GEOTER
POLE GEO-ENVIRONNEMENT
3, rue Jean Monnet
34830 Clapiers - France
Tél : + 33 (0)467591811
Fax : + 33 (0)467591824
Email : geoter@geoter.fr
Site Web : http://www.geoter.fr

ACTUALISATION DES CONNAISSANCES RELATIVES AUX FAILLES DE LA COMMUNE DE MEYRARGUES

Impact pour la révision du Plan de Prévention des Risques

Nature du Document :	**Référence Document :**
Rapport final révisé	Rapport GTR/MEY/1109-307 Rev1

Révisions

Ind.	Date	Modifications
0	10 Juillet 2006	Emission initiale du rapport final
1	23 Novembre 2009	Emission du rapport final révisé tenant compte des remarques du BRGM (notes du 19/02/2008 et du 07/11/2008)

Client : **Mairie de Meyrargues**	*Nature du document :* **RAPPORT FINAL REVISE**	*Identification :* **GTR/MEY/1109-307 Rev1**	
Destinataire : **Monsieur le Maire**	*Archivage GEOTER (texte et figures) :* Serveur\affaire\2009\4509	*Date d'origine :* 10 Juillet 2006	*Nombre de pages :* 61 p. plus annexes

TITRE RAPPORT :

ACTUALISATION DES CONNAISSANCES RELATIVES AUX FAILLES DE LA COMMUNE DE MEYRARGUES

Impact pour la révision du Plan de Prevention des Risques

Réalisation :

GEOTER

Pôle Géoenvironnement
3, rue Jean Monnet
34830 Clapiers

Tel.: 04-67-59-18-11
Fax: 04-67-59-18-24
Email: geoter@geoter.fr
Web site : www.geoter.fr

Contrat : n° CC MAPA 04-2006

Du 17 Mai 2006

Approbation CLIENT :
Messieurs Raymond BRUN et Fabien TRINCI
Mairie de Meyrargues
Hôtel de Ville, Avenue d'Albertas
13 650 MEYRARGUES

Ce document est propriété du client et ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation

Date	Rédacteurs	Vérificateur	Approbateur
23 Novembre 2009	Ph. COMBES, Ch. MARTIN, D. CARBON, R. SECANELL	Ch. MARTIN	B. GRELLET
Visas			

PREAMBULE

Contexte de la demande :

La commune de Meyrargues est située en zone II de sismicité, la plus forte du territoire national métropolitain (zone 2b du nouveau zonage sismique de la France, décembre 2005). Ceci justifie qu'elle ait été parmi les premières communes des Bouches-du-Rhône à être dotée d'un Plan d'Exposition aux Risques (PER) sismique, réalisé en 1991, transformé depuis en Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles (PPR). D'après le site Internet (http://www.prim.net) du Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (MEDAD), ce document a été prescrit le 28/08/1990 et soumis à enquête le 29/12/1995. Ce PPR est opposable aux tiers par arrêté préfectoral du 09 avril 1996.

Le plan de zonage du PPR identifie des zones rouges de contraintes fortes vis-à-vis de l'aménagement, inconstructibles, justifiées par :

- *Une forte exposition au risque de mouvements de terrain,*
- *Une forte exposition au risque de ruptures en surface liées à des failles considérées actives, identifiées sur le territoire de la commune (prolongement du système de failles NE-SW de la Moyenne Durance).*

Au sein d'une zone rouge, tous travaux (sauf d'entretien et de gestion), constructions, installations et activités sont interdits [...] (cf. Titre II du PPR de Meyrargues).
Le PPR rappelle que c'est une servitude d'utilité publique opposable à tous les actes individuels (certificats d'urbanisme, permis de construire, permis de lotir, etc.).

Le plan de zonage et le règlement du PPR sismique indiquent plusieurs bandes de neutralisation liées à l'emprise de failles considérées comme actives et qui rendent inconstructibles les terrains situés dans ces zones. Ces bandes ont une largeur de 50 m de part et d'autre du tracé des failles, lorsque celles-ci sont bien identifiées, et de 100 à 200 m lorsque le tracé est supposé.

Le gel des terrains à la construction, contraint fortement la politique d'aménagement et de développement de la commune de Meyrargues, notamment autour des tracés des deux segments de failles NNE-SSW situés à proximité du secteur urbain (Figure A 1).

Ces contraintes paraissent fortes en regard de l'état des connaissances, d'une part sur le tracé de ces failles et d'autre part sur l'activité sismique qui peut leur être associée.

C'est pourquoi la commune de Meyrargues a souhaité :

- *Entreprendre une actualisation des connaissances et arguments qui ont conduit à définir des zones de failles actives dans le PER en 1991, et reprises dans le PPR ;*

- *Disposer d'un argumentaire permettant aux services de l'Etat d'engager une révision du plan de zonage réglementaire.*

Contexte de la révision de ce rapport :

*Ce document est intégré en **annexe 1 du rapport GTR/DDE13/1109-713** portant sur l'actualisation des études techniques en vue de la révision du PPR sismique et mouvements de terrain de la commune de Meyrargues. Il s'agit de la révision du rapport final transmis en Juillet 2006 à la Mairie de Meyrargues. Cette révision fait suite à l'expertise réalisée en 2008 par le BRGM et tient compte des remarques émises par les auteurs et exposées en réunion (note du 19 Février 2008 N/Ref. ARN/RIS/MT/08.091, réunion du 05 Novembre 2008 en Mairie de Meyrargues et note du 07 Novembre 2008 N/Ref. ARN/RIS/08-453).*

Ce rapport est constitué de 2 parties :

- Une synthèse sur l'actualisation des connaissances qui présente la méthodologie du diagnostic des failles recensées et les principaux résultats obtenus pour la prise en compte ou non des différents segments de failles de la Moyenne Durance dans le PPR de Meyrargues. Des recommandations sont proposées en conclusion ;

- Une annexe qui présente, au travers de fiches descriptives, une analyse détaillée des connaissances sur le tracé et l'activité de chaque segment du système de failles. Elle détaille les contrôles terrain réalisés dans les zones de tracés.

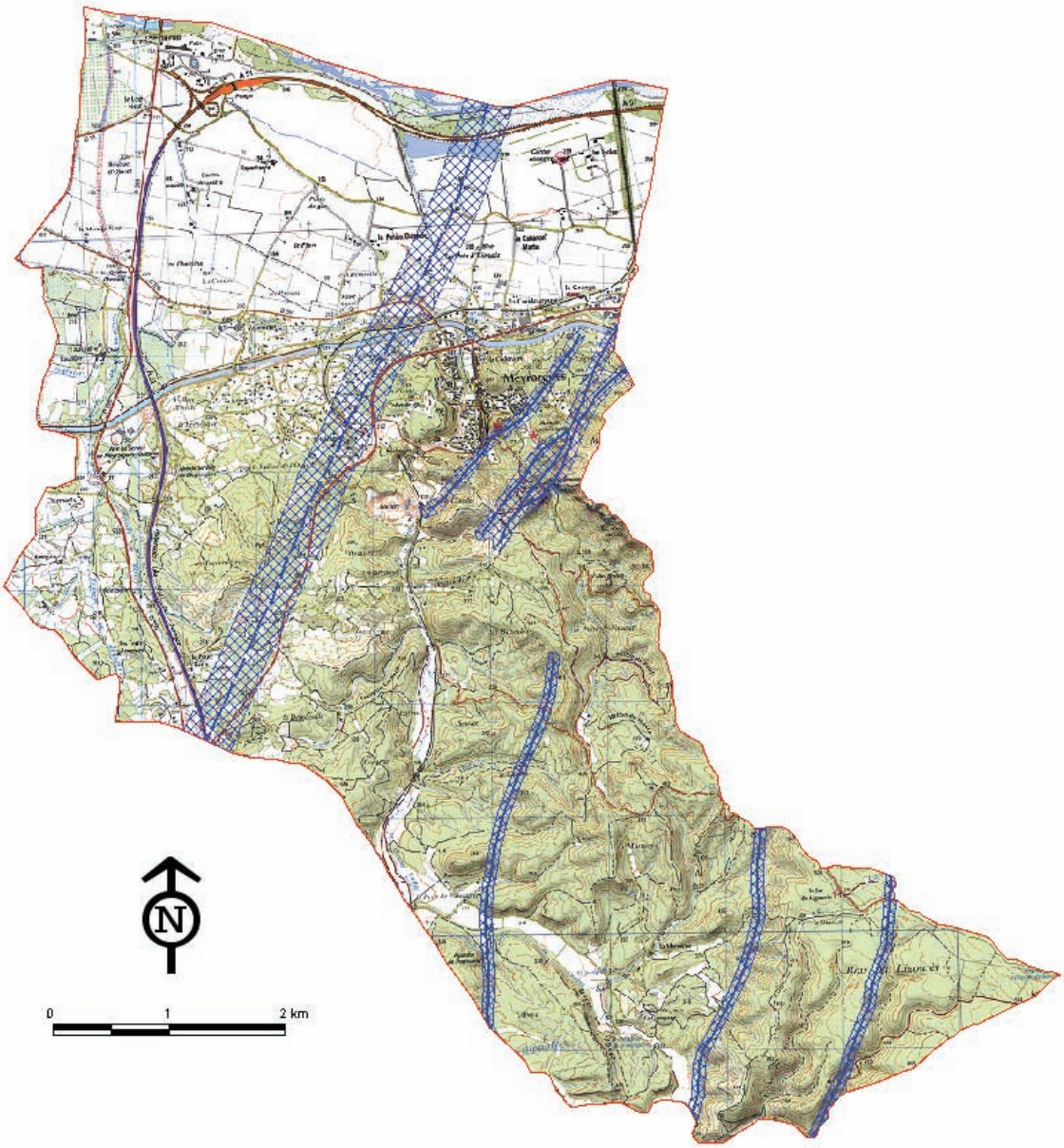


Figure A 1 : Report sur fond de carte IGN du tracé des failles et de leur bande de neutralisation de la carte du PER/PPR de 1991 de la commune de Meyrargues

La synthèse sur les tracés du système de faille de la Durance (présent rapport) a bénéficié des publications récentes du Bureau d'Evaluation du Risque Sismique pour la Sûreté des Installations Nucléaires de l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN-BERSSIN), du CEREGE (Aix-Marseille) et du BRGM (Marseille) par l'intermédiaire des travaux pilotés par MM. M. CUSHING, O. BELLIER et Mme M. TERRIER, que nous remercions pour nous avoir facilité l'accès aux informations (cf. documents cités en bibliographie).

SOMMAIRE

1. Objet de l'étude 9

2. Méthodologie mise en œuvre 16

3. Données d'entrée 16

4. La Faille de la Durance dans le PER/PPR de Meyrargues 19

4.1 Réglementation et faille de la Durance dans le PER (PPR) de Meyrargues 19

4.2 L'origine du tracé de la faille active de la Durance (segment méridional) dans le PER de Meyrargues 20

4.3 Bande de neutralisation pour les failles du PER de Meyrargues 21

5. Le tracé 2003/2005 proposé par M. Cushing (IRSN) et O. Bellier (CEREGE) 22

5.1 Localisation des segments de failles au niveau de la commune de Meyrargues en 2003 24

5.2 Qualité de la connaissance sur la présence des failles et « bande d'incertitude » sur la localisation 25

5.3 L'apport des travaux 2005 pour affiner le tracé des segments de failles au niveau de la plaine de la Durance (communes de Meyrargues et de Peyrolles) 25

6. Analyse des tracés retenus dans la synthèse BRGM (Terrier M., 2004/2006) et confrontation aux données disponibles 29

6.1 Cartographie de l'extrémité Nord de la faille d'Aix, relation avec la faille de la Moyenne Durance 30

6.2 Terminaison Ouest du chevauchement du Concors 30

7. Les points de contrôle permettant d'affiner la localisation des segments du système de failles de la Moyenne Durance à Meyrargues 32

7.1 Exploitation des informations géologiques et géotechniques existantes (travaux EDF de 1959-1962 le long du canal et d'ESCOTA en 1982 le long de l'A51) 32

7.2 Exploitation des données géologiques existantes et contrôle structural sur le terrain des segments de failles du PPR 34

8. Caractérisation de l'activité sismique potentielle des segments du système de failles de la Moyenne Durance 37

8.1 Les évidences de paléoséismes 37

8.2 Caractérisation de l'activité tectonique des failles par les marqueurs géologiques et géomorphologiques 37

8.3 Segmentation du système de failles de la Durance 38

9. Segments de faille restant à considérer sur la commune 41

9.1 Segments de faille non retenus 41

9.2 Segments de failles restant à considérer et pour lesquels l'aléa rupture en surface doit être précisé 41

9.3 Synthèse sur l'appréciation des connaissances relatives aux failles actives de la commune de Meyrargues 42

10. Caractérisation de l'activité par exploitation des données de sismicité 45

10.1 Données de sismicité 45
10.2 Principe de la méthode : probabilité qu'un séisme engendre une rupture de surface 47
10.3 Paramètres des lois de distribution et périodes de retour obtenues 50

11. Evaluation du niveau de l'aléa « rupture de surface » 52

11.1 Impact sur la réglementation associée aux segments de faille 53

12. Conclusion – Recommandations 54

12.1 Failles actives restant à considérer sur le territoire communal 54
12.2 Recommandation 1 55
12.3 Recommandation 2 55
12.4 Recommandation 3 57

13. Références bibliographiques consultées 58

ANNEXE 1 : FICHES D'OBSERVATIONS DE TERRAIN

LISTE DES FIGURES

FIGURE A 1 : REPORT SUR FOND DE CARTE IGN DU TRACE DES FAILLES ET DE LEUR BANDE DE NEUTRALISATION DE LA CARTE DU PER/PPR DE 1991 DE LA COMMUNE DE MEYRARGUES 5

FIGURE A 2 : CONTEXTE SISMOTECTONIQUE DE LA REGION DE LA MOYENNE DURANCE ET SITUATION DE LA COMMUNE DE MEYRARGUES 10

FIGURE A 3 : ZONE DE RELAIS DE FAILLES ENTRE LE SYSTEME DE FAILLES DE LA MOYENNE DURANCE ET LA FAILLE D'AIX-EN-PROVENCE AU SUD : SYNTHESE BRGM (2004/2006) 11

FIGURE A 4 : TRACE DES FAILLES ET DE LEUR « BANDE DE VOISINAGE IMMEDIAT » SUR LA COMMUNE DE MEYRARGUES, D'APRES LE PLAN DE ZONAGE DU PLAN D'EXPOSITION AUX RISQUES NATURELS (RAPPORT BRGM, CETE, MAI 1991). 14

FIGURE A 5 : FAILLES CARTOGRAPHIEES SUR LA CARTE GEOLOGIQUE DE PERTUIS (1/50 000) ET CONSIDEREES DANS LE PER/PPR DE MEYRARGUES 15

FIGURE A 6 : CARTE DU TRACE EN SURFACE DE LA FAILLE DE LA MOYENNE DURANCE ENTRE BEAUMONT-DE-PERTUIS ET VENELLES : ETAT DES LIEUX EN 2003 D'APRES L'IRSN-CEREGE 23

FIGURE A 7 : TRACE DE LA FAILLE DE LA MOYENNE DURANCE (FMD) DANS LE SECTEUR DE MEYRARGUES D'APRES L'IRSN (2003) 26

FIGURE A 8 : TRAITEMENT DE L'INCERTITUDE SUR LE TRACE IRSN – EXEMPLE D'UN PROFIL GEOELECTRIQUE EST-OUEST REALISE DANS LA VALLEE DE LA DURANCE ET RECOUPANT LA FAILLE DE LA MOYENNE DURANCE (D'APRES CUSHING ET AL., 2005) 27

FIGURE A 9 : TRAITEMENT DE L'INCERTITUDE SUR LE TRACE IRSN – EXEMPLE D'UN PROFIL GEOELECTRIQUE EST-OUEST REALISE DANS LA VALLEE DE LA DURANCE ET RECOUPANT LA FAILLE DE LA MOYENNE DURANCE (D'APRES CUSHING ET AL., 2005) 28

FIGURE A 10 : TRACE DES FAILLES ET DE LEUR « BANDE DE VOISINAGE IMMEDIAT » SUR LA COMMUNE DE MEYRARGUES, D'APRES LE PLAN DE ZONAGE DU PLAN D'EXPOSITION AUX RISQUES NATURELS » (RAPPORT BRGM/CETE, MAI 1991) ET LES ETUDES IRSN/CEREGE (2002/2005) 31

FIGURE A 11 : ZONAGE ET SEGMENTATION DU SYSTEME DE FAILLES ACTIVES DE LA MOYENNE DURANCE 49

FIGURE A 12 : SEGMENTS DE FAILLES ORGANISES EN FAISCEAU A CONSIDERER DANS LE PPR DE MEYRARGUES 56

ACTUALISATION DES CONNAISSANCES RELATIVES AUX FAILLES DE LA COMMUNE DE MEYRARGUES

Impact pour la révision du Plan de Prévention des Risques

1. Objet de l'étude

Un contexte favorable à la révision du PPR sismique

La commune de Meyrargues se situe dans une zone de relais entre deux grands accidents géologiques composant le système de failles Aix-Moyenne Durance :

- La faille de la Moyenne Durance au Nord (FMD), siège des plus forts séismes destructeurs historiques (Figure A 2) ;
- La faille d'Aix-en-Provence au Sud qui apparaît beaucoup moins active.

Entre ces deux principaux systèmes de failles, des tracés alternatifs sont apparus dans les résultats des études spécifiques réalisées au cours des 15 dernières années (Figure A 3).

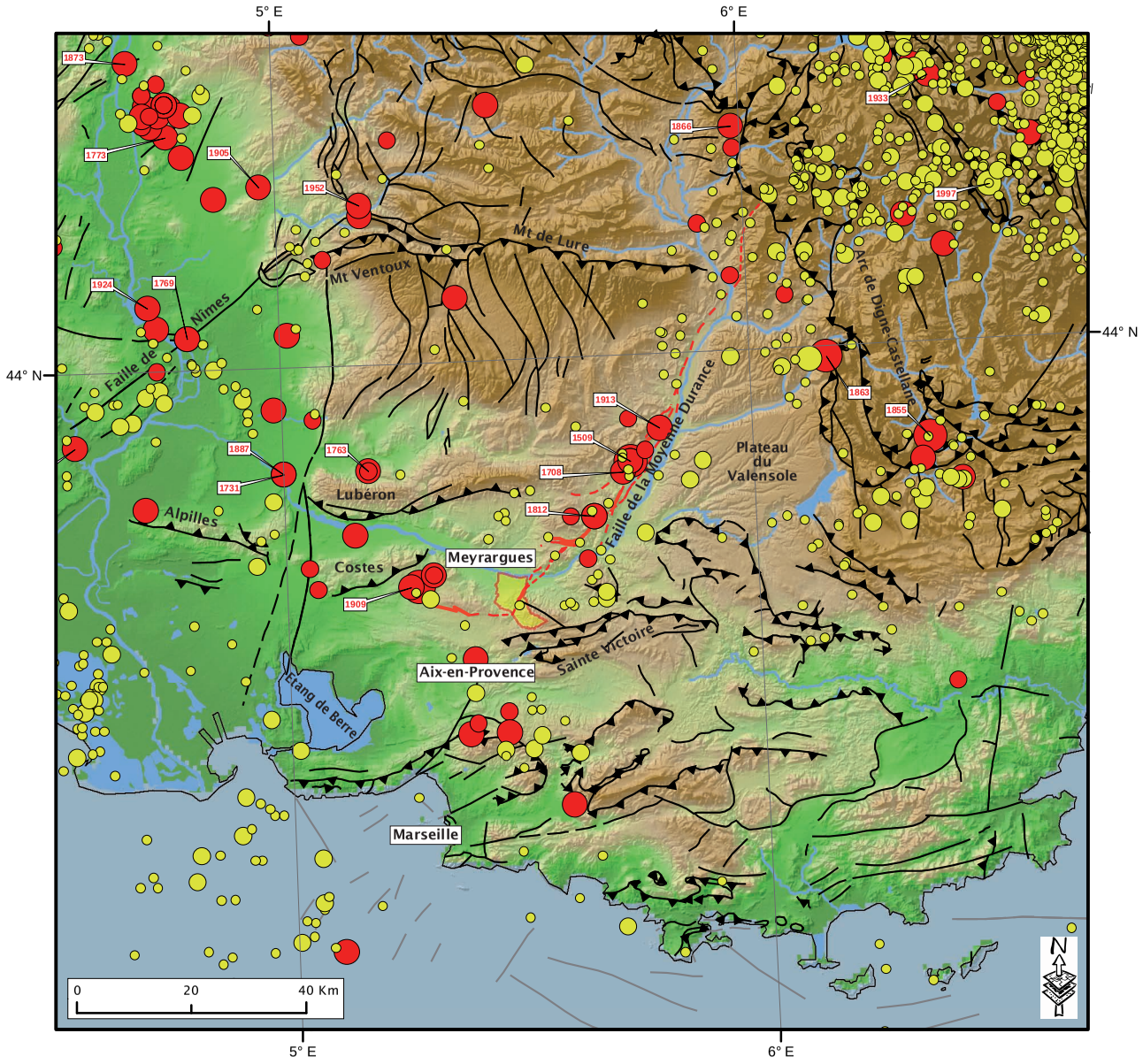
Plusieurs éléments et faits nouveaux justifient une révision du PPR, qui s'appuie sur des travaux antérieurs à 1991 :

1. La compréhension du système de faille de la moyenne Durance a évolué à la faveur de travaux de la dernière décennie, tant sur la connaissance du tracé en surface des segments de failles que de leur activité (Thèses E. Baroux, 2000; travaux de P. Guignard (2002/2005), travaux de GEOTER (Combes *et al.,* 2001/2003), travaux de l'IRSN (e.g. Cushing *et al.,* 2007), du CEREGE (2003/2007), du BRGM (Terrier *et al.,* 2002/2006), et travaux en cours sous l'impulsion du CEA Cadarache à travers le programme d'étude Cashima[1]… ;
2. Les méthodologies d'évaluation de l'activité des failles ont largement évolué pendant cette dernière décennie permettant aujourd'hui d'approcher beaucoup plus finement la notion d'activité des failles et de la relativiser (guide pour la réalisation des PPR sismiques, (DDPR/SDRM, 2002), groupe de travail failles actives de l'AFPS) ;
3. Une prise de conscience générale des différents acteurs intervenant dans la définition et la prise en compte des risques dans l'aménagement du territoire (DDE, DIREN, MEDD, Préfectures, ingénieurs du génie parasismique, etc..), sur les difficultés d'application réglementaire et sur les nécessaires ré-évaluations à engager au regard de ces nouvelles données, en particulier lors de la transformation de PER en PPR ;

[1] 1 Cashima : programme de veille et d'acquisition de connaissances pour conforter la connaissance de l'aléa sismique des installations de Cadarache.

Contexte sismotectonique de la région de la Moyenne Durance et situation de la commune de Meyrargues

FIGURE : A2



Magnitude des séismes

Catalogue compilé GEOTER, 2009

- < 3.0
- 3.0 - 3.9
- 4.0 - 4.9
- 5.0 - 5.9
- 6.0 - 6.5

Type de sismicité

- Séisme instrumental (LDG)
- Séisme historique (SISFRANCE/BRGM/EDF/IRSN, 2005)

Les intensités des séismes historiques fournies par le catalogue SISFRANCE ont été converties en magnitude macrosismique en utilisant les relations de Levret *et al.*, 1996 (cf. Martin *et al.*, 2002)

Cinématique des failles majeures de la Provence occidentale

(Cartographie des failles d'après la carte géologique de la France au 1/1 000 000, BRGM, 2003)

- Failles majeures
- Chevauchements
- Décrochements

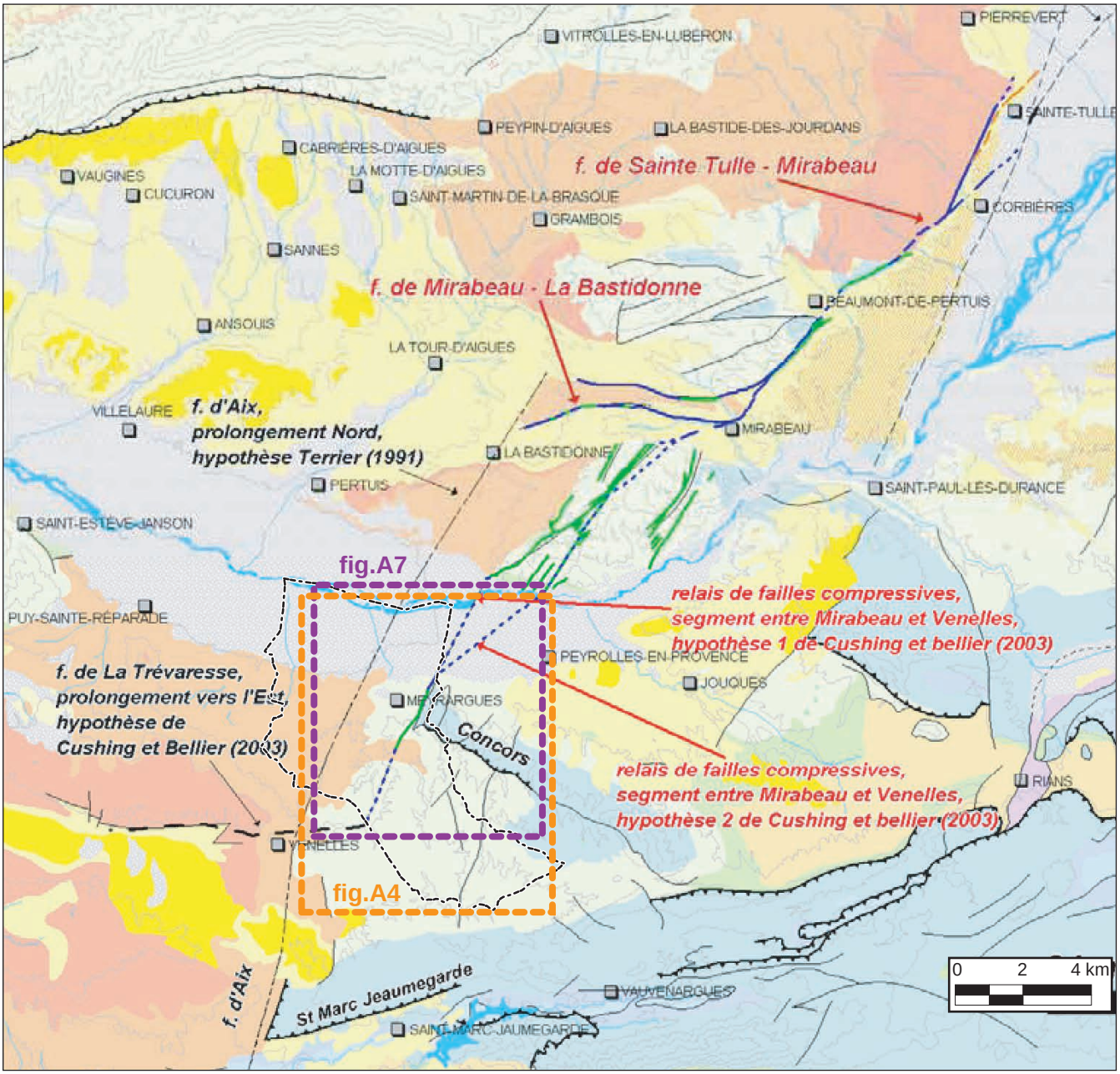
Système de failles de la Moyenne Durance

(d'après Cushing et Bellier, 2003)

- Faille reconnue
- Tracé supposé

Date : 26-10-2009	Auteur : David CARBON	Fichier : Contexte_Sismotectonique.ai	Source : GEOTER, 2009

Zone de relais de failles entre le système de failles de la Moyenne Durance et la faille d'Aix-en-Provence au Sud : Synthèse BRGM (2004/2006)	FIGURE : A3



D'après rapport BRGM/RP-53151-FR, Identification et hiérarchisation des failles actives de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur : Phase 2 – partie 2, version Novembre 2004

Date : 26-10-2009	Auteur : Frédéric ROSSI	Fichier : Trace_BRGM_2003.ai	Source : Terrier, 2004

4. L'évolution des dispositifs réglementaires : concernant le voisinage des failles, le texte révisé des PS 92 est le suivant : « *Sauf nécessité absolue, aucun ouvrage ne doit être édifié au voisinage immédiat d'une faille dont les ruptures de surface potentielles sont reconnues dangereuses par les PPR ; il appartient à ces plans de définir les bandes à neutraliser et, le cas échéant, des bandes dans lesquelles il convient de prendre en compte un mouvement de calcul plus sévère.* » et d'ajouter « *les DPM – Documents Propres au Marché - fixent la conception et les dispositions constructives adéquates* ».

5. La Norme Européenne Eurocode 8 (version NF-EN 1998-5, Septembre 2005[2]), dont l'application devrait entrer en vigueur prochainement, stipule par ailleurs :

   (1) *« Les bâtiments de catégories d'importance II, III et IV définies dans l'EN 1998-1:2004, ne doivent pas être construits à proximité immédiate de failles tectoniques reconnues comme étant sismiquement actives dans les documents publiés par les autorités nationales.* »

   (2) « *Pour la plupart des structures ne présentant pas de danger pour la sécurité publique, une absence de mouvement pendant le Quaternaire récent peut être utilisée pour identifier les failles non actives.* »

   (3) « *Des reconnaissances géologiques particulières doivent être réalisées pour l'établissement des Plans d'Occupation des Sols et pour les structures importantes qui doivent être construites à proximité de failles potentiellement actives, dans des zones de forte sismicité, afin de déterminer le danger résultant en terme de ruptures de terrain et de sévérité des secousses.* »

Cette évolution dans la philosophie de la prise en compte de ces failles dans l'aménagement s'est faite à la faveur du retour d'expérience international, de l'étude détaillée de certaines failles actives françaises (DOM-TOM, Métropole) et de la mise en place de groupes de réflexion sur ce sujet.

Par ailleurs, dans un contexte de mutation des enjeux du territoire et d'évolution des dispositifs réglementaires en matière de planification spatiale, la loi Solidarité et Renouvellement Urbain du 13 décembre 2000, mise en application le 1er avril 2001, impose désormais que les principes d'aménagement et de développement soient clairement exposés à l'échelle du territoire communal, et que les risques naturels soient pris en compte (art. L121-1 du code de l'Urbanisme), en préalable à la traduction réglementaire portée par le zonage et le règlement du Plan Local d'Urbanisme (PLU). De ce fait, les dispositions de la loi SRU représentent une opportunité de faire valoir une « remise à niveau » des contraintes imposées par les risques naturels, et notamment par les failles actives, dans le cadre d'une ambition de développement durable, sécurisé mais équilibré.

Du fait de ces évolutions, aussi bien scientifiques, techniques, que réglementaires et politiques, il est justifié que la question de la pertinence de la bande de neutralisation liée à la présence de segments de failles appartenant au système de failles de la Moyenne Durance, soit posée.

[2] NF EN 1998-5 (septembre 2005) Eurocode 8 – Calcul des structures pour leur résistance aux séismes – Partie 5 : fondations, ouvrages de soutènement et aspects géotechniques.

Les objectifs

Dans un premier temps, il était incontournable de réactualiser l'état des connaissances concernant ces segments de failles par une mise à jour des données disponibles sur leur tracé et leur activité potentielle. L'analyse des données actualisées a pour objet de préciser et de réévaluer les potentialités réelles (l'aléa) de rupture de surface qui peuvent être associées à la présence des failles.

La commune de Meyrargues est recoupée par huit segments de failles d'orientation NNE-SSW considérés comme actifs dans le document du PPR (Figure A 4). La zone hachurée qui encadre ces failles correspond à des bandes de neutralisation, dont la largeur dépend de l'incertitude sur leur localisation. Sept de ces failles ont des bandes de neutralisation de 50 m de part et d'autre de la faille et correspondent à des failles reconnues et cartographiées sur la carte géologique au 1/50 000 du BRGM (Figure A 5, feuille de Pertuis). La huitième faille, dont le tracé est incertain, voire supposé, est située à l'Ouest du bourg de Meyrargues avec une bande de neutralisation de 200 mètres de part et d'autre de la faille.

Les bandes de neutralisation associées aux failles sous-tendent :

- Que ces failles sont considérées comme pouvant engendrer de forts séismes ;
- Que certains de ces forts séismes potentiels pourraient propager une rupture jusqu'en surface causant des déplacements différentiels irréversibles et inadmissibles pour les constructions.

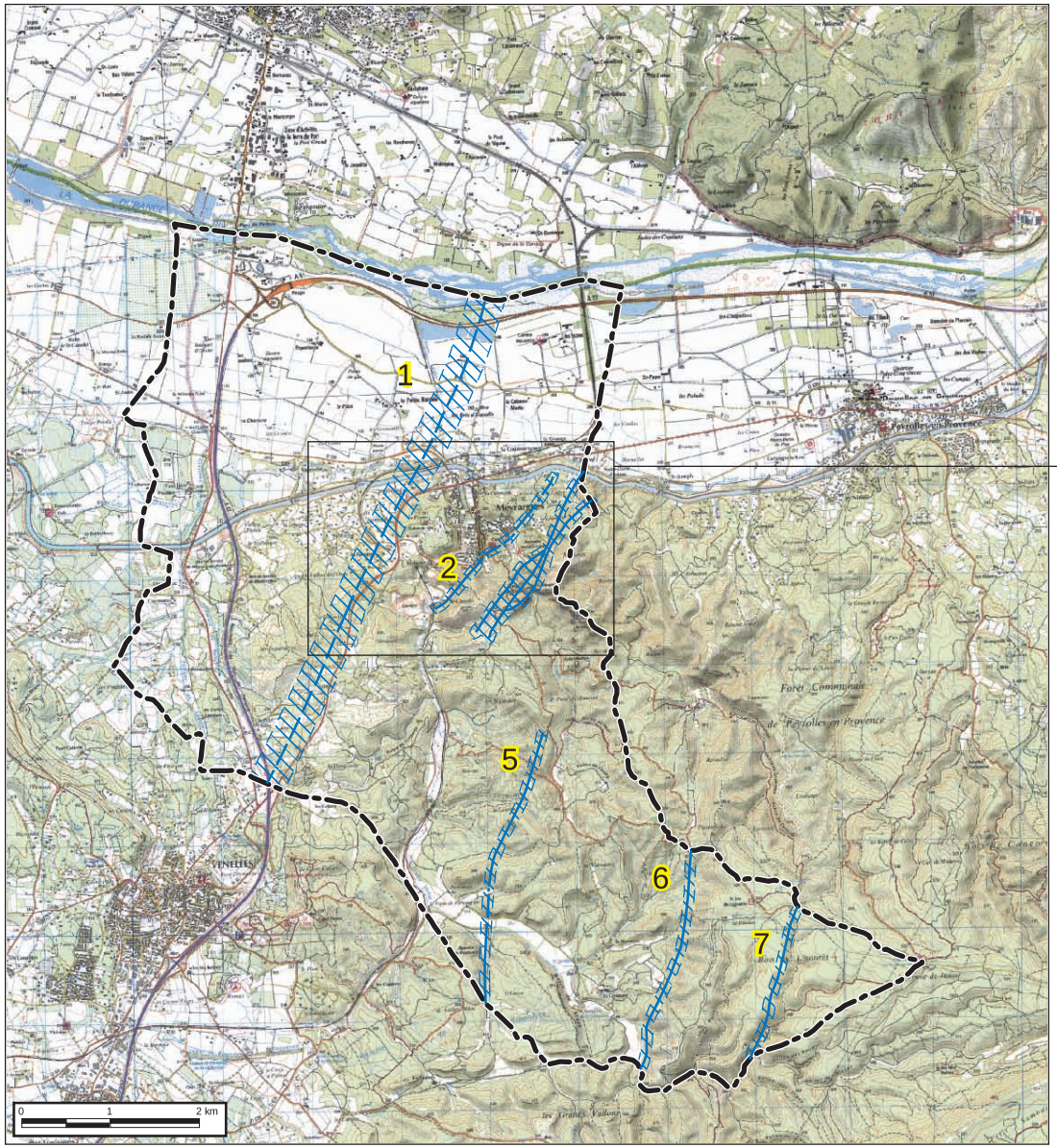
Les deux principales failles qui contraignent les projets d'aménagement de la commune sont les deux segments de faille situés proches du secteur urbanisé (les plus occidentaux) (Figure 1). Si le tracé de la plupart de ces failles, à l'exception de la plus occidentale, est relativement bien connu dans les calcaires du Crétacé qui affleurement dans toute la moitié Sud-Ouest de la commune, il n'en est pas de même de leur activité sismique. Par ailleurs, l'existence même de la faille la plus occidentale peut-être fortement remise en question à la lumière des travaux scientifiques les plus récents (par exemple travaux IRSN-CEREGE, 2005).

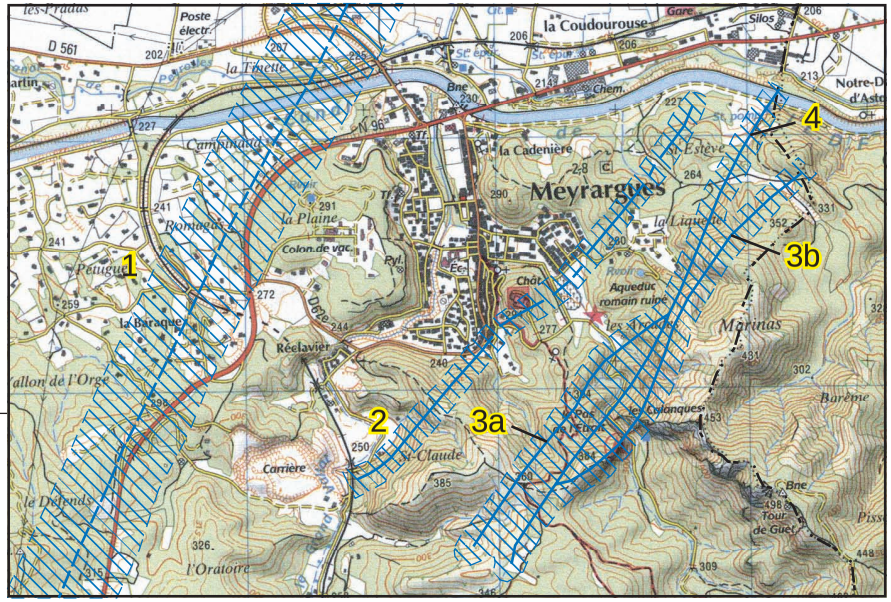
Les objectifs de l'étude sont donc les suivants :

- Etablir un **bilan dans la connaissance de ces zones de faille au niveau de la commune**, en regard des travaux menés depuis 1990 sur la faille de la Moyenne Durance, et plus particulièrement des deux failles contraignantes pour l'aménagement de la commune ;
- Apprécier la **réalité et la localisation précise des failles par rapport à la zone d'emprise figurant dans le Plan de Prévention des Risques** et définir les incertitudes associées ;
- Fournir les **éléments et arguments nécessaires pour qualifier l'aléa « faille active » vis-à-vis des règles de construction parasismiques** et, en particulier, en regard des potentialités de rupture jusqu'en surface du sol et d'un éventuel mouvement de calcul plus sévère. Les périodes de retour des événements capables d'engendrer de telles ruptures sont précisées et comparées aux périodes de retour auxquelles sont associés les mouvements sismiques de dimensionnement de la nouvelle génération de code parasismique (Eurocode 8, révision du zonage sismique de la France) ;
- Développer un argumentaire justifiant la révision du PPR.

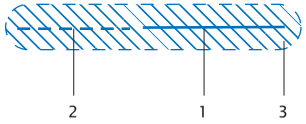
Tracé des failles et de leur “bande de voisinage immédiat” sur la commune de Meyrargues, d’après le plan de zonage du Plan d’Exposition aux Risques Naturels (rapport BRGM, CETE, Mai 1991)

FIGURE : A4





Légende sur le tracé des failles actives sur la commune de Meyrargues, satellites du système de la Moyenne Durance

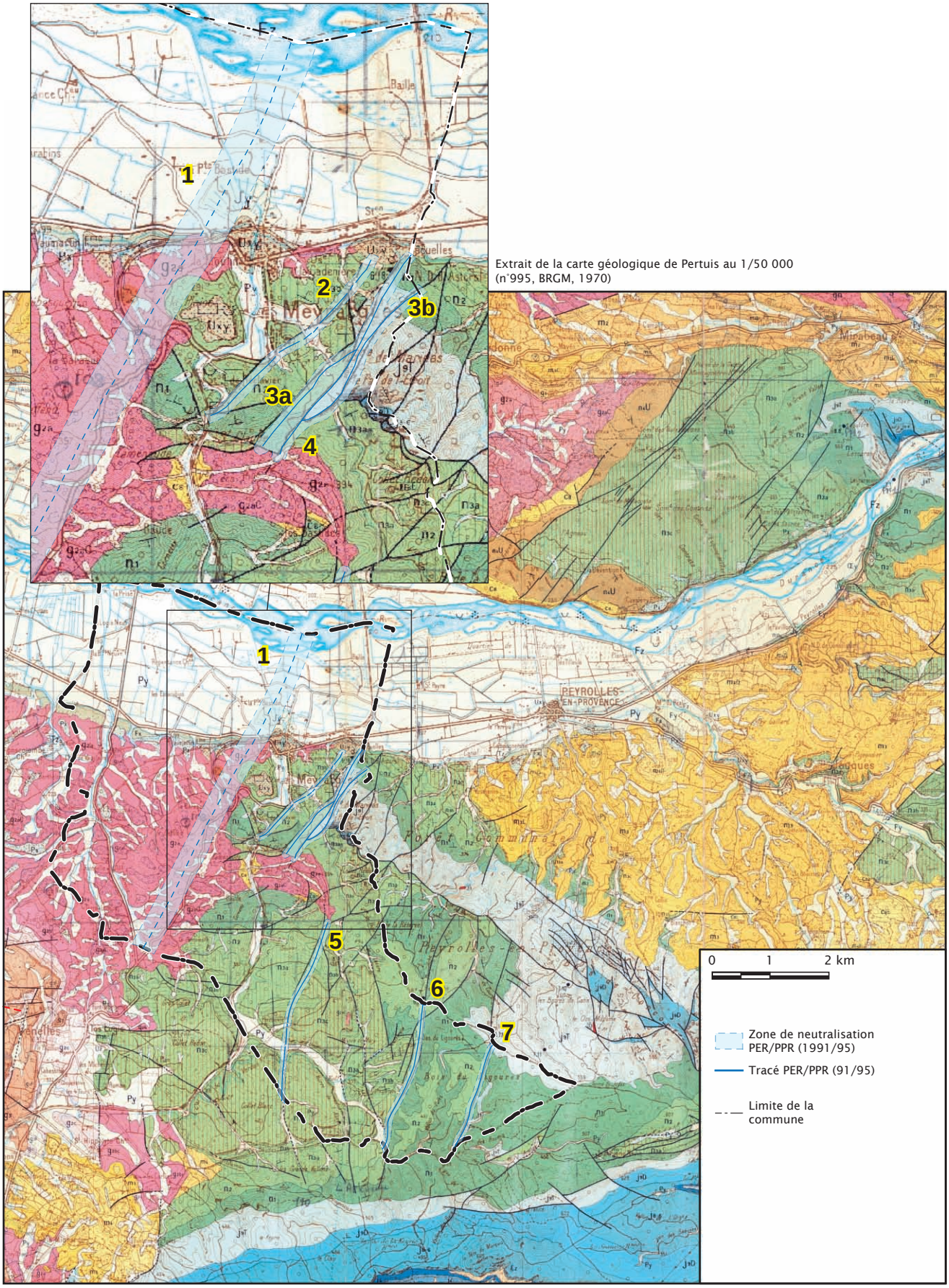


1 - Tracé identifié d'une faille active
2 - Tracé supposé d'une faille active
3 - Bande définissant le voisinage immédiat de la faille et son incertitude, soumis à des prescriptions particulières pour l'urbanisme

Date : 26-10-2009 | Auteur : David CARBON | Fichier : PER.ai | Source : Mouroux et al., 1991

Failles cartographiées sur la carte géologique de Pertuis (1/50 000) et considérées dans le PER/PPR de Meyrargues

FIGURE : A5



Date : 26-10-2009 | Auteur : Frédéric ROSSI | Fichier : Carte_Géol.ai | Source : GEOTER, 2009

2. Méthodologie mise en œuvre

Cette étude s'articule autour de 3 axes principaux :

1. Compilation et analyse critique des données géologiques et sismologiques, des publications récentes et des résultats des travaux scientifiques depuis la réalisation du PER de 1991 (période 1991-2009) sur la faille de la Moyenne Durance (FMD) de manière à développer une synthèse actualisée sur les failles présentes dans le secteur de Meyrargues ;

2. Investigations géologiques et structurales de terrain le long des segments de faille identifiés dans le document PER de 1991 dans le but de vérifier les tracés et de rechercher d'éventuels indices de déformations des dépôts superficiels quaternaires ou des indices géomorphologiques de mouvements récents ;

3. Caractérisation de l'activité sismique des failles par exploitation des données de sismicité historiques et instrumentales disponibles dans les fichiers de sismicité nationaux (SISFRANCE, LDG), régional (Provence/RENASS) ou local (réseau de surveillance de la moyenne Durance de l'IRSN) : évaluation de la probabilité d'occurrence (périodes de retour) des séismes capables d'engendrer des ruptures de surface.

3. Données d'entrée

Il s'agit d'établir un bilan scientifique et technique de la connaissance des zones de faille au niveau de la commune, en regard des travaux menés depuis les années 90 sur les accidents de la Moyenne Durance et d'Aix-en-Provence.

Pour obtenir un niveau de connaissance compatible avec une précision de la cartographie supérieure au 1/10 000ème du PPR actuel, il était nécessaire d'une part d'accéder aux données de base les plus pertinentes et d'autre part d'apporter de nouvelles données par des investigations de terrain.

Certaines de ces données existent auprès de différents organismes publics (IRSN, DIREN, MEDAD, DDE, BRGM, laboratoires universitaires, …).

Un inventaire de ces données a été réalisé de façon à intégrer l'ensemble de ces résultats, et à les comparer aux tracés proposés pour l'accident durancien.

<u>Collecte des principales données de base</u> :

- **BRGM et DIREN PACA**
  - *Eléments ayant conduits à la cartographie des segments de faille de la Durance en 1990 dans le PER de Meyrargues (thèse de Monique Terrier, 1991) ;*
  - *Profils sismiques pétroliers interprétés par Total Exploration ;*
  - *Etude d'identification et de hiérarchisation des failles actives de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur réalisée par le BRGM entre 2002 et 2006 dans le cadre des opérations de service public*

(03RISG16), en partenariat avec le Conseil Régional Provence – Alpes – Côte d'Azur, la Direction Régionale de l'Environnement et le BRGM. Cette étude a été suivie et validée par un comité scientifique composé de représentants des universités d'Aix-Marseille 3 (CEREGE, de Sophia-Antipolis (Géoscience Azur), et de JUSSIEU, ainsi que de l'IRSN et du CEA/LDG. Les résultats de ces travaux sont publiés dans les rapports suivants :

- *Champion C., Terrier M., Bellier O. (Janvier 2002). Bilan sur les données sismotectoniques actuelles de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Rapport BRGM/RP-51 439-FR ;*
- *Terrier M., (Décembre 2002). Identification et classification des failles actives de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur - Bilan et synthèse des connaissances sismotectoniques actuelles. Rapport BRGM/RP-51 910-FR ;*
- *Terrier M. (Novembre 2004). Identification et classification des failles actives de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur - Phase 2 : Analyse et synthèse des connaissances actuelles sous la forme de fiches descriptives des failles. Rapport BRGM/RP-53 151 –FR, Parties 1 et 2 ;*
- *Terrier M. (Novembre 2004). Identification et classification des failles actives de la région PACA – Phase 3 : hiérarchisation des failles. Rapport d'avancement, Rapport BRGM/RP-53 510-FR.*
- *Terrier M. (Juin 2006). Identification et hiérarchisation des failles actives de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur - Phase 3 : Hiérarchisation des failles actives. Rapport BRGM/RP-53 930-FR.*

- **CEA (Mr F. HOLLENDER)**
  - *Documents présentés lors de la réunion du 1 octobre 2004 au Château de Cadarache « Faille de la Moyenne Durance ».*
- **Communauté d'agglomération du Pays d'Aix (Mr Guy LAUGIER) :**
  - *Modèle Numérique de Terrain au pas de 50 m de l'IGN avec une précision suffisante sur l'ensemble de la zone d'étude ;*
  - *Cartographie cadastrale géoréférencée sous SIG ;*
  - *Photographies aériennes orthorectifiées et géoréférencées couvrant la commune (permettant la superposition aux cartes IGN raster et au MNT).*
- **EDF (Mr Hervé ASTIER)**
  - *Archives des travaux réalisés lors de la construction du canal EDF en 1959*
- **ESCOTA (Mme Brigitte MAHIEU):**
  - *Rapports d'études géotechniques concernant les terrassements et les ouvrages d'art de l'A51, sur les communes de Meyrargues et Peyrolles,*
  - *Résultats des essais d'identification des sols.*

- **GEOTER/DIREN PACA**

  - *Martin Ch. et al., 2002. Révision du zonage sismique de la France. Etude probabiliste. Rapport de synthèse n°GTR/MATE/0701-50 et 7 annexes réalisées pour le Ministère de l'Environnement, de l'Energie et du Développement Durable (MEDD) ;*

  - *Carbon D. et al., 2003 : Actualisation de connaissances relatives à la faille NE-SW de Jouques (commune de Jouques). Prise en compte dans les documents d'urbanisme. Rapport GEOTER GTI/JQE/0203-25 ;*

  - *Combes Ph. et al., 2003 : Pre-diagnostic pour la prise en compte de la faille de la moyenne Durance dans les PPR (communes de Ste Tulle, Manosque, Volx, Villeneuve et La Brillanne). Rapport GEOTER GTI/DIRPAC/0303-27 Rev1 ;*

  - *Thèses ou publications récentes concernant ce secteur.*

- **IRSN (M. Marc CUSCHING) et CEREGE (M. Olivier BELLIER)**

L'IRSN nous a donné l'autorisation d'utiliser les résultats obtenus sur les travaux récents réalisés dans la vallée de la Durance entre Peyrolles-en-Provence et Meyrargues (études IRSN-CEREGE, 2003, 2005) qui ont permis de mieux contraindre la localisation de la faille de la Moyenne Durance et de quantifier une vitesse long-terme de glissement :

  - *Cushing M. et Bellier O, note technique n° 2003-21 IRSN intitulé « Faille de la Moyenne Durance : précisions concernant le tracé en surface de la faille entre Pertuis et Château Arnoux» ;*

  - *Résultats de travaux publiés récemment, réalisés dans le cadre de recherches dirigées (e.g. : DEA de Pierre Guignard intitulé « Géométrie et cinématique de la terminaison méridionale du segment central de la faille de la Moyenne Durance » ;*

  - *Résultats sur la localisation ou la re-localisation de l'activité sismique enregistrée par le réseau IRSN ;*

  - *Cushing et al., rapport DEI/SARG/2005-014 de l'IRSN intitulé «Estimation de l'aléa simogénique d'une faille active du Sud-Est de la France – Paléosismicité de la faille de la Moyenne Durance dans la région de Manosque » ;*

  - *Cushing et al., rapport DEI/SARG/2005-015 de l'IRSN intitulé «Estimation de l'aléa simogénique d'une faille active du Sud-Est de la France – Quantification long-terme de la vitesse de glissement de la faille d'Aix dans le secteur de Meyrargues » ;*

  - *Cushing et al. (2007). A multidisciplinary study of a slow-slipping fault for seismic hazard assessment: the example of the Middle Durance Fault (SE France). Publication au Geophysical Journal International.*

- **Mairie de Meyrargues :**

  - *PER/PPR existant ;*

  - *Rapports géotechniques réalisés pour des bâtiments de la commune (données de logs de sondages, caractéristiques géotechniques des sols.*

Nous tenons à remercier toutes les personnes et services cités précédemment qui ont tous répondu favorablement à nos sollicitations pour l'obtention des données utiles.

4. La Faille de la Durance dans le PER/PPR de Meyrargues

Un état des connaissances sur le tracé des segments de failles du système de la Durance, à une échelle compatible avec le 1/25 000ième, a été réalisé par le BRGM dans le cadre de l'établissement du PER de Meyrargues en 1991, essentiellement sur la base des données de la carte géologique et de celles recueillies dans la thèse de M. Terrier (Figure A 3, Figure A 5).

Deux types de tracés de failles ont été pris en compte sur la commune de Meyrargues :

- Un segment de faille principale à l'Ouest de la commune (segment 1, Figure A 4), identifié comme appartenant au réseau durancien mais qui ne figure pas sur la carte géologique du BRGM au 1/50 000ième (Carte de Pertuis, réalisée entre 1950 à 1968 et publiée en 1970). La difficulté d'identification de ce segment vient du caractère masqué de son tracé. Sa trace en surface, recoupant la vallée de la Durance est, soit recouvert par les alluvions récentes de la Durance, soit masquée par l'activité anthropiques (agricole) qui tend à effacer l'expression morphologique de la faille et les affleurements (Figure A 4, Figure A 5).Par contre, la faille devrait être visible dans les séries oligocènes situées plus au Sud.
- Les autres segments de faille (n°2, 3a, 3b, 4, 5, 6 et 7, Figure A 4, Figure A 5), représentés dans le PPR sont cartographiés sur la carte géologique du BRGM au 1/50 000ième (Pertuis) et peuvent donc se retrouver à l'affleurement et être contrôlés sur le terrain.

4.1 Réglementation et faille de la Durance dans le PER (PPR) de Meyrargues

L'état des connaissances, à l'époque où le PER de Meyrargues a été réalisé (rapport CETE/BRGM Plan d'Exposition au Risques, commune de Meyrargues, Mai 1991), résultait de thèses et de publications scientifiques, d'études géologiques et morphostructurales et de l'interprétation des données géophysiques disponibles à la fin des années 80 et au début des années 90.

Sur les documents cartographiques du PPR (planches 3.1 et 5.1), les failles actives du système de la Moyenne Durance s'inscrivent dans une bande de largeur variable définissant « *le voisinage immédiat de la faille* (Figure A 4) :

- de 50 à 60m de part et d'autre du tracé de la faille lorsque celui-ci est bien identifié ;
- de 200m de part et d'autre du tracé lorsque ce dernier est supposé.

Cette bande traduit l'incertitude sur la localisation qui lui était attribuée par les auteurs du PER.

La prise en compte des failles actives de la Moyenne Durance fait référence, à cette époque, au projet de texte des recommandations AFPS 90, devenues ensuite règles PS 92, où il est indiqué :

« Sauf nécessité absolue, aucun ouvrage ne doit être édifié au voisinage immédiat d'une zone faillée reconnue active, éventuellement repérée par les Plans d'Exposition aux Risques, dits PER ; ces plans peuvent fixer la largeur des bandes à neutraliser de part et d'autre de l'accident et, le cas échéant, des bandes dans lesquelles il convient de prendre en compte un mouvement de calcul plus sévère ».

Cette prise en compte de la faille était ensuite modulée suivant la nature des ouvrages à implanter (rapport CETE/BRGM Plan d'Exposition au Risques, commune de Meyrargues, Mai 1991) :

- Pour les ouvrages à risque spécial, la non-constructibilité était recommandée dans ces bandes « de voisinage de la faille ».
- Pour les ouvrages à risque normal, il était fait référence au paragraphe des recommandations AFPS 90 évoqué ci-dessus. En cas de nécessité « absolue » de construire dans les bandes du document cartographique, il était suggéré d'éviter par priorité les ouvrages de classe D, puis C, puis B, en particulier sur les segments principaux du système de la Moyenne Durance. Lorsque le tracé n'était que supposé (c'est à dire lorsque la bande était la plus large), il était recommandé, avant d'implanter toute construction, d'entreprendre des investigations du sous-sol, pour préciser le tracé réel de la faille par rapport à l'emprise du projet. Enfin, les mouvements sismiques particuliers pouvant être générés en champ proche étaient considérés en multipliant les coefficients de fondation des règles PS 69-82, par 1.1 dans les zones proches de la faille.

Les mesures figurant dans les projets de règlements étant laissées au libre arbitre des services instructeurs, ces services ont préconisés de classer les bandes de protection établies au voisinage des failles actives, de la commune, en zone rouge ; c'est-à-dire ou toutes constructions sont interdites.

4.2 L'origine du tracé de la faille active de la Durance (segment méridional) dans le PER de Meyrargues

Les principales données de base permettant de reconstituer l'origine de l'information ayant conduit au tracé des failles dans le PER, correspondent aux résultats de thèse (publiée en 1991) de M. Terrier du BRGM, co-auteur du rapport d'étude support du PER (Figure A 3).

La cartographie des deux grands systèmes de failles de la Durance proposée en 1991 s'appuie sur les hypothèses concernant la géométrie du système de failles d'Aix-Moyenne Durance :

- **Un segment septentrional**, situé en bordure de la rive droite de la Durance, **entre le nord de Château-Arnoux et Mirabeau** : la cartographie s'appuie sur une interprétation très complète de profils sismiques de deux campagnes pétrolières, couvrant le Valensole et le bassin de Forcalquier [1971 (ELF) et 1985 (TOTAL exploration)], qui permettent une cartographie « du système de failles », généralement masqué en surface par les dépôts alluvionnaires de la Durance et des observations de terrain compilées dans la thèse de M. Terrier.
- **Un segment méridional**, **entre le nord de Grambois et le littoral marseillais** : ce tracé est uniquement visible dans la région de Grambois et d'Aix en Provence. Il apparaît beaucoup moins

contraint par les données géologiques (notamment absence de profils sismiques le recoupant), et repose essentiellement sur des interprétations (p. 137, thèse M. Terrier), en particulier dans le secteur de Meyrargues.

Au niveau de la commune de Meyrargues, les affleurements permettent d'analyser les déformations tectoniques et/ou microtectoniques en relation avec le tracé des failles de la Durance ou des segments secondaires.

La superposition des tracés des segments de faille sur la carte géologique de Pertuis (levés réalisés entre 1950 et 1968) avec ceux des failles du PER de Meyrargues montre que les observations de terrain sont en grande partie à l'origine du tracé des failles « satellites ou secondaires » du PER (Figure A 4, Figure A 5).

4.3 Bande de neutralisation pour les failles du PER de Meyrargues

Le PER distingue deux types de segments de failles, celui représentant le tracé de la faille principale de la Durance (ou d'Aix en Provence), et ceux considérés comme secondaires, ou satellites de la faille principale de la Durance, et qui peuvent à ce titre être considérés comme actifs sur la commune (Figure A 5).

Segment n°1 (cf. Figure A 2, Figure A 4 – fiche n°2) :

Situé dans la partie Nord de la commune et passant à l'Ouest de la bordure du village, ce segment supposé, grossièrement NE-SW, est susceptible de recouper les formations détritiques oligocènes ainsi que les dépôts fluviatiles quaternaires du lit de la Durance. Or, cette faille associée à une bande d'incertitude de 400 m de large ne correspond à aucun accident reconnu en surface sur le terrain ni à aucune faille cartographiée sur la carte géologique.

Segment n°2 (cf. Figure A 2, Figure A 4– fiches n°3 et 4) :

Ce segment, d'orientation NE-SW, s'étire sur à peine 2 km à l'Est du village et passe plus ou moins sous le château de Meyrargues.

La comparaison entre le tracé retenu par le PER/PPR et la carte géologique montre un écart moyen entre les deux tracés de l'ordre de la trentaine de mètres.

La bande d'incertitude de la faille retenue dans le PER recouvre bien le tracé de la carte géologique.

Segments n°3a et 3b (cf. Figure A 2, Figure A 4 – fiche n°8) :

Il apparaît évident que le tracé retenu résulte (aux erreurs près) d'une transcription des failles déjà représentées sur la carte géologique de Pertuis.

Ces failles se connectent directement au tronçon de la faille de la moyenne Durance, bien connu dans ce secteur.

Segment n°4 (cf. Figure A 2, Figure A 4– fiches n°5 et 6) :

Pour ce segment, passant un peu plus à l'Est du village, il existe une bonne concordance entre le tracé PER/PPR et les tracés de la carte géologique.

Cette faille est très correctement reconnue au Nord du village à proximité du canal EDF, de la station de pompage d'eau potable et un peu plus au Sud dans les dépôts oligocènes.

La bande de neutralisation est d'environ 100 à 150 m et ne concerne pas de zone urbanisée.

Segment n°5, 6 et 7 (cf. Figure A 2, Figure A 4– fiches n°9 et 10) :

Ces trois segments semblent directement retranscrits de la carte géologique, même si l'on note parfois des écarts significatifs entre les deux tracés. Ils se situent tous les trois dans une zone non urbanisée de la commune.

En résumé la cartographie du voisinage immédiat des « failles actives » est définie comme suit dans le PER de 1991 (Tableau 1) :

Indice de Qualité (cette étude)	Segment de faille	Symbole cartographique	Largeur bande d'incertitude de part et d'autre du segment de faille	Nom des segments de failles (voir Figure A 4, Figure A 5)
A	Reconnu ou bien identifié	Trait continu plein	50 à 60 m	Segments 2, 3a, 3b, 5, 6 et 7
B	Satellite supposé	Tireté court	100m	
C	Principal supposé	Tireté long	200m	Segment 1 : Faille de la Durance Sud ou d'Aix en Provence

Tableau 1 : Incertitude sur le tracé et le voisinage immédiat des segments de faille active (PER Meyrargues, 1991)

5. Le tracé 2003/2005 proposé par M. Cushing (IRSN) et O. Bellier (CEREGE)

En 2003, une nouvelle cartographie du système de failles de la Moyenne Durance a été publiée (Cushing *et al.,* 2003 ; Figure A 6). Présentée par leurs auteurs à l'échelle du 1/100 000^{ième}, elle repose sur une harmonisation entre les résultats des travaux de l'IRSN et ceux des programmes de recherches menés par le CEREGE depuis 2001 à savoir :

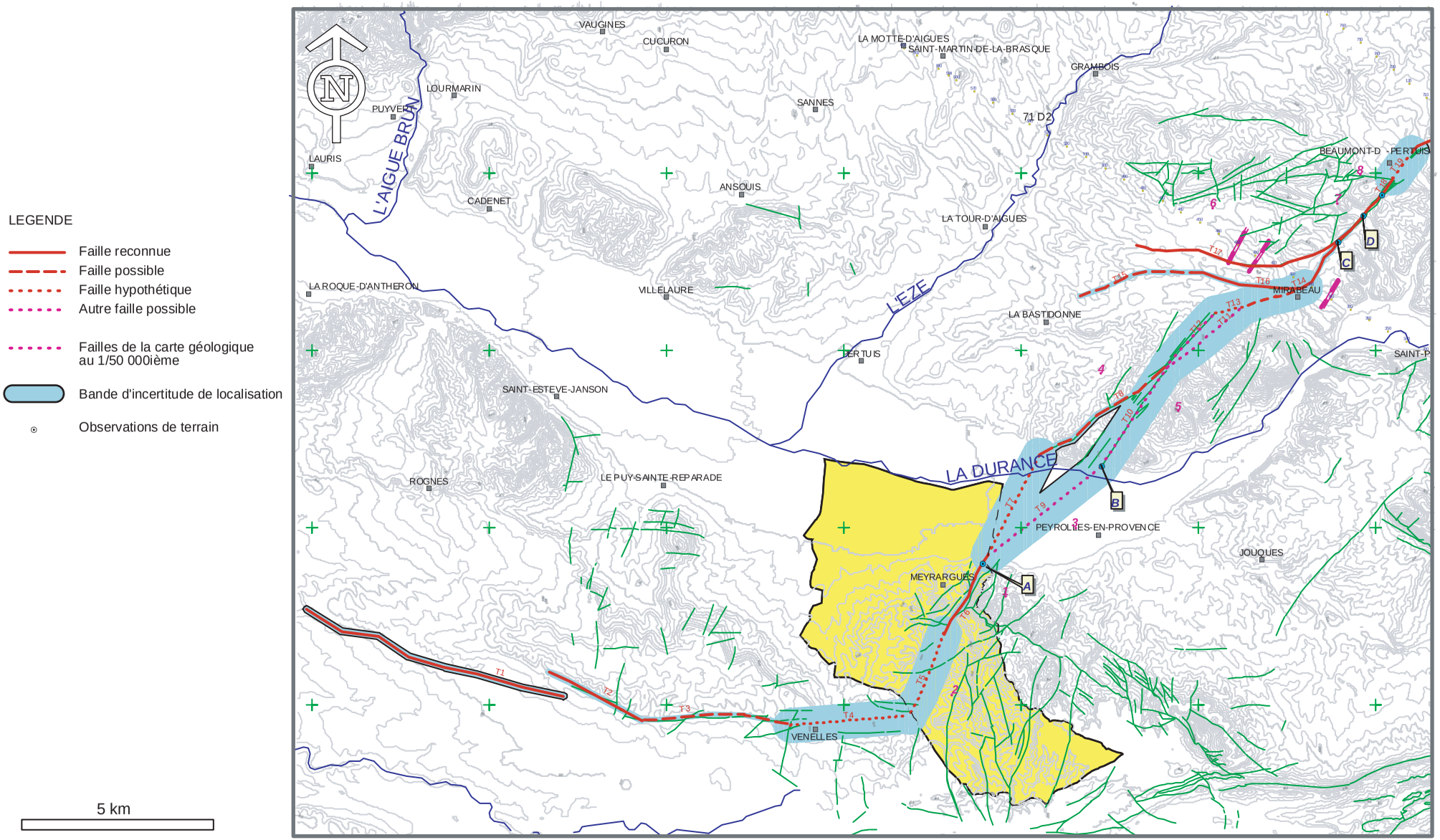
- Géofrance 3D (INSU – CNRS, Ministère de la Recherche et BRGM) ;
- PROSE et PNRN (Programme National Risques Naturels INSU-CNRS) ;
- SPOT IMAGE et ISIS ;
- Action Concertée Incitative « Prévention des Catastrophes Naturelles » ;
- Projet S.A.F.E de l'union européenne (EVG1 2000-2005).

La cartographie proposée a été diffusée dans une note technique de l'IRSN intitulée « Faille de la Moyenne Durance : précisions concernant le tracé en surface de la faille entre Pertuis et Château Arnoux » par M. Cushing et O. Bellier (2003).

Selon les types de prospection réalisés et les résultats obtenus, la précision atteinte sur le tracé des différents segments de faille varie du 1/1 000^{ième} (précision de la dizaine de mètres) au 1/100 000^{ième} (précision de l'ordre du kilomètre).

Carte du tracé en surface de la faille de la Moyenne Durance entre Beaumont-de-Pertuis et Venelles : Etat des lieux en 2003 d'après l'IRSN-CEREGE

FIGURE : A6



Date : 26-10-2009	Auteur : David CARBON	Fichier : Trace_IRSN.ai	Source : Cushing et Bellier, 2003

Les auteurs de cette nouvelle cartographie précisent que ;

« *la largeur de la bande d'incertitude mesurée de part et d'autre du tracé présumé de la faille est liée aux méthodes de reconnaissance utilisées :*

- *Depuis environ 20 m pour les tracés bien localisés et avec un contact observé sur le terrain,*
- *Jusqu'à 500 m, voir le double, lorsque la connaissance est jugée faible* ».

La précision obtenue dans ce nouveau tracé est compatible, sur certains tronçons de segments de faille, avec celle requise pour la réalisation des PPR (1/25 000ième à 1/10 000ième).

En 2005, des techniques spécifiques d'investigations ont été mises en œuvre dans le secteur de Meyrargues-Peyrolles, pour appréhender au mieux la localisation des différents segments de faille et leur activité en terme sismique et de rupture de surface (Cushing *et al.,* 2005).

5.1 Localisation des segments de failles au niveau de la commune de Meyrargues en 2003

Comme l'indique le titre des travaux réalisés par l'IRSN/CEREGE en 2003 « *précisions concernant le tracé en surface de la faille entre Pertuis et Château Arnoux* », ce travail ne concernait que très peu la partie Sud du tracé de la faille de la Moyenne Durance entre la cluse de Mirabeau et Venelles.

Néanmoins l'étude identifie quatre segments qui concernent la commune de Meyrargues : chaque tronçon de faille porte un numéro se rapportant à la définition de son identité, caractérisée par telle ou telle méthode de reconnaissance (Figure A 6, Tableau 2).

Pour Cushing et Bellier (2003), la faille d'Aix limite le pli de Concors, à l'Est, et le bassin oligocène de Pertuis-Aix-en-Provence, à l'Ouest. Ces auteurs signalent : «*Le tracé de la faille est localement précis (10 m) à Meyrargues, ailleurs, le tracé est déduit de la carte géologique (100 m) ou bien de l'examen des images Spot, MNT et photos aériennes […] Vers le sud le tracé reste douteux (500 m), il n'y a pas de correspondance avec la carte géologique, et peu d'expression morphologique.* […] *Localement, la faille d'Aix (continuation supposée au Sud de la Faille de la Moyenne Durance) est cachetée par des terrains chattiens (~25 Ma) entre Meyrargues et Aix-en-Provence (Chardon et Bellier, 2003).* »

Segment	Nom	Type d'observation	Qualité connaissance	Bande incertitude
T9	Prolongement tracé Nord	Extrapolation de tracé : prolongement structural d'une structure	E	500 m
T7	Prolongement faille Meyrargues Jonction Nord Durance	Extrapolation de tracé : prolongement structural d'une structure	D	500 m
T6	**Meyrargues : Pas de l'Etroit, station de pompage**	**Faille existante sur le terrain**	**A**	**100 m**
T5	Pas de l'Etroit – Parrouvier	Extrapolation de tracé : prolongement structural d'une structure	D	500 m

Tableau 2 : Nom des segments de failles situés dans la zone de relais entre la FMD et la faille d'Aix (Cushing et al, 2003) et incertitudes associées

5.2 Qualité de la connaissance sur la présence des failles et « bande d'incertitude » sur la localisation

L'utilisation d'une échelle au 1/100 000ième (carte Cushing *et al.*, 2003) est considérée comme correcte pour représenter la globalité du système de faille de la Moyenne Durance.

La qualité sur la précision de la localisation du tracé dépend d'un classement de chaque segment ou sous-segment de faille déduit de la synthèse des travaux réalisés (Cushing *et al.*, 2003 ; 2005).

Les auteurs distinguent (Figure A 6, Tableau 3) :

- Le tracé supposé des branches de la faille avec un indice décrivant le degré d'incertitude sur la présence de celle-ci ; de fiable à incertain avec un indice particulier pour les tracés ambivalents (deux possibilités de position pour un même accident),
- Une « bande d'incertitude » déduite de la résolution des données utilisées pour construire le tracé.

Indice de Qualité	Segment de faille	Symbole cartographique	Largeur de la bande d'incertitude de part et d'autre du segment de faille (2003, 2005)	
A	reconnu	Trait continu plein	80 à 100m	40 à 200 m
B	possible	Tireté	80 à 200m	
C	postulé	Tireté lâche	100 à 500m	160 à 400 m
D	hypothétique	Pointillé	200 à 500m	400 à 1000 m
E	autre trace possible (tracé alternatif)	Pointillé lâche	500 m	1000 m

Tableau 3 : Légende cartographique des tracés des failles (d'après Cushing et al., 2003/2005)

5.3 L'apport des travaux 2005 pour affiner le tracé des segments de failles au niveau de la plaine de la Durance (communes de Meyrargues et de Peyrolles)

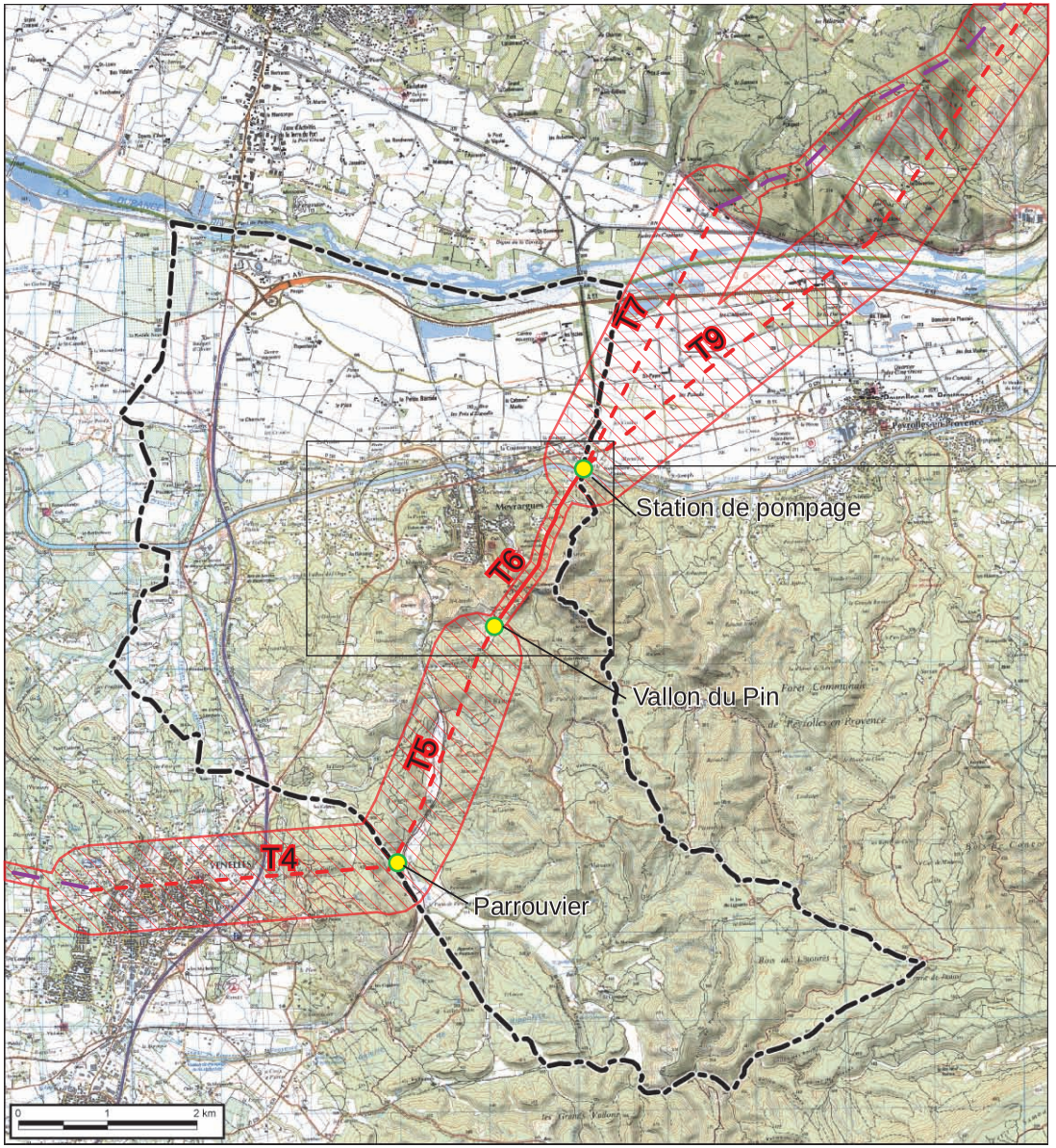
<u>Dans la vallée de la Durance entre Meyrargues et Peyrolles (segments T7 et T9)</u> :

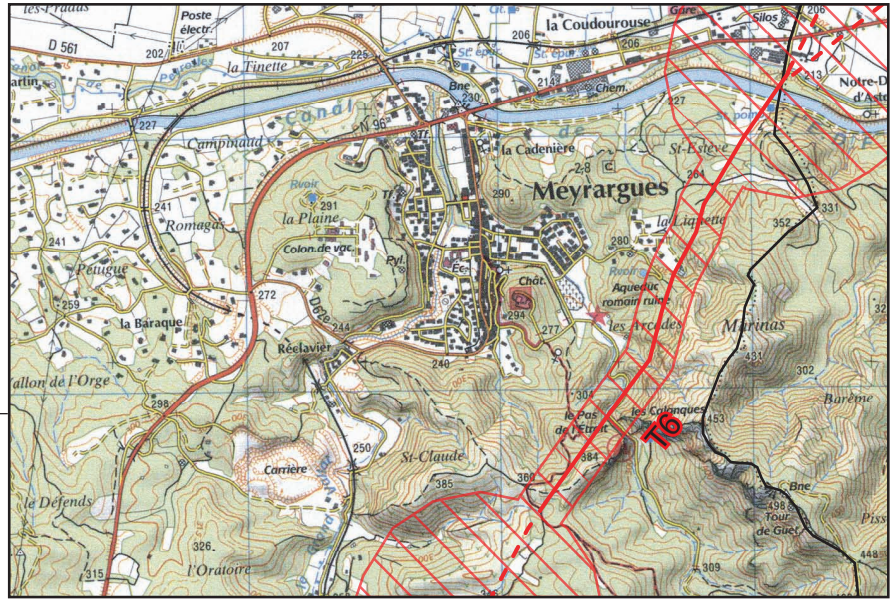
En 2005 la réalisation de profils géophysiques par l'IRSN et le CEREGE a permis de préciser la localisation des tracés possibles de la faille d'Aix sous les sédiments quaternaires de la Durance (*cf.* Figure A 7, Figure A 8, Figure A 9).

A partir de l'interprétation des profils géo-électriques et sismiques, les auteurs ont étudié la morphologie de la ria pliocène et proposent une hypothèse sur le fonctionnement de la faille (segment T7). Si l'on se réfère aux profils électriques, on note un biseautage de la ria d'Est en Ouest suggérant la remonté du compartiment Ouest ayant entraîné l'érosion d'une partie du remplissage pliocène de la ria. Selon un axe Nord-Sud on observerait un décalage de la partie Ouest de la ria de près de 750 m vers le Sud (jeu senestre).

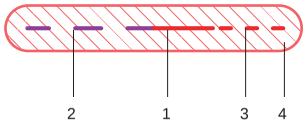
Tracé de la faille de la Moyenne Durance (FMD) dans le secteur de Meyrargues d'après l'IRSN (2003)

FIGURE : A7





Légende sur le tracé des failles actives sur la commune de Meyrargues, satellites du système de la Moyenne Durance

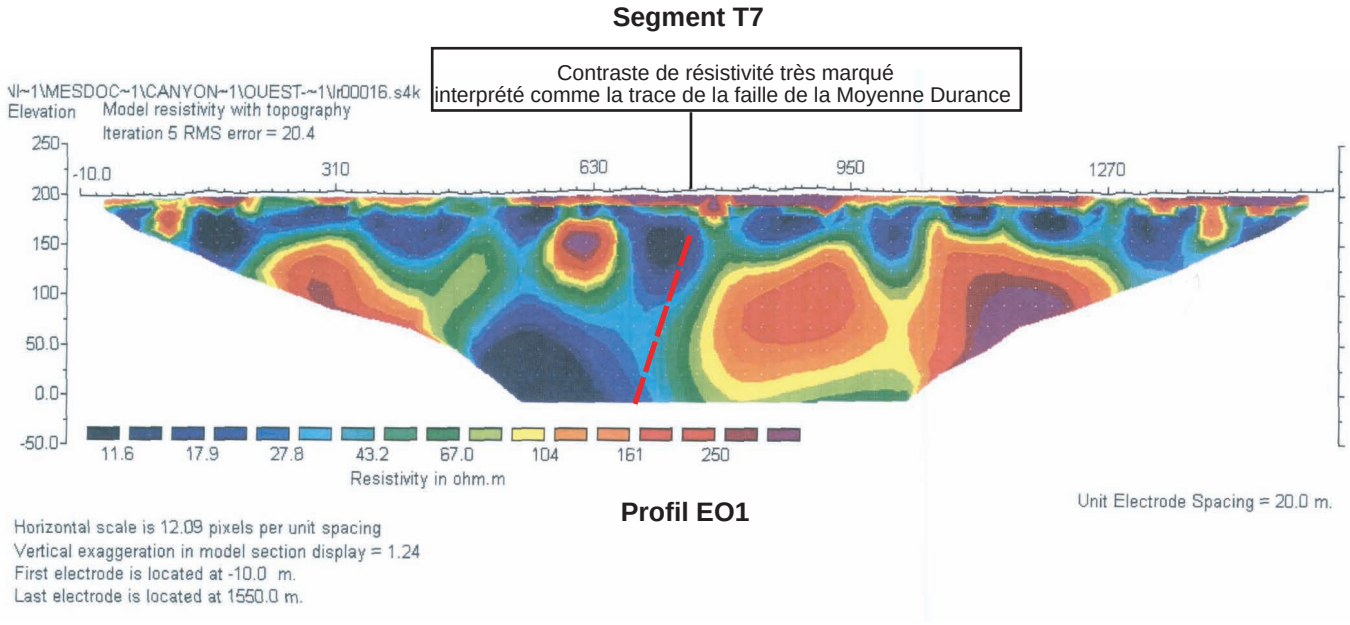


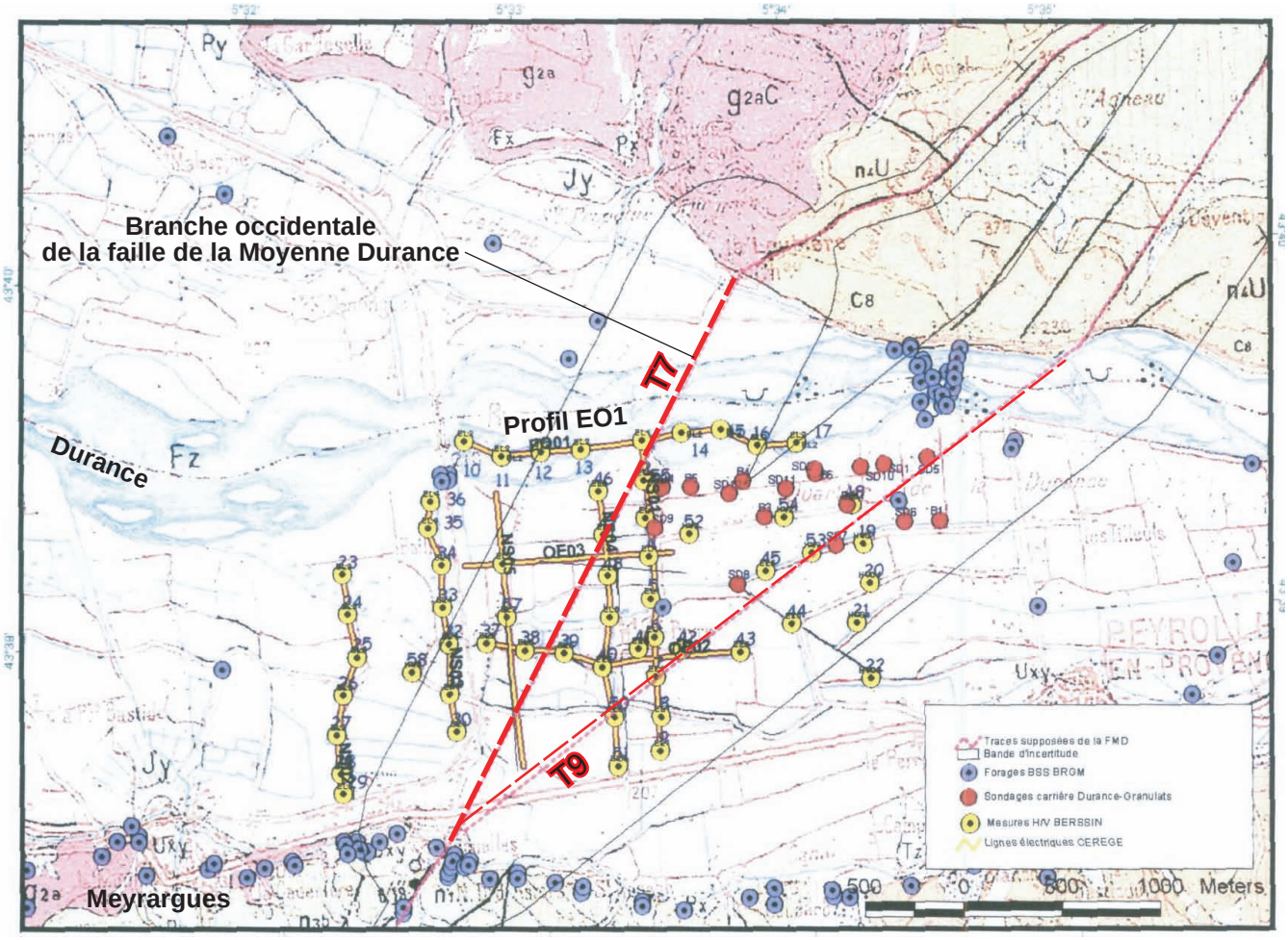
1 - Faille reconnue
2 - Faille possible
3 - Faille hypothétique ou autre faille possible
4 - Bande d'incertitude de localisation de la faille

Date : 26-10-2009	Auteur : David CARBON	Fichier : Trace_IRSN2.ai	Source : Cushing et Bellier, 2003

Traitement de l'incertitude sur le tracé IRSN - Exemple d'un profil géoélectrique Est-Ouest réalisé dans la vallée de la Durance et recoupant la faille de la Moyenne Durance (d'après Cushing *et al.*, 2005)

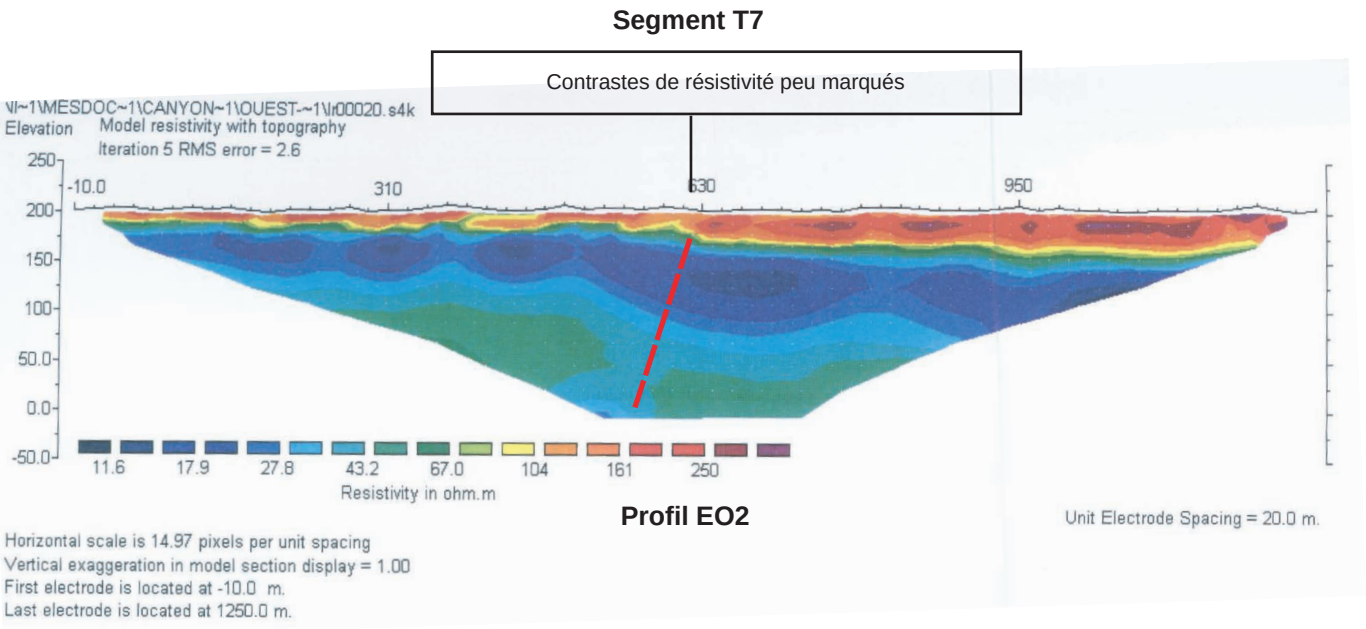
FIGURE : A8

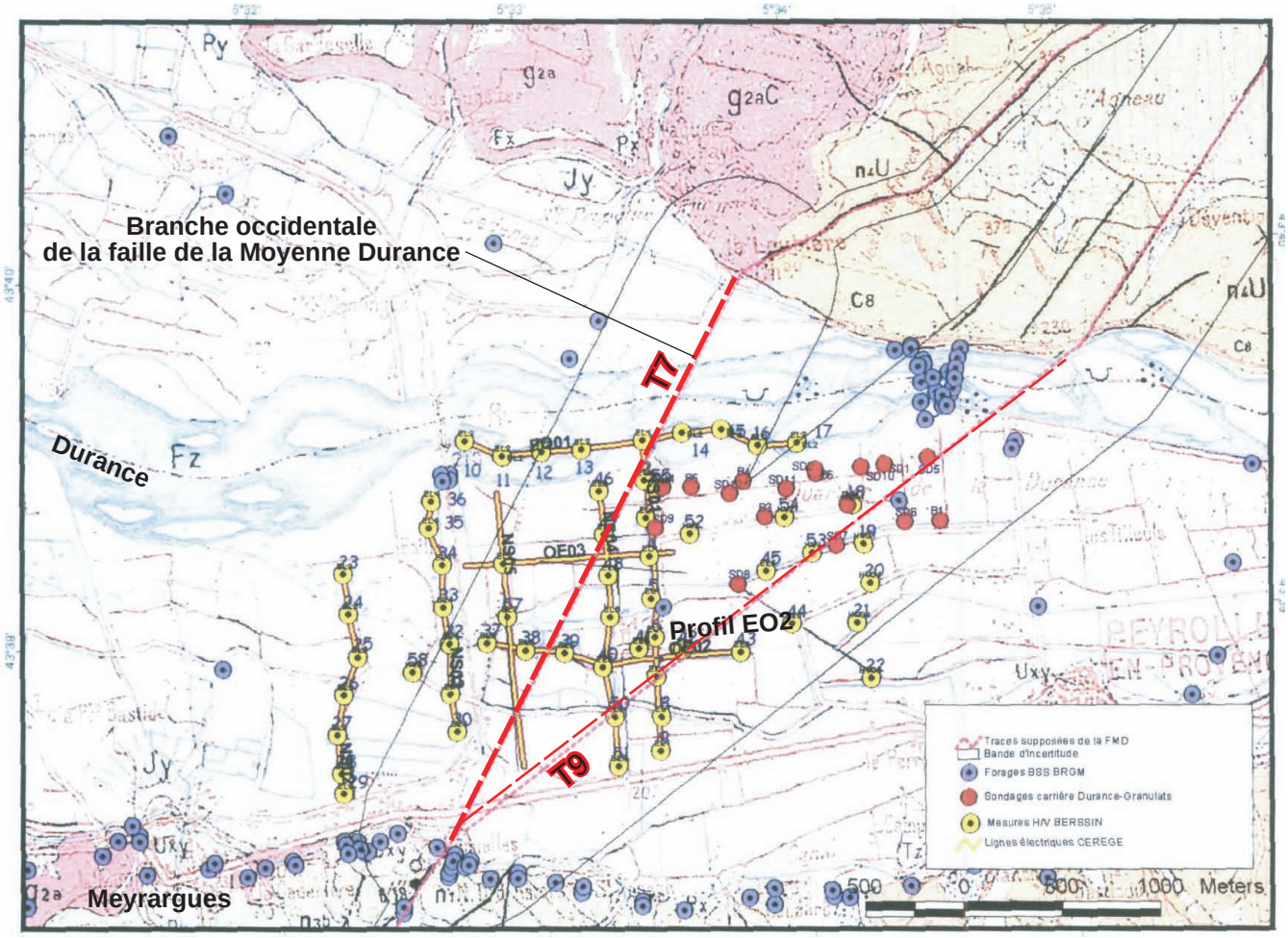




Date : 28-10-2009	Auteur : Frédéric ROSSI	Fichier : Electrique_EO1.ai	Source : Cushing *et al.*, 2005

Traitement de l'incertitude sur le tracé IRSN - Exemple d'un profil géoélectrique Est-Ouest réalisé dans la vallée de la Durance et recoupant la faille de la Moyenne Durance (d'après Cushing *et al.*, 2005)	FIGURE : A9





Date : 28-10-2009	Auteur : Frédéric ROSSI	Fichier : Electrique_EO2.ai	Source : Cushing *et al.*, 2005

Les auteurs identifieraient un jeu à double composante, inverse et sénestre.

D'un point de vue cartographique, **les résultats issus de cette étude infirment l'hypothèse d'un tracé oriental du segment T9 de la faille de la Moyenne Durance, présenté par Cushing *et al.* (2003) comme une alternative au tracé de la faille d'Aix** (Figure A 7, Figure A 8, Figure A 9).

De plus, du point de vue de la qualification de l'activité tectonique, les auteurs signalent que « *la nappe alluviale quaternaire ne porte pas de trace morphologique du mouvement supposé* ».

L'hypothèse du tracé du segment T9 n'est donc pas retenue. Le tracé du segment T7 est retenu mais son activité au Quaternaire n'apparaît pas dans la morphologie des terrasses quaternaires de la Durance.

A l'Est de Meyrargues (segment T6) :

Cette portion de la faille est très bien reconnue en rive gauche du canal EDF, près de la station de pompage et du centre de tir. A cette endroit les travaux du canal ont mis à jour un plan de faille de direction N045E, de pendage 78°W avec des stries à 14 vers le SE (jeu senestre). Un peu plus au Sud cette faille se poursuit et affecte les dépôts oligocènes affleurants (attribués au Crétacé sur la carte géologique).

Le tracé du segment T6 proposé par l'IRSN est en très bonne concordance avec le tracé du segment 4 retenu dans le PPR.

Au Sud de Meyrargues (segment T5) :

Situé dans la partie centrale de la commune au Sud du village, ce segment supposé, grossièrement NE-SW, est susceptible de recouper les formations détritiques oligocènes. Or, cette faille associée à une bande d'incertitude de 1 000 m de large ne correspond à aucun accident reconnu en surface sur le terrain ni à aucune faille cartographiée sur la carte géologique. L'existence même de ce segment reste hypothétique.

Le segment T5 est hypothétique, son tracé a été extrapolé pour faire relais vers le Sud avec la faille de la Trévaresse, Mais aucune évidence géologique ne permet de confirmer la présence de ce segment de faille.

6. Analyse des tracés retenus dans la synthèse BRGM (Terrier M., 2004/2006) et confrontation aux données disponibles

Une étude d'identification et de hiérarchisation des failles actives a été réalisée pour la région PACA entre 2002 et 2006 (Terrier M., 2002, 2004 et 2006). Cette étude a été suivie et validée par un comité scientifique composé de représentants des universités d'Aix-Marseille 3 (CEREGE, de Sophia-Antipolis (Géoscience Azur), et de JUSSIEU, ainsi que de l'IRSN et du CEA/LDG. Scindés en trois phases principales, les objectifs étaient :

- La réalisation d'une synthèse bibliographique des connaissances néotectoniques et sismotectoniques relative à la région PACA,
- L'identification des failles potentiellement actives et leur cartographie à l'échelle du 1/250 000 ;
- La classification des failles en fonction de leur potentiel sismogénique et du niveau de connaissances correspondant.

6.1 Cartographie de l'extrémité Nord de la faille d'Aix, relation avec la faille de la Moyenne Durance

Hypothèse Terrier (1991) : L'auteur considère l'éventualité que la faille d'Aix s'amortisse sous le bassin oligocène et miocène de Pertuis, au Nord de la vallée de la Durance, tandis que le segment Mirabeau – la Bastidonne, puis le segment Beaumont – Sainte Tulle constitueraient la faille inverse principale du relais faille de la Moyenne Durance, au Nord, puis de la faille d'Aix, au Sud (Figure A 3).

Hypothèse Cushing et Bellier (2003) : les auteurs proposent une cartographie des failles faisant le relais entre la faille de la Moyenne Durance et la faille d'Aix. Concernant la faille principale en relais avec la faille d'Aix, les auteurs ont proposé en 2003 deux interprétations sur le tracé de l'accident au niveau de la vallée de la Durance et dans le massif crétacé. La déformation mio-pliocène à actuelle serait concentrée sur le segment de faille de la moyenne Durance « La Brillanne – Sainte Tulle », puis sur les failles NE-SW visibles entre Sainte-Tulle et Mirabeau, puis sur celles identifiées ou supposées entre Mirabeau et Venelles. Vers le Sud, à la hauteur de Venelles, c'est sur le prolongement Est de la faille de la Trévaresse que la déformation pourrait être concentrée.

Hypothèse retenue en 2006 pour le tracé de faille de la Moyenne Durance entre Mirabeau et Venelles :

Trois tracés sont hypothétiques, supposés ou possibles (Figure A 10) :

- 1 hypothèse de tracé de faille entre Mirabeau et Meyrargues (segment 1, Terrier, 1991, 2004/2006), d'orientation NNE-SSW, correspondant probablement au prolongement nord de la faille d'Aix ; cette hypothèse ne correspond pas à l'expression en surface d'un faille cassante susceptible d'engendrer des ruptures (*cf.* chapitre 4 et 7) ; ce segment n'est donc pas retenu comme source potentielle de rupture de surface sur la commune de Meyrargues ;
- 2 hypothèses (segments T9 et T7) pour Cushing et Bellier (2003), réduite à une branche en 2005 (segment T7) ; cet accident T7 correspondrait à l'une des failles principales du relais compressif de Beaumont de Pertuis se relayant au Sud à la faille d'Aix et limitant le chevauchement du Concors vers l'Ouest. Le segment T5 qui prolongerait au Sud l'accident T6 reste hypothétique (Figure A 10).

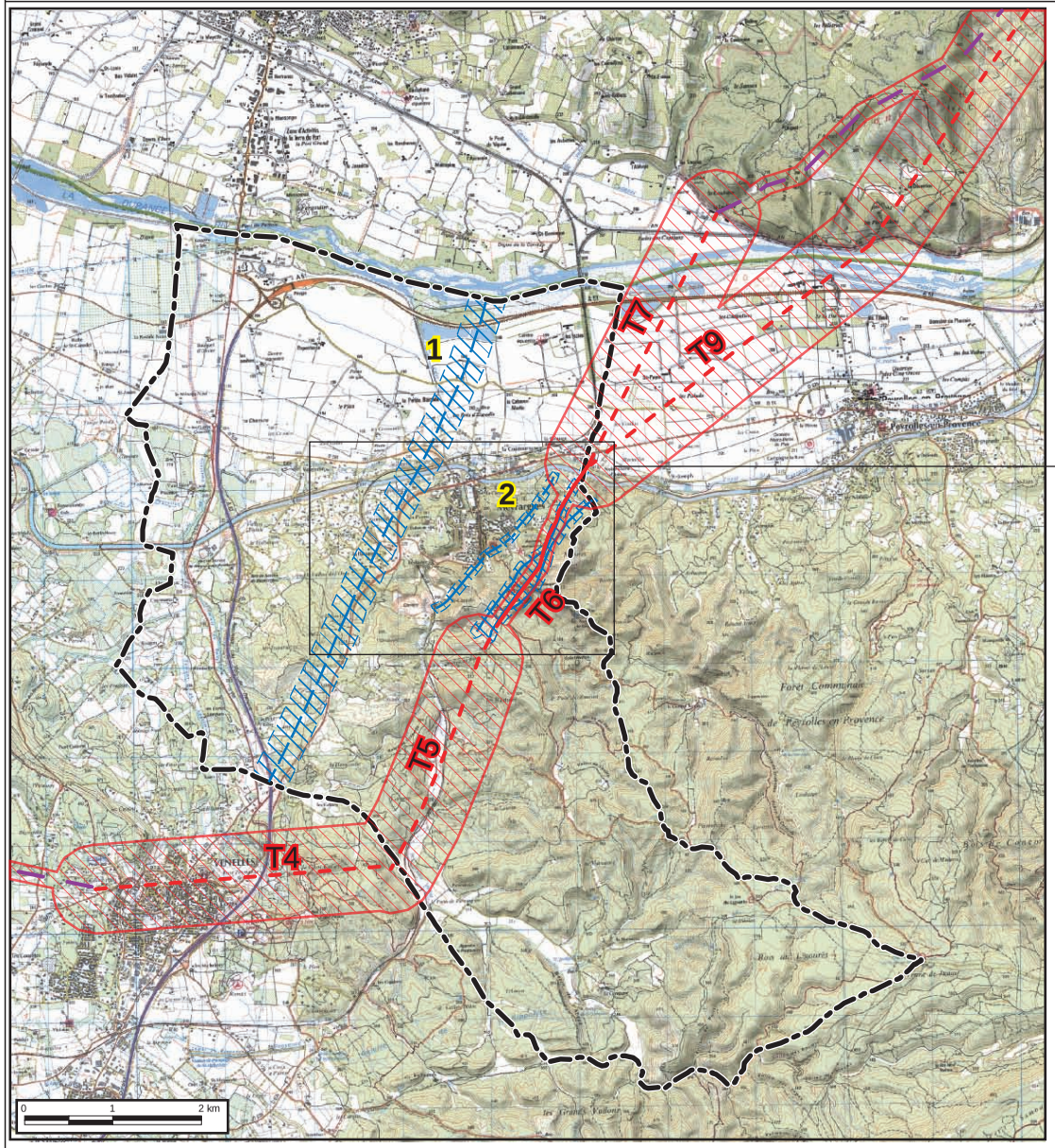
Le tracé le plus étayé à ce jour pour la faille de la Moyenne Durance, correspond aux segments T7 se prolongeant par le T6 de la cartographie IRSN/CEREGE et aux segments de failles n° 3 et 4 cartographiés dans le PPR de Meyrargues.

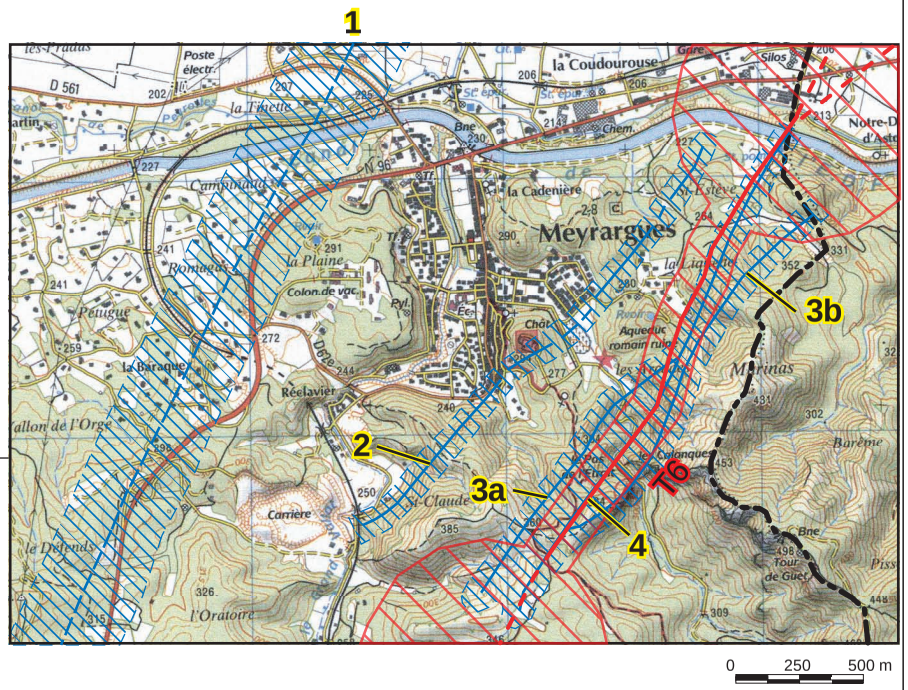
6.2 Terminaison Ouest du chevauchement du Concors

La commune de Meyrargues est traversée par l'extrémité Ouest de la faille du Concors dont le tracé se situe à proximité de la limite avec la commune voisine de Peyrolles (cf. Figure A 3). **Il convient de noter que le chevauchement du Concors n'avait pas été retenu en tant que structure active dans le PER/PPR de 1991** (cf. Figure A 4). Néanmoins, cette faille a été retenue en tant que faille active par le BRGM dans l'étude sur l'identification et la hiérarchisation des failles actives de la région PACA (Terrier *et al.*, 2006). Dans la classification du BRGM, elle est considérée dans la catégorie des failles avec un niveau d'activité faible à moyen (faille peu active) et un bon niveau de connaissances régionales (Catégorie C).

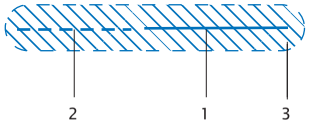
Tracé des failles et de leur “bande de voisinage immédiat” sur la commune de Meyrargues, d’après le plan de zonage du Plan d’Exposition aux Risques Naturels (rapport BRGM, CETE, Mai 1991) et les études IRSN/CEREGE (2003/2005)

FIGURE : A10

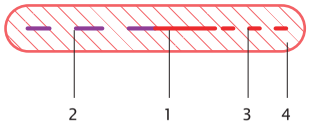




Légende sur le tracé des failles actives sur la commune de Meyrargues, satellites du système de la Moyenne Durance



1 - Tracé identifié d'une faille active
2 - Tracé supposé d'une faille active
3 - Bande définissant le voisinage immédiat de la faille et son incertitude, soumis à des prescriptions particulières pour l'urbanisme



1 - Faille reconnue
2 - Faille possible
3 - Faille hypothétique ou autre faille possible
4 - Bande d'incertitude de localisation de la faille

Date : 26-10-2009	Auteur : Frédéric ROSSI	Fichier : PER_IRSN.ai	Source : Terrier, 1991 Cushing et Bellier, 2003/2005

La structure du Concors correspond à un anticlinal déversé vers le Sud-Ouest qui se termine à l'Est contre le chevauchement des Ubacs et qui, par contre, semble s'ouvrir à l'Ouest. Le chevauchement du Concors présente une longueur cartographiée d'environ 9,5 km. Il affecterait toute la couverture sédimentaire soit au moins 2,5 km avec un plongement moyen du plan de faille très fort (80°N à 90°) (Terrier *et al.,* 2004). A l'Est, la structure du Concors fait chevaucher les formations du Jurassique supérieur sur les formations du Crétacé inférieur. A son extrémité Ouest, sur la commune de Meyrargues, Rouire *et al.* (1970) indiquent un chevauchement des terrains crétacés sur les formations oligocènes. Selon ces auteurs, la mise en place de ce chevauchement serait mio-pliocène. Il est cependant plus vraisemblable que cette faille soit d'âge Eocène supérieur (Biberon, 1988) et qu'elle ait rejoué au cours du Miocène supérieur. Par ailleurs, selon Champion (1999), la comparaison entre la répartition de différentes surfaces d'abrasion et d'accumulation des dépôts miocènes et leur altitude permet d'envisager un léger plissement de la surface d'abrasion marine d'âge Miocène moyen (-15.5 à -11 Ma) à l'aplomb de la structure. **Aucun indice de déformation néotectonique n'est rapporté pour cette faille. Le dernier rejeu supposé de cette faille est antérieur au Miocène supérieur.**

7. Les points de contrôle permettant d'affiner la localisation des segments du système de failles de la Moyenne Durance à Meyrargues

Le tracé cartographique des failles de Meyrargues identifiées dans le document PPR, la carte géologique de Pertuis (Edition du BRGM au 1/50 000ième) et les travaux de l'IRSN/CEREGE a servi de support à une reconnaissance structurale et géologique sur le terrain réalisée au mois de juin 2006.

L'objectif était d'étudier leur géométrie en surface et les décalages de marqueurs géologiques, morphologiques ou topographiques. Ces informations peuvent en effet donner des renseignements qualitatifs et quantitatifs sur la nature des mouvements « longs termes » quaternaires sur les failles.

7.1 Exploitation des informations géologiques et géotechniques existantes (travaux EDF de 1959-1962 le long du canal et d'ESCOTA en 1982 le long de l'A51)

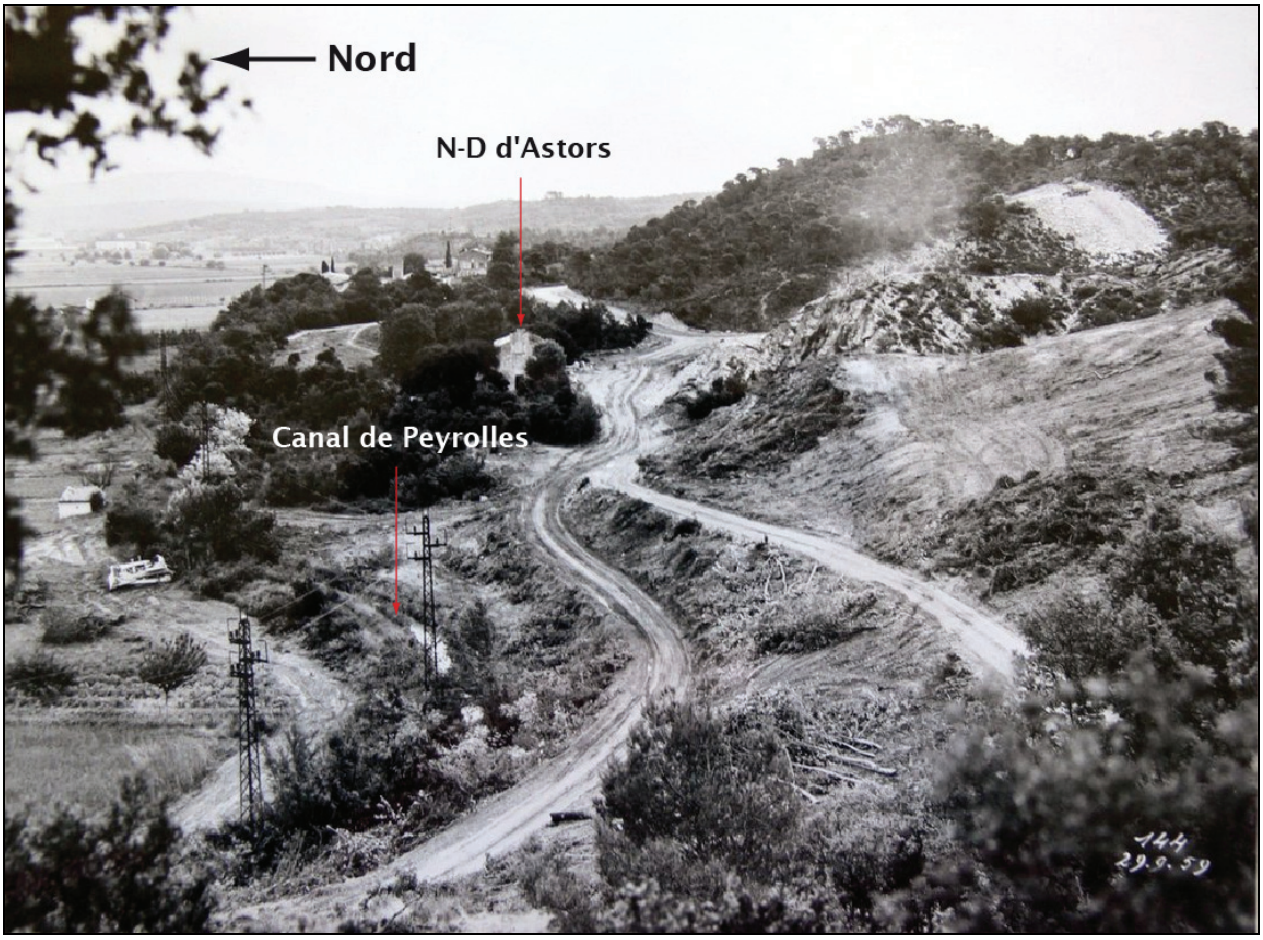
Les données géologiques ou géotechniques existantes ont été exploitées pour observer la continuité latérale des formations superficielles ou de niveau repères. Pour cela, la nature, la côte et la profondeur d'un éventuel substratum sous les alluvions duranciennes a été plus particulièrement recherché. Malheureusement les données de sondages aimablement transmises par ESCOTA (autoroute A51 dans le secteur de Meyrargues et Peyrolles) sont trop superficielles (généralement jusqu'à 5 m de profondeur) pour apporter des informations pertinentes.

Une partie des archives EDF, essentiellement les données relatives à la construction du canal EDF entre 1959 et 1962 ont été recueillies et exploitées (*cf.* fiche n°1, annexe 1).

Celle-ci apporte des éléments sur le tracé précis du segment de faille reliant la station de pompage de Meyrargues au vallon du Pin (segment n° 4 du PPR et jonction T7-T6 de la cartographie IRSN/CEREGE).

Entre la chapelle de Notre-Dame d'Astors et la « butte Saint Estève », les travaux du canal ont entraîné le décaissement quasi total d'un affleurement massif de travertins quaternaires, dont il reste quelques traces en rive droite du canal. Lors de la réalisation des travaux dans ce secteur (la butte du « lion d'or »), des documents d'archive signalent la présence d'une faille (on parle de « mylonite de faille »), de venues d'eau importantes et de sur-contraintes qui ont perturbées l'avancement des travaux.

Si l'on se fie aux indications données par ces documents, on a recoupé à cette époque, dans le secteur actuel de la station de pompage de Meyrargues, une faille de direction N30°-N40°E correspondant au plan strié de direction N45°E (cf. fiche N°5).



Photographie : *Vue vers l'Est, probablement à partir de la butte du Lion d'Or. On aperçoit la chapelle Notre-Dame d'Astors, le canal de Peyrolles et le chemin qui n'existe plus de nos jours mais qui existait à l'époque de la réalisation de la carte géologique de Pertuis entre 1950 et 1968. La faille passe aux pieds du photographe.*

7.2 Exploitation des données géologiques existantes et contrôle structural sur le terrain des segments de failles du PPR

- **Segment de faille n°1 (fiche n°2)**

Dans le secteur Ouest de Meyrargues (Fiche n°2 / segment de faille n°1, cf. Figure A 2, Figure A 3, Figure A 4) :

Ce secteur est traversé par un segment de faille supposé associé à une bande d'incertitude de l'ordre de 500 m (PER/PPR, 1991/95). A l'Ouest de Meyrargues, le long de la voie ferrée entre le dernier pont routier qui enjambe la voie et le tunnel, sur environ 300m, il est possible d'observer des formations fluviatiles d'âge Oligocène, constituées essentiellement de limons et de chenaux conglomératiques à galets bien roulés d'âge Néocomien et Rauracien. Aucune déformation notable n'est observée. On peut noter, néanmoins, la présence de quelques plans striés (jeu senestre) de faible dimension à proximité du pont.

Le long de la tranchée de la voie ferrée l'observation continue de dépôts oligocènes (marnes et chenaux conglomératiques) infirme la présence de la faille supposée dans cette zone.

Nous avons recherché d'autres indices géologiques ou géomorphologiques de la présence de la faille le long de l'emprise de sa bande d'incertitude. Aucun élément dans la série oligocène ne vient confirmer la présence de ce segment et/ou son activité récente.

Le tracé de ce segment n°1 n'est pas retenu comme une faille majeure active capable d'engendrer des ruptures tectoniques en surface.

- **Segment de faille n°2 (fiches 3 et 4)**

Dans le village de Meyrargues, au niveau du Château (Fiche n°3 / faille n°2, cf. Figure A 2, Figure A 3, Figure A 4) :

Les observations de terrain dans ce secteur (voir fiche 2) ne permettent pas de confirmer la présence d'une faille d'importance à cet endroit. Il faut noter qu'un affleurement de marno-calcaires sous une maison située au pied du château et au bord de la route, présente des déformations (différence de pendage et fracturation).

Au Sud de Meyrargues, à proximité de la carrière (Fiche n°4 / faille n°2, cf. Figure A 2, Figure A 3, Figure A 4) :

Les affleurements du bord de la route et de la voie ferrée présentent de nombreux plans striés dont les principaux ont des directions comprises entre N70 et N80°E et des pendages de 65°S. Les plans striés traduisent une déformation multiphasée normale et inverse (probablement associée à du glissement banc sur banc) et décrochant le plus souvent senestre. On observe aussi des structures de direction N160°E avec des pendages de 60°SE et des stries à 30°S à jeu dextre.

Les directions relevées concordent avec le tracé de la carte géologique dans ce secteur mais ne sont pas en accord avec la direction globalement N45°E du tracé PER/PPR.

Aucun contact anormal de direction N45°, aucun indice de déformation récente ne justifie de conserver le tracé du segment n°2 comme une faille active susceptible d'engendrer une rupture de surface sur la commune de Meyrargues.

- **Segment de faille n°4 (fiches n°5 et 6)**

Au Nord de Meyrargues, à proximité du canal EDF et du pompage d'eau potable (Fiche n°4 / Faille n°4, cf. Figure A 2, Figure A 3, Figure A 4) . Cet affleurement, bien connu, constitue l'un des témoins de la faille de la moyenne Durance dans le secteur de Meyrargues. On se situe dans un secteur où un résidu de tuf interglaciaire a complètement été raboté lors du creusement du canal mettant au jour un plan de faille N045°E 78°W 14°SE. Le bloc inférieur est constitué de calcaire crétacé et le bloc supérieur d'Oligocène. Cette faille présente un jeu polyphasé très probablement normal dans un premier temps (de part le pendage de la faille et de quelques témoins d'un jeu ancien) puis senestre (stries bien visibles avec un pitch de 14°SE).

Le nivellement de l'aqueduc romain au niveau de ce segment de la faille de la Durance, à l'Est de Meyrargues, suggère, tout en restant prudent du fait du faible nombre de point de nivellement, un décalage vertical possible d'environ 60 cm postérieur à 1500 à 2000 ans (GEOTECSIS, 1992).

Plus au Sud, sur la route qui mène au site d'escalade (Fiche n°6 / faille n°4, cf. Figure A 2, Figure A 3, Figure A 4)

Le contact anormal entre les calcaires blancs portlandiens, formant un relief haut de plusieurs dizaines de mètres et les calcaires crétacés, en contrebas, est visible dans le virage, au lieu-dit « Pas de l'Etroit ». Ce contact est souligné par des plans de direction moyenne N55° à N60°E et des pendages de 75°E à 80°W. L'observation des affleurements dans la gorge qu'emprunte la route montre la présence de nombreux plans striés et cannelés sub-parallèles à ceux observés dans le virage. Le jeu apparaît senestre avec une légère composante inverse.

Ces observations confirment sans ambiguïté le tracé de la carte géologique et du PER/PPR.

- **Segment de faille n°3a (fiche n°8)**

Au Sud-Est de Meyrargues, près de l'aqueduc romain ruiné, à proximité du lieu-dit « Les Arcades » (Fiche n°8 / Faille n°3a, cf. Figure 2, Figure 3, Figure 4) :

Dans ce secteur, les déformations sont diffuses (essentiellement de la fracturation) et ne montrent pas de structures nettes et bien identifiées. On observe des plans striés de directions variables allant de N70°E à N60°E et des pendages de 80°S. La zone déformée s'étend sur environ 200 m.

Ces observations confirment le tracé de la carte géologique.

- **Segment de faille n°3b (fiche n°8)**

A la sortie du Pas de l'Etroit en poursuivant vers le Sud Est (Fiche n°8 / Faille n°3b, cf. Figure A 2, Figure A 3, Figure A 4) :

La faille met en contact les calcaires blancs portlandiens, qui forment une falaise de plusieurs dizaines de mètres de haut et des calcaires crétacés (selon la carte géologique). La direction de ces plans sub verticaux est globalement N55°E.

Ces observations confirment le tracé de la carte géologique et du PER/PPR.

- **Segments de faille n°6 et 7 (fiche n°9)**

D'extension très limitée (à peine 4 à 5 km de longueur totale), le segment de faille n°6, globalement N-S, ne décale pas les calcaires jurassiques et crétacés situés dans le prolongement Nord et Sud de cet accident.

De plus, les études réalisées par l'IRSN/CEREGE, précédemment citées, suggèrent un raccordement avec le segment situé plus au Nord, lui même scellé ou fossilisé par les dépôts miocènes de Jouques.

Ces deux segments n°6 et 7, d'extension limitée (<5km), ne sont pas retenus comme des failles actives susceptibles d'engendrer une rupture de surface.

- **Segment de faille n°5 (fiche n°10)**

La carte géologique montre une faille d'extension limitée (environ 5 km) globalement N-S dans sa première moitié puis NNE-SSW. D'extension très limitée, le segment de faille n°5, ne décale pas les calcaires jurassiques et les dépôts oligocènes situés dans le prolongement Nord et Sud de cet accident.

Dans le secteur de Sauvan (Sud de la commune) (Fiche n°10 / faille n°5, cf. Figure A 2, Figure A 3, Figure A 4) :

Les éventuelles déformations n'ont pu être observées à l'extrémité Nord de ce segment en raison d'une mauvaise qualité d'affleurement. Des déformations on été observées aux points 5a et 5b (voir fiche n°8) où les formations crétacées (essentiellement Valanginien et Hauterivien) montrent un faible décalage des limites de contact suggérant un jeu relativement modeste de ce segment de faille.

Les observations de terrain suggèrent la présence d'une faille de faible importance, comme indiqué sur la carte géologique ; **néanmoins, du fait de la faible extension de ce segment et des très faibles décalages associés, ce segment n'est pas retenu comme une faille active susceptible d'engendrer une rupture de surface.**

8. Caractérisation de l'activité sismique potentielle des segments du système de failles de la Moyenne Durance

La probabilité pour qu'une rupture cosismique se propage jusqu'à la surface peut être quantifiée en déterminant une loi de distribution de l'activité sismique, à partir de données instrumentales, historiques et/ou paléosismiques. On cherche ainsi à déterminer les périodes de retour des séismes dont les caractéristiques sont suffisantes pour provoquer une rupture de surface.

On peut aussi faire référence aux données géologiques qui permettent d'approcher le résultat d'une déformation cumulée sur une certaine période de temps.

8.1 Les évidences de paléoséismes

Depuis les années 90, la recherche et l'étude des indices de déformation pléistocène par les méthodes de géologie classique et les méthodes morphostructurales ont permis de préciser l'activité tectonique récente du système de failles de la Durance, et d'envisager l'existence de ruptures de surface liées à des séismes forts survenus lors des quelques derniers milliers à dizaines de milliers d'années (Ghafiri, 1995 ; Blès et al., 1995 ; Grellet *et al.*, 1995 ; Bellier *et al.,* 1997 ; Cushing *et al.,* 1997 ; Peulvast *et al.,* 1999 ; Baroux, 2000 ; Guignard, 2002, Cushing *et al.,* 2005, Scotti *et al.,* 2005, Aochi *et al.,* 2006).

Les déformations de surface observées dans le ravin de Valvéranne (Ghafiri, 1995) supposent l'existence d'un lien avec une faille capable d'engendrer des séismes beaucoup plus forts que ceux connus historiquement, et probablement plus profonds (magnitude évaluée à 6.5-7 pour les paléoséismes, au lieu de 5.0-5.5 pour les séismes historiques considérés comme superficiels).

Les décalages verticaux de terrasses quaternaires observés dans le ravin de Valvéranne ou à la Brillanne sont en relation avec les segments Nord du système de failles de la FMD, ou avec le pli de Manosque.

8.2 Caractérisation de l'activité tectonique des failles par les marqueurs géologiques et géomorphologiques

Depuis 10 ans, de nombreux travaux ont concerné l'activité et le tracé du système de failles de la Moyenne Durance (*cf.* chapitre 3.). Il est ainsi possible de relativiser et de hiérarchiser l'activité potentielle des principaux segments de failles composant le système de failles de la Durance (Cushing *et al.,* 2004 ; Scotti *et al.,* 2005 ; Terrier *et al.*, 2006 ; Cushing *et al.,* 2007).

Référence des travaux	Marqueur/méthode	Segment de faille concerné	Vitesse moyenne du segment en mm/an
Ghafiri, 1995	Rupture paléosismique entre 25 et 9 ka. Décalage niveau récent dans tranchée	Pli de Manosque	0.07 à 0.13 (verticale)
Bénédicto, 1996	Décalage de la base du Miocène	Segment Nord Durance	0.08 à 0.14 mm (verticale)
Cushing *et al.,* 1997	Décalage de lit de rivière	Segment Nord Durance (Manosque)	0.05 à 0.22 mm (horizontale)
Baroux, 2000	Morphologie. Modélisation de la déformation anticlinale de Manosque	Pli de Manosque	0.11 mm (verticale)
Siame *et al.*, 2001	Terrasses décalées, abandon des terrasses, taux d'incision, utilisant des marqueurs cosmogéniques	Segment Nord Durance	0.02 à 0.11 mm (verticale)
Nockey, 2005	Réseau GPS permanent depuis 4 ans	Ensemble FMD	0.05mm (horizontale)
Cushing *et al.,* 2005	Ria pliocène décalée	Segment Mirabeau-Venelles	Hypothèse 1 : 140m vertical en 5.3Ma = 0.026mm ; Hypothèse 2 : 750m horizontal en 5.3Ma = 0.14mm.
Cushing *et al.,* 2007	Synthèse pluridisciplinaire	Ensemble des segments du système de failles	<0.1 mm/an

Tableau 4 : Synthèse des hypothèses sur la vitesse de déformation moyenne annuelle de la FMD

L'hypothèse haute communément admise par la communauté scientifique est de considérer une vitesse moyenne de glissement de 0.1 mm/an pour l'ensemble des segments composant la FMD (cf. Synthèse Cushing *et al.,* 2007).

8.3 Segmentation du système de failles de la Durance

Les hypothèses sur la segmentation du système de failles de la Durance, issues des travaux récents (Baroux, 2000, Cushing *et al.,* 2003, Scotti *et al.,* 2005, Aochi *et al.*, 2006), font ressortir la prise en compte de 3 à 10 segments de failles, de longueurs comprises entre 8 et 25 km suivant les hypothèses. Les profondeurs et l'enracinement de ces différents segments restent soumis aux hypothèses.

Hypothèses Cushing *et al,* 2007		**Hypothèses Baroux, 2000**		**Hypothèses Scotti at al, Aochi *et al,* 2006**		**Hypothèses GEOTER, 2007-2009**	
Segmentation FMD	*Longueur km*	*Segmentation FMD*	*Long. km*	*Segmentation FMD*	*Long. km*	*Segmentation FMD*	*Long. km*
Château-Arnoux/Peyruis	12	FMD NORD = Château-Arnoux/Peyruis-La Brillanne	18	Château-Arnoux/Peyruis 1	9.9	Château-Arnoux/ Peyruis/ La Brillanne S1 (21km)	S1a= 11
Peyruis/Villeneuve	15			Peyruis/Villeneuve 2	16.3		S1b=10
Villeneuve/ Ouest-Manosque	11	Pli de Manosque	19	La Brillanne/ Ouest-Manosque 5	10.9	La Brillanne/ Villeneuve/ Nord Manosque/ Bastide des Jourdans S2 (29km)	S2a=16
Pierrevert/La Bastide des Jourdans	9			Pierrevert/La Bastide des Jourdans 5	9.0		S2b=13
Villeneuve/ Est Manosque	9	FMD SUD = La Brillanne/vallée Durance/Ste Tulle/Mirabeau	25	La Brillanne/ Est Manosque 3	9.9	La Brillanne/ Mirabeau/ La Bastidonne (S3=40km)	S3a=22
Est Manosque -Mirabeau	18			Est Manosque/ Mirabeau 4	17.2		S3b=18

Hypothèses Cushing *et al,* 2007		Hypothèses Baroux, 2000		Hypothèses Scotti at al, Aochi *et al,* 2006		Hypothèses GEOTER, 2007-2009	
Mirabeau/La Bastidonne	8	Autre segment		Autre segment 6	8		
Mirabeau/Loubière	8	Autre segment		Mirabeau/ Venelles 7	18	Mirabeau/ Meyrargues	S4=14
Meyrargues/Venelles	8						

Tableau 5 : Synthèse des hypothèses de segmentation de la FMD

Suivant les hypothèses de l'IRSN/CEREGE, la faille de la Moyenne Durance (FMD) est composée de 5 à 10 segments pour une longueur totale d'environ 80 km (segments en bleu, hors pli de Manosque et segments secondaires). Les segments les plus longs d'une longueur de 16/18 km ont la potentialité sismique pour engendrer des séismes de magnitude Mw proche de 6.3. Dans l'hypothèse d'une rupture de l'ensemble des segments (pour une longueur totale de 80 km) la Magnitude maximale de la FMD serait proche de la magnitude 7.

D'après les études de paléosismicité, ces auteurs admettent que pour une vitesse moyenne de la faille de 0.1 mm/an, la récurrence à l'échelle du système de failles d'un séisme de magnitude proche de M=6.3 pouvant engendrer un déplacement maximal en surface de 1 m est supérieur à 10 000 ans.

Dans la modélisation réalisée par Baroux (2000), les profondeurs sismogéniques pour les segments de failles sont comprises entre 5 et 7.5 km. En utilisant les lois empirico-statistiques de Wells et Coppersmith (1994), l'auteur a calculé des valeurs de magnitude du séisme maximum de chaque segment de la FMD. Ces valeurs sont comprises entre Mw = 6.4 et Mw = 6.7. Ces chiffres rejoignent ceux proposés par Ghafiri (1993, 1995) à partir de l'étude des déplacements paléosismiques de Valvéranne, et l'utilisation des mêmes lois empiriques.

Par ailleurs, toujours d'après Baroux (2000), dans le cas extrême où le système de failles de la Moyenne Durance jouerait sur toute sa longueur, le séisme maximum pourrait avoir une magnitude de moment égale à Mw = 7.24 ± 0.26. Cette hypothèse est considérée comme difficilement concevable. Par contre, il est théoriquement possible que le séisme fasse rejouer deux segments consécutifs (segments Sud et de La Brillanne), sur une longueur de 38 km, ce qui conduirait à une Mw de l'ordre de 6.9 (Baroux, 2000).

A partir de ces résultats, une estimation des déplacements moyens en surface et des périodes de retour est proposée, pour les séismes de magnitudes 6.4 à 6.7, à partir des mêmes relations et d'hypothèses sur les taux moyens de déplacement co-sismique (Baroux, 2000).

Segment de faille	Longueur (en km)	Déplacement moyen en surface (en m)	Période de retour moyenne des forts séismes	Déplacement maximum en surface (en m)	Période de retour maximum des forts séismes
FMD Nord Château-Arnoux/Peyruis/La Brillanne	18	0.57 ± 0.41	2 500 à 3 000 ans	0.70 ± 0.39	4 700 ans
Pli de Manosque	19	0.62	5 500 ans	1.25 ordre de grandeur du déplacement estimé à Valvéranne)	11 000 ans
FMD Sud La Brillanne/vallée Durance/Sainte Tulle/Corbières	25	0.80	7 000 ans	1.20	10 000 ans

Tableau 6 : Caractérisation géologique de l'activité des 3 principaux segments du système de failles de la moyenne Durance (Baroux, 2000)

Dans l'étude sur l'identification et la hiérarchisation de failles actives de la région PACA, Terrier *et al.* (2006) ont évalué la magnitude maximale des séismes en fonction de la longueur des plans de ruptures, en utilisant les relations empiriques de Wells et Coppersmith (1994). Cette magnitude maximale correspond au séisme maximal physiquement possible qui pourrait se produire dans le cas extrême où toute la longueur de la faille ou du système de failles rompt. Concernant le système de failles de la Moyenne Durance, la magnitude maximale est ainsi évaluée à Mw=7.0±0.2, correspondant à 60 km de rupture.

Selon les auteurs, le segment de faille recoupant la commune de Meyrargues appartient au système de failles d'Aix-en-Provence. Il s'agit du segment Nord Durance-Venelles (cf. Figure A 3). La magnitude maximale associée à ce segment de faille est évaluée à 5.7±0.1.

Concernant le chevauchement du Concors, les auteurs évaluent sa magnitude maximale à 5.8±.0.1 par rapport à une longueur maximale de 10 km.

Nom du système	**Nom du segment de faille**	**Classification (Activité/Connais-sance)**	**Longueur**	**Magnitude maximale** d'après Wells et Coppersmith (1994)
Système de failles de la Moyenne Durance	Longueur totale	Elevé / A	60 km	7.0±0.2
Système de failles d'Aix-en-Provence	Segment Nord, Durance-Venelles	Elevé / A	8 km	5.7±0.1
Chevauchement du Concors	Longueur totale	Faible / C	10 km	5.8 ±0.1

En conclusion, selon les auteurs, le segment de faille NE-SW recoupant la commune de Meyrargues est rattaché soit au système de faille de la Moyenne-Durance au Nord (*e.g.* Cushing et Bellier, 2003 ; Cushing *et al.*, 2007), soit au système de failles d'Aix-en-Provence (Terrier *et al.,* 2006). En tout état de cause, elle se situe dans la zone du relais compressif de beaumont-de-Pertuis qui connecte les deux systèmes.

Tous ces calculs suggèrent un taux de déplacement actuel sur le système de failles de la Moyenne Durance de l'ordre de 0.1 mm/an voire bien inférieur (Baroux, 2000, Cushing *et al.*, 2003 ; Scotti *et al.,* 2006 ; Cushing *et al.,* 2007).

Dans les hypothèses de Baroux (2000), le segment Nord de la FMD est plus actif que le segment Sud. Il convient en particulier de souligner que les données de paléosismicité disponibles ne concernent que des segments situés au Nord de la commune.

9. Segments de faille restant à considérer sur la commune

9.1 Segments de faille non retenus

L'étude a intégré et analysé les nombreux travaux menés depuis 1991 sur la faille de la Moyenne Durance. Un contrôle terrain a permis d'apprécier la réalité et la localisation précise des failles par rapport à la zone d'emprise figurant dans le Plan de Prévention des Risques, ainsi que les incertitudes résultantes.

Il n'apparaît plus justifié de conserver les tracés des segments de faille n°1, 2, 5, 6 et 7 dans le PPR de la commune de Meyrargues ; ces segments ne pouvant pas être considérés comme des failles actives capables d'engendrer une « rupture de surface » sur les critères définis dans les chapitres précédents :

- **Segment n°1 (Figure A 4 et Figure A 5)**

  Le tracé de ce segment n°1 ne correspond pas à une faille majeure active capable d'engendrer des ruptures co-sismiques laissant des traces de déplacement en surface. Il n'a pas de réalité en surface et son existence en profondeur repose sur une hypothèse.

- **Segment n°2 (Figure A 4 et Figure A 5)**

  Aucun contact anormal ne correspondant à ce segment ; aucun indice de déformation récente ne justifie de conserver le tracé du segment n°2 comme une faille active susceptible d'engendrer une rupture de surface.

- **Segments n°5, 6 et 7 (Figure A 4 et Figure A 5)**

  Ces trois segments n°5, 6 et 7, d'extension limitée (< 5km), ne décalent pas les calcaires jurassiques, crétacés et les formations miocènes situées à leurs extrémités ; ils ne sont pas retenus comme des failles actives susceptibles d'engendrer une rupture de surface. Pour être considérée comme susceptible de générer une rupture en surface, une faille doit avoir une extension de plus de 5 km de long.

9.2 Segments de failles restant à considérer et pour lesquels l'aléa rupture en surface doit être précisé

Les travaux récents (IRSN/CEREGE 2003-2007, BRGM 2002-2006) et les contrôles terrains opérés dans cette étude accréditent l'existence d'une faille principale constituant un relais entre le système compressif de Beaumont de Pertuis au Nord, et la faille d'Aix au Sud. Ce tracé de faille, déjà reconnue lors des travaux du canal EDF en 1959, limite l'extension du chevauchement du Concors vers l'Ouest et correspond aux segments T7 et T6 des études IRSN/CEREGE (Figure A 7 et Figure A 10). C'est le tracé de faille qui est le plus étayé à ce jour, au moins dans sa partie « station de pompage-vallon du Pin ». Il correspond dans ce secteur aux segments de failles n° 3 et 4 cartographiés dans le PPR de Meyrargues.

- **Devenir en termes d'aléa des segments n°3a, 3b et 4 du PPR (Figure A 4, Figure A 12)**

Ces segments de failles se caractérisent :

- par une zone de déformation concentrée à proximité immédiate des plans de failles, d'une épaisseur de 20 à 30 m de large de part et d'autre de ces plans de failles,
- lorsque ces failles sont organisées en faisceau, elles sont séparées par un ensemble de déformation plus diffuse d'une largeur variant de 50 à 300 m (encadrant les plans de failles visibles sur le terrain).

Ces bandes de déformation justifient de conserver dans le PPR une largeur de bande (comprise entre 50 et 300 m) dans laquelle des prescriptions particulières sont définies.

Le segment de faille principale représentant la faille de la Durance se prolonge au Nord dans la plaine alluviale de la commune de Peyrolles.

Au Sud, la faille principale pourrait se prolonger par le **tracé en pointillé du segment T5** de l'étude IRSN/CEREGE (cf. Figure A 10). Néanmoins le tracé de cette faille hypothétique a été extrapolé dans les études antérieures, pour faire relais vers le Sud avec la faille de la Trévaresse. Ce segment de faille apparaît trop incertain et non contraint sur le terrain pour être retenu, à ce jour, comme une source d'aléa « rupture de surface » potentiel sur la commune.

Concernant le **chevauchement du Concors**, rappelons que cette faille n'avait pas été retenue comme structure active dans le PER/PPR de 1991. Le dernier rejeu supposé de cette faille est antérieur au Miocène supérieur et aucun indice de déformation néotectonique ou d'anomalie géomorphologique quaternaire ne permet de confirmer une activité récente sur cette faille. D'après la synthèse BRGM sur les failles actives de la région PACA (Terrier *et al.,* 2006), cette faille a un niveau d'activité faible à moyen (faille peu active) avec un bon niveau de connaissances régionales. Seule l'extrémité Ouest de cette faille traverse la commune de Meyrargues à proximité de la limite avec la commune de Peyrolles-en-Provence. En outre, hormis les considérations sur son niveau d'activité, on peut souligner que la terminaison Ouest de ce chevauchement coïncide avec la base de la falaise des calcaires jurassiques. Cette zone est donc soumise à un aléa éboulement rocheux fort.

9.3 Synthèse sur l'appréciation des connaissances relatives aux failles actives de la commune de Meyrargues

Les segments de failles recoupant la commune de Meyrargues ont été analysés et hiérarchisés suivant la méthodologie développée pour la DIREN PACA (Combes *et al.,* 2001, 2003) et la DDE Guadeloupe (Monge *et al*., 2001/2004/2005/2007). Cette analyse combine le niveau de connaissances actuelles sur le tracé en surface et sur le niveau d'activité reconnu.

Les connaissances sur les failles potentiellement actives intéressant la commune sont synthétisées dans le Tableau 7 (connaissance sur le tracé) et Tableau 8 (connaissance sur le niveau d'activité). La qualité des connaissances sur l'activité et le tracé, et les incertitudes restantes, sont notamment transcrites sur la carte (cf. Carte 4 et Figure A 12) par la nature du trait de faille (continu, tirets, absent) et la largeur des zones concernées.

Dénomination des failles	Faille ou système de failles	Segment Meyrargues-Venelles	Chevauchement du Concors
Tracé et géométrie en surface	Longueur observée	2,5 km	9,5 km
	Longueur totale suspectée	> 8 km	9,5 km
	Géométrie : direction, pendage	N30°E à N45°E, pendage NO de 70-80°	N120°E, pendage moyen de 80°N à vertical
	Appartenance à un système de failles plus important	Oui, système de failles d'Aix-Moyenne-Durance	Non
	Faille identifiée à l'échelle régionale (1/100 000 à 1/250 000)	Oui (1/250 000)	Oui (1/250 000)
	Faille identifiée sur la carte géologique (1/50 000)	Oui (faisceau de 3 segments)	Oui
	Faille identifiée dans article ou thèse universitaire	Oui (*e.g.* Terrier, 1991)	Oui (*e.g.* Biberon, 1988)
	Faille identifiée dans le cadre d'une étude appliquée (1/25 000-1/10 000)	Oui, étude GEOTER, 2006	Néant
Géométrie en profondeur (géophysique)	A l'échelle de la faille (1/100 000 à 1/50 000)	Oui, synthèse BRGM failles actives PACA (*cf.* Terrier *et al.,* 2004/2006)	Néant
	Ponctuellement à l'échelle d'un site (1/10 000)	Oui, étude géophysique IRSN dans la vallée de la Durance (Cushing *et al.,* 2005)	Néant
Classification selon l'étude BRGM (Terrier *et al.,* 2006)		Niveau de connaissance moyen	Niveau de connaissance bon
Synthèse des connaissances sur le tracé		Localisation précise, Echelle : 1/10 000 à 1/1 000	Présence confirmée, Echelle : 1/50 000 à 1/25 000

Tableau 7 : Synthèse des connaissances relatives au tracé des failles potentiellement actives recoupant la commune de Meyrargues

Dénomination		Activité (approche géologique)				Classification selon l'étude BRGM (Terrier *et al.,* 2006)	Synthèse des connaissances sur le niveau d'activité
Faille, système ou segment de faille	Expression morphologique reconnue	Age des terrains décalés les plus récents	Indice de rupture quaternaire ponctuel	Rupture paléosismique reconnue	Séisme connu de magnitude ≥5,0 à 5,5 associé à la faille		
Faille du Concors	Oui	Oligocène (Miocène sup. ? Champion, 1999)	Non	Non	Non	Activité Faible	**Activité douteuse** (Âge reconnu du dernier rejeu >7 Ma)
Segment Meyrargues-Venelles du système de failles de la Moyenne Durance	Oui	Oligocène	Non	Non	Non	Activité Elevée	*Segment Mirabeau-Meyrargues appartenant au système de failles de la Moyenne Durance :* **Activité reconnue** ≤ 30 000 ans
Segments Nord du système de failles de la Moyenne Durance entre Manosque et La Brillanne	*Oui*	*Quaternaire*	*Oui*	*Oui*	*Oui*	Activité Elevée	

Tableau 8 : Synthèse des connaissances relatives à l'activité des failles recoupant la commune de Meyrargues

La méthodologie appliquée consiste à qualifier chaque faille ou segment appartenant à un système de failles par un indice de qualité (I.Q., Tableau 9). Cet indice de qualité (A, B ou C) combine à travers un tableau croisé, l'état des connaissances sur le tracé et le niveau d'activité de la faille ou du segment de faille. **Un indice de qualité des connaissances minimum (I.Q.= B ou C) est requis pour évaluer l'aléa faille active capable d'engendrer une rupture co-sismique en surface.**

Tracé de la faille : connaissance et précision spatiale	**Activité de la faille : Activité tectonique et/ou paléosismique**		
	Douteuse (≤2 Ma) (Pas de rupture néotectonique quaternaire reconnues)	Probable (≤700 ka)	Reconnue (≤30 000 ans)
Présomption d'existence, 1/100 000 à 1/50 000, 300 à 500 m de large.			
Présence confirmée, 1/50 000 à 1/25 000, 150 à 300 m de large.	**Faille du Concors**		*Segments Nord du système de failles de la Moyenne Durance entre Manosque et La Brillanne*
Localisation précise, 1/10 000 à 1/1 000, 50 à 150 m de large.	**Segment Mirabeau-Meyrargues du système de failles de la Moyenne Durance**		

IQ=A | IQ=B | IQ=C

Tableau 9 : Appréciation (Indice de Qualité) des connaissances relatives aux failles actives de la commune de Meyrargues

En conclusion, les arguments suivant conduisent à retenir ou non les failles potentiellement actives de la commune de Meyrargues :

- Le tracé du **chevauchement du Concors** est confirmé par les différentes études. Il est contraint à l'échelle cartographique du 1/50 000 avec un bon niveau de connaissances régionales (cf. Terrier *et al.,* 2006). Le dernier rejeu sur cette structure est antérieur au Miocène supérieur soit > 7 Ma. Aucun indice néotectonique n'est connu à l'heure actuelle sur cette faille. Aucun séisme historique significatif (M≥ 5.0) n'est rattaché à cette faille. Par ailleurs, la synthèse BRGM sur les failles actives de la région PACA classe cette faille avec un faible niveau d'activité. **Pour ces raisons, le chevauchement du Concors n'est pas considéré pour le PPR de Meyrargues en tant que faille active susceptible d'engendrer une rupture de surface**. Par ailleurs, le tracé en surface de la faille du Concors longe la falaise de calcaires jurassiques le long de laquelle un aléa éboulement rocheux est reconnu comme fort. Dans le plan de zonage réglementaire du PPR, ce secteur est en effet classé en zone rouge du fait de la présence d'un aléa éboulement rocheux fort.

- **Les segments de failles NE-SW** (segments n°3a, 3b et 4 du PPR, Figure A 4, Figure A 12) qui traversent la commune de Meyrargues entre la station de pompage et le Vallon du Pin appartiennent au système de failles de la Moyenne Durance le long duquel ont été observé plusieurs indices de déformations quaternaires et au moins une rupture de surface liée à un paléoséisme, d'âge compris entre 1 000 et 26 000 ans et de magnitude Mw comprise entre 6.4 et 6.9. Par ailleurs, ce système a connu historiquement plusieurs séismes de magnitude proche de 5.0 (1509, 1708, 1812 et 1913). Par ailleurs, la synthèse BRGM sur les failles actives de la région PACA classe cette faille (Mirabeau-Meyrargues) avec un niveau d'activité élevé. Pour ces raisons, il apparaît justifié de **considérer ces segments de faille pour le PPR de Meyrargues en tant que faille active capables d'engendrer une rupture de surface.**

Pour **qualifier l'aléa « rupture en surface »** des segments restant à considérer sur le territoire communal, nous exploitons, dans le chapitre suivant, les données de sismicité et de paléosismicité, pour déterminer, par une approche probabiliste, les périodes de retour des séismes dont la magnitude et la profondeur seraient suffisantes pour engendrer des déplacements permanents en surface.

10. Caractérisation de l'activité par exploitation des données de sismicité

10.1 Données de sismicité

La compilation et l'homogénéisation de ces données, ont été mises à jour à partir des travaux de GEOTER (Martin *et al.,* 2002), menés dans le cadre de la réalisation du zonage sismique probabiliste de la France (Etude MEDD, 2002), pour disposer d'une base complète jusqu'à fin 2008 (compilation GEOTER, 2009).

Le catalogue à partir duquel les analyses sont faites résulte de la compilation et de la sélection de données dont les sources proviennent :

- Du catalogue du CEA/LDG pour les séismes instrumentaux à partir de 1962, définis en magnitude ML(LDG) ;
- Du fichier IRSN de Levret *et al.* (1996), correspondant aux séismes historiques français dont les caractéristiques macrosismiques sont les mieux connues et qui ont fait l'objet d'études de cas ; la magnitude spécifiée est supposée équivalente à la magnitude ML(LDG) ;
- Du catalogue SISFRANCE (BRGM/CEA/EDF) des séismes historiques connus uniquement par leurs paramètres qualitatifs macrosismiques jusqu'à l'année 1961 ; les magnitudes sont directement calculées à partir de la loi de Levret (1996), en utilisant l'intensité épicentrale du catalogue SISFRANCE et la profondeur moyenne des zones source. La magnitude résultant de l'application de cette relation est supposée correspondre à la magnitude ML(LDG) ;
- De données bibliographiques portant sur les caractéristiques de certains séismes historiques (Document 278 du BRGM, 1998, Baroux *et al.,* 2003, Stich *et al.,* 2005) ;
- Des réseaux régionaux et locaux.

Sismicité historique

La région de la Moyenne Durance est caractérisée par une activité sismique récurrente, définie par une concentration linéaire d'épicentres macrosismiques situés entre Beaumont de Pertuis et Volx (on compte un séisme destructeur par siècle d'intensité épicentrale VII-VIII à VIII, équivalente à une magnitude comprise entre 4.7 et 5.3 (Figure A 2).

Les deux séismes historiques les plus importants, connus sur les 5 derniers siècles sont :

- Le séisme du 13-12-1509, Io = VIII, épicentre à Manosque,
- Le séisme du 14-08-1708, Io = VIII, choc principal d'un essaim sismique qui a duré jusqu'en Octobre 1708 et situé entre Manosque et Sainte-Tulle.

Parmi les autres séismes majeurs, on relève aussi les séismes du 20 mars 1812 (Io = VII-VIII, épicentre à Beaumont), du 14 mai 1913 (Io = VII-VIII, épicentre à Volx). Plusieurs autres événements d'intensité épicentrale inférieure ou égale à VII sont identifiés; leurs épicentres étant situés entre Beaumont et Volx; il s'agit en particulier des séismes du 07 mars 1835, 25 et 26 décembre 1852, 17 décembre 1858, 21 mars 1897, 30 septembre 1937 et juillet 1938.

Aucun de ces séismes n'a produit de rupture en surface du sol. Tous sont localisés à proximité des segments Nord de la faille de la Moyenne Durance, au Nord de la commune.

Sismicité instrumentale

Depuis l'implantation des réseaux nationaux de surveillance sismique (Laboratoire de Détection et de Géophysique du Commissariat à 1'Energie Atomique (LDG/CEA), Réseau National de Surveillance Sismique du Bureau Central Sismologique Français (RéNaSS/BCSF), une microsismicité significative a été attribuée à la faille de la Moyenne Durance. Des séismes de faible magnitude (M < 3.5) sont enregistrés régulièrement, particulièrement en rive droite de la Durance, avec des profondeurs focales inférieures à 6 km avec quelques exceptions vers 8-10 km. Ces enregistrements présentent un grand intérêt pour localiser et étudier les sources sismiques, pour étudier la cinématique de la faille, et à terme mieux caractériser son activité.

Depuis 1991, l'IRSN a installé un réseau de stations sismologiques, centré sur la faille de la Moyenne Durance, comprenant des accéléromètres et des vélocimètres. Sa mise en exploitation est opérationnelle depuis 1996 (Cushing *et al.,* 2000).

Un des intérêts de ce réseau est de pouvoir localiser finement l'activité sismique et notamment de préciser la profondeur des hypocentres (Volant *et al.,* 2000).

Deux mécanismes au foyer ont été calculés avec trois solutions de profondeur (3, 6, 9 km) pour les séismes du 07/10/96 (environ de Manosque) et 08/02/97 (environ de Jouques). Les solutions confirment le jeu décrochant senestre pour le système durancien avec un axe P (contrainte horizontale maximale) Nord-Sud à NW-SE.

L'IPG Strasbourg a calculé quelques mécanismes au foyer depuis la mise en service du réseau de surveillance sismique de la Provence (années 80). Les résultats des mécanismes au foyer de la région de Marseille (séisme du 19 février 1984 : 43.43°N, 5.52°E), du secteur de Valensole, au Sud-Ouest de Digne (séisme du 19 juin 1984 : 43.99°N, 6.16°E) et du Vercors (séisme du 25 avril 1962 : 44.97°N, 5.44°E)

semblent indiquer que l'orientation Nord-Sud de la contrainte horizontale maximum est homogène dans le domaine Sud des Préalpes et en Provence.

Les données les plus proches de l'accident durancien montrent que la contrainte horizontale maximale est subméridienne en Provence méridionale (contrainte horizontale maximale orientée N05°E dans un forage des houillères de Gardanne situé par 43.51° de latitude Nord et 5.29° de longitude Est).

10.2 Principe de la méthode : probabilité qu'un séisme engendre une rupture de surface

Pour caractériser l'aléa faille active capable d'engendrer une rupture en surface, la méthode suppose de définir des critères permettant d'apprécier la probabilité que survienne une telle rupture.

Cette probabilité est définie par :

$$P_{(rs,t)} = P_{(M \geq M0,\ H \leq H0,t)} \times P_{propagation}$$

$P_{(rs,t)}$ = Probabilité qu'une rupture de surface se produise sur une période de temps t.

$P_{(M \geq M0,\ H \leq H0,t)}$ = Probabilité d'occurrence d'un séisme dont les magnitude et profondeur réunissent les critères pour produire une rupture en surface.

$P_{propagation}$ = Probabilité que la rupture atteigne effectivement la surface (compte tenu des propriétés mécaniques et dynamiques des terrains traversés), lorsque le séisme capable d'engendrer une rupture de surface se produit.

La quantification de $P_{propagation}$ n'était pas prévue dans le cadre de la présente étude. Elle pourrait être envisagée en utilisant un modèle prédictif de type Todorovska *et al.* (2007). En se plaçant du coté de la sécurité, on peut formuler l'hypothèse simplificatrice que cette probabilité est de 100 %, à partir du moment où les conditions de magnitude M0 et de profondeur H0 du séisme, nécessaires pour qu'il y ait rupture soient remplies.

$P_{(M \geq M0,\ H \leq H0,t)}$ devient sous cette hypothèse, le critère permettant de qualifier l'aléa. On va ainsi chercher à établir la probabilité annuelle pour que survienne un séisme suffisamment fort susceptible d'être à l'origine d'une propagation jusqu'en surface du sol. Cela revient à déterminer les périodes de retour de tels séismes.

Ces périodes peuvent être estimées en calculant les paramètres des lois de distribution, à partir d'un échantillon de données sismologiques (sismicité instrumentale et historique, paléosismicité).

Dans le cadre de cette étude, les lois de distribution sont calculées par deux méthodes différentes :

- Méthode du maximum de vraisemblance de Weichert (1980) ;
- Méthode de Kijko (2002). Cette dernière fournit des valeurs moyennes, issues de plusieurs méthodes de calcul :
    - Gibowicz-Kijko
    - Gibowicz-Kijko-Bayes

- Kijko-Sellevoll
- Kijko-Sellevoll-Bayes
- Tate-Pisarenko
- Tate-Pisarenko-Bayes
- Non-Paramétrique

La première est basée sur l'exploitation des données instrumentales et historiques, alors que la seconde permet de tenir compte des données de paléosismicité.

Secteur concerné par les calculs et les données utilisées :

Les paramètres caractérisant l'activité sismique sont calculés dans la zone géographique regroupant les quatre segments principaux du système de faille de la Moyenne Durance (c.f.Tableau 5 et Figure A 11) :

- Château-Arnoux/Peyruis/La Brillanne (S1)
- La Brillanne/Villeneuve/ Nord Manosque/Bastide des Jourdans (S2)
- La Brillanne/Mirabeau/La Bastidonne (S3)
- Mirabeau/Meyrargues (S4)

Périodes représentatives considérées :

Les méthodes de calcul des lois de distribution supposent de définir des périodes de temps au cours desquels l'échantillon de sismicité, par rang de magnitude est exhaustif et homogène.

Pour l'application de la méthode de Weichert, ces périodes de temps sont définies dans le Tableau 10.

Intervalle de magnitude	Date initiale
2.5 - 3.3	1980
3.4 - 3.9	1965
4.0 - 4.5	1880
4.6 - 4.8	1830
4.9 - 5.1	1700
5.2 - 6.5	1500

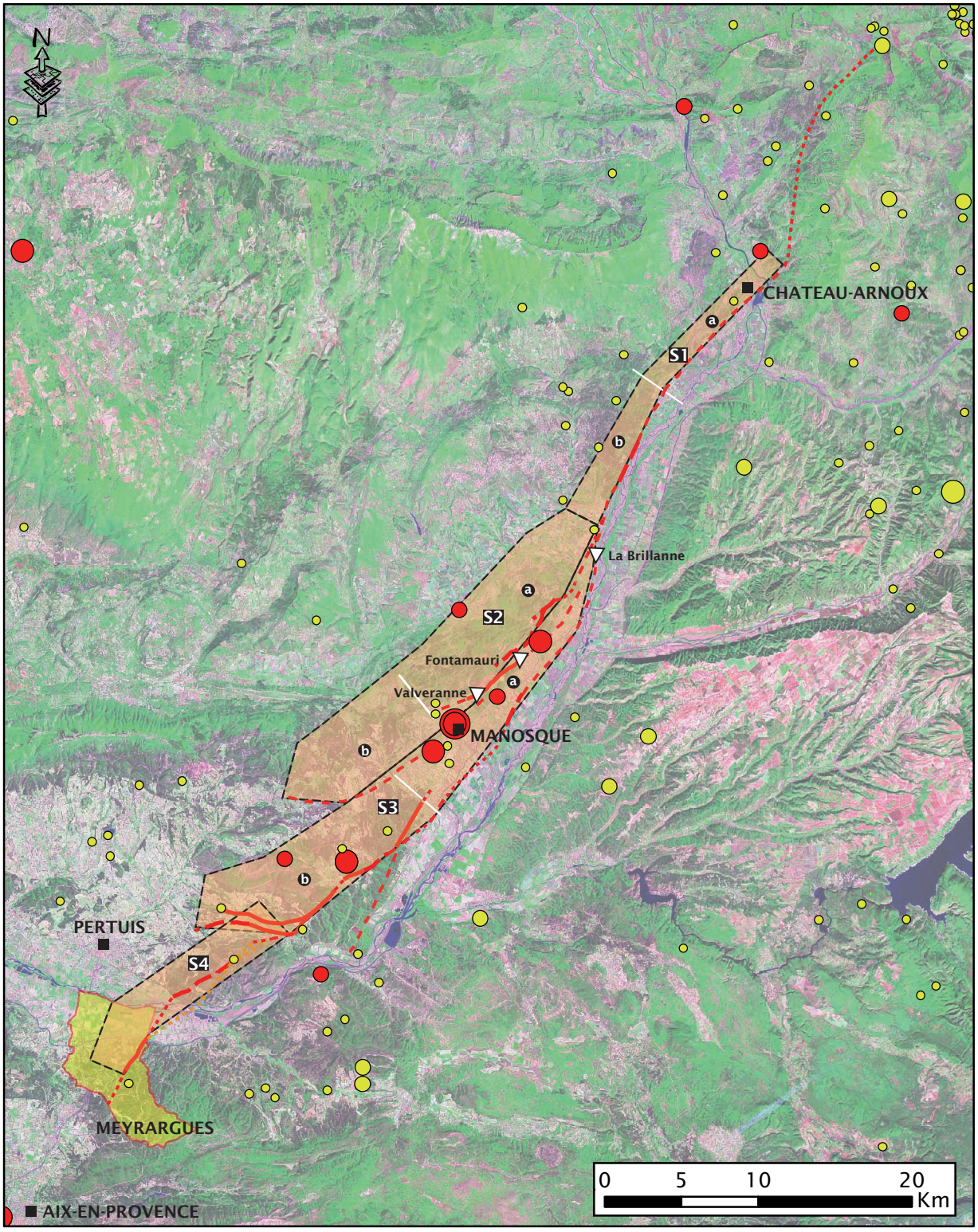
Tableau 10 : Dates initiales des périodes exhaustives par rang de magnitude

Pour l'utilisation de la méthode de Kijko (2002) elles sont définies dans le Tableau 11.

Période de temps	Seuil de magnitude	Date initiale	Date finale
Période extrême	6	1000	1500
P1	5.5	1501	1750
P2	5	1751	1830
P3	4.6	1831	1880
P4	4.0	1881	1965
P5	3.5	1966	1989
P6	2.5	1990	2000

Tableau 11 : Périodes d'exhaustivité considérées pour l'application des méthodes de Kijko et Sellevoll (1992)

Zonage et segmentation du système de failles actives de la Moyenne Durance | FIGURE : A11



Magnitude des séismes
Catalogue compilé GEOTER, 2009

- < 3.0
- 3.0 - 3.9
- 4.0 - 4.9
- 5.0 - 5.9
- 6.0 - 6.5

▽ Indice néotectonique ou paléosismique

Tracé supposé des failles majeures
(d'après Cushing et Bellier, 2003)

- Faille reconnue
- Faille possible
- Faille postulée
- Faille hypothétique
- Autre trace possible

S1 : Segment Château Arnoux - La Brillanne
S2 : Segment Pli de Manosque
S3 : Segment La Brillanne - Mirabeau
S4 : Segment Mirabeau - Meyrargues

Date : 28-10-2009 | Auteur : David CARBON | Fichier : Segmentation_FMD.ai | Source : GEOTER, 2009

Pour l'utilisation de la méthode de Kijko (2002), on considère qu'un paléoséisme de magnitude comprise entre Mw= 6.4 à 6.7 peut survenir sur l'un des segments suivant, du fait de la présence d'indices de rupture (Valveranne, La Brillanne, Fontamauri) :

- Château-Arnoux/Peyruis/La Brillanne (S1)
- La Brillanne/Villeneuve/ Nord Manosque/La Bastide des Jourdans (S2)
- La Brillanne/Mirabeau (S3)

En tenant compte des résultats obtenus par Baroux (Tableau 6), on considère :

- Segment FMD Nord socle ; Château-Arnoux/Peyruis/La Brillanne (S1) : un séisme de magnitude comprise entre 6.2 et 6.7 et une période de retour comprise entre 3 000 et 4 700 ans ;
- Segment Brillanne/Villeneuve/ Nord Manosque ou Pli de Manosque (S2) : un séisme de magnitude 6.0 à 6.8 avec une période de retour comprise entre 5 500 et 11 000 ans.
- Segment FMD Sud socle ; La Brillanne/Mirabeau/La Bastidonne (S3) : un séisme de magnitude 6.3 à 6.9 avec une période de retour comprise entre 7 000 et 10 000 ans.

10.3 Paramètres des lois de distribution et périodes de retour obtenues

Les paramètres des lois de distribution obtenus avec chaque méthode, pour la faille de la Moyenne Durance dans son intégralité, sont synthétisés dans le Tableau 12.

Loi de distribution	Paramètre λ	Paramètre β	Période de retour M ≥ 5.5 (ans)	Période de retour M≥6.0 (ans)	Période de retour M ≥ 6.5 (ans)
Weichert (1980)	2	2,33	543	1740	5579
Kijko (2002)	1.4	2.25	610	1879	5788

Tableau 12 : Paramètres des lois de distribution et périodes de retour en découlant

On considère, comme le justifie le retour d'expérience, que le seuil de magnitude minimum pour produire une rupture de surface est de 5.5. En effet, le retour d'expérience des investigations post-sismiques dans les zones épicentrales des séismes ayant entraîné ou non des ruptures de surface, indique qu'une magnitude de l'ordre de 5.5 à 6.0 est nécessaire, combinée à une profondeur superficielle, pour que la rupture co-sismique puisse se propager jusqu'en surface. Ce niveau de magnitude correspond en effet au seuil à partir duquel l'énergie du séisme est considérée suffisante pour permettre la propagation de la rupture sur le plan de faille jusqu'en surface. Ce seuil est celui adopté par le groupe de travail « failles actives » de l'Association Française de Génie Parasismique » (AFPS).

Pour le calcul des périodes de retour, on considère que la probabilité d'occurrence des séismes, calculée pour l'ensemble du système de failles, se répartie de façon plus ou moins équiprobable sur les quatre segments principaux. Pour chaque segment pris individuellement, les périodes de retour définies pour l'ensemble du système peuvent être multipliées par le nombre de segments considérés. Par ailleurs, compte-tenu de l'argumentaire géologique développé au chapitre précédent, il est admis que le système de la Moyenne Durance est plus actif dans sa partie Nord qu'à son extrémité Sud dans la région de Meyrargues. En restant dans un domaine sécuritaire, on peut admettre que le taux de déformation du segment Sud, qui intéresse la commune, pourrait représenter 80% du taux de déformation d'un tronçon Nord.

La période de retour $P_{(M \geq M0)}$ moyenne sur la faille et sur le segment Sud, sont données dans le Tableau 13.

	Période de retour d'un séisme de magnitude ≥ 5.5 P (années)	**Période de retour d'un séisme de magnitude ≥ 6.0 P (années)**	**Période de retour d'un séisme de magnitude ≥ 6.5 P (années)**
Intégralité du système de failles (4 segments principaux)	580 ± 300	1 800 ± 1000	5 600 ± 3 500
Segment Sud (Mirabeau/Meyrargues).	2780 ± 1440	8 600 ± 4 800	27 000 ± 16 000

Tableau 13 : Période de retour $P_{(M \geq M0)}$ moyenne sur la faille et sur chaque segment

Les périodes de retour obtenues, sont compatibles avec celles déduites de l'interprétation des données géologiques. Rappelons qu'au Nord de Manosque, dans le ravin de Valvéranne, les niveaux les plus récents, affectés par une déformation de type pli-faille en relation probable avec le chevauchement du pli de Manosque, sont datés entre 26 800 ± 610 ans et 9 123 ± 610 ans (Ghafiri, 1993). Le déplacement vertical en surface associé est compris entre 80 cm et 1 m pour une magnitude paléosismique estimée entre Mw = 6.4 et Mw = 6.7.

Il faut rappeler que ces valeurs correspondent à des périodes de retour d'occurrence de séismes de magnitudes supérieures ou égale à 5.5. Elles n'intègrent pas la probabilité que la rupture puisse se propager jusqu'à la surface si le séisme se produisait. Notamment dans le cas de séisme de magnitude proche de 5.5, la probabilité que la rupture atteigne la surface est plus faible que pour de plus fortes magnitudes. Si on intégrait cette probabilité supplémentaire, les périodes de retour des ruptures en surface augmenteraient significativement. Ce type de calcul, spécifique, pourrait être entrepris pour préciser ces périodes.

11. Evaluation du niveau de l'aléa « rupture de surface »

Conformément à la méthodologie développée pour la DIREN PACA (Combes *et al.,* 2001, 2003) et la DDE Guadeloupe (Monge *et al*., 2001/2004/2005/2007), les niveaux d'aléa faille active capable d'engendrer un rupture co-sismique en surface sont définis ainsi dans le cadre des PPR :

Niveau d'aléa considéré	Niveau d'activité déterminée par exploitation des données géologiques et sismologiques P=Période de retour des séismes de magnitude ≥5.5
Aléa fort	P < 500 ans
Aléa moyen	500 < P < 2500 ans
Aléa faible	2 500 < P < 30 000 ans
Aléa très faible	P > 30 000 ans

Compte-tenu des périodes de retour moyennes déterminées précédemment pour les segments de faille appartenant au système actif de la Moyenne Durance, l'aléa faille active capable d'engendrer une rupture de surface co-sismique est considéré comme faible.

Néanmoins, s'il est tenu compte des incertitudes associées au calcul de cette période de retour, comme le fait remarquer le BRGM (notes du 19 Février 2008 N/Ref. ARN/RIS/MT/08.091, et du 07 Novembre 2008 N/Ref. ARN/RIS/08-453), le niveau d'aléa faille active doit alors être considéré comme :

- faible à moyen en considérant des séismes de magnitude M≥5.5
- faible en considérant des séismes de magnitude M≥ 6.0

Le BRGM fait remarquer que l'affichage en aléa faible ou moyen n'a aucune incidence sur le PPR de Meyrargues puisque les recommandations retenues lors de la réunion du 5 novembre 2008[3] devraient être identiques quelque soit le niveau d'aléa - faible ou moyen - considéré.

[3] *A savoir, inconstructibilité des bâtiments de classe C ou D dans les zones de failles actives, et cela tant qu'aucune étude géologique n'aura apporté des précisions sur le tracé et le degré d'activité de la faille.*

11.1 Impact sur la réglementation associée aux segments de faille

Les constats

D'après les données de sismicité instrumentale (quelques dizaines d'années) et les données de sismicité historique (quelques siècles), les séismes les plus forts historiquement connus ont eu des magnitudes légèrement supérieures à 5 et n'ont pas atteint 5.5. Aucune rupture de surface n'a été décrite lors des deux séismes les plus forts de 1509 et de 1708.

La période de retour moyenne d'un séisme de magnitude supérieure à 5.5 susceptible de se produire sur le segment Sud de faille de la moyenne Durance, qui englobe les tronçons n°3 et 4 restant à considérer sur la commune, est d'environ 2 780 ans. A ce niveau de magnitude, correspondent des déplacements en surface inférieurs au décimètre.

Les observations effectuées dans le monde montrent que les dommages au milieu construit ne surviennent généralement que lorsque la magnitude dépasse sensiblement 6. Pour le segment Sud restant à considérer, la période de retour de ce type de séisme est d'environ 8 600 ans, pour des déplacements moyens en surface d'environ 10 à 20 cm. La probabilité annuelle maximum d'obtenir ce type de séisme est de 1,16 10^{-4}.

La traduction réglementaire proposée

Il est proposé que le critère d'activité et de probabilité d'occurrence des séismes de magnitude supérieure au seuil d'apparition de ruptures de surface, soit utilisé comme critère de prise en compte du système de failles de la Moyenne Durance.

Il paraît important de situer en préalable la période de retour visée par les objectifs de protection parasismique en France. **Pour l'établissement des zonages sismiques nationaux, autant les règles PS 92 que l'Eurocode 8 (qui doit entrer en vigueur très prochainement) fixent un objectif de 475 ans de période de retour.**

Les mouvements sismiques correspondant sont destinés au dimensionnement des ouvrages courants de classe B. **Aussi bien les règles PS 92 (par l'intermédiaire d'une majoration forfaitaire) que l'Eurocode 8 (par un coefficient d'importance), majorent ces mouvements pour les bâtiments des classes C et D, de sorte que les mouvements utilisés pour ces derniers ouvrages correspondent à des périodes de retour plus élevées, proches respectivement de 975 ans et 1 975 ans.**

Dans le cadre de la future réglementation Eurocode 8, les périodes de retour assignées aux différents états limites doivent être précisées dans les annexes nationales. Pour rappel, la protection généralement considérée appropriée pour les nouveaux bâtiments courants est considérée atteinte en choisissant les périodes de retour suivantes :

- **Etat limite de quasi-effondrement : 2 475 ans**, correspondant à une probabilité de dépassement de 2% en 50 ans et à une probabilité annuelle de dépassement de 4 10^{-04} ;
- **Etat limite de dommages significatifs : 475 ans**, correspondant à une probabilité de dépassement de 10 % en 50 ans et à une probabilité annuelle de dépassement de 2 10^{-03};

- **Etat limite de limitation des dommages : 225 ans**, correspondant à une probabilité de dépassement de 20% en 50 ans et à une probabilité annuelle de dépassement de 4.4 10^{-03}.

La magnitude correspondant à une période de retour de 475 ans, associée au segment Sud restant à considérer sur le territoire communal, est de 4.7 à 4.8. Ce niveau de séisme n'est pas de nature à engendrer de mouvement différentiel permanent en surface du sol (une magnitude minimum de 5.5 est requise).

Les résultats précédents indiquent que la période de retour d'un séisme suffisant pour engendrer ces déplacements permanents en surface (5.5) est de 2 700 ans, ce qui correspond à une probabilité annuelle 1.16 10^{-04} pour l'apparition de déplacements centimétriques. **Cette période de retour est plus de 5 fois plus élevée que la période de retour utilisée pour la définition des mouvements réglementaires utilisés pour le dimensionnement des ouvrages courants de classe B, et plus grande que la période de retour admise pour des bâtiments de classe D**. Cela signifie qu'un bâtiment courant de classe B verra, avant de subir éventuellement un déplacement permanent en surface, au moins 5 fois le mouvement vibratoire de dimensionnement.

Si l'on considère un niveau de magnitude de 6.0 pour l'apparition de déplacements plus significatifs de 1 à 2 décimètres, la période de retour est de 8 600 ans pour une probabilité annuelle de 1,16 10^{-4}. **Cette période de retour est plus de 17 fois plus élevée que la période de retour utilisée pour la définition des mouvements réglementaires utilisés pour le dimensionnement des ouvrages courants de classe B, et 5 fois plus grande que la période de retour admise pour des bâtiments de classe D.**

Pour le segment Sud de la faille de la moyenne Durance restant à considérer sur le territoire communal (tronçons 3a, 3b et 4, Figure A 4, Figure A 12), il n'est ainsi pas justifié d'imposer de contrainte particulière à l'aménagement ou la construction de bâtiments de classe B, car ces actions obéissent aux principes de protection parasismique à 475 ans de période de retour.

12. Conclusion – Recommandations

12.1 Failles actives restant à considérer sur le territoire communal

L'étude menée intègre les nombreux travaux menés depuis 1991 sur la faille de la Moyenne Durance, et s'appuie sur un contrôle terrain des segments de failles cartographiés dans le PPR. Elle a permis d'apprécier la réalité et la localisation précise des failles par rapport à la zone d'emprise figurant dans ce document, ainsi que les incertitudes résultantes.

Il n'apparaît plus justifié de conserver les tracés des segments de faille n°1, 2, 5, 6 et 7 (Figure A 4) dans le PPR de la commune de Meyrargues. Ces segments ne peuvent plus être considérés comme des failles actives capables d'engendrer une « rupture de surface ».

Seuls les segments n°3a, 3b et 4 (Figure A 4 et Figure A 12), organisés en faisceau de failles, sont associés à une zone de déformation plus ou moins intense qui justifient de conserver dans le PPR une largeur de bande (comprise entre 50 et 300m) dans laquelle des prescriptions particulières sont définies.

Pour qualifier l'aléa « faille active » vis-à-vis des règles de construction parasismiques, et en particulier, en regard des potentialités de rupture jusqu'en surface du sol, une approche probabiliste conforme aux principes réglementaires a été menée pour apprécier les périodes de retour associées à des séismes capables de produire des déplacements permanents en surface du sol.

Pour ce qui concerne des déplacements centimétriques en surface, un niveau minimal de magnitude 5.5 est nécessaire. La période de retour correspondant à ce type de séisme est plus de 5 fois plus élevée que la période de retour fixée par la réglementation nationale en vigueur et par la future réglementation européenne, pour la définition des mouvements réglementaires utilisés pour le dimensionnement des ouvrages courants de classe B, et plus grande que la période de retour admise pour des bâtiments de classe D.

Pour des déplacements décimétriques, la période de retour est plus de 17 fois plus élevée que la période de retour réglementaire considérée pour le dimensionnement des ouvrages courants de classe B, et 5 fois plus grande que la période de retour admise pour des bâtiments de classe D.

Les recommandations suivantes sont ainsi formulées :

12.2 Recommandation 1

Les interdictions à la construction dans les bandes des segments n°1, 2, 5, 6 et 7 (Figure A 4) du PPR actuel, ne sont pas justifiées.

Pour les tronçons n°3a, 3b et 4 (Figure A 4 et Figure A 12), une approche raisonnable et pragmatique doit être adoptée, en tenant compte, en particulier, du niveau d'activité de la faille.

Il ne nous apparaît pas justifié de proposer de contrainte forte à l'aménagement pour des ouvrages de classe B, autre que la simple application des règles de construction, comme pour l'ensemble du territoire communal.

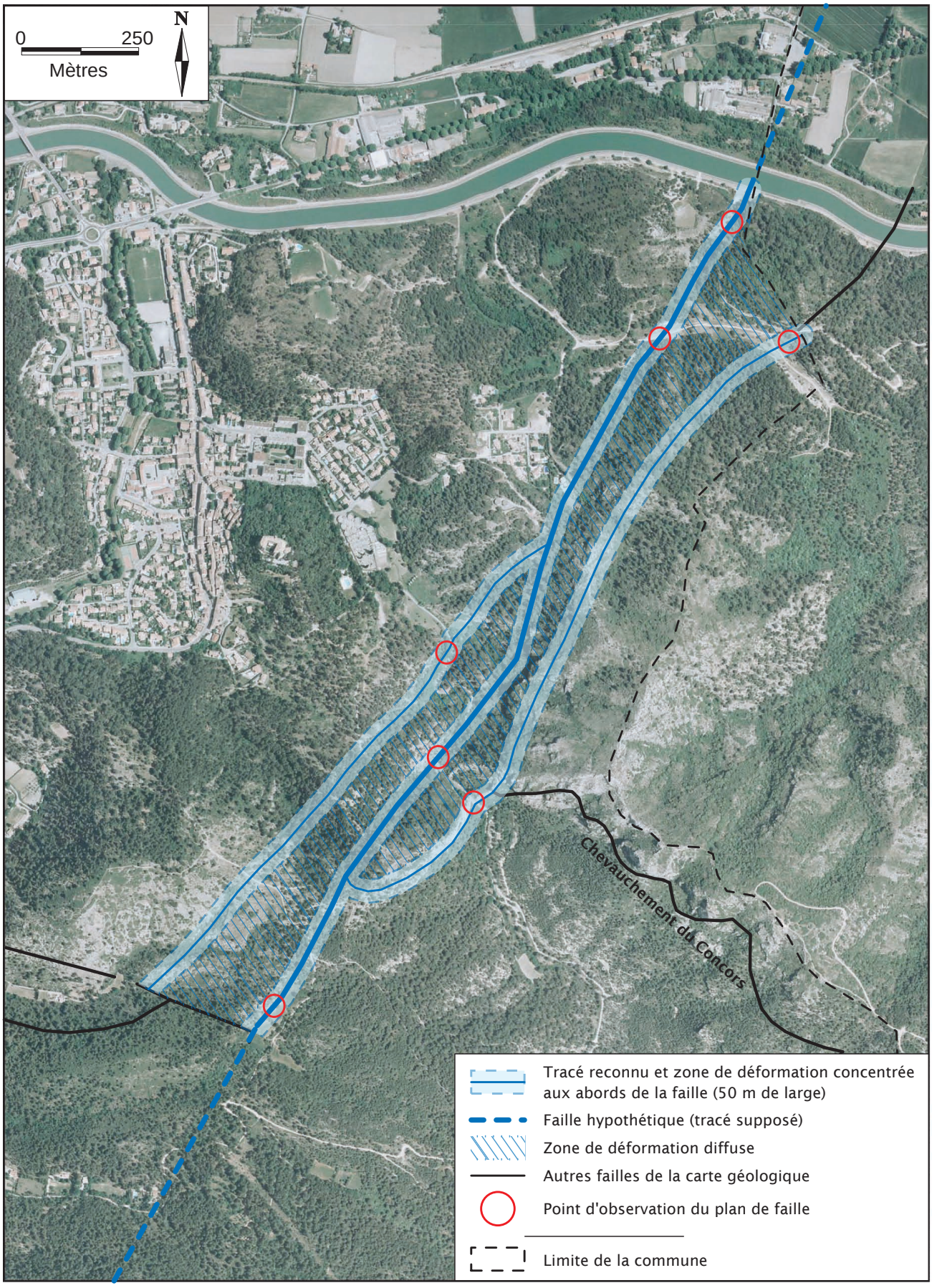
Les périodes de retour estimées pour des magnitudes ≥ 5.5 sont de l'ordre de grandeur de celles considérées pour assurer la protection parasismique des installations classées pour la protection de l'environnement ou pour des centrales nucléaires.

Aussi il apparaît justifié que la construction de bâtiments de la catégorie à risque spécial, continue à faire l'objet de prescriptions particulières dans la zone de déformation potentielle de la faille. Ces prescriptions pourraient être étendues, par principe de précaution, aux ouvrages courants des classes C et D.

12.3 Recommandation 2

Les nouveaux éléments et arguments apportés par cette étude sont de nature à réviser le règlement du PPR. La Mairie peut soumettre à la Préfecture une demande de révision du PPR sur la base de ce rapport.

Segments de failles organisés en faisceau à considérer dans le PPR de Meyrargues	FIGURE : A12



Date : 28-10-2009	Auteur : Frédéric ROSSI	Fichier : Synthese.ai	Source : GEOTER, 2009

12.4 Recommandation 3

A l'occasion de cette révision, compte tenu de l'évolution du contexte réglementaire, il conviendra :

- D'actualiser les documents techniques relatifs à la cartographie et prise en compte des failles.
- De mettre à jour le règlement du PPR. En effet, du fait de l'évolution de la réglementation nationale depuis sa réalisation, certaines des prescriptions et mesures de prévention qui y figurent (en dehors de la prise en compte des failles) sont obsolètes. Les règles PS 69/82 ont par exemple été remplacées par les règles PS 92, et l'arrêté du 16 juillet 1992, relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments « à risque normal » a été abrogé par celui du 29 mai 1997. Par ailleurs, nous sommes actuellement dans une période de transition entre les règles parasismiques PS 92 et l'application de l'Eurocode 8 avec un nouveau zonage sismique de la France.

13. Références bibliographiques consultées

Aochi H., Cushing M., Scotti O. and Berge-Thierry C., 2006. Estimating rupture scenario likelihood based on dynamic rupture simulations: the example of the segmented Middle Durance fault, southeastern France. *Geophys. J. Int.*, 165, *p. 436-446.*

Aochi, H., Scotti, O. & Berge-Thierry, C., 2005. Dynamic transfer of rupture across differently oriented segments in a complex 3-D fault system, *Geophys. Res. Lett. 32, L21304, doi:10.1029/2005GL024158.*

Baroux E., 2000. Tectonique active en région à sismicité modérée : le cas de la Provence (France). Apport d'une approche pluridisciplinaire. *Thèse Université Paris XI.*

Baroux, E., Pino, N.A., Valensise, G., Scotti, O. & Cushing, M.E., 2003. Source parameters of the 11 June 1909, Lambesc (Provence, southeastern France) earthquake: a reappraisal based on macroseismic, seismological, and geodetic observations, *J. geophys. Res., 108(B9), doi:10.1029/2002JB002348.*

Bellier O., Baroux E., Sébrier M., Paillou P., Cushing M., 1997. Identification des failles actives dans le Sud-Est de la France : Apport de l'analyse morphostructurale sur MNT. *Projet GéoFrance 3D " Alpes ". Briançon.*

Bellier O., Baroux E., Sébrier M., Paillou P., Cushing M., Peulvast, J.P., 1998. L'identification des failles actives dans le Sud-Est de la France : Une analyse morphostructurale sur MNT. *GdR FORPRO – Atelier thématique 98/IV. Montpellier, Andra – CNRS.*

Bénédicto Esteban A., 1996. Modèles tectono-sédimentaires de bassins en extension et style structural de la marge passive du Golfe du Lion (partie Nord), Sud-Est de la France. *Thèse de Doctorat Européen, Univ. Montpellier II.*

Bénédicto Esteban A., Labaume P., Déguret M., Séranne M., 1996. Low-angle crustal ramp and basin geometry in the Gulf of Lion passive margin: Oligo-aquitanian Vistrenque graben, SE France. *Tectonics, 154, 6, p. 1192-1212.*

Champion C., 1999. Déformation de la Provence occidentale depuis le Miocène : étude structurale, utilisation des surfaces géomorphologiques marqueurs et analyse quantitative du relief. *Thèse de doctorat, Université Aix-Marseille III.*

Champion C., Terrier M., Bellier O. (2002). Bilan sur les données sismotectoniques actuelles de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. *Rapport BRGM/RP-51 439-FR, 86 p. 25 figures, 2 tableaux.*

Combes Ph., 1984. La tectonique récente de la Provence occidentale. Microtectonique, caractéristiques dynamiques et cinématiques. Méthodologie de zonation tectonique en relation avec la sismicité. *Thèse de Doctorat, Université Louis Pasteur, Strasbourg.*

Combes Ph., Carbon D., Martin Ch., Monge O., Schranzhofer, Secanell R. (2002). Cartographie et caractérisation du système de failles de la Moyenne Durance, à l'échelle du 1/25 000 ième, pour les communes de La Brillane, Villeneuve, Volx, Manosque, Sainte Tulle. *Rapport GEOTER GTI/DIRPAC/1202-19.*

Combes Ph., Carbon D., Martin Ch. (2001). Faille de la moyenne Durance. Synthèse des connaissances. *Rapport GEOTER GTI/DIRPAC/0101-02.*

Combes Ph., Carbon D., Martin Ch., Monge O., Schranzhofer, Secanell R. (2003). Pre-diagnostic pour la prise en compte de la faille de la Moyenne Durance dans les PPR – Communes de Sainte-Tulle, Manosque, Volx, Villeneuve et La Brillanne. *Rapport GEOTER n°GTI/DIRPAC/0303-27.*

Combes Ph., Cushing M., Dubié J.Y., Martin Ch., Philip., Schlupp A., Terrier M., Vaskou Ph., avec la collaboration de Cotton F., Durouchoux C., Bles J.L., 1999. Prise en compte des failles actives dans les règles PS 92 : réflexion préliminaire du groupe de travail AFPS. *5ème colloque National de l'Association Française de Génie Parasismique, ENS Cachan (France), 19-21 octobre 1999, résumé dans les actes du colloque.*

Cushing E.M., Bellier O., Nechtschein S., Sébrier M., Lomax A., Volant P., Dervin P., Guignard P. and Bove L. (2007). A multidisciplinary study of a slow-slipping fault for seismic hazard assessment: the example of the Middle Durance Fault (SE France). *Geophysical Journal International, 16 p., doi: 10.1111/j.1365-246X.2007.03683.x.*

Cushing M. et Bellier O. 2003. Faille de la Moyenne Durance : précisions concernant le tracé en surface de la faille entre Pertuis et Château Arnoux. *Note Technique IRSN/DPRE/SERGD n°03-21.*

Cushing M., 1997. Néotectonique et paléosismicité de la faille de la Durance. *Colloque CEREGE, Marseille, 26, 27 février 1997*.

Cushing M., Baize S., Guignard P., Bellier O., Siame L., Nguyen F., et Garambois S., 2005. Estimation de l'aléa simogénique d'une faille active du Sud-Est de la France – Paléosismicité de la faille de la Moyenne Durance dans la région de Manosque. *Rapport DEI/SARG/2005-014 de l'IRSN.*

Cushing M., Volant Ph., 2000. Etat des connaissances acquises par l'IPSN concernant la faille de la Durance dans le secteur de Pertuis à Château-Arnoux. *Rapport SERGD 00-28.*

Cushing M., Volant Ph., Bellier O., Sébrier M., Baroux E., Grellet B., Combes Ph., Rosique Th., 1997. A multidisciplinary experiment to characterize an active fault system in moderate seismic activity area : the example of the Durance Fault (South East France). *EGSXXII General Assembly. Vienne, Blackwell, Eds.*

Cushing M., Volant Ph., Bellier O., Sébrier M., Baroux E., Grellet B., Combes Ph., Rosique Th., 1997. A multidisciplinary experiment to characterize an active fault system in moderate seismic activity area : the example of the Durance Fault (South East France). *EGS XXII General Assembly, Vienne, Blackwell, Oxford, 1997.*

Cushing M., Volant, Ph., Baize, S. Bellier, O., Revil A.,Mocochain L., Guignard P., Dussouillez Ph., Fleury J., Clauzon G., Siame L., 2005. Estimation de l'aléa sismogénique d'une faille active du Sud-Est de la France – Quantification long-terme de la vitesse de glissement de la faille d'Aix dans le secteur de Meyrargues. *Rapport DEI/SARG/2005-015 de l'IRSN.*

Cushing, M., Bellier, O., Volant, Ph., Aochi, H., Baize, S. & Berge-Thierry, C., 2004. Recent findings integrated for seismic hazard assessment: the case study of the Durance fault. *Proceeding in OECD/NEA Workshop, Tsukuba, Japan, November 2004*.

Ghafiri 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 Doctorat, Université Paris XI, p. 1-330*.

Ghafiri A., Sauret B., Bles J.L., Rosique Th. and sébrier M.,1993. Paleosismic evidence for a late Pleistocene earthquake on the Moyenne Durance fault system (France). Eos, Fall Meeting, S120-3.

Blès J.-L., Ghafiri A., Sébrier M., Sauret B., Terrier M., Godefroy P. and Martin C. (1995). Neotectonics and paleoseismicity in Provence (France) : contribution to the evaluation of seismic hazard. The Fifth International Conference on Seismic Zonation, AFPS-EERI, October 17-19, Nice, p. 1461-1472

Granier Th., Grellet B., carbon D., Combes P. and Cushing M., 1995. Palaeoseismicity studies in France: Main results. Seismic zonation. *Proceedings of the fifth International Conference (October 17-18-19-1995) Nice, France, Volume II, p. 1562-1569.*

Grellet B., Combes Ph., Granier Th., Cushing M., 1995. The Durance Fault System. Seismic zonation. *Proceedings of the fifth International Conference (October 17-18-19-1995) Nice, France, p. 13.*

Grellet B., Combes Ph., Granier Th., Philip H., 1993. Sismotectonique de la France métropolitaine dans son cadre géologique et géophysique avec atlas de 23 cartes au 1/4 000 000ème et 1 carte au 1/1 000 000ème. Mémoire *Société Géologique de France, n° 164, Vol. 1, 76 p., Vol. 2, 24 pl., 1 carte.*

Guignard, P., Bellier, O. & Chardon, D., 2005. Géométrie et cinématique post-oligocène des failles d'Aix et de la moyenne Durance (Provence, France). *C. R. Géosciences, 337, 375–384.*

Peulvast J.P., Baroux E., Bellier O., Sébrier M., 1999. Le problème de l'activité des failles de Nîmes, de Salon-Cavaillon et de la Moyenne Durance (SE France) : apports de la géomorphologie structurale. *Géomorphologie : relief, processus, environnement, 4, p. 327-358.*

Ritz J.F., 1991. Evolution du champ de contraintes dans les Alpes du Sud depuis la fin de l'Oligocène. Implications sismotectoniques. *Thèse Doctorat, Université Montpellier II.*

Scotti O., Clement C. and Bonilla F., 2006. On the estimation of earthquake recurrence along faults and the crucial role of intermediate magnitudes in seismic hazard assessment. *4th International Workshop on Statistical Seismology 9-13January 2006, Japan*

Sebrier, M., Ghafiri, A. & Bles, J.L., 1997. Paleoseismicity in France: fault trench studies in a region of moderate seismicity, J. *Geodyn., 24, 207–217.*

Siame, L. et al., 2004. Local erosion rates versus active tectonics: cosmic ray exposure modelling in Provence (south-east France), *Earth. planet. Sci. Lett., 220, 345–364*.

Terrier M. (1991). Néotectonique de la Provence occidentale (France): vers une analyse multicritères des déformations récentes. Application à la classification des structures. *Thèse Docteur Sciences de la Terre, Université de Provence (Aix-Marseille I)*, Documents du BRGM n° 207, p. 1-232, 76 fig., 16 tabl., 5 pl. h.t., 27 annexes.

Terrier M., 2002. Identification et classification des failles actives de la région PACA - Bilan et synthèse des connaissances sismotectoniques actuelles. *Rapport BRGM/RP-51 910-FR, 50 p. 17 figures, 2 tableaux.*

Terrier M., 2004.Identification et classification des failles actives de la région PACA – Phase 2 : Analyse et synthèse des connaissances actuelles sous la forme de fiches descriptives des failles –parties 1 et 2. *Rapport BRGM/RP-53 151-FR, 2 parties, 342 p.*

Terrier M. (2004). Identification et classification des failles actives de la région PACA – Phase 3 : hiérarchisation des failles. Rapport d'avancement. *Rapport BRGM/RP-53510-FR, 20 p..*

Terrier M. (2006). Identification et hiérarchisation des failles actives de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur - Phase 3 : Hiérarchisation des failles actives. *Rapport BRGM/RP-53930-FR, 216p, 89 fig., 5 pl. hors texte, 1 annexe.*

Todorovska M. I, Trifunac M. D. and Lee V. W. (2007). Shaking hazard compatible methodology for probabilistic assessment of permanent ground displacement across earthquake faults. Soil Dynamics and Earthquake Engineering 27, p. 586-597

Villéger M., 1983. Tectonique - Une nouvelle interprétation tectonique de la montagne de Volx (Alpes-de-Haute-Provence). *C.R. Acad. Sc. Paris, t. 297, Série II, p. 363-366.*

Volant, P., Berge, C., Dervin, P., Cushing M., Mohammadioun, G. and F. Mathieu. 2000. The southeastern Durance fault permanent network: preliminary results, *Journal of Seismology*, 4(2): 175-189, April 2000.

ANNEXE 1: Fiches d'observations de terrain

Fiche n°01 : La faille de la Moyenne Durance reconnue lors des travaux du canal EDF

Fiche n°02 : Tracé du segment n°1 dans le PER/PPR (1991/1995)

Fiche n°03 : Tracé du segment n°2 dans le PER/PPR (1991/1995)

Fiche n°04 : Tracé du segment n°2 dans le PER/PPR (1991/1995)

Fiche n°05 Tracé du segment n°4 dans le PER/PPR (1991/1995) et T6 dans les études IRSN/CEREGE (2003/2005)

Fiche n°06 : Tracé du segment n°4 dans le PER/PPR (1991/1995) et T6 dans les études IRSN/CEREGE (2003/2005)

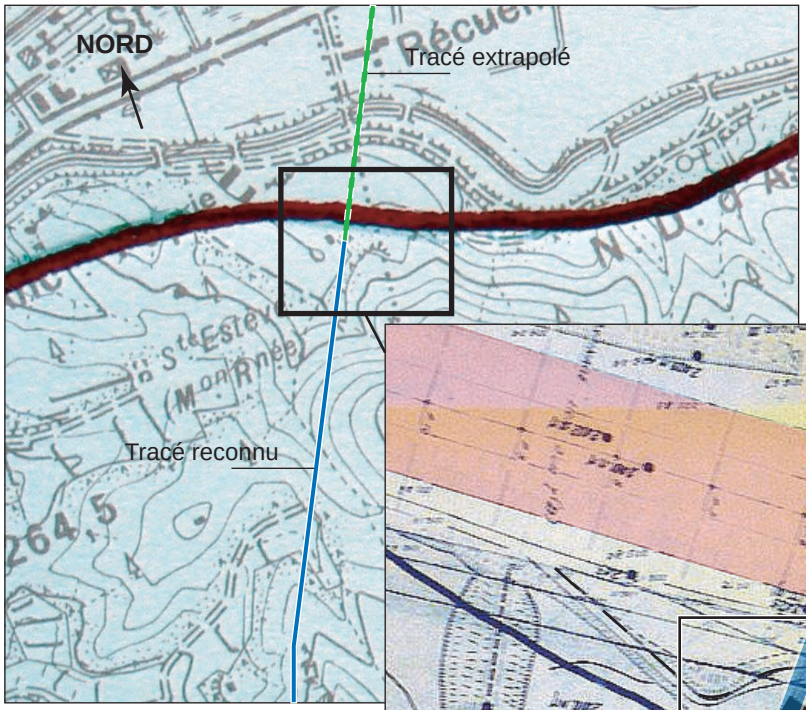
Fiche n°07 : Tracé du segment n°4 dans le PER/PPR (1991/1995) et T6 dans les études IRSN/CEREGE (2003/2005)

Fiche n°08 : Tracés des segments n°3a et 3b dans le PER/PPR (1991/1995)

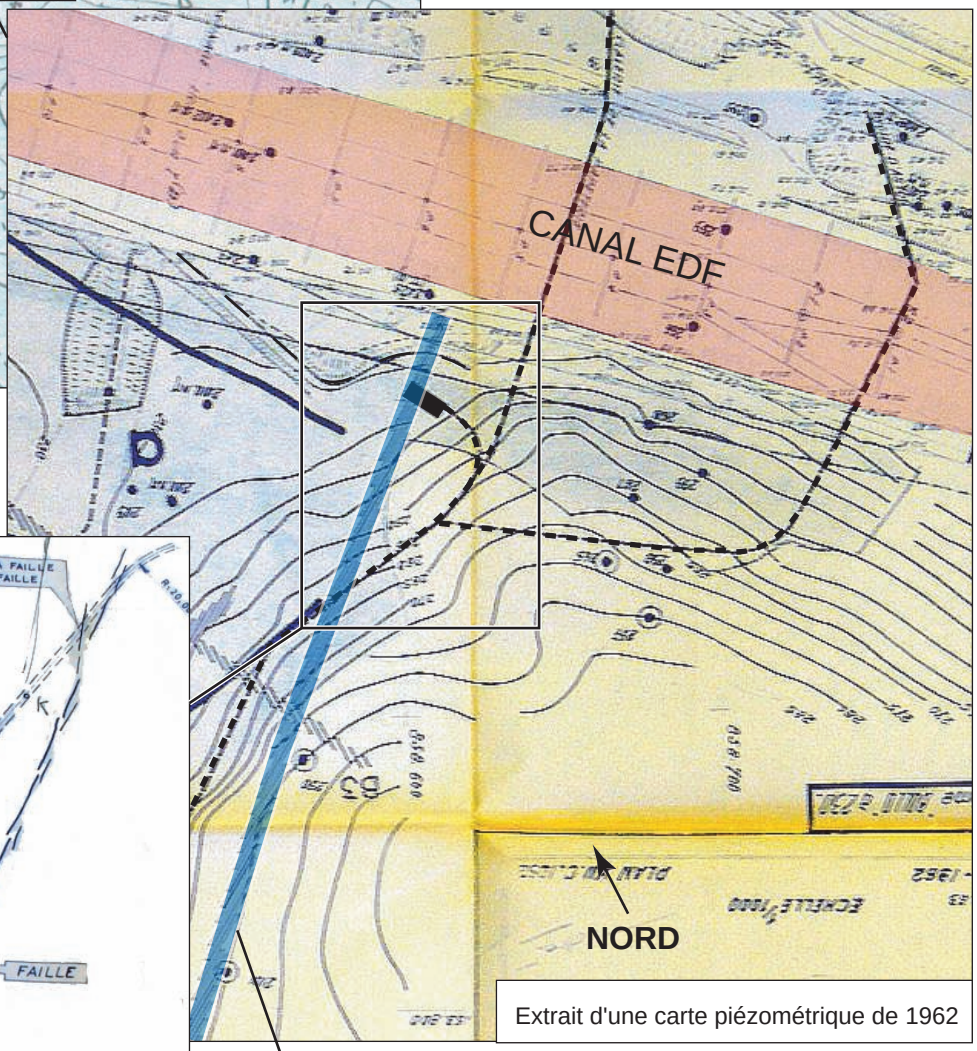
Fiche n°09 : Tracés des segments n°6 et 7 dans le PER/PPR (1991/1995)

Fiche n°10 : Tracé du segment n°5 dans le PER/PPR (1991/1995)

La faille de la Moyenne Durance reconnue lors des travaux du canal EDF	FICHE N°1

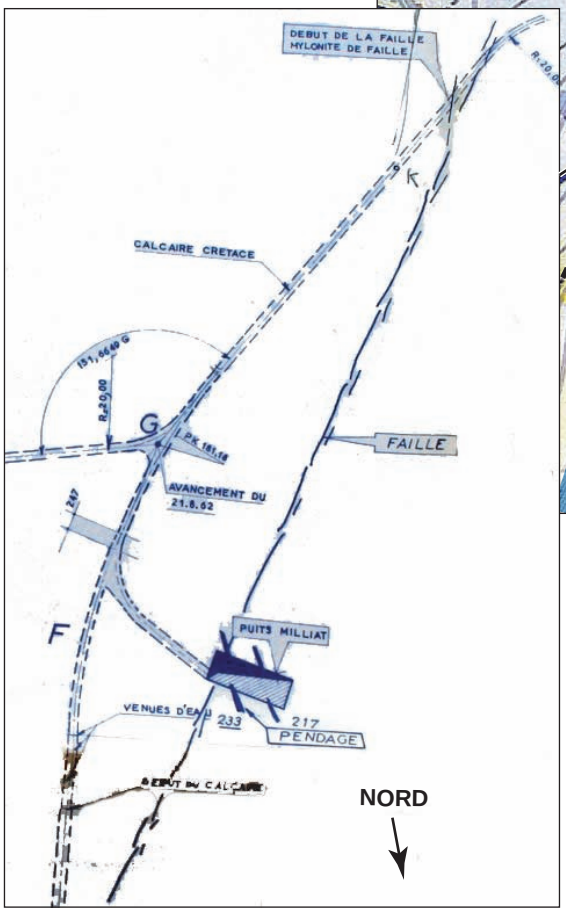


Document antérieur à 1959, représentant le tracé du canal (en rouge) sur fond topographique au 1/20 000. Le tracé de la faille principale de Meyrargues a été reporté (trait pointillé)



Extrait d'une carte piézométrique de 1962

Tracé de la faille principale de la commune de Meyrargues reconnue lors des travaux du canal EDF.



Attention le Nord est inversé

Plan des ouvrages (1959-1962), annexes (galeries d'amenée) et cartographie de la faille vis-à-vis des ouvrages. Cette faille à une direction N30°E, compatible avec les observations de terrain actuelles. Quelques observations sont relevées (venue d'eau, apparition des calcaires, mylonite de faille, etc...)

Date : 26-10-2009	Auteur : Frédéric ROSSI	Fichier : Fiche_01.ai	Source : EDF, 2006

FICHE D'OBSERVATION : Actualisation des connaissances relatives aux failles actives de la commune de Meyrargues, dans l'optique de la révision du PPR	FICHE N°2

Tracé du segment n°1 dans le PER/PPR (1991/1995)

Données existantes:

Le PPR de la commune de Meyrargues (1995) indique le tracé supposé d'une faille active d'orientation NE-SW situé à l'Ouest du village. Dans la commune, les 2/3 de cet "accident" sont sensés affecter les conglomérats oligocènes.

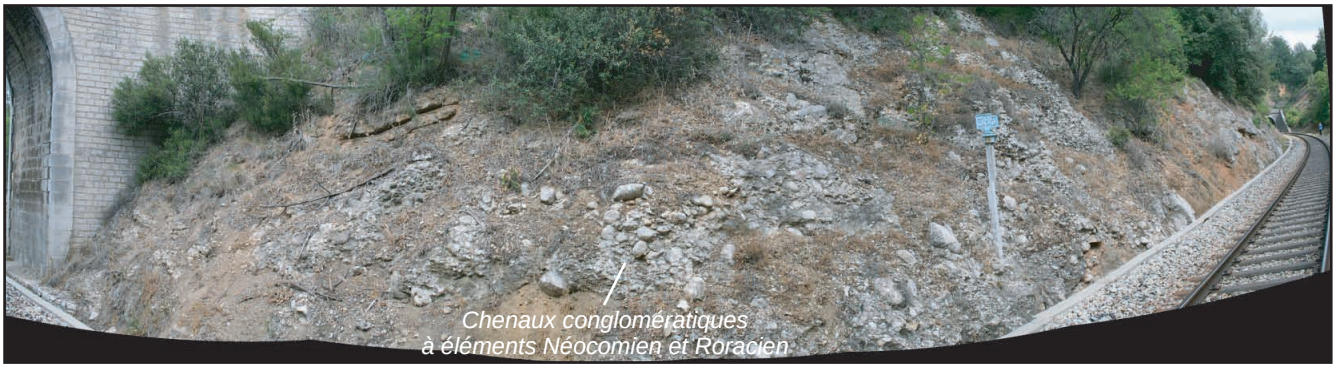
Contrôle terrain (06/2006):

Observations: Au Nord du canal EDF, les dépôts récents du lit de la Durance masquent le tracé. Au Sud du canal, la tranchée de la voie ferrée permet d'observer une coupe sur 20m de hauteur et 300m de long. La formation d'âge Oligocène, constituée de dépôts fluviatiles (chenaux et limons) n'est pas affectée par une faille majeure (aucun décalage à l'affleurement entre les points B et C).
Le tracé a été recoupé sur le terrain en plusieurs points plus au Sud sans apporter d'éléments confirmant son existence.

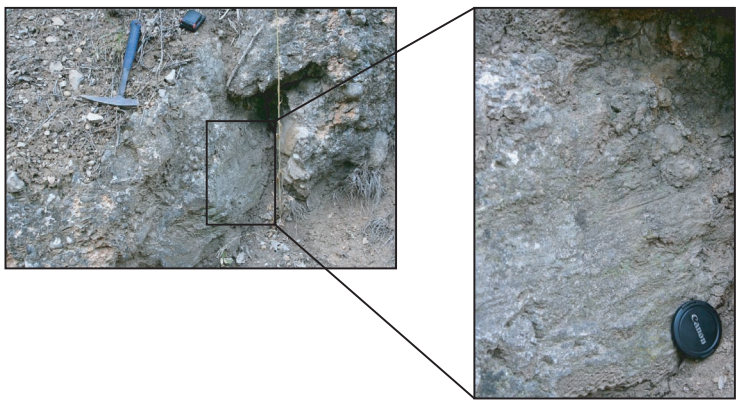
Hormis quelques plans striés, aucune structure majeure n'a été observée sur près de 300 m d'affleurement.

Nom du segment de faille: N°1
Commune: Meyrargues

Localisation de l'observation: Au Sud du canal EDF le long de la voie ferrée



Vue panoramique du talus, côté Nord. On y observe les dépôts fluviatiles, d'âge Oligocène, décrits dans la carte géologique. Ce panoramique pris du Point A, montre des dépôts qui ne sont affectés par aucune faille majeure contrairement à ce que le laisse supposer le PPR.



Stries sur un plan de faille

On peut noter la présence de quelques plans striés (à jeu senestre) dans les conglomérats, juste avant le pont routier qui enjambe la voie ferrée. Ces plans, de par leur faible extension, ne représentent pas à l'affleurement une branche de la faille de la Moyenne Durance dans ce secteur.

L'observation des affleurements le long de la voie ferrée ne permet pas de confirmer la présence d'une faille majeure ou principale pouvant être assimilée à la FMD.
Aux vues de ces conclusions il paraît évident que ce segment de faille ne peut être retenu dans le PPR.

Date : 26-10-2009	Auteur : Frédéric ROSSI	Fichier : Fiche_02.ai	Source : GEOTER, 2009

FICHE D'OBSERVATION : Actualisation des connaissances relatives aux failles actives de la commune de Meyrargues, dans l'optique de la révision du PPR | FICHE N°3

Tracé du segment n°2 dans le PER/PPR (1991/1995)

Données existantes:

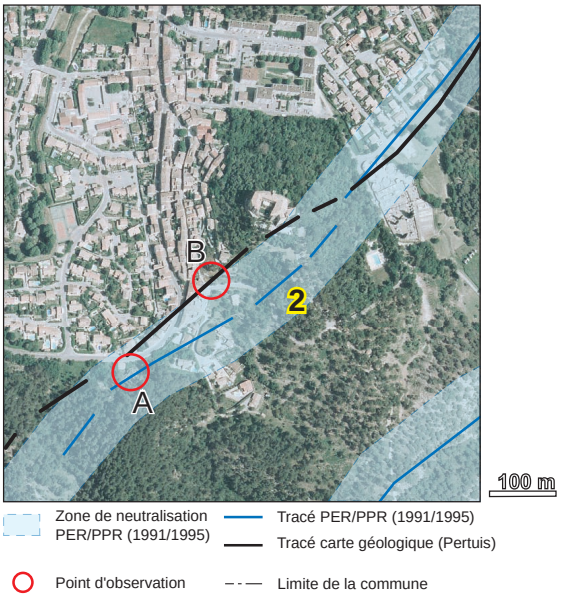
Le PPR de la commune de Meyrargues (1995) indique une faille d'extension limitée, au tracé reconnu d'orientation NE-SW passant à l'Est du village et à proximité du château. La carte géologique (Pertuis, BRGM) mentionne une faille ayant un tracé légèrement plus Ouest et passant quasiment sous le château de Meyrargues.

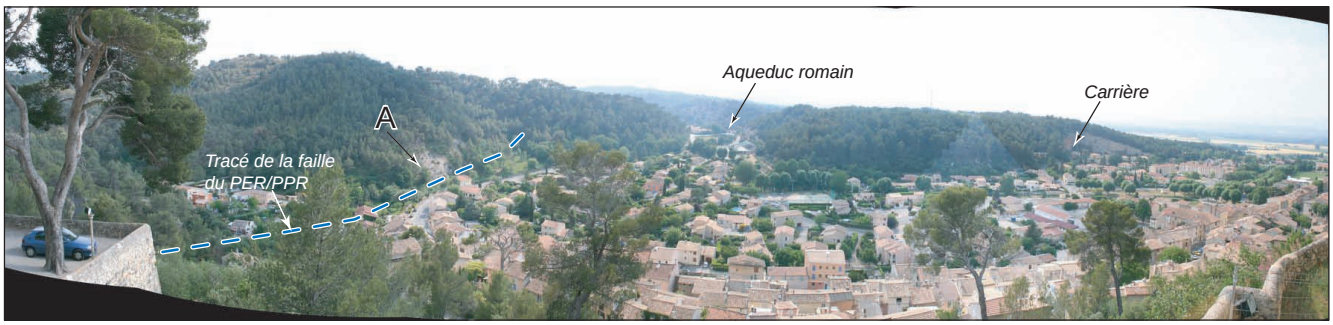
Contrôle terrain (06/2006):

Observations: Un affleurement de calcaires au-dessus du transformateur EDF (point A), se situant sur le tracé "reconnu" de la faille ne présente pas de structures confirmant le tracé du PPR.
Sous le château, au point B, les calcaires et marnes à l'affleurement présentent des déformations (différence de pendage) qui pourraient être associées à la présence d'une ancienne faille sans que cela puisse être confirmé.

Dans ce secteur, aucun élément probant attestant de la présence d'une faille majeure n'a été identifié.

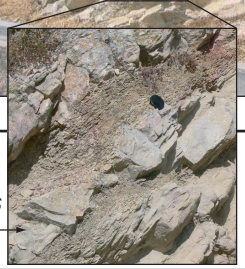
Nom du segment de faille: N°2
Site: 2a
Commune: Meyrargues
Localisation de l'observation: Château de Meyrargues au Sud du village.





Vue panoramique du village depuis le château.

Un affleurement de marno-calcaires d'une 20aine de mètres de long, situé sous le château, présente des déformations. Le pendage varie entre les points P1 et P2. Une fracturation plus ou moins marquée est observée dans les calcaires et les marnes de cet affleurement, mais pas de décalage notable.



Micro-déformations dans les marno-calcaires.

Les observations de terrain ne permettent pas de déceler la présence d'un contact anormal dans ce secteur.

Date : 26-10-2009 | Auteur : Frédéric ROSSI | Fichier : Fiche_03.ai | Source : GEOTER, 2009

FICHE D'OBSERVATION : Actualisation des connaissances relatives aux failles actives de la commune de Meyrargues, dans l'optique de la révision du PPR | FICHE N°4

Tracé du segment n°2 dans le PER/PPR (1991/1995)

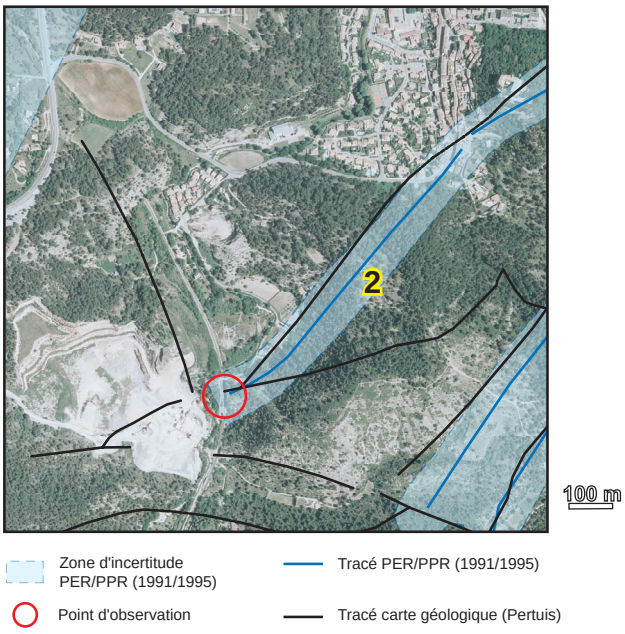
Données existantes:

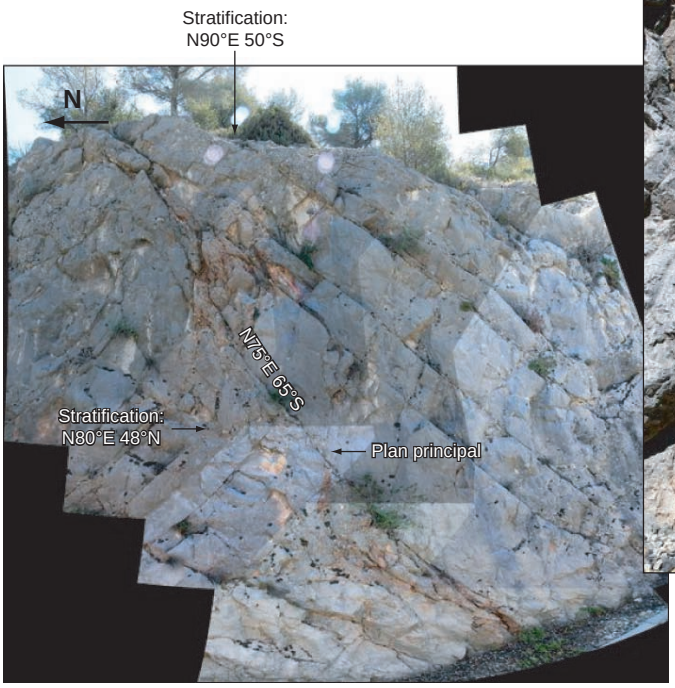
Le PPR de la commune de Meyrargues (1995) indique une faille d'extension limitée, au tracé reconnu d'orientation NE-SW passant à l'Est du village, à proximité du château et se poursuivant vers le sud jusqu'à la carrière de Meyrargues. La carte géologique mentionne une faille ayant un tracé légèrement plus à l'Ouest et passant quasiment sous le château de Meyrargues.

Contrôle terrain (06/2006):

Observations: Les affleurements le long de la route, en bordure de carrière et le long de la voie ferrée montrent plusieurs plans N60° à N80°E 50° à 80°N et des stries à pitch 10°W indiquant une cinématique senestre. Le plan principal N75°E 65°S présente plusieurs directions de stries.
D'autres plans, N160°E 60°SE 30°S dextre, sont visibles dans le secteur.

Nom du segment de faille: N°2
Site: 2b
Commune: Meyrargues
Localisation de l'observation: Au Sud du village de Meyrargues, à proximité de la carrière.





L'affleurement le long de la voie ferrée présente de multiples failles de directions comprises entre N60° et N80°E. Ces failles semblent être associées à un jeu inverse-senestre.
Le plan principal N75°E 65°SE présente plusieurs jeux consécutifs.

Détail du plan principal au bord de la route.

Cet affleurement révèle des structures essentiellement de direction N70 à 80°E qui ne sont pas en accord avec la direction N45°E de la faille retenue dans le PPR.

Date : 26-10-2009 | Auteur : Frédéric ROSSI | Fichier : Fiche_04.ai | Source : GEOTER, 2009

FICHE D'OBSERVATION : Actualisation des connaissances relatives aux failles actives de la commune de Meyrargues, dans l'optique de la révision du PPR	FICHE N°5

Tracé du segment n°4 dans le PER/PPR (1991/1995),T6 dans les études IRSN/CEREGE (2003/2005)

Données existantes:

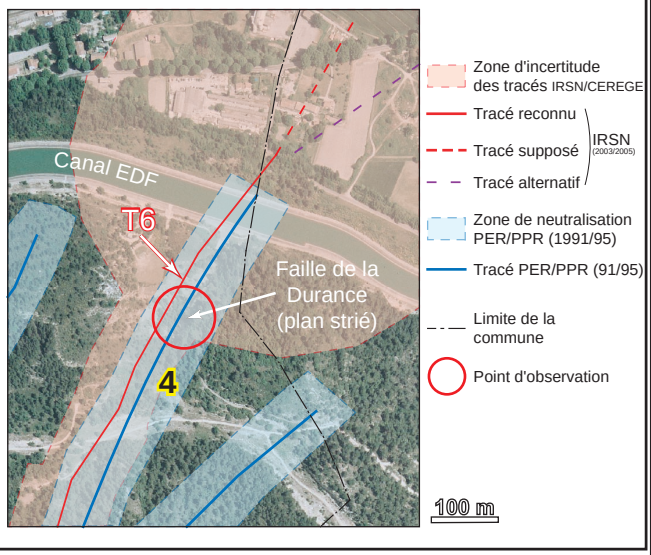
Le PPR de la commune de Meyrargues indique une faille d'extension limitée, au tracé reconnu (tracé et zone bleus) d'orientation NE-SW. Ces indications concordent avec une étude réalisée par l'IRSN en 2003. Le tracé rouge est considéré correspondre à un segment (T6) de la FMD (Cushing et al., 2003 et 2005).

Contrôle terrain (06/2006):

Observations: Un affleurement à proximité du canal EDF, au niveau de la station de pompage de Meyrargues, présente un plan de faille incliné vers l'ouest matérialisant un contact anormal entre les formations oligocènes et les calcaires crétacés. Ce plan de faille comporte 2 générations de stries: normales (antérieures) et senestres très bien marquées.

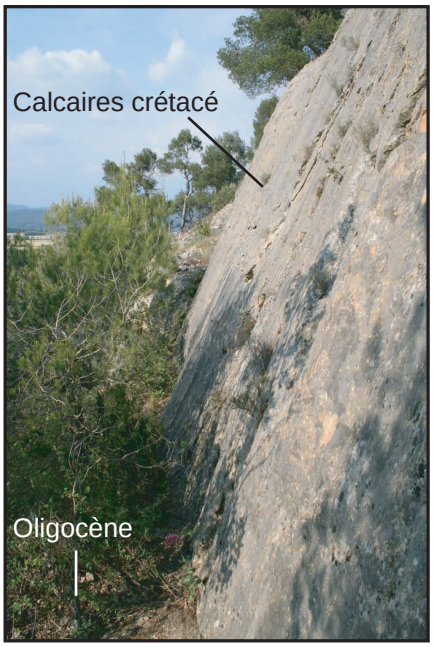
Cet affleurement contraint très précisément le tracé de la FMD au Nord de Meyrargues.

Nom du segment de faille: N°4
Site: Canal EDF, rive gauche
Commune: Meyrargues
Localisation de l'observation: En rive gauche du canal EDF, au Nord de Meyrargues, derrière la station de pompage.



Stries et plaquage de calcite indiquant un décrochement senestre.

Vue du plan de faille présentant des témoins d'un jeu normal antérieur au jeu décrochant attesté par la photo ci-contre.



Le plan principal est N045°E 78°W et la strie est 14°SE senestre.

Cet affleurement bien connu est un solide argument pour la présence d'un segment de la FMD présentant une cinématique multi-phasée et d'importance significative. Il semble qu'il y ait des indices (plus ou moins avérés) d'archéosismicité associés à ce segment de la FMD (décalage de l'aqueduc romain (GEOTECSIS, 1992)).
Le tracé de ce segment de faille doit être maintenu.

Date : 26-10-2009	Auteur : Frédéric ROSSI	Fichier : Fiche_05.ai	Source : GEOTER, 2009

FICHE D'OBSERVATION : Actualisation des connaissances relatives aux failles actives de la commune de Meyrargues, dans l'optique de la révision du PPR	FICHE N°6

Tracé du segment n°4 dans le PER/PPR (1991/1995), T6 dans les études IRSN/CEREGE (2003/2005)

Données existantes:

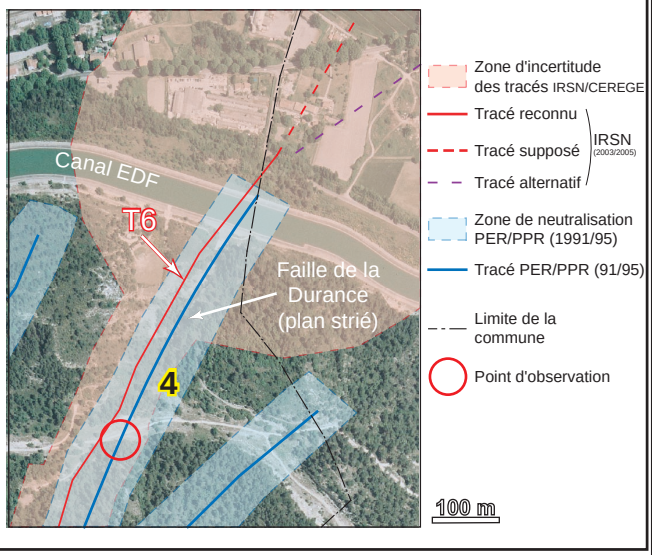
Le PPR de la commune de Meyrargues indique une faille d'extension limitée, au tracé reconnu (tracé et zone bleus) d'orientation NE-SW. Ces indications concordent avec une étude réalisée par l'IRSN en 2003. Le tracé rouge est considéré correspondre à un segment (T6) de la FMD (Cushing et al., 2003 et 2005).

Contrôle terrain (06/2006):

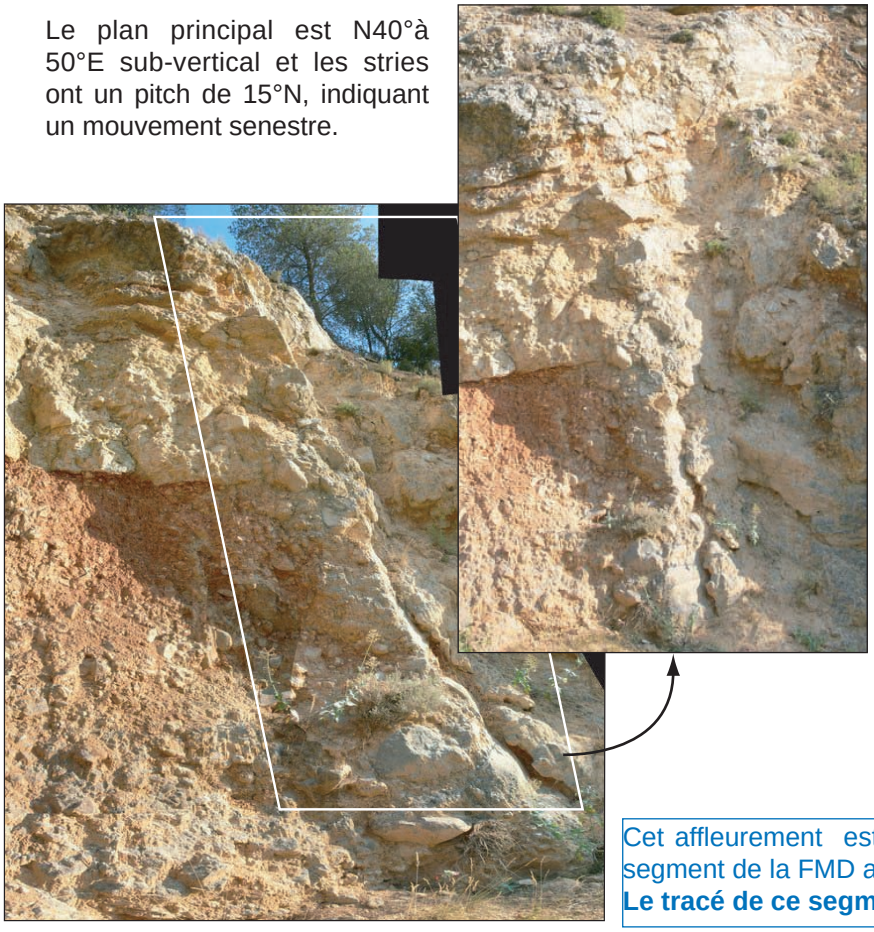
Observations: Un affleurement d'Oligocène, non cartographié sur la carte géologique du Pertuis, présente un plan net N40° à 50°E Sub-vertical et des stries avec un pitch de 15°N indiquant une mouvement senestre.

Cet affleurement contraint très précisément le tracé de la FMD au Nord de Meyrargues.

Nom du segment de faille: N°4
Site: Talus dans l'Oligocène
Commune: Meyrargues
Localisation de l'observation: Au Sud de la station de pompage, en bordure de chemin dans un talus recoupant des formations oligocènes non cartographiées.



Le plan principal est N40°à 50°E sub-vertical et les stries ont un pitch de 15°N, indiquant un mouvement senestre.



Stries et cannelures indiquant un mouvement décrochant senestre.

Cet affleurement est un solide argument pour l'existence d'un segment de la FMD affectant des formations oligocènes.
Le tracé de ce segment de faille doit être maintenu.

Date : 26-10-2009	Auteur : Frédéric ROSSI	Fichier : Fiche_06.ai	Source : GEOTER, 2009

FICHE D'OBSERVATION : Actualisation des connaissances relatives aux failles actives de la commune de Meyrargues, dans l'optique de la révision du PPR | FICHE N°7

Tracé du segment n°4 dans le PER/PPR (1991/1995), T6 dans les études IRSN/CEREGE (2003/2005)

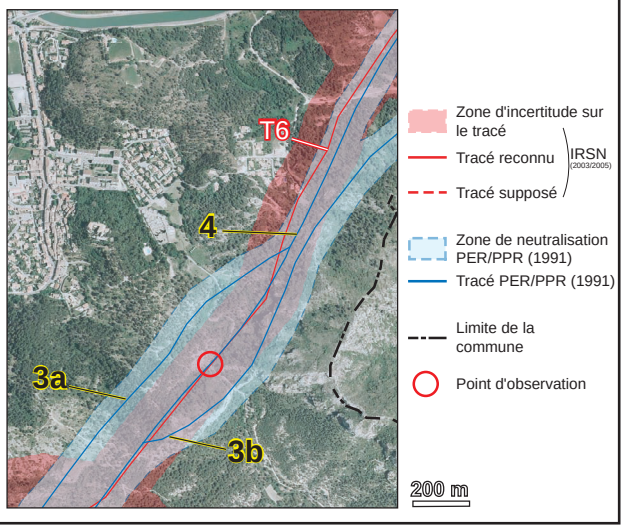
Données existantes:

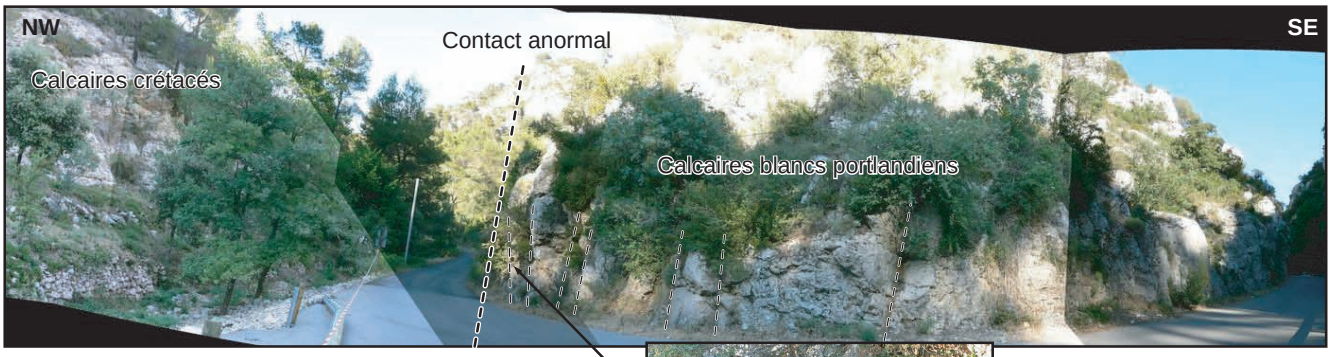
Le PPR de la commune de Meyrargues signale, au Sud Est du village, un segment de direction moyenne N45°E, correspondant à la faille de la Moyenne Durance. La comparaison des différentes cartographies (PER, IRSN/CEREGER et carte géologique) présente une bonne concordance des tracés pour cette faille.

Observations (06/2006):

Les affleurements du bord de la route présentent, au Sud Est, un calcaire blanc massif d'âge portlandien, formant un relief haut de plusieurs dizaines de mètres et au Nord Ouest, une dépression de calcaires crétacés (Valanginien et Hauterivien). La route longe le contact anormal. Des mesures microtectoniques indiquent des directions allant de N55° à N60°E et des pendages 75° à 80°W (jeu senestre).

Nom du segment de faille: N°4
Site: route du site d'escalade.
Commune: Meyrargues
Localisation de l'observation: A l'Est de Meyrargues sur la route qui mène au site d'escalade. Le long de la route.





Cette faille est facilement reconnue dans le virage où est observée une zone très déformée, affectée par de multiples plans subparallèles de direction N55° à N60°E, de pendage 75° à 80°W ou E. Les calcaires portlandiens sont fracturés et faillés tout le long de la route qui se poursuit vers le Sud-Est.

Le segment n°4 ou T6 est bien observable dans ce secteur et est accompagné de multiples déformations affectant l'ensemble des calcaires portlandiens à l'affleurement.
Ce tracé de faille est confirmé.

Date : 26-10-2009 | Auteur : Frédéric ROSSI | Fichier : Fiche_07.ai | Source : GEOTER, 2009

FICHE D'OBSERVATION : Actualisation des connaissances relatives aux failles actives de la commune de Meyrargues, dans l'optique de la révision du PPR | FICHE N°8

Tracés des segments n°3a et 3b dans le PER/PPR (1991/1995)

Données existantes:

Le PPR de la commune de Meyrargues, indique au Sud-Est du village deux segments de direction moyenne N45°E se branchant sur l'accident principal reconnu de la faille de la Moyenne Durance (tracé n°4).

Observations (06/2006):

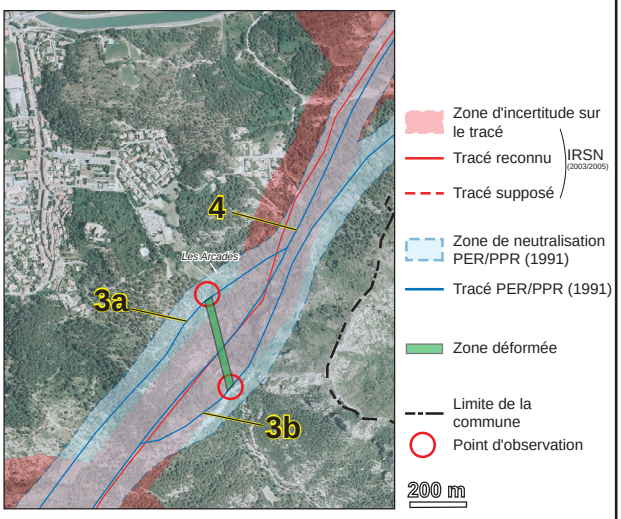
Segment 3a: Les affleurements dans le secteur du lieu-dit "Les Arcades" ne montrent pas de structures nettes, mais présentent des déformations (fracturation) parfois soulignées par des plans de direction moyenne N70° à N60°E à pendage 80°S à 90°.

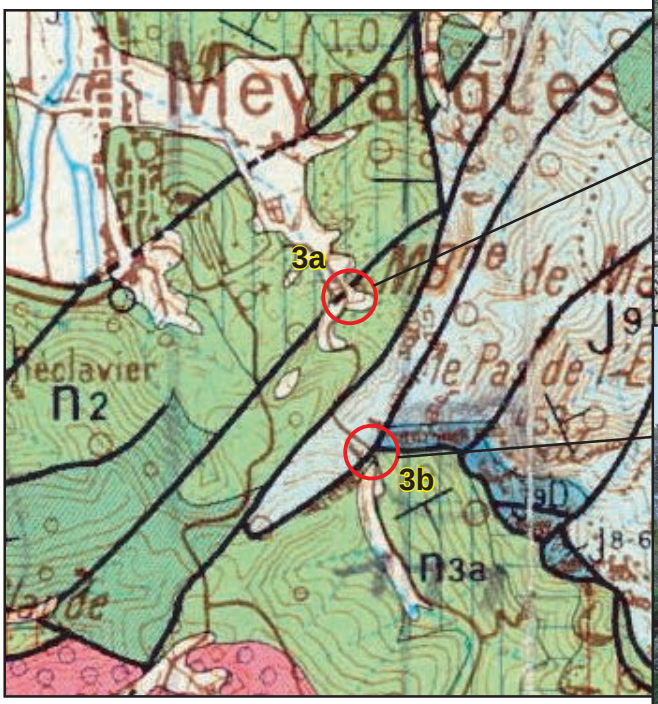
Entre ce point et en allant vers le Sud, tout en s'approchant de la faille principale (n°4), on traverse une zone déformée d'environ 200 m de large.

Segment 3b: la faille met au contact, des calcaires blancs portlandiens massifs, formant un escarpement de plusieurs dizaines de mètres de haut, et des calcaires hauteriviens. Les plans observés sont orientés en moyenne N55°E sub-verticaux.

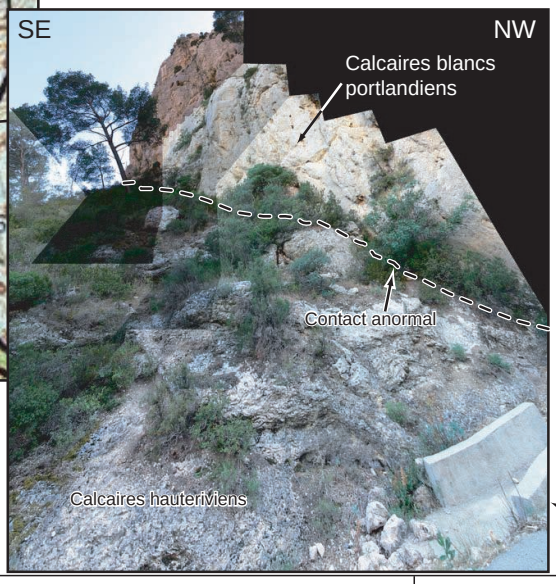
Nom du segment de faille: N°3a et 3b
Commune: Meyrargues

Localisation de l'observation: A l'Est de Meyrargues sur la route qui mène au site d'escalade.





Segment 3a: Les déformations observables dans ce secteur se traduisent par la présence de fractures et de plans plus nets, de direction moyenne N70°E et de pendage 80°S à 90°.



Segment 3b

Ce secteur présente une zone déformée associée à des accidents de direction moyenne N55°E à pendages subverticaux, satellites de la faille principale (segment n°4) (voir fiches n°4 et 5).

Date : 26-10-2009 | Auteur : Frédéric ROSSI | Fichier : Fiche_08.ai | Source : GEOTER, 2009

FICHE D'OBSERVATION : Actualisation des connaissances relatives aux failles actives de la commune de Meyrargues, dans l'optique de la révision du PPR | FICHE N°9

Tracés des segments n°6 et 7 dans le PER/PPR (1991/1995)

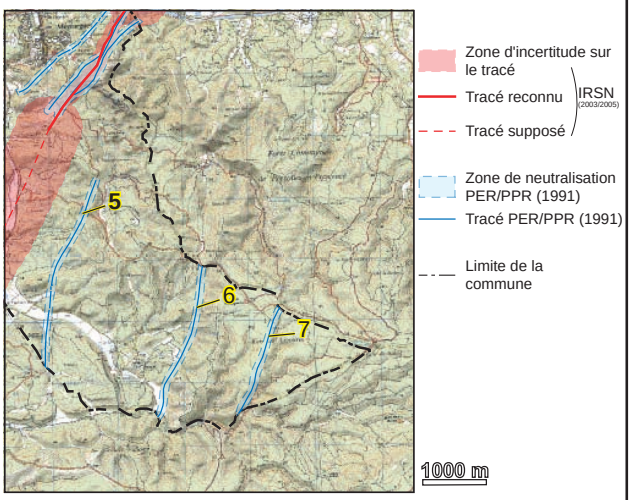
Données existantes:

Le PPR de la commune de Meyrargues indique deux failles d'extensions limitées, dont les tracés reconnus se rapprochent des tracés de la carte géologique du Pertuis.
Le segment n°6 est d'environ 5 km de longueur totale
Le segment n°7 est d'environ 4 km de longueur totale

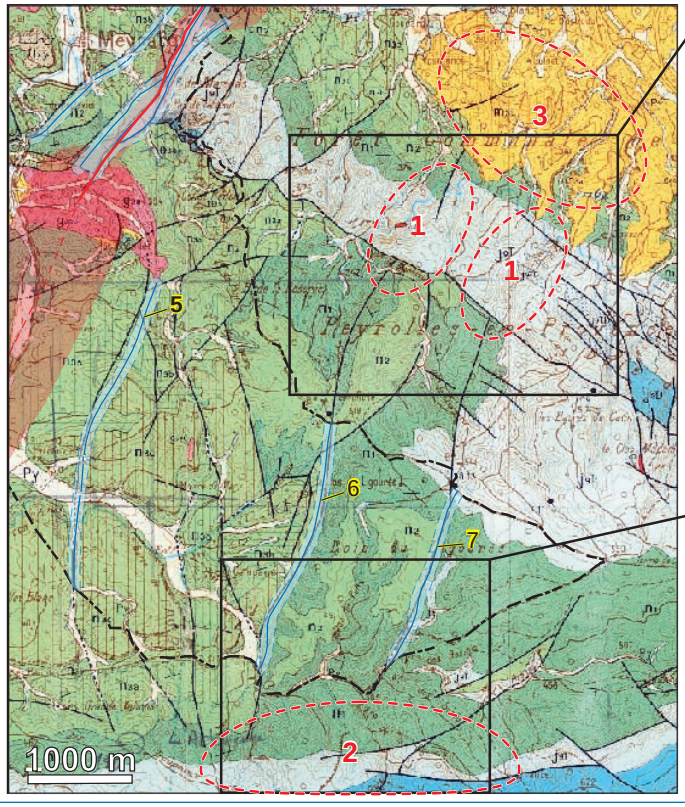
Observations (06/2006):
La lecture de la carte indique, pour ces deux segments de faille, qu'ils n'affectent pas les formations jurassiques. En effet ces failles semblent buter contre le cœur calcaire de l'anticlinal de Concors au Nord (observation n°1) et les formations jurassiques au Sud de la commune (observation n°2).Ces segments sont, de plus, de faible extension (moins de 5 km). **Il n'y a pas d'indice cartographique attestant d'un jeu post-miocène sur ces 2 segments de failles. Par ailleurs, l'éventuelle extension de ces segments vers le nord est scellée par les**

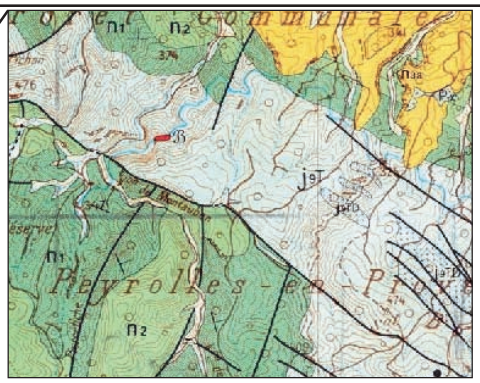
Nom du segment de faille: N°6 et 7
Commune: Meyrargues
Lieu dit: Bois de Ligourès

Localisation de l'observation: A l'extrême Sud de la commune.

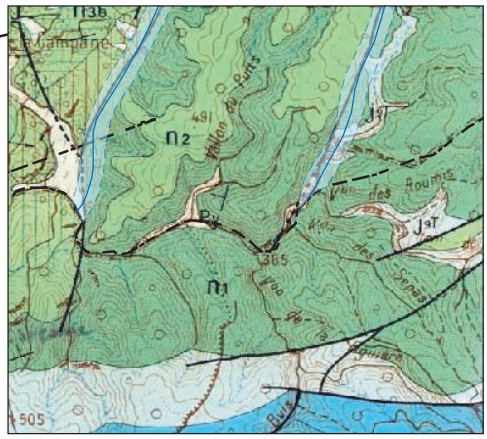


Point d'observation





Au Nord comme au Sud, ces deux segments n'affectent ni les calcaires jurassiques du Portlandien ni les calcaires crétacés du Berriasien, ni même les calcaires lacustres du Miocène.



De par leurs caractéristiques, **ces deux segments**, d'extension inférieure à 5 km, **ne sont pas retenus comme des failles actives susceptibles d'engendrer une rupture en surface.**

Date : 26-10-2009 | Auteur : Frédéric ROSSI | Fichier : Fiche_09.ai | Source : GEOTER, 2009

FICHE D'OBSERVATION : Actualisation des connaissances relatives aux failles actives de la commune de Meyrargues, dans l'optique de la révision du PPR | FICHE N°10

Tracé du segment n°5 dans le PER/PPR (1991/1995)

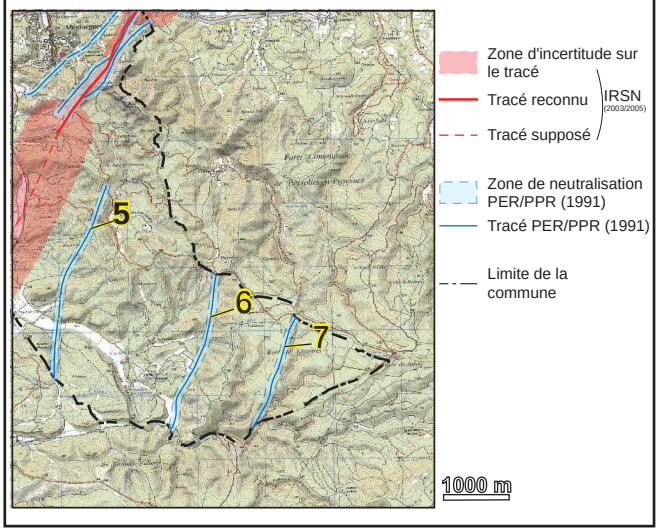
Données existantes:

Le PPR de la commune de Meyrargues indique le segment de faille n°5 d'extension limitée, dont le tracé reconnu se rapproche du tracé de la carte géologique du Pertuis.
Le segment n°5 est d'environ 5 km de longueur totale.
Plus au Sud et selon la carte géologique, les formations crétacées et jurassiques ne sont pas affectées par cet accident. La bande d'incertitude ne recouvre pas toujours le tracé de la faille représentée sur la carte géologique.
Au Nord ce segment se perd dans les formations oligocènes qui n'apparaissent pas affectées par des décalages importants.

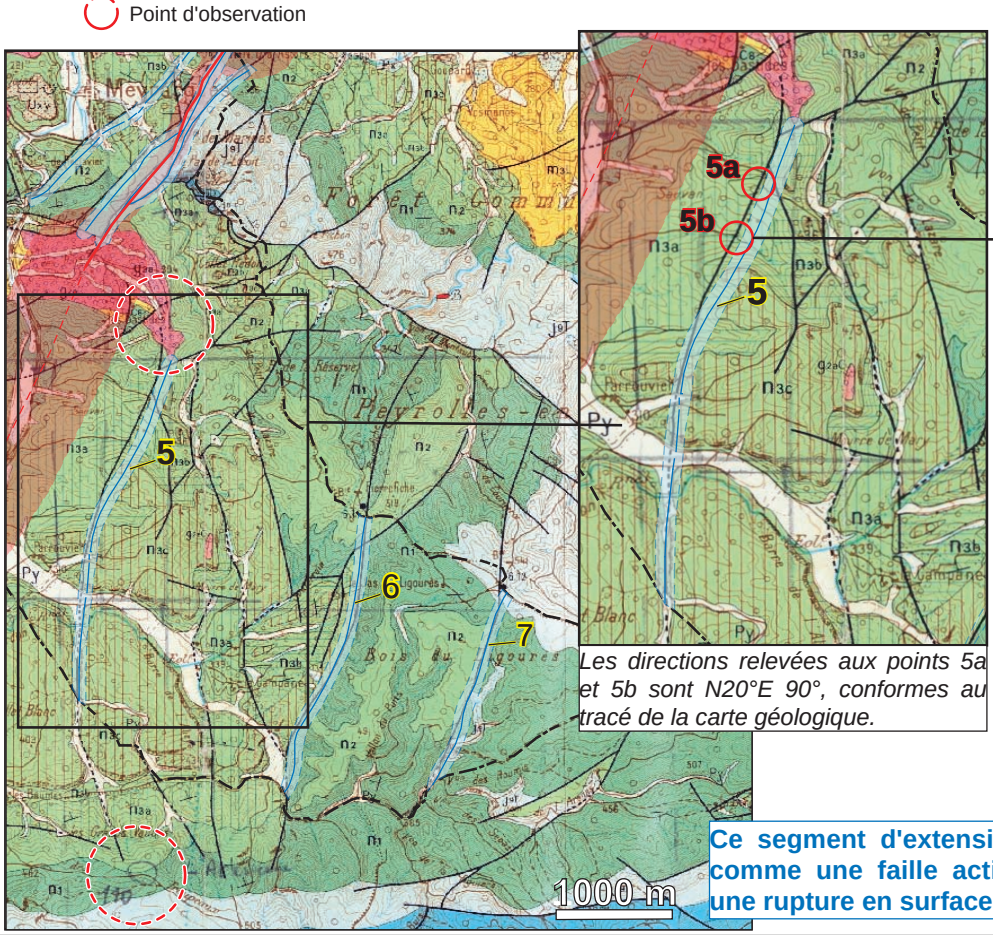
Observations (06/2006):
Il n'y a pas d'indice cartographique attestant du jeu post-miocène de ce segment.

Nom du segment de faille: N°5
Sites: 5a et 5b
Commune: Meyrargues

Localisation de l'observation: Dans la partie Sud de la commune.



Point d'observation



Les directions relevées aux points 5a et 5b sont N20°E 90°, conformes au tracé de la carte géologique.

Déformations observées au point 5b dans les calcaires hauteriviens. On se situe approximativement sur le tracé de la faille représentée sur la carte géologique.

Ce segment d'extension limitée n'est pas retenu comme une faille active susceptible d'engendrer une rupture en surface.

Date : 26-10-2009 | Auteur : Frédéric ROSSI | Fichier : Fiche_10.ai | Source : GEOTER, 2009