



HAL
open science

Impact des contraintes induites par les glaciations et l'érosion sur la stabilité des failles du nord de la France

Adrien Damon, Stéphane Mazzotti, Philippe Vernant, Frédéric Ego, David Baumont, Juliette Grosset, Oswald Malcles, Rémi Vachon

► To cite this version:

Adrien Damon, Stéphane Mazzotti, Philippe Vernant, Frédéric Ego, David Baumont, et al.. Impact des contraintes induites par les glaciations et l'érosion sur la stabilité des failles du nord de la France. Lettre d'information Epos-France, 2024, 2, pp.12-13. hal-04651299

HAL Id: hal-04651299

<https://hal.science/hal-04651299v1>

Submitted on 17 Jul 2024

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



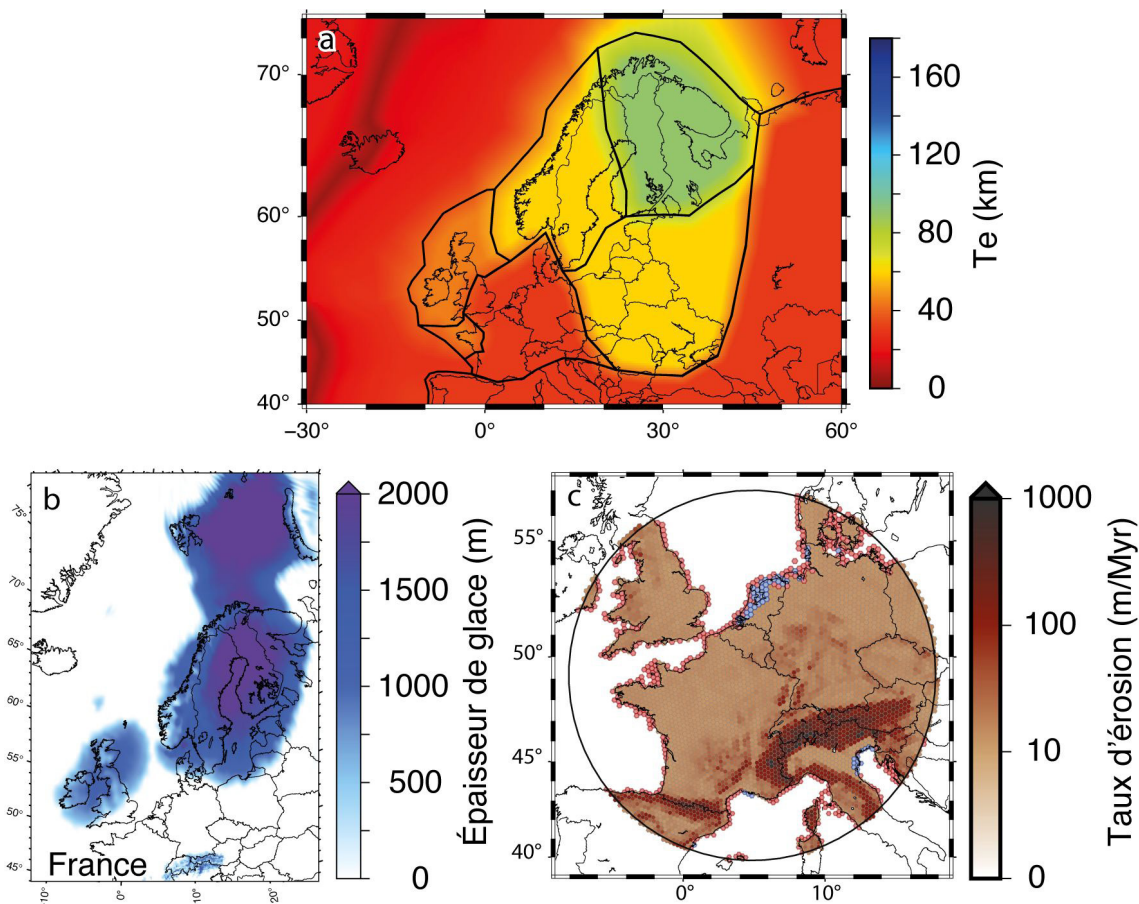
Impact des contraintes induites par les glaciations et l'érosion sur la stabilité des failles du nord de la France

Dans le cadre de l'étude de la sismotectonique de la France, nous nous intéressons aux effets de la redistribution de masses à la surface de la Terre sur l'activation potentielle des failles. Deux processus engendrant une réponse de flexure sont étudiés : les cycles glaciaires (GIA, Glacial Isostatic Adjustment) et l'érosion. Nos travaux sont motivés par le fait que les effets de ces deux processus n'ont jamais été quantifiés à l'échelle du nord de la France, alors qu'ils ont été proposés comme cause de réactivation de failles dans d'autres régions d'Europe du nord. Notre étude, centrée sur le Bassin parisien (zone à très faible sismicité), peut être étendue à l'ensemble du nord de la France qui comprend des zones sismiquement actives (Massif Armoricain, Ardennes, Graben du Rhin). Pour ce faire,

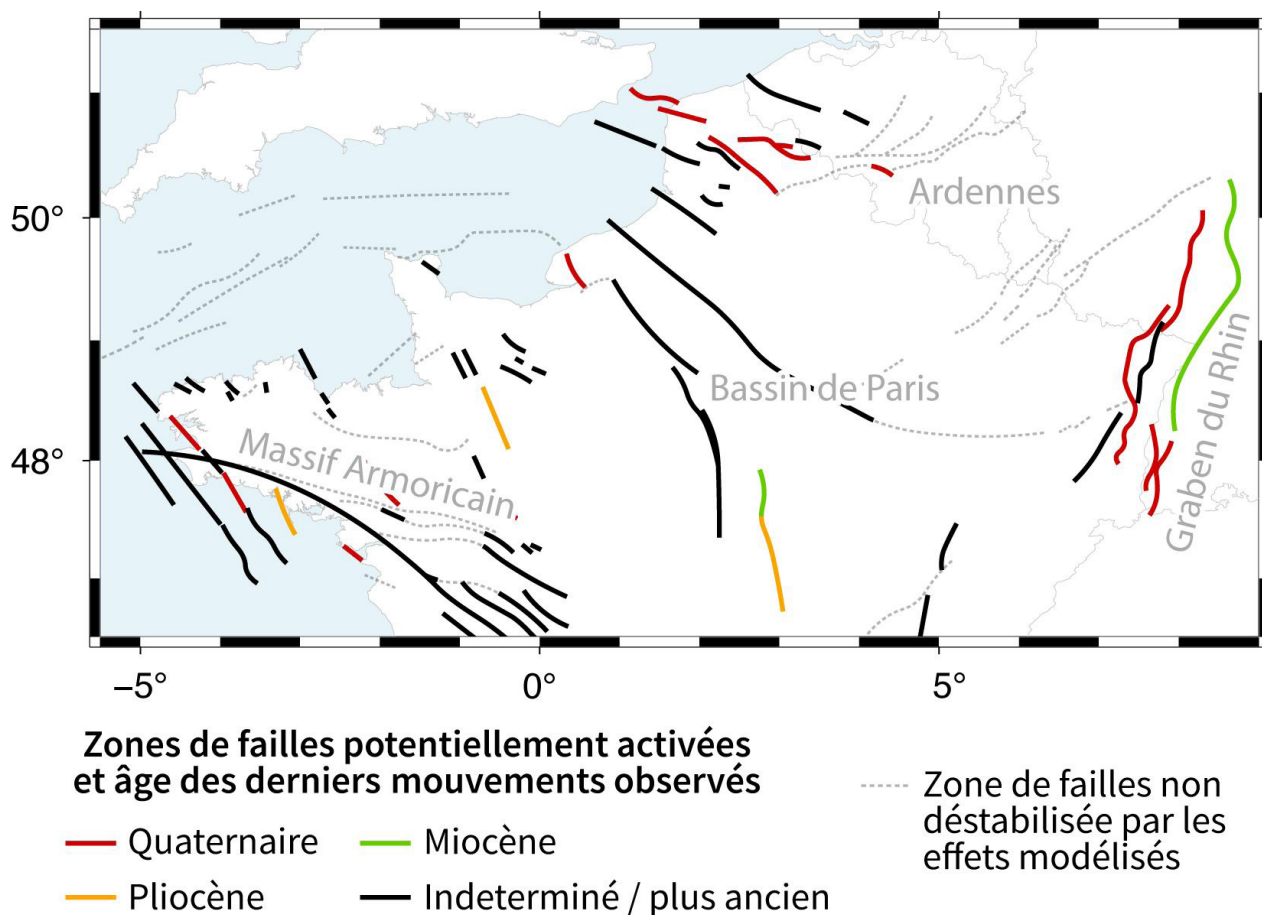
nous avons réalisé des modèles numériques nous permettant d'estimer les contraintes induites sur les failles par les glaciations et l'érosion quaternaires. Ces travaux se basent sur un ensemble de modèles de rigidité de la lithosphère, de l'englacement de l'Europe sur le dernier cycle glaciaire, et des taux d'érosion quaternaires (fig1). Nos tests indiquent des perturbations de contraintes de 0-10 MPa à des profondeurs de 0-5 km sur le dernier cycle glaciaire et sur un million d'années. Ces perturbations sont faibles comparées aux contraintes crustales ambiantes, et seules des failles dont la géométrie est proche de l'orientation optimale dans le champ de contraintes ambiant peuvent potentiellement être activées. Ces travaux, réalisés avec des hypothèses conservatives, montrent que certaines

failles majeures du nord de la France sont dans cette catégorie et pourraient donc être activées par les effets des glaciations et de l'érosion (fig2). Les failles sensibles à ces perturbations de contraintes sont parfois associées à des âges de dernier mouvement observable bien plus vieux que les périodes couvertes par nos modèles, suggérant que d'autres facteurs pourraient jouer sur la stabilité de ces failles. L'identification et l'étude des facteurs de contrôle de stabilité des failles est donc nécessaire afin de compléter le modèle sismotectonique de la France métropolitaine

Adrien Damon, Stéphane Mazzotti, Philippe Vernant, Frédéric Ego, David Baumont, Juliette Grosset, Oswald Malcles, Rémi Vachon



1 - a) Rigidité flexurale (épaisseur élastique équivalente, T_e). b) Épaisseur de glace au dernier maximum glaciaire. c) Taux d'érosion quaternaire moyen. © Adrien Damon



2 - Zones de failles majeures potentiellement activées par les effets des glaciations et de l'érosion dans le nord de la France. Les couleurs correspondent à l'âge des derniers mouvements observés. © Adrien Damon

A Lacq, l'injection d'effluents industriels identifiée comme principale responsable des séismes

Chaque année, depuis 1969, de nombreux séismes sont détectés dans la région de Lacq, dans les Pyrénées-Atlantiques, et sont labélisés comme « induits ou déclenchés par les activités industrielles » par le BCSF-RENASS (Fig. 1a). Ce cluster de sismicité est bien dissocié de la sismicité naturelle de la chaîne des Pyrénées, qui s'étend plus au sud (Fig. 1a). La nature anthropique de ces séismes a été démontrée par une vingtaine de publications scientifiques, cependant, sa cause exacte était encore débattue : elle a longtemps été attribuée aux activités passées d'extraction intense de gaz du réservoir profond, ce qui aurait amené à sa déplétion (sa contraction, son effondrement progressif), conduisant les roches à un état proche de la rupture. Mais une autre

hypothèse a commencé à émerger il y a trois ans. Celle-ci accorde un rôle majeur aux injections des effluents industriels, soit les eaux usées issues des activités industrielles, dans le réservoir rocheux. Avec le soutien de l'AS-RAP d'Epos-France (Action Spécifique Réseau Accélérométrique Permanent), une étude internationale, menée par l'université Toulouse III au sein de l'Institut de recherche en astrophysique et planétologie (IRAP/OMP), en collaboration avec l'Université de Grenoble-Alpes, l'Université de Pau et des Pays de l'Adour et le laboratoire allemand GFZ (German research centre for geosciences), a alors cherché à mieux comprendre ces liens entre activités humaines et sismicité. Un réseau d'une quinzaine de capteurs sismologiques

a été déployé autour de Lacq en 2021 afin de mieux localiser ces séismes induits. En compilant l'analyse de ces séismes récents, mais aussi de ceux survenus au cours des 50 dernières années, l'équipe a mis en lumière le rôle prépondérant de l'injection dans la génération de la sismicité de la région de Lacq. La majorité des séismes sont localisés très proches des limites du réservoir profond (Fig. 1b) et l'énergie sismique libérée est directement liée aux variations du volume injecté dans le réservoir. Cette étude souligne aussi le manque d'instrumentation depuis les années 2000, l'importance d'une surveillance continue et le besoin d'études plus approfondies sur la prédiction de l'aléa et du risque sismique. Et ce, particulièrement sur le développement de modèles de