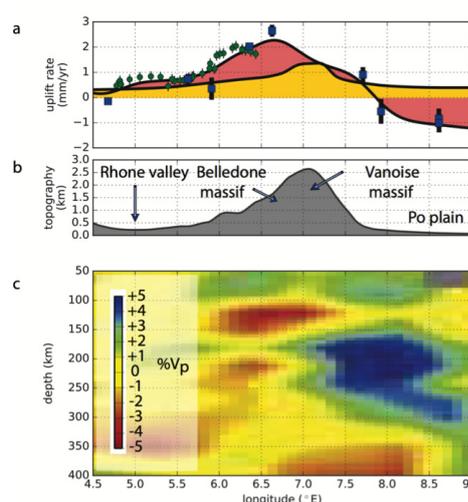


Fig. 2) Coupe perpendiculaire à la chaîne alpine. a) Vitesses verticales. Les points verts et bleus représentent les mesures de nivellement et GPS, respectivement. Le profil mauve correspond au champ de vitesses verticales de fig. 1. Le profil jaune indique les prédictions sommées des modèles de GIA et d'érosion. b) Topographie moyenne le long de la coupe. c) Image tomographique d'anomalies de vitesses sismiques du manteau supérieur d'après Lippitsch (2003).

A l'échelle du million d'année, la dynamique de l'érosion de la chaîne, qui redistribue les masses rocheuses du cœur de l'orogène vers sa périphérie, induit aussi un rebond isostatique avec des vitesses de l'ordre de

0,3 à 0,5 mm/an selon les différents modèles, localisé au Nord des Alpes occidentales. La surrection positive de la surface mise en évidence dans les Alpes, en particulier dans les Alpes du NW, implique donc une origine profonde, liée à la dynamique lithosphérique à la base de la racine alpine. Cette hypothèse est cohérente avec les données gravimétriques qui montrent un écart significatif à l'équilibre isostatique sous les Alpes occidentales.

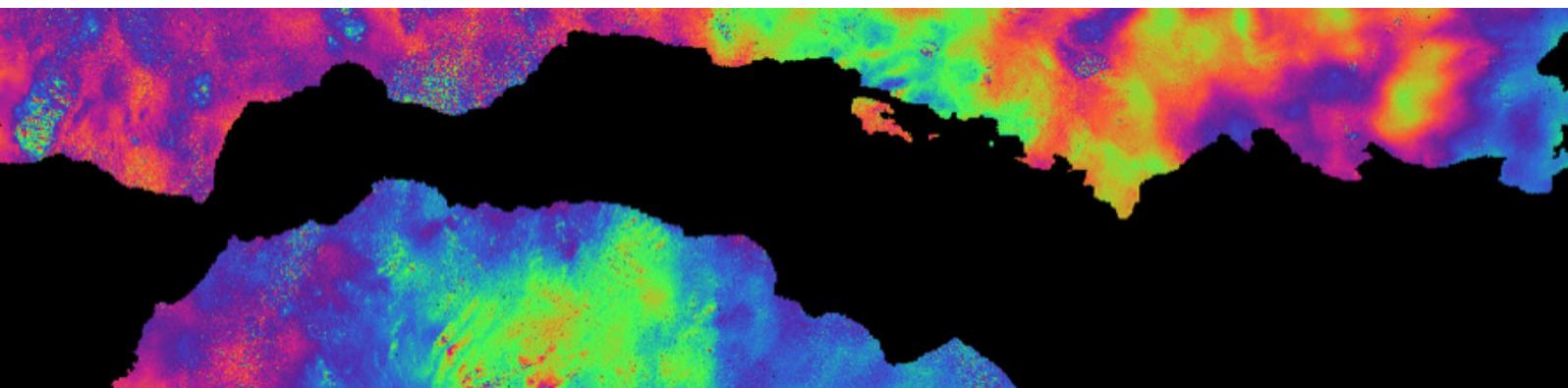
La topographie actuelle de la chaîne est donc supportée dynamiquement par du matériel mantellique chaud et ascendant, ce qui peut expliquer partiellement les mouvements verticaux observés. Les données tomographiques sous les Alpes montrent effectivement une anomalie de vitesse sismique faible sous les Alpes du Nord entre 90 et 150 km de profondeur, associée à du matériel mantellique chaud et à un possible détachement d'un panneau plongeant lithosphérique (fig. 2).

Il y a une très bonne corrélation spatiale entre la zone de surrection rapide mise en évidence par géodésie et

la zone à faibles vitesses sismiques dans la lithosphère, à la fois longitudinalement et latéralement à la chaîne alpine. Le remplacement de matériel dense lithosphérique par du matériel moins dense peut créer une zone de faiblesse et localiser la déformation, et est cohérent avec une traction verticale positive à la base de la lithosphère pouvant induire les mouvements verticaux observés.

Références :

- Nocquet et al., 2016, Sci. Rep., 6, 28404
- Lippitsch et al., 2003, J. Geophys. Res., 108, 2376
- ¹Géoazur, Université de la Côte d'Azur, IRD, Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS
- ²Chrono-Environ^t, CNRS, Univ. de Bourgogne Franche-Comté
- ³Univ. Grenoble Alpes, ISTERre, Grenoble
- ⁴Aquitaine Agency, Bureau de Rech. Géologiques et Minières, Pessac
- ⁵Géosciences Montpellier, CNRS-Université Montpellier 2
- ⁶IRSN/PRP-DGE/SCAN/BERSSIN, Fontenay-aux-Roses
- ⁷Université de Savoie Mont Blanc, ISTERre, Le Bourget-du-Lac
- ⁸Institut de Physique du Globe de Strasbourg, Univ. de Strasbourg/EOST



Edito par le Bureau de RESIF

Le deuxième semestre 2017 s'annonce déjà riche en activités, en rencontres et en échanges.

Comme prévu dans le cadre du projet Equipex RESIF-CORE, des stations sismologiques de dernière génération seront installées dans les deux prochaines années, principalement en France métropolitaine, dans les zones qui en sont encore dépourvues.

RESIF a organisé à Brissac dans l'Hérault (3 - 5 juillet 2017) un workshop sur l'instrumentation géophysique innovante, avec le soutien de la communauté scientifique et d'entreprises privées nationales. Par ailleurs, les 3^{ème} Rencontres scientifique et technique RESIF se tiendront à Saint-Jean-de-Monts en Vendée du 10 au 12 octobre 2017 : elles réuniront les partenaires de RESIF et tous ceux intéressés par ses données.

Dans ce numéro est abordé le rôle clé que joue l'observatoire CRL dans la compréhension des phénomènes physiques associés à l'ouverture rapide du golfe de Corinthe en Grèce. Les deux autres articles qui suivent sont consacrés, l'un à la surrection actuelle et inattendue des Alpes à partir d'observations géodésiques, et l'autre à l'observation des fluctuations

ionosphériques provoquées par les secousses

sismiques comme nouvelle méthode d'observation et de surveillance des séismes et des tsunamis.

Toute l'équipe de rédaction vous souhaite un bel été et surtout de très bonnes vacances.

ACTUALITÉS

Juillet-août :

- IAG - IASPEI (Kobe)

Juillet :

- workshop RESIF «Instrumentation Géophysique» (Brissac)

Juin :

- Réunion du Board of Governmental representatives de EPOS
- évaluation mi-parcours EquipEx RESIF-CORE

Mai :

- semaine ENVRI+
- démarrage du projet SERA

PORTRAIT (p.8)

Andrea WALPERSDORF, Directrice du Réseau National GNSS permanent (RENAG), Physicienne à ISTERRE, Grenoble.