

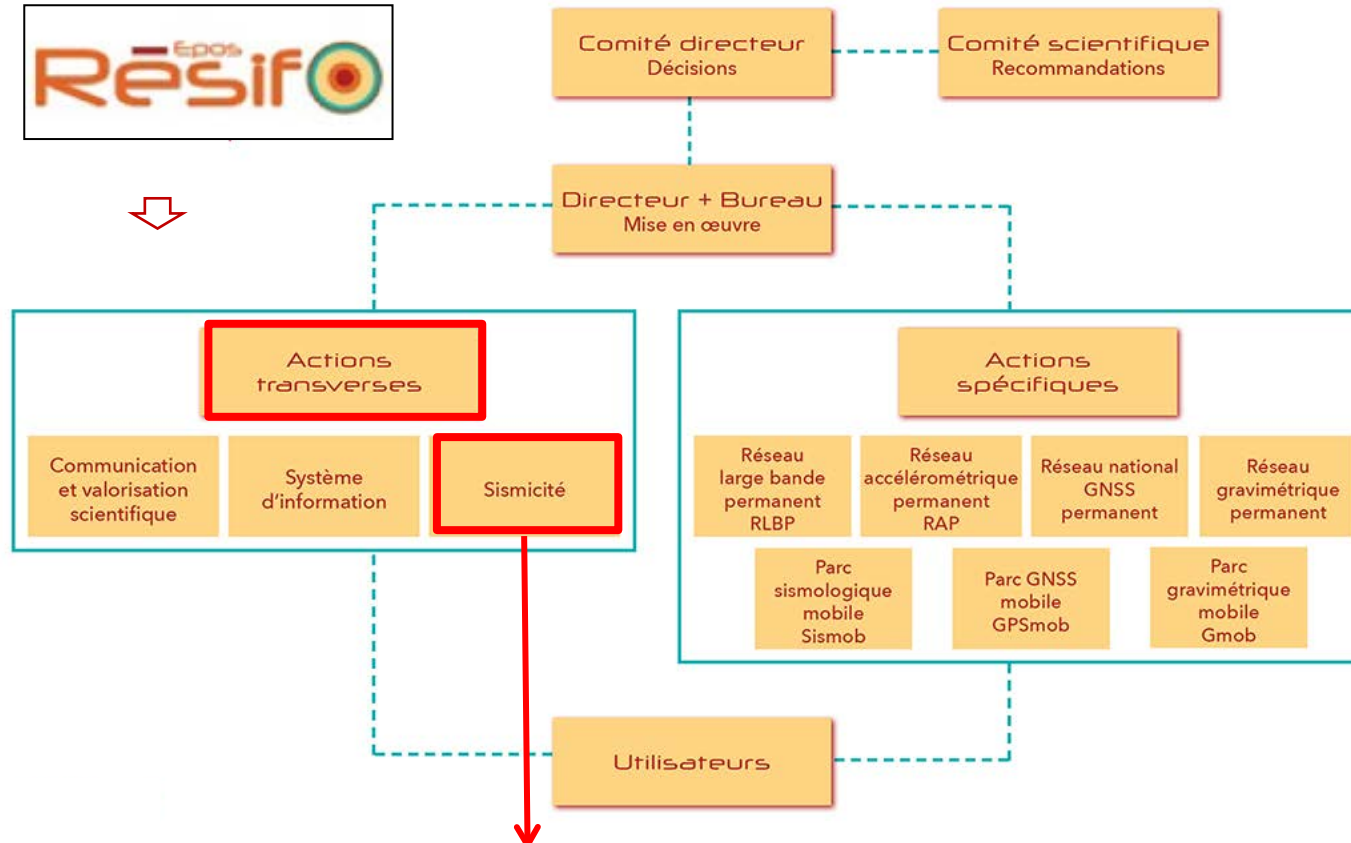
Failles ACTives France : FACT

(Axe n°5 - Action Transverse Sismicité)



Epos
Résif
Réseau sismologique et géodésique français





Six thematic sections

The ATS is currently subdivided into six sections which work on the following themes:

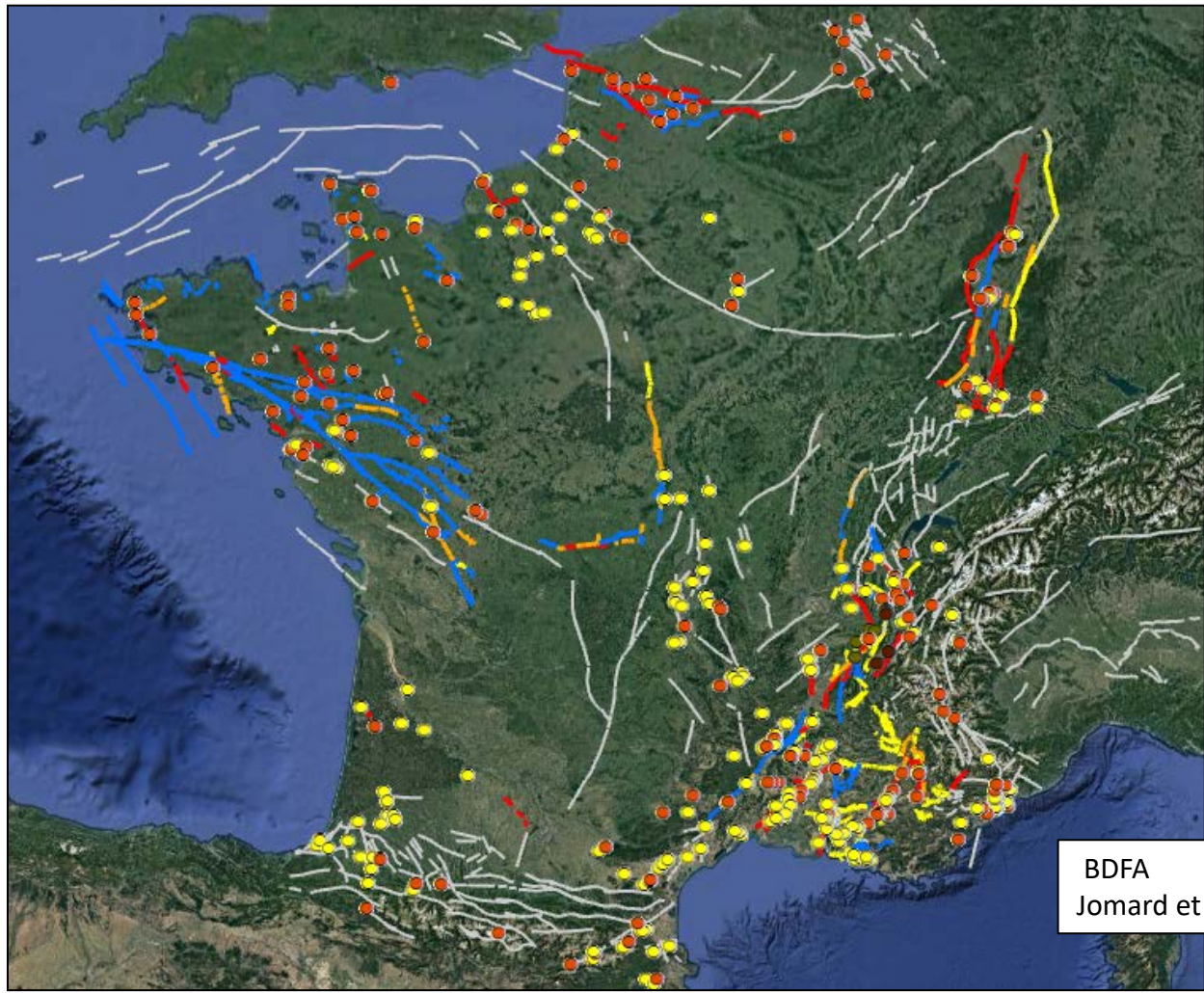
- 1 - the construction of a multi-origin seismicity bulletin in France,
- 2 - the construction of a reference catalogue of seismicity in France,
- 3 - collection and analysis of macro-seismic data - historical and contemporary seismicity in France,
- 4 - the implementation of ShakeMap at the national level integrating both macro-seismic and instrumental (accelerometric and velocimetric) data,
- 5 - the study of faults that produced earthquakes with surface ruptures in metropolitan France during Quaternary
- 6 - the study and characterization of seismic hazards at the national level.

FACT

Depuis Avril 2019

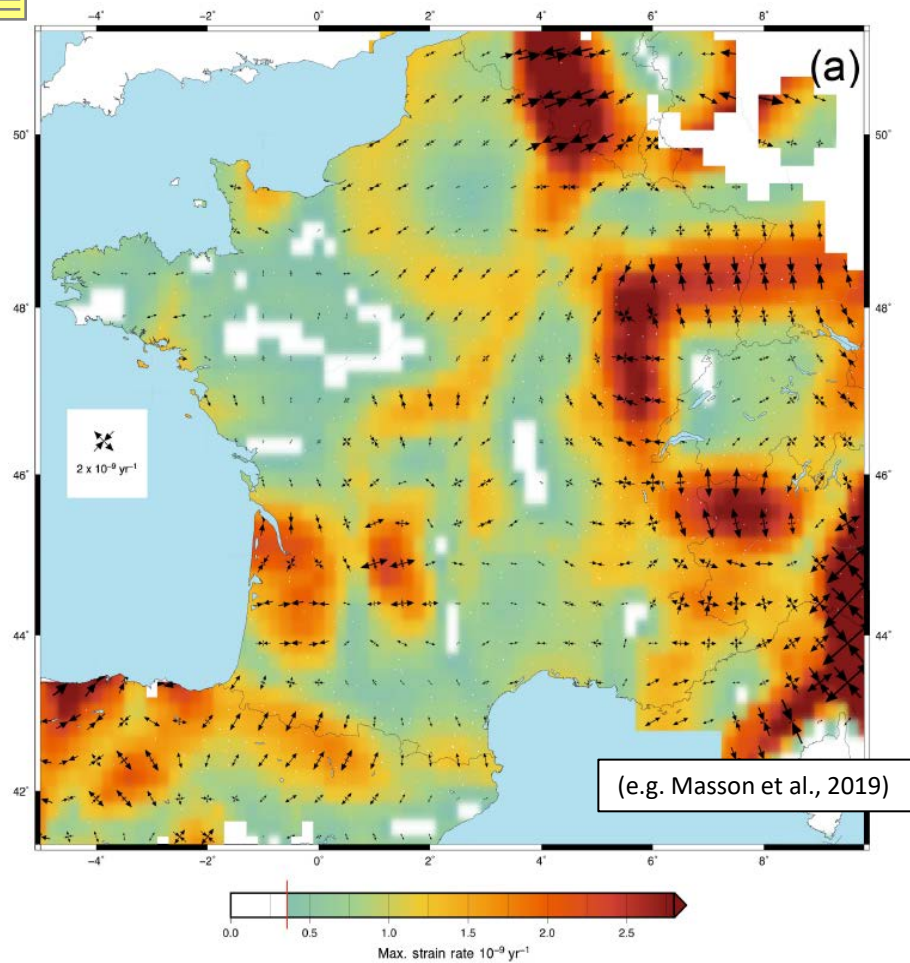


Détecter et caractériser les failles actives en France métropolitaine \Rightarrow tâche difficile.



BDFA (IRSN)
Jomard et al. (2017)

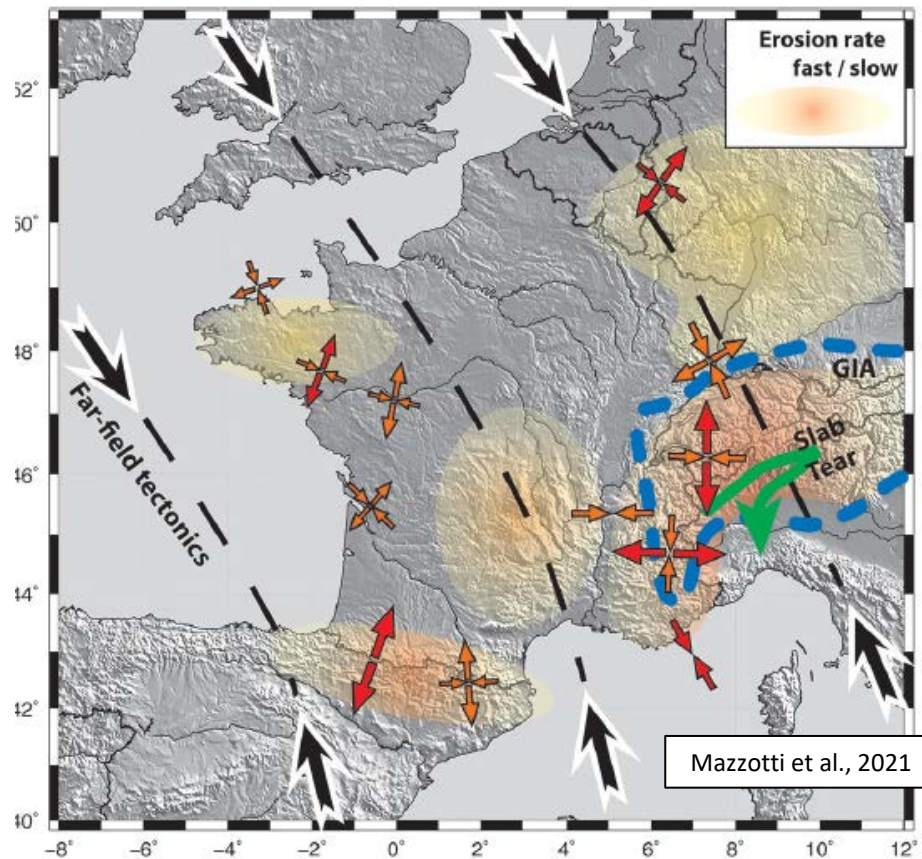
Jusqu'à récemment : Notre « approche » consistait à analyser les déformations tectoniques sur une période de plusieurs millions d'années = couvrant un laps de temps suffisamment long pour caractériser le comportement « actuel » des failles en termes de cinématique (i.e. sens de mouvement et vitesse de glissement), considérant que les conditions aux limites et les processus contrôlant ces déformations étaient restés stables dans le temps (depuis le Moi-Pliocène)



Mesures géodésiques permanentes et temporaires enregistrées au cours des 20 dernières années



Le champ de déformation observé n'est plus cohérent avec la compression déduite des données géologiques d'âge Mio-Pliocène. A cette époque par exemple, les Alpes et les Pyrénées étaient en compression). Aujourd'hui ces massifs sont en extension

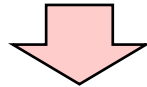


Aujourd'hui, la France métropolitaine (comme ses voisins d'Europe occidentale) peut être définie comme une région continentale stable (SCR) avec un fort héritage structural subissant de faibles taux de déformation (i.e. $\sim 10^{-9} \text{ an}^{-1}$)

Les déformations semblent répondre à une combinaison de processus mêlant tectonique des plaques (à distance), forces isostatiques locales, et potentiel gravitationnel de la lithosphère.

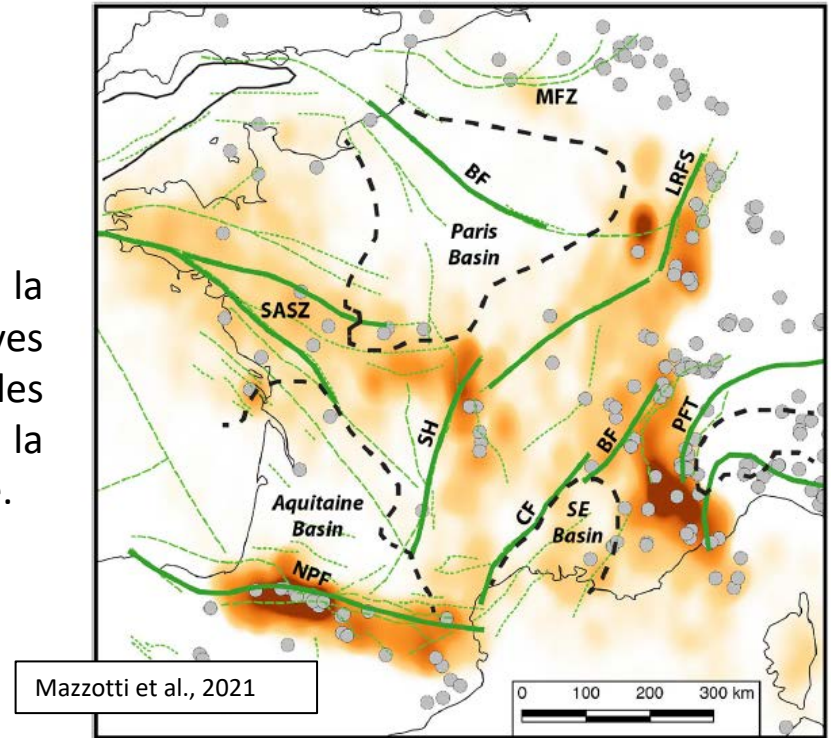
Axe « Failles ACTIVE France » (FACT) lancé en avril 2019

L'axe FACT a pour objectif de mieux caractériser la sismicité (i.e. paléosismicité) associée aux failles actives en France métropolitaine, pour améliorer les modèles d'alea sismique et aider à la compréhension et la modélisation des processus à l'origine de cette sismicité.



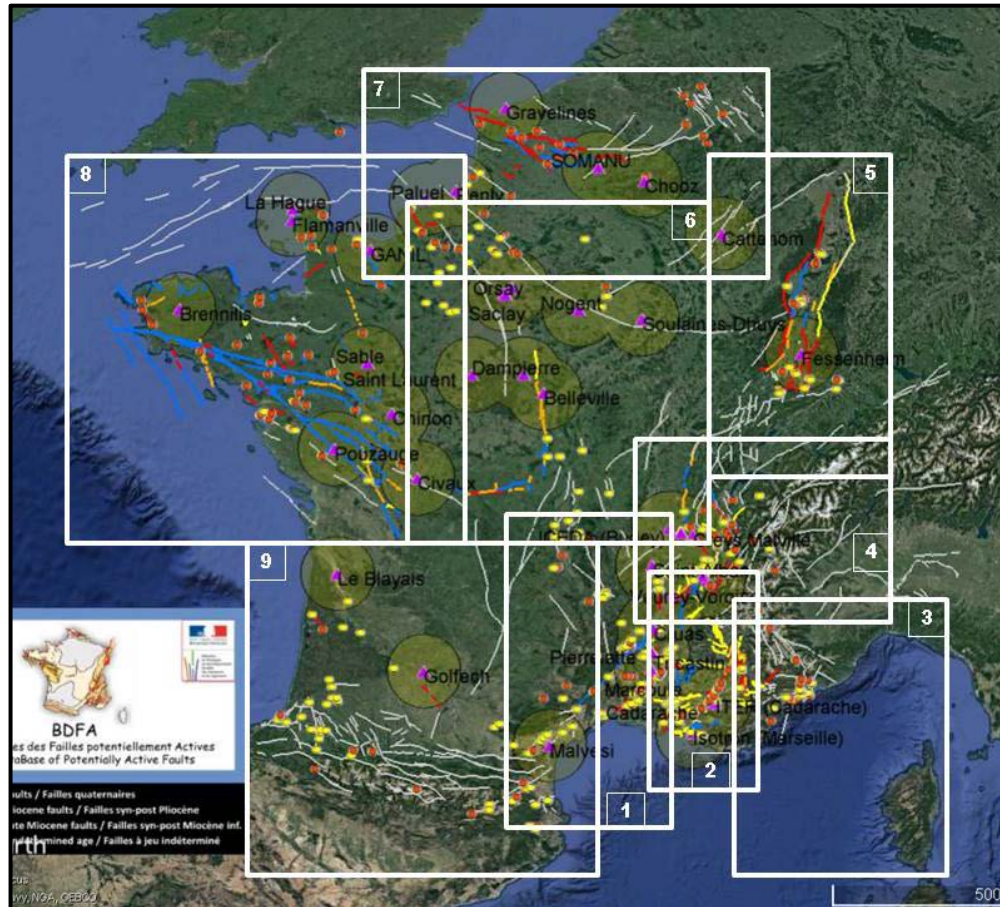
2 approches sont mises en œuvre :

- la réévaluation critique et objective (débats contradictoires, visites de terrain) des failles potentiellement actives décrites dans les bases de données existantes BDFA (IRSN, 2017) et Neopal, et la constitution d'une nouvelle base de données « FACT ».
- le lancement de nouvelles investigations utilisant les méthodes et techniques les plus appropriées en morphotectonique et paléosismologie (s.l) pour détecter et caractériser les failles actives, et ainsi caractériser leur activité sismique la plus récente (i.e. 10 Ka-1Ma)



Contacts: J-F Ritz (Géosciences Montpellier) et S. Baize (IRSN), suppl. L. Audin (Isterre)

<https://www.resif.fr/actions/action-transverse-sismicite/>



RÉFÉRENTS ACADÉMIQUES / RÉGION :

Région 1 : Languedoc-Cévennes-Provence occid. / Géosciences Montpellier
J-F Ritz (M. Ferry)

Région 2 : Provence / CEREGE
M. Rizza (L. Siame)

Région 3 : Sud-Est – Cote d’Azur – Alpes du Sud / Géosciences Azur
C. Larroque (F. Leclerc)

Région 4 : Alpes-Nord – Jura Méridional / Isterre
L. Audin & R. Vassallo

Région 5 : Fossé-Rhénan - Jura / EOST, LCE Besançon, CRPG Nancy
J. Van-der-Woerd (M. Meghraoui)

Région 6 : Centre - Bassin parisien – Nord Massif Central / IPGP - UPMC
Y. Gaudemer (Y. Klinger)

Région 7 : Nord / LOG Lille (en coll. avec le Royal Observatory of Belgium)
F. Graveleau

Région 8 : Bretagne–Normandie / LGO Brest - LPG Nantes – Géosc. Rennes
C. Perrin

Région 9 : Pyrénées / GET Toulouse – Géosciences Pau (coll. avec Barcelone)
P. Lacan & T. Cavailhes

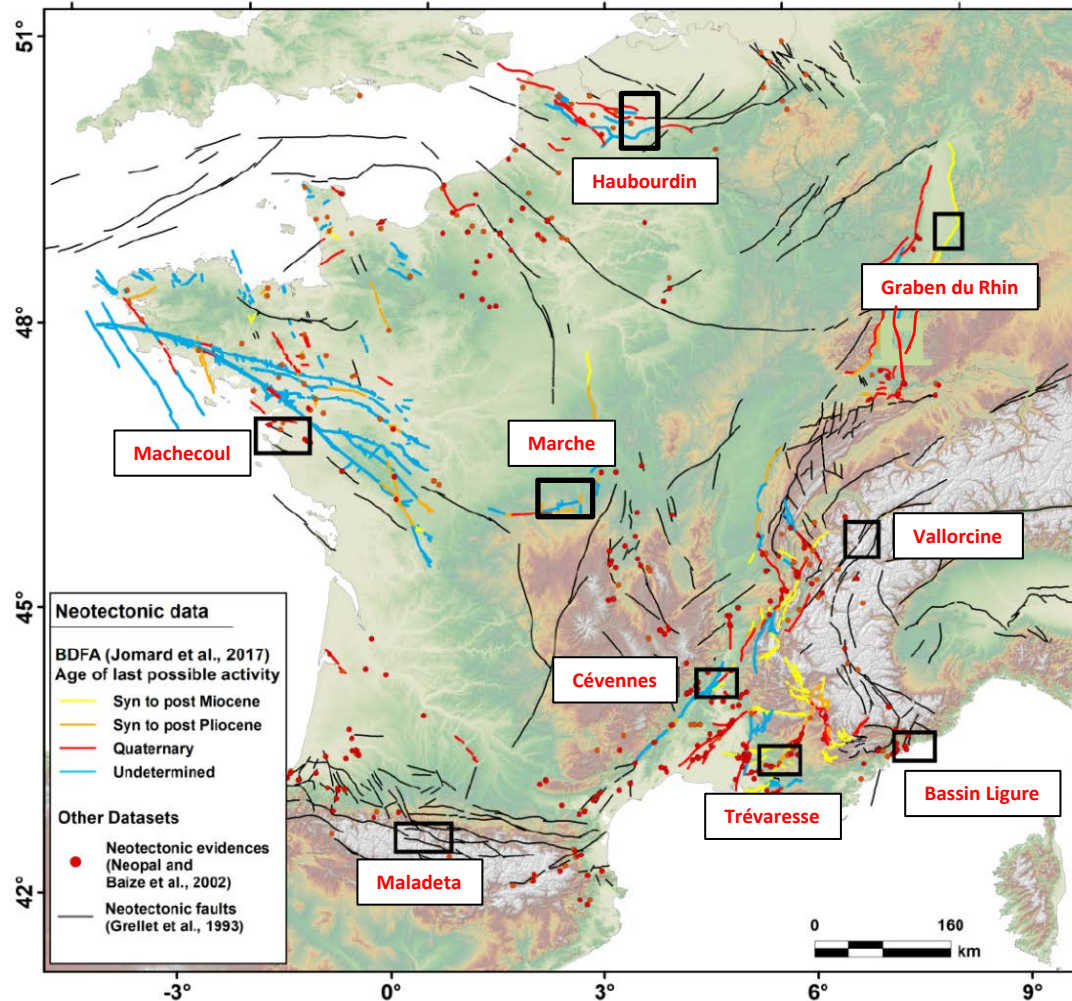
RÉFÉRENTS INSTITUTIONNELS et PRIVÉS (toutes régions)

IRSN: H. Jomard **CEA: L. Bollinger** **EDF: K. Manchuel & R. Le Roux –Mallouf** **BRGM: M. Terrier** **FUGRO P. Combes** **ANDRA: F. Ego**

L'axe FACT regroupe un grand nombre de géologues (académiques, institutionnels, privés), experts en tectonique active et/ou méthodes associées, dont les travaux sont répartis sur 9 régions du territoire métropolitain.

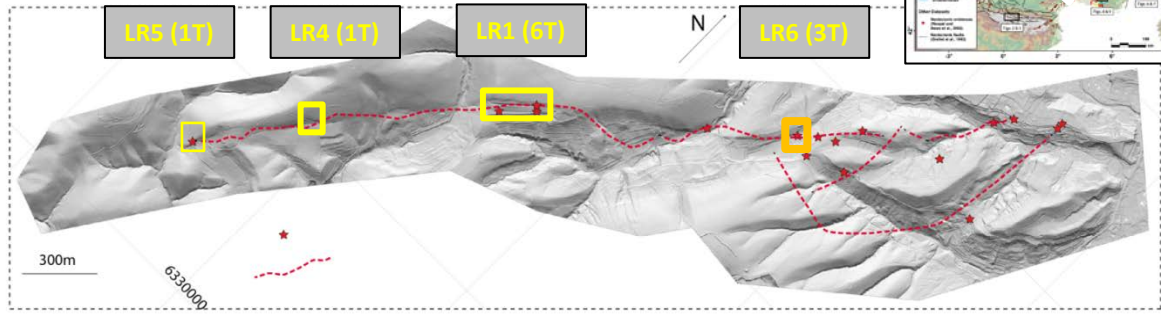
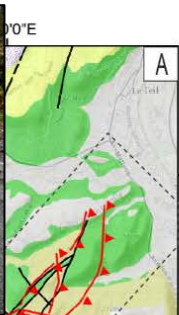
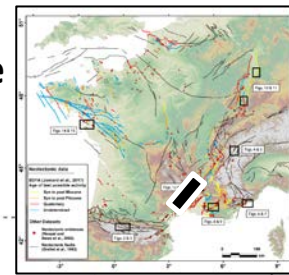
Tour d'horizon des actions FACT en France métropolitaine

Ritz J-F., Baize S., Audin L., Authemayou C., Gaudemer Y., Graveleau F., Kaub C., Lacan P., Leclerc F., Larroque C., Manchuel K., Mugnier J-L., Ortuño M., Rizza M., Vassallo R., Van der Woerd J. Antoine P., Arroucau P., Billant J., Bollinger L., d'Acremont E., Ferry M., Fillon C., Geoffroy L., Jomard H., Klinger Y., Lacassin R., Le Roy P., Migeon S., Perrin C., Perrot J., Rabaute A., Ratzov G., Reicherter K., Soubigou O., Vergniault C., Viaplana Muzas M.



Le système de failles des Cévennes : Analyse paléosismologique de la faille de La Rouvière

(Groupe de travail Région 1 – Réf. J-F. Ritz (M. Ferry))



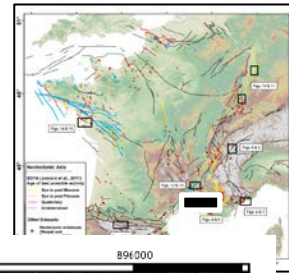
11 tranchées ont été creusées le long de la section qui a rompu en 2019 (séisme du Teil Mw 4.9)

Les âges ^{14}C et OSL dans la partie centrale et sud de la faille (3 tranchées) permettent d'interpréter l'occurrence d'un événement avec rupture de surface avant 2019, entre 13.5 et 3.3 ka.

Les âges ^{14}C dans la partie nord de la faille (1 tranchée) suggèrent qu'un événement s'est également produit entre la fin du 15^{ème} siècle et le début du 17^{ème} siècle. Si cet événement est avéré (nouvelles tranchées en perspective) il pourrait être associé au segment nord de la LRF qui passe sous les alluvions du Rhône, et pourrait correspondre au séisme historique de Montélimar (1549 AD).

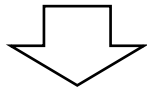
La faille de la Trévaresse (Provence)

Groupe de travail Région 2 – Réf. M. Rizza (L. Siame)

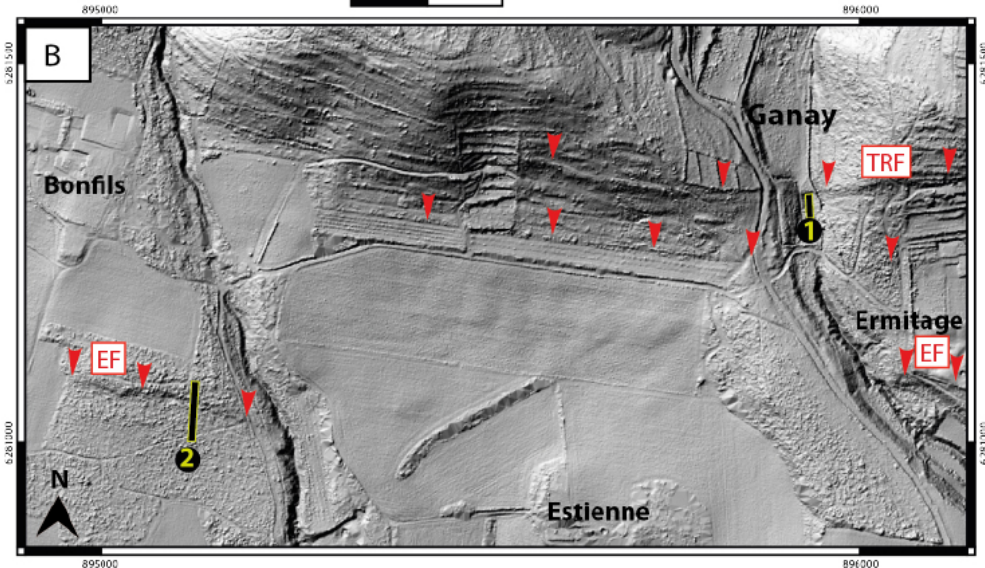


Une tranchée a révélé l'existence de ruptures de surface anciennes affectant des dépôts de cônes alluviaux (Chardon et al., 2005). Mais, aucune contrainte d'âge n'a été fournie.

Les données LiDAR « corrigées » de la végétation et des structures anthropiques ont permis de mettre en évidence plusieurs segments de faille affectant la morphologie quaternaire.

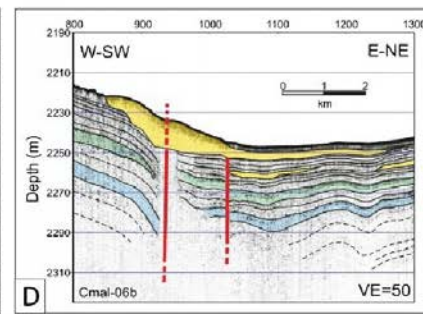
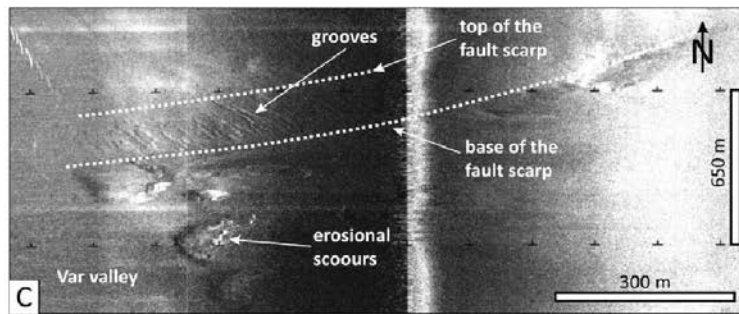
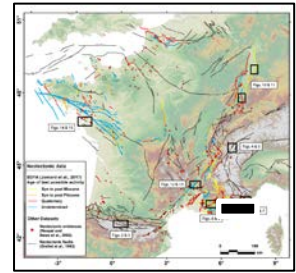
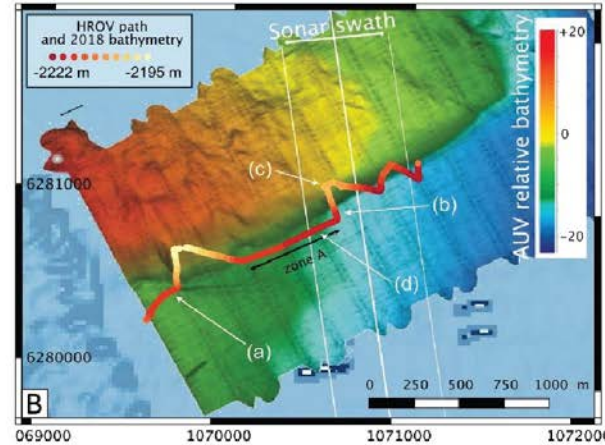
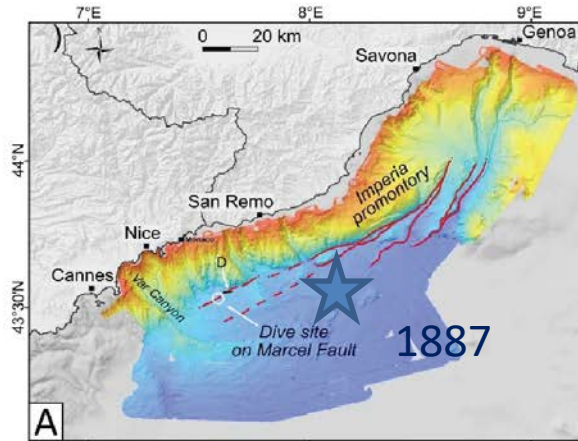


Nouvelles investigations des failles de la Trévaresse (TRF) et de l'Ermitage (EF) afin d'apporter des contraintes d'âge (i.e. OSL) sur leur histoire paléosismique.



La marge nord du bassin Ligure

Groupe de travail Région 3 – Réf. C. Larroque (F. Leclerc)



Activité sismique peu profonde « onshore » et « offshore » avec magnitudes modérées et peu d'événements forts (e.g. Béthoux et al, 1992). L'événement le plus fort (Imperia Mw 6.7-6.9) a eu lieu le 23 février 1887 (Larroque et al. 2012)

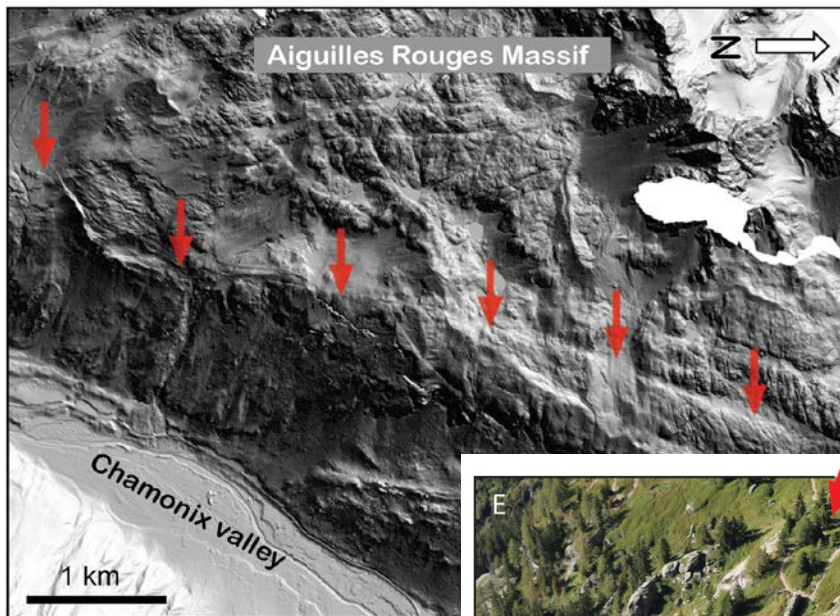
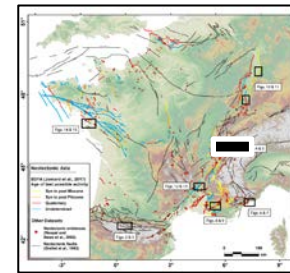
Les données géophysiques marines (sismique réflexion et bathymétrie multifaisceaux) ont permis d'imager la marge actuelle (héritée de l'extension Oligo-Miocène) : système d'escarpement ENE-WSW sur plus de 80 km de long.

A l'aide d'un véhicule télécommandé (ROV) équipé d'un sonar, l'escarpement associé à la faille Marcel a pu être cartographié. Des rainures imprimées sur la surface de l'escarpement ont été interprétés comme des stries de glissement témoignant d'une mouvement inverse (cohérent avec la cinématique déduite des mécanismes focaux).

Nouvelles campagnes ⇒ Poursuite de la cartographie de(s) l'escarpement(s) et échantillonnage (datations)

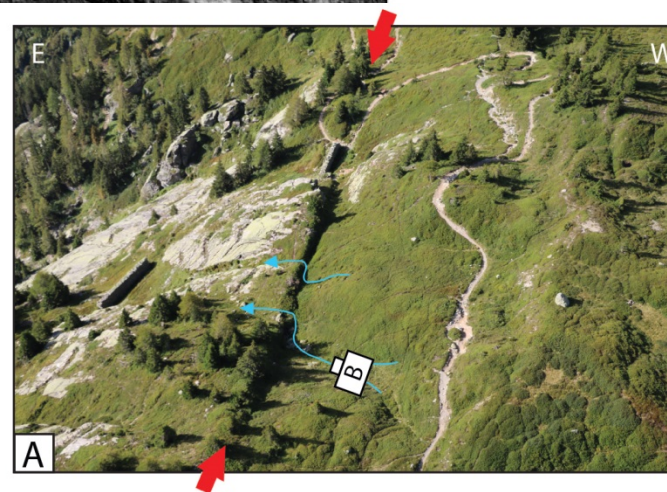
La faille de Vallorcine

Groupe de travail Région 4 – Réf R. Vassallo & L. Audin



L'une des principales structures sismiquement actives à l'échelle du siècle dernier. Longueur ~ 70 km.

Deux $M_w > 4$ en 1905 ($M_w 5.3$) et en 2005 ($M_w 4.$). Essais sismiques répétés au cours des 30 dernières années (Cara et al., 2017, Fréchet et al., 2011).

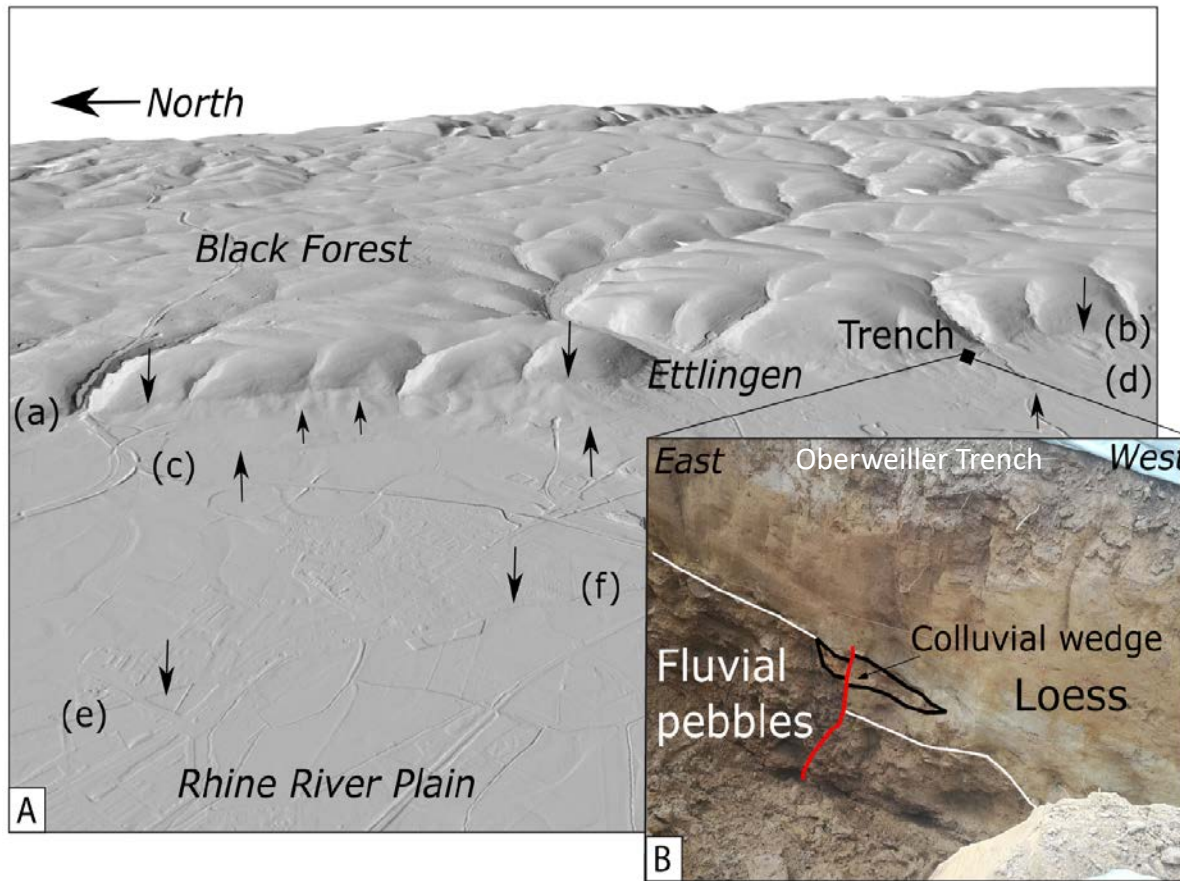
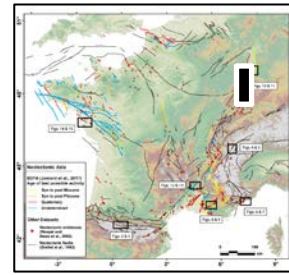


Les données LiDAR permettent de mettre clairement en évidence un mouvement dextre d'âge post-glaciaire le long d'une trace linéaire sur plus de 8 km.

⇒ Datations cosmogéniques ^{10}Be de moraines décalées pour détermination d'une vitesse moyenne sur la période Pléistocène sup-Holocène + Investigations paléosismologiques.

Le Graben du Rhin

Groupe de travail Région 5 – Réf. J. Van der Woerd (M. Meghraoui)



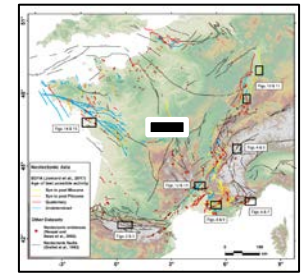
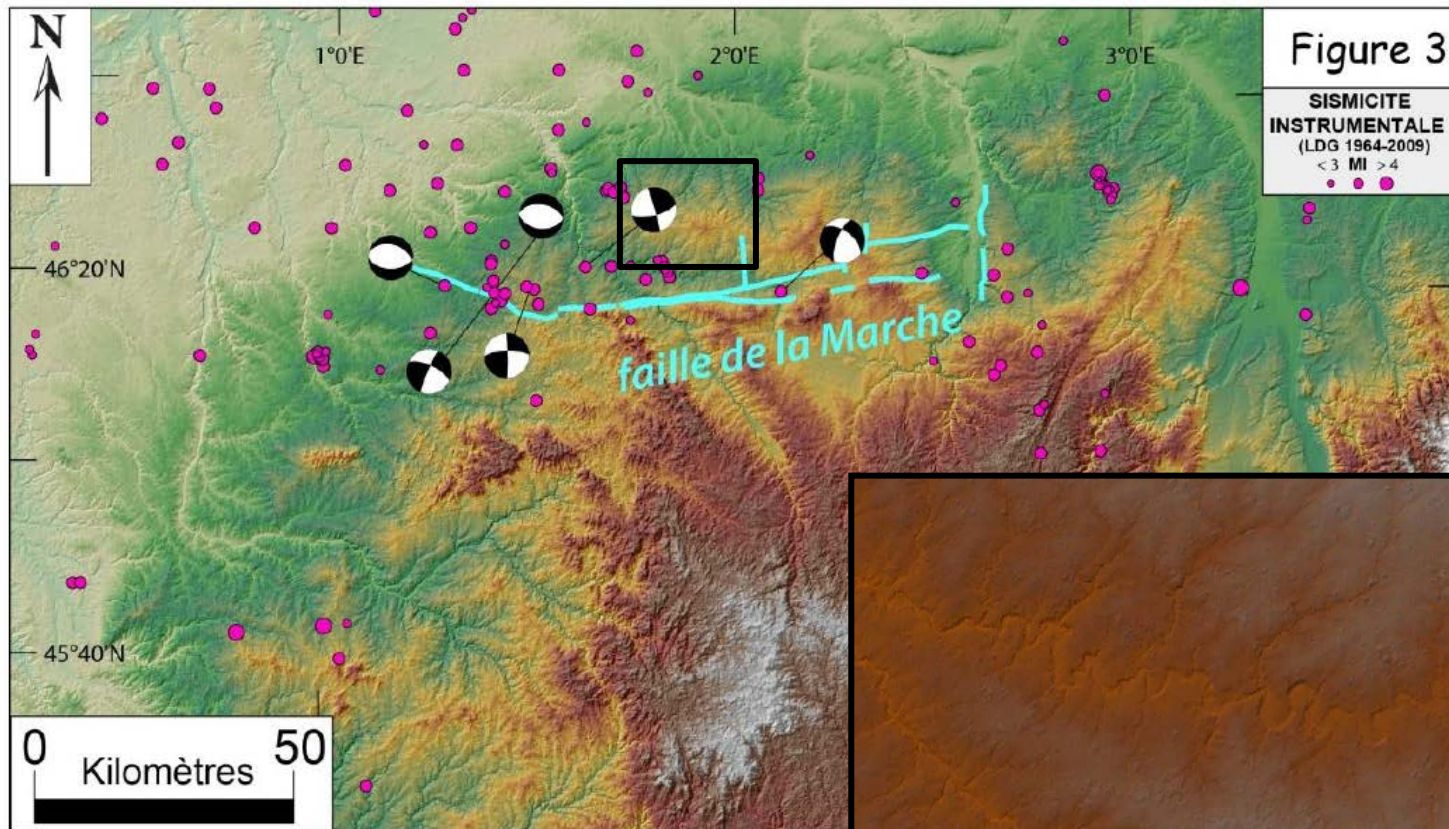
Près de Karlsruhe, les données LiDAR à 1 m de résolution montrent des escarpements parallèles associés à l'escarpement de la faille principale bordant le Graben du Rhin à l'Est, avec décalages du système de drainage Pléistocène.

Des failles affectant les sédiments du Pléistocène sup- Holocène avec glissement oblique suggèrent l'occurrence de rupture de surface datant de moins de quelques dizaines de milliers d'années (Reicherter et al., 2021).

De nouvelles investigations paléosismologiques sont en cours .

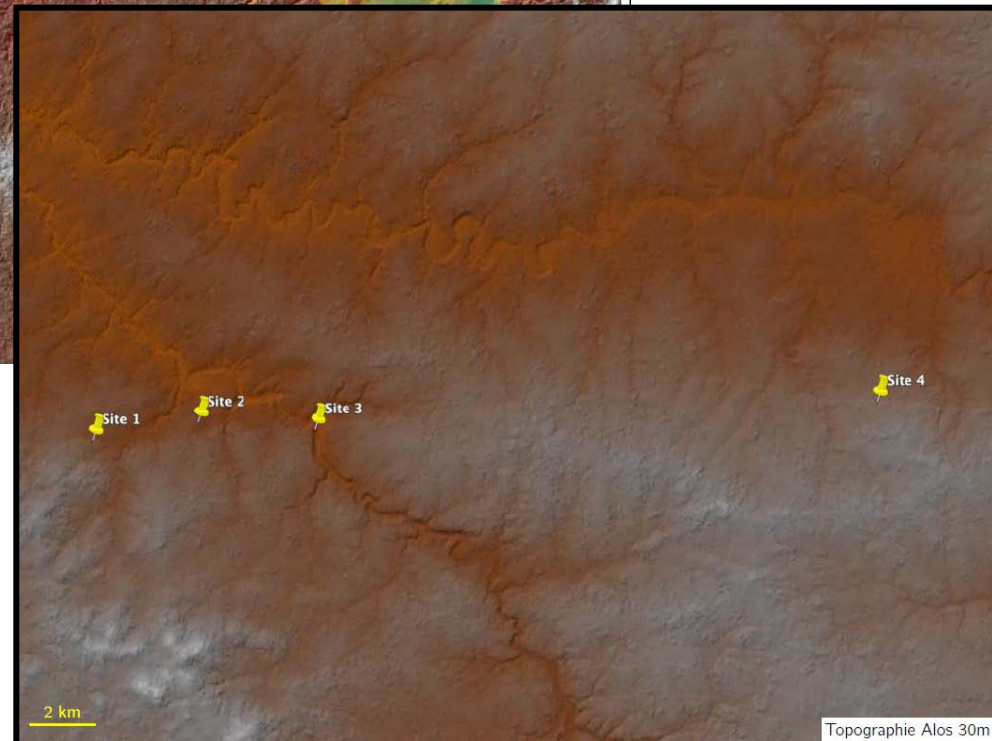
La faille de la Marche

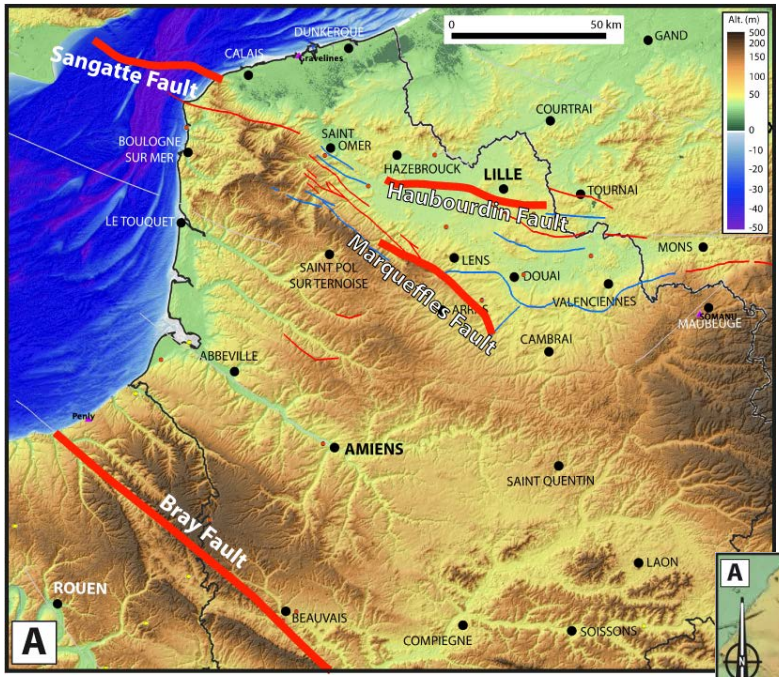
Groupe de travail Région 6 - Réf Y. Gaudemer (Y. Klinger)



La faille de La Marche est considérée comme une faille potentiellement active (BDFa, Jomard et al., 2017). Son activité actuelle est suggérée par les données sismologiques.

Travaux de reconnaissances en cours sur le terrain en vue d'une analyse plus fine (géophysique de sub-surface, paléosismologie).

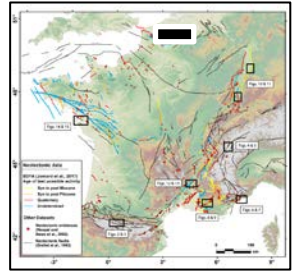




La faille de Haubourdin

Groupe de travail - Région 7

(Ref F. Graveleau)

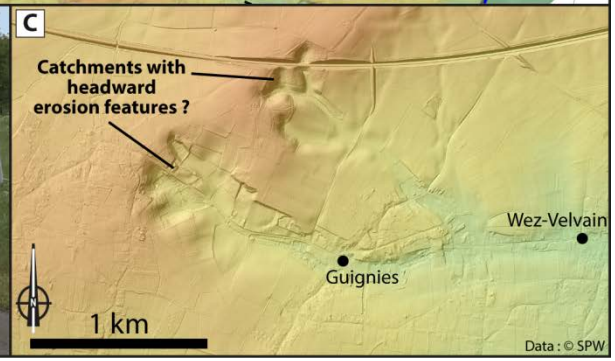
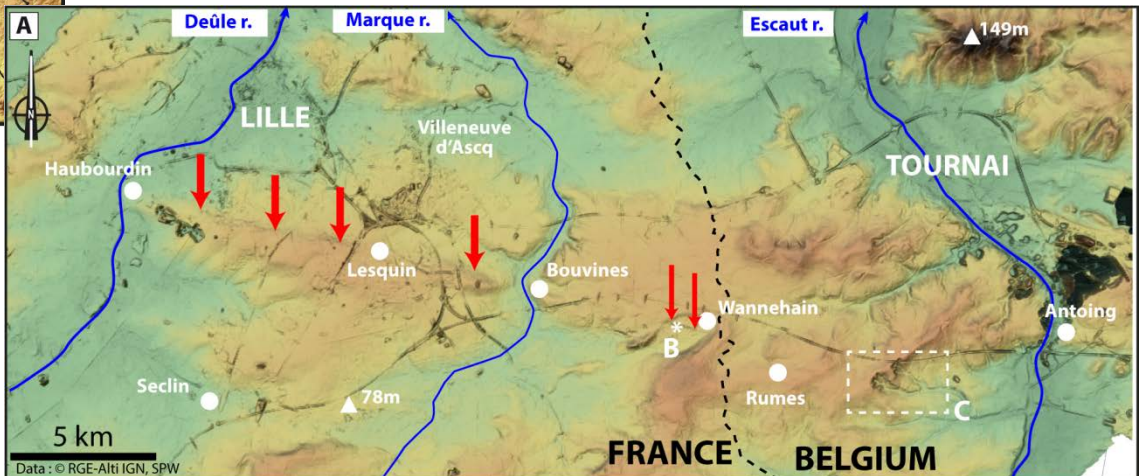


Sismicité historique et instrumentale de le région Nord est faible et éparse: séismes les plus forts sur la structure Weald-Boulonnais-Artois, avec un $M_s \sim 6$, en 1580 dans le détroit de Douvres (faille de Sangatte), et un $M_s \sim 5$, à Lens-Arras en 1896 (Faille des Marqueffles)

Dans ce système, la faille d'Haubourdin est considérée comme une faille potentiellement active au quaternaire (BDAFA, Jomard et al., 2017).

Son activité récente est suggérée par la diminution de l'épaisseur des dépôts fluviaux quaternaires au niveau de la rivière Deûle, et par une succession d'escarpements morphologiques.

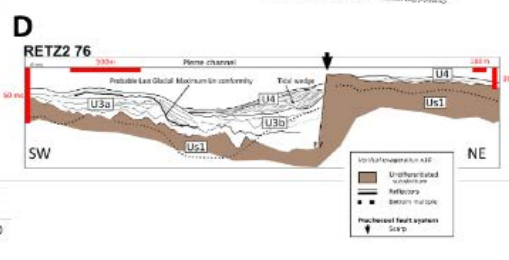
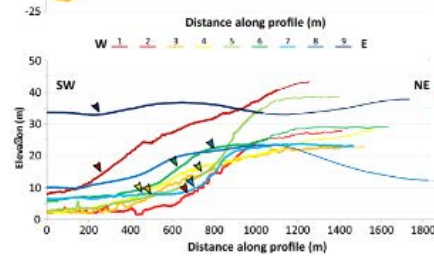
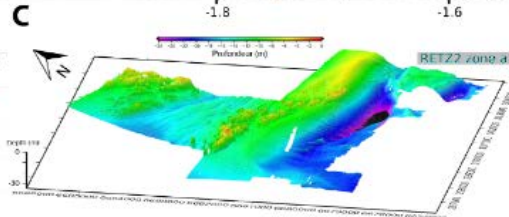
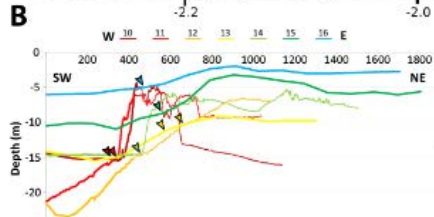
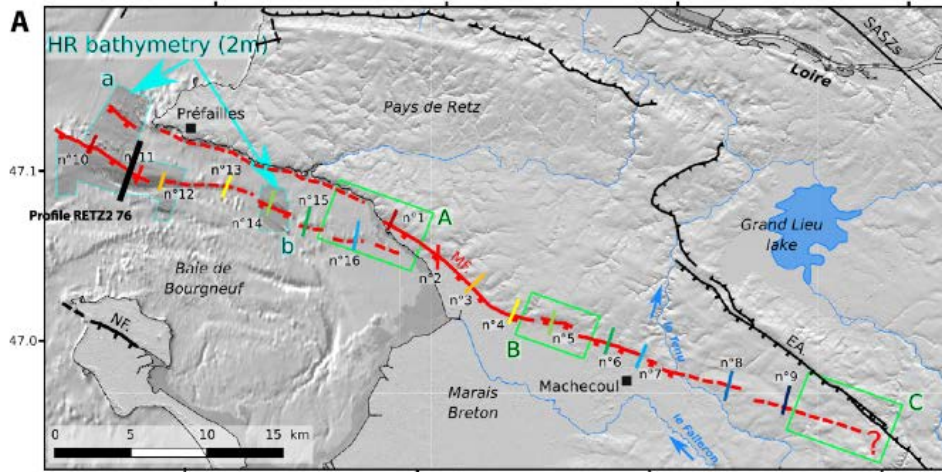
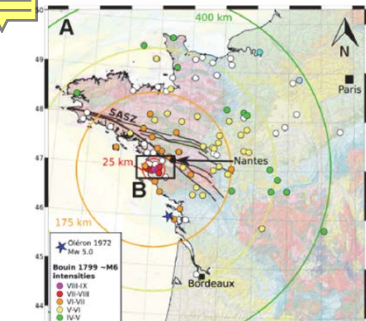
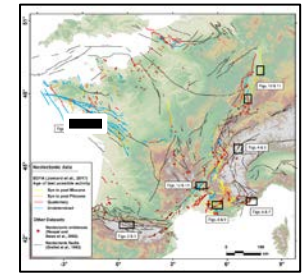
Des analyses de Géophysique de sub-surface sont en cours en vue de futures investigations paléosismologiques.



La faille de Machecoul

Groupe de travail - Région 8 - Réf C. Perrin

L'étude récente de Kaub et al. (2021) illustre l'apport d'une approche multidisciplinaire pour tenter de caractériser la source du séisme de Bouin en 1799 (~M6) l'un des plus forts séismes de France métropolitaine.



- Données de forages à terre et profils sismiques (Le Roy et al. 2016 ; Kaub et al. 2017)
- Données sismiques offshore HR à faible pénétration
- Bathymétrie sonar Geoswath haute résolution.
- Contraintes lithologiques et chrono-stratigraphiques des unités sismiques (variabilité acoustique des faciès) > Ép. unités néogènes et quaternaires.
- Données gravimétriques (BGI)
- Données de forage (BSS) > coupes géologiques et colonnes litho-stratigraphiques
- Analyses des réseaux fluviaux et des profils d'escarpements

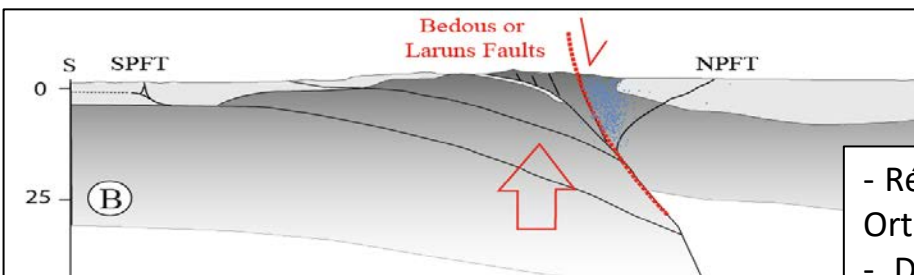
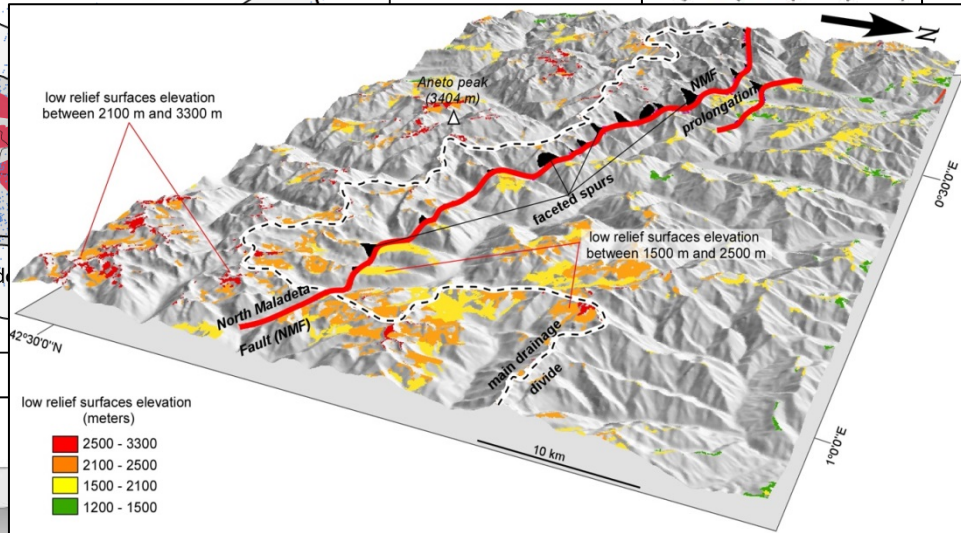
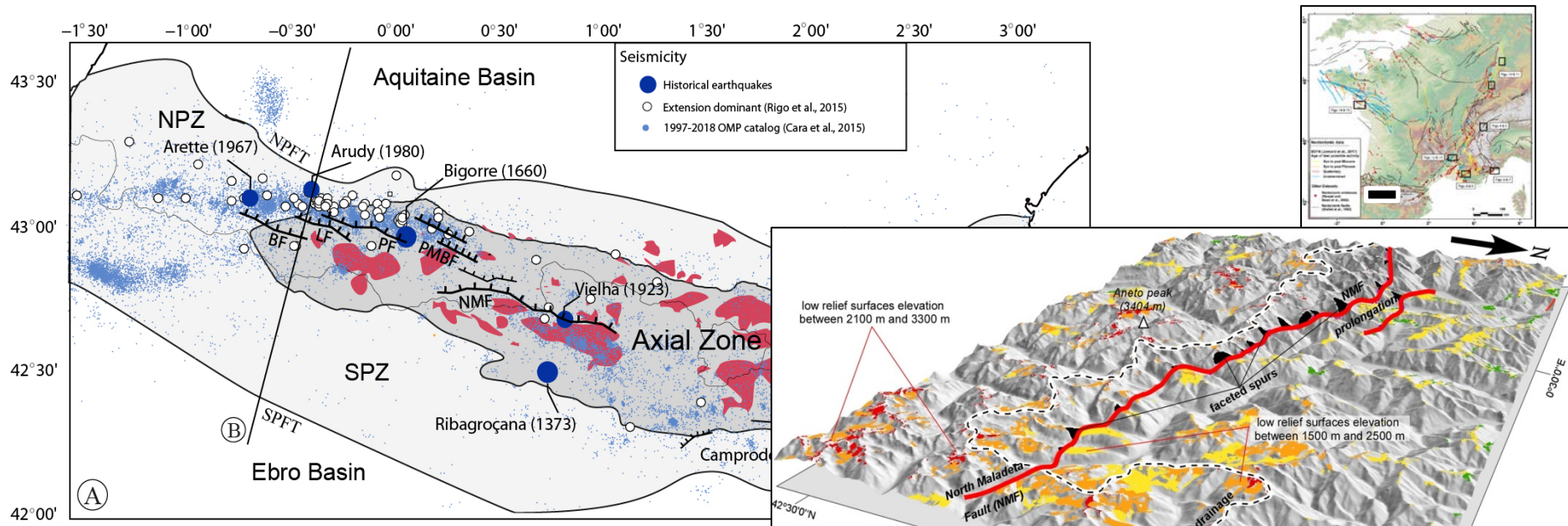


Les observations en mer et à terre suggèrent une activité récente de la faille de Machecoul, qui pourrait bien être la source du séisme de 1799.



Un travail de reconnaissance pour de futures investigations paléosismologiques est en cours.

Le système de failles Maladeta–Bedous - Groupe de travail R9 - Réf P. Lacan & T. Cavailhes



En perspective : analyse LiDAR pour positionnement tranchées . En // analyse enregistrements lacustres.

- Répartition de la sismicité instrumentale et historique (Lacan et Ortuño, 2012)
- Déplacement de surfaces d'érosion de haute altitude d'âge Oligo- Miocène (Ortuño et al., 2008 ; Ortuño et Viaplana-Muzas, 2018),
- Knick points et incision différentielle des vallées et des crêtes (Lacan et Ortuño, 2012 ; Uzel et al., 2019).
- Soulèvement le long de la zone axiale indiquée par les données Insar (Berthelon et al., 2019)



Inversion des anciens chevauchements majeurs



Conclusion

Ce « tour de France » de l'axe FACT montre un large panel de contextes « tectoniques », souvent complexes, probablement contrôlés par différents processus géodynamiques (à différentes échelles)

Les investigations en cours font appel à la fois à des approches classiques et à des techniques nouvelles, mobilisant divers champs d'expertise (géologie, géochronologie, géophysique, géomorphologie, paléosismologie).

Cet effort collectif et mutualisé (BDs, Instruments de mesures, etc..) est une contribution essentielle à l'ATS, avec pour objectifs non seulement d'élaborer de nouveaux modèles d'aléa sismique (appropriés au contexte métropolitain «SCR») mais aussi de comprendre les mécanismes à l'œuvre dans les processus qui contrôlent l'activité des failles en France.

Réunion « Failles Active France » (FACT) – Region 1

« Failles de Nîmes et failles associées » (i.e. failles de Courthézon)

(Mardi 3 et Mercredi 4 Décembre 2019 - Montpellier)

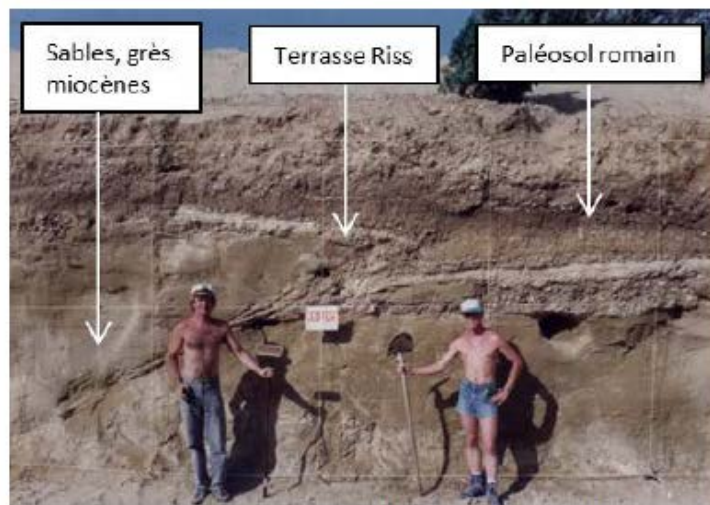
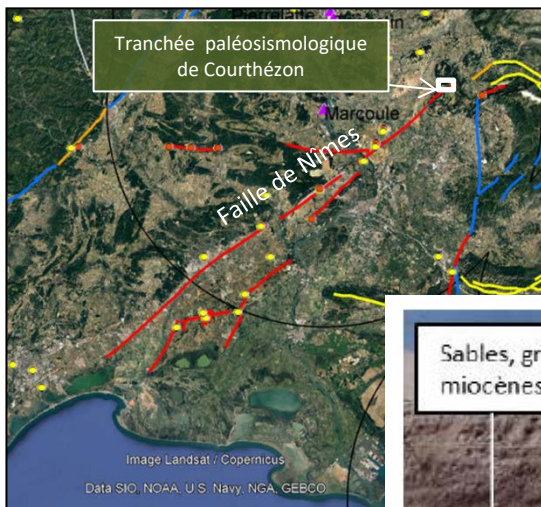


Figure1 (gauche): La tranchée de Courthézon lors de son analyse; (droite) : le 04-12-19

Interprétations possibles après discussions sur le terrain

Failles inverses fonctionnant avec la faille de Nîmes, dans un régime de partitionnement senestre (Nîmes) - inverse (Courthézon).

Failles inverses indépendantes de la faille de Nîmes.

Expression actuelle de la faille de Nîmes (cohérent en terme de cinématique avec le mouvement inverse de la faille de la Rouvière NE-SW lors du séisme du Teil le 11-11-19).



Jeff Ritz (Géosciences Montpellier) | Philippe Combès (Geoter - Fugro, Jacou)
Christophe Larroque (Géoazur, Nice) | Kevin Manchuel (EDF, Aix-en-Provence)
Laurence Audin (ISTerre, Grenoble) | Pierre Arroucau (EDF, Aix-en-Provence)
Oswald Malcles (Géosciences Montpellier) | Beau Withney (Geoter - Fugro, Jacou)
Rozier Hoste Colomer (BRGM, Orléans) | Estelle Hannouz (ISTerre, Grenoble)
Ricardo Vassallo (ISTerre, Grenoble) | Juliette Grosset (Géosciences Montpellier)
Matthieu Ferry (Géosciences Montpellier)
Liz Schermer, USA (visiteur ISTerre)

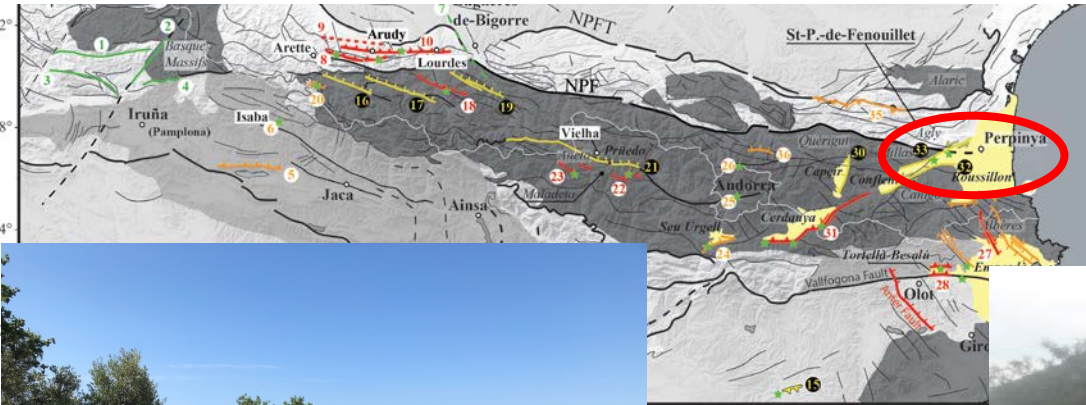
Plusieurs pistes envisagées pour aller plus loin (profils géophysiques de sub-surface UHRS sur le réseau de failles identifiés, analyse paléosismologique de l'escarpement nord), analyse sismique avec résolution plus profonde (manip plus lourde), ..

Region 9 excursion – June 2021

Rejection of the so-called « Caramany » evidence of Quaternary tectonic activity (Neopal Database)



Rejection of the so-called Caramany Quaternary activity evidence (Neopal data base)



Field trip : Têt valley



Potential trench site along the Ille-sur-Tet fault

