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

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire

DDE 13

ACTUALISATION DES ETUDES TECHNIQUES EN VUE DE LA REVISION DU PPR SISMIQUE ET MOUVEMENTS DE TERRAIN

Commune de Meyrargues

Nature du Document :	Référence Document :
Rapport final	Rapport GTR/DDE13/1209-713

Révisions

Ind.	Date	Modifications
1	07 Décembre 2009	Emission initiale du rapport final

Client :	*Nature du document :*	*Identification :*
DDE 13	**RAPPORT FINAL REVISE**	**GTR/DDE13/1209-713**

Destinataire :	*Archivage GEOTER (texte et figures) :*	*Date d'origine :*	*Nombre de pages :*
Mr. Frédéric CHAPTAL **Mr. Serge TERRAMORSI**	Serveur\affaire\2009\4509	07 Décembre 2009	60 p. plus annexe

TITRE RAPPORT :

ACTUALISATION DES ETUDES TECHNIQUES EN VUE DE LA REVISION DU PPR SISMIQUE ET MOUVEMENTS DE TERRAIN

Commune de Meyrargues

Réalisation :

GEOTER international

Espace 890
Route Nationale 96
13360 ROQUEVAIRE
France

Tél. : (33) 04 42 36 08 60
Fax : (33) 04 42 36 08 61
Email :
geoter.international@geoter.fr

Contrat : n° CC MAPA 04-2006

Du 17 Mai 2006

Approbation CLIENT :

Messieurs Frédéric CHAPTAL et Serge TERRAMORSI

DDE des Bouches du Rhône
Service Aménagement.

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

Date	Rédacteurs	Vérificateur	Approbateur
07 Décembre 2009	Ch. MARTIN, D. CARBON, F. DUNAND, R. SECANELL	Ch. MARTIN	B. GRELLET
Visas			

PREAMBULE

Contexte général :

Des études ont déjà été réalisées par GEOTER en 2006 et 2007, pour le compte de la mairie de Meyrargues, dans la perspective de la révision du PPR sismique et mouvements de terrain de la commune :

- Actualisation des connaissances relatives aux failles de la commune (2006) [Rapport GEOTER GTR/MEY/0706-307] ;
- Actualisation des études techniques en vue de la révision du PPR sismique et mouvements de terrain (2007) [Rapport GEOTER GTR/MEY/0307-356].

En 2008, ces études ont fait l'objet d'une assistance technique de la part du BRGM et du MEEDDM, pour le compte de la DDE des Bouches du Rhône. Les remarques du BRGM ont été exprimées lors d'une réunion qui s'est tenue dans les locaux de la Mairie, le 05 novembre 2008 et font l'objet de deux notes (19 Février 2008, N/Ref. ARN/RIS/MT/08.091 et 07 Novembre 2008, N/Ref. ARN/RIS/08-453). Elles ont été intégrées dans le CCTP de la consultation de la DDE « Précisions et compléments à l'étude du risque sismique à Meyrargues en vue de la révision du PPR », lancée pour finaliser le PPR sismique et mouvements de terrain de la commune.

Le présent rapport est « auto-portant ». Le texte principal présente les études techniques et leurs résultats. Le rapport révisé et actualisé, relatif à la connaissance des failles constitue l'annexe (rapport GTR/MEY/1109-307 Rev1). Les mises à jour du règlement sont directement incluses dans le document préparé par la DDE.

Objet de l'étude :

La commune de Meyrargues est située en zone de sismicité 4, la plus forte du nouveau zonage sismique du territoire national métropolitain. Ceci justifie qu'elle ait été parmi les premières communes des Bouches-du-Rhône à bénéficier d'un Plan d'Exposition aux Risques (PER) sismique, approuvé le 9 avril 1996, transformé depuis en Plan de Prévention des Risques (PPR).

Depuis, la municipalité a exprimé son souhait d'actualiser ce PPR, en regard notamment des contraintes fortes qu'imposait, dans le PPR de 1996, le réseau de failles, pour ses projets d'aménagement et de développement. Elle s'est interrogée sur les possibilités d'évolution du PPR, en sollicitant, en 2006, auprès de la Société GEOTER, une actualisation des connaissances scientifiques sur les failles, complétée par des reconnaissances de terrain.

Cette étude (Rapport GTR/MEY/0706-307) avait pour finalité de préciser l'aléa rupture en surface et les contraintes réelles que l'on devrait prendre en compte dans le PPR de la commune. Le rapport concluait ainsi :

- Les interdictions à la construction dans certaines zones rouges du PPR actuel, ne sont plus justifiées. Pour certains tronçons, une approche raisonnable et pragmatique doit être adoptée, en tenant compte, du niveau d'activité de la faille et de la nature des ouvrages (Recommandation n°1).

- Les nouveaux éléments et arguments apportés par cette étude sont de nature à réviser le règlement du PPR.

A la suite de cette étude, et des échanges entre la Mairie et la DDE, il est apparu opportun d'actualiser les données techniques et le plan de zonage réglementaire du PPR, en fonction :

- D'une part de l'évolution des connaissances géologiques ;
- D'autre part de l'évolution du contexte réglementaire en matière de construction parasismique (passage à l'Eurocode 8 et intégration des notions de vulnérabilité du milieu construit existant).

Cette actualisation, qui doit conduire à la révision du Plan de Prévention des Risques, a fait l'objet d'une première étude, réalisée en 2007 par la mairie de Meyrargues (Rapport GEOTER GTR/MEY/0307-356), complétée en 2009 sur quelques points (présent rapport). Il s'agissait en particulier, par rapport au PPR de 1996 :

- D'actualiser les documents techniques (note de présentation et cartes associées) ;
- D'en proposer une nouvelle traduction réglementaire (plan de zonage et règlement).

Ces étapes techniques et réglementaires font l'objet de deux documents :

- Le présent rapport, qui porte sur la présentation des études techniques relatives à l'évaluation et cartographie de l'aléa, des enjeux et de leur vulnérabilité, ainsi que sur la définition des principes adoptés pour le zonage réglementaire ;
- Le règlement, préparé par le service Aménagement de la DDE, et mis à jour au vu des résultats des études techniques.

Aspects méthodologiques :

La révision du PPR de 1996 a pour objet de transcrire en termes réglementaires, l'évolution des connaissances techniques.

Il s'agissait donc surtout, de modifier en conséquence les composantes du PPR existant ayant évolué, soit en raison de nouvelles données, soit en raison d'un cadre réglementaire modifié depuis 1996.

Le présent rapport rend compte des travaux effectués. Il est conçu et présenté de manière à être aisément exploitable par le service instructeur (la DDE des Bouches-du-Rhône) pour élaborer les pièces réglementaires du dossier PPR.

Acquisition et collecte des données :

Les études techniques réalisées par le CETE Méditerranée et le BRGM (1991), pour la réalisation du Plan d'Expositions des Risques "séisme et mouvements de terrain", transformé en PPR en 1996, constituent les données de base.

De nouvelles données ont été recherchées et exploitées (Tableau 1) préalablement aux reconnaissances de terrain.

Nature	Description	Auprès de
Fond de plan	Bases de données de l'IGN : - BD ALTI® ; - SCAN 25® - EDR 25®	Commune de Meyrargues (CRIGE)
Contexte physique	Carte géologique de Pertuis (1/50 000)	BRGM
	Banque de données du sous-sol (BSS, (http://infoterre.brgm.fr/)	BRGM
	Etudes géotechniques : Ecole Jules FERRY	Commune de Meyrargues
	Observations de terrain (lithologie, géomorphologie)	GEOTER (10 et 11/01/2007)
Enjeux	Cadastre	Commune de Meyrargues
	Plan d'Occupation des Sols	CRIGE, Commune de Meyrargues
Vulnérabilité sismique	Examen visuel des bâtiments	GEOTER (10 11/01/2007 12 et 13/11/2009)
	Etudes de vulnérabilité des bâtiments de classe D	CETE Méditerranée (27/03/2007)
Phénomènes et aléas naturels	Observations de terrain (phénomènes de mouvements de terrain)	GEOTER (10 et 11/01/2007 12 et 13/11/2009)
	Base de données nationale sur les mouvements de terrain (http://www.bdmvt.net/)	BRGM
	Publication scientifiques récentes du CEREGE sur les failles actives de la Moyenne Durance et de la Trévaresse (Chardon *et al.,* 2005 ; Guignard *et al.,* 2005)	CEREGE
	Rapports de la synthèse BRGM relative à l'identification et la hiérarchisation des failles actives de la région PACA (*e.g.* Terrier *et al.*, 2004, 2006, rapports BRGM RP 53 151-FR et RP 53 390-FR)	BRGM
	Travaux de l'IRSN et du CEREGE sur l'évaluation de l'aléa sismique appliqué au système de failles de la Moyenne Durance (publication scientifique de synthèse : Cushing *et al.,* 2007)	IRSN/CEREGE
	Documents recueillis à l'occasion de l'actualisation des connaissances relatives aux failles de la commune de Meyrargues (GTR/MEY/0706-307) : cf. Annexe	GEOTER

Tableau 1 : Données recherchées et exploitées.

Evolution des évaluations et de la cartographie :

La principale évolution concerne la cartographie des **failles actives et des potentialités de rupture co-sismique en surface**. Il en est rendu compte dans le rapport GTR/MEY/1109-307Rev1 (cf. Annexe).

Outre une reprise des contours, l'évolution des **effets de site** est résumée dans le tableau suivant (Tableau 2). Des spectres de réponse élastique sont définis pour chaque zone et chaque catégorie d'importance d'ouvrage (l'ancien PPR ne préconisait pas de spectres).

La cartographie intègre également **l'aléa liquéfaction**, ainsi que les zones où des **effets topographiques** peuvent se produire.

Zones (PPR révisé)	Description	Zones (CETE et BRGM, 1991)	Description
1- Plateau, collines et reliefs	Molasse, poudingues, argilites, marnes et calcaires.	1, 4 et 5, 6	Collines, vallons et reliefs
2- Vallée de la Durance	Alluvions grossières de la Durance (Fz) et colluvions (Py)	2	Vallée de la Durance
2- Vallée amont du Grand Vallat, de Barry et de Vauclaire	Cailloutis, sables et limons colluviaux (Py)	3	Vallons à fond plats
3- Vallée aval du Grand Vallat	Colluvions fines et tourbes (Py)	3	Vallons à fond plats

Tableau 2 : Correspondance des zones à effet de site entre le PPR existant (1996) et la présente étude

Vis-à-vis des mouvements de terrain, les contrôles effectués valident en grande partie la carte des mouvements de terrain existante. Les modifications effectuées portent essentiellement sur :

- La transcription des niveaux d'aléas, conformément aux guides PPR sismique et mouvements de terrain ;
- L'adaptation des contours au fond topographique utilisé (EDR25 IGN) ;
- Des évolutions limitées qui intègrent de nouveaux phénomènes ou portent sur des secteurs ayant préoccupé les représentants de la commune de Meyrargues.

Pour cet aléa, on notera que :

- En raison de l'évolution de la topographie, liée à l'activité d'extraction, l'aléa mouvements de terrain n'est pas évalué au droit de la carrière de Réclavier.
- Après s'être rapproché du CETE Méditerranée (J-C PAULY), une zone de truffière, estimée en aléa faible chute de blocs (CB2) dans le PPR existant n'a pas été reprise, du fait de l'absence d'indices probants, et compte tenu de pentes faibles.
- D'une manière générale, les zones de propagation des chutes de blocs en dynamique ont été augmentées pour mieux tenir compte des observations. En particulier, en aval de la tour de guet, la zone d'aléa fort du versant entre le Pas de l'Etroit et la Tour de Guet est étendue.

- Dans le PPR existant, l'aléa mouvements de terrain était présumé nul. Dans un souci de cohérence avec les autres aléas, la terminologie relative à ce niveau devient : Nul ou considéré comme négligeable.

Le règlement, préparé par le service Aménagement de la Direction Départementale de l'Equipement, à la suite de l'étude réalisée en 2007, est analysé et les mises à jour formulées directement dans le règlement.

SOMMAIRE

1. Les raisons de la prescription du PPR de Meyrargues et de sa révision 14

1.1 Une commune exposée au risque sismique et à ses effets induits 14
1.2 La nécessaire évolution du PPR existant 14

2. La démarche globale de gestion des risques naturels 15

2.1 Les actions de la collectivité vis à vis des risques naturels 15
2.2 Les Plans de Prévention des Risques (PPR) 15

3. Présentation de la commune de Meyrargues 16

3.1 Les enjeux 16
3.1.1 POPULATION 16
3.1.2 LOGEMENTS 16
3.1.3 EQUIPEMENTS COLLECTIFS 19
3.1.4 RESEAUX DE SERVICES 20
3.1.4.1 Réseaux d'eaux 20
3.1.4.2 Réseau électrique 20
3.1.4.3 Réseau de gaz 20
3.1.5 RESEAUX DE TRANSPORT 20
3.1.5.1 Transport routier 20
3.1.5.2 Transport ferré 21
3.1.6 ZONAGE COMMUNAL 21
3.2 Contexte physique 21
3.2.1 GEOMORPHOLOGIE 21
3.2.2 GEOLOGIE 21
3.2.2.1 Tectonique 21
3.2.2.2 Lithologie 23
3.2.2.3 Géotechnique et sondages de la Banque du Sous-Sol 24
3.2.2.4 Hydrogéologie 24

4. Analyse historique et carte informative des phénomènes 25

4.1 Inventaire des phénomènes sismiques 25
4.1.1 FAILLE CO-SISMIQUE ET INDICE DE RUPTURE DE SURFACE 25
4.1.2 SECOUSSES SISMIQUES ET LIQUEFACTION DES SOLS 27
4.2 Les phénomènes de mouvements de terrain 28

5. Aléas sismiques 33

5.1 Aléa faille active, capable d'engendrer une rupture co-sismique en surface 33
5.2 Mouvements sismiques 33
5.2.1 MOUVEMENT SISMIQUE AU ROCHER 35
5.2.2 MOUVEMENTS SISMIQUES TENANT COMPTE DES CONDITIONS PARTICULIERES DE SITE 36

5.2.2.1 Effets de site topographiques 36
5.2.2.2 Effets de site géologiques 37
5.2.2.3 Détermination des spectres par zone et par catégorie d'importance. 39
5.3 Liquéfaction des sols 42
5.3.1 CRITERES GEOLOGIQUES ET GEOMORPHOLOGIQUES 42
5.3.2 CRITERES HYDROGEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE 42
5.3.3 INITIATION DE LA LIQUEFACTION 43

6. Vulnérabilité sismique des éléments exposés et scénario sismique. 44

6.1 Logements 44
6.2 Vulnérabilité à l'échelle du territoire communal 44
6.3 Scénario d'endommagement 47
6.3.1 METHODOLOGIE 47
6.3.2 RESULTATS POUR L'ENSEMBLE DES BATIMENTS DU TERRITOIRE COMMUNAL 49

7. Aléa mouvements de terrain 51

7.1 Typologie des phénomènes 51
7.2 Intensité et occurrence temporelle 51
7.3 Evaluation de l'aléa mouvements de terrain 51

8. Présentation du plan de zonage et du règlement 54

8.1 Justification du plan de zonage 54
8.2 Justification du choix des mesures réglementaires 55
8.2.1 PRINCIPE 55
8.2.2 APPLICATION 55

9. Références bibliographiques 57

ANNEXE : 60

Impact pour la révision du Plan de Prévention des Risques 60

Rapport GEOTER n° GTR/MEY/1109-307 Rev1 60

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : EVOLUTION DE LA POPULATION ENTRE 1962 ET 2006 (D'APRES WWW.RECENSEMENT.INSEE.FR). 16

FIGURE 2 : REPARTITION DU TYPE DE LOGEMENT ACTUEL (D'APRES WWW.RECENSEMENT.INSEE.FR). 17

FIGURE 3 : EVOLUTION DU TYPE DE LOGEMENT (D'APRES WWW.RECENSEMENT.INSEE.FR). 18

FIGURE 4 : SITUATION DE LA COMMUNE DE MEYRARGUES DANS LE CONTEXTE SISMOTECTONIQUE DE LA REGION DE LA MOYENNE DURANCE 22

FIGURE 5 : CARTE INFORMATIVE DES SEGMENTS DE FAILLES ORGANISES EN FAISCEAU, CONSIDERES DANS LE PPR DE MEYRARGUES 26

FIGURE 6 : CARTE MACROSISMIQUE DU SEISME DE LAMBESC LE 11 JUIN 1909 27

FIGURE 7 : TYPOLOGIE DES MOUVEMENTS DE TERRAIN (D'APRES MOMPELAT, 1994) 30

FIGURE 8 : LOCALISATION DES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES D'UN EBOULEMENT DE GRANDE AMPLEUR 32

FIGURE 9 : FORME DU SPECTRE DE REPONSE ELASTIQUE SUIVANT L'EUROCODE 8. 34

FIGURE 10 : SPECTRES DE REPONSE ELASTIQUE NORMALISES, ASSOCIES AUX ZONES DU TERRITOIRE COMMUNAL.....39

FIGURE 11 : SPECTRES DE REPONSE ELASTIQUE APPLICABLES EN ZONE 1 PAR CATEGORIE D'IMPORTANCE DES OUVRAGES. 41

FIGURE 12 : SPECTRES DE REPONSE ELASTIQUE APPLICABLES EN ZONE 2 PAR CATEGORIE D'IMPORTANCE DES OUVRAGES. 41

FIGURE 13 : SPECTRES DE REPONSE ELASTIQUE APPLICABLES EN ZONE 3 PAR CATEGORIE D'IMPORTANCE DES OUVRAGES. 42

FIGURE 14: REPRESENTATION DE LA DENSITE PAR KM² DU NOMBRE DE BATIMENTS POTENTIELLEMENT ATTEINTS PAR DES DOMMAGES D4 OU D5, SOUS LE SCENARIO CONSIDERE. 50

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : DONNEES RECHERCHEES ET EXPLOITEES. 6

TABLEAU 2 : CORRESPONDANCE DES ZONES A EFFET DE SITE ENTRE LE PPR EXISTANT (1996) ET LA PRESENTE ETUDE 7

TABLEAU 3 : IDENTIFICATION ET HIERARCHISATION DES PRINCIPAUX ENJEUX DE LA COMMUNE DE MEYRARGUES.....19

TABLEAU 4 : SEISMES RESSENTIS A MEYRARGUES (HTTP://WWW.SISFRANCE.NET) 28

TABLEAU 5 : CONFIGURATIONS DES ZONES DE LA CARTE D'ALEAS.. L'ASSIMILATION CATEGORIQUE A LA CLASSIFICATION EC8 N'EST PAS POSSIBLE EN RAISON DE LA RARETE DES CARACTERISATIONS MECANIQUES PAR ESSAIS APPROPRIES.....38

TABLEAU 6 : VALEURS CARACTERISTIQUES DES BRANCHES DES SPECTRES NORMALISES.....38

TABLEAU 7 : VALEURS DU COEFFICIENT D'IMPORTANCE γ_I EN FONCTION DE LA CATEGORIE D'IMPORTANCE DU BATIMENT.....39

TABLEAU 8 : EQUATION DES BRANCHES DES SPECTRES PAR CATEGORIE D'IMPORTANCE DES OUVRAGES ET ZONES DE LA CARTE D'ALEAS. 40

TABLEAU 9 : EVALUATION ET CARTOGRAPHIE DE L'ALEA LIQUEFACTION.....43

TABLEAU 10: TYPOLOGIES REPRESENTATIVES DU TERRITOIRE COMMUNAL ET INDICES DE VULNERABILITE CORRESPONDANTS. 46

TABLEAU 11 : REPARTITION DU NOMBRE DE BATIMENTS DANS LES DIFFERENTES ZONES.....46

TABLEAU 12 : REPARTITION, EN % DU NOMBRE DE BATIMENTS, DES DIFFERENTES TYPOLOGIES DANS CHACUNE DES ZONES (U : ZONES URBANISEES ; NA : ZONES D'URBANISATION FUTURE ; NB : ZONES D'HABITAT DIFFUS ; NC : ZONES AGRICOLES ; ND : ZONES A PROTEGER ET ZONES NATURELLES ET FORESTIERES.) 47

TABLEAU 13 : INCREMENTS D'INTENSITE ASSOCIES AUX DIFFERENTES ZONES SISMIQUES.....48

TABLEAU 14: QUALIFICATION DE LA PROBABILITE D'EFFONDREMENT PARTIEL OU TOTAL POUR UN SCENARIO CONSIDERE. 48

TABLEAU 15 : REPARTITION DES DOMMAGES D4 ET D5, SOUS LE SCENARIO CONSIDERE.....49

TABLEAU 16 : ESTIMATION DE L'INTENSITE DES CHUTES DE BLOCS ET EBOULEMENT ROCHEUX, D'APRES LE VOLUME MOBILISE (CFGI, 2000) 52

TABLEAU 17 : EXEMPLE DE DEFINITION DE QUATRE NIVEAUX DE GRAVITE VIS-A-VIS DES VIES HUMAINES SOUS L'EFFET D'UN MOUVEMENT DE TERRAIN (CFGI, 2000).....52

TABLEAU 18 : EXEMPLE DE NIVEAUX D'AGRESSIVITE VIS-A-VIS DES VIES DES CONSTRUCTIONS (CFGI, 2000).....53

TABLEAU 19 : EXEMPLE DE DEFINITION DE 4 NIVEAUX D'INTENSITE D'UN MOUVEMENT DE TERRAIN, BASEE SUR LA DPP (IN CFGI, 2000, D'APRES UN DOCUMENT DE LA DELEGATION AUX RISQUES MAJEURS, 1990).....53

TABLEAU 20 : DETERMINATION DES ZONES DU PLAN DE ZONAGE DE MEYRARGUES 55

LISTE DES PHOTOS

PHOTO 1 : INSTABILITES POTENTIELLES ET PARADES GEOTECHNIQUES AU DROIT DE L'ANCIENNE CARRIERE 31

PHOTO 2 : BLOCS EBOULES (PENDAGE DISCORDANT AU PREMIER PLAN) 31

PHOTO 3 : BLOC CALCAIRE EBOULE (COLLUVIONS ENTRE LE BLOC ET LE SUBSTRATUM) 31

PHOTO 4 : CHUTE DE GROS BLOCS OU EBOULEMENT EN MASSE AU PAS DE L'ETROIT 31

PHOTO 5 : EBOULEMENT DE GRANDE AMPLEUR DANS LA VALLEE DU TORRENT DU PAS DE L'ETROIT 32

PHOTO 6 : EXEMPLE DE BATIMENT DE LA TYPOLOGIE « MAISON INDIVIDUELLE – MAÇONNERIE DE PIERRE » 45

PHOTO 7 : EXEMPLE DE BATIMENT DE LA TYPOLOGIE « MAISON INDIVIDUELLE – MAÇONNERIE DE PARPAING / BRIQUE » 45

PHOTO 8 : EXEMPLE DE BATIMENT DE LA TYPOLOGIE « LOTISSEMENT » 45

PHOTO 9 : EXEMPLE DE BATIMENTS DE LA TYPOLOGIE « CENTRE VILLAGE » 45

PHOTO 10 : EXEMPLE DE BATIMENT DE LA TYPOLOGIE « LOGEMENT COLLECTIF » 45

PHOTO 11 : EXEMPLE DE BATIMENT DE LA TYPOLOGIE « USINE EN OSSATURE BETON ARME » (SECOND PLAN) 45

ACTUALISATION DES ETUDES TECHNIQUES EN VUE DE LA REVISION DU PPR SISMIQUE ET MOUVEMENTS DE TERRAIN

Commune de Meyrargues

1. Les raisons de la prescription du PPR de Meyrargues et de sa révision

1.1 Une commune exposée au risque sismique et à ses effets induits

La commune de Meyrargues est située entre deux zones ayant engendré des séismes historiques destructeurs :

- Le système de faille de la moyenne Durance, responsable d'une chronique remarquable de séismes (13/12/1509, 14/08/1708, 26/03/1812 et 14/05/1913) ;
- Le chaînon de la Trévaresse, siège du séisme provençal destructeur de Lambesc du 11/06/1909.

Cette situation a placé la commune de Meyrargues en zone II de sismicité, la plus forte du territoire national métropolitain dans le zonage sismique de la France de 1985. En conséquence, la commune de Meyrargues a été parmi les premières des Bouches-du-Rhône à bénéficier d'un Plan d'Exposition aux Risques (PER) sismique. Ce Plan a été prescrit le 28/08/1990, soumis à l'enquête publique le 29/12/1995 et approuvé le 09/04/1996. Il a été ensuite transformé en Plan de Prévention des Risques (PPR) séisme et mouvements de terrain.

Dans le nouveau zonage publié par le MEEDDM, la zone de sismicité nationale es dénommée zone 4, qui constitue toujours la plus forte du territoire métropolitain.

1.2 La nécessaire évolution du PPR existant

Du fait de la présence supposée de failles tectoniques, les projets d'aménagement et de développement de la commune de Meyrargues sont fortement contraints par le PPR existant. Or, les connaissances scientifiques et techniques ont évolué. Il se trouve d'une part que la cartographie de certaines zones est remise en cause, et que, pour les autres, leur transcription réglementaire est plus nuancée.

Ainsi, le rapport GTR/MEY/0706-307 (juillet 2006) concluait ainsi (cf. version révisée en annexe) :

- **Les interdictions à la construction dans certaines zones rouges du PPR actuel, ne sont plus justifiées.**

- **Pour certains tronçons une approche raisonnable et pragmatique doit être adoptée, en tenant compte, du niveau d'activité de la faille et de la nature des ouvrages.**

Les nouveaux éléments et arguments apportés par cette étude sont de nature à réviser le règlement du PPR.

A l'occasion d'une révision du PPR, il est également pertinent de mettre à jour l'ensemble des cartes relatives à l'aléa sismique. Notamment, compte tenu de l'évolution de la réglementation nationale, certaines des prescriptions et recommandations liées aux cartes des effets de site sont désormais obsolètes. Aucun spectre ne figurait par exemple dans l'ancien PPR.

La révision du PPR porte ainsi sur l'ensemble du territoire communal.

2. La démarche globale de gestion des risques naturels

2.1 Les actions de la collectivité vis à vis des risques naturels

En matière de sécurité face au risque naturel, l'action de la collectivité prend trois formes principales : l'alerte, la protection et la prévention.

- **L'alerte** consiste, pour les phénomènes qui le permettent, à prévenir à temps la population et les responsables de la sécurité pour que des dispositions de sauvegarde soient prises. Vis-à-vis des séismes, elle est actuellement inefficace. De plus, elle ne permet pas la sauvegarde des biens.
- **La protection** est une démarche plus active. Elle met en place un dispositif qui vise à réduire, à maîtriser, à supprimer les effets d'un aléa.
- **La prévention** est une démarche fondamentale à moyen et long termes. La prévention consiste essentiellement à éviter d'exposer les personnes et les biens par la prise en compte du risque dans la vie locale et notamment dans l'utilisation et l'aménagement du territoire communal. Elle permet aussi des économies très importantes en limitant les dégâts. En effet, un événement naturel majeur peut avoir un coût considérable : endommagement des biens privés et des infrastructures publiques, chômage technique, indemnisations, remises en état, coût des personnels et des matériels mobilisés sans compter les effets psychologiques.

2.2 Les Plans de Prévention des Risques (PPR)

Les PPR poursuivent deux objectifs principaux :

- **Constituer et divulguer une connaissance du risque**, pour que chaque personne concernée, soit informée et responsabilisée.
- Instituer une **réglementation minimum mais durable**, afin de garantir les mesures de prévention. C'est pour cela que le PPR constitue une **servitude d'utilité publique** affectant l'utilisation du sol et s'impose notamment au plan d'occupation des sols (POS) ou au plan local d'urbanisme (PLU) lorsqu'ils existent.

Le PPR est donc aussi l'outil qui permet d'afficher et de pérenniser la prévention.

3. Présentation de la commune de Meyrargues

3.1 Les enjeux

La commune de Meyrargues est située à la périphérie du département des Bouches-du-Rhône, limitrophe avec le Vaucluse au Nord. Elle appartient à la Communauté d'Agglomération du Pays d'Aix (CAPA). Meyrargues fait partie du canton de Peyrolles-en-Provence et de l'arrondissement d'Aix-en-Provence.

La superficie communale est de 42 km².

Les données INSEE disponibles (www.recensement.insee.fr) sont exploitées vis-à-vis de la population (Figure 1) et des logements (Figure 2).

3.1.1 Population

Au recensement de 2006, la population de Meyrargues était de 3 400 habitants. L'accroissement est régulier depuis 1975 (Figure 1). Dans le même temps, le taux d'occupation diminue de 3,6 à 2,3 occupants, par résidence principale (entre 1968 et 2006). La part de résidences secondaires est de 3.8% sur un nombre total de logements de 1548 en 2006.

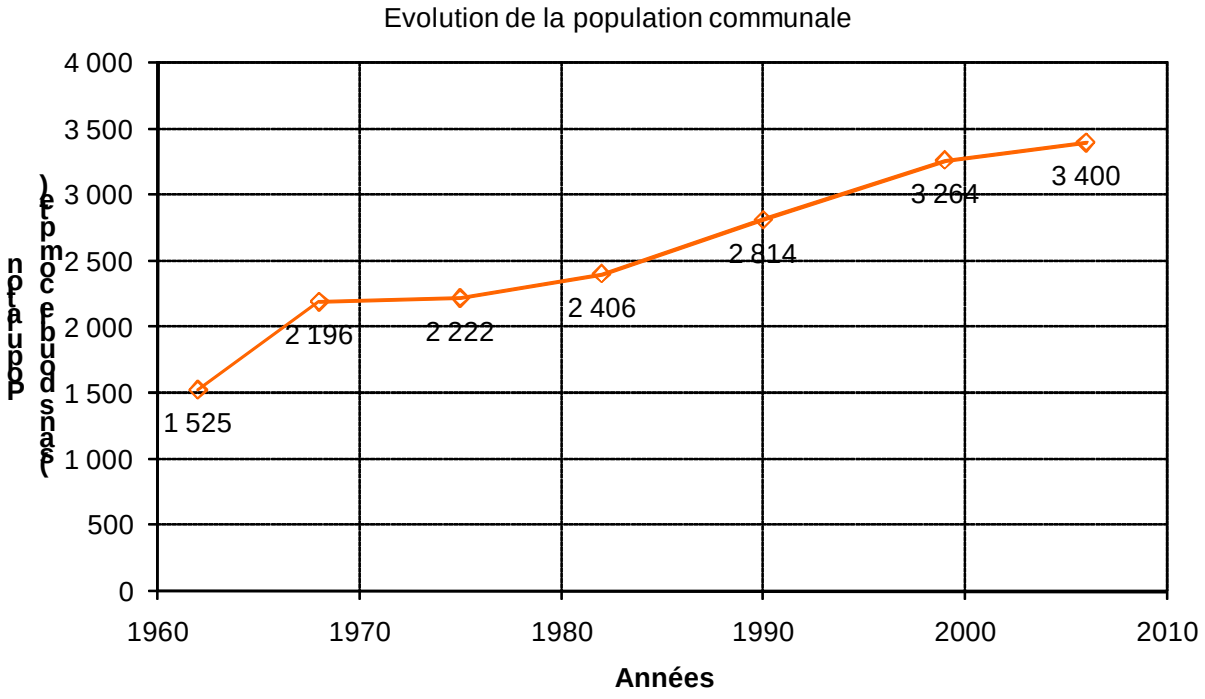


Figure 1 : Evolution de la population entre 1962 et 2006 (d'après www.recensement.insee.fr).

3.1.2 Logements

En terme de répartition sur la commune de Meyrargues (Figure 2), les logements sont essentiellement des habitations individuelles (71%). Ceux situés dans un immeuble collectif représentent tout de même 24% des logements.

Du point de vue de leur **période d'achèvement** (Figure 3), 22% des logements sont antérieurs à 1915 et 13% postérieurs à 1990. Le pourcentage de bâtiments pour lesquels une conception et des règles de construction parasismiques ont été appliquées, est donc très faible.

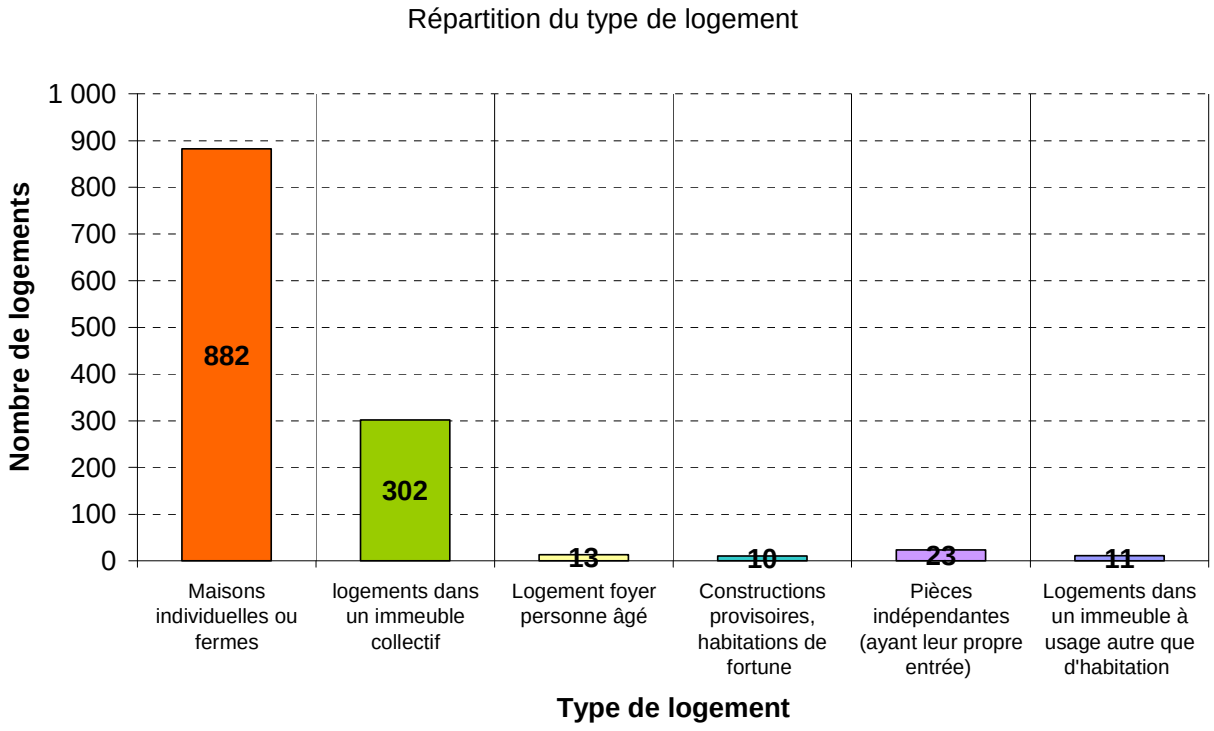
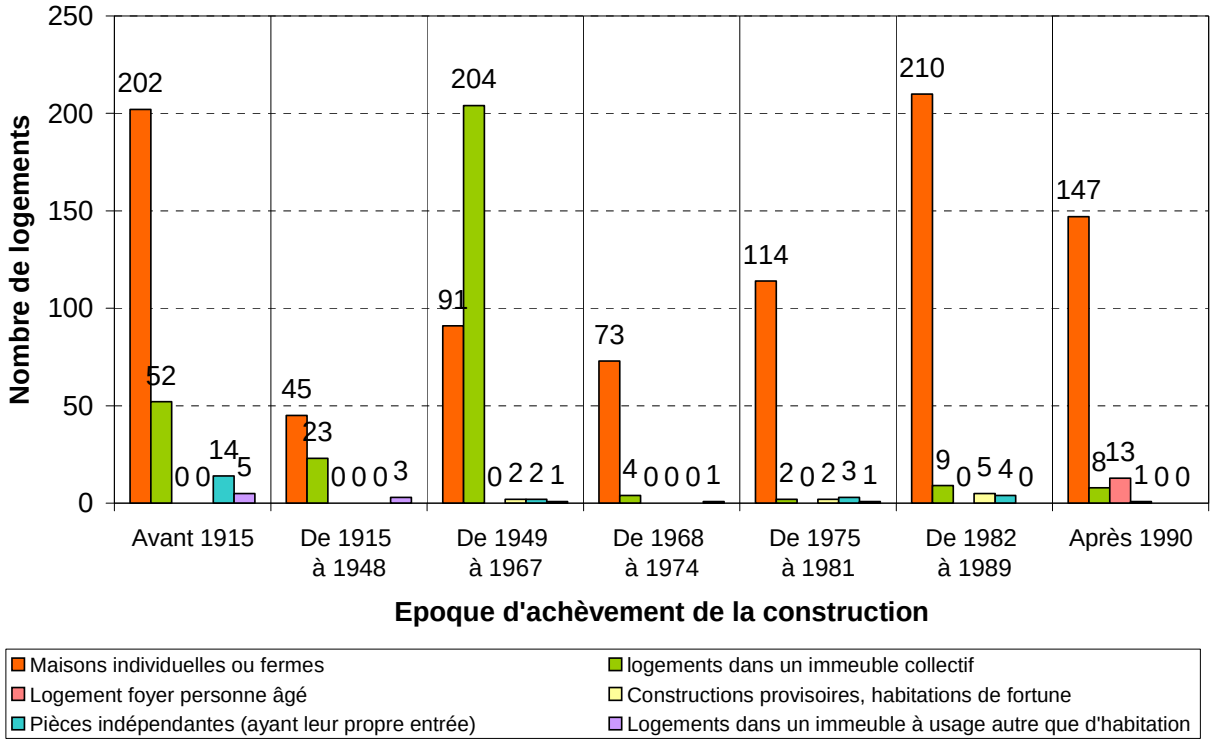


Figure 2 : Répartition du type de logement actuel (d'après www.recensement.insee.fr).



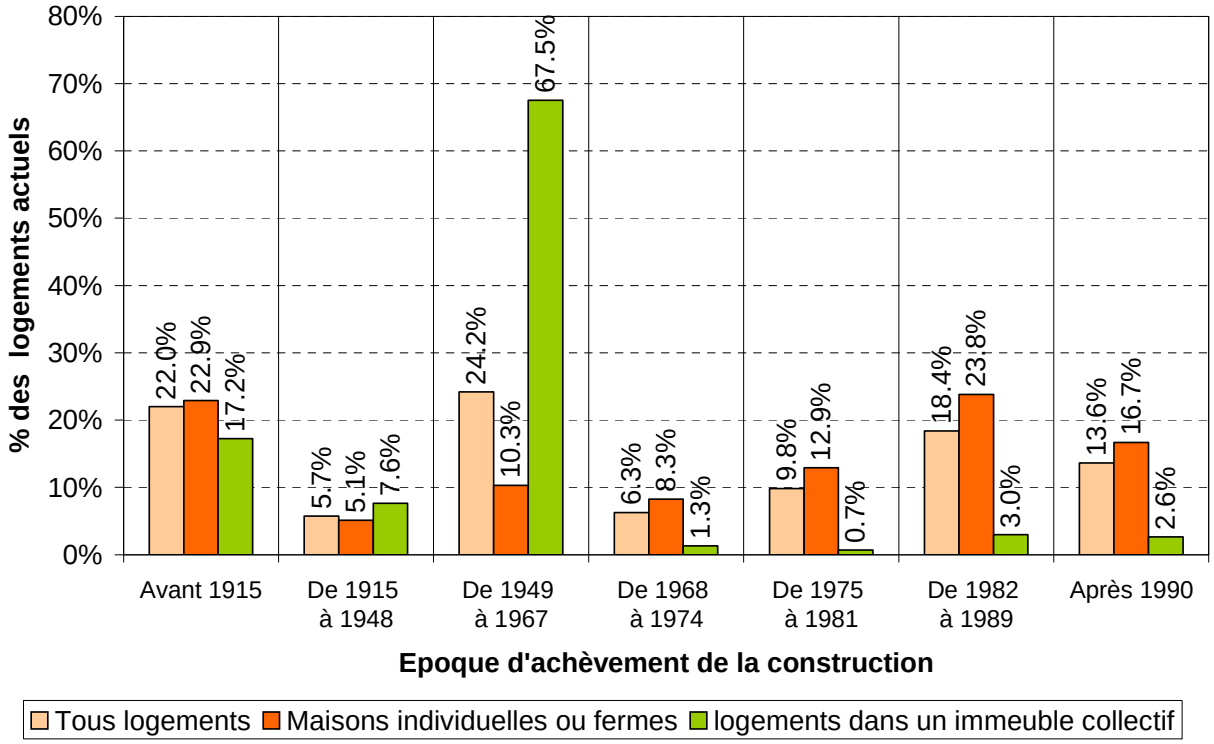


Figure 3 : Evolution du type de logement (d'après www.recensement.insee.fr).

3.1.3 Equipements collectifs

Les principaux équipements collectifs présents sur le territoire communal sont classés selon leur importance stratégique au sens de la réglementation parasismique. La terminologie adoptée dans la suite du document se réfère à la terminologie Eurocode 8. Par souci de continuité avec les anciennes règles de construction parasismique, l'ancienne nomenclature est parfois rappelée entre parenthèses, à la suite de la nouvelle.

Aucune installation classée pour la protection de l'environnement n'est présente sur le territoire communal.

Parmi les bâtiments courants à risque normal, ceux ayant un rôle dans l'organisation des secours et la gestion de crise relèvent de la catégorie IV (ex classe D). Pour les autres bâtiments identifiés, selon leur fonction et selon qu'ils peuvent accueillir simultanément, plus ou moins de 300 personnes, ils sont respectivement affectés à la catégorie III (ex classe C) ou II (ex classe B).

Les équipements collectifs sont représentés sur la carte des enjeux (Annexe 4-2).

Catégorie d'ouvrage (EC8)	Equipement	Catégorie	Effectif moyen	Description	Année de construction
IV	Centre de Secours	Secours	65 pompiers	Garage et entrée : ancienne cave viticole	Début XX
				Foyer, PC, etc. : extensions latérales	Inauguré en 1996
IV	Mairie	Administration Gestion de crise	≈15		±1960 / 1980 / 1991 ?
IV	Station de pompage Meyrargues Lion d'or	Réseau d'eau	0	Point singulier, en amont de la distribution d'eau de la commune	/
III	Salle des fêtes / services techniques	Administration Loisir, culture	/ ≈10	Services techniques au sous-sol	±1960 / 1980 / 1991 ?
III	Salle des sports et crèche	Loisir, culture, social	30 / 25		±1990
III	Ecole primaire Jules Ferry	Scolaire	200 élèves	Bâtiment ancien	±1890
				Extensions	Années 1960-70
III	Ecole maternelle Joseph d'Arbaud	Scolaire	140 élèves		±1974
III	Restaurant collectif / et halte garderie	Scolaire social	≈100 / ≈50		±2000
II	Foyer Age d'or	Loisir, culture, social	≈30		±1974
II	La Poste	Commercial	≈30		Entre 1945 et 1970

Tableau 3 : Identification et hiérarchisation des principaux enjeux de la commune de Meyrargues.

3.1.4 Réseaux de services

3.1.4.1 Réseaux d'eaux

On ne dispose pas d'éléments suffisamment précis vis-à-vis des divers réseaux d'eau (eau potable, assainissement et pluvial). Hormis la station de pompage de Meyrargues – Lion d'or, les réseaux d'eaux ne sont donc pas représentées sur la carte des enjeux (Annexe 4-2). Toutefois, des réservoirs (La Plaine, les Arcades) et le tracé du Canal de Provence figurent sur le fond de carte IGN. Pour ce dernier, il s'agit notamment des ouvrages particuliers situés en limite Sud de la commune :

- La galerie de Concors ;
- La galerie de Saint Hyppolite ;
- Le partiteur de la Campane.

A titre d'anecdote on peut signaler aussi l'ancien canal du Verdon et les ruines de l'aqueduc romain.

3.1.4.2 Réseau électrique

Le poste électrique de Meyrargues est implanté dans la vallée de la Durance, en bordure de la RD561. S'agissant d'une installation de production d'électricité, l'ouvrage est de catégorie d'importance III au sens de la réglementation parasismique.

Le canal industriel établi par Electricité de France, traverse le territoire communal à la limite de la plaine de la Durance.

Plusieurs lignes de transport d'énergie électriques sont représentées sur le fond IGN, liées notamment à la centrale électrique de Meyrargues et au Centre d'Etudes Nucléaires de Cadarache. Au titre des servitudes, le Plan d'Occupation des sols mentionne les lignes suivantes :

- 400 kV Boutre-Tavel dérivation Tore-Supra ;
- 400 kV Boutre-Tavel exploitée en 225 kV ;
- 225 kV La Palun – Sainte Tulle ;
- 63 kV Jouques – Meyrargues 1 ;
- 63 kV Jouques- Meyrargues 2 ;
- 63 kV St Estève – Meyrargues ;
- 63 kV Aix – Meyrargues.

Plusieurs pylônes d'angles sont remarquables.

3.1.4.3 Réseau de gaz

Un gazoduc (Cabriès – Manosque) traverse le Nord de la commune de Meyrargues.

3.1.5 Réseaux de transport

3.1.5.1 Transport routier

L'autoroute A51 (Marseille, Aix-en-Provence, Manosque, Sisteron, Gap) traverse l'Ouest et le Nord de la commune, avec deux points singuliers : un péage 'pleine voie' et une aire de service.

Plusieurs routes, nationale et départementales, assurent la desserte de la commune :

- RN 96 vers Venelle et Peyrolles ;
- RD 561 en direction de Pertuis.

A noter que la rive gauche du remarquable pont de Pertuis est située sur le territoire de Meyrargues.

3.1.5.2 Transport ferré

La ligne Marseille - Gap, via Aix-en-provence et Manosque, emprunte largement la vallée du Grand-Vallat. La Gare de Meyrargues est située à proximité de la RN96, à la limite de la commune de Peyrolles -en-Provence. Il s'agit d'une voie unique, non électrifiée. Le service passager est renforcé par un réseau de bus.

3.1.6 Zonage communal

Dans la perspective du PPR, il s'agit essentiellement de distinguer :

- Les espaces urbanisés, protégés ou non par un ouvrage ;
- Les espaces non urbanisés.

La carte des principaux enjeux est établie, sur la base des informations disponibles (POS). La règle de répartition suivante est proposée :

- Zones urbanisées (U) ;
- Zones non urbanisées ;
  - Zones agricoles (NC) ;
  - Zones à protéger (ND), zones naturelles et forestières.

La vocation des zones NA et NB reste à préciser.

3.2 Contexte physique

La superficie du territoire communal est de 41,7 km².

3.2.1 Géomorphologie

Le territoire de la commune de Meyrargues est constitué par trois ensembles géomorphologiques :

- Au Nord, la vallée de la Durance est une plaine alluviale à une altitude d'environ 200 m ;
- A l'Ouest de Meyrargues un ensemble de collines d'âge oligocène culmine vers 350 m d'altitude ;
- Au Sud et à l'Est se dressent les reliefs calcaires (jurassique et crétacé) formant le versant Sud-Ouest du massif du Concors.

3.2.2 Géologie

3.2.2.1 Tectonique

La Provence occidentale est caractérisée par la présence de réseaux de failles tardi-hercyniens et mésozoïques dont le principal est le système de failles de la Moyenne Durance. Depuis le début de l'ère tertiaire, ces failles ont été soumises à l'influence de trois phases principales de déformations tectoniques :

- La première phase correspond à la **formation de la chaîne Pyrénéo-Provençale**. Cette phase compressive a son paroxysme à l'Eocène et a entraîné un raccourcissement de la couverture sédimentaire et le développement de failles inverses et de chevauchements à vergence Nord

(Etoile, Nerthe) et à vergence Sud (chevauchements du Luberon, de la Sainte Victoire et du Concors...) ;

- A l'Oligocène, la région est soumise à une **phase de distension** qui entraîne la formation de bassins de sédimentation. Ces bassins sont localisés, en particulier, le long du système de failles NE-SO de la Moyenne Durance (bassin d'Aix en Provence, bassin de Manosque-Forcalquier) ;
- Au Mio-Pliocène, et jusqu'à l'époque actuelle, la région est à nouveau soumise à un **régime tectonique compressif** caractérisé par une contrainte maximale horizontale de direction moyenne sub-méridienne en Provence. Ce régime de déformation conduit à la réactivation des failles inverses et chevauchements Est-Ouest Pyrénéo-Provençaux, et des failles de direction NE-SO, avec un mouvement décrochant senestre principal.

Le système de failles de la Moyenne Durance (FMD), qui constitue l'accident régional majeur, a une longueur d'environ 80 km (Figure 4). Il sépare deux domaines géologiques différents. : à l'Ouest un domaine avec une épaisse couverture sédimentaire méso-cénozoïque (>5 km) et à l'Est, un domaine avec une couverture mésozoïque très réduite recouverte par une importante série néogène à quaternaire (*e.g.* Terrier *et al.,* , 2006 ; Cushing *et al.,* 2007). Le système de la Moyenne Durance se poursuit vers le Sud par le système de failles d'Aix-en-Provence. D'après Terrier et al. (2006), ces deux systèmes sont en continuité sur une longueur de 100 à 120 km et correspondent à un accident tardi-hercynien qui se marque par une dénivellation du socle de plusieurs kilomètres avec abaissement du compartiment Ouest.

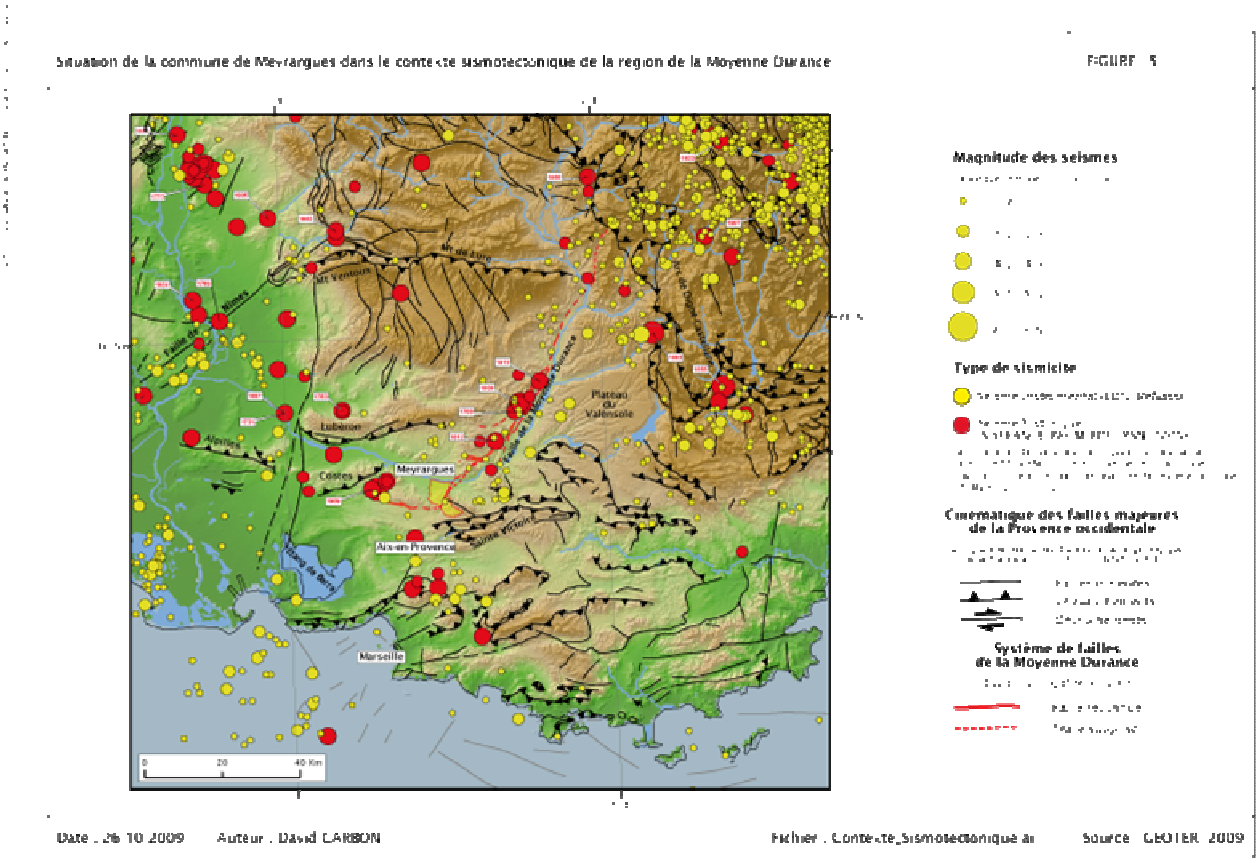


Figure 4 : Situation de la commune de Meyrargues dans le contexte sismotectonique de la région de la Moyenne Durance

L'histoire géologique du système de failles Aix-Moyenne Durance montre, qu'au cours du temps, il a rejoué, non pas dans son ensemble, mais suivant des segments bien identifiés de longueur de quelques dizaines de kilomètres. Ces segments de failles ont contrôlé différemment la géométrie et le style structural de la couverture sédimentaire lors des épisodes extensifs mésozoïques et oligocènes et compressifs pyrénéens et alpins. Pour ce qui concerne le rejeu récent des différents segments de failles NE-SO, on constate que le système de failles de la Moyenne Durance montre une forte remobilisation alpine le long de ses segments Nord. Ceux-ci limitent l'extension du bassin molassique d'avant chaîne (Valensole) à remplissage mio-pliocène (décalage plurihectométrique de la base du Miocène, pli en échelons dans les terrains miocènes inférieurs et moyens). Par contre, le segment Sud (faille d'Aix) présente une activité mio-pliocène plus localisée et nettement moins intense (Terrier *et al.,* 2006).

La commune de Meyrargues est située dans la partie Sud du système de failles de la Moyenne Durance (FMD) au niveau d'une zone de relais tectonique qui se manifeste en surface par des segments de faille d'importance variable. Vers le Nord il s'agit des segments de failles qui longent la vallée de la Durance entre Château-Arnoux et Mirabeau. Vers le Sud il s'agit de segments de failles qui limitent le bassin d'Aix entre Venelles et le massif de l'Etoile (Figure 4).

A ce système de décrochements NE-SO se connectent des accidents secondaires Est-Ouest à NO-SE qui correspondent à des chevauchements à vergence Nord ou Sud. Dans la région de Meyrargues ils correspondent au chevauchement actif de la Trévaresse à l'origine du séisme destructeur de Lambesc de 1909, et des chevauchements du Concors et de la Vautubière. Ces accidents délimitent des massifs à relief peu accentués, constitués de terrains mésozoïques (Crétacé et Jurassique).

La terminaison Ouest du chevauchement du Concors passe en limite de la commune de Meyrargues. Ce chevauchement d'orientation NO-SE, à pendage Nord présente une longueur d'environ 9,5 km. Il affecterait toute l'épaisseur de la couverture sédimentaire, soit au moins 2500 m d'après Biberon (1988). Il est vraisemblable que ce chevauchement à faible rejet soit d'âge Eocène supérieur (Biberon, 1988) et qu'il ait rejoué au cours du Miocène supérieur (âge du dernier rejeu supposé). 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 néotectonique n'est connu sur cette faille (Terrier *et al.,* 2004).

Selon la hiérarchisation des failles actives de la région PACA proposée par le BRGM (Terrier *et al.,* 2006), la faille du Concors est classée dans la catégorie des failles potentiellement actives à faible activité (Classe 1). Par contre, le système de failles de la Moyenne Durance est classé dans la catégorie des failles actives avec activité la plus élevée (Classe 3).

3.2.2.2 Lithologie

Vis-à-vis des effets de site et des mouvements de terrain, les unités lithologiques suivantes ont été considérées.

- Cailloutis, sables et limons ;
- Cailloutis, graviers et limons ;
- Travertins ;
- Argiles et brèches calcaires ;
- Argilites et grès ;
- Poudingues ;
- Marno-calcaires et alternances de marnes et calcaires ;

- Calcaires et dolomies.

Comme dans l'étude CETE et BRGM (1991), les contours reprennent en grande partie ceux de la carte géologique de Pertuis à 1/50 000.

3.2.2.3 Géotechnique et sondages de la Banque du Sous-Sol

La mairie de Meyrargues a fourni une étude géotechnique réalisée au droit du nouveau restaurant scolaire (GEOSITE, 1996, 1998). Neuf sondages de pénétration dynamiques ont été réalisés :

- Leur profondeur (4 à 7 m) n'a jamais permis d'atteindre le refus sur le substratum géologique ;
- Les limons vasards décrits ont des caractéristiques mécaniques médiocres. La résistance dynamique de pointe comprise entre 0,4 et 2 MPa ;
- Le niveau d'eau est estimé vers 2,5 m de profondeur.

Sur Meyrargues, la banque de données du sous-sol (BSS, http://infoterre.brgm.fr/) comporte plus de 100 références, grâce notamment aux travaux du canal EDF. Pour autant, toutes ces informations ne sont pas aussi pertinentes, en particulier vis-à-vis de l'épaisseur des formations superficielles. Les données les plus remarquables sont les suivantes :

- Plus de 16 m de formations argileuses à sables ou galets, dans l'axe de la vallée, entre le vieux village et le cimetière.
- 10 à 14 m de formations limoneuses, parfois argileuses, à sables ou galets au droit du pont sur le Grand-Vallat, à proximité de la mairie.
- Plus de 25 m de formations superficielles médiocres (argiles, tourbes, limons), en rive gauche du Grand-Vallat, dans le secteur compris entre le canal EDF, la RD561 et la RN96.
- Presque 15 m de formations superficielles médiocres (argiles, limons) et de travertin, en rive droite du Grand-Vallat, à proximité de la culée rive gauche du pont de la RN96 sur le canal EDF.
- Pratiquement 24 m de travertin dans le secteur de Saint-Estève, en bordure du canal EDF.
- Presque 20 m de formations quaternaires dans le secteur de Saint-Estève, à proximité du segment principal de la faille de la moyenne Durance.

On remarque donc un effet de verrou lié à la présence de travertins (dépôts de sources pétrifiantes). En amont des sédiments fins s'accumulent avec des épaisseurs parfois importantes.

3.2.2.4 Hydrogéologie

Les réservoirs aquifères principaux sont représentés d'une part par les calcaires et dolomies du Jurassique et du Crétacé inférieur et d'autre part par les alluvions de la Durance.

- Les calcaires sont caractérisés par des circulations karstiques conduisant à la formation de sources ;
- D'après les données de sondages disponibles, le comblement alluvial de la Durance est estimé à une dizaine de mètres en moyenne. Il contient une nappe aquifère en équilibre avec le cours d'eau.

On peut noter de plus, la présence d'aquifères de faibles capacités dans les grès et conglomérats oligocènes.

4. Analyse historique et carte informative des phénomènes

4.1 Inventaire des phénomènes sismiques

4.1.1 Faille co-sismique et indice de rupture de surface

Dans l'état actuel des connaissances géologiques, il n'y a pas, sur la commune de Meyrargues, d'exemple de faille ayant produit des ruptures co-sismiques en surface, ni d'indice de déformation tectonique quaternaire. Les intensités épicentrales des séismes historiques recensées dans la base SISFRANCE (http://www.sisfrance.net) ont été transformées en magnitude macrosismique en utilisant les relations de Levret *et al.* (1996). **Aucun évènement historique de cette base n'a pu produire de rupture de surface sur la commune de Meyrargues.**

> *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). D'après les informations des missions post-sismiques, il convient d'indiquer que les cas de rupture de surface pour les magnitudes 5.5 à 6.0 correspondent toujours à des séismes dont la profondeur est très faible, comprise entre 1 et 5 km.*

Néanmoins, la commune de Meyrargues est recoupée par un réseau de failles NE-SO, appartenant au système de failles de la Moyenne Durance, considéré comme l'un des plus actif du territoire national (niveau d'activité le plus élevé d'après la synthèse des failles actives de la région PACA, Terrier *et al.,* 2006). Ce système de faille présente dans sa partie Nord (entre Manosque et La Brillanne) plusieurs évidences de déformations néotectoniques, ainsi qu'un indice de rupture co-sismique situé près de Manosque.

De plus, une étude récente a permis de mettre en évidence plusieurs ruptures paléo-sismiques successives, avec des rejets pluri-décimétriques, sur une faille inverse située le long du chaînon de la Trévaresse à l'Ouest de Venelles (Chardon *et al.*, 2005). D'après ces travaux, les niveaux les plus récents affectés correspondent à un sol moderne. La rupture de ce sol pourrait être consécutive au séisme de Lambesc de 1909.

Deux systèmes de failles potentiellement actifs recoupent le territoire de la commune de Meyrargues. Il s'agit :

- D'une part, du segment Meyrargues-Venelles appartenant au système de failles de la Moyenne Durance ;
- D'autre part du chevauchement du Concors, dont seule l'extrémité Ouest concerne la limite orientale de la commune de Meyrargues, en zone naturelle et forestière.

Concernant le **système actif de la Moyenne Durance**, et notamment les segments de failles qui recoupent la commune de Meyrargues, l'étude menée par GEOTER (2006, révision 2009 : *cf.* Annexe) a permis d'apprécier leur réalité et de préciser leur localisation. Les segments de faille retenus, organisés en faisceau, sont indiqués sur la carte informative des failles (Figure 5).

L'étude fait ressortir, à l'analyse des travaux récents (IRSN/CEREGE 2003-2005, BRGM 2002/2006 Rapport RP 53 930-FR) et suite aux contrôles terrain, 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. Le tracé de cette faille, déjà reconnue lors des travaux du canal EDF en 1959, limite l'extension du chevauchement du Concors vers l'Ouest. 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 ». La hiérarchisation des failles actives de la régions PACA classe cette faille dans la **catégorie « activité la plus élevée »** (Terrier *et al.,* 2006).

A cette faille principale, deux segments secondaires sub-parallèles sont associés. Ils se caractérisent :

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

Ces zones 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.

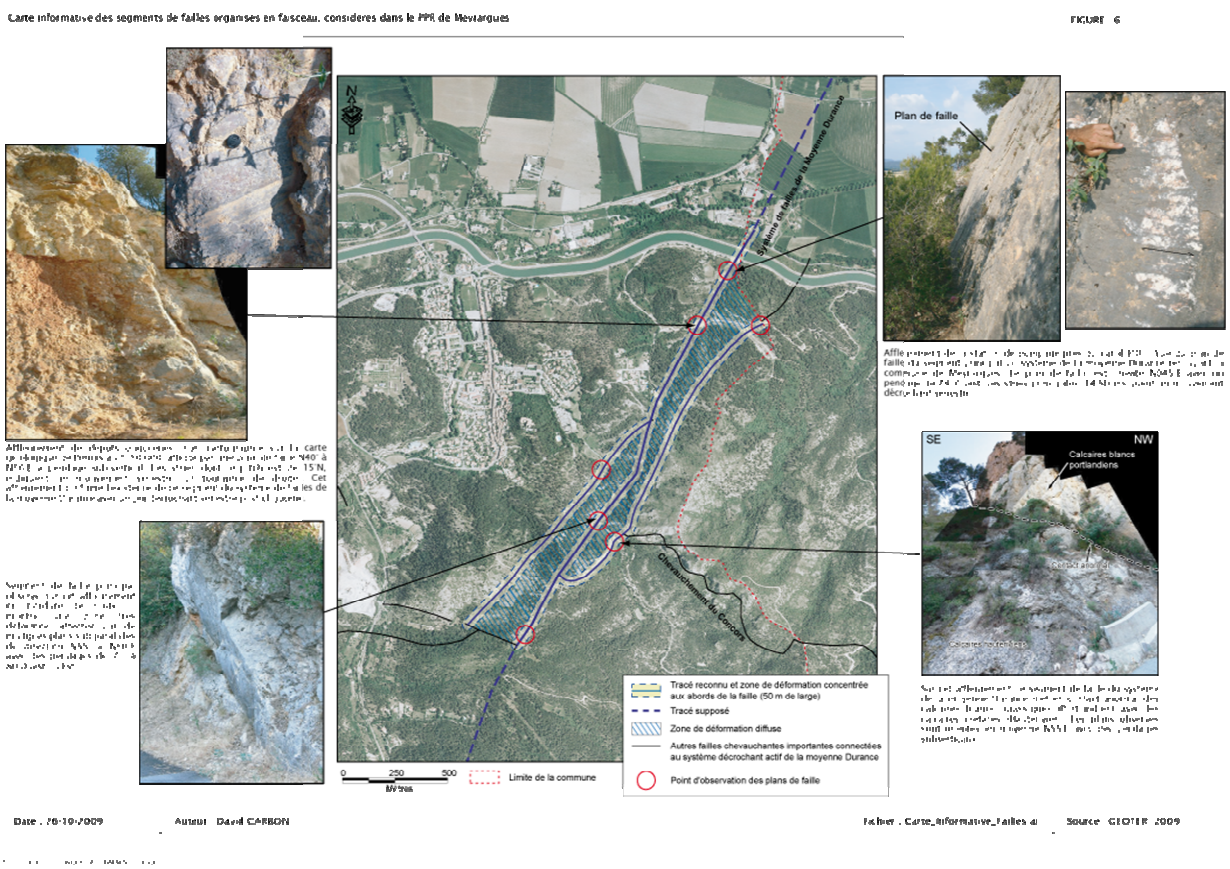


Figure 5 : Carte informative des segments de failles organisés en faisceau, considérés dans le PPR de Meyrargues

Au Sud du Vallon du Pin, le prolongement vers le Sud de la faille principale reste douteux. Il n'y a pas de correspondance avec la carte géologique et peu d'expression morphologique le long du tracé supposé (Cushing et Bellier, 2003).

Les fortes incertitudes sur le prolongement Sud du segment principal font que cette faille supposée n'est pas retenue à ce jour dans le PPR comme source d'aléa « rupture de surface » sur la commune (*cf.* Annexe).

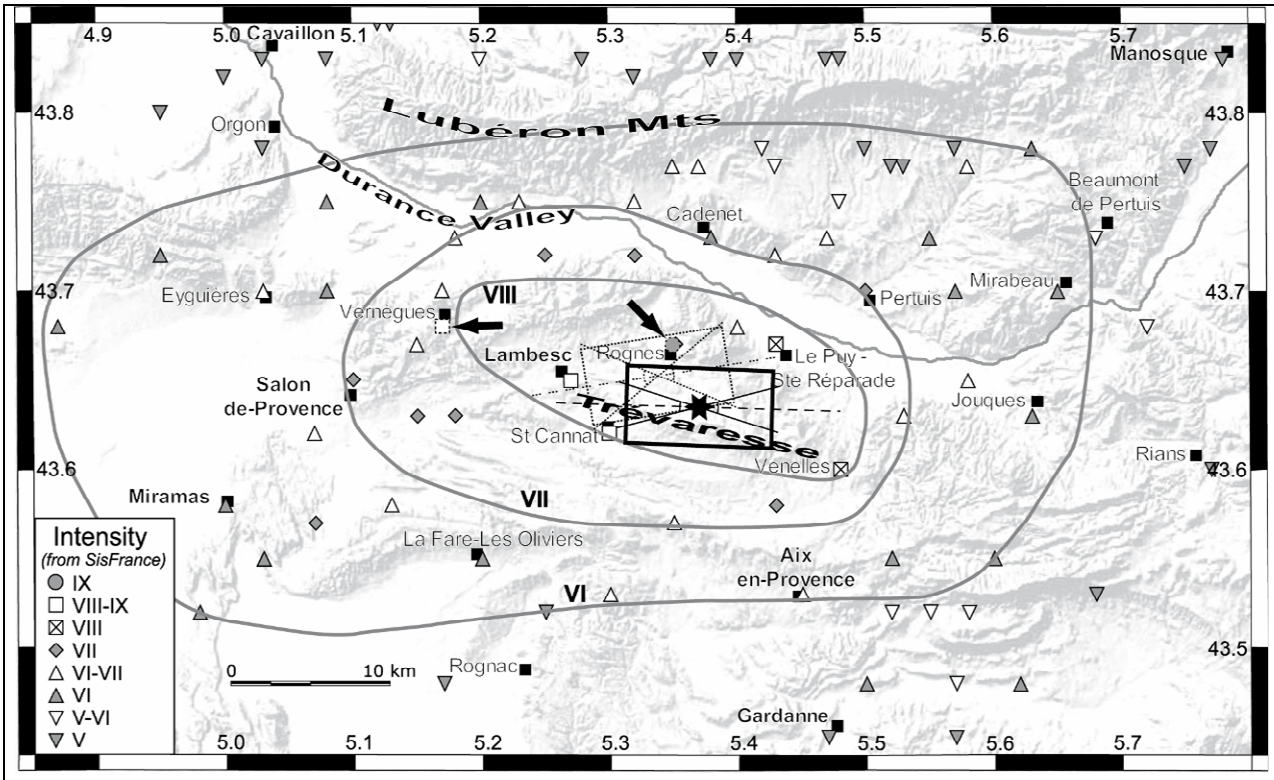
Concernant le **chevauchement du Concors**, il convient de préciser que cette faille n'avait pas été retenue comme faille active dans le Plan d'Exposition aux Risques (PER) réalisé en 1991 et transformé en PPR par la suite. De ce fait, l'étude menée en 2006 par GEOTER et les investigations de terrain n'avaient pas pris en compte spécifiquement cet accident. Néanmoins, les connaissances actuelles sur cette structure (*cf.* synthèse BRGM, Terrier *et al.,* 2006) conduisent à considérer cette faille dans la **catégorie « activité faible »** (classe 1 selon la hiérarchisation des failles actives de la région PACA par le BRGM) et aucun indice de déformation néotectonique n'est associé à cette faille. En suivant la méthodologie exposée en annexe, la faille du Concors n'est donc pas retenue dans le PPR comme source d'aléa « rupture de surface ».

4.1.2 Secousses sismiques et liquéfaction des sols

La Provence occidentale est régulièrement affectée par de faibles secousses sismiques (Figure 4) qui ne sont généralement pas ressenties par la population. Néanmoins, quelques séismes historiques ont été plus importants. Le plus marquant et le plus destructeur est celui de Lambesc, le 11 juin 1909 (Figure 6), mais la moyenne Durance a aussi été affectée par une succession de séismes destructeurs (Tableau 4). Dans un ouvrage consacré à la commune, il est précisé :

- « *Le 11 juin 1909, deux secousses sismiques ébranlèrent le pays, ne provoquant heureusement que de légers dégâts matériels.* »
- « *Les dégâts, purement matériels ne sont pas excessivement importants pour Meyrargues, à part une grande frayeur et quelques sources qui se tarissent.* »

Aucune manifestation de phénomène de liquéfaction des sols n'est décrite sur la commune de Meyrargues, y compris lors du séisme de Lambesc.



Intensités macrosismiques (SISFRANCE) ; isoséistes (Levret *et al.,* 1996).
Réévaluation de l'épicentre (rectangle noir) par Baroux *et al.* (2003).

Figure 6 : Carte macrosismique du séisme de Lambesc le 11 juin 1909

Séismes	Localisation épicentre	Intensité macrosismique (cf. Encart 1)	
		A l'épicentre	A Meyrargues
19 Février 1984	Basse-Provence (Mimet)	VI	IV - V
8 Juin 1961	Basse-Durance (Beaumont-De-Pertuis)	IV - V	/
1 Mai 1932	Méditerranee (S. Marseille)	VI	/
11 Juin 1909	**Trevaresse (Lambesc)**	**VIII - IX**	**VI - VII**
21 Janvier 1825	Bassin d'Aix-en-Provence (Aix-en-Provence)	V - VI	/

Tableau 4 : Séismes ressentis à Meyrargues (http://www.sisfrance.net)

Encart 1 : Echelle d'intensité macrosismique		
XI	**Catastrophe**	Toutes les constructions sont détruites (ponts, barrages, canalisations enterrées…)
X	**Destruction générale**	Destruction générale des constructions, même les moins vulnérables
IX	**Destructions**	Destructions de nombreuses constructions, quelquefois de bonne qualité, chutes de monuments et de colonnes
VIII	**Dégâts massifs**	Les habitations les plus vulnérables sont détruites, presque toutes subissent des dégâts importants
VII	**Dommages prononcés**	Larges lézardes dans les murs de nombreuses habitations, chutes de cheminées
VI	**Dommages légers**	Parfois fissures dans les murs, frayeur de nombreuses personnes
V	**Secousse forte**	Réveil des dormeurs, chutes d'objets, parfois légères fissures dans les plâtres
IV	**Secousse modérée**	ressentie dans et hors les habitations, tremblement des objets

4.2 Les phénomènes de mouvements de terrain

Les phénomènes de mouvements de terrain recensés sont représentés sur la carte des aléas (Annexe 4-1).

Le rapport technique réalisé par le BRGM et le CETE Méditerranée (1991), en vue de la prescription d'un Plan d'Expositions des Risques "séisme et mouvements de terrain" mentionnait :

« *On ne dispose pas actuellement d'éléments mettant en évidence des manifestations passées de mouvements de terrain ayant entraîné des désordres ou préjudices aux personnes sur le territoire de la commune.* »

La carte géologique à 1/50 000 ne fait pas état d'indications d'instabilités, ni ne représente de dépôts de versants.

Pour autant, et sans prétendre à l'exhaustivité, une soixantaine d'indications de mouvements de terrain sont décrites :

- 5 indices de mouvement de terrain figurés sur la carte du PER (devenu PPR) ;

- 1 phénomène de mouvements de terrain, issues du DCS, est enregistré dans la base nationale des mouvements de terrain (http://www.bdmvt.net/) Il s'agit de chutes de blocs au pas de l'Etroit ;
- Environ 50 observations, réalisées lors de cette étude, essentiellement des blocs éboulés ou de cicatrices d'éboulement dans des barres calcaires ;
- 4 photo-interprétations de très gros blocs éboulés et de cicatrices d'éboulements ;
- Des parades géotechniques ont également été observées :
  - Ancrage de blocs, grillage en paroi et filets ASM de l'ancienne carrière de la Plaine ;
  - Dispositifs anti-érosion de talus de la voie SNCF.

La mairie de Meyrargues nous a signalé un bloc (environ 4 m de diamètre) éboulé en 2005 ou 2006, dans le secteur du Pas de l'Etroit. Il n'a pas été possible de le localiser plus précisément.

Les chutes de blocs et éboulement sont le type de phénomène le plus souvent rencontrés sur la commune, environ 90% des informations collectées. Les phénomènes les plus probants sont les suivants.

De très nombreux gros blocs, de 1 à plusieurs m3, sont disposés sur le versant du quartier La Plaine, en rive gauche du Grand-Vallat, entre la salle de sport et l'ancienne carrière. Un pendage discordant (Photo 1) ou leur arrêt sur des dépôts de pentes quaternaires (Photo 3), démontrent souvent qu'il s'agit de masses éboulées. En revanche, la datation de ces événements reste imprécise (Holocène, échelle de milliers d'années à actuel).

Au Nord de ce secteur, le front de taille de l'ancienne carrière est l'objet de parades géotechniques. Celles-ci sont nécessaires compte tenu des instabilités présentes et de la proximité d'habitations exposées (Photo 1).

Au Pas de l'Etroit, sur une zone plus restreinte, un grand nombre de gros blocs éboulés (1 à plusieurs m3) et même un très gros bloc en bordure de la route (plusieurs dizaines de m3) peuvent être observés (Photo 4). Le caractère unique ou récurrent de ces phénomènes et leur datation n'est pas possible.

Plus en amont dans cette vallée, pratiquement sous la tour de Guet, un phénomène de grande ampleur est visible (Photo 5, Figure 8) :

- Cicatrices d'éboulement au niveau de la paroi rocheuse, entre 420 et 470 m NGF environ ;
- Epandage principal, entre 380 et 420 m NGF environ ;
- Très gros blocs éboulés (plusieurs dizaines à 100 m3) disposés le long du versant.

Sur une pente moyenne de 25°, la distance de propagation maximale est impressionnante, dépassant 250 m. Un déclenchement co-sismique est donc jugé probable, d'autant plus que cet éboulement est situé à moins d'1 km du segment principal de la faille de la moyenne Durance.

Les chutes de blocs et de gros blocs et les éboulements se produisent dans deux configurations :

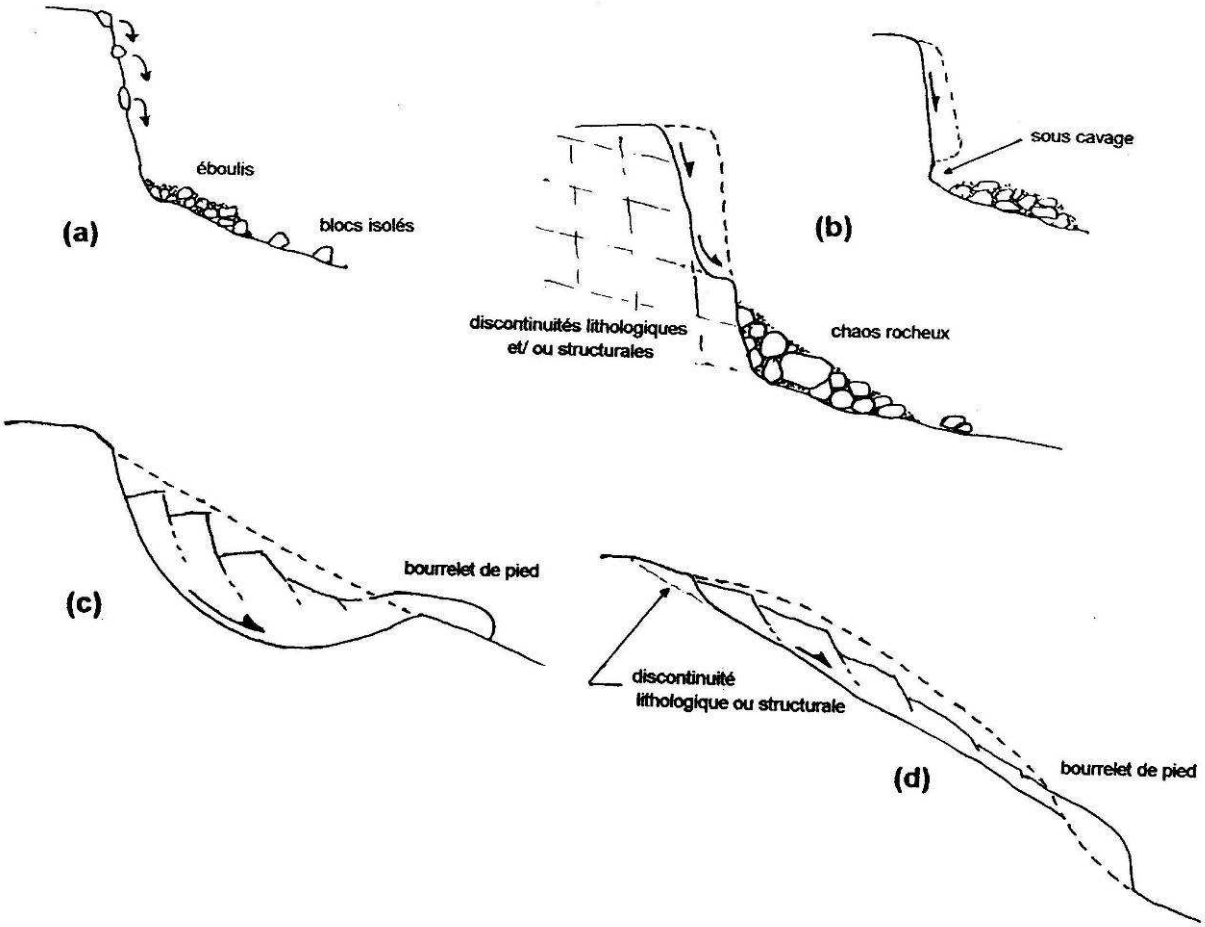
- Au sein d'escarpements de hauteur pluri-décamétriques ou dans les principaux reliefs (pas de l'Etroit, Marinas, Saint-Claude, etc.) ;
- A partir de barres plus limitées. L'alternance de niveaux marneux et calcaires favorise, par érosion différentielle, la mise en surplomb de barres rocheuses. La fracturation fréquemment rencontrée permet l'individualisation de blocs de toutes tailles.

Le déclenchement d'une instabilité peut alors résulter de divers facteurs : hydraulique (pression interstitielle ou érosion), sismique ou anthropique.

Les glissements de terrain sont moins répandus sur la commune. Des indices (arbres inclinés et moutonnements), signalés sur la butte du Château dans le rapport CETE et BRGM (1991) ont été recherchés. Ils se produisent essentiellement au sein de formations de pentes ou de talus anthropique (déblais au Nord-Ouest du tunnel ferroviaire).

En terme de typologie des phénomènes (Figure 7), on peut considérer que les instabilités rencontrées sur la commune de Meyrargues relèvent :

- Essentiellement de chutes de pierre, de blocs et de gros blocs, voire d'éboulements (P) ;
- Dans une moindre mesure de glissements (G).



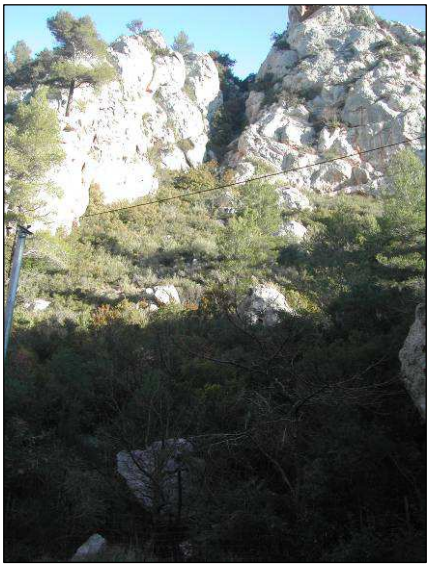
a) Chute de blocs. b) Eboulement. c) Glissement circulaire. d) Glissement plan.

Figure 7 : Typologie des mouvements de terrain (d'après MOMPELAT, 1994)

Photo 1 : Instabilités potentielles et parades géotechniques au droit de l'ancienne carrière

Photo 2 : Blocs éboulés (pendage discordant au premier plan)

Photo 3 : Bloc calcaire éboulé (colluvions entre le bloc et le substratum)



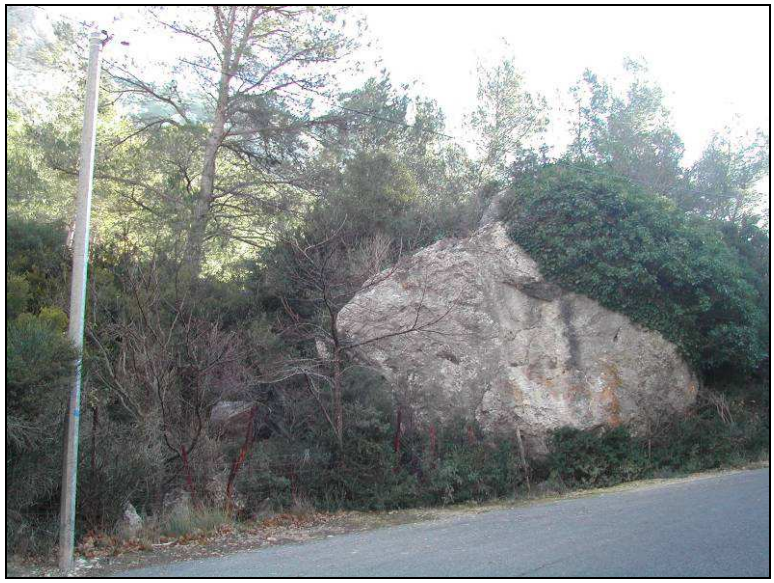


Photo 4 : Chute de gros blocs ou éboulement en masse au Pas de l'Etroit

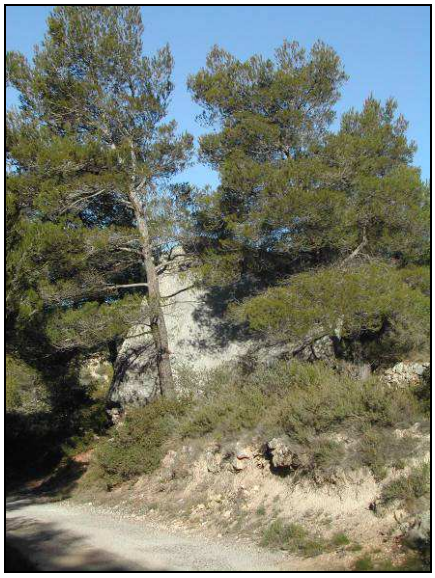
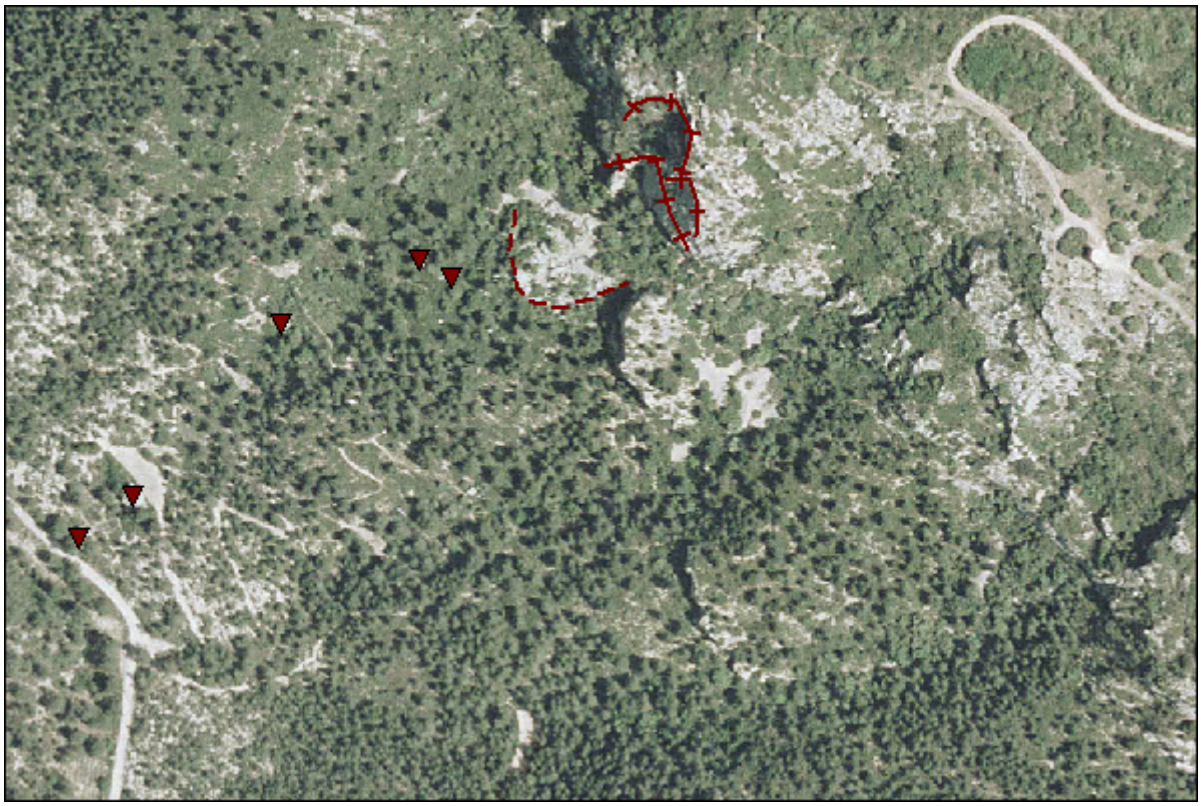


Photo 5 : Eboulement de grande ampleur dans la vallée du torrent du Pas de l'Etroit



Traits avec barbules : cicatrices d'éboulement supposées ; trait discontinu : enveloppe de la masse éboulée ; Triangles : très gros blocs éboulés. (crédit http://www.geoportail.fr)

Figure 8 : Localisation des principales caractéristiques d'un éboulement de grande ampleur

5. Aléas sismiques

5.1 Aléa faille active, capable d'engendrer une rupture co-sismique en surface

La méthode d'évaluation de l'aléa est détaillée en annexe. Les failles étudiées sur la commune sont qualifiées d'un indice (A, B ou C) qui combine l'état des connaissances sur le tracé en surface et leur niveau d'activité. 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. Les résultats de l'analyse explicitée en annexe, tenant compte des remarques formulées par 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), conduisent à retenir pour le PPR trois segments disposés en faisceau et appartenant au système de failles actives de la Moyenne Durance (Figure 5).

Les données de sismicité et de paléo-sismicité ont été exploitées pour qualifier le niveau d'aléa « rupture de surface » selon une approche probabiliste, conformément aux méthodes déjà mises en œuvre pour la DIREN PACA (2001/2003) et pour la DDE Guadeloupe (2001/2004/2005/2007).

Il apparaît que l'aléa « rupture de surface » associé aux failles actives restant à considérer sur la commune de Meyrargues est faible.

5.2 Mouvements sismiques

La vibration du sol induite par le tremblement de terre est représentée par des mouvements sismiques envers lesquels il convient de se prémunir. Ils dépendent à la fois de la région et du site (plaine, vallée, colline, etc.) où l'on se trouve. La réglementation parasismique définit les mouvements sismiques normatifs et le PPR permet le cas échéant de fixer des règles spécifiques plus adaptées.

Les mouvements sismiques sont définis conventionnellement par un spectre de réponse en accélération $S_e(T)$. Les principaux paramètres permettant de le définir sont les suivants :

- Une accélération de référence au rocher, correspondant pour les ouvrages courants de classe II à une période de retour de 475 ans, soit à une probabilité d'atteinte ou dépassement de 10% en 50 ans. Cette accélération est dénotée a_{gR}
- La catégorie d'importance du bâtiment : coefficient d'importance γ_I. $\gamma_I = 1$ pour la catégorie II ; $\gamma_I = 1{,}2$ pour la catégorie III et $\gamma_I = 1{,}4$ pour la catégorie IV (Tableau 7). La multiplication de l'accélération de référence au rocher par le coefficient d'importance conduit à l'accélération a_g qui correspond à l'accélération de calcul pour un site rocheux.
- Du type de site sur lequel est situé l'ouvrage : la forme spectrale est définie par les périodes spectrales T_B, T_C, T_D et un coefficient de site S.

La forme caractéristique d'un spectre de réponse en accélération $S_e(T)$ est donnée Figure 9.

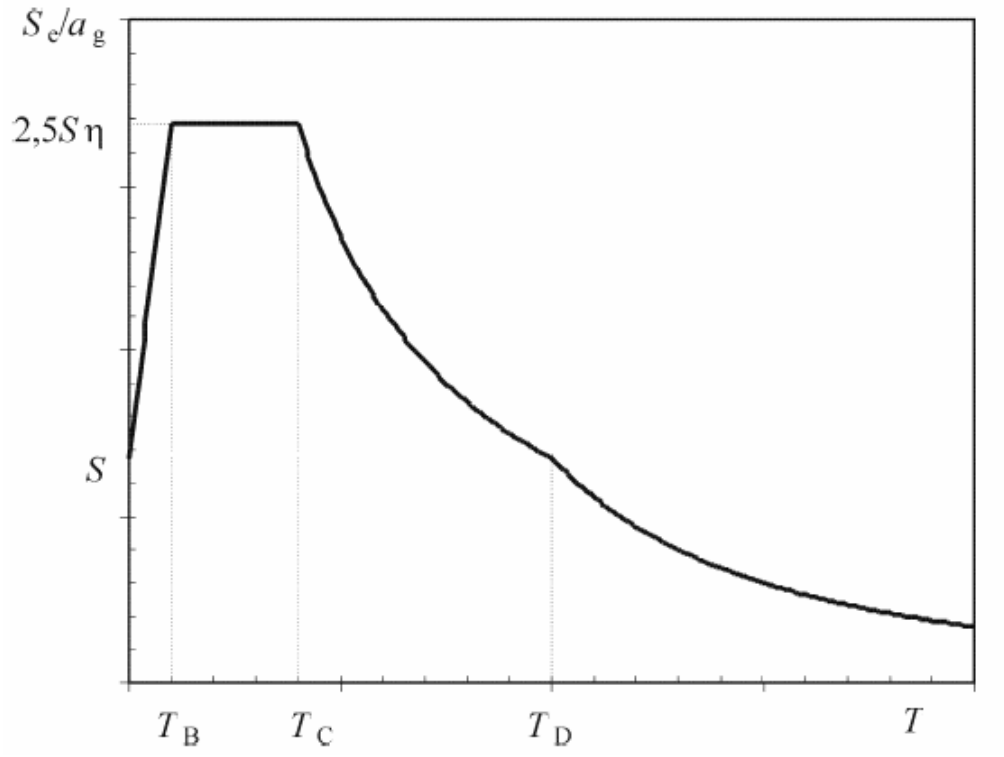


Figure 9 : Forme du spectre de réponse élastique suivant l'Eurocode 8.

Les branches des spectres de réponse élastiques Se(T), sont définies par les équations suivantes:

$$0 \le T \le T_B : \mathrm{S_e}(T) = a_{gr} \cdot \gamma_I \cdot S \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2{,}5 - 1)\right]$$

$$T_B \le T \le T_C : \mathrm{S_e}(T) = a_g \cdot \gamma_I \cdot S \cdot \eta \cdot 2{,}5$$

$$T_C \le T \le T_D : \mathrm{S_e}(T) = a_g \cdot \gamma_I \cdot S \cdot \eta \cdot 2{,}5\left[\frac{T_C}{T}\right]$$

$$T_D \le T \le 4\,\mathrm{sec} : \mathrm{S_e}(T) = a_g \cdot \gamma_I \cdot S \cdot \eta \cdot 2{,}5\left[\frac{T_C T_D}{T^2}\right]$$

où

Se (T)	ordonnée du spectre de réponse élastique,
T	période de vibration d'un système à un degré de liberté,
agr	accélération horizontale du sol pour la période de retour retenue (ex 475 ans), fixée par le règlement
γ_I	Catégorie d'importance du bâtiment
TB, TC	Périodes caractéristiques des branches du spectre, qui sont respectivement la limite inférieure et supérieure des périodes correspondant au palier d'accélération spectrale constante
TD	période définissant le début de réponse constante en déplacement du spectre,
S	paramètre de site
η	facteur de correction d'amortissement η=1 pour l'amortissement 5%.

Dans le cadre d'un PPR sismique, la forme des spectres de réponse est déterminée pour chaque zone présentant une réponse sismique homogène.

Cependant, la prise en compte d'un mouvement sismique, défini sous la forme d'un spectre de réponse élastique, n'est obligatoire que pour les bâtiments les plus importants, suivis par un architecte et/ou un ingénieur structure. **Pour les maisons individuelles de surface limitée, des règles simplifiées adaptées (dites règles PS-MI) peuvent se substituer aux règles générales.**

En pratique, on détermine en premier lieu un spectre de réponse au rocher, puis des spectres de réponse élastique tenant compte des conditions de site.

5.2.1 Mouvement sismique au rocher

Pour déterminer les mouvements sismiques sur la commune, une approche probabiliste, conforme à l'Eurocode 8 a été menée.

GEOTER ayant réalisé les études techniques (Martin et al., 2002) qui ont conduit à la nouvelle carte de zonage du MEEDDM (Novembre 2005), c'est ce modèle de calcul, mis à jour des données de sismicité, et des travaux les plus récents de l'IRSN, du CEREGE et du BRGM, qui a été utilisé, pour calculer les mouvements sismiques adaptés pour le PPR. Il s'appuie en particulier sur un modèle par failles couplé à un modèle par zones. Ce modèle, connu des services de l'Etat car utilisé sur plusieurs sites d'installations classées ou nucléaires de la région PACA, permet de propager les incertitudes épistémiques et aléatoires. Il a fait l'objet d'une présentation lors du colloque « Provence 2009 » (Clément et al., 2009).

Cette approche permet d'assurer une cohérence, entre les mouvements définis dans le nouveau zonage sismique de la France (MEEDDM, 2005), et ceux du PPR.

Les spectres de réponse élastique calculés, sont dits « spectres d'aléa uniforme », chaque accélération spectrale, fonction de la fréquence, ayant la même période de retour ou encore est associée à une même probabilité d'atteinte ou dépassement.

Dans un premier temps, le spectre d'aléa uniforme est calculé à la période de retour de 475 ans, en considérant un site rocheux, pour lequel la vitesse moyenne de propagation des ondes de cisaillement dans les 30 premiers mètres ($V_{S,30}$) est supérieure ou égale à 800 m/s. Les accélérations spectrales ont une probabilité de 10 % d'être atteintes ou dépassées en 50 ans. Cette échéance correspond à la durée de vie moyenne d'un bâtiment courant de catégorie II.

Le point de calcul correspond au centre du village.

Les lois d'atténuation prises en compte dans les calculs sont celles de la RFS 2001-01, de Campbell et Bozorgnia (2000) et d'Ambraseys *et al.* (1996).

La valeur médiane de calage (dite à période nulle) du spectre de réponse élastique au rocher est de 1,6 m/s². Elle est cohérente avec l'accélération d'ancrage proposée pour les sites rocheux dans la nouvelle réglementation nationale (nouvel arrêté modifiant l'arrêté du 29 mai 1997 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la catégorie dite "à risque normal" telle que définie par le décret n° 91- 461 du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique). En effet, d'après la nouvelle réglementation, la commune de Meyrargues se situe en zone de sismicité moyenne (zone 4), pour laquelle l'accélération de calage a_{gr} pour un ouvrage de catégorie d'importance II, est de 1,6 m/s², soit une valeur équivalente à celle obtenue dans le calcul spécifique réalisé ici.

La forme normalisée du spectre de réponse élastique de la zone 1 du zonage réalisé sur la commune (rocher et formations assimilées) est fournie (Figure 10).

5.2.2 Mouvements sismiques tenant compte des conditions particulières de site

5.2.2.1 Effets de site topographiques

La prise en compte des effets de site topographiques dans le calcul de l'agression sismique reste relativement aisée[1], tout en requérant une géométrie suffisamment fiable du relief. L'objectif dans le cadre de cette étude n'est pas de quantifier précisément les effets de site topographiques mais d'évaluer d'un point de vue cartographique les zones où peuvent se produire ces phénomènes. En effet, les irrégularités de la surface topographique peuvent modifier et amplifier les mouvements sismiques proches de la surface. Les sommets des buttes, les crêtes allongées, les rebords de plateaux et de falaises peuvent être les lieux de ces phénomènes d'amplifications expliquées au moins partiellement par une focalisation des ondes liées à la convexité de la surface libre (réflexions multiples).

Les zones susceptibles de présenter un effet de site topographique sur la commune de Meyrargues sont cartographiées sur la carte des aléas (Annexe 4-1). Ces zones n'ont qu'une valeur informative et ne se substituent pas à une évaluation propre au site de construction, dont la topographie finale peut évoluer par rapport à la topographie naturelle des lieux.

Pour identifier les zones susceptibles de présenter un effet de site topographique, la méthodologie adoptée s'appuie sur la partie de l'Eurocode 8 référencé « NF EN 1998-5:2005 » et l'annexe qui l'accompagne. Cette norme préconise qu'une majoration de l'action sismique de calcul soit introduite, par le biais d'un coefficient d'amplification topographique, dans les vérifications de la stabilité du sol pour des structures avec un coefficient d'importance ST plus grand que 1.0 et situées sur ou à proximité de pentes (Encart 2).

Conformément à cette norme, les effets topographiques peuvent être négligés pour des inclinaisons moyennes des terrains inférieurs à 15°. La carte des aléas (Annexe 4-1) indique par contre les zones où se trouvent les terrains qui présentent des pentes supérieures à 15°, potentiellement sujettes à des effets topographiques.

Encart 2 : Critères et méthodes préconisées par les règles EC8 concernant la prise en compte de l'effet de site topographique (Annexe A de l'Eurocode « NF EN 1998-5:2005 »

A.1 Cette Annexe fournit certains coefficients simplifiés d'amplification de l'action sismique, utilisés dans les vérifications de stabilité des pentes. Ces coefficients, notés ST, sont considérés, en première approximation, comme indépendants de la période fondamentale de vibration et, par là-même, multiplient par un facteur constant les ordonnées du spectre de réponse élastique de calcul donné dans l'EN 1998-1:2004. Il convient d'appliquer ces coefficients d'amplification de préférence lorsque les pentes font partie d'irrégularités topographiques bidimensionnelles, comme les buttes et versants longs de hauteur supérieure à environ 30 m.

A.2 Pour des inclinaisons moyennes des terrains en pente, inférieures à environ 15°, les effets topographiques peuvent être négligés, alors qu'une étude spécifique est recommandée dans le cas d'une topographie locale fortement irrégulière. Pour des inclinaisons plus importantes, les indications suivantes sont applicables :

(a) Versants et pentes isolés. Il convient d'utiliser une valeur ST ≥ 1,2 pour les sites situés à proximité de la crête ;

[1] Coefficient d'amplification topographique des règles parasismiques

(b) Buttes dont la largeur de la crête est notablement inférieure à la largeur à la base. Il convient d'utiliser une valeur ST ≥ 1,4 à proximité de la crête des pentes dont l'angle d'inclinaison moyen est supérieur à 30°, et une valeur ST ≥ 1,2 pour les angles inférieurs ;

(c) Présence d'une couche lâche en surface. Dans le cas d'une couche lâche en surface, il convient d'augmenter la valeur de ST, donnée en (a) et (b), d'au moins 20 % ;

(d) Variation spatiale du coefficient d'amplification. On peut admettre que la valeur de ST décroît linéairement, en fonction de la hauteur au-dessus de la base du versant ou de la butte, jusqu'à valoir un à la base.

A.3 En général, l'amplification sismique décroît rapidement à l'intérieur de la butte. C'est pourquoi les effets topographiques à considérer pour les analyses de stabilité sont plus importants et restent pour la plupart superficiels le long des crêtes de buttes ; ils sont beaucoup plus faibles dans le cas de glissements de terrain profonds pour lesquels les surfaces de rupture passent à proximité de la base. Si dans ce dernier cas la méthode d'analyse pseudostatique est utilisée, les effets topographiques peuvent être négligés.

5.2.2.2 Effets de site géologiques

Les secteurs communaux où les **effets de site géologiques** peuvent se produire, sont appréhendés par un zonage des configurations géologiquement et géotechniquement homogènes en utilisant :

- Les études antérieures ;
- Les données géologiques et géotechniques recueillies ;
- La classification des sites suivant la réglementation européenne EC8 (Tableau 6) en s'appuyant sur la description du profil stratigraphique, et pour quelques sondages fournissant des caractéristiques mécaniques, sur les valeurs déduites $V_{S,30}$.

La géomorphologie permet de distinguer (Tableau 5) :

- D'une part les plateaux, collines et reliefs ;
- D'autres par les vallées (Durance, Grand Vallat, Barry, Vauclaire) qui sont le siège d'un remplissage de formations superficielles.

Comme dans le précédent PPR, les **plateaux, collines et reliefs**, sont assimilés à un site rocheux ou des sols ayant de très bonnes caractéristiques mécaniques (site de type A de l'Eurocode 8).

La vallée de la Durance est une zone à part entière. On considère qu'il s'agit d'alluvions plutôt grossières (caillouteuse et graveleuse), de bonnes caractéristiques mécaniques, dont l'épaisseur moyenne est de 10 à 20 m. Cela correspond à un site de type B de l'Eurocode 8, avec un paramètres $V_{S,30}$ compris entre 360 et 800 m/s. Il n'est pas exclu, localement que certains sites correspondent, dans cette zone, à un site E de l'Eurocode 8, avec des valeurs de Vs de classes de sols C ou D et une épaisseur comprise entre 5m environ et 20 m, reposant sur un matériau plus raide avec Vs > 800 m/s. Nous ne disposons toutefois pas de données géotechniques en nombre suffisant pour identifier de tels secteurs. Ce sont les études géotechniques réalisées à l'occasion de nouveaux projets qui permettront de lever l'ambigüité.

Il est nécessaire d'introduire une distinction au sein de la **vallée du Grand Vallat**. Dans son cours **amont** (au Sud de Réclavier), on considère qu'il s'agit d'un remplissage peu épais (quelques mètres) de colluvions et d'alluvions (limons et cailloutis), ayant de bonnes caractéristiques mécaniques (sites de type B de l'Eurocode 8). Les vallées de Barry et de Vauclaire, sont rattachées à ce même type de zone.

Dans son cours **aval**, à partir de l'ancien aqueduc romain, les formations géologiques sont plus épaisses et plus médiocres : présence de tourbes, d'argiles et de vases. Cette configuration géologique correspond à des dépôts plus marécageux en arrière du verrou formé par les travertins en aval du bourg. Les sites peuvent être assimilés à des sites C ou D de l'Eurocode 8. Là également les données géotechniques ne sont pas suffisamment abondantes pour exclure la possibilité de sites E. C'est la raison pour laquelle la classification EC8 du Tableau 5 indique plusieurs types de site.

Zones	Lithologie	Caractéristiques géométriques et mécaniques	Classification EC8	Zones
Plateau, collines et reliefs	Molasse, poudingues, argilites, marnes et calcaires.	Rocher sain ou formations superficielles inférieures à 5 m.	A	1
Vallée de la Durance	Alluvions grossières de la Durance (Fz) et colluvions (Py)	Formations superficielles inférieures à 20 m, de caractéristiques mécaniques moyennes à bonnes	B (localement E possible)	2
Vallée amont du Grand Vallat, de Barry et de Vauclaire	Cailloutis, sables et limons colluviaux (Py)	Formations superficielles peu épaisses (quelques mètres), de caractéristiques mécaniques moyennes.	B	2
Vallée aval du Grand Vallat	Colluvions fines et tourbes (Py)	Formations superficielles (quelques mètres à plus de 25 m), de caractéristiques mécaniques médiocres.	C ou D (localement E possible)	3

Tableau 5 : Configurations des zones de la carte d'aléas.. L'assimilation catégorique à la classification EC8 n'est pas possible en raison de la rareté des caractérisations mécaniques par essais appropriés.

La forme des spectres de réponse élastique tenant compte des conditions de site, est déterminée en confrontant :

- Les spectres issus d'un calcul probabiliste en intégrant les vitesses moyennes de propagation des ondes de cisaillement correspondant directement au niveau des coefficients des lois d'atténuation ;
- Les spectres issus d'une modélisation numérique de la réponse spectrale de colonnes de sols, représentatives des zones 2 et 3, en considérant pour chaque zone deux configurations et trois accélérogrammes ;
- Les spectres proposés pour chacune des configurations de sols du nouvel arrêté relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la catégorie dite "à risque normal".

Les spectres de réponse élastique sont fournis sous forme normalisée (Tableau 6, Figure 10). Ils résultent d'une moyenne des spectres issus des spectres précédents.

Zones	**Type de site** (carte des aléas – Annexe 4-1)	S	T_B	T_C	T_D
1	Plateau, collines et reliefs	1,0	0,03	0,25	2,5
2	Vallée de la Durance, Vallée amont du Grand Vallat, de Barry et de Vauclaire	1,3	0,05	0,3	2,5
3	Vallée aval du Grand Vallat	1,5	0,1	0,6	2,0

Tableau 6 : Valeurs caractéristiques des branches des spectres normalisés

5.2.2.3 Détermination des spectres par zone et par catégorie d'importance.

Les règles de construction applicables aux bâtiments sont celles des normes NF EN 1998-1, NF EN 1998-3, NF EN 1998-5, dites "règles Eurocode 8" accompagnées des documents dits « annexes nationales » des normes NF EN 1998-1/NA, NF EN 1998-3/NA, NF EN 1998-5/NA s'y rapportant.

La procédure de détermination d'un spectre de réponse élastique à retenir sur un projet particulier est la suivante :

- Considération de l'accélération maximale de référence au niveau d'un sol de type rocheux (classe A), dénommée agr. Pour la commune de Meyrargues la valeur est de 1,6 m/s².
- Définition de la catégorie d'importance de l'ouvrage γ_I (Tableau 7).
- Identification de la zone à laquelle appartient le site (Tableau 6, Carte des aléas -Annexe 4-1) et adoption des paramètres correspondant.

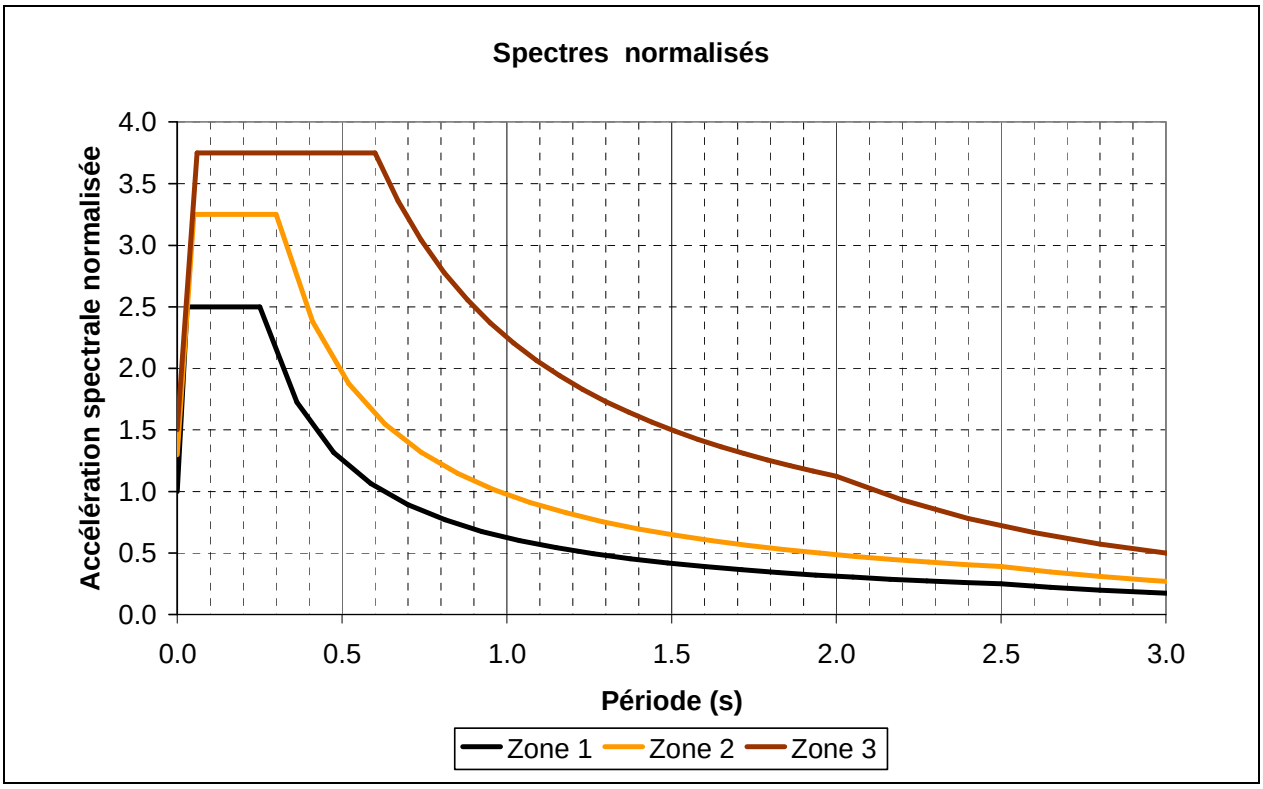


Figure 10 : Spectres de réponse élastique normalisés, associés aux zones du territoire communal

Le coefficient d'importance γ_I est attribué à chacune des catégories d'importance de bâtiment. Les valeurs des coefficients d'importance γ_I sont données par le Tableau 7.

Catégories d'importance des bâtiments	Coefficient d'importance γ_I
I	0,8
II	1
III	1,2
IV	1,4

Tableau 7 : Valeurs du coefficient d'importance γ_I en fonction de la catégorie d'importance du bâtiment

Les spectres applicables dans le règlement du PPR, pour chaque catégorie d'importance, sont définis :

- Figure 11 et Tableau 8 pour la zone 1;
- Figure 12 et Tableau 8 pour la zone 2;
- Figure 13 et Tableau 8 pour la zone 3.

S'ils sont nécessaires (cas rare pour un bâtiment courant) les spectres verticaux peuvent être obtenus suivant la même procédure, en appliquant un coefficient multiplicateur de 0,8 aux spectres horizontaux.

Il est rappelé que pour les bâtiments appartenant à la catégorie d'importance II, définis au paragraphe 1.1 de la norme « NF P 06-014 Construction parasismique des maisons individuelles et des bâtiments assimilés, règles PS-MI 89 révisées 92 », l'application des dispositions définies dans cette même norme dispense de l'application des règles évoquées ci-dessus et de l'utilisation de spectres de réponse élastique.

ZONE 1 ()			
	Catégorie d'importance II (m/s²)	Catégorie d'importance III (m/s²)	Catégorie d'importance IV (m/s²)
Branche montante (0 à TB) Plateau (TB à TC) Branche (TC à TD) Branche (T > TD)	Se (T) = 1.6 + 80 T Se (T) = 4.0 Se (T) = 1 / T Se (T) = 2.5 / T²	Se (T) =1.92 + 96 T Se (T) = 4.8 Se (T) = 1.2 / T Se (T) = 3.0 / T²	Se (T) =2.24 + 112 T Se (T) = 5.6 Se (T) = 1.4 / T Se (T) = 3.5 / T²
ZONE 2 ()			
	Catégorie d'importance II (m/s²)	Catégorie d'importance III (m/s²)	Catégorie d'importance IV (m/s²)
Branche montante (0 à TB) Plateau (TB à TC) Branche (TC à TD) Branche (T > TD)	Se (T) = 2.08 + 62.4 T Se (T) = 5.2 Se (T) = 1.56 / T Se (T) = 3.9 / T²	Se (T)=2.496 + 74.88 T Se (T) = 6.24 Se (T) = 1.872 / T Se (T) = 4.68 / T²	Se (T)=2.912 + 87.36 T Se (T) = 7.28 Se (T) = 2.184 / T Se (T) = 5.46 / T²
ZONE 3 ()			
	Catégorie d'importance II (m/s²)	Catégorie d'importance III (m/s²)	Catégorie d'importance IV (m/s²)
Branche montante (0 à TB) Plateau (TB à TC) Branche (TC à TD) Branche (T > TD)	Se (T) = 2.4 + 60 T Se (T) = 6.0 Se (T) = 3.6 / T Se (T) = 7.2 / T²	Se (T) =2.88 + 72 T Se (T) = 7.2 Se (T) = 4.32 / T Se (T) = 8.64 / T²	Se (T) =3.36 + 84 T Se (T) = 8.4 Se (T) = 5.04 / T Se (T) = 10.08 / T²

Tableau 8 : Equation des branches des spectres par catégorie d'importance des ouvrages et zones de la carte d'aléas.

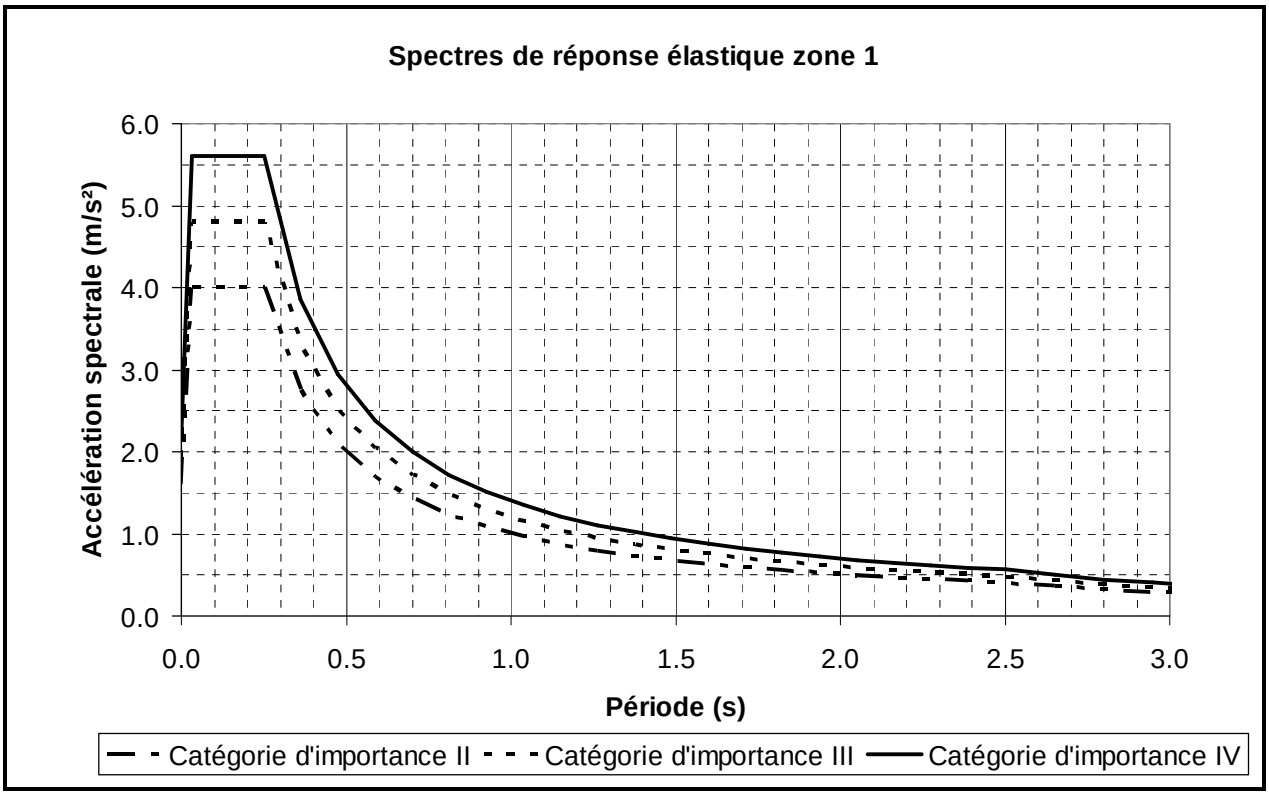


Figure 11 : Spectres de réponse élastique applicables en zone 1 par catégorie d'importance des ouvrages.

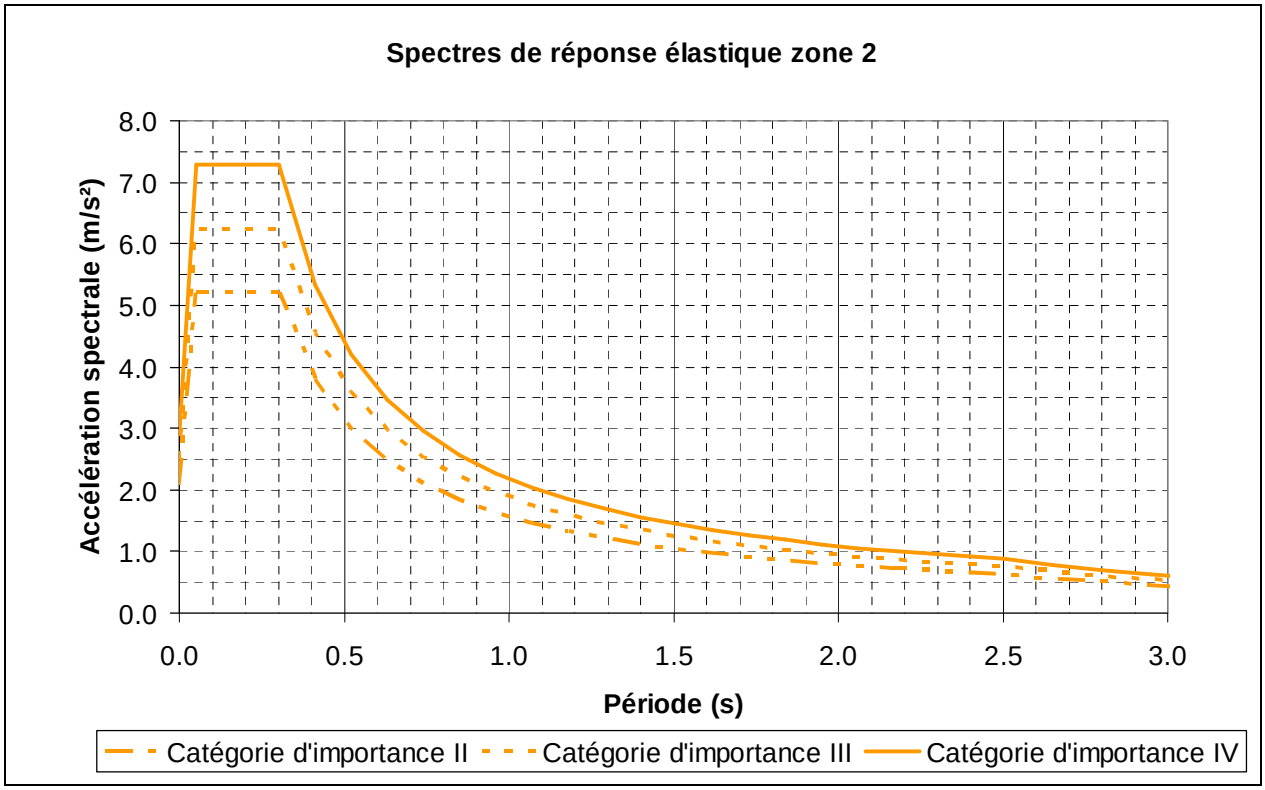


Figure 12 : Spectres de réponse élastique applicables en zone 2 par catégorie d'importance des ouvrages.

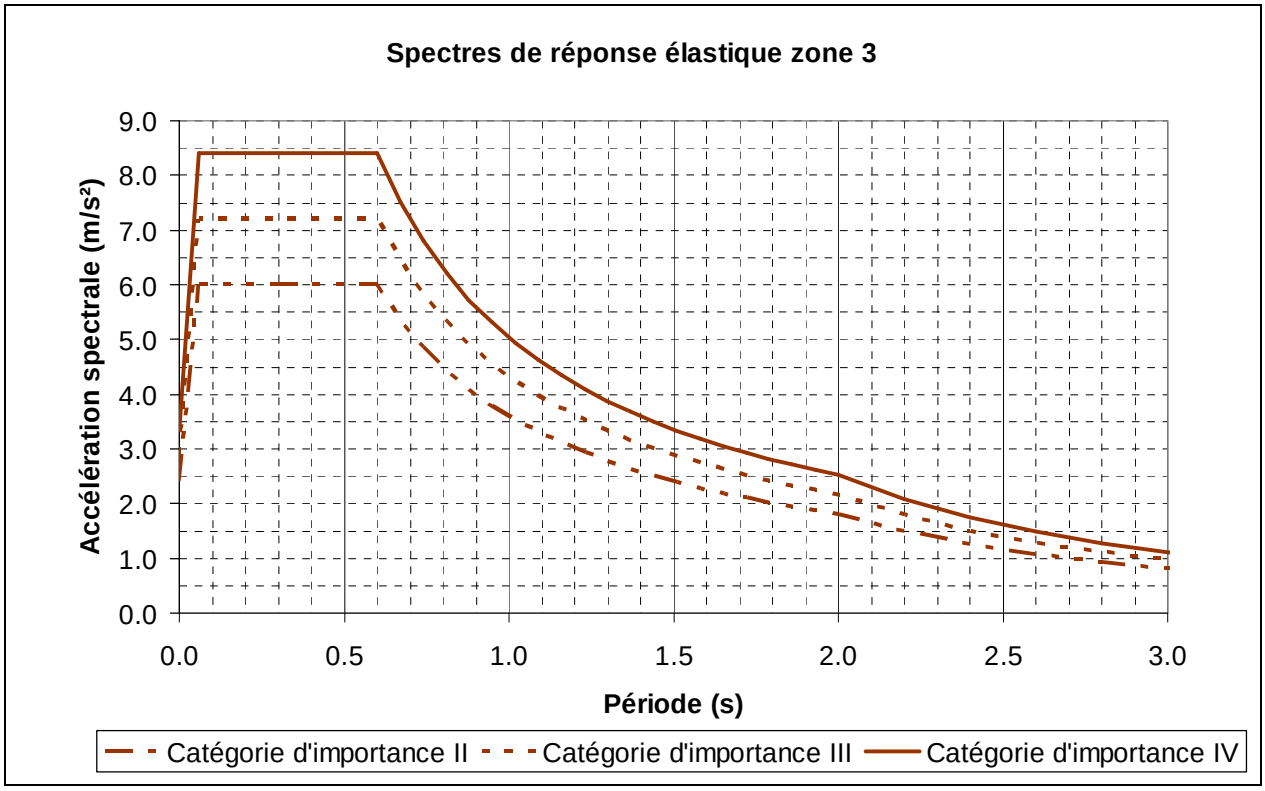


Figure 13 : Spectres de réponse élastique applicables en zone 3 par catégorie d'importance des ouvrages.

5.3 Liquéfaction des sols

L'aléa liquéfaction est jugé en fonction (Tableau 9) :

- De la susceptibilité des formations d'après des critères géologiques et hydrogéologiques ;
- De l'occasion qu'un séisme déclenche la liquéfaction.

5.3.1 Critères géologiques et géomorphologiques

La susceptibilité des sols à se liquéfier dépend de la nature et de l'âge de dépôts. D'après des critères géologiques et géomorphologiques (Youd et Perkins, 1978), les formations alluviales et colluviales sont préjugées suspectes vis-à-vis de la liquéfaction. Il s'agit :

- Vallée de la Durance ;
- Vallée du Grand-Vallat ;
- Vallées de Barry et de Vauclaire.

5.3.2 Critères hydrogéologique et géotechnique

La susceptibilité des sols à se liquéfier requiert la présence d'eau dans les sols. Le niveau de la nappe dans les formations identifiées ci-dessus est souvent proche de la surface. Ceci indique une saturation, au moins partielle, de ces formations.

Le nombre, la nature et la répartition des reconnaissances géotechniques disponibles ne permettent pas d'apprécier de manière représentative les conditions de sols. Cependant, la granulométrie plus fine et les caractéristiques mécaniques plus médiocres de la partie aval du Grand Vallat sont un facteur défavorable vis-à-vis de la liquéfaction.

5.3.3 Initiation de la liquéfaction

Pour préciser l'initiation de la liquéfaction, on considère une sollicitation sismique ayant les caractéristiques suivantes :

- Magnitude 6,0 ;
- Accélération maximale au rocher de 1,6 m/s².

Le critère magnitude – distance (Ambraseys, 1988) indique que la liquéfaction peut être initiée à des distances épicentrales allant jusqu'à 20 km pour un séisme de magnitude 6,0. La sollicitation sismique (CSR, « Cyclic Stress Ratio ») peut initier des phénomènes de liquéfaction pour des sols de caractéristiques médiocres à moyennes (Vs≤200 m/s environ).

L'initiation de phénomènes de liquéfaction est donc jugée possible, en particulier pour les formations avec les caractéristiques mécaniques les plus médiocres.

L'aléa liquéfaction est désigné par la lettre L pour indiquer le type de phénomène et un indice chiffré (0 à 3) pour préciser le niveau d'aléa, qui n'est apprécié ici que de manière qualitative, aucun essai disponible ne fournissant les paramètres nécessaires à une quantification. Dans les zones identifiées, cet aléa pourra être quantifié par des reconnaissances appropriées (pénétromètre statique avec mesure du frottement latéral).

L'aléa liquéfaction est cartographié à l'échelle du 1/10 000 sur l'ensemble du territoire communal (carte des aléas – Annexe 4-1).

Zones	Susceptibilité	Initiation	Aléa liquéfaction
1 : Plateau, collines et reliefs	Non	/	Nul ou considéré comme négligeable (L0)
2 : Vallée de la Durance	Faible	Possible	Faible (L1)
2 : Vallée amont du Grand Vallat de Barry et de Vauclaire	Faible	Possible	Faible (L1)
3 : Vallée aval du Grand Vallat	Modérée	Possible	Moyen (L2)

Tableau 9 : Evaluation et cartographie de l'aléa liquéfaction

6. Vulnérabilité sismique des éléments exposés et scénario sismique

6.1 Logements

L'analyse de la chronique de la date d'achèvement des logements (Figure 3) apporte un éclairage sur l'application potentielle des règles parasismiques (PS) successives :

- Règles PS69, PS-69 révisées 1982 puis PS92, susceptibles d'intéresser les logements collectifs ;
- Règles relatives aux maisons individuelles (PS-MI en 1989).

Ainsi faut-il considérer qu'au mieux 4,3% des logements collectifs et 16,7% des logements individuels ont pu bénéficier de dispositions parasismiques réglementaires (respectivement après 1975 et 1990). Ce recensement présage que seuls 8 logements collectifs, ont pu être construits en suivant les normes parasismiques les plus récentes (PS92, après 1990).

6.2 Vulnérabilité à l'échelle du territoire communal

Une évaluation de la vulnérabilité de l'ensemble des bâtiments du territoire communal a été menée, à partir d'une approche statistique par zones, basée sur :

- Les données statistiques de l'INSEE ;
- L'identification et la caractérisation des typologies de bâtiments représentatives de l'ensemble des bâtiments du territoire communal ;
- Une cartographie terrain des quartiers présentant une typologie homogène de bâtiments ;
- Une répartition statistique du pourcentage de bâtiments de chaque typologie dans chaque quartier.

A partir d'une analyse terrain de l'ensemble des bâtiments du territoire communal et les données statistiques de l'INSEE, les principales typologies de bâtiments représentatives du territoire communal sont précisées (Tableau 10et Photo 6 à 11).

Une analyse visuelle sommaire des principaux facteurs de vulnérabilité des différentes typologies a permis d'estimer un indice de vulnérabilité selon la méthode simplifiée Risk-UE de niveau 1 (MILUTINOVIC et TRENDAFILOSKI, 2003). L'indice de vulnérabilité associé à chaque type est indiqué Tableau 10.

On peut remarquer la vulnérabilité élevée des bâtiments du centre village, qui sont majoritairement de conception ancienne (avant 1950) en maçonnerie de pierre et accolés les uns aux autres sans joints de structure. Le retour d'expérience du séisme L'Aquilla (Italie) en avril 2009 montre que cette typologie de bâtiment est particulièrement vulnérable au séisme.

La répartition des typologies est appréciée pour chacune des zones de la carte des principaux enjeux : zones urbanisées ; zones d'urbanisation future ; zones d'habitat diffus ; zones agricoles ; zones à protéger et zones naturelles et forestières.

Le nombre de bâtiments dans chacune des zones est estimé à partir de la couche IGN du bâti. Le nombre total de bâtiments issus de cette analyse est de 2 869, dont la répartition est précisée dans le Tableau 11.

Une analyse terrain et une analyse statistique de la répartition des différentes typologies de bâtiments dans chacune des zones ont permis de caractériser leur vulnérabilité (Tableau 12).

Photo 6 : Exemple de bâtiment de la typologie « Maison individuelle – maçonnerie de pierre »

Photo 7 : Exemple de bâtiment de la typologie « Maison individuelle – Maçonnerie de parpaing / brique »

Photo 8 : Exemple de bâtiment de la typologie « Lotissement »

Photo 9 : Exemple de bâtiments de la typologie « Centre village »

Photo 10 : Exemple de bâtiment de la typologie « Logement collectif »

Photo 11 : Exemple de bâtiment de la typologie « Usine en ossature béton armé » (second plan)

Typologies	Code de typologie	Indice de vulnérabilité Risk-UE
Maison individuelle – Maçonnerie de pierre	MI1	0.60
Maison individuelle – Maçonnerie de parpaing / brique	MI2	0.50
Lotissement	LO	0.50
Bâtiments du centre village	CV	0.75
Logement collectif	LC	0.60
Usine ou fermes en maçonnerie de pierre	UM	0.75
Usine en ossature béton armé	UO	0.70

Tableau 10: Typologies représentatives du territoire communal et indices de vulnérabilité correspondants.

Zones	Code de zone	Nombre de bâtiments	Pourcentage de bâtiments
Zones urbanisées	U	1 294	45 %
Zones d'urbanisation future	NA	114	4 %
Zones d'habitat diffus	NB	556	19 %
Zones agricoles	NC	356	13 %
Zones à protéger (ND), zones naturelles et forestières	ND	549	19 %
	Total	**2 869**	**100 %**

Tableau 11 : Répartition du nombre de bâtiments dans les différentes zones.

	Zones communales (POS)				
Typologies	**U**	**NA**	**NB**	**NC**	**ND**
MI1	10 %	-	15 %	40 %	50 %
MI2	20 %	50 %	80 %	40 %	50 %
LO	20 %	-	-	-	-
CV	45 %	-	-	-	-
LC	5 %	-	5 %	-	-
UM	-	25 %	-	20 %	-
UO	-	25 %	-	-	-
Indices de vulnérabilité moyens des zones	**0.63**	**0.61**	**0.52**	**0.59**	**0.55**
Nombre de bâtiments dans les zones	**1 294**	**114**	**556**	**356**	**549**

Tableau 12 : Répartition, en % du nombre de bâtiments, des différentes typologies dans chacune des zones (U : zones urbanisées ; NA : zones d'urbanisation future ; NB : zones d'habitat diffus ; NC : zones agricoles ; ND : zones à protéger et zones naturelles et forestières.)

6.3 Scénario d'endommagement

6.3.1 Méthodologie

Un calcul probabiliste de l'aléa sismique a été réalisé à partir du modèle GEOTER (Clément et al., 2009). Ce calcul permet d'établir, au droit de la commune de Meyrargues la courbe d'aléa du site en intensité. **Le scénario considéré** pour le calcul de l'endommagement est un scénario correspondant à l'intensité sismique probabiliste définie à 475 ans de période de retour : **Intensité VII.4 au rocher**. Cette intensité a une probabilité d'être atteinte ou dépassée de 10% en 50 ans.

Les amplifications locales dues aux effets de sites sont prises en compte par des incréments d'intensité par rapport à l'intensité au rocher (Tableau 13, carte des aléas).

Zones sismique	Incrément d'intensité
Plateau, collines et reliefs	0.0
Vallée de la Durance, Vallée amont du Grand Vallat, de Barry et de Vauclaire	0.2
Vallée aval du Grand Vallat	0.4

Tableau 13 : Incréments d'intensité associés aux différentes zones sismiques.

Les dommages aux bâtiments sont évalués pour le scénario considéré, en exploitant les courbes de vulnérabilité de chacun des bâtiments, suivant la méthodologie du projet européen Risk-UE (MILUTINOVIC et TRENDAFILOSKI, 2003). Les dommages sont quantifiés suivant une échelle à 5 degrés, de D0 à D5 (EMS 98) : D0 correspondant à l'absence de dommage et D5 correspondant à un effondrement total de bâtiment.

Cette approche permet d'estimer la probabilité d'observer chacun des différents degrés de dommages pour le scénario considéré.

Une classification basée sur les probabilités d'effondrement partiel ou total des bâtiments (degrés de dommages D4 et D5) est proposée : de faible à très forte suivant les valeurs du Tableau 14.

Probabilité d'effondrement partiel ou total (degrés de dommages D4 ou D5) pour le scénario considéré.	
<= 10%	Faible
>10 % et <= 40 %	Moyenne
>40 % et <= 70 %	Forte
> 70 %	Très forte

Tableau 14: Qualification de la probabilité d'effondrement partiel ou total pour un scénario considéré.

Dans le cas de l'application à l'ensemble des bâtiments du territoire communal, cette approche permet d'estimer un nombre probable de bâtiments affectés par chacun des degrés de dommage. L'ampleur des conséquences pour le scénario considéré est appréciée par le nombre de bâtiments subissant un effondrement partiel ou total (degrés de dommage D4 ou D5).

6.3.2 Résultats pour l'ensemble des bâtiments du territoire communal

A l'échelle du territoire communal, le nombre potentiel de bâtiments subissant des effondrements partiels ou totaux sous le scénario considéré est évalué à 41, dont 4 pouvant subir un effondrement total (Tableau 15). Ces valeurs ont une signification statistique. Elles sont affectées d'une incertitude de l'ordre de 50%.

Pour le scénario considéré, les zones urbanisées, qui contiennent 45 % des bâtiments du territoire, concentrent 87 % des bâtiments pouvant subir des effondrements partiels ou totaux.

Nous reportons sur la Figure14 la densité par km² du nombre de bâtiments potentiellement atteints par les niveaux D4 ou D5. Dans la perspective d'une gestion de crise, il apparaît que la plus forte densité de dommages concernerait les zones urbanisées du bourg et de sa périphérie, et dans une bien moindre mesure les zones d'habitat diffus et les secteurs agricoles, qui nécessiteraient des interventions plus isolées.

Zones communales	Nombre de bâtiments	Nombre potentiel de bâtiments subissant un effondrement partiel (D4) (% des bâtiments de la zone)	Nombre potentiel de bâtiments subissant un effondrement total (D5) (% des bâtiments de la zone)
Zones urbanisées	1294	**32** (2.4 %)	**4** (0.27 %)
Zones d'urbanisation future	114	**1** (1.3 %)	**-** (0.01 %)
Zones d'habitat diffus	556	**-** (0.09 %)	**-** (0.003 %)
Zones agricoles	356	**3** (0.86 %)	**-** (0.07 %)
Zones à protéger (ND), zones naturelles et forestières	549	**1** (0.19 %)	**-** (0.007 %)
Total	**2 869**	**37 (1.3%)**	**4 (0.14 %)**

Tableau 15 : Répartition des dommages D4 et D5, sous le scénario considéré.

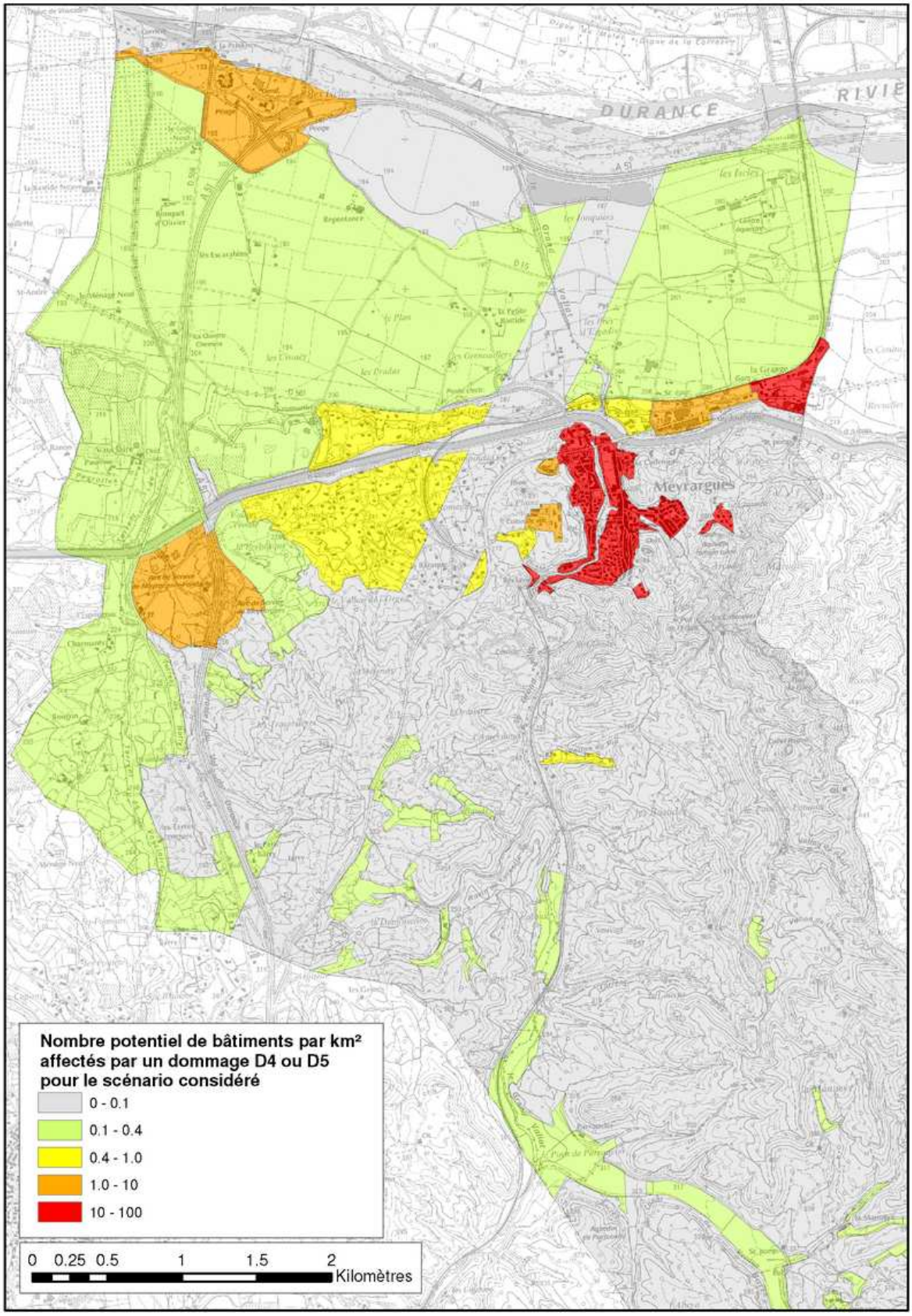


Figure 14: Représentation de la densité par km² du nombre de bâtiments potentiellement atteints par des dommages D4 ou D5, sous le scénario considéré.

7. Aléa mouvements de terrain

Conformément aux recommandations du guide méthodologique mouvement de terrain, la démarche proposée pour évaluer l'aléa mouvement de terrain est une approche naturaliste du type expertise a priori, excluant le recours à des études particulières. Il s'agit d'un jugement qui classifie les phénomènes puis intègre et pondère les différents facteurs à partir de la description et l'interprétation des observations de terrain.

L'évaluation et la cartographie existante de l'aléa mouvements de terrain du PPR ont été exploitées et valorisées. Des mises à jour et des adaptations sont apportées en cas de nécessité : selon la perception de nos interlocuteurs et nos observations. A noter, qu'en raison de l'évolution de la topographie, liée à l'activité d'exploitation, l'aléa mouvements de terrain n'est pas évalué au droit de la carrière de Réclavier.

7.1 Typologie des phénomènes

L'aléa mouvements de terrain est désigné par une lettre pour indiquer le type de phénomène et un indice chiffré (0 à 4) pour préciser le niveau d'aléa. Le type d'aléa mouvement de terrain est un résultat de l'élaboration de la carte informative des phénomènes :

- P, chutes de blocs / éboulement ;
- G, glissement ;
- PG, érosion ou lorsque les phénomènes sont présents simultanément.

7.2 Intensité et occurrence temporelle

Le niveau d'aléa est estimé conformément au guide du CFGI (2000) en tenant compte de l'intensité (Tableau 16) et de la fréquence des phénomènes potentiels.

En termes d'intensité, les blocs éboulés sont fréquemment supérieurs au m^3, pouvant donc :

- Faire des victimes (gravité forte,Tableau 17) ;
- Endommager la structure de construction (agressivité moyenne à élevée, Tableau 18).

L'ampleur des parades à mettre en œuvre (Tableau 19), dépend du nombre d'instabilités potentielles ou du dénivelé du versant.

Bien que de nombreux phénomènes soient recensés, la perception de nos interlocuteurs est qu'il s'agit plutôt de phénomènes rares. Les seuls cas cités concernent le secteur du Pas de l'Etroit et l'ancienne carrière des plaines, ayant été l'objet de parades géotechniques. Outre que la mémoire est faillible, deux raisons objectives peuvent être évoquées :

- Une large partie du territoire étant en zones naturelles, des phénomènes peuvent s'y produire sans être connus.
- Beaucoup de phénomènes observés ne peuvent être datés mais ont pu se produire sur des siècles voire des millénaires (Holocène).

Ceci permet de nuancer l'estimation de l'aléa qui reposerait uniquement sur la taille et le nombre de blocs éboulés (talus des plaines par exemple).

7.3 Evaluation de l'aléa mouvements de terrain

L'aléa mouvements de terrain est cartographié à l'échelle du 1/10 000 sur l'ensemble du territoire communal (carte des aléas – Annexe 4-1). Il est jugé :

- Fort, pour l'ensemble du versant entre le pas de l'étroit et la Tour de Vigie, compte tenu de la fréquence des chutes de blocs et de la possibilité plus exceptionnelle d'éboulements de grande ampleur ;
- Fort, au droit de l'ancienne carrière des Plaines, compte tenu d'instabilités avérées, ayant nécessité des parades géotechniques ;
- Moyen, pour le versant au Nord du Pas de l'Etroit ;
- Moyen, pour le versant des plaines, en rive gauche du Grand Vallat ;
- Moyen, pour des talus de plusieurs dizaines de mètres de dénivelé, surmontés d'une barre rocheuse (barre de l'Abeya, Parrouvier, etc.) ;
- Faible, pour des configurations préjugées plus favorables, avec des pentes ou des hauteurs limitées ou moins de blocs mobilisables ;
- Nul ou considéré comme négligeable, sur une grande partie du territoire, en reprenant les travaux antérieurs.

Volume mobilisé (V)	**Gravité** (Tableau 17)	**Agressivité** (Tableau 18)	**DPP** (Tableau 19)
$V < 1\ dm^3$	Très faible à moyenne	Nulle à faible	Faible
$1\ dm^3 < V < 100\ dm^3$	Moyenne	Faible à moyenne	Faible
$0{,}1\ m^3 < V < 1\ m^3$	Moyenne à forte	Moyenne	Moyenne
$1\ m^3 < V < 1\ 000\ m^3$	Forte à majeure	Moyenne à élevée	Moyenne
$1\ 000\ m^3 < V < 100\ 000\ m^3$	Majeure	Elevée	Forte
$100\ 000\ m^3 < V$	Majeure	Elevée	Forte à majeure

Tableau 16 : Estimation de l'intensité des chutes de blocs et éboulement rocheux, d'après le volume mobilisé (CFGI, 2000)

Gravité	**Préjudices humains**	**Exemple de phénomènes**
Très faible	Pas d'accident ou accident très improbable	Retrait par dessiccation, affaissement minier, fluage, glissement lent (< 1m/h)
Moyenne	Accident isolé	Glissement important à paroxysme rapide (quelques dam/h), chutes de pierres isolées
Forte	Quelques victimes	Chute de blocs, lave torrentielle, fontis
Majeure	Quelques dizaines de victimes ou plus	Eboulement en masse, écroulement, lave torrentielle majeure, effondrement généralisé de carrière

Tableau 17 : Exemple de définition de quatre niveaux de gravité vis-à-vis des vies humaines sous l'effet d'un mouvement de terrain (CFGI, 2000)

Agressivité	Type de dommage attendu	Exemple de phénomènes
Faible	Gros œuvre très peu touché	Affaissement de faible amplitude, chutes de pierres, glissement pelliculaire, etc.
Moyenne	Gros œuvre atteint mais réparation possible (e.g. fissuration modérée)	Affaissement de grande amplitude, effondrement ponctuel de faible diamètre, chute de blocs, glissement d'ampleur limité, etc.,
Elevée	Gros œuvre fortement touché (voire destruction totale), rendant inutilisable la construction ; réparation très coûteuse ou impossible	Eboulement rocheux, glissement de grande ampleur, effondrement généralisé de carrière, etc.

Tableau 18 : Exemple de niveaux d'agressivité vis-à-vis des vies des constructions (CFGI, 2000)

Intensité Demande de Protection Potentielle	Niveau des mesures de prévention nécessaires	Exemple de mesure de prévention (à titre indicatif)
Faible	Supportables financièrement par un propriétaire individuel (moins de 10% de la valeur vénale d'un maison individuelle moyenne)	Purge de quelques blocs instables en falaise, confortation d'une cave par piliers maçonnés
Moyenne	Parades financièrement supportables par un groupe restreint de propriétaires (immeuble collectif, petit lotissement)	Réalisation d'un merlon de terre en protection contre les chutes de blocs, comblement d'une carrière souterraine, drainage de faible ampleur dans une zone instable
Forte	Parades spécifiques, intéressant une aire géographique débordant largement le cadre parcellaire et d'un coût très important	Stabilisation d'un glissement de terrain de grande ampleur, confortement d'un pan de falaise instable
Majeure	Pas de parade sûre qui soit techniquement et économiquement envisageable	Phénomène exceptionnel tel que Séchilienne (Isère) ou la Clapière (Alpes-Maritimes), impliquant plusieurs dizaines de millions de mètres cubes

Tableau 19 : Exemple de définition de 4 niveaux d'intensité d'un mouvement de terrain, basée sur la DPP (in CFGI, 2000, d'après un document de la Délégation aux Risques Majeurs, 1990)

8. Présentation du plan de zonage et du règlement

8.1 Justification du plan de zonage

Le plan de zonage réglementaire est la seconde des pièces réglementaires du dossier PPR. Il forme un tout avec le règlement dont il est le support cartographique. Le plan de zonage constitue une articulation entre la note de présentation et le règlement.
La détermination du niveau de risque suit la règle proposée dans les guides méthodologiques, à partir du croisement des zones d'aléa et des enjeux. Le principe général est :

- Zones de contraintes fortes en cas d'aléa fort ou d'espaces naturels à préserver ;
- Zones de contraintes fortes, éventuellement faibles selon les enjeux, en cas d'aléa moyen.
- Zones de contraintes faibles en cas d'aléa faible.

Dans le cas de Meyrargues :

- Les aléas sismiques et liquéfaction ne justifient que des contraintes faibles.
- Les seules contraintes fortes relèvent donc des aléas mouvements de terrain moyen et fort.
- Il n'y a pas lieu de distinguer d'espaces urbanisés protégés.

Par conséquent, le plan de zonage du PPR de Meyrargues est établi à partir du seul croisement des différents aléas sismiques et mouvements de terrain (Carte des aléas et Tableau 20). **Le plan de zonage du PPR est cartographié à l'échelle du 1/10 000 sur l'ensemble du territoire communal (plan de zonage réglementaire)**. Chaque zone (R, B1 à B7) est référencée par deux types d'indices :

- Le premier (R ou B) correspond au niveau de contraintes à appliquer, respectivement fort ou faible ;
- Le second à la nature du risque (caractère en minuscule pour les zones de contraintes faibles ; majuscule pour les zones de contraintes fortes) :
    - f pour faille active et l pour liquéfaction ;
    - P ou p pour chutes de blocs ou éboulement et G ou g pour glissement ;

  Les zones de contraintes faibles (zones dites bleues) sont exposées (plan de zonage réglementaire, Tableau 20) :

    - Zone B1, à l'aléa sismique ;
    - Zone B2, aux aléas sismique et faille active ;
    - Zone B3, aux aléas sismique et liquéfaction ;
    - Zone B4, aux aléas sismique, faille active et liquéfaction ;
    - Zone B5, aux aléas sismique et mouvements de terrain ;
    - Zone B6, aux aléas sismique, faille active et mouvements de terrain ;
    - Zone B7, aux aléas sismique, liquéfaction et mouvements de terrain.

Aléa mouvement de terrain	Aléas sismiques (effet de site, faille, liquéfaction)			
	Zone 1	Zone 1 et F1	Zone 2 et L1 Zone 3 et L2	Zone 2 ; L1 et F1 Zone 3, L2 et F1
Considéré comme négligeable	B1 (B)	B2 (Bf)	B3 (Bl)	B4 (Blf)
Faible (P1, G1, PG1)	B5 (Bp, Bg, Bpg)	B6 (Bpf)	B7 (Bgl, Bpl)	Sans objet
Moyen (P2)	R (RP)	R (RPf)	R (RPl)	Sans objet
Fort (P3)				

Tableau 20 : Détermination des zones du plan de zonage de Meyrargues

8.2 Justification du choix des mesures réglementaires

Le règlement est la troisième des pièces réglementaires du dossier PPR. Il s'appuie sur le plan de zonage réglementaire, qui lui sert de support cartographique.

8.2.1 Principe

Les principes d'élaboration de la servitude sont les suivants :

- Pour les projets nouveaux et aménagements, ne pas augmenter les risques.
  - En zones à risque fort, dite zones rouges, le principe est l'interdiction de tout aménagement qui augmenterait les biens exposés ou qui contribuerait à aggraver les phénomènes de mouvements de terrain ;
  - En zones à risque faible, dite zones bleues, des mesures de prévention et de protection sont prescrites.
- Pour les biens existants à la date d'approbation du PPR, conservation en l'état (maintien de la destination et entretien normal).

8.2.2 Application

Une mesure comporte tout à la fois :

- Une **intention**, a priori motivée par la mitigation, la maîtrise ou la gestion des risques ;
- Un **objet** générique, qui peut être très général (occupations et utilisations du sol) ou très précis ;
- Des **conditions** encadrant son champ d'application.

Le risque résulte de la présence d'enjeux vulnérables exposés à un aléa. Par conséquent, les intentions de réduction du risque qui motivent les mesures réglementaires pertinentes se déclinent, explicitement ou non, selon quatre axes :

- **Connaître et limiter les enjeux exposés ;**
- **Connaître et réduire la vulnérabilité ;**

- **Connaître et réduire l'aléa naturel** ;
- Plus généralement, **connaître et réduire les risques** par des **mesures de prévention ou de préparation**.

Par ailleurs, l'objet des mesures relève inévitablement de l'un des trois aspects suivants :

- Projets nouveaux ;
- Biens et activités existants ;
- Mesures de prévention, de protection et de sauvegarde.

9. Références bibliographiques

AFNOR (1995). Règles de construction parasismique : règles PS applicables aux bâtiments, dites PS 92. *AFNOR*, Paris, *norme française NF P 06-013*.

AMBRASEYS N.N. (1988). Engineering seismology. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, vol. 17, issue n°1, p. 1-106.

AMBRASEYS N.N., SIMPSON K.A. (1996). Prediction of horizontal response spectra in Europe. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 25(4), 401-412*.

BAKUN W.H. and SCOTTI O. (2006). Regional intensity attenuation models for France and the estimation of magnitude and location of historical earthquakes. *Geophys. J. Int.*, 164, p. 596-610.

BAROUX E. (2000). Tectonique active en région à sismicité modérée : le cas de la Provence (France), Apport d'une approche multidisciplinaire. *Ph. D. Thesis, Université Paris Sud, Orsay*, 327 pp.

BAROUX E., PINO N.A., VALENSISE G., SCOTTI O., CUSHING M. (2002). Source mechanism of the 11th June 1909 Lambesc earthquake from macroseismic, seismological and geodetic data: constraints for active tectonic deformation in Southeastern France. *Abstract, 27th E.G.S. assembly, Nice*.

BAROUX E., PINO N.A., VALENSISE G., SCOTTI O., CUSHING M. (2003). Source parameters of the 11th June 1909 Lambesc (southern France) earthquake : a reappraisal based on macroseismic, seismological and geodetic observations. *J.G.R.* vol. 108, n° 89, 2454, pp. 16-1 16-23.

BENEDICTO-ESTEBAN A. (1996). Modèles tectono-sédimentaires de basins en extension et style structural de la marge passive du Golfe du Lion (partie Nord), Sud-Est France. *Thèse Université Montpellier II.*

BIBERON B. (1988). Mécanisme et évolution des chevauchements à vergences opposes. Exemple des structures de la Sainte-Victoire (Provence). *Ph.D. Thesis, Université J. Fournier, Grenoble*.

CETE, BRGM (1991). Commune de Meyrargues. Plan d'exposition aux risques naturels. *Rapport G91-29*.

CFGI (2000). Caractérisation et cartographie de l'aléa dû aux mouvements de terrain. Collection environnement. Les risques naturels. *LCPC,* Paris, 91 p..

CHAMPION D. (2002). Bilan sur les données tectoniques et sismotectoniques actuelles de la region Provence-Alpes Côte d'Azur. *Rapport BRGM* RP-51439-FR.

CHAMPION C. (1999). Déformation de la Provence occidentale depuis le Miocène. Etude structurale, utilisation de surfaces géomorphologiques marqueurs et analyses quantitative du relief. *Ph. D. Thesis, Aix-Marseille III*, 209 pp.

CHARDON D., HERMITTE D., NGUYEN F., BELLIER O. (2005). First paleoseismological constraints on the strongest earthquake in France (Provence) in the twentieth century. *Geology*, vol. 33, n°11, p. 901-904.

CLEMENT C., CARBON D. MARTIN C., GUIGNARD P. et BELLIER O. (2009). Probabilistic seismic hazard assessment in Western Provence based on fault seismotectonic model. Colloque "*Provence 2009 », Aix en Provence juillet 20009.*

COMBES P. (1984). La tectonique récente de la Provence occidentale: microtectonique, caractéristiques dynamiques et cinématiques. Méthodologie de la zonation tectonique et relations avec la sismicité. *Ph. D. Thesis, Université Louis Pasteur, Strasbourg*.

COMBES Ph., MARTIN C., CARBON D., MONGE B. (2003). Prédiagnostic pour la prise en compte de la faille de la Moyenne Durance dans les PPR. *Rapport GTI/DIRPAC/1202-19.*

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 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. *Rapport DEI/SARG/2005-015 de l'IRSN*

CUSHING M., BELLIER O. (2003). Faille de la Moyenne Durance : précisions concernant le tracé en surface de la faille entre Pertuis et Château Arnoux, IRSN/DEPARTEMENT DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT.

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. *Ph. D. Thesis, Univ. Paris XI Orsay, 314 p.*

GHAFIRI A., SAURET B., ROSIQUE T. BLES J.L. & SEBRIER M. 1993. Mise en évidence d'un paléo-séisme sur la faille de la Moyenne Durance. *Géologie Alpine, série spéciale Résumés de colloques*, 2, pp.24-25.

GRIOT-POMMERA, D. A., AND O. SCOTTI (2001). Estimating earthquake location and magnitude from French seismic intensity observations. EGS2001-26th General Assembly, Nice, France, 25-30 March 2001, *Geophysical Research Abstracts, 3*.

GUIGNARD P., (2002). Géométrie et cinématique de la terminaison méridionale du segment central de la faille de la Moyenne Durance (zone Beaumont-de-Pertuis et Mirabeau). *Master Thesis*, Université Aix-Marseille 3, Aix-en-Provence, 41 pp.

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. Geoscience*, 337, p. 375-384.

LAUGIER B. (2002). Structure et évolution morphologique de l'anticlinal des Alpilles : implications néotectoniques. *Mémoire de DEA Géosciences de l'Environnement, Ecole Doctorale Science de l'Environnement de l'Université Aix-Marseille*.

LEBATARD A.-E. (2003). Activité tectonique et aléa sismique de la terminaison septentrionale de la faille de la moyenne Durance et ses relations avec la nappe de Digne. *Mémoire de DEA Géosciences de l'environnement, Ecole doctorale sciences de l'environnement d'Aix-Marseille III, 37 p..*

LEVRET A., BACKE J.C. AND CUSHING M. (1994). Atlas of macroseismic maps for French earthquakes with their principal characteristics. *Natural hazards*, 10, pp 19-46.

LEVRET, A., CUSHING, M.E. AND PEYRIDIEU, G., 1996. Recherche des caractéristiques des séismes historiques en France, athlas de 140 cartes macrosismiques. *Publication de l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire, I et II.*

MARTIN C., COMBES Ph., SECANELL R., LIGNON G., CARBON D., FIORAVANTI A., GRELLET B. (2002). Révision du zonage sismique de la France. *Etude probabiliste. Rapport de phase 3. GTR/MATE/0701-150.*

MILUTINOVIC Zoran V., TRENDAFILOSKI Goran S. (2003). WP4 Vulnerability of current buildings, No. of pages 110 (Figs. 18, Tables 48, Appendices 2.

MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT, MINISTERE DE L'EQUIPEMENT DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT (1997) - Guide général - Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR). Guide général. *La Documentation française, Paris, 76 p..*

MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT, MINISTERE DE L'EQUIPEMENT DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT (1999) - Plans de prévention des risques naturels (PPR) : risques de mouvements de terrains. *La Documentation française, Paris, 71 p..*

MINISTERE DE L'ECOLOGIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE, MINISTERE DE L'EQUIPEMENT DES TRANSPORTS, DU LOGEMENT, DU TOURISME ET DE LA MER (2002) - Plans de prévention des risques naturels (PPR) : risques sismiques. *La Documentation française, Paris, 112 p..*

RFS I.2.c 2001-01 (2001). Modification de la Règle Fondamentale I.2.c. relative à la détermination des mouvements sismiques à prendre en compte pour la sûreté des tranches nucléaires comportant un réacteur à eau sous pression, applicables à l'ensemble des installations nucléaires de base en surface. *Site IRSN*.

ROUIRE et al. (1970). Carte géologique de Pertuis au 1/50 000. *Edition BRGM*.

SÉBRIER M., GHAFIRI A., BLES J.-L. (1997). Paleosismicity in France: Fault trench studies in a region of moderate sismicity. *Journal of Geodynamics*, 24: 207-217.

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.*

YOUD T.L., PERKINS D.M. (1978). Mapping of liquefaction induced ground failure potential. *J. Geotech. Engng Div.*, *ASCE*, 104 (GT4), p. 433-443.

ANNEXE :

ACTUALISATION DES CONNAISSANCES RELATIVES AUX FAILLES DE LA COMMUNE DE MEYRARGUES

Impact pour la révision du Plan de Prévention des Risques

Rapport GEOTER n° GTR/MEY/1109-307 Rev1

Version révisée et actualisée du rapport GTR/MEY/0706-307 tenant compte des remarques formulées par le BRGM suite à son expertise (notes du 19 Février 2008, N/Ref. ARN/RIS/MT/08.091 et du 07 Novembre 2008, N/Ref. ARN/RIS/08-453).