

Réponse*

Schlupp A., Clauzon G. et Avouac J.-P.

Dans son commentaire, Maurice Mattauer parodie notre démarche puis soutient que les données géologiques de terrain impliquent que la faille de Nîmes n'a pas joué depuis le Miocène et donc que notre étude est sans intérêt. Les arguments avancés nous paraissent irrecevables et il ne nous paraît pas raisonnable de prétendre sur ces bases un rejeu nul depuis le Messinien. On ne peut postuler qu'une faille est inactive uniquement sur la base de données superficielles locales et limitées. Avec ce type d'argument on pourrait déclarer que certains segments de la faille de San Andreas sont inactifs car, souvent, il est extrêmement difficile, voire impossible, de l'observer dans les affleurements, les dépôts proches étant là aussi non déformés. Il nous semble donc plus prudent de considérer que la faille de Nîmes compte effectivement parmi les failles actives potentielles de la région, mais que sa vitesse de glissement est très faible (inférieure à 0.1mm/an).

Rappelons la ligne directrice de notre propos :

1) La faille de Nîmes est considérée comme l'une des failles actives majeures du Sud-Est [Combes, 1984 ; Sauret et Terrier, 1990 ; Grellet *et al.*, 1993 ; Combes *et al.*, 1993 ; Carbon *et al.*, 1993 ; Ghafiri, 1995 ; Sébrier *et al.*, 1997 ; Baroux, 2000]. Les arguments, certes discutables, reposent notamment sur la sismicité historique, l'observation des déformations pléistocènes considérées cosismiques à Courthézon [Pasqual, 1978 ; Combes, 1984 ; Combes *et al.*, 1993], l'observation d'une déformation de la surface de planation burdigalienne bien plus importante à l'est qu'à l'ouest de la faille de Nîmes [Combaluzier, 1932 ; Champion *et al.*, 2000]. Nous signalons en outre les trous de lithophages pliocènes surélevés sur la barre de Roquemaure qui suggèrent aussi une activité tectonique post-Messinien à proximité de la faille de Nîmes.

2) Nous avons ensuite étudié de façon détaillée la géologie locale (bibliographie et terrain) à la recherche de marqueurs potentiels des déformations récentes. Cette étude régionale a permis de prouver, grâce aux profils sismiques que nous avons réalisés, la présence d'une ria d'âge messinien, sans doute creusée par un paléo-affluent du Rhône, qui constitue un excellent marqueur pour estimer le mouvement cumulé depuis le Messinien, qu'il soit nul ou non.

3) Nous avons cherché à caractériser la géométrie de ce marqueur par des méthodes géophysiques pour estimer son décalage éventuel au travers de la faille de Nîmes. Les mesures ont été réalisées de part et d'autre du tracé de la faille de Nîmes tel que proposé dans les études antérieures [Monjuvent *et al.*, 1991], tracé qui nous a paru cohérent avec notre analyse du terrain. Il ressort que le bord sud du canyon peut être suivi au travers de la faille et est décalé de 440 m ce qui pourrait avoir résulté du rejeu de la faille

(même si nous n'excluons pas une géométrie en partie d'origine non tectonique). Nous concluons que le rejeu post-Messinien est modeste, 440 m au maximum. Un rejeu bien inférieur à 500 m **reste** une hypothèse possible qui nous paraît cependant improbable.

Nous répondons ci-après plus précisément à certains points soulevés par M. Mattauer.

– Nous n'avons jamais prétendu que la surface taraudée de trous de pholades et évoquée par M. Mattauer correspondrait au plan de la faille de Nîmes. D'ailleurs, le tracé proposé ne la longe pas (cf. figure jointe). Cet affleurement est donc inapproprié pour considérer la faille comme « inexistante ».

– Seuls quelques affleurements de Miocène, dont certains ont été mis au jour à la faveur de récents travaux de terrassement, sont visibles aux abords de la surface d'érosion miocène au niveau de Sauveterre. Cependant, on ne peut suivre aucun affleurement de taille notable au niveau du tracé supposé de la faille de Nîmes. Les « beaux affleurements du village de Sauveterre » évoqués par M. Mattauer sont de taille métrique, très dispersés et non continus (ce village est construit sur le flanc du relief, totalement urbanisé). Aussi, cet argument est lui aussi de fait inapproprié pour considérer la faille comme « inexistante ». S'il est clair que l'absence d'affleurement en surface ne permet pas de considérer la faille comme « existante », cela ne permet pas non plus de considérer cette faille comme « inexistante ». Ce point est discuté dans notre article. Notez que si les affleurements de surface avaient permis de répondre à la question initiale, nous aurions fait l'économie de nos prospections géophysiques.

– Nous admettons que la cartographie de la faille est difficile à préciser. Nous nous sommes donc ralliés à la géométrie proposée dans les études antérieures [e.g. Carte BRGM Monjuvent *et al.*, 1991]. Il nous paraît difficile d'argumenter un tracé significativement différent de sorte que cette imprécision est sans dommage pour l'étude. Notons que sur le profil sismique « Bord du Rhône » la position de la faille est visible et correspond au tracé proposé.

– Le document fourni (fig. 7) est une « carte des isobathes du substratum » (bien qu'il ait souffert d'une erreur informatique signalée plus loin et corrigée sur la figure jointe à la réponse faite à M. Séranne) et résulte non seulement des résultats de sondages par la mesure du bruit de fond microsismique mais aussi des profils sismiques [Schlupp *et al.*, 2001]. L'ensemble de nos données est présenté (notez l'absence de la reconstitution de Maurice Mattauer) et cette image, où la partie que nous avons interpolée est différenciée de la partie mesurée, tient compte de toutes les informations disponibles. Une reconstitution en n'utilisant

*Réponse reçue le 16 mai 2002.

qu'une partie des données amène à des aberrations fondamentales (écoulement vers l'est comme proposé par Séranne [2002] alors que les profils sismiques réalisés montrent sans ambiguïté un écoulement vers l'ouest). Il est vrai qu'au passage de la faille de Nîmes, dont le tracé n'a pas été contraint par nos mesures géophysiques contrairement à ce qui est indiqué par M. Mattauer, le bord de la vallée messinienne n'a plus une géométrie régulière et continue car elle y est décalée de 440 m. Notez que les épaisseurs déduites par la méthode de Nakamura ne représentent pas uniquement le faible dépôt quaternaire (comptentaire de M. Mattauer) mais aussi l'important remplissage pliocène [Schlupp *et al.*, 2001].

Nous confirmons les conclusions de notre note à savoir que le décalage observé correspond à un rejeu tectonique **maximum** et rejetons les arguments de M. Mattauer en faveur d'un rejeu post Miocène nul. Notons que cette étude est la seule tentative de quantification effectuée sur cette faille, la limite supérieure de ce mouvement étant à elle seule une donnée unique et capitale pour toute estimation d'aléa sismique dans la région. D'autre part, la preuve indiscutable de la présence d'un paléo-affluent d'âge messinien dans le secteur et traversant la faille de Nîmes et l'exploitation de ce type de marqueur en tectonique est un des apports fondamentaux de notre étude.

N. B. :

Signalons qu'une erreur informatique a conduit à un décalage vers le sud de quelques millimètres de son tracé sur la figure 7. De même le flanc du paléo-canyon est interpolé et non observé à la verticale du Rhône (couleurs atténuées). La figure reproduite ici a été corrigée. En outre, nous signalons une erreur typographique dans l'expression de la formule de Nakamura (annexe) qui s'écrit en fait :

$$R_{H/V} = \frac{\sqrt{(S_T^2 + S_R^2)}}{S_Z}$$

Références

- BAROUX E. (2000). – Tectonique active en région à sismicité modérée : le cas de la Provence (France). Apport d'une approche pluridisciplinaire. – Thèse de doctorat, Univ. Paris XI Orsay, 327 p.
- CARBON D., COMBES P., CUSHING M. & GRANIER T. (1993). – Enregistrement d'un paléoséisme dans des sédiments du Pléistocène supérieur dans la vallée du Rhône : quantification de la déformation – *Géol. Alpine*, **69**, 33-48.
- CHAMPION C., CHOUKROUNE P. & CLAUZON G. (2000). – Déformation post-miocène en Provence occidentale. – *Geodin. acta*, **13**, 2-3, 67-85.
- COMBALUZIER C. (1932). – Le Miocène de la Basse-Provence – *Bull. Serv. Carte. Géol. Fr.*, **182**, 1-183.
- COMBES P. (1984). – La tectonique récente de la Provence occidentale : microtectonique, caractéristiques dynamiques et cinématiques. Méthodologie de zonation tectonique et relations avec la sismicité – Thèse de 3^e cycle, Univ. Louis Pasteur. Strasbourg, 182 p.
- COMBES P., CARBON D., CUSHING M., GRANIER T. & VASKOU P. (1993). – Mise en évidence d'un paléoséisme pléistocène supérieur dans la vallée du Rhône : implications sur les connaissances de la sismicité de la France – *C. R. Acad. Sci.*, **317**, II, 689-696.
- GHAFFIRI A. (1995). – Paléosismicité de failles actives en contexte de sismicité modérée : application à l'évaluation de l'aléa sismique dans le Sud-Est de la France – Thèse, Université Paris XI Orsay. 400 p.
- GRELLET B., COMBES P., GRANIER T. & PHILIP H. (1993). – Sismotectonique de la France métropolitaine dans son cadre géologique et géophysique, IPSN, GEO-TER, Université de Montpellier II et IPG de Strasbourg. – *Mém. Soc. géol. Fr.*, **164**, 76 p.
- MONJUVENT G., MASSE P. J., BALLESSIO R., MASSE J. P., ALABOUVETTE B., BLAVOUX B., DUPIAS G., GRANIER J. & PHILIP J. (1991). – Carte géologique de la France à 1/50 000 – Notice explicative de la feuille 940, 91p : Avignon. – 2^e édition. – BRGM, Orléans.
- PASQUAL G. (1978). – Présence d'une faille à rejeu quaternaire au Cellier des Princes, Courthézon (Vaucluse). – *Géol. Médit.*, **5**, 3, 325-326.
- SAURET B. & TERRIER M. (1990). – Place de la néotectonique dans l'évaluation de l'aléa sismique : exemple de la Provence (France). – *Géol. Alp., Mém. H.S.*, **15**.
- SÉBRIER M., GHAFFIRI A. & BLES J.-L. (1997). – Paleoseismicity in France : fault trench studies in a region of moderate seismicity. – *J. Geodyn.*, **24**, 1-4, 207-217.
- SERANNE M. (2002). – Commentaire sur l'article : mouvement post-messinien sur la faille de Nîmes par Schlupp *et al.*, 2001. – *Bull. Soc. géol. Fr.*, **173**, 6, 589-591.

