

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône – Rapport complémentaire de mise à jour

Rapport final

BRGM/RP-55403-FR
juin 2007

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône – Rapport complémentaire de mise à jour

Rapport final

BRGM/RP-55403-FR
juin 2007

Étude réalisée dans le cadre des projets de Service public du BRGM 05RISD13

N. Marçot

Vérificateur :

Nom : M. Vincent

Date : 21/06/2007

Signature :



Approbateur :

Nom : S. Solages

Date : 21/06/2007

Signature :



Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.

Mots clés : argiles, marnes, argiles gonflantes, actualisation, smectites, retrait-gonflement, aléa, risque naturel, sinistre sécheresse, catastrophe naturelle, géotechnique, cartographie, Bouches-du-Rhône

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Marçot N. (2007) - Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône – Rapport complémentaire de mise à jour. Rapport BRGM/RP-55403-FR, 64 p., 34 ill., 3 ann. et 3 pl. h.-t.

© BRGM, 2007, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Les phénomènes de retrait-gonflement de certaines formations géologiques argileuses sont susceptibles de provoquer des tassements différentiels qui se manifestent par des désordres affectant principalement le bâti individuel. En France métropolitaine, ces phénomènes, mis en évidence à l'occasion de la sécheresse exceptionnelle de l'été 1976, ont pris une réelle ampleur lors des périodes sèches des années 1989-91 et 1996-97, puis dernièrement au cours de l'été 2003.

Le département des Bouches-du-Rhône fait partie des départements français les plus touchés par le phénomène, puisque 3 881 sinistres déclarés liés à la sécheresse y ont été recensés au total (étude réalisée par le BRGM en 2004¹ et données nouvelles acquises au cours de l'actualisation). 50 communes sur les 119 que compte le département ont été reconnues en état de catastrophe naturelle pour ce phénomène, pour des périodes comprises entre mai 1989 et juin 2002, soit un taux de sinistralité de 42 %. Par ailleurs, d'après les données de la Caisse Centrale de Réassurance, le département des Bouches-du-Rhône est désormais situé en 8^{ème} position des départements français en terme de coût total d'indemnisation pour ce phénomène, et en 28^{ème} position en égard au nombre d'occurrences de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle (en distinguant par commune et par période).

Afin d'établir un constat scientifique objectif et de disposer de documents de référence permettant une information préventive, il a été demandé par le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (MEDD) de réaliser, en 2002-2004, une cartographie de cet aléa à l'échelle de tout le département des Bouches-du-Rhône dans le but de définir les zones les plus exposées au phénomène de retrait-gonflement. Réalisée dans le cadre de sa mission de Service Public sur les risques naturels, cette étude s'est intégrée dans un vaste programme national de cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux, qui concernera à terme l'ensemble du territoire métropolitain dont plus de 30 départements sont d'ores et déjà couverts.

La présente étude vient en complément de la précédente en apportant des modifications ponctuelles à la cartographie initiale. Lors de la phase d'enquête publique qui s'est déroulée fin 2006 - début 2007, auprès de 16 communes concernées par des Plans de Prévention des Risques (PPR), certaines d'entre elles ont en effet demandé à apporter des modifications ponctuelles à la cartographie.

L'étude a été conduite par le Service Géologique Régional Provence-Alpes-Côte d'Azur, en collaboration avec le Service Aménagement et Risques Naturels du BRGM

¹ Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône. Rapport BRGM/RP-53237-FR, juillet 2004

à Marseille. Le financement nécessaire à cette étude complémentaire a été apporté par la Direction Départementale de l'Équipement (DDE) des Bouches-du-Rhône.

La démarche initiale de l'étude réalisée en 2004 avait d'abord consisté à établir une cartographie départementale synthétique des formations argileuses ou marneuses affleurantes à sub-affleurantes, à partir de la synthèse des cartes géologiques à l'échelle 1/50 000. Les formations ainsi identifiées, au nombre de trente neuf, ont ensuite fait l'objet d'une hiérarchisation quant à leur susceptibilité vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement. Cette classification a été établie sur la base de trois critères principaux : la caractérisation lithologique de la formation, la composition minéralogique de sa phase argileuse et son comportement géotechnique, ce qui a conduit à l'établissement d'une carte départementale de susceptibilité vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement.

La carte d'aléa a alors été établie à partir de la carte synthétique des formations argileuses ou marneuses, après hiérarchisation de celles-ci en tenant compte non seulement de la susceptibilité des formations identifiées, mais aussi de la probabilité d'occurrence du phénomène. Cette dernière a été évaluée à partir du recensement des sinistres (3 881 au total) en calculant pour chaque formation sélectionnée une densité de sinistres, rapportée à la surface d'affleurement réellement urbanisée, afin de permettre des comparaisons fiables entre les formations.

Les modifications apportées à la carte initiale ont permis de caractériser 41 formations au lieu de 39 initialement. En effet, les principales modifications apportées à la cartographie de l'aléa ont concerné :

- des formations argileuses non prises en compte initialement ;
- la réaffectation d'un certain nombre de secteurs d'éboulis aux formations argileuses correspondantes ;
- la suppression de certains niveaux qui se sont avérés être davantage calcaires.

Ces modifications apportées restent néanmoins relativement marginales, surtout par rapport aux superficies concernées.

Ainsi, sur l'ensemble du département,

- seulement 1,86 % de la superficie départementale est classée en aléa fort (au lieu de 1,7 % dans la version initiale de la carte d'aléa, publiée en 2004, ce qui représente 8 km² supplémentaires) ;
- 7,06 % en aléa moyen (au lieu de 6,59 % dans la version précédente, soit une extension de 24 km²) ;
- 65,83 % en aléa faible (au lieu de 65 % initialement, soit une extension de 48 km² supplémentaires) ;
- 25,25 % de la surface correspond à un aléa a priori nul (y compris le réseau hydrographique).

Il n'est toutefois pas exclu que, sur ces derniers secteurs considérés d'aléa a priori nul, se trouvent localement des zones argileuses d'extension limitée, notamment dues à l'altération localisée des calcaires ou à des lentilles argileuses non cartographiées, et susceptibles de provoquer des sinistres.

Cette nouvelle carte d'aléa retrait-gonflement des terrains argileux du département des Bouches-du-Rhône, dont l'échelle de validité est le 1/50 000 et qui est présentée sous format papier à l'échelle 1/120 000, annule et remplace celle réalisée en 2004.

Une des finalités de cette carte d'aléa étant l'élaboration des propositions de zonage réglementaires en vue de l'élaboration de PPR dans les communes les plus touchées, la carte ainsi actualisée a été transcrite en plans de zonage pour chacune des 119 communes du département et les fichiers correspondant sont joints au présent rapport dans un CD Rom qui annule et remplace donc celui fourni avec le rapport initial².

A ce jour, 18 communes des Bouches-du-Rhône ont fait l'objet d'une prescription de PPR par arrêté préfectoral en date du 6 juillet 2005, dont 16 ont fait l'objet d'une enquête publique qui s'est déroulée du 27 novembre 2006 au 5 janvier 2007. 3 d'entre elles (Sausset-les-Pins, Rognac et la Penne-sur-Huveaune) ont demandé des précisions sur la cartographie qui ont été prises en compte dans ce présent rapport de mise à jour. En revanche, pour 3 autres communes (Roquevaire, Trets et Meyreuil), l'enquête publique n'avait pas fait l'objet de demande particulière ni de remarque sur le zonage réglementaire, mais pour des besoins d'homogénéisation, la cartographie a néanmoins été modifiée. Des discussions préliminaires ayant eu lieu depuis fin 2005 avec la ville de Marseille où un tel PPR est également prescrit, des correctifs ont été apportés sur le territoire de cette commune, en concertation étroite avec les services techniques de la ville. Nous avons également dû modifier le secteur de la commune d'Alleins suite à l'acquisition d'éléments issus d'une expertise judiciaire dans le cadre d'une affaire opposant un particulier au Préfet, suite à un sinistre survenu dans la commune d'Alleins.

La commune de La Fare-les-Oliviers, située au centre du département, a été choisie par la DDE et la Préfecture pour servir d'illustration de la méthode retenue pour l'établissement des PPR. Dans le présent rapport, un exemple complet de dossier PPR actualisé (zonage réglementaire, note de présentation, règlement) concernant cette commune est présenté en annexe sur support papier, mais les plans de zonage ont été réalisés pour l'ensemble des communes du département des Bouches-du-Rhône et sont fournis sur support numérique au format MapInfo©. La DDE disposera ainsi de tous les éléments pour établir les PPR, après concertation avec la population et les élus des communes concernées.

² Etablissement de Plans de Prévention des Risques naturels concernant les mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône. Rapport BRGM RP-53314-FR, septembre 2004

Sommaire

1. Introduction	11
2. Rappels méthodologiques	13
2.1.1. Cartographie des formations argileuses ou marneuses	13
2.1.2. Caractérisation minéralogique et géotechnique des formations.....	13
2.1.3. Carte de susceptibilité	14
2.1.4. Recensement et localisation géographique des sinistres.....	14
2.1.5. Détermination des densités de sinistres	14
2.1.6. Carte d'aléa	15
3. Modifications apportées à la cartographie des formations argileuses	17
3.1. FORMATIONS SUPPLEMENTAIRES PRISES EN COMPTE EN TANT QUE FORMATIONS ARGILEUSES	18
3.1.1. Les remblais et dépôts artificiels (X).....	18
3.1.2. Zones d'aléa géotechnique glissement de terrain et tassement (Ville de Marseille)	18
3.1.3. Les colluvions limoneuses (CFxG)	19
3.1.4. Les éboulis récents (Ez) sur les communes d'Alleins, Vernegues et Aurons	20
3.1.5. La formation des « Terra Rossa » (R)	21
3.1.6. Les éboulis anciens, récents, Rissiens et Würmiens	22
3.1.7. Les Tufs villafranchiens (Quaternaire) Uv4	25
3.1.8. le Calcaires du Plan de Sausset (Burdigalien inférieur-Tertiaire) m1b1 ...	25
3.1.9. Les Dolomies de l'Hettangien (l2).....	26
3.1.10. Les Calcaires argileux du Rhétien (l1).....	28
3.2. FORMATIONS ARGILEUSES SUPPRIMEES	29
3.3. NOUVELLE CARTE DES FORMATIONS ARGILEUSES OU MARNEUSES SUR LE DEPARTEMENT	31
4. Caractérisation lithologique, minéralogique et géotechnique des formations argileuses ou marneuses et élaboration d'une nouvelle carte de susceptibilité	35
4.1. CRITERE LITHOLOGIQUE	35
4.2. CRITERE MINERALOGIQUE	36
4.3. CRITERE GEOTECHNIQUE	37

4.4. NOUVELLE CARTE DE SUSCEPTIBILITE DES ARGILES AU PHENOMENE DE RETRAIT-GONFLEMENT	40
5. Détermination du critère de densité de sinistres	45
5.1. REPARTITION DES SINISTRES PAR FORMATION ARGILEUSE ET DENSITES DE SINISTRES	45
5.2. EVALUATION D'UNE NOUVELLE DENSITE DE SINISTRES PAR FORMATION ARGILEUSE	45
6. Elaboration de la carte d'aléa.....	49
6.1. DETERMINATION DU NIVEAU D'ALEA	49
6.2. NOUVELLE CARTE DE L'ALEA RETRAIT GONFLEMENT DES ARGILES....	49
6.3. SYNTHESE DE L'ALEA RETRAIT GONFLEMENT DES ARGILES DANS LES BOUCHES-DU-RHONE	54
7. Implications de l'actualisation de la carte d'aléa sur les projets de PPR	55
7.1. ACTUALISATION DES PLANS DE ZONAGE	55
7.2. ACTUALISATION DE LA NOTE DE PRESENTATION	56
7.3. ACTUALISATION DU REGLEMENT	56
8. Conclusion.....	57
9. Bibliographie	59

Liste des illustrations

Illustration 1 : Localisation des dépôts artificiels et remblais sur le département	18
Illustration 2 : Zones d'aléa glissement de terrain rajoutées sur la commune de Marseille	19
Illustration 3 : Localisation des Colluvions limoneuses (CFxG) dans les Bouches-du-Rhône	20
Illustration 4 : Localisation des Eboulis récents rapportés aux Colluvions du Quaternaire.....	21
Illustration 5 : « terra-rossa » ajoutées sur les communes de Saint-Chamas et Lançon-de-Provence	21
Illustration 6 : Localisation des zones d'éboulis retenues dans les Bouches-du-Rhône.....	23

Illustration 7 : Zone d'éboulis récents ajoutés dans les communes de la Penne-sur-Huveaune, Marseille et Aubagne	24
Illustration 8 : Eboulis würmiens (Quaternaire) ajoutés dans les communes de Mimet et Saint-Savournin.....	24
Illustration 9 : Tufs villafranchiens (Quaternaire) Uv4 ajoutés sur Marseille.....	25
Illustration 10 : Calcaires du Plan de Sausset (Burdigalien inférieur-Tertiaire) m1b1 ajouté sur les communes de Martigues et Sausset-les-pins	26
Illustration 11 : Localisation des dolomies de l'Hettangien,	27
Illustration 12 : Localisation précise des dolomies de l'Hettangien sur le secteur d'Allauch.....	27
Illustration 13 : Localisation des calcaires argileux du Rhétien sur l'Est du département des Bouches-du-Rhône	28
Illustration 14 : Détail des calcaires argileux du Rhétien sur le secteur Allauch – Peypin	29
Illustration 15 : Zones caractérisées par un aléa éboulement sur la commune de Marseille.....	30
Illustration 16 : Localisation des sables et graviers au niveau de l'étang de Berre	30
Illustration 17 : Formations argileuses ou marneuses prises en compte dans la nouvelle carte de l'aléa retrait gonflement des argiles	31
Illustration 18 : Carte des formations argileuses et marneuses des Bouches-du-Rhône.....	32
Illustration 19 : Légende associée à la carte des formations argileuses et marneuses des Bouches-du-Rhône	33
Illustration 20 : Note lithologique des formations argileuses et marneuses.....	35
Illustration 21 : Notes minéralogiques des formations argileuses et marneuses.....	37
Illustration 22 : Répartitions des mesures utilisées pour la caractérisation des formations argileuses par type d'essai géotechnique	38
Illustration 23 : Synthèse des données géotechniques et notes géotechniques	39
Illustration 24 : Comparaison de la superficie des terrains en fonction de leur susceptibilité.....	40
Illustration 25 : Degré de susceptibilité des formations	41
Illustration 26 : Classement des formations par susceptibilité et surfaces d'affleurement	42
Illustration 27 : Carte de la susceptibilité des argiles au retrait gonflement.....	43
Illustration 28 : Carte de la répartition des sinistres sur les formations argileuses.....	46
Illustration 29 : Densité de sinistres par formation ramenée à 100 km ² de surface urbanisée et détermination de la note densité de sinistres.....	48
Illustration 30 : Calcul du niveau d'aléa des formations argileuses et marneuses	50
Illustration 31 : Carte départementale de l'aléa retrait gonflement des argiles.....	51
Illustration 32 : Comparaison de la superficie des terrains en fonction de leur susceptibilité.....	52
Illustration 33 : Classement des formations en fonction de leur niveau d'aléa	53

Illustration 34 : Transcription, pour la commune de La Fare-les-Oliviers, de la carte d'aléa en proposition de plan de zonage réglementaire..... 55

Liste des annexes

Annexe 1 – Répartition de la superficie de chaque commune suivant la classe d'aléa et rappel des données de base de la sinistralité – Comparaisons avec l'étude initiale 65

Annexe 2 – Exemple de Plan de Prévention des Risques naturels concernant les mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles - Commune de la Fare-les-Oliviers - Proposition de note de présentation (document type)..... 69

Annexe 3 - Exemple de Plan de Prévention des Risques naturels concernant les mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles - Commune de la Fare-les-Oliviers - Proposition de règlement (document type) 107

Liste des planches hors-texte

Carte 1 - Carte départementale des formations argileuses ou marneuses.

Carte 2 - Carte départementale de susceptibilité des formations argileuses au retrait gonflement.

Carte 3 : Carte départementale de l'aléa retrait gonflement des argiles.

1. Introduction

Les phénomènes de retrait-gonflement de certaines formations géologiques argileuses sont susceptibles de provoquer des tassements différentiels qui se manifestent par des désordres affectant principalement le bâti individuel. En France métropolitaine, ces phénomènes, mis en évidence à l'occasion de la sécheresse exceptionnelle de l'été 1976, ont pris une réelle ampleur lors des périodes sèches des années 1989-91 et 1996-97, puis dernièrement au cours de l'été 2003.

Le département des Bouches-du-Rhône fait partie des départements français les plus touchés par le phénomène, puisque 3 880 sinistres déclarés liés à la sécheresse y ont été recensés dans le cadre de l'étude initiale³. 50 communes sur les 119 que compte le département ont été reconnues en état de catastrophe naturelle pour ce phénomène, pour des périodes comprises entre mai 1989 et juin 2002, soit un taux de sinistralité de 42 %. Par ailleurs, d'après les données de la Caisse Centrale de Réassurance, le département des Bouches-du-Rhône est désormais situé en 8^{ème} position des départements français en terme de coût total d'indemnisation pour ce phénomène (en intégrant les coûts de la sécheresse 2003), et en 28^{ème} position en égard au nombre d'occurrences de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle (en distinguant par commune et par période).

Afin d'établir un constat scientifique objectif et de disposer de documents de référence permettant une information préventive, il a été demandé par le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (MEDD) de réaliser, en 2002-2004, une cartographie de cet aléa à l'échelle de tout le département des Bouches-du-Rhône dans le but de définir les zones les plus exposées au phénomène de retrait-gonflement. Réalisée dans le cadre de sa mission de Service Public sur les risques naturels, cette étude s'est intégrée dans un vaste programme national de cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux, qui concernera à terme l'ensemble du territoire métropolitain dont plus de 30 départements sont d'ores et déjà couverts.

Sur la base de cette carte départementale d'aléa, publiée en juillet 2004 et accessible sur le site Internet www.argiles.fr depuis novembre 2004, des propositions de zonages communaux avaient été élaborés par le BRGM, pour chacune des 119 communes du département, selon une méthodologie validée par le MEDD et appliquée dans tous les départements concernés par de telles cartes d'aléa⁴. Ces propositions de zonages réglementaires ont été utilisées pour élaborer des PPR concernant spécifiquement le

³ Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône. Rapport BRGM/RP-53237-FR, juillet 2004

⁴ Etablissement de Plans de Prévention des Risques naturels concernant les mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône. Rapport BRGM RP-53314-FR, septembre 2004

phénomène de retrait-gonflement des argiles. A ce jour, de tels PPR ont été prescrits dans 18 communes du département, par arrêté préfectoral en date du 6 juillet 2005 et 16 d'entre elles ont fait l'objet d'une mise à l'enquête publique qui s'est déroulée du 27 novembre 2006 au 5 janvier 2007.

La présente étude vient en complément de celle menée en 2002-04 en apportant des modifications ponctuelles à la cartographie initiale. Lors de la phase d'enquête publique qui s'est déroulée fin 2006 - début 2007, auprès de 16 communes concernées par ces PPR, certaines d'entre elles ont en effet demandé à apporter des modifications ponctuelles à la cartographie.

D'autre part, l'avancement des cartographies de l'aléa retrait-gonflement des argiles à l'échelle nationale et régionale a permis d'acquérir de nouvelles connaissances sur la caractérisation des formations argileuses et la prise en compte de certaines formations superficielles. La cartographie de l'aléa retrait-gonflement dans le département limitrophe du Var, achevée en mai 2007, a mis en évidence le fait qu'un certain nombre de formations (telles que les éboulis, certaines colluvions, une formation du Rhétien et une de l'Hettangien) n'avaient pas été prises en compte dans les Bouches-du-Rhône, alors que leurs caractéristiques lithologiques et géotechniques le justifiaient pleinement.

Enfin, l'acquisition d'éléments nouveaux issus d'une expertise judiciaire dans le cadre d'une affaire opposant un particulier au Préfet, suite à un sinistre survenu dans la commune d'Alleins, nous a permis de caractériser un niveau d'éboulis récents en tant que formation argileuse sur les communes d'Alleins, Vernegues et Aurons.

La présente étude d'actualisation a été conduite par le Service Géologique Régional Provence-Alpes-Côte d'Azur, en collaboration avec le Service Aménagement et Risques Naturels du BRGM à Marseille. Le financement nécessaire à cette étude complémentaire a été apporté par la Direction Départementale de l'Équipement (DDE) des Bouches-du-Rhône.

2. Rappels méthodologiques

Les paragraphes suivants rappellent les principes de la méthodologie utilisée pour la réalisation de la carte d'aléa retrait gonflement des argiles. Les modifications apportées ponctuellement ont nécessité d'appliquer cette même méthodologie sur les nouvelles données afin d'obtenir une cartographie de l'aléa homogène avec les autres départements, et cohérente avec celle précédemment établie.

2.1.1. Cartographie des formations argileuses ou marneuses

La cartographie des formations argileuses ou marneuses du département a été réalisée à partir des cartes géologiques à l'échelle du 1/50 000 éditées par le BRGM et des coupes de forage de la Banque des données du Sous-Sol (BSS) complétées et actualisées par des données ponctuelles issues des rapports d'expertise de sinistres. Cette cartographie a été réalisée à l'échelle 1/50 000 (qui correspond donc à l'échelle de validité de la donnée brute), numérisée, puis synthétisée et présentée sur document papier en planche hors-texte à l'échelle 1/120 000.

Dans l'actualisation de l'étude, un certain nombre de formations argileuses supplémentaires ont été prises en compte (éboulis, certaines colluvions, formations du Rhétien et de l'Héttangien).

2.1.2. Caractérisation minéralogique et géotechnique des formations

Pour l'étude initiale réalisée entre 2002 et 2004, la synthèse des notices des cartes géologiques a permis de définir les caractéristiques des formations argileuses ou marneuses, et en particulier de répertorier la présence éventuelle d'argiles gonflantes. Ces données ont été complétées par une revue bibliographique. Enfin le traitement synthétique de dossiers d'expertise a permis de caractériser au mieux chacune des formations identifiées en fonction de sa proportion moyenne de minéraux argileux gonflants.

La caractérisation du comportement géotechnique des formations argileuses ou marneuses du département a été essentiellement établie sur la base du dépouillement et de la synthèse de données bibliographiques, de nombreux rapports d'expertise, obtenus auprès de bureaux d'étude (FONDASOL, ERG, CETE, JUVENTIN), de mutuelles d'assurance ou directement auprès des communes concernées.

Les données disponibles ont été complétées par une campagne spécifique d'échantillonnage et d'analyse afin de permettre une meilleure hiérarchisation des formations sur la base de critères lithologiques, minéralogiques et géotechniques.

Pour l'actualisation de l'étude, aucun recueil spécifique de données nouvelles n'a été réalisé. Néanmoins, certaines données supplémentaires ont été prises en compte et

intégrées dans la base de données géotechniques. Ces données sont issues soit de l'étude du Var qui s'est achevée en mai 2007, soit directement des communes qui ont fait part de nouvelles données acquises depuis 2004 (notamment les deux valeurs de RX acquises dans le rapport annexé à l'expertise judiciaire sur la commune Alleins).

2.1.3. Carte de susceptibilité

En définitive, la carte départementale de susceptibilité au retrait-gonflement a été établie à partir de la carte synthétique des formations argileuses ou marneuses du département, après évaluation du degré de sensibilité de ces formations. Les critères utilisés pour établir cette hiérarchisation sont liés à la caractérisation lithologique, minéralogique et géotechnique de ces formations et sont identiques à ceux utilisés pour la version précédente de la carte de susceptibilité. La nouvelle carte mise à jour intègre à la fois les modifications apportées à la carte départementale des formations argileuses et les modifications quant à la caractérisation de certaines de ces formations (du fait de la prise en compte de données nouvelles).

2.1.4. Recensement et localisation géographique des sinistres

La carte départementale de l'aléa retrait-gonflement (qui correspond, rappelons-le, à la probabilité d'occurrence du phénomène), est établie à partir de la carte des formations argileuses en combinant pour chaque formation son niveau de susceptibilité et sa densité de sinistre qui y a été observée au cours des dernières années.

Pour ce faire, un recensement des sinistres sécheresse avait été effectué auprès des 50 communes du département qui ont bénéficié depuis 1989 de la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle au titre des mouvements de terrains différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols (soit plus de 42 % des communes du département).

Un sinistre supplémentaire issu de l'expertise judiciaire sur la commune d'Alleins a été pris en compte. Néanmoins, aucun autre recueil spécifique de sinistres n'a été réalisé pour l'étude de mise à jour.

En revanche, la mise en évidence de formations argileuses supplémentaires a impliqué la prise en compte de sinistres qui avaient été caractérisés en dehors des formations argileuses initialement, et qui par conséquent sont maintenant situées en zone argileuse. Le nombre total de sinistres recensés et localisés sur le département est donc de 3 713 sinistres. L'étude initiale indiquait 3 551 sinistres situées en zone argileuse et 161 en zone à priori non argileuse. L'actualisation de la carte permet désormais de caractériser 3 671 sinistres en zone argileuse et 42 sinistres seulement en zone à priori non argileuse.

2.1.5. Détermination des densités de sinistres

Afin d'obtenir la carte départementale d'aléa retrait-gonflement, il a été nécessaire de déterminer, pour chacun des sinistres recensés, la nature de la formation géologique

affectée (par superposition avec la carte des formations argileuses ou marneuses du département). Ceci a permis de déterminer le nombre de sinistres recensés pour chacune des formations géologiques sensibles et, par suite, de calculer une densité de sinistres par formation (en pondérant par la surface d'affleurement de chacune des formations, afin d'obtenir des chiffres comparables entre eux).

Le nombre de sinistres par formation argileuse et les superficies des formations argileuses proprement dites ayant évolué par rapport à la version précédente de l'étude, les densités de sinistres sont par conséquent différentes de celles présentées en 2004.

2.1.6. Carte d'aléa

La carte départementale d'aléa a dès lors été établie à partir des contours de la carte d'interprétation des formations argileuses ou marneuses : chacune de ces formations a été caractérisée par une classe d'aléa prenant en compte à la fois son degré de susceptibilité et la densité de sinistres la concernant. Cette carte est également numérisée et a été présentée en planche hors-texte à l'échelle 1/120 000 (mais son échelle de validité est le 1/50 000). Suite aux modifications effectuées sur les superficies des formations argileuses, sur la répartition des sinistres par formation, et par conséquent sur les densités de sinistres, la cartographie de l'aléa a légèrement évolué par rapport à la première version, mêmes si les modifications restent relativement minimales.

3. Modifications apportées à la cartographie des formations argileuses

Le rapport initial de la cartographie de l'aléa retrait gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône avait identifié 39 formations argileuses.

Ces formations couvrent la quasi totalité du territoire des Bouches-du-Rhône hormis, bien évidemment, les massifs calcaires de la Sainte-Victoire, des Calanques, des Alpilles et de la Sainte-Baume.

D'un point de vue stratigraphique, elles concernent quasiment tous les étages géologiques représentés dans le département, depuis le Trias à la base jusqu'au Quaternaire.

La mise à jour de l'étude de 2004 a permis de modifier sur certains secteurs les contours des formations argileuses et la réaffectation de niveaux considérés initialement comme non argileux. On citera notamment les éboulis, qui ont été réaffectés aux formations concernées. Le calcaire du Plan de Sausset, les colluvions limoneuses, la formation de « Terra Rossa », les calcaires du Rhétien et les dolomies de l'Hettangien ont été également ajoutées. Sur la ville de Marseille, des modifications ont été apportées au niveau des tufs Villafranchiens, et des zones d'aléa glissement de terrain et tassement identifiés par les services techniques de la ville de Marseille, notamment dans les secteurs de la Valentelle et du Grand Littoral. Par ailleurs, certains niveaux de colluvions et d'alluvions ont également été réinterprétés et réaffectés aux formations concernées (notamment dans la commune de Rognac). Enfin, les secteurs recouverts de dépôts anthropiques à Martigues ont été réinterprétés car les remblais de qualité hétérogène reposent eux-mêmes sur des terrains argileux sujets au retrait-gonflement.

En revanche, quelques formations considérées comme argileuses dans la première étude ont été supprimées car les observations effectuées ultérieurement, notamment à la faveur des études menées dans les départements limitrophes, ont permis de les caractériser de manière plus précise.

Ces modifications amènent finalement à considérer 41 formations comme argileuses dans le département, au lieu de 39 initialement.

Une carte géologique synthétique de ces formations est présentée en carte hors-texte à l'échelle 1/120 000.

3.1. FORMATIONS SUPPLEMENTAIRES PRISES EN COMPTE EN TANT QUE FORMATIONS ARGILEUSES

3.1.1. Les remblais et dépôts artificiels (X)

Cette formation n'avait pas été prise en compte comme potentiellement argileuse, mais il s'avère qu'un grand nombre de sinistres y sont localisés. La superficie de la formation concernée est de 2,34 km².

Ces dépôts artificiels sont localement peu épais, de nature souvent très hétérogène, et se retrouvent parfois en recouvrement de formations sous-jacentes sujettes au phénomène de retrait gonflement (Calcaires, marnes et poudingues du Maestrichtien inférieur notamment), ce qui ne permet pas d'exclure tout risque dans ces secteurs.

L'illustration 1 présente la localisation de ces dépôts artificiels sur les trois communes concernées : Martigues, Port-de-Bouc et Fos-sur-Mer, où il a été nécessaire d'ajouter à la carte des formations argileuses l'ensemble des secteurs bordés d'un trait rouge sur l'extrait de carte présenté.



Illustration 1 : Localisation des dépôts artificiels et remblais sur le département

3.1.2. Zones d'aléa géotechnique glissement de terrain et tassement (Ville de Marseille)

Suite à des discussions avec les services techniques de la ville de Marseille, il a été décidé de rajouter, en tant que zone potentiellement concernée par l'aléa retrait gonflement, l'ensemble des secteurs cartographiés en aléa géotechnique glissement de terrain et tassement par la commune, et dont quelques unes n'apparaissent pas en tant que formation argileuse ou marneuse dans la première étude de 2004 (Illustration 2). Ces formations supplémentaires non prises en compte initialement sont néanmoins très réduites, puisqu'elles ne couvrent que 0,43 km² sur la commune de Marseille.

Elles concernent notamment la zone de la Valentelle (0,02 km²) que la ville de Marseille a souhaité faire apparaître en aléa fort sur la cartographie d'aléa finale.

D'un point de vue lithologique, ces zones de glissement et de tassement sont principalement représentées par des formations du Quaternaires (éboulis, alluvions). Elles ont été rapportées à la formation 39 devenu 41 (Alluvions à limons argileux du Quaternaire).

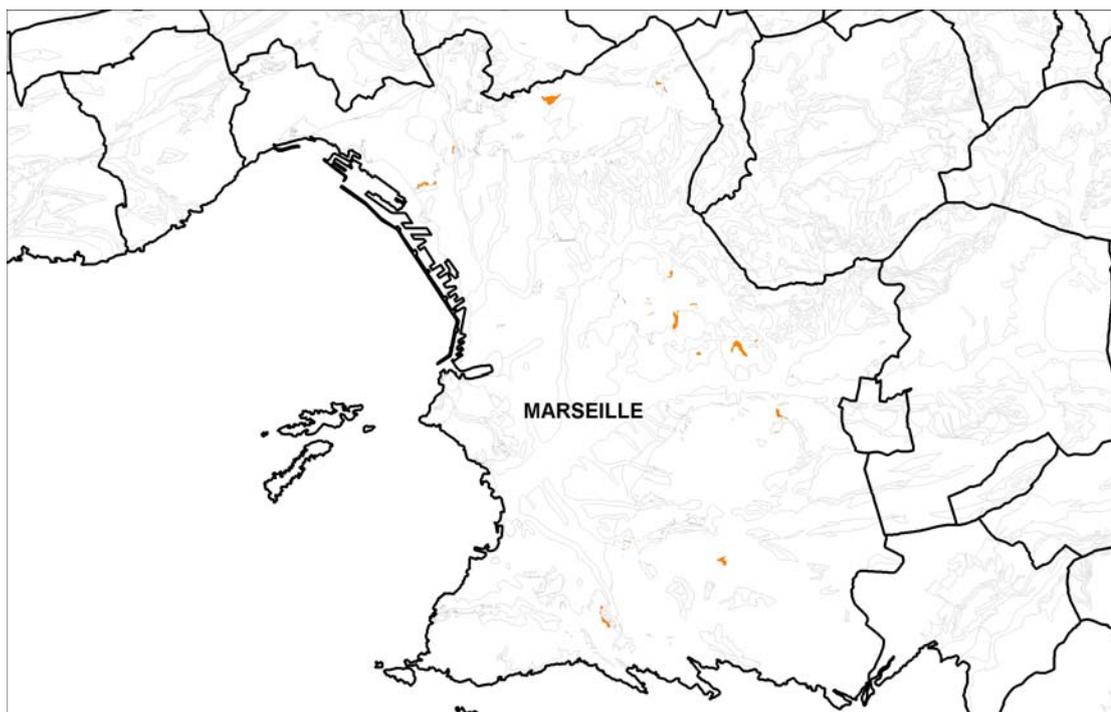


Illustration 2 : Zones d'aléa glissement de terrain rajoutées sur la commune de Marseille

3.1.3. Les colluvions limoneuses (CFxG)

Les colluvions limoneuses (CFxG) n'avaient pas été prises en compte dans la première version de l'étude. Or, il s'est avéré depuis que la présence de limons argileux dans ces formations peut générer des problèmes de retrait-gonflement des argiles.

Ces colluvions ont été réaffectées aux formations de colluvions quaternaires ou de limons, selon les secteurs et en fonction de leur nature lithologique. Elles représentent une superficie importante de 28,73 km² au nord-ouest du département, au niveau de la plaine de la Crau. Elles concernent 8 communes : Eyguières, Maussane-les-Alpilles, Mouriès, Paradou, Fontvieille, Saint-Martin-de-Crau, Istres et Miramas.

Ces colluvions limoneuses sont spécifiques à la bordure de la Crau. Le contact entre les nappes de cailloutis et les alluvions holocènes rhodaniennes n'est pas tranché. On observe en bordure de la Crau un dépôt peu épais (20 cm au maximum) de colluvions limono-sableuses brun foncé. C'est la combinaison de la très faible pente des Crau et

de la proximité de la zone d'émergence de la nappe phréatique qui a permis, sur ce liseré plus humide, l'accumulation de limons. Là où il n'y a pas de culture ou de prairies, on observe sur cette bordure une végétation dense.

L'illustration 3 montre la localisation de cette formation au niveau de la Crau.

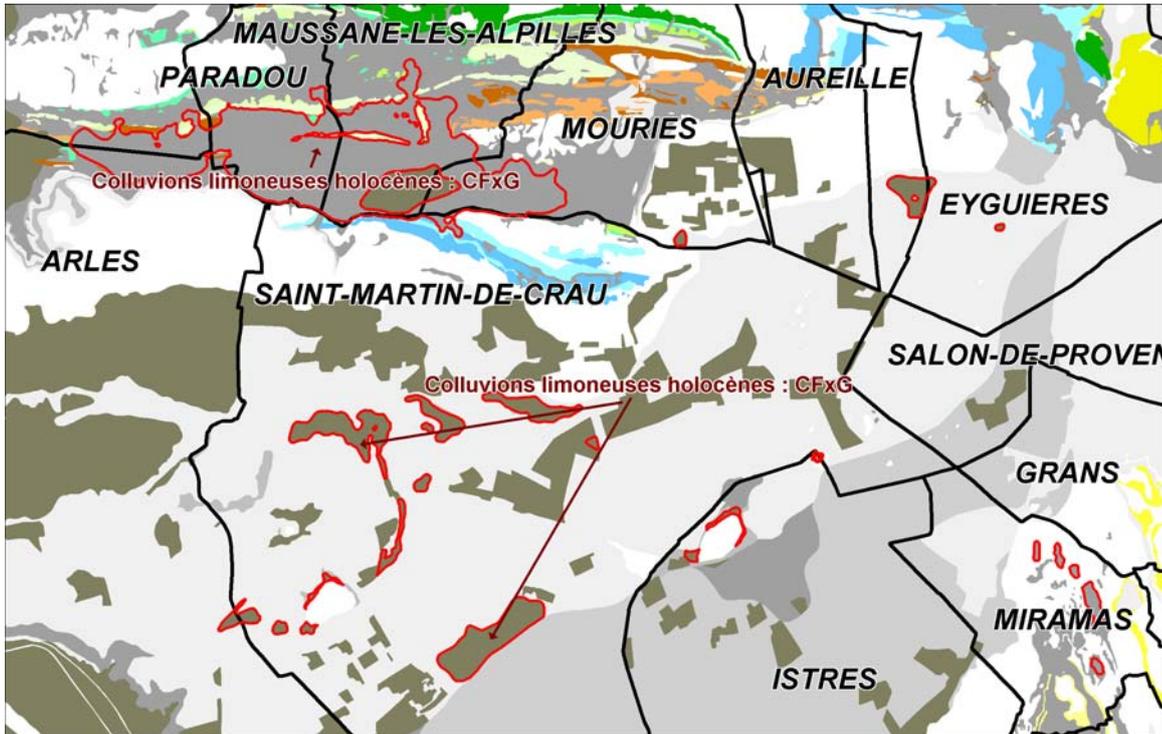


Illustration 3 : Localisation des Colluvions limoneuses (CFxG) dans les Bouches-du-Rhône

3.1.4. Les éboulis récents (Ez) sur les communes d'Alleins, Vernègues et Aurons

Une zone d'éboulis récents non pris en compte dans la version précédente, a été ajoutée à la formation 36 devenue 38 (Colluvions du Quaternaire) sur les communes d'Alleins, Vernègues et Aurons, grâce à l'acquisition d'éléments nouveaux issus d'une expertise judiciaire dans le cadre d'une affaire opposant un particulier au Préfet, suite à un sinistre survenu dans la commune d'Alleins.

La nouvelle formation 38 a été renommée *Colluvions et éboulis du Quaternaire*.

Cette zone couvre une superficie de 0,44 km², et se localise au pied d'un relief composé d'une alternance de formations helvétiques (niveaux de Molasses graveleuses et marnes micacées). Les éboulis proviennent des molasses graveleuses mais peuvent contenir également des traces d'argiles issues des marnes en amont.

L'illustration 4 montre la localisation de ces éboulis récents ajoutés à la formation des Colluvions.

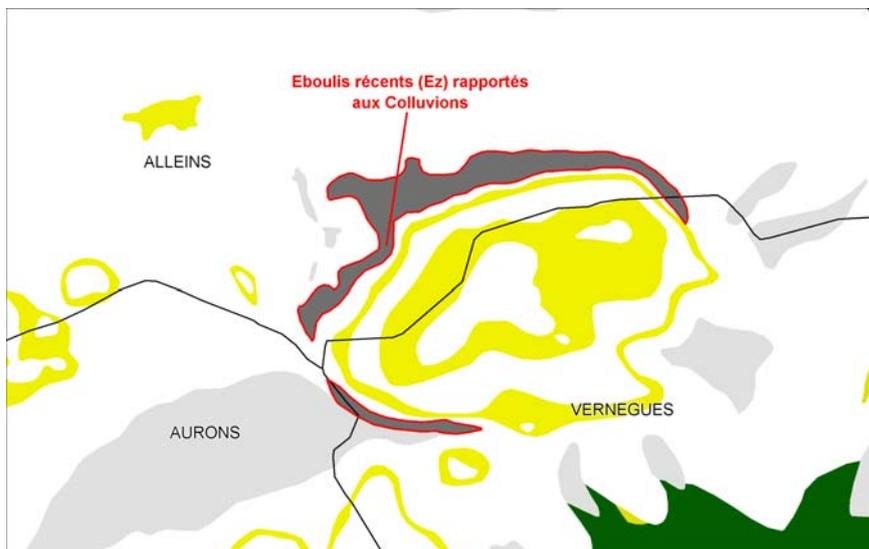


Illustration 4 : Localisation des Eboulis récents rapportés aux Colluvions du Quaternaire

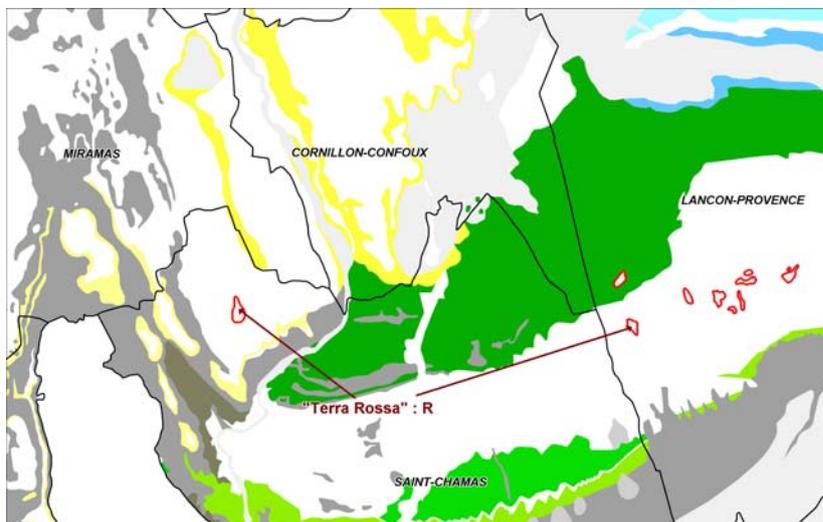
3.1.5. La formation des « Terra Rossa » (R)

Cette formation se localise sur les communes de Saint-Chamas et de Lançon-de-Provence où elle recouvre une très petite surface de 0,18 km².

D'un point de vue lithologique, elle a été ajoutée à la formation 39 devenue 41 (Illustration 5).

Les « *terra-rossa* » karstiques (R) sont des terres rouges formées par évolution pédologique ferrallitisante de matériaux silicatés présents sur les karsts. La néoformation de la kaolinite indique un climat plus chaud et plus humide que l'actuel et caractérisant un Pliocène relativement ancien plutôt que le Villafranchien ou le « Quaternaire ». Dans la région, les résidus des molasses marines miocènes (quartz, minéraux lourds) sont très fréquents. Actuellement, ces *terra-rossa* sont rassemblées dans des cavités du karst et des dolines.

Illustration 5 : « *terra-rossa* » ajoutées sur les communes de Saint-Chamas et Lançon-de-Provence



3.1.6. Les éboulis anciens, récents, Rissiens et Würmiens

Les éboulis représentent dans le département des Bouches-du-Rhône une superficie de 70 km² et sont formés principalement d'éboulis récents et würmiens. Ils ont été ajoutés dans un certain nombre de communes, car ils sont apparus finalement suffisamment sinistrés pour les mettre en évidence en tant que formation susceptible de générer des phénomènes de retrait-gonflement des argiles. On les rencontre en particulier dans la vallée de l'Huveaune et au pied de la Sainte-Victoire.

Une analyse de chaque secteur d'éboulis a été réalisée pour affecter à ces formations superficielles la formation argileuse qui était concernée : à la fois la formation argileuse qui avait été démantelée et qui compose maintenant la matrice des éboulis, mais également la formation argileuse présente sous une couche d'éboulis suffisamment peu épaisse pour agir dans le phénomène de retrait-gonflement des argiles. Certains secteurs d'éboulis ont été supprimés et non pris en compte comme formation argileuse proprement dite, du fait de leur nature lithologique non argileuse.

Suite à cette analyse, les éboulis concernés par le phénomène correspondent uniquement aux éboulis récents, et représentent une superficie de 40 km².

L'illustration 6 présente la nouvelle carte des formations argileuses avec un contour en rouge pour les zones d'éboulis prises en compte.

Les illustrations 7 et 8 montrent un zoom des secteurs concernés dans les secteurs de la Penne-sur-Huveaune et de Mimet.

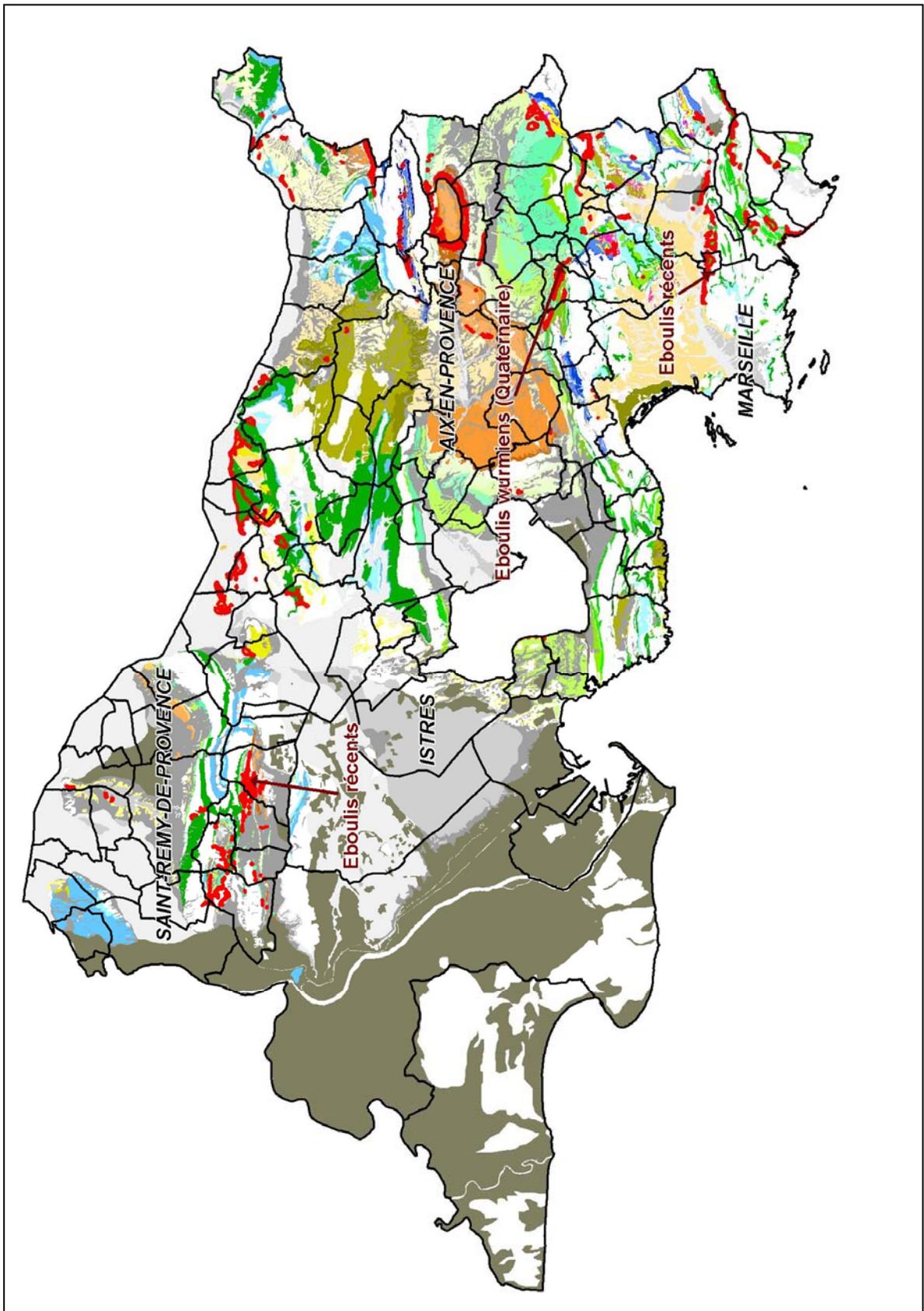


Illustration 6 : Localisation des zones d'éboulis retenues dans les Bouches-du-Rhône

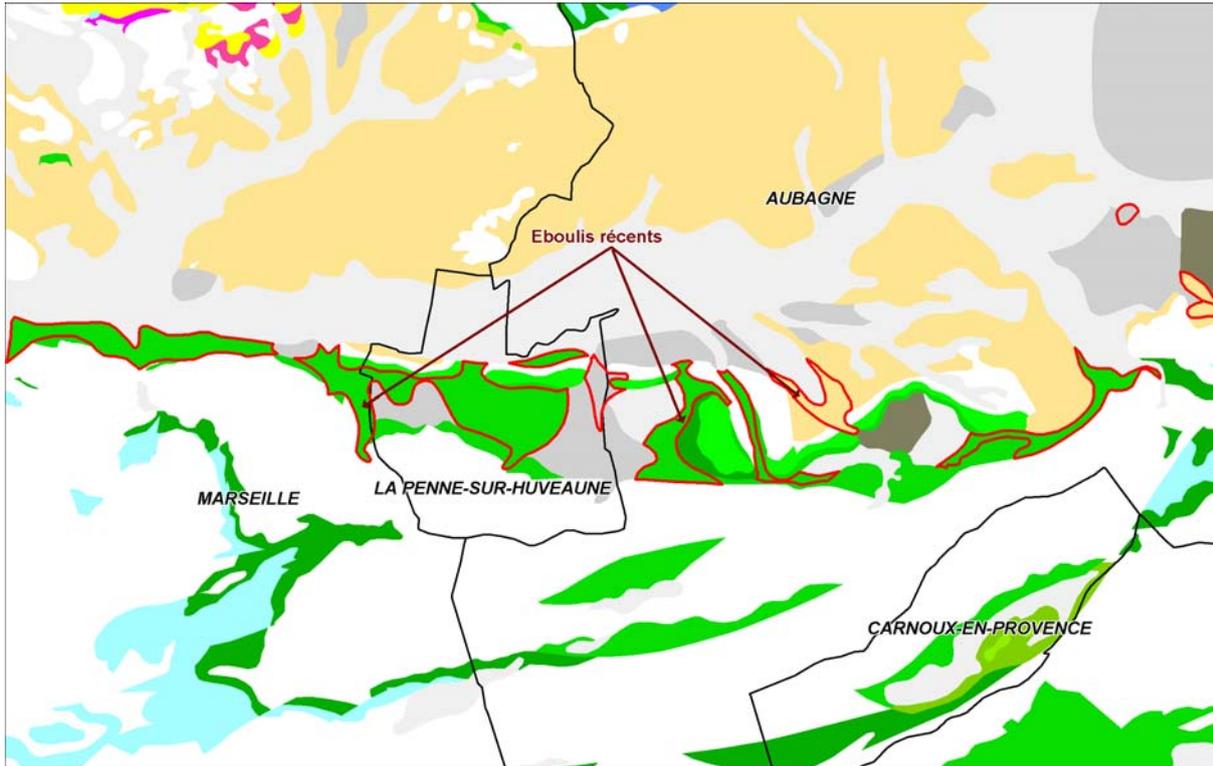


Illustration 7 : Zone d'éboulis récents ajoutés dans les communes de la Penne-sur-Huveaune, Marseille et Aubagne

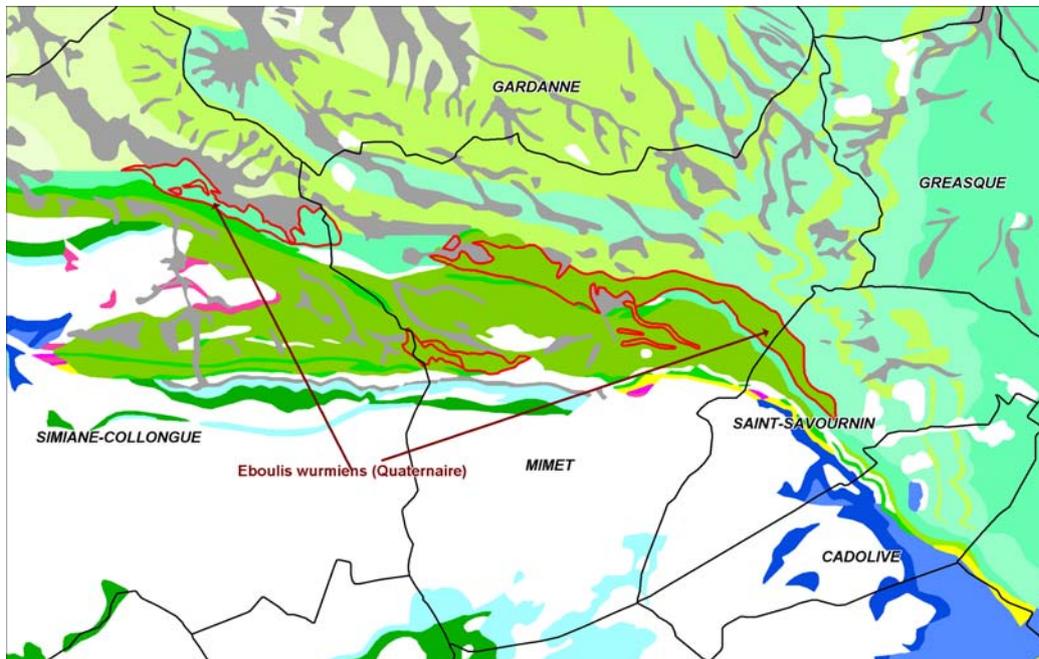


Illustration 8 : Eboulis würmiens (Quaternaire) ajoutés dans les communes de Mimet et Saint-Savournin

3.1.7. Les Tufs villafranchiens (Quaternaire) Uv4

Les Tufs ont été rajoutés en tant que formation argileuse sur la commune de Marseille, au niveau de la zone du complexe Grand Littoral mais également dans les quartiers de Saint-Barnabé et de Saint-Julien (Illustration 9).

D'un point de vue lithologique, cette formation a été rattachée à la formation 38 devenue 40 dans la présente étude (les Alluvions et cônes de déjection).

Le Quaternaire ancien est représenté dans le bassin de Marseille par des dépôts lacustres et des alluvions torrentielles. Les dépôts lacustres, travertins et tufs à plantes, sont très fortement cimentés et forment des plateaux qui couronnent des buttes tout autour de Marseille, alors que les alluvions torrentielles sont composés très probablement de particules argileuses.

Pour l'évaluation de l'aléa, le secteur concernant le Grand Littoral sera traité à part étant donné que la commune de Marseille a souhaité voir apparaître toute la zone du Grand Littoral en aléa fort.

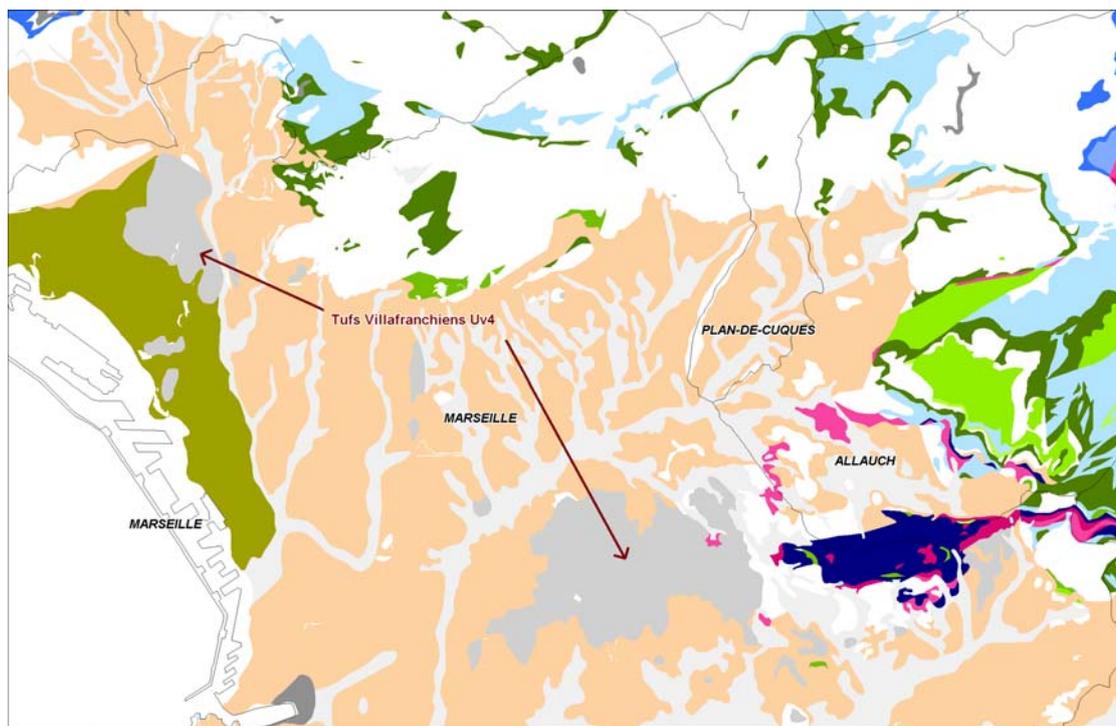


Illustration 9 : Tufs villafranchiens (Quaternaire) Uv4 ajoutés sur Marseille

3.1.8. le Calcaires du Plan de Sausset (Burdigalien inférieur-Tertiaire) m1b1

Cette formation, visible sur la carte géologique de Martigues (1020) dans les communes de Sausset-les-Pins et de Martigues sur une superficie de 1,06 km², a été ajoutée à la formation argileuse 29 devenue 31 : *Calcaire marneux du Burdigalien*. La formation conserve une note lithologique de 2 (Illustration 10).

D'un point de vue lithologique, le calcaire du Plan de Sausset datant du Burdigalien est une formation complexe localement gréseuse et même conglomératique. Des niveaux de calcaire gréseux coquilliers et de grès conglomératiques (anciennement appelés Molasse de Sausset) s'intercalent dans la formation. On y trouve également des niveaux marneux mis en évidence dans des études géotechniques fournies par la DDE des Bouches-du-Rhône au moment de la prescription des PPR. Notamment une étude du bureau Sol-Essais de 2003 qui fait part de la présence de smectite (89 % de smectite dans la phase argileuse) dans les calcaires marneux du Burdigalien à Sausset-les-Pins (Quartier de l'Espéron).

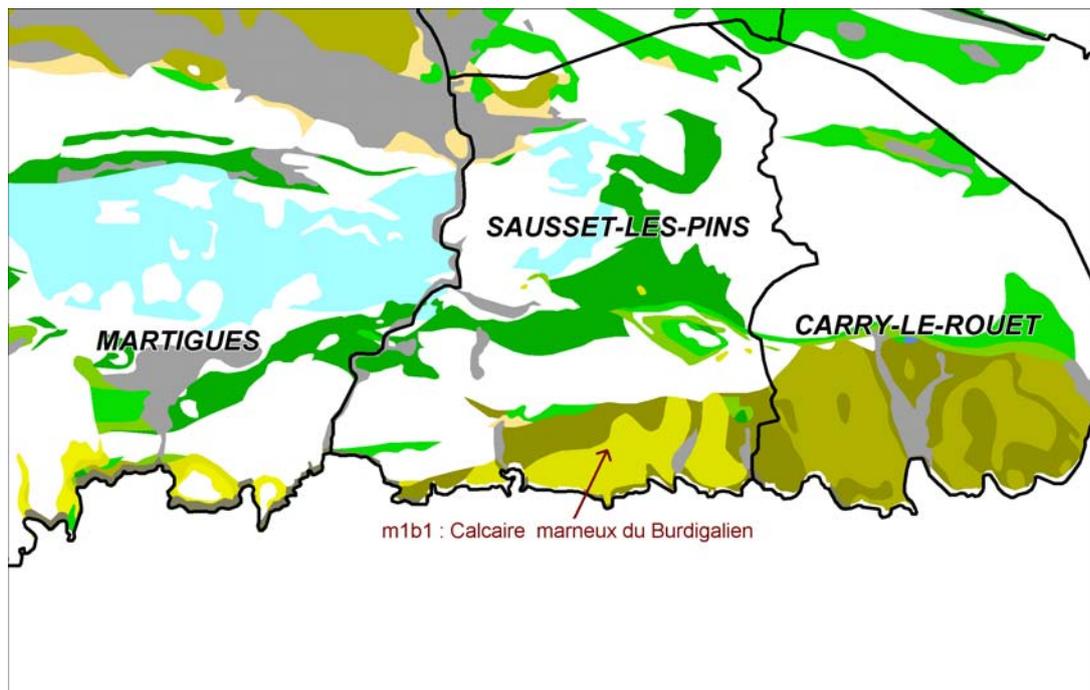


Illustration 10 : Calcaires du Plan de Sausset (Burdigalien inférieur-Tertiaire) m1b1 ajouté sur les communes de Martigues et Sausset-les-pins

3.1.9. Les Dolomies de l'Hettangien (I2)

La formation des Dolomies de l'Hettangien a été ajoutée en tant que formation argileuse proprement dite (formation 3) conformément à l'option retenue dans le département voisin du Var où cette formation est localement sinistrée. Elle recouvre une superficie de 10,77 km² et est localisée sur 18 communes entre Marseille, Trets et Vauvenargues (Illustrations 11 et 12).

On rapporte à cet étage des dolomies de teinte claire, bien stratifiées, avec des niveaux varvés et des lits marneux verdâtres. Dans l'Olympe, la série (100 m) se termine par des calcaires gris, parfois oolithiques à débris.

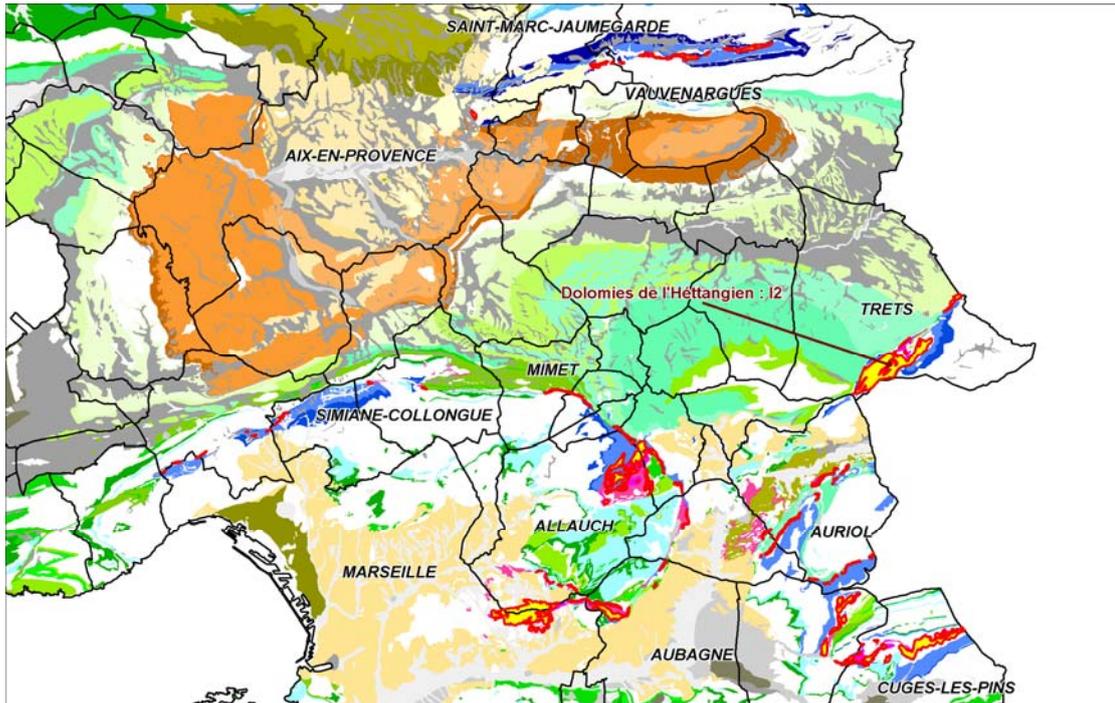


Illustration 11 : Localisation des dolomies de l'Hettangien,

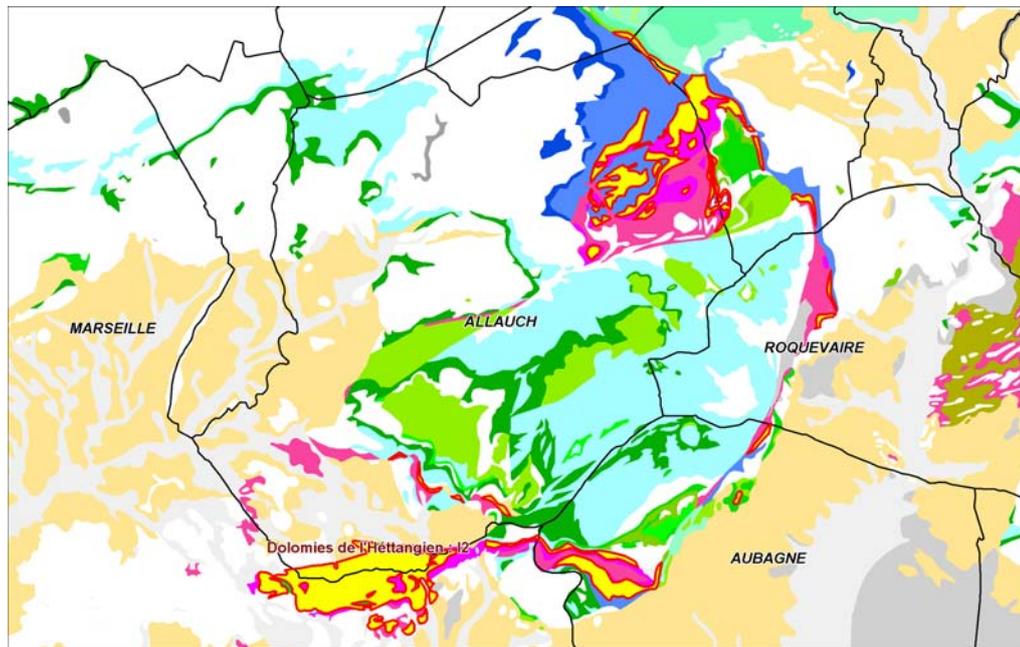


Illustration 12 : Localisation précise des dolomies de l'Hettangien sur le secteur d'Allauch

3.1.10. Les Calcaires argileux du Rhétien (I1)

Les Calcaires argileux du Rhétien (I1) ont aussi été ajoutés en tant que formation argileuse proprement dite (formation 2), toujours par souci de cohérence avec le département voisin du Var où cette formation est localement sinistrée. Ils recouvrent une superficie de 3,25 km² et se localisent sur 13 communes entre Marseille, Aubagne, Auriol et Vauvenargues.

D'un point de vue lithologique, sur la carte d'Aix-en-Provence (1021), la formation du Rhétien se caractérise par des calcaires varvés sombres, avec des passées en plaquettes de teinte jaune ou rousse en altération. Certains niveaux sont riches en Lumachelles. Dans la partie moyenne s'intercalent des calcaires noduleux jaunes, en petits bancs, parfois dolomitiques, qui ressemblent à certains niveaux du Muschelkalk. On observe également, surtout à la base, des lits marneux verdâtres ou bruns.

La note lithologique attribuée à la formation est une note de 2.

L'illustration 12 montre la localisation de cette formation sur le département des Bouches-du-Rhône, et l'illustration 13 présente une vue plus détaillée sur le secteur Allauch – Peypin.

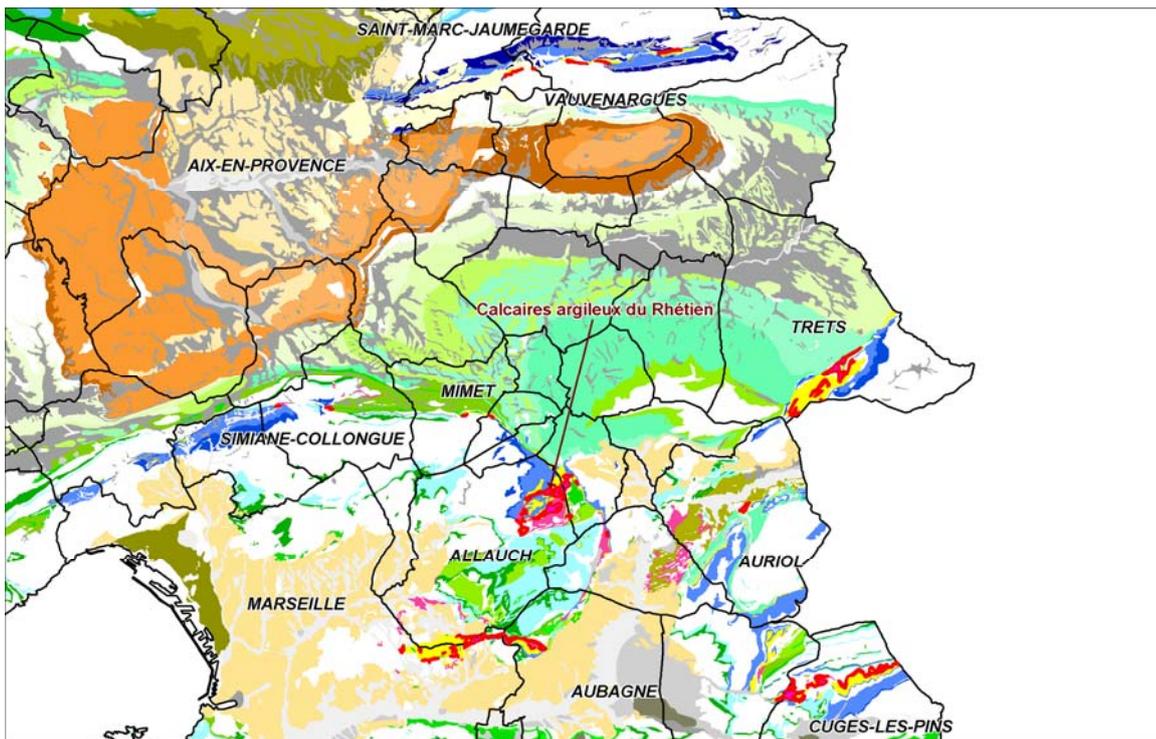


Illustration 13 : Localisation des calcaires argileux du Rhétien sur l'Est du département des Bouches-du-Rhône

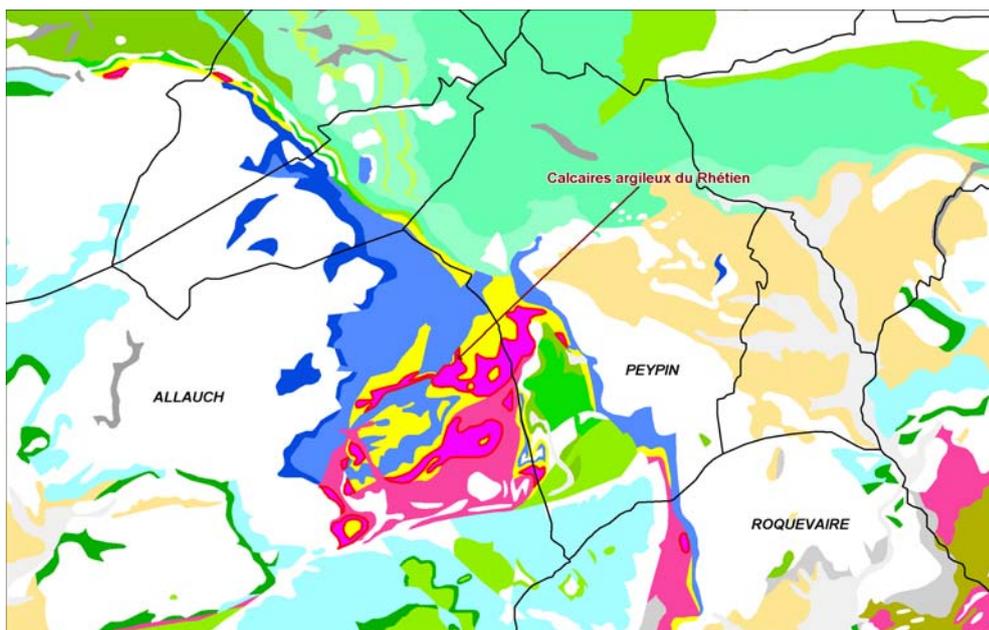


Illustration 14 : Détail des calcaires argileux du Rhétien sur le secteur Allauch – Peypin

3.2. FORMATIONS ARGILEUSES SUPPRIMEES

Trois formations qui avaient été caractérisées comme argileuses ou marneuses précédemment ont finalement été supprimées de la liste, en raison d'une présence d'argile trop infime pour pouvoir occasionner des phénomènes de type retrait-gonflement des sols, et ceci au vu des observations effectuées ultérieurement dans les départements limitrophes. Il s'agit de :

- l'Hauterivien : calcaires à faciès urgonien (partie supérieure), marnes et calcaires argileux (partie inférieure), visibles notamment au niveau de Cuges-les-Pins ;
- le Valanginien : calcaires, calcaires argileux, marnes également présents à Cuges-les-Pins ;
- le Santonien : grès et marnes sableuses, présents à Auriol.

D'autre part, ont été supprimées, à la demande de la mairie de Marseille, toutes les zones caractérisées en aléa éboulement sur la commune de Marseille (Illustration 14), dans la mesure où elles correspondent implicitement à des faciès indurés, localisés dans des formations hétérogènes localement argileuses.

Enfin, les contours de la formation de Sables et graviers de l'étang de Berre a été localement rectifiée pour tenir compte des parties actuellement immergées et donc non sujettes au phénomène de retrait-gonflement (Illustration 15).

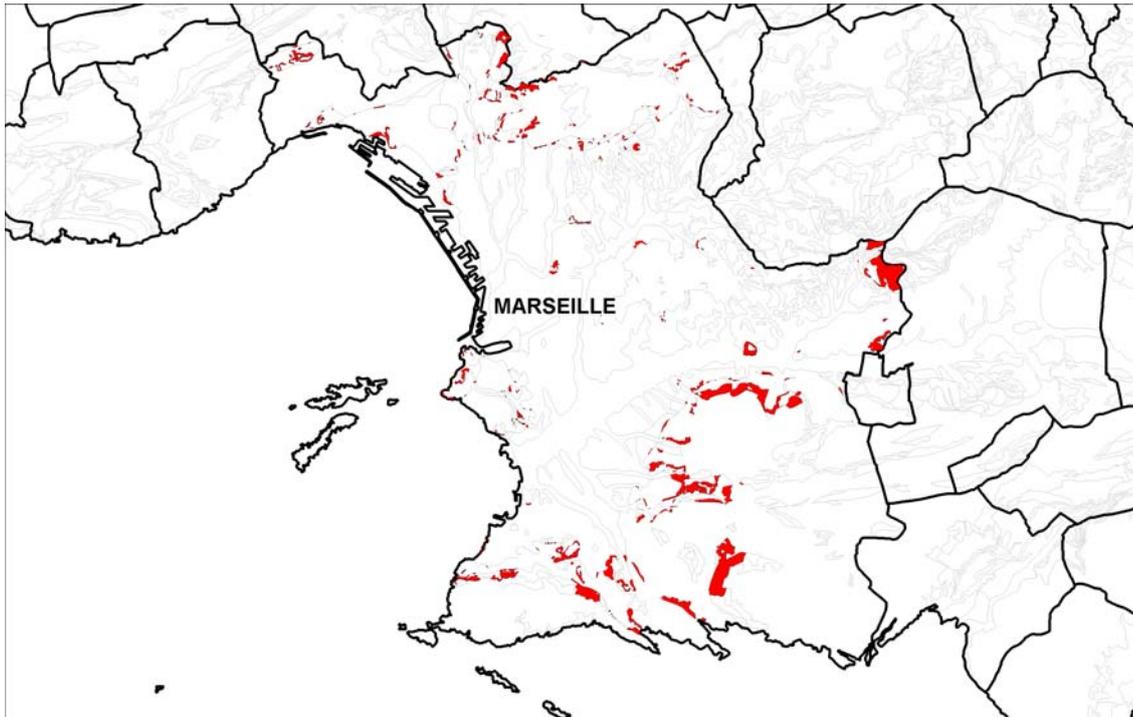


Illustration 15 : Zones caractérisées par un aléa éboulement sur la commune de Marseille

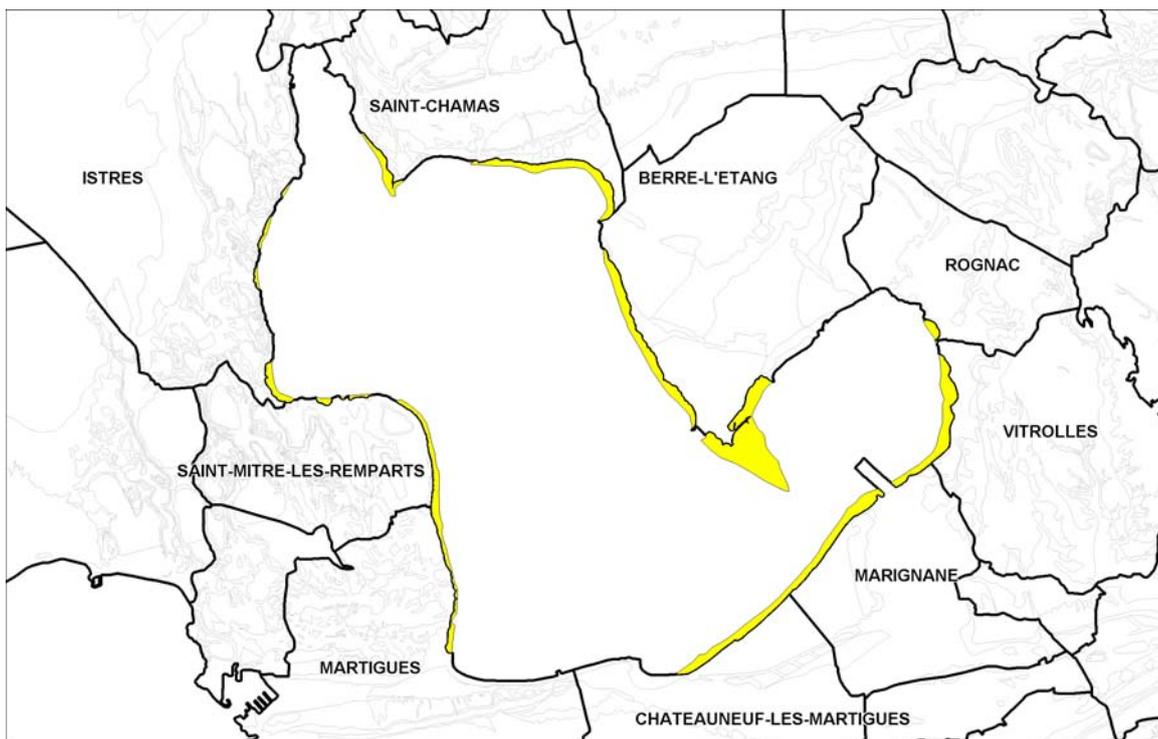


Illustration 16 : Localisation des sables et graviers au niveau de l'étang de Berre

3.3. NOUVELLE CARTE DES FORMATIONS ARGILEUSES OU MARNEUSES SUR LE DEPARTEMENT

La nouvelle carte ainsi obtenue comprend donc 41 formations argileuses ou marneuses qui concernent plus de 74 % de la superficie totale du département (Illustrations 18 et 19). Par rapport à la version précédente où ces formations représentaient environ 73 % de la superficie départementale, l'écart est donc relativement modeste.

Les formations argileuses sont datées du Trias au Quaternaire, comme le montre le tableau de l'illustration 17 qui reprend les 41 formations argileuses d'un point de vue chronologique, en précisant leur superficie.

N°	Nom de la formation géologique	Age	Superficie de la formation (km ²)	% de la superficie totale
41	Alluvions à limons argileux	Quaternaire	700,78	13,72
40	Alluvions et cônes de déjection	Quaternaire	256,37	5,02
39	Marnes et argiles	Quaternaire	3,61	0,07
38	Colluvions	Quaternaire	516,30	10,11
37	Tourbes, limons, sables et vases	Quaternaire	1037,03	20,31
36	Marnes, sables et poudingues (Valensole)	Miocène supérieur et Pliocène (Plaisancien)	68,22	1,34
35	Calcarénite, calcaires, sables et argiles	Miocène moyen et supérieur (Vindobonien)	13,38	0,26
34	Argiles calcaires d'Istres	Miocène moyen et supérieur (Vindobonien)	0,32	0,01
33	Marnes sableuses micacées	Miocène moyen (Helvétien)	11,96	0,23
32	Sables, molasse et argile	Miocène inférieur (Burdigalien)	13,60	0,27
31	Calcaire marneux	Miocène inférieur (Burdigalien)	1,72	0,03
30	Conglomérats, grès et calcaires	Oligocène et Miocène inférieur	86,47	1,69
29	Sables, calcaires, marnes et argiles	Oligocène et Miocène inférieur	36,26	0,71
28	Formation des Milles	Oligocène moyen	53,34	1,04
27	Calcaire de Piedautry, argiles et poudingues	Oligocène inférieur (Stampien)	105,06	2,06
26	Marnes à Microcodium	Éocène indifférencié	1,39	0,03
25	Sables argileux et marnes	Éocène	0,79	0,02
24	Calcaire	Éocène moyen (Lutétien)	37,67	0,74
23	Calcaires et marnes	Paléocène (Thanétien) et Éocène inférieur (Sparnacien)	85,74	1,68
22	Argiles et calcaires argileux	Paléocène moyen (Montien)	24,33	0,48
21	Argiles, grès et calcaires indifférenciés	Crétacé supérieur (Maestrichien supérieur)	63,46	1,24
20	Argiles et grès	Crétacé supérieur (Maestrichien supérieur)	44,52	0,87
19	Calcaire de la gare de Rognac	Crétacé supérieur (Maestrichien supérieur)	1,37	0,03
18	Argiles, marnes et grès	Crétacé supérieur (Maestrichien inférieur)	49,36	0,97
17	Calcaires, marnes et poudingues	Crétacé supérieur (Maestrichien inférieur)	66,02	1,29
16	Calcaires, argiles et calcaires argileux	Crétacé supérieur (Valdo fuvélien)	62,25	1,22
15	Marnes	Crétacé supérieur (Coniacien - Santonien)	5,01	0,10
14	Marnes, grès et calcaires marneux	Crétacé supérieur (Turonien - Cénomaniens)	10,69	0,21
13	Marno-calcaires, grès et sables	Crétacé supérieur	23,41	0,46
12	Calcaires et marnes noires	Crétacé inférieur (Gargasien)	16,78	0,33
11	Calcaires argileux et marneux	Crétacé inférieur (Bédoulien)	29,00	0,57
10	Marnes et calcaires argileux	Crétacé inférieur (Hauterivien supérieur : faciès Urgonien)	193,34	3,79
9	Marnes à Toxaster	Crétacé inférieur (Hauterivien inférieur)	0,72	0,01
8	Marnes et calcaires argileux	Jurassique supérieur et Néocomien	58,90	1,15
7	Calcaires argileux	Jurassique supérieur et Néocomien	82,67	1,62
6	Calcaires marneux	Jurassique inférieur (Domérien et Toarcien) et moyen (Bajocien - Bathonien indifférencié)	23,12	0,45
5	Calcaires et calcaires marneux	Jurassique moyen et supérieur (Toarcien et Callovien - Oxfordien)	6,97	0,14
4	Marnes noires et grises	Jurassique moyen et supérieur (Toarcien et Callovien - Oxfordien)	5,66	0,11
3	Dolomies	Jurassique inférieur (Hettangien)	10,77	0,21
2	Calcaires argileux	Trias (Rhétien)	3,26	0,06
1	Cargneules, dolomies et gypse	Trias (Keuper)	5,36	0,11
	Total formations argileuses		3 817	74,75%
999	Réseau hydrographique		292	5,72%
1000	Formations à priori non argileuses		997	19,53%
	Total département		5 106	100%

Illustration 17 : Formations argileuses ou marneuses prises en compte dans la nouvelle carte de l'aléa retrait gonflement des argiles

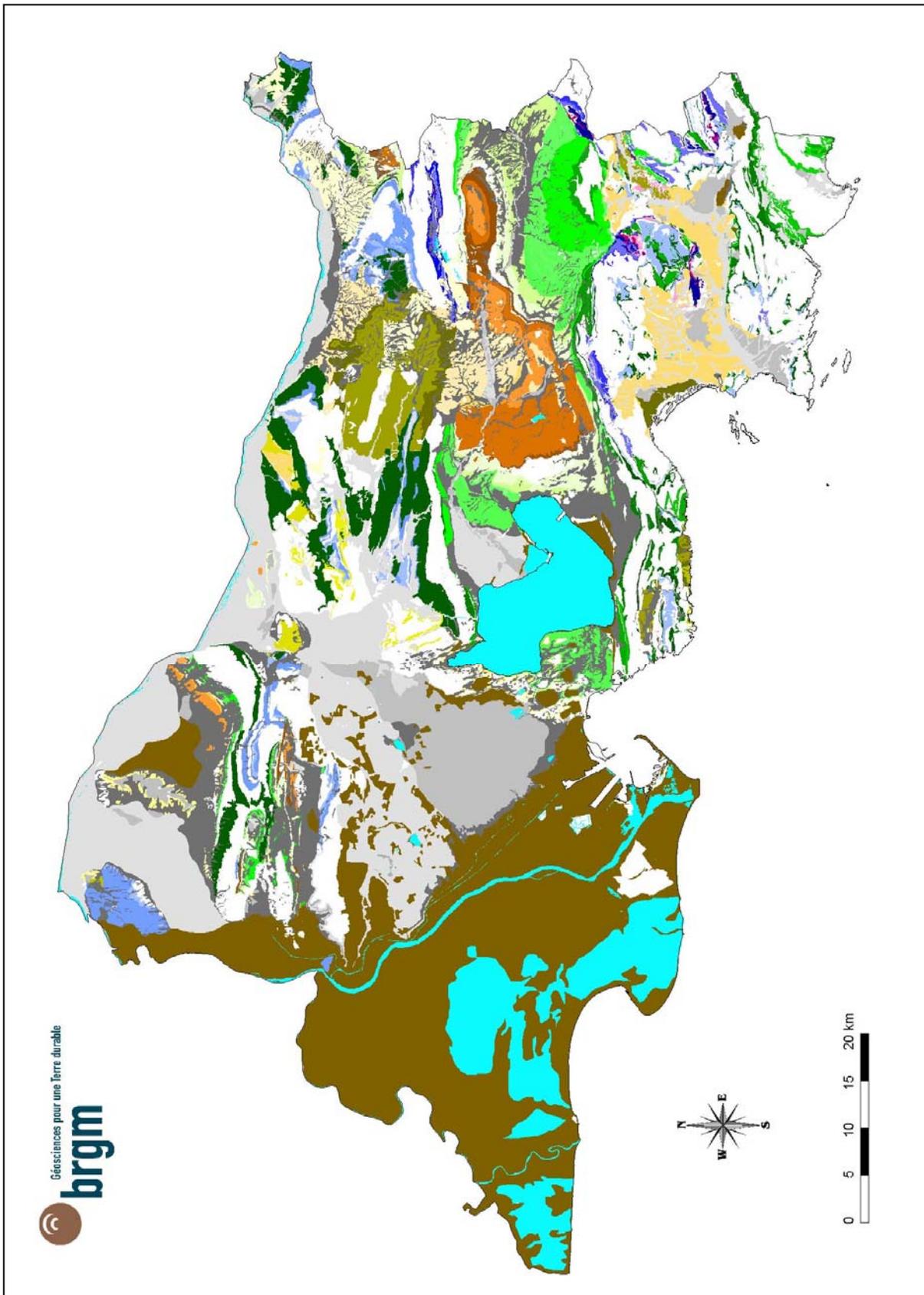


Illustration 18 : Carte des formations argileuses et marneuses des Bouches-du-Rhône

Légende	
41	Alluvions à limons argileux (Quaternaire)
40	Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)
39	Marnes et argiles du Quaternaires
38	Colluvions (Quaternaire)
37	Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire)
36	Marnes et sables Plaisancien et poudingues du Miocène supérieur (Valensole)
35	Calcarénite, calcaires, sables et argiles du Vindobonien
34	Argiles calcaire d'Istres du Vindobonien
33	Marnes sableuses micacées de l'Helvétien
32	Sables, molasse et argile du Burdigalien
31	Calcaire marneux du Burdigalien
30	Conglomérats, grès et calcaires de l'Oligocène - Miocène inférieur
29	Sables, calcaires, marnes et argiles de l'Oligocène - Miocène inférieur
28	Formation des Milles de l'Oligocène moyen
27	Calcaire de Piedautry, argiles et poudingues du Stampien
26	Marnes à Microcodium de l'Éocène indifférencié
25	Sables argileux et marnes de l'Éocène
24	Calcaire Lutetien
23	Calcaires et marnes du Thanetien - Sparnacien
22	Argiles et calcaires argileux du Montien
21	Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maestrichtien supérieur
20	Argiles et grès du Maestrichtien supérieur
19	Calcaire de la gare de Rognac
18	Argiles, marnes et grès du Maestrichtien inférieur
17	Calcaires, marnes et poudingues du Maestrichtien inférieur
16	Calcaires, argiles et calcaires argileux du Valdo-fuvélien
15	Marnes du Coniacien-Santonien
14	Marnes, grès et calcaires marneux du Turonien Cénomaniens
13	Marno-calcaires, grès et sables du Crétacé Supérieur
12	Calcaires et marnes noires du Gargasien
11	Calcaires argileux et marneux du Bédoulien
10	Marnes et calcaires argileux de l'Hauterivien supérieur (faciès Urgonien)
9	Marnes à Toxaster de l'Hauterivien inférieur
8	Marnes et calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien
7	Calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien
6	Calcaires marneux du Jurassique
5	Calcaires et calcaires marneux du Toarcien et Callovo-Oxfordien
4	Marnes noires et grises du Toarcien et Callovien - Oxfordien
3	Dolomies de l'Hettangien
2	Calcaires argileux du Rhétien
1	Cargneules, dolomies et gypse du Trias

Illustration 19 : Légende associée à la carte des formations argileuses et marneuses des Bouches-du-Rhône

4. Caractérisation lithologique, minéralogique et géotechnique des formations argileuses ou marneuses et élaboration d'une nouvelle carte de susceptibilité

4.1. CRITERE LITHOLOGIQUE

Les principaux éléments ayant permis la caractérisation lithologique des formations ont été détaillés lors de l'étude précédente. Les notes lithologiques attribuées à chacune des formations n'ont pas été modifiées (sauf pour les formations 2 et 3 qui ont été ajoutées) et sont rappelées sur l'illustration 20. En effet, les modifications apportées à la carte des formations argileuses se traduisent essentiellement par des variations de contour, donc de surfaces d'extension, mais n'ont pas d'incidence notable quant à la nature lithologique dominante de ces formations.

Illustration 20 : Note lithologique des formations argileuses et marneuses

N°	Nom de la formation géologique	Note lithologique
41	Alluvions à limons argileux (Quaternaire)	2
40	Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)	1
39	Marnes et argiles du Quaternaire	4
38	Colluvions (Quaternaire)	1
37	Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire)	3
36	Marnes et sables Plaisancien et poudingues du Miocène supérieur (Valensole)	2
35	Calcarénite, calcaires, sables et argiles du Vindobonien	2
34	Argiles calcaires d'Istres du Vindobonien	3
33	Marnes sableuses micacées de l'Helvétien	3
32	Sables, molasse et argile du Burdigalien	3
31	Calcaire marneux du Burdigalien	2
30	Conglomérats, grès et calcaires de l'Oligocène - Miocène inférieur	1
29	Sables, calcaires, marnes et argiles de l'Oligocène - Miocène inférieur	3
28	Formation des Milles de l'Oligocène moyen	3
27	Calcaire de Piedautry, argiles et poudingues du Stampien	3
26	Marnes à Microcodium de l'Éocène indifférencié	4
25	Sables argileux et marnes de l'Éocène	3
24	Calcaire Lutétien	1
23	Calcaires et marnes du Thanétien - Sparnacien	2
22	Argiles et calcaires argileux du Montien	3
21	Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maestrichtien supérieur	2
20	Argiles et grès du Maestrichtien supérieur	3
19	Calcaire de la gare de Rognac	1
18	Argiles, marnes et grès du Maestrichtien inférieur	4
17	Calcaires, marnes et poudingues du Maestrichtien inférieur	3
16	Calcaires, argiles et calcaires argileux du Valdo-fuvélien	3
15	Marnes du Coniacien-Santonien	3
14	Marnes, grès et calcaires marneux du Turonien Cénomaniens	2
13	Marno-calcaires, grès et sables du Crétacé Supérieur	2
12	Calcaires et marnes noires du Gargasien	4
11	Calcaires argileux et marneux du Bédoulien	3
10	Marnes et calcaires argileux de l'Hauterivien supérieur (faciès Urgonien)	1
9	Marnes à Toxaster de l'Hauterivien inférieur	3
8	Marnes et calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	3
7	Calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	2
6	Calcaires marneux du Jurassique	2
5	Calcaires et calcaires marneux du Toarcien et Callovo-Oxfordien	3
4	Marnes noires et grises du Toarcien et Callovien - Oxfordien	3
3	Dolomies de l'Hettangien	1
2	Calcaires argileux du Rhétien	2
1	Cargneules, dolomies et gypse du Trias	2

4.2. CRITERE MINERALOGIQUE

L'ensemble des données ayant servi à la caractérisation minéralogique des formations argileuses ou marneuses du département a été détaillé dans le rapport initial. La détermination du pourcentage moyen de minéraux gonflants a été faite en prenant en compte l'ensemble des données recueillies. Les analyses réalisées sur le département sont privilégiées, mais le nombre d'échantillons, leur répartition géographique et leur représentativité sont également pris en compte dans le calcul de la note minéralogique.

L'illustration 21 présente les notes minéralogiques obtenues par chacune des formations argileuses. La réaffectation de certaines formations argileuses a permis grâce aux données minéralogiques recueillies lors de la première étude, de caractériser la formation 31, ainsi que la formation 2 qui a été ajoutée dans la mise à jour.

En effet, la formation 31 correspond aux calcaires marneux du Burdigalien dont une partie a été ajoutée sur la commune de Sausset-les-Pins (cf. paragraphe 2.1.7). Un rapport géotechnique de Sol-Essais fourni par la DDE nous a donné une nouvelle valeur d'analyse RX pour cette formation à partir d'un sondage : 89 % de smectite dans la phase argileuse.

Enfin, pour la formation 2 nouvellement créée (Calcaires argileux du Rhétien), deux valeurs d'analyse RX issues des travaux réalisés sur le département limitrophe du Var ont pu être intégrées à la caractérisation minéralogique. Ces valeurs donnent des teneurs en smectite dans la phase argileuse de 22 % et 10 %.

Cinq formations n'ont néanmoins pas reçu de note minéralogique en raison d'un manque de données (notamment la formation 3, elle aussi ajoutée dans cette phase d'actualisation).

Dix formations ont été caractérisées par une note minéralogique maximale (4), dont la formation 31 (*Calcaire marneux du Burdigalien*) qui n'avait pas été caractérisé initialement d'un point de vue minéralogique.

Une note minéralogique de 3 reste attribuée à douze formations, six formations ont reçu une note minéralogique de 2 et enfin huit formations se sont vues attribuer une note minéralogique de 1 (dont la formation 2 initialement non retenue comme argileuse).

N°	Nom de la formation géologique	Note minéralogique
41	Alluvions à limons argileux (Quaternaire)	3
40	Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)	3
39	Marnes et argiles du Quaternaire	3
38	Colluvions (Quaternaire)	4
37	Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire)	1
36	Marnes et sables Plaisancien et poudingues du Miocène supérieur (Valensole)	3
35	Calcarénite, calcaires, sables et argiles du Vindobonien	4
34	Argiles calcaires d'Istres du Vindobonien	4
33	Marnes sableuses micacées de l'Helvétien	3
32	Sables, molasse et argile du Burdigalien	2
31	Calcaire marneux du Burdigalien	4
30	Conglomérats, grès et calcaires de l'Oligocène - Miocène inférieur	4
29	Sables, calcaires, marnes et argiles de l'Oligocène - Miocène inférieur	3
28	Formation des Milles de l'Oligocène moyen	3
27	Calcaire de Piedautry, argiles et poudingues du Stampien	3
26	Marnes à Microcodium de l'Éocène indifférencié	2
25	Sables argileux et marnes de l'Éocène	1
24	Calcaire Lutétien	2
23	Calcaires et marnes du Thanétien - Sparnacien	1
22	Argiles et calcaires argileux du Montien	2
21	Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maestrichtien supérieur	3
20	Argiles et grès du Maestrichtien supérieur	3
19	Calcaire de la gare de Rognac	2
18	Argiles, marnes et grès du Maestrichtien inférieur	4
17	Calcaires, marnes et poudingues du Maestrichtien inférieur	4
16	Calcaires, argiles et calcaires argileux du Valdo-fuvélien	3
15	Marnes du Coniacien-Santonien	–
14	Marnes, grès et calcaires marneux du Turonien Cénomarien	–
13	Marno-calcaires, grès et sables du Crétacé Supérieur	–
12	Calcaires et marnes noires du Gargasien	3
11	Calcaires argileux et marneux du Bédoulien	4
10	Marnes et calcaires argileux de l'Hauterivien supérieur (faciès Urgonien)	4
9	Marnes à Toxaster de l'Hauterivien inférieur	–
8	Marnes et calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	4
7	Calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	2
6	Calcaires marneux du Jurassique	1
5	Calcaires et calcaires marneux du Toarcien et Callovo-Oxfordien	1
4	Marnes noires et grises du Toarcien et Callovien - Oxfordien	1
3	Dolomies de l'Hettangien	–
2	Calcaires argileux du Rhétien	1
1	Cargneules, dolomies et gypse du Trias	1

Illustration 21 : Notes minéralogiques des formations argileuses et marneuses

4.3. CRITERE GEOTECHNIQUE

Ce critère permet d'intégrer dans l'analyse de la susceptibilité le comportement géotechnique du matériau vis à vis du retrait-gonflement.

Le choix et la description des différents essais géotechniques utilisés pour la définition de ce critère avaient été présentés dans le rapport initial, ainsi que les valeurs seuils retenues pour la détermination de la note géotechnique.

Les réaffectations de certaines formations argileuses, le recueil de quelques données nouvelles communiquées par des communes, des bureaux d'étude voire des particuliers, et la réalisation en parallèle de la cartographie de l'aléa retrait-gonflement dans le Var ont permis d'utiliser au total 679 valeurs d'essais géotechniques.

L'étude initiale avait permis de recenser au total 595 valeurs d'essais géotechniques dont 416 étaient effectivement issues d'études sur les Bouches-du-Rhône, la nouvelle étude indique cette fois 679 valeurs d'essais dont 452 sur les Bouches-du-Rhône.

Ainsi, les mesures utilisées pour la caractérisation géotechnique des formations argileuses se répartissent désormais de la façon suivante (Illustration 22) :

Essai géotechnique	Nombre de mesures	Dont mesures propres aux Bouches-du-Rhône
Valeur de bleu	197	117
Indice de plasticité	367	270
Retrait linéaire	66	49
Coefficient de gonflement	49	16
Total	679	452

Illustration 22 : Répartitions des mesures utilisées pour la caractérisation des formations argileuses par type d'essai géotechnique

Les fourchettes de résultats disponibles figurent dans le tableau de l'illustration 23.

L'exploitation de ces 84 données supplémentaires n'entraîne que des modifications marginales par rapport à l'analyse précédente, ce qui confirme que les valeurs prises en compte étaient bien représentatives.

Les deux formations supplémentaires introduites dans cette phase d'actualisation (2 et 3) ont été caractérisées par une note géotechnique de 2.

Actualisation de la carte d'aléa retrait-gonflement des argiles dans les Bouches-du-Rhône

N°	Nom de la formation géologique	Note géotechnique	Données des Bouches-du-Rhône mises à jour															
			VB - g / 100 g				IP - %				Retrait linéaire				Coefficient de gonflement			
			nb éch.	moy	min	max	nb éch.	moy	min	max	nb éch.	moy	min	max	nb éch.	moy	min	max
41	Alluvions à limons argileux (Quaternaire)	1	20	3,2	0,2	6,2	28	16,53	6,5	36	2	0,49	0,31	0,66	5	0,044	0,022	0,061
40	Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)	3	4	8,3	5,0	11,3	30	24,27	7	45	2	0,37	0,28	0,46	1	0,078	0,078	0,078
39	Marnes et argiles Quaternaires	-																
38	Colluvions (Quaternaire)	2	8	3,0	1,4	4,8	14	33,12	21	56	12	0,58	0,11	1,60	7	0,029	0,013	0,042
37	Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire)	3					6	26	15	42								
36	Marnes et sables Plaisancien et poudingues du Miocène supérieur (Valensole)	2	12	3,9	1,8	7,7	6	16,12	7,9	39,3	1	0,35	0,35	0,35	16	0,036	0,003	0,080
35	Calcarénite, calcaires, sables et argiles du Vindobonien	2					1	16	16	16								
34	Argiles calcaires d'Istres du Vindobonien	1	1	1,9	1,9	1,9												
33	Marne sableuse micacée de l'Helvétien	2	1	2,8	2,8	2,8	1	9	9	9								
32	Sables, molasse et argile du Burdigalien	4	2	10,1	9,3	11,0	1	23	23	23	2	0,52	0,45	0,59				
31	Calcaire marneux du Burdigalien	2	5	2,5	1,2	4,3	5	24	13	39								
30	Conglomérats, grès et calcaires de l'Oligocène - Miocène inférieur	2	1	5,1	5,1	5,1	10	20,6	8	43	1	0,80	0,80	0,80				
29	Sables, calcaires, marnes et argiles de l'Oligocène - Miocène inférieur	2	5	4,3	3,1	6,0	8	22,75	11	40	3	2,34	0,46	6,00				
28	Formation des Milles (argiles plus ou moins sableuses) de l'Oligocène moyen	2	8	3,7	1,9	10,8	32	18,56	5	39	3	0,36	0,22	0,45				
27	Calcaire de Piedautry, argiles et poudingues du Stampien	3	26	3,0	0,4	6,2	33	17,49	5	44	3	2,17	0,40	4,30				
26	Marnes à Microcodium de l'Éocène indifférencié	2	2	2,1	1,9	2,2	2	18,85	13	24,7	1	0,65	0,65	0,65				
25	Sables argileux et marnes Éocène	2	2	4,1	3,0	5,2	1	16	16	16								
24	Calcaire Lutétien	2	3	3,9	0,8	6,2	3	22,27	11,8	29								
23	Calcaires et marnes du Thanétien - Sparnacien	2	10	2,9	0,3	6,1	22	17	8	31	1	0,34	0,34	0,34	2	0,010	0,010	0,010
22	Argiles et calcaires argileux du Montien	2	1	2,7	2,7	2,7												
21	Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maestrichtien supérieur	2	14	5,3	1,1	8,0	14	18,96	7	46	2	0,46	0,35	0,56	1	0,014	0,014	0,014
20	Argiles et grès du Maestrichtien supérieur	2	3	4,4	1,8	7,0	21	14,87	6	27	1	0,82	0,82	0,82	1	0,014	0,014	0,014
19	Calcaire de la gare de Rognac	1	1	0,4	0,4	0,4	5	14,82	5	20,5								
18	Argiles, marnes et grès du Maestrichtien inférieur	2	9	4,2	2,1	7,5	17	17,41	7	27	7	0,48	0,16	1,19	2	0,039	0,023	0,054
17	Calcaires, marnes et poudingues du Maestrichtien inférieur	2	4	4,0	1,3	6,7	41	17,27	6	33,8	6	0,54	0,30	1,17				
16	Calcaires, argiles et calcaires argileux du Valdo-fuvélien	2	3	4,5	3,3	5,7	7	19,89	9	27	3	0,51	0,40	0,60				
15	Marnes du Coniacien Santonien	-																
14	Marnes, grès et calcaires marneux du Turonien Cénomannien	1	1	1,8	1,8	1,8												
13	Marno-calcaires, grès et sables du Crétacé Supérieur	2	6	3,9	1,0	7,4	3	12,67	10	18								
12	Calcaires et marnes noires du Gargasien	3	10	3,9	0,9	11,3	23	21,02	6	41	2	0,44	0,34	0,53	5	0,058	0,045	0,085
11	Calcaires argileux et marneux du Bédoulien	3	9	4,5	3,4	6,1	6	20,55	12	33	1	2,60	2,60	2,60	8	0,048	0,022	0,077
10	Marnes et calcaires argileux de l'Hauterivien supérieur (faciès Urgonien)	2	4	4,5	3,4	6,4	6	18	12	25								
9	Marnes à Toxaster de l'Hauterivien inférieur	-																
8	Marnes et calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	2	1	3,9	3,9	3,9												
7	Calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	2	1	3,7	3,7	3,7												
6	Calcaires marneux et biodétritiques du Domérien - Toarcien et Bajocien - Bathonien indifférencié	2	1	3,0	3,0	3,0												
5	Calcaires et calcaires marneux du Toarcien et Callovo-Oxfordien	1	1	2,3	2,3	2,3												
4	Marnes noires et grises du Toarcien et Callovien - Oxfordien	1	2	2,2	0,9	3,5												
3	Dolomies de l'Hettangien	2	9	2,4	1,1	4,4	9	24,11	11	45	5	0,51	0,33	0,62				
2	Calcaires argileux du Rhétien	2	6	2,8	1,3	4,0	12	36,83	22	51	8	0,51	0,30	0,79	1	0,066	0,066	0,066
1	Argiles rouges, gypse, dolomies et cargneules du Keuper	1	1	0,4	0,4	0,4												

Illustration 23 : Synthèse des données géotechniques et notes géotechniques

4.4. NOUVELLE CARTE DE SUSCEPTIBILITE DES ARGILES AU PHENOMENE DE RETRAIT-GONFLEMENT

Sur les 41 formations géologiques sélectionnées dans les Bouches-du-Rhône, la moyenne des notes lithologiques, minéralogiques et géotechniques a permis d'obtenir le classement relatif suivant :

- 4 formations sont fortement susceptibles vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement (les mêmes formations que dans la version initiale de l'étude) ;
- 23 formations (au lieu de 22 initialement) sont moyennement susceptibles au retrait-gonflement, la formation supplémentaire concernée par ce niveau de susceptibilité étant celle des Calcaires marneux du Burdigalien (formation 31) ;
- 14 formations sont peu susceptibles au retrait-gonflement, dont les deux (formations 2 et 3) qui n'avaient pas été retenues initialement comme argileuses et qui ont été ajoutées au vu des études entreprises sur les départements voisins.

Ce classement est représenté dans l'illustration 24.

La carte départementale de susceptibilité a été tracée à partir de la carte synthétique des formations argileuses et marneuses, en attribuant à chacune des formations géologiques la classe de susceptibilité définie précédemment. Cette carte est présentée en carte hors-texte 2 à l'échelle 1/120 000 et sur l'illustration 27.

Le graphique et le tableau présentés respectivement sur les Illustrations 24 et 26 indiquent quelles sont les superficies caractérisées par des degrés de susceptibilité faible, moyen et fort, ainsi que les zones a priori non sujettes au phénomène car correspondant à des formations considérées comme non argileuses et au réseau hydrographique.

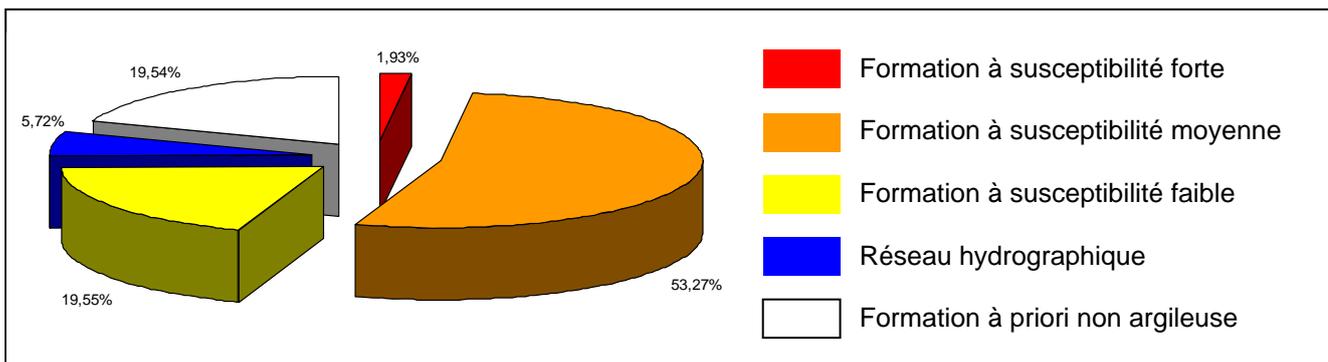


Illustration 24 : Comparaison de la superficie des terrains en fonction de leur susceptibilité

La surface d'affleurement des formations considérées comme fortement susceptibles couvre maintenant presque 2 % du département (1,93 % au lieu de 1,77 dans la version précédente), et correspondent en grande partie aux *Argiles, marnes et grès du Maestrichtien inférieur*. Les formations de susceptibilité moyenne couvrent quant à elles la moitié du département (sensiblement comme dans la version initiale), tandis

que celles de susceptibilité faible représentent presque 20 % de la superficie du département (19,56 % au lieu de 19,25 % en 2004). Les écarts quant aux surfaces concernées par ces corrections sont donc minimes.

N°	Nom de la formation géologique	Note lithologique	Note minéralogique	Note géotechnique	Moyenne	Susceptibilité	Ancienne note de susceptibilité
41	Alluvions à limons argileux (Quaternaire)	2	3	1	2,0	faible	faible
40	Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)	1	3	3	2,3	moyenne	moyenne
39	Marnes et argiles du Quaternaire	4	3	–	3,5	forte	forte
38	Colluvions (Quaternaire)	1	4	2	2,3	moyenne	moyenne
37	Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire)	3	1	3	2,3	moyenne	moyenne
36	Marnes et sables Plaisancien et poudingues du Miocène supérieur (Valensole)	2	3	2	2,3	moyenne	moyenne
35	Calcarénite, calcaires, sables et argiles du Vindobonien	2	4	2	2,7	moyenne	moyenne
34	Argiles calcaires d'Istres du Vindobonien	3	4	1	2,7	moyenne	moyenne
33	Marnes sableuses micacées de l'Helvétien	3	3	2	2,7	moyenne	moyenne
32	Sables, molasse et argile du Burdigalien	3	2	4	3,0	moyenne	moyenne
31	Calcaire marneux du Burdigalien	2	4	2	2,7	moyenne	faible
30	Conglomérats, grès et calcaires de l'Oligocène - Miocène inférieur	1	4	2	2,3	moyenne	moyenne
29	Sables, calcaires, marnes et argiles de l'Oligocène - Miocène inférieur	3	3	2	2,7	moyenne	moyenne
28	Formation des Milles de l'Oligocène moyen	3	3	2	2,7	moyenne	moyenne
27	Calcaire de Piedautry, argiles et poudingues du Stampien	3	3	3	3,0	moyenne	moyenne
26	Marnes à Microcodium de l'Éocène indifférencié	4	2	2	2,7	moyenne	moyenne
25	Sables argileux et marnes de l'Éocène	3	1	2	2,0	faible	faible
24	Calcaire Lutétien	1	2	2	1,7	faible	faible
23	Calcaires et marnes du Thanétien - Sparnacien	2	1	2	1,7	faible	faible
22	Argiles et calcaires argileux du Montien	3	2	2	2,3	moyenne	moyenne
21	Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maestrichien supérieur	2	3	2	2,3	moyenne	moyenne
20	Argiles et grès du Maestrichien supérieur	3	3	2	2,7	moyenne	moyenne
19	Calcaire de la gare de Rognac	1	2	1	1,3	faible	faible
18	Argiles, marnes et grès du Maestrichien inférieur	4	4	2	3,3	forte	forte
17	Calcaires, marnes et poudingues du Maestrichien inférieur	3	4	2	3,0	moyenne	moyenne
16	Calcaires, argiles et calcaires argileux du Valdo-fuvélien	3	3	2	2,7	moyenne	moyenne
15	Marnes du Coniacien-Santonien	3	–	–	3,0	moyenne	moyenne
14	Marnes, grès et calcaires marneux du Turonien Cénomaniens	2	–	1	1,5	faible	faible
13	Marno-calcaires, grès et sables du Crétacé Supérieur	2	–	2	2,0	faible	faible
12	Calcaires et marnes noires du Gargasien	4	3	3	3,3	forte	forte
11	Calcaires argileux et marneux du Bédoulien	3	4	3	3,3	forte	forte
10	Marnes et calcaires argileux de l'Hauterivien supérieur (faciès Urgonien)	1	4	2	2,3	moyenne	moyenne
9	Marnes à Toxaster de l'Hauterivien inférieur	3	–	–	3,0	moyenne	moyenne
8	Marnes et calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	3	4	2	3,0	moyenne	moyenne
7	Calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	2	2	2	2,0	faible	faible
6	Calcaires marneux du Jurassique	2	1	2	1,7	faible	faible
5	Calcaires et calcaires marneux du Toarcien et Callovo-Oxfordien	3	1	1	1,7	faible	faible
4	Marnes noires et grises du Toarcien et Callovien - Oxfordien	3	1	1	1,7	faible	faible
3	Dolomies de l'Hettangien	1	–	2	1,5	faible	–
2	Calcaires argileux du Rhétien	2	1	2	1,7	faible	–
1	Cargneules, dolomies et gypse du Trias	2	1	1	1,3	faible	faible

Illustration 25 : Degré de susceptibilité des formations

N°	Nom de la formation géologique	Superficie km ²	% de la superficie totale	Susceptibilité
39	Marnes et argiles du Quaternaires	3,6	0,07%	forte
18	Argiles, marnes et grès du Maestrichtien inférieur	49,4	0,97%	forte
12	Calcaires et marnes noires du Gargasien	16,8	0,33%	forte
11	Calcaires argileux et marneux du Bédoulien	29,0	0,57%	forte
Total formations susceptibilité forte		98,75	1,93%	
40	Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)	256,37	5,02%	moyenne
38	Colluvions (Quaternaire)	516,30	10,11%	moyenne
37	Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire)	1037,03	20,31%	moyenne
36	Marnes et sables Plaisancien et poudingues du Miocène supérieur (Valensole)	68,22	1,34%	moyenne
35	Calcarénite, calcaires, sables et argiles du Vindobonien	13,38	0,26%	moyenne
34	Argiles calcaires d'Istres du Vindobonien	0,32	0,01%	moyenne
33	Marnes sableuses micacées de l'Helvétien	11,96	0,23%	moyenne
32	Sables, molasse et argile du Burdigalien	13,60	0,27%	moyenne
31	Calcaire marneux du Burdigalien	1,72	0,03%	moyenne
30	Conglomérats, grès et calcaires de l'Oligocène - Miocène inférieur	86,47	1,69%	moyenne
29	Sables, calcaires, marnes et argiles de l'Oligocène - Miocène inférieur	36,26	0,71%	moyenne
28	Formation des Milles de l'Oligocène moyen	53,34	1,04%	moyenne
27	Calcaire de Piedautry, argiles et poudingues du Stampien	105,06	2,06%	moyenne
26	Marnes à Microcodium de l'Éocène indifférencié	1,39	0,03%	moyenne
22	Argiles et calcaires argileux du Montien	24,33	0,48%	moyenne
21	Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maestrichtien supérieur	63,46	1,24%	moyenne
20	Argiles et grès du Maestrichtien supérieur	44,52	0,87%	moyenne
17	Calcaires, marnes et poudingues du Maestrichtien inférieur	66,02	1,29%	moyenne
16	Calcaires, argiles et calcaires argileux du Valdo-fuvélien	62,25	1,22%	moyenne
15	Marnes du Coniacien-Santonien	5,01	0,10%	moyenne
10	Marnes et calcaires argileux de l'Hauterivien supérieur (faciès Urgonien)	193,34	3,79%	moyenne
9	Marnes à Toxaster de l'Hauterivien inférieur	0,72	0,01%	moyenne
8	Marnes et calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	58,90	1,15%	moyenne
Total formations susceptibilité moyenne		2719,95	53,27%	
41	Alluvions à limons argileux (Quaternaire)	701,00	13,73%	faible
25	Sables argileux et marnes de l'Éocène	0,79	0,02%	faible
24	Calcaire Lutétien	37,67	0,74%	faible
23	Calcaires et marnes du Thanétien - Sparnacien	85,74	1,68%	faible
19	Calcaire de la gare de Rognac	1,37	0,03%	faible
14	Marnes, grès et calcaires marneux du Turonien Cénomaniens	10,69	0,21%	faible
13	Marno-calcaires, grès et sables du Crétacé Supérieur	23,41	0,46%	faible
7	Calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	82,67	1,62%	faible
6	Calcaires marneux du Jurassique	23,12	0,45%	faible
5	Calcaires et calcaires marneux du Toarcien et Callovo-Oxfordien	6,97	0,14%	faible
4	Marnes noires et grises du Toarcien et Callovien - Oxfordien	5,66	0,11%	faible
3	Dolomies de l'Hettangien	10,77	0,21%	faible
2	Calcaires argileux du Rhétien	3,26	0,06%	faible
1	Cargneules, dolomies et gypse du Trias	5,36	0,11%	faible
Total formations susceptibilité faible		998,49	19,56%	
Total formations argileuses		3817	74,76%	
999	Réseau hydrographique	292	5,72%	
1000	Formations à priori non argileuses	998	19,55%	
Total département		5106	100%	

Illustration 26 : Classement des formations par susceptibilité et surfaces d'affleurement

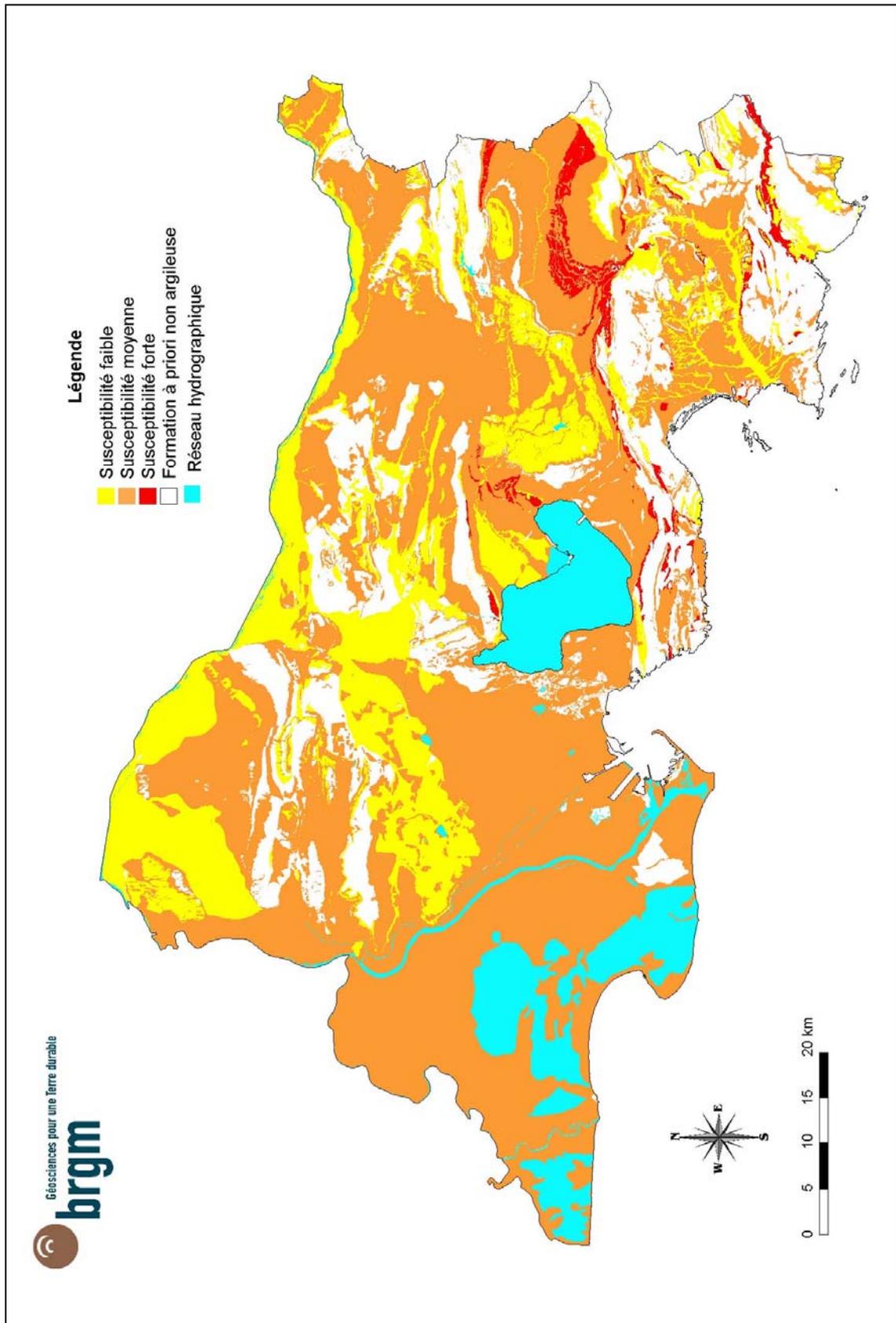


Illustration 27 : Carte de la susceptibilité des argiles au retrait gonflement

5. Détermination du critère de densité de sinistres

5.1. REPARTITION DES SINISTRES PAR FORMATION ARGILEUSE ET DENSITES DE SINISTRES

La réaffectation d'un certain nombre de formations argileuses a permis de prendre en compte des sinistres qui avaient été collectés lors de la première étude mais localisés hors des formations argileuses. De même, l'acquisition de données nouvelles du fait de la réalisation d'une cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département limitrophe du Var, et de données fournies par les communes voire les particuliers, ont permis de réaffecter un certain nombre de sinistres.

Ainsi, 119 sinistres ont pu être réaffectés aux formations argileuses concernées. Seulement 42 sinistres (au lieu de 161 initialement) sont désormais situés en dehors des formations argileuses (Illustration 28).

5.2. EVALUATION D'UNE NOUVELLE DENSITE DE SINISTRES PAR FORMATION ARGILEUSE

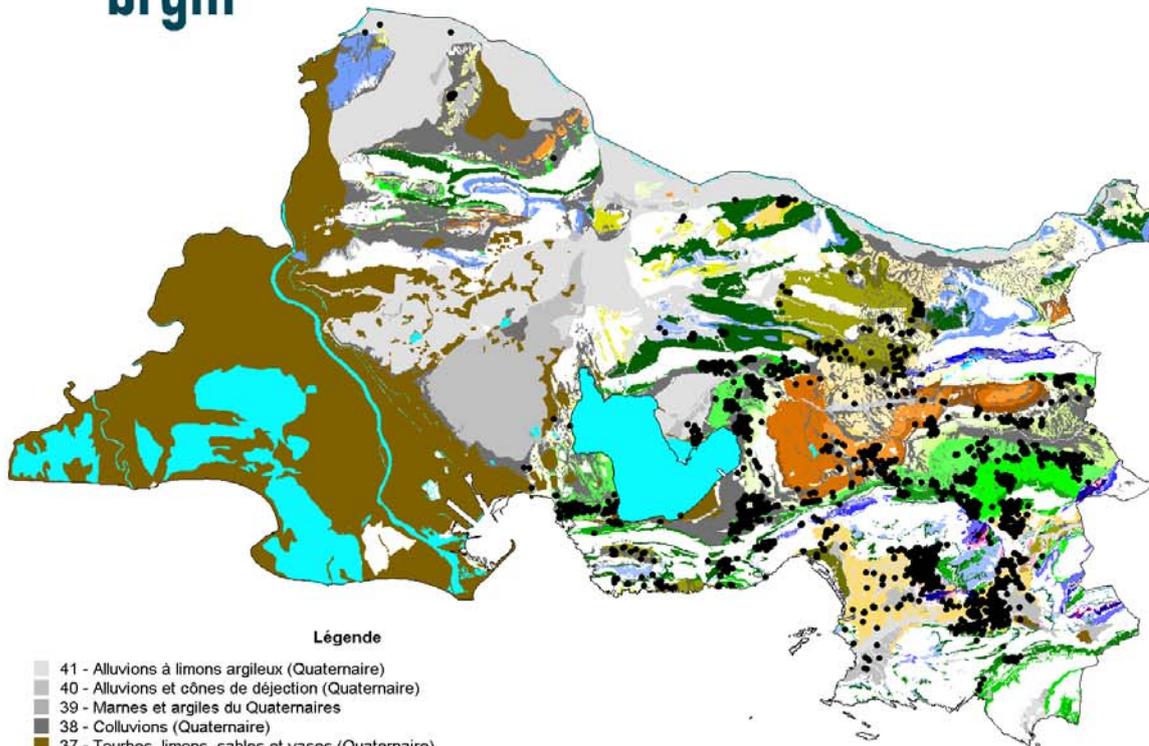
Au total, 69 formations géologiques ont supporté des sinistres, dont 98,86% sont localisés sur des formations argileuses ou marneuses (lesquelles couvrent cependant plus de 75 % de la superficie départementale).

Pour trois formations (les *Marnes à Microcodium de l'Éocène indifférencié*, les *Marnes à Toaster de l'Hauterivien inférieur* et les *Sables argileux et marnes de l'Éocène*), la surface urbanisée est quasiment nulle, et aucun sinistre n'a été enregistré. La densité de sinistre calculée ne peut donc être considérée comme significative car un seul sinistre localisé sur l'une de ces formations ferait automatiquement monter la densité de sinistres à un niveau très élevé, et par conséquent il n'est pas possible d'en tenir compte dans la suite de l'analyse. Pour ces trois formations, la note d'aléa sera donc considérée comme égale à la note de susceptibilité (Illustration 29).

Avec les modifications apportées à la cartographie des 41 formations argileuses ou marneuses, on observe que 17 d'entre elles voient leur nombre de sinistres augmenter.

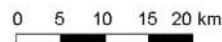
Parmi ces 17 formations, on retrouve :

- les deux nouvelles formations (les *Calcaires argileux du Rhétien* et les *dolomies de l'Hettangien*) qui ont été ajoutées dans cette nouvelle analyse, et qui expliquent respectivement 1 et 3 sinistres ;



Légende

- 41 - Alluvions à limons argileux (Quaternaire)
- 40 - Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)
- 39 - Marnes et argiles du Quaternaire
- 38 - Colluvions (Quaternaire)
- 37 - Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire)
- 36 - Marnes et sables Plaisancien et poudingues du Miocène supérieur (Valens)
- 35 - Calcarénite, calcaires, sables et argiles du Vindobonien
- 34 - Argiles calcaire d'Istres du Vindobonien
- 33 - Marnes sableuses micacées de l'Helvétien
- 32 - Sables, molasse et argile du Burdigalien
- 31 - Calcaire marneux du Burdigalien
- 30 - Conglomérats, grès et calcaires de l'Oligocène - Miocène inférieur
- 29 - Sables, calcaires, marnes et argiles de l'Oligocène - Miocène inférieur
- 28 - Formation des Milles de l'Oligocène moyen
- 27 - Calcaire de Piedautry, argiles et poudingues du Stampien
- 26 - Marnes à Microcodium de l'Éocène indifférencié
- 25 - Sables argileux et marnes de l'Éocène
- 24 - Calcaire Lutétien
- 23 - Calcaires et marnes du Thanétien - Sparnacien
- 22 - Argiles et calcaires argileux du Montien
- 21 - Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maestrichtien supérieur
- 20 - Argiles et grès du Maestrichtien supérieur
- 19 - Calcaire de la gare de Rognac
- 18 - Argiles, marnes et grès du Maestrichtien inférieur
- 17 - Calcaires, marnes et poudingues du Maestrichtien inférieur
- 16 - Calcaires, argiles et calcaires argileux du Valdo-fuvélien
- 15 - Marnes du Coniacien-Santonien
- 14 - Marnes, grès et calcaires marneux du Turonien Cénomani
- 13 - Marno-calcaires, grès et sables du Crétacé Supérieur
- 12 - Calcaires et marnes noires du Gargasien
- 11 - Calcaires argileux et marneux du Bédoulien
- 10 - Marnes et calcaires argileux de l'Hauterivien supérieur (faciès Urgonien)
- 9 - Marnes à Toxaster de l'Hauterivien inférieur
- 8 - Marnes et calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien
- 7 - Calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien
- 6 - Calcaires marneux du Jurassique
- 5 - Calcaires et calcaires marneux du Toarcien et Callovo-Oxfordien
- 4 - Marnes noires et grises du Toarcien et Callovien - Oxfordien
- 3 - Dolomies de l'Hettangien
- 2 - Calcaires argileux du Rhétien
- 1 - Cargneules, dolomies et gypse du Trias



- Réseau hydrographique
- Sinistres recensés et localisés

Illustration 28 : Carte de la répartition des sinistres sur les formations argileuses

- la formation 31 (les *Calcaires marneux du Burdigalien*) à laquelle a été ajoutée toute la zone des Calcaires du Plan de Sausset, et sur laquelle aucun sinistre n'avait initialement été dénombré se retrouve désormais avec 6 sinistres ;
- la formation 38 (*Colluvions du Quaternaire*) s'est vue ajouter une nouvelle formation de Colluvions limoneuses, ainsi qu'un secteur d'éboulis récents sur Alleins, Vernègues et Aurons, si bien que 383 sinistres sont désormais rattachés à cette formation ;
- les 13 autres formations ont vu leur nombre de sinistres augmenter par rapport à la version initiale en raison des modifications de contours de certaines formations argileuses (voir chapitre 3), liées notamment à la prise en compte des éboulis associés. Une localisation plus précise de certains sinistres a par ailleurs permis de mieux expliquer l'origine de plusieurs d'entre eux.

Neuf formations (au lieu de dix dans la version initiale) ne comptent néanmoins aucun sinistre, mais cela ne peut être considéré comme significatif étant donné que ces formations n'affleurent que sur 0,72% de la superficie départementale.

Les résultats du tableau (Illustration 29) indiquent que la densité de sinistres rapportée à 100 km² d'affleurement réellement urbanisé est maintenant en moyenne de 722 pour les formations argileuses ou marneuses (elle s'élève à 638 pour l'ensemble du département), alors qu'elle est de 58 pour les autres formations jugées a priori non argileuses, ce qui justifie a posteriori leur sélection. Cette densité de sinistre moyenne par formation argileuse n'a quasiment pas évolué puisqu'elle s'établissait à 721 dans la version précédente.

En terme de densités de sinistres, 4 formations obtiennent des valeurs différentes de la version initiale, il s'agit de :

- la formation 32 (les *Sables, molasse et argile du Burdigalien*) qui voit sa note de sinistralité passer de forte à moyenne (avec toujours 17 sinistres mais une surface urbanisée plus importante : 1,71 km²). Ce résultat est plus cohérent avec une susceptibilité moyenne ;
- la formation 11 (les *Calcaires argileux et marneux du Bédoulien*) qui voit également sa note de sinistralité diminuer (de forte à moyenne) mais avec plus de sinistres et une surface urbanisée plus importante ;
- les deux nouvelles formations 2 et 3 (les *Calcaires argileux du Rhétien* et les *Dolomies de l'Hettangien*) se sont vues attribuer une note de sinistralité de 1.

Pour les formations 26, 25 et 9, la note de sinistralité étant non significative du fait de l'absence de sinistres et d'une très faible surface urbanisée, elle a été notée comme telle dans le tableau de synthèse.

La corrélation entre les notes de sinistralité et de susceptibilité de la formation reste donc satisfaisante et plutôt meilleure que celle observée lors de la version précédente.

Actualisation de la carte d'aléa retrait-gonflement des argiles dans les Bouches-du-Rhône

N°	Nom de la formation géologique	Superficie de la formation (km ²)	% de la superficie totale	Surface urbanisée (km ²)	Taux d'urbanisation	Nombre de sinistres recensés et localisés	Densité de sinistres pour 100 km ² (urbanisés)	Note densité de sinistres	Ancienne note de densité
41	Alluvions à limons argileux (Quaternaire)	700,78	13,72	96,33	13,75	303	315	1	1
40	Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)	256,37	5,02	36,09	14,08	157	435	1	1
39	Marnes et argiles du Quaternaires	3,61	0,07	0,19	5,19	0	0	1	1
38	Colluvions (Quaternaire)	516,30	10,11	103,72	20,09	383	369	1	1
37	Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire)	1037,03	20,31	29,79	2,87	14	47	1	1
36	Marnes et sables Plaisancien et poudingues du Miocène supérieur (Valensole)	68,22	1,34	8,51	12,48	35	411	1	1
35	Calcarénite, calcaires, sables et argiles du Vindobonien	13,38	0,26	2,90	21,70	11	379	1	1
34	Argiles calcaires d'Istres du Vindobonien	0,32	0,01	0,15	47,26	0	0	1	1
33	Marnes sableuses micacées de l'Helvétien	11,96	0,23	1,09	9,12	0	0	1	1
32	Sables, molasse et argile du Burdigalien	13,60	0,27	1,71	12,57	17	995	2	3
31	Calcaire marneux du Burdigalien	1,72	0,03	0,95	55,08	6	634	1	1
30	Conglomérats, grès et calcaires de l'Oligocène - Miocène inférieur	86,47	1,69	20,94	24,22	60	287	1	1
29	Sables, calcaires, marnes et argiles de l'Oligocène - Miocène inférieur	36,26	0,71	14,65	40,41	76	519	1	1
28	Formation des Milles de l'Oligocène moyen	53,34	1,04	13,63	25,56	40	293	1	1
27	Calcaire de Piedautry, argiles et poudingues du Stampien	105,06	2,06	66,02	62,84	594	900	2	2
26	Marnes à Microcodium de l'Éocène indifférencié	1,39	0,03	0,03	2,08	0	0	non significatif	2
25	Sables argileux et marnes de l'Éocène	0,79	0,02	0,11	14,13	0	0	non significatif	1
24	Calcaire Lutétien	37,67	0,74	3,53	9,38	9	255	1	1
23	Calcaires et marnes du Thanetien - Sparnacien	85,74	1,68	6,54	7,62	32	490	1	1
22	Argiles et calcaires argileux du Montien	24,33	0,48	3,87	15,89	17	440	1	1
21	Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maestrichtien supérieur	63,46	1,24	13,35	21,04	196	1 468	3	3
20	Argiles et grès du Maestrichtien supérieur	44,52	0,87	9,97	22,39	320	3 211	3	3
19	Calcaire de la gare de Rognac	1,37	0,03	0,54	39,77	19	3 491	3	3
18	Argiles, marnes et grès du Maestrichtien inférieur	49,36	0,97	19,91	40,34	404	2 029	3	3
17	Calcaires, marnes et poudingues du Maestrichtien inférieur	66,02	1,29	16,46	24,93	218	1 325	2	2
16	Calcaires, argiles et calcaires argileux du Valdo-fuvélien	62,25	1,22	9,54	15,33	435	4 560	3	3
15	Marnes du Coniacien-Santonien	5,01	0,10	1,29	25,70	0	0	1	1
14	Marnes, grès et calcaires marneux du Turonien Cénomaniens	10,69	0,21	1,40	13,13	6	427	1	1
13	Marno-calcaires, grès et sables du Crétacé Supérieur	23,41	0,46	1,97	8,42	17	862	2	2
12	Calcaires et marnes noires du Gargasien	16,78	0,33	4,27	25,46	186	4 354	3	3
11	Calcaires argileux et marneux du Bédoulien	29,00	0,57	4,83	16,67	62	1 283	2	3
10	Marnes et calcaires argileux de l'Hauterivien supérieur (faciès Urgonien)	193,34	3,79	4,46	2,31	23	515	1	1
9	Marnes à Toxaster de l'Hauterivien inférieur	0,72	0,01	0,00	0,00	0	0	non significatif	2
8	Marnes et calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	58,90	1,15	2,58	4,37	6	233	1	1
7	Calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	82,67	1,62	2,41	2,91	13	540	1	1
6	Calcaires marneux du Jurassique	23,12	0,45	1,43	6,17	3	210	1	1
5	Calcaires et calcaires marneux du Toarcien et Callovo-Oxfordien	6,97	0,14	0,37	5,29	0	0	1	1
4	Marnes noires et grises du Toarcien et Callovien - Oxfordien	5,66	0,11	0,70	12,31	0	0	1	1
3	Dolomies de l'Hettangien	10,77	0,21	0,70	6,53	3	427	1	
2	Calcaires argileux du Rhétien	3,26	0,06	0,30	9,34	1	329	1	
1	Cargneules, dolomies et gypse du Trias	5,36	0,11	1,24	23,16	5	403	1	1
	Total formations argileuses	3 817	74,76	508	13,32	3 671	722		
999	Réseau hydrographique	292	5,72	0	0	0	0		
1000	Formations à priori non argileuses	997	19,53	74	7,39	42	57		
	Total département	5 106	100	582	11,40	3 713	638		

Illustration 29 : Densité de sinistres par formation ramenée à 100 km² de surface urbanisée et détermination de la note densité de sinistres

6. Elaboration de la carte d'aléa

6.1. DETERMINATION DU NIVEAU D'ALEA

La caractérisation de l'aléa a suivi la même méthodologie que celle utilisée dans la version initiale. Le classement ainsi obtenu est présenté sur les Illustrations 30 et 33. Il se trouve que par rapport à la version précédente, malgré les réaffectations de formations argileuses, les niveaux d'aléa n'ont pas varié. Seules les superficies d'un certain nombre de formations argileuses ont changé. Les deux nouvelles formations 2 et 3 (les *Calcaires argileux du Rhétien* et les *Dolomies de l'Hettangien*) sont classées en aléa faible.

Comme dans la version précédente de la carte d'aléa, trois formations ont été classées en aléa fort vis à vis du phénomène de retrait-gonflement des argiles. Elles ont toutes été caractérisées par une susceptibilité forte et leurs densités de sinistres ramenées à 100 km² de surface urbanisée sont parmi les plus élevées du département.

Les neuf formations considérées en aléa moyen dans la version initiale conservent la même notation. Elles résultent toutes d'une susceptibilité moyenne, associée à une densité de sinistres forte ou moyenne. Comme dans la version précédente, une seule formation (formation 39) présente une discordance apparente entre le niveau de susceptibilité présumée (fort) et celui de sinistralité (faible) mais qui s'explique sans doute par l'absence de données géotechniques qui auraient permis de caractériser plus précisément la susceptibilité.

Enfin, aux vingt-sept formations initialement considérées comme présentant un aléa faible vis à vis du phénomène de retrait-gonflement, s'ajoutent les deux formations supplémentaires prises en compte.

6.2. NOUVELLE CARTE DE L'ALEA RETRAIT GONFLEMENT DES ARGILES

La carte départementale d'aléa a ainsi été corrigée par rapport aux superficies et contours des formations à partir de la carte synthétique des formations argileuses et marneuses, en attribuant à chacune des formations identifiées la classe d'aléa définie ci-dessus. Le résultat de cette carte est présentée sur l'illustration 31 et en carte hors-texte 3 à l'échelle 1/120 000.

N°	Nom de la formation géologique	Superficie (km²)	Note lithologique	Note minéralogique	Note géotechnique	Moyenne	Susceptibilité	Note de susceptibilité	Note densité de sinistres	Indice d'aléa	Aléa
41	Alluvions à limons argileux (Quaternaire)	700,78	2	3	1	2,00	faible	1	1	3	faible
40	Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)	256,37	1	3	3	2,33	moyenne	2	1	5	faible
39	Marnes et argiles du Quaternaire	3,61	4	3	-	3,50	forte	3	1	7	moyen
38	Colluvions (Quaternaire)	516,30	1	4	2	2,33	moyenne	2	1	5	faible
37	Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire)	1037,03	3	1	3	2,33	moyenne	2	1	5	faible
36	Marnes et sables Plaisancien et poudingues du Miocène supérieur (Valensolle)	68,22	2	3	2	2,33	moyenne	2	1	5	faible
35	Calcaire, calcaires, sables et argiles du Vindobonien	13,38	2	4	2	2,67	moyenne	2	1	5	faible
34	Argiles calcaires d'istres du Vindobonien	0,32	3	4	1	2,67	moyenne	2	1	5	faible
33	Marnes sableuses micacées de l'Helvétien	11,96	3	3	2	2,67	moyenne	2	1	5	faible
32	Sables, molasse et argile du Burdigalien	13,60	3	2	4	3,00	moyenne	2	2	6	moyen
31	Calcaire marneux du Burdigalien	1,72	2	4	1,72	2,67	moyenne	2	1	5	faible
30	Conglomérats, grès et calcaires de l'Oligocène - Miocène inférieur	86,47	1	4	2	2,33	moyenne	2	1	5	faible
29	Sables, calcaires, marnes et argiles de l'Oligocène - Miocène inférieur	36,26	3	3	2	2,67	moyenne	2	1	5	faible
28	Formation des Milles de l'Oligocène moyen	53,34	3	3	2	2,67	moyenne	2	1	5	faible
27	Calcaire de Piedautry, argiles et poudingues du Stampien	105,06	3	3	3	3,00	moyenne	2	2	6	moyen
26	Marnes à Microcodium de l'Éocène indifférencié	1,39	4	2	2	2,67	moyenne	2	non significatif	-	moyen
25	Sables argileux et marnes de l'Éocène	0,79	3	1	2	2,00	faible	1	non significatif	-	faible
24	Calcaire Lutétien	37,67	1	2	2	1,67	faible	1	1	3	faible
23	Calcaires et marnes du Thanétien - Sparnacien	85,74	2	1	2	1,67	faible	1	1	3	faible
22	Argiles et calcaires argileux du Montien	24,33	3	2	2	2,33	moyenne	2	1	5	faible
21	Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maestrichtien supérieur	63,46	2	3	2	2,33	moyenne	2	3	7	moyen
20	Argiles et grès du Maestrichtien supérieur	44,52	3	3	2	2,67	moyenne	2	3	7	moyen
19	Calcaire de la gare de Rognac	1,37	1	2	1	1,33	faible	1	3	5	faible
18	Argiles, marnes et grès du Maestrichtien inférieur	49,36	4	4	2	3,33	forte	3	3	9	fort
17	Calcaires, marnes et poudingues du Maestrichtien inférieur	66,02	3	4	2	3,00	moyenne	2	2	6	moyen
16	Calcaires, argiles et calcaires argileux du Valdo-tuvélien	62,25	3	3	2	2,67	moyenne	2	3	7	moyen
15	Marnes du Coniacien-Santonien	5,01	3	-	-	3,00	moyenne	2	1	5	faible
14	Marnes, grès et calcaires marneux du Turonien Cénoomanien	10,69	2	-	1	1,50	faible	1	1	3	faible
13	Marno-calcaires, grès et sables du Crétacé Supérieur	23,41	2	-	2	2,00	faible	1	2	4	faible
12	Calcaires et marnes noires du Gargasien	16,78	4	3	3	3,33	forte	3	3	9	fort
11	Calcaires argileux et marneux du Bédoulien	29,00	3	4	3	3,33	forte	3	2	8	fort
9	Marnes à Toxaster de l'Hauterivien inférieur	0,72	3	4	2	2,33	moyenne	2	1	5	faible
8	Marnes et calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	58,90	3	4	2	3,00	moyenne	2	non significatif	-	moyen
7	Calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	82,67	2	2	2	2,00	faible	1	1	3	faible
6	Calcaires marneux du Jurassique	23,12	2	1	2	1,67	faible	1	1	3	faible
5	Calcaires et calcaires marneux du Toarcien et Callovo-Oxfordien	6,87	3	1	1	1,67	faible	1	1	3	faible
4	Marnes noires et grises du Toarcien et Callovo - Oxfordien	5,66	3	1	2	1,67	faible	1	1	3	faible
3	Dolomies de l'Helvétien	10,77	1	-	2	1,50	faible	1	1	3	faible
2	Calcaires argileux du Rhétien	3,26	2	1	2	1,67	faible	1	1	3	faible
1	Cargneules, dolomies et gypse du Trias	5,36	2	1	1	1,33	faible	1	1	3	faible
Total formations argileuses		3 817									
Total département		5 106									

Illustration 30 : Calcul du niveau d'aléa des formations argileuses et marneuses

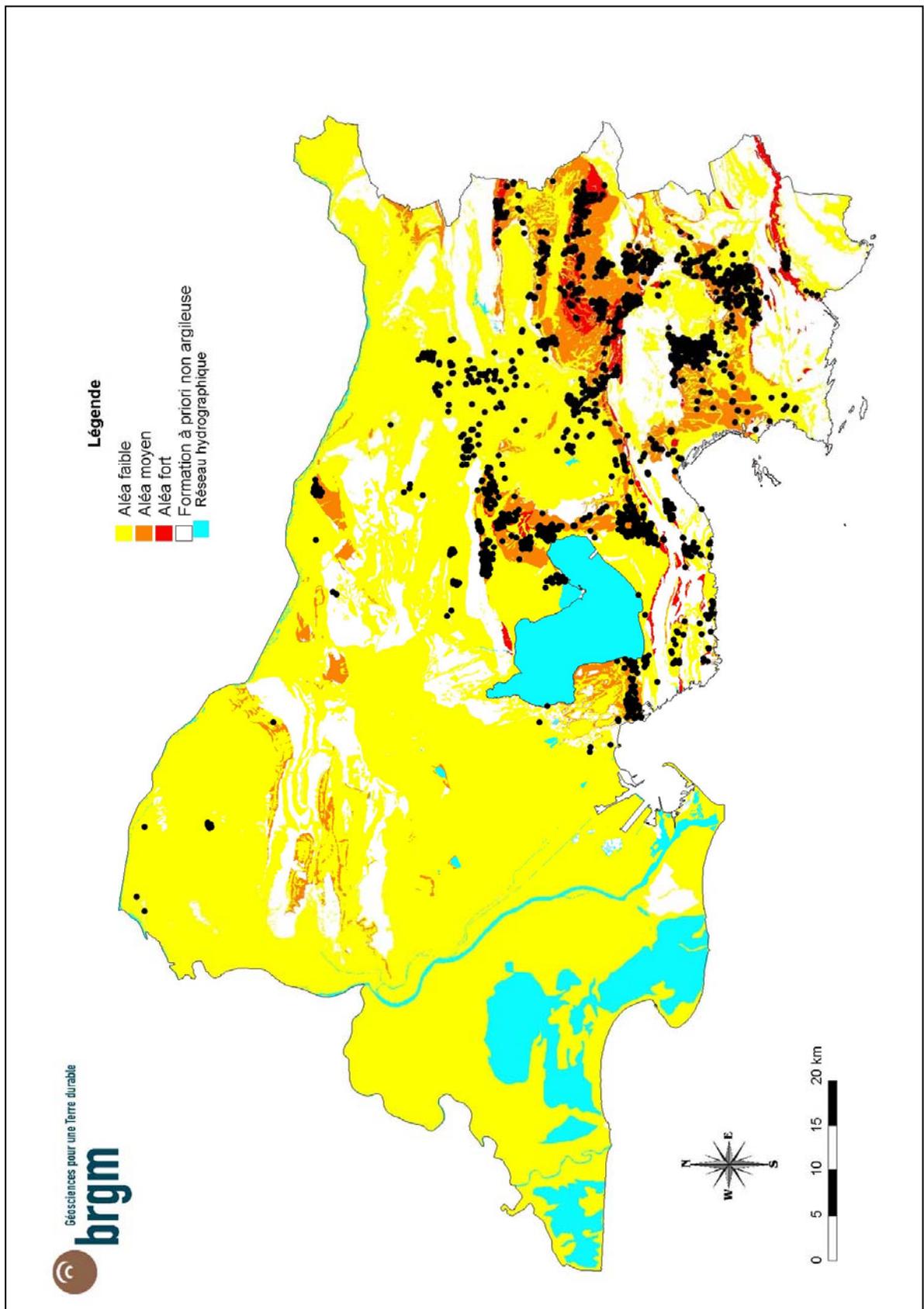


Illustration 31 : Carte départementale de l'aléa retrait gonflement des argiles

Les superficies départementales désormais concernées par chaque niveau d'aléa sont indiquées dans le tableau de l'illustration 33 et sur le graphique de l'illustration 32.

Par rapport à la version précédente de la carte d'aléa, les principales modifications suivantes peuvent être notées :

- les formations en **aléa fort** restent au nombre de 3, et correspondent aux mêmes formations qu'initialement. En revanche, les superficies ont augmenté pour ces 5 formations, et par conséquent, la superficie recouverte par des formations en aléa fort est légèrement plus importante (1,86 % de la surface départementale contre 1,70 % précédemment, soit 8 km² supplémentaires) ;
- les formations en **aléa moyen** restent également les mêmes que précédemment, mais leur superficie totale est légèrement supérieure : on note 24 km² supplémentaire de formations en aléa moyen ;
- les formations en **aléa faible** ont été complétées par deux formations supplémentaires ce qui porte à 3 361 km² la surface totale concernée au lieu de 3 313 initialement, soit un gain de 48 km². Certaines formations ont été agrandies et d'autres ont vu leur superficie diminuer.

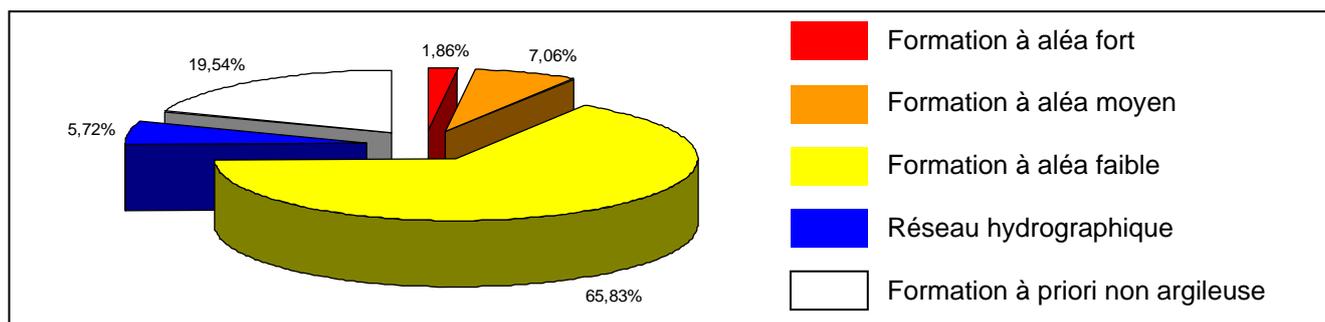


Illustration 32 : Comparaison de la superficie des terrains en fonction de leur susceptibilité

N°	Nom de la formation géologique	Superficie (km²)	% de la superficie totale	Aléa
18	Argiles, marnes et grès du Maestrichtien inférieur	49,36	0,97%	fort
12	Calcaires et marnes noires du Gargasien	16,78	0,33%	fort
11	Calcaires argileux et marneux du Bédoulien	29,00	0,57%	fort
Total des formations en aléa fort		95,14	1,86%	
39	Marnes et argiles du Quaternaires	3,61	0,07%	moyen
32	Sables, molasse et argile du Burdigalien	13,60	0,27%	moyen
27	Calcaire de Piedautry, argiles et poudingues du Stampien	105,06	2,06%	moyen
26	Marnes à Microcodium de l'Éocène indifférencié	1,39	0,03%	moyen
21	Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maestrichtien supérieur	63,46	1,24%	moyen
20	Argiles et grès du Maestrichtien supérieur	44,52	0,87%	moyen
17	Calcaires, marnes et poudingues du Maestrichtien inférieur	66,02	1,29%	moyen
16	Calcaires, argiles et calcaires argileux du Valdo-fuvélien	62,25	1,22%	moyen
9	Marnes à Toxaster de l'Hauterivien inférieur	0,72	0,01%	moyen
Total des formations en aléa moyen		360,63	7,06%	
41	Alluvions à limons argileux (Quaternaire)	700,78	13,72%	faible
40	Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)	256,37	5,02%	faible
38	Colluvions (Quaternaire)	516,30	10,11%	faible
37	Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire)	1037,03	20,31%	faible
36	Marnes et sables Plaisancien et poudingues du Miocène supérieur (Valensole)	68,22	1,34%	faible
35	Calcarénite, calcaires, sables et argiles du Vindobonien	13,38	0,26%	faible
34	Argiles calcaires d'Istres du Vindobonien	0,32	0,01%	faible
33	Marnes sableuses micacées de l'Helvétien	11,96	0,23%	faible
31	Calcaire marneux du Burdigalien	1,72	0,03%	faible
30	Conglomérats, grès et calcaires de l'Oligocène - Miocène inférieur	86,47	1,69%	faible
29	Sables, calcaires, marnes et argiles de l'Oligocène - Miocène inférieur	36,26	0,71%	faible
28	Formation des Milles de l'Oligocène moyen	53,34	1,04%	faible
25	Sables argileux et marnes de l'Éocène	0,79	0,02%	faible
24	Calcaire Lutétien	37,67	0,74%	faible
23	Calcaires et marnes du Thanetien - Sparnacien	85,74	1,68%	faible
22	Argiles et calcaires argileux du Montien	24,33	0,48%	faible
19	Calcaire de la gare de Rognac	1,37	0,03%	faible
15	Marnes du Coniacien-Santonien	5,01	0,10%	faible
14	Marnes, grès et calcaires marneux du Turonien Cénomaniens	10,69	0,21%	faible
13	Marno-calcaires, grès et sables du Crétacé Supérieur	23,41	0,46%	faible
10	Marnes et calcaires argileux de l'Hauterivien supérieur (faciès Urgonien)	193,34	3,79%	faible
8	Marnes et calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	58,90	1,15%	faible
7	Calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	82,67	1,62%	faible
6	Calcaires marneux du Jurassique	23,12	0,45%	faible
5	Calcaires et calcaires marneux du Toarcien et Callovo-Oxfordien	6,97	0,14%	faible
4	Marnes noires et grises du Toarcien et Callovien - Oxfordien	5,66	0,11%	faible
3	Dolomies de l'Hettangien	10,77	0,21%	faible
2	Calcaires argileux du Rhétien	3,26	0,06%	faible
1	Cargneules, dolomies et gypse du Trias	5,36	0,11%	faible
Total des formations en aléa faible		3 361,20	65,83%	
Total des formations argileuses		3 816,97	74,75%	
Réseau hydrographique		291,86	5,72%	
Formations a priori non argileuses		997,17	19,53%	
Total département		5 106	100%	

Illustration 33 : Classement des formations en fonction de leur niveau d'aléa

6.3. SYNTHÈSE DE L'ALÉA RETRAIT GONFLEMENT DES ARGILES DANS LES BOUCHES-DU-RHÔNE

Les modifications apportées à la cartographie de l'aléa initiale ne changent pas la configuration globale de la carte. En effet, ces modifications n'ont engendré que des différences de superficies de zones argileuses mais pas de modifications des caractéristiques de chacune des formations argileuses identifiées (à l'exception de deux formations qui ont été ajoutées à la liste des formations potentiellement concernées et de trois autres qui en ont été finalement retirées).

Cette carte d'aléa est valide à l'échelle 1/50 000. Elle annule et remplace la précédente accessible sur le site Internet www.argiles.fr depuis 2004.

L'annexe 1 présente les modifications apportées commune par commune, les communes colorées en vert montrent une différence de superficie en aléa faible, moyen ou fort par rapport à la version initiale. Ainsi 73 communes sur les 119 que compte le département ont été modifiées (soit environ 61 %). Néanmoins, les modifications apportées restent très minimes en terme de superficie concernée. Les corrections les plus importantes concernent :

- la commune de la Penne-sur-Huveaune sur laquelle on est passé de 5 % de la superficie de la commune en aléa fort à 23 %, en raison de l'ajout des zones d'éboulis non prises en compte initialement. La nécessité d'une telle modification avait d'ailleurs été soulignée par la commune elle-même à l'occasion de l'enquête publique pour la mise en œuvre du PPR, et est en partie à l'origine du présent travail d'actualisation de la carte départementale d'aléa ;
- la commune de Rognac où l'on passe de 3 à 8 % de la superficie de la commune en aléa fort, du fait de la réaffectation d'une partie des zones qualifiées d'aléa moyen en aléa fort ;
- la commune de Port-de-Bouc sur laquelle les zones de remblais initialement non prises en compte ont été réaffectées à la formation sous-jacente, et par conséquent caractérisées en aléa moyen ;
- la commune de La Fare-les-Oliviers où l'on passe également de 2 à 17 % de superficie en aléa moyen, en raison de la réaffectation des colluvions aux formations réellement concernées (mais la surface cumulée placée en aléa faible à moyen reste inchangée, de telle sorte que l'évolution de la carte n'aura pas d'incidence visible sur la proposition de plan de zonage réglementaire qui en dérive).

7. Implications de l'actualisation de la carte d'aléa sur les projets de PPR

7.1. ACTUALISATION DES PLANS DE ZONAGE

La méthodologie utilisée pour la transcription de la carte d'aléa en proposition du plan de zonage réglementaire à l'échelle du 1/10 000 est strictement la même que celle utilisée dans la version initiale. Elle a été appliquée systématiquement avec la carte d'aléa ainsi actualisée (Illustration 33).

Les propositions de plans de zonage ont ainsi été refaits pour chacune des 119 communes du département et sont joints sur CD Rom en annexe.

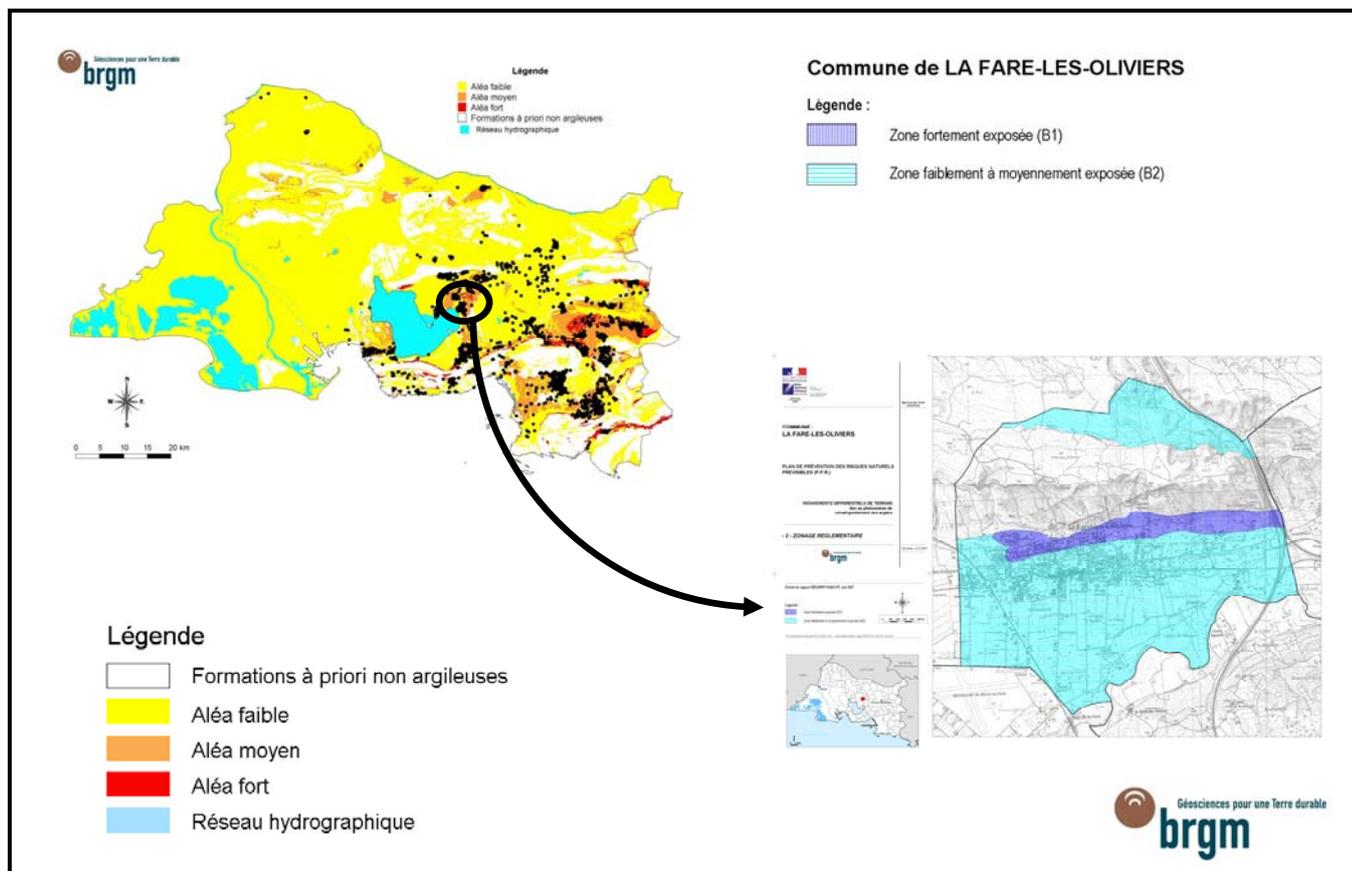


Illustration 34 : Transcription, pour la commune de La Fare-les-Oliviers, de la carte d'aléa en proposition de plan de zonage réglementaire

7.2. ACTUALISATION DE LA NOTE DE PRESENTATION

La note de présentation proposée en annexe 2 a été réactualisée pour tenir compte de la nouvelle cartographie de l'aléa. Les modifications apportées concernent :

- la carte des formations argileuses et les descriptions lithologiques associées ;
- la carte d'aléa ;
- le tableau de synthèse de l'aléa ;
- la liste des arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle ;
- la prescription des PPR dans le département ;
- les illustrations des mesures préventives dont certaines ont été actualisées et précisées ;
- l'extrait de la norme géotechnique (qui a été actualisé fin 2006).

7.3. ACTUALISATION DU REGLEMENT

Suite à plusieurs réunions avec les services techniques de la ville de Marseille au sujet du zonage réglementaire issu de la cartographie de l'aléa retrait gonflement des argiles sur le département, le règlement initialement proposé a été modifié et adapté au contexte urbain de la commune. Ce règlement ainsi adapté sera probablement étendu à l'ensemble des communes concernées et l'exemple de règlement présenté en annexe 3 reprend donc cette version actualisée.

8. Conclusion

L'objectif de cette étude de mise à jour était de compléter et d'actualiser la carte d'aléa retrait gonflement des Bouches-du-Rhône réalisée en 2004⁵, afin de prendre en compte différentes observations formulées d'une part par la ville de Marseille, d'autre part à l'occasion de la phase de concertation et la mise à l'enquête publique des projets de PPR dans 16 communes du département. Une partie des corrections est également justifiée par les données nouvelles acquises lors de la réalisation ultérieure des cartes d'aléa dans plusieurs départements limitrophes dont celui du Var.

Au terme de cette étude, différentes modifications ont été apportées à la cartographie de l'aléa retrait gonflement des argile réalisée initialement.

Ces modifications concernent :

- la prise en compte de nouvelles formations argileuses ou marneuses, et par conséquent une augmentation des surfaces concernées (3 817 km² au lieu de 3 737 km² initialement) ;
- la suppression de certaines zones qui avaient été initialement considérées comme potentiellement argileuses ;
- la réaffectation de données permettant de mieux caractériser la minéralogie d'une formation en particulier (les *Calcaires marneux du Burdigalien*), et par conséquent la modification de la note de susceptibilité pour cette formation ;
- la réaffectation d'un certain nombre de sinistres sur des secteurs désormais considérés comme potentiellement argileux, et par conséquent la modification des notes de densités de sinistres (en particulier pour 2 formations) ;
- une modification sur trois communes autour d'Alleins suite à l'acquisition de données concernant 1 sinistre sur la commune d'Alleins, en cours d'expertise judiciaire ;
- au final, la modification des surfaces concernées par un aléa fort, moyen et faible.

Ainsi, sur les 119 communes que compte le département des Bouches-du-Rhône, 73 sont concernées par des modifications de la carte d'aléa, et par conséquent du zonage réglementaire proposé pour l'établissement des PPR.

Néanmoins, ces modifications apportées sont minimes en terme de superficie.

Ainsi, sur les 5 106 km² de superficie du département :

⁵ Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône (2004). Rapport BRGM/RP-53237-FR, juillet 2004

- seulement 1,86 % de la superficie départementale est classée en aléa fort (au lieu de 1,7 % dans la version initiale de la carte d'aléa, publiée en 2004, ce qui représente 8 km² supplémentaires) ;
- 7,06 % est désormais classé en aléa moyen (au lieu de 6,59 % dans la version précédente, soit une extension de 24 km²) ;
- 65,83 % est actuellement considéré en aléa faible (au lieu de 65 % initialement, soit une extension de 48 km² supplémentaires) ;
- 25,25 % de la surface correspond à un aléa a priori nul (y compris le réseau hydrographique).

Il n'est toutefois pas exclu que, sur ces derniers secteurs considérés d'aléa a priori nul, se trouvent localement des zones argileuses d'extension limitée, notamment dues à l'altération localisée des calcaires ou à des lentilles argileuses non cartographiées, et susceptibles de provoquer des sinistres.

Cette nouvelle carte d'aléa retrait-gonflement des terrains argileux du département des Bouches-du-Rhône, dont l'échelle de validité est le 1/50 000 et qui est présentée sous format papier à l'échelle 1/120 000, annule et remplace celle réalisée en 2004.

Une des finalités de cette carte d'aléa étant l'élaboration des propositions de zonage réglementaires en vue de l'élaboration de PPR dans les communes les plus touchées, la carte ainsi actualisée a été transcrite en plans de zonage pour chacune des 119 communes du département et les fichiers correspondant sont joints au présent rapport dans un CD Rom qui annule et remplace donc celui fourni avec le rapport initial⁶.

⁶ Etablissement de Plans de Prévention des Risques naturels concernant les mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône. Rapport BRGM RP-53314-FR, septembre 2004

9. Bibliographie

Allombert J. ; Arvois R. (1980) - Synthèse départementale des matériaux et substances utiles de Vaucluse. *Rapport BRGM*. 80 SGN 116 PAC.

Arlhac P., Catzigras F., Colomb E., Gervais J., Gouvernet C., Gueirard S., Lambert C., Mercier H., Nury D., Rousset C., Tempier C., Vincent H., Weydert P. et Rouire J. (1970) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Pertuis (995) Orléans : BRGM, 16 p.

Arlhac P., Catzigras F., Colomb E., Durand J.-P., Gervais J., Guieu G., Masse J.-P., Nury D., Philip J., Rousset C., Blanc J.-J., Roux M. et Rouire J. (1977) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Martigues-Marseille (1020) Orléans : BRGM, 51 p.

Ayme Y. ; Damiani L. ; (1971) – Résultats de sondages réalisés dans les argiles de Valabre, commune de Gardanne (Bouches-du-Rhône). *Rapport BRGM*. 71 SGN 415 PRC.

Ayme Y. ; Damiani L. ; Trautmann F. ; Veux R. (1972) – Recherche d'argiles à briques dans les (Bouches-du-Rhône). *Rapport BRGM*. 72 SGN.055.PRC

Blanc J.J. ; (1958) - L'Aptien de la Bédoule (Bouches-du-Rhône); stratigraphie et sédimentation. *Bulletin de la Société Géologique de France*. N° 5; 1958.

Bonifay E. ; (1952) - Les limons loessiques de la région de Marseille (Bouches-du-Rhône). *Bulletin de la Société Géologique de France*.

Bonnet A., Ménillet F., Berger G. et Coubès L. (1973) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Nîmes (965) Orléans : BRGM, 40 p.

Caillère S., Hénin S. (1963) – Minéralogie des argiles. Masson, Paris, 343 p.

Catzigras F., Colomb E., Gervais J., Gouvernet C., L'Homer A., Masse J.-P., Rousset C., Roux M., Clintzboeckel Ch. et Rouire J. (1975) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Eyguières (993) Orléans : BRGM, 29 p.

Catzigras F., Colomb E., Durand J.-P., Gervais J., Gouvernet C., Masse J.-P., Rousset C., Triat J.-M., Truc G. et Rouire J. (1977) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Châteaurenard (966) Orléans : BRGM, 25 p.

CEBTP sous l'égide de l'AQC, l'APSAD, l'AFAC, la CCR et la FNB (1991) – Détermination des solutions adaptées à la réparation des désordres des bâtiments provoqués par la sécheresse. *Guide pratique CEBTP*, 3 fascicules.

Chamley H., Colomb E., Roux M.R. (1969) - Les minéraux argileux du bassin versant de la Touloubre (Bouches-du-Rhône). *Bulletin du Museum d'Histoire Naturelle de Marseille*. N° 29; p. 117-127.

Chamley H., Durand J.P., Roux M.R. (1971) - Les minéraux argileux du bassin versant de l'Arc (Bouches-du-Rhône). *Bulletin du Museum d'Histoire Naturelle de Marseille*. N° 31; p. 105-113.

Chamley H., Durand J.-P. et Roux M.-R. (1971) Dépôt lacustre à Attapulгите et Sépiolites en basse Durance au Miocène supérieur. Université de Provence.

Chamley H.; Masse J.P. (1975) – Sur la signification des minéraux argileux dans les sédiments barrémiens et bédouliens de Provence. *IXe Congrès International de Sédimentologie Nice*.

Chassagneux D., Stieljes L., Mouroux P. et avec la coll. De Ducreux G.-H. (1995) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols (sécheresse/pluie) dans la région de Manosque (Alpes de Haute Provence). Echelle communale et départementale. Approche méthodologique. *Rapport BRGM R 38695*.

Chassagneux D., Stieljes L., Mouroux P., Ménillet F. et Ducreux G.-H. (1996) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols (sécheresse-pluie) à l'échelle départementale. Approche méthodologique dans les Alpes de Haute-Provence. *Rapport BRGM R39218*, 33 p., 6 fig., 1 tab., 4 ann., 1 pl. hors-texte.

Chassagneux D., Meisina C., Vincent M., Ménillet F. et Baudu R. (1998) – Guide synthétique pour la prise en compte de l'aléa retrait-gonflement à l'échelle nationale. *Rapport BRGM R40355*, 33 p., 6 fig., 1 tabl., 1 ann., 1 pl. hors-texte.

Clauzade G. ; Roch E. ; Tamisier A. (1962) - Les sables et argiles bigarres du Coulon et ceux du Garry dans la région d'Apt (Vaucluse). *Bulletin de la Société Géologique de France*. N° 4.

Colomb E., Roux M., Guieu G., L'Homer A., Toni C., Glintzboeckel Ch., Blanc J.-J., Vernier E. et Rouire J. (1976) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Istres (1019) Orléans : BRGM, 47 p.

Damiani L. ; (1969) – Recherches préliminaires de gisements d'argile dans la région d'Aix-en-Provence. *Rapport BRGM*. 69 SGN 177

Damiani L. ; (1971) – Résultats de sondages réalisés dans les argiles des Milles et de Puylobier (Bouches-du-Rhône). *Rapport BRGM*. 71 SGN 096 PRC

Damiani L. (1988) – Recherche de gisements d'argiles à tuiles en Provence entre Aix-en-Provence et Avignon. *Rapport BRGM*. 88 SGN 571 PAC

Denizot G., Corroy G., Catzigras F., Colomb E., Durand J.-P., Guieu G., Rousset C., Tempier C., Nury D., Rousset C. et Rouire J. (1969) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Aix-en-Provence (1021) Orléans : BRGM, 19 p.

Durand J.P. ; Acquaviva, Giroud d'Argoud (1974) - Sur les minéraux argileux du Paléocène du synclinal de l'Arc *C.R. Acad.Sc.Paris*, t.279

Ferry S., Cotillon P. et Rio M. (1983) - Diagenese croissante des argiles dans des niveaux isochrones de l'alternance calcaire marne valanginienne du bassin vocontien. Zonation géographique. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences, Série 2: Mécanique Physique, Chimie, Sciences de l'Univers, Sciences de la Terre*. 297; 1, p. 51-56.

Germain C., Liouville M., de Bouchony P., Roch E., Demarcq G. et Goguel J. (1966) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Cavaillon (967) Orléans : BRGM, 12 p.

Giroud d'Argoud G.; (1975) – Contribution à l'étude stratigraphique et sédimentologique de l'Aptien supérieur de Provence. *Thèse*. 01/07/1975 Université de Provence.

Giroud D., Argoud G., Chamley H. et Masse J.-P. (1976) - Sur la signification des minéraux argileux dans les sédiments de l'Aptien supérieur de Provence. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences, Série D: Sciences Naturelles*. N°282; 18, p. 1673-1675.

Gonzalez G. (1992) - Les argiles industrielles du Vaucluse. *Rapport BRGM*. R 35521 PAC 4S 92

Gouvernet C., Gueirard S., Catzigras F., Colomb E., Gervais J., Blanc J.-P., Busser T., Grégoire J.-Y., Lambert C. et Rouire J. (1968) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Salon-de-Provence (994) Orléans : BRGM, 20 p.

Habib P. (1992) – Les sécheresses de 1989 et 1990. *Revue Française de Géotechnique*, n° 58, p. 7-30.

Haug E., Lanquine A., Maury E., Denizot G., Lutaud L., Pfender J., Blanc J.-J., Bonifay E., Campredon R., Caron J.-P., Guieu G., Humbert S., Philip J., Taxy-Fabre S., Tempier C., Pérès J.-M., Picard J., Rouire J. et Guieu G. (1969) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Aubagne-Marseille (1044) Orléans : BRGM, 26 p.

Haug E., Lanquine A., Maury E., Blanc J.-J., Gouvernet C., Philip J., Tempier C., Froget C., Muschotti E. et Rouire J. (1977) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille La Ciotat (1063) Orléans : BRGM, 23 p.

Lautrin D. (1989) – Utilisation pratiques des paramètres dérivés de l'essai au bleu de méthylène dans les projets de génie civil. *Bull. Liaison Labo. P. et Ch.*, n° 160, pp. 29-41.

L'Homer A., Tal A., Toni C., Glintzboeckel Ch., Clairefond P. et Blanc J.- J. (1975) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Saintes-Maries-de-la-mer (1018) Orléans : BRGM, 34 p.

Magnan J.-P. et Youssefian G. (1989) – Essai au bleu de méthylène et classification géotechnique des sols. *Bull. Liaison Labo. Ponts et Chaussées*, 159, p. 93-104.

Marçot N. (2004) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Vaucluse - BRGM/RP-53187-FR- 221 p.

Marçot N. et Gonzalez G. (2004) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône. Rapport BRGM/RP-53237-FR, 218 p.

Marçot N. avec la collaboration de Imbault M. (2004) - Etablissement de Plans de Prévention des Risques naturels concernant les mouvements de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles dans le département de Vaucluse. Rapport BRGM/RP-53270-FR, 19 p.

Marçot N. avec la collaboration de Imbault M. (2004) – Etablissement de Plans de Prévention des Risques naturels concernant les mouvements de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône. Rapport BRGM/RP-53314-FR, 19 p.

Mastchenko A. (2001) – Sécheresse et sols argileux. Projet industriel Alpha Sol. *Ecole des Mines d'Alès*, 74p., 9 ann.

Meisina C., Chassagneux D., Leroi E. et Mouroux P. (1998) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux. Proposition de méthodologie. Article et présentation au 8^e Congrès de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur et de l'Environnement.

Menessier G., Modret D. et Goguel J. (1966) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Tavernes (996) Orléans : BRGM, 23 p.

Menessier G., Modret D., Thiers R., Aussedat J.-L., Caron J.-P., Durand J.-P., Ferrandini J., Guieu G., Rousset C. et Rouire J. (1979) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Brignoles (1022) Orléans : BRGM, 30 p.

Millot G. (1964) – Géologie des argiles. Masson, Paris, 499 p..

Ministère de l'Environnement, Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques, Délégation aux Risques majeurs (1993) – Sécheresse et Construction. *Guide de Prévention*. Edit. La Documentation Française, Paris.

Mouroux P., Margron P. et Pinte J.-C. (1988) - La construction économique sur sols gonflants. *Manuel et méthodes* n°14, 125 p., BRGM Editeur.

Norie A. et Vincent M. (2000) - Etablissement de plan de prévention des risques naturels prévisibles : « Mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait gonflement des sols argileux : approche méthodologique dans le département des Deux Sèvres » - Rapport BRGM /RP-50591-FR, 14 pages, 4 figures, 4 annexes.

Nury D. (1979) - Attribution au Stampien supérieur du Calcaire de l'Étaque et au Stampien inférieur des Argiles et Conglomérats de Saint Marcel (bassin de Marseille et de l'Huveaune, (Bouches-du-Rhône); premières implications structurales. *Bulletin de la Société Géologique de France*. N° 21; 2, p. 121-124.

Orsolini P. ; (1974) - Etude géologique (sédimentologique et tectonique) de la région de Bouc Bel Air et de Cabriès *Thèse DEA* Université de Provence

Perinet G. ; (1977) Sur la minéralogie des argiles de Saint André Marseille. Université de Provence.

Philipponat G. (1991) – Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie. *Revue Française de Géotechnique*, n° 57, p. 5-22.

Prian J.-P., Donsimoni M. et Vincent M. avec la collaboration de Denis L., Gallas J.-C., Marty F., Motteau M. (2000) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de l'Essonne. *Rapport BRGM* n° RP-50376-FR, 269 p., 32 fig., 11 tabl., 6 ann., 3 cartes hors-texte.

Rabier P. (1977) - Z.A.C. du Levun à Velaux (Bouches-du-Rhône). Reconnaissance géologique et géotechnique. *Rapport BRGM*. 77 SGN 242 PRC

Redondo C.-P. ; (?) – Etude des sédiments détritiques du Crétacé supérieur marin de la Provence occidentale et recherche des zones d'apport. Sédimentologie, pétrographie, minéralogie. *Thèse*. Université de Provence Aix-Marseille I.

Schaeffner M. (1989) – Introduction de la valeur de bleu de méthylène d'un sol dans la classification des sols. Recommandation pour les terrassements routiers. *Bull. Liaison Labo. Ponts et Chaussées*, 163, 9-16.

Tempier C. ; (1964) Sédimentologie et Paléocéanographie des formations marneuses du callovien et l'Oxfordien inférieur dans la région de Vauvenargues. Université de Provence.

Tessier D. (1990) – Organisation des matériaux argileux en relation avec leur comportement hydrique. In "Matériaux argileux : structure, propriétés et applications", Edit. A. Decarreau.

Toni C., Barrière J., L'Homer A., Bouteyre G., L'Homer A., Brun P., Colomb E., Roux M. et Glintzboeckel Ch. (1975) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Arles (992) Orléans : BRGM, 72 p.

Toulemont M. (1996) – Bilan des dommages dus à la sécheresse comme catastrophe naturelle. "Le comportement des sols et des ouvrages pendant et après les périodes de sécheresse". Journées d'étude de l'Ecole des Ponts, Paris, 11-12/12/1996.

Tran Ngoc Lan (1978) – Un nouvel essai d'identification des sols : l'essai au bleu de méthylène. *Bull. Liaison Labo. Ponts et Chaussées*, 88, pp. 136-137.

Triat J.-M. (?) - Paléaltérations dans le Crétacé supérieur de Provence rhodanienne. *Thèse*

Triat J.-M. et Parron C. (1976) - L'ocricification des sables glauconieux albo cenomaniens du Gard et du Vaucluse. *Bulletin de la Société Géologique de France*. N° 18; 1, p. 21-25.

Triat J.-M. (1982) - Pierres utiles de Provence. *Cahiers de documentation (Chambre de commerce et d'industrie de Marseille ; N°1 Janvier 1982.*

Triat J.-M. et Truc G. (1989) - Les argilisations à argilites monominérales du SE de la France *9th international clay conference.*

Vincent M., Le Nindre Y.-M., Meisina C. et Chassignol A.-L. (1998) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Deux-Sèvres. *Rapport BRGM n° R 39967*, 89 p., 14 fig., 13 tab., 6 ann., 2 cartes hors-texte.

Vincent M. (2002) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux – Géologues (Revue officielle de l'Union Française des Géologues), n° 132, mars 2002, pp. 90 à 92.

Vincent M. (2006) – Retrait-gonflement des sols argileux : un aléa géologique lié aux conditions climatiques – Géosciences, la revue du BRGM pour une terre durable, n°3, pp. 50-55.

Sites internet :

<http://www.meteofrance.fr> : site Internet de Météo France.

<http://www.prim.net> : site Internet sur les risques naturels majeurs du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable.

<http://www.argiles.fr> : site Internet développé par le BRGM pour l'affichage des cartes d'aléa et la prévention du risque de retrait-gonflement des argiles.

Annexe 1 – Répartition de la superficie de chaque commune suivant la classe d'aléa et rappel des données de base de la sinistralité – Comparaisons avec l'étude initiale

Actualisation de la carte d'aléa retrait-gonflement des argiles dans les Bouches-du-Rhône

Code Insee	Commune	Superficie totale de la commune (km ²)	Superficie urbanisée (km ²)	Nombre d'arrêtés cat nat	Durée totale cat nat (année)	Nombre de sinistres recensés	Superficie aléa fort (%)	Ancienne superficie aléa fort (%)	Superficie aléa moyen (%)	Ancienne superficie aléa moyen (%)	Superficie aléa faible (%)	Ancienne superficie aléa faible (%)	Superficie aléa a priori nul (%)	Ancienne superficie aléa a priori nul (%)
13001	AIX-EN-PROVENCE	187,54	48,11	4	4,7	91			1,69%		94,05%	93,84%	4,26%	4,47%
13002	ALLAUCH	50,46	8,54	3	9,5	253	0,03%		12,04%	8,46%	56,14%	53,94%	31,79%	37,57%
13003	ALLEINS	17,02	1,33			2			5,80%	1,18%	40,25%	37,61%	53,94%	61,21%
13004	ARLES	769,99	13,58						0,23%		82,98%	82,71%	16,79%	17,06%
13005	AUBAGNE	54,77	14,71	4	10,3	347	4,81%	3,71%	26,24%	25,81%	46,15%	44,61%	22,80%	25,87%
13006	AUREILLE	21,58	0,93						0,33%		49,63%		50,05%	
13007	AURIOL	44,72	4,53			1	2,78%		13,60%	10,92%	36,24%	40,96%	47,38%	45,34%
13008	AURONS	12,73	0,12						2,06%		64,73%	64,67%	33,21%	33,27%
13009	LA BARBEN	23,08	0,56						0,13%		92,21%		7,66%	
13010	BARBENTANE	27,31	2,98			3					94,24%		5,76%	
13011	LES BAUX-DE-PROVENCE	18,21	0,20						18,61%	15,75%	38,59%	38,17%	42,79%	46,07%
13012	BEAURECUEIL	10,18	1,52						17,70%	17,60%	53,87%	41,11%	28,43%	41,29%
13013	BELCODENE	13,12	1,18	1	3,7	38			67,80%		19,95%		12,25%	
13014	BERRE-L'ETANG	44,01	4,72	1	0,5	29			6,99%		80,50%		12,52%	
13015	BOUC-BEL-AIR	21,95	7,20	4	9,2	109	4,59%		14,25%		73,16%		7,99%	
13016	LA BOUILLADISSE	12,74	3,38	3	8,5	104	7,80%		40,25%	37,36%	18,86%		33,09%	35,97%
13017	BOULBON	19,38	0,69								98,46%		1,54%	
13018	CABANNES	15,50	1,47								97,18%		2,82%	
13019	CABRIES	36,94	5,93	3	4,7	16			3,64%		94,78%		1,58%	
13020	CADOLIVE	4,24	1,17	2	4,9	120	13,66%		19,22%		16,96%	16,47%	50,16%	50,65%
13021	CARRY-LE-ROUET	10,11	3,10				10,43%				37,34%		52,24%	
13022	CASSIS	26,19	3,38			4	7,16%	5,83%			28,25%	24,37%	64,59%	69,80%
13023	CEYRESTE	23,19	2,59								15,22%	13,08%	84,78%	86,92%
13024	CHARLEVAL	14,35	1,11			1			0,02%		98,15%	76,76%	1,83%	23,22%
13025	CHATEAUNEUF-LE-ROUGE	13,36	2,31	2	2,0	34			43,54%	41,34%	45,06%	31,87%	11,41%	26,79%
13026	CHATEAUNEUF-LES-MARTIGUES	32,89	5,43			2	7,79%		1,41%		49,55%		41,25%	
13027	CHATEAURENARD	35,06	12,33			1					95,56%		4,44%	
13028	LA CIOTAT	32,16	10,66								32,85%	32,78%	67,15%	67,22%
13029	CORNILLON-CONFLOUX	14,96	0,62								52,49%		47,51%	
13030	CUGES-LES-PINS	39,83	1,13				8,43%	6,96%			34,54%	28,84%	57,03%	64,20%
13031	LA DESTROUSSE	2,97	1,84	1	0,1	58	0,04%		50,93%		33,68%		15,34%	
13032	EGUILLES	34,24	6,23	2	9,7	55			0,03%		91,99%		7,98%	
13033	ENSUES-LA-REDONNE	26,06	2,29	3	3,7	46	13,69%		0,22%		28,87%		57,23%	
13034	EYGALIERES	34,09	1,92						8,17%		70,00%		21,83%	
13035	EYGUIERES	68,84	2,28						5,64%	4,99%	67,36%	67,25%	27,00%	27,77%
13036	EYRAGUES	20,83	4,78	3	3,5	20					100,00%		0,60%	
13037	LA FARE-LES-OLIVIERS	14,35	4,06	2	4,2	290	4,50%		17,75%	2,65%	42,76%	57,87%	34,99%	
13038	FONTVIELLE	40,46	2,83						9,86%	8,23%	52,92%	47,39%	37,20%	44,38%
13039	FOS-SUR-MER	89,03	8,23	1	3,7	4			0,97%		89,45%		9,58%	
13040	FUVEAU	30,23	9,94	2	9,5	28	35,08%		40,34%		24,58%			
13041	GARDANNE	27,26	8,49	2	9,5	1	11,09%		50,55%		32,46%		5,90%	
13042	GEMENOS	33,03	3,45	1	0,5	5	2,40%		4,36%		39,49%	35,28%	53,76%	57,97%
13043	GIGNAC-LA-NERTHE	8,57	4,16	3	10,0	108	1,85%		4,29%		88,97%		4,89%	
13044	GRANS	27,77	2,91								64,89%		35,11%	
13045	GRAVESON	23,78	2,90								96,96%		3,04%	
13046	GREASQUE	6,23	2,00	3	9,5	36	22,56%		65,30%		8,83%		3,31%	
13047	ISTRES	114,69	11,90			2			1,61%		85,58%	85,38%	12,82%	13,01%
13048	JOUGUES	80,55	2,69						9,20%	7,42%	69,86%	68,72%	20,94%	23,85%
13049	LAMANON	19,35	1,16						8,96%		49,27%		41,75%	
13050	LAMBESC	65,55	4,78						6,55%	6,26%	57,09%	56,37%	36,37%	37,37%
13051	LANCON-PROVENCE	69,23	2,74	2	9,9	59	0,01%		0,48%	0,05%	76,04%	76,26%	23,48%	23,68%
13052	MAILLANE	16,89	0,68								100,00%			
13053	MALLEMORT	28,74	1,78						2,09%	1,15%	84,21%	79,09%	13,70%	19,76%
13054	MARIGNANE	23,53	8,15	3	9,2	150			9,89%		80,08%		10,04%	
13055	MARSEILLE	239,41	106,85	3	4,7	121	1,29%	0,82%	22,39%	21,53%	32,72%	31,80%	43,60%	45,85%
13056	MARTIGUES	74,68	14,93	2	9,5	70	2,27%		11,22%	10,09%	43,75%	43,61%	42,76%	44,04%
13057	MAS-BLANC-DES-ALPILLES	1,61	0,22								93,33%		6,67%	
13058	MAUSSANE-LES-ALPILLES	31,64	1,17						10,54%	9,32%	73,10%	51,30%	16,36%	39,38%
13059	MEYRARGUES	41,89	1,39						0,24%		87,54%		12,22%	
13060	MEYREUIL	20,21	5,71	3	4,2	44			30,72%	30,51%	57,60%	57,37%	11,68%	12,13%
13061	MEZOARGUES	4,28	0,22								95,84%		4,16%	
13062	MIMET	18,91	3,34	3	9,5	52	32,70%	25,80%	18,00%	17,85%	16,14%	15,61%	33,16%	39,64%
13063	MIRAMAS	25,76	7,53								54,35%	51,94%	45,65%	48,06%
13064	MOLLEGES	14,26	1,05								100,00%			
13065	MOURIES	38,37	2,00						6,35%	4,90%	66,60%	54,99%	27,05%	40,11%
13066	NOVES	26,51	3,84								96,78%	96,42%	3,22%	3,58%
13067	ORGON	35,04	1,32			1			6,25%		55,43%		38,32%	

Actualisation de la carte d'aléa retrait-gonflement des argiles dans les Bouches-du-Rhône

Code Insee	Commune	Superficie totale de la commune (km ²)	Superficie urbanisée (km ²)	Nombre d'arrêtés cat nat	Durée totale cat nat (année)	Nombre de sinistres recensés	Superficie aléa fort (%)	Ancienne superficie aléa fort (%)	Superficie aléa moyen (%)	Ancienne superficie aléa moyen (%)	Superficie aléa faible (%)	Ancienne superficie aléa faible (%)	Superficie aléa à priori nul (%)	Ancienne superficie aléa à priori nul (%)
13068	PARADOU	16,06	0,81						12,67%	12,09%	73,89%	34,43%	13,45%	53,48%
13069	PELISSANNE	19,14	4,33						0,14%		66,68%		33,18%	
13070	LA PENNE-SUR-HUVEAUNE	3,69	1,97	3	10,7	42	23,67%	5,28%	2,34%		36,69%	34,87%	37,30%	57,51%
13071	LES PENNES-MIRABEAU	33,69	9,84	2	8,4	61	6,91%		20,60%		40,80%	40,59%	31,70%	31,91%
13072	PEYNIER	24,82	3,94	5	4,7	133	15,19%		45,55%		27,44%		11,82%	
13073	PEYPIN	13,45	2,22	2	1,0	53	10,36%	9,32%	45,40%	45,23%	19,65%	14,79%	24,59%	30,67%
13074	PEYROLLES-EN-PROVENCE	35,08	1,91						0,19%		67,57%		32,23%	
13075	PLAN-DE-CUQUES	8,64	2,99	3	9,5	75			24,83%	11,23%	19,79%	33,39%	55,38%	
13076	PLAN-D'ORGON	15,01	1,27						0,22%		98,64%		1,14%	
13077	PORT-DE-BOUC	11,81	4,83	3	2,5	96			40,50%	26,87%	41,71%	42,42%	17,78%	30,71%
13078	PORT-SAINT-LOUIS-DU-RHONE	72,79	2,14								80,68%		19,32%	
13079	PUYLOUBIER	41,04	0,38			109	9,17%		24,77%	24,11%	35,26%	33,04%	30,80%	33,66%
13080	LE PUY-SAINTE-REPARADE	45,05	1,75						0,12%		96,22%	96,09%	3,66%	3,79%
13081	ROGNAC	17,73	4,42	3	4,7	180	8,70%	3,24%	57,82%	53,25%	29,75%	39,78%	3,73%	
13082	ROGNES	58,38	4,83			1			0,68%		56,85%	56,27%	42,46%	43,05%
13083	ROGNONAS	8,39	3,40								98,92%		1,08%	
13084	LA ROQUE-D'ANTHERON	25,58	1,57	2	8,4	41			27,53%	22,60%	68,01%	66,48%	4,46%	10,92%
13085	ROQUEFORT-LA-BEDOULE	31,26	1,60	1	0,5	49	25,93%	21,89%			15,38%		58,69%	62,73%
13086	ROQUEVAIRE	24,00	5,70	3	4,7	44	1,57%		18,80%		46,27%	44,60%	33,36%	35,02%
13087	ROUSSET	19,59	2,53	3	5,3	32			36,78%		59,20%	52,95%	4,02%	10,27%
13088	LE ROVE	23,31	1,43	4	5,2	70	9,23%		0,15%		16,61%		74,02%	
13089	SAINT-ANDIOL	16,07	0,84								100,00%			
13090	SAINT-ANTONIN-SUR-BAYON	17,53	0,32						5,85%	3,42%	82,03%	77,94%	12,12%	18,64%
13091	SAINT-CANNAT	36,96	5,71			4					77,18%		22,82%	
13092	SAINT-CHAMAS	26,95	3,36				6,59%				51,92%	51,77%	41,49%	41,64%
13093	SAINT-ESTEVE-JANSON	6,69	0,03						7,10%	6,59%	84,98%	80,76%	7,92%	12,66%
13094	SAINT-ETIENNE-DU-GRES	29,17	1,71						0,42%	0,14%	68,07%		31,51%	31,79%
13095	SAINT-MARC-JAUMEGARDE	23,40	1,34								46,19%	43,14%	53,81%	56,86%
13096	SAINTE-MARIES-DE-LA-MER	373,40	1,87								54,14%	54,22%	45,86%	45,78%
13097	SAINT-MARTIN-DE-CRAU	215,72	4,38						0,57%		86,97%	83,62%	12,47%	15,81%
13098	SAINT-MITRE-LES-REMPARTS	21,20	3,79						35,90%	35,84%	43,96%		20,14%	20,19%
13099	SAINT-PAUL-LES-DURANCE	45,99	1,46								86,41%	83,71%	13,59%	16,29%
13100	SAINT-REMY-DE-PROVENCE	90,08	6,15						2,33%		82,26%	82,07%	15,41%	15,61%
13101	SAINT-SAVOURNIN	5,95	1,49	2	9,5	24	34,78%	31,98%	21,03%		7,97%	6,88%	36,21%	40,11%
13102	SAINT-VICTORET	4,76	2,52	2	9,2	72	0,26%		41,53%		56,58%		1,63%	
13103	SALON-DE-PROVENCE	70,79	13,19						0,01%		72,83%	72,26%	27,16%	27,73%
13104	SAUSSET-LES-PINS	12,25	2,30	4	3,2	15	5,61%		1,42%		38,39%	30,63%	54,58%	62,34%
13105	SENAS	30,67	1,40						8,44%	4,80%	86,40%		5,16%	8,80%
13106	SEPTEMES-LES-VALLONS	17,82	2,95			2	0,14%		5,64%	5,52%	41,89%	41,84%	52,33%	52,50%
13107	SIMIANE-COLLONGUE	30,08	4,01	2	9,6	28	11,37%	11,30%	11,24%	9,90%	18,95%	18,78%	58,44%	60,03%
13108	TARASCON	74,27	4,20						0,10%		93,34%		6,56%	
13109	LE THOLONET	10,89	3,32						2,99%		73,08%	72,62%	23,94%	24,39%
13110	TRETS	70,22	6,27	5	9,7	86	17,17%	14,67%	27,89%	27,77%	33,10%	28,47%	21,84%	29,09%
13111	VAUVENARGUES	54,30	1,08						0,09%		32,28%	29,31%	67,63%	70,60%
13112	VELAUX	25,19	4,12	3	9,5	99	14,24%		49,92%	49,53%	33,57%	33,96%	2,27%	
13113	VENELLES	20,62	3,44	2	9,7	35					97,78%		2,22%	
13114	VENTABREN	26,47	5,47	3	9,1	77	1,53%	1,44%	21,61%	21,44%	63,92%	64,18%	12,94%	
13115	VERNEGUES	15,85	0,66						9,54%	5,21%	44,90%	36,71%	45,55%	58,07%
13116	VERQUIERES	4,61	0,48								100,00%			
13117	VITROLLES	36,88	9,90	1	0,5	66			28,49%	27,64%	41,05%	41,35%	30,46%	31,01%
13118	COUDOUX	12,61	0,90	2	9,7	81	2,62%		14,03%	7,23%	56,45%	63,73%	26,90%	26,41%
13119	CARNOUX-EN-PROVENCE	3,82	2,34	1	0,5	1	15,65%				23,27%		61,08%	
TOTAL		5105,93	582,14	127	314,70	3881	1,86%	1,70%	7,06%	6,60%	65,83%	65,00%	25,24%	26,8%

Annexe 2 – Exemple de Plan de Prévention des Risques naturels concernant les mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles - Commune de la Fare-les-Oliviers - Proposition de note de présentation (document type)

Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR)

Mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du- Rhône

Commune de LA FARE-LES-OLIVIERS

Note de présentation



PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de La Fare-les-Oliviers
(Bouches-du-Rhône)
NOTE DE PRESENTATION

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	4
2. PRESENTATION DE LA ZONE ETUDIEE	5
2.1. Limites de l'étude.....	5
2.2. Contexte naturel départemental	5
2.2.1. Situation géographique.....	5
2.2.2. Géologie	5
2.2.3. Hydrogéologie.....	6
3. DESCRIPTION DES PHENOMENES ET DE LEURS CONSEQUENCES	6
4. SINISTRES OBSERVES DANS LE DEPARTEMENT.....	6
5. DESCRIPTION DE LA METHODOLOGIE D'ETABLISSEMENT DU PPR.....	8
5.1. Carte de l'aléa retrait-gonflement	8
5.2. Plan de zonage réglementaire	11
5.3. Réglementation	11
6. DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES PREVENTIVES	11

LISTE DES FIGURES

Illustration 1 : Carte synthétique des formations argileuses et marneuses du département des Bouches-du-Rhône	7
Illustration 2 : Classement des formations argileuses et marneuses par niveau d'aléa	9
Illustration 3 : Carte d'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône	10

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Description succincte des formations argileuses et marneuses affleurant dans le département des Bouches-du-Rhône	
Annexe 2 : Description des phénomènes de retrait-gonflement des sols argileux et de leurs conséquences	
Annexe 3 : Liste des arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle au titre de mouvements différentiels de sols liés au retrait-gonflement des argiles, pris dans le département des Bouches-du-Rhône à la date du 31 mai 2004	
Annexe 4 : Illustration des principales dispositions réglementaires de prévention des risques de mouvements de terrain différentiels liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles	
Annexe 5 : Extraits de la norme AFNOR NF P 94-500 (juin 2000) intitulée « Missions géotechniques – Classifications et spécifications »	

1. INTRODUCTION

Les phénomènes de retrait et de gonflement de certains sols argileux ont été observés depuis longtemps dans les pays à climat aride et semi-aride où ils sont à l'origine de nombreux dégâts causés tant aux bâtiments qu'aux réseaux et voiries. En France, où la répartition pluviométrique annuelle est plus régulière et les déficits saisonniers d'humidité moins marqués, ces phénomènes n'ont été mis en évidence que plus récemment, en particulier à l'occasion des sécheresses de l'été 1976, et surtout des années 1989-90. Les dégâts observés en France concernent principalement le bâti individuel.

La prise en compte, par les assurances, de sinistres résultant de mouvements différentiels de terrain dus au retrait-gonflement des argiles a été rendue possible par l'application de la loi n° 82-600 du 13 juillet 1982, relative à l'indemnisation des victimes de catastrophe naturelle.

Depuis l'année 1989, date à laquelle cette procédure a commencé à être appliquée, près de 5 000 communes françaises, réparties dans 75 départements ont été reconnues en état de catastrophe naturelle à ce titre. Le coût cumulé d'indemnisation de ces sinistres a été évalué à 3,3 milliards d'euros sur la période 1989-2002 par la Caisse Centrale de Réassurance.

Le département des Bouches-du-Rhône fait partie des départements concernés par ce phénomène, puisque 35 arrêtés interministériels y ont été pris entre 1989 et 2003, reconnaissant l'état de catastrophe naturelle pour ce seul aléa dans 50 communes, soit 42% des 119 communes que compte le département. Dans le cadre de l'étude d'aléa du BRGM de 2004 actualisée en juin 2007, 3 713 sites de sinistres, répartis dans 64 communes, ont ainsi été recensés et localisés, ce qui constitue une estimation approchée, quoique vraisemblablement minorée, de la réalité.

L'examen de nombreux dossiers de diagnostics ou d'expertises révèle que beaucoup de sinistres auraient sans doute pu être évités ou que du moins leurs conséquences auraient pu être limitées, si certaines dispositions constructives avaient été respectées pour des bâtiments situés en zones sensibles au phénomène.

C'est pourquoi l'État a souhaité engager une politique de prévention vis-à-vis de ce risque en incitant les maîtres d'ouvrage à respecter certaines règles constructives. Cette démarche s'inscrit dans le cadre d'une politique générale visant à limiter les conséquences humaines et économiques des catastrophes naturelles, par la mise en œuvre de Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles (PPR), ce qui consiste à délimiter des zones apparaissant exposées à un niveau de risque homogène et à définir, pour chacune de ces zones, les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent y être prises, en application de la loi n° 95-101 du 2 février 1995.

Dans le cas particulier du phénomène de retrait-gonflement des argiles, les zones concernées, même soumises à un aléa considéré comme élevé, restent constructibles. Les prescriptions imposées sont, pour l'essentiel, des règles de bon sens dont la mise en œuvre n'engendre qu'un surcoût relativement modique, mais dont le respect permet de réduire considérablement les désordres causés au bâti, même en présence de terrains fortement sujets au phénomène de retrait-gonflement.

Cette réglementation concerne essentiellement les constructions futures. Quelques consignes s'appliquent toutefois aux bâtiments existants afin de limiter les facteurs déclenchants et/ou aggravants du phénomène de retrait-gonflement.

Le non respect du règlement du PPR peut conduire à la perte du droit à l'indemnisation de sinistres déclarés, et ceci malgré la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle.

2. PRESENTATION DE LA ZONE ETUDIEE

2.1. Limites de l'étude

Le présent PPR couvre l'ensemble du territoire communal de La Fare-les-Oliviers (département des Bouches-du-Rhône).

2.2. Contexte naturel départemental

2.2.1. Situation géographique

Le département des Bouches-du-Rhône est divisé en 119 communes et couvre une superficie de 5 106 km². Il comptait une population de 1 835 719 habitants au recensement INSEE de 1999. Marseille est la préfecture de département et Aix-en-Provence, Arles et Istres sont les trois sous-préfectures. Les concentrations de population sont situées dans le quart sud-est du département, à l'est du Rhône, dans l'agglomération de Marseille, et dans les environs de l'étang de Berre.

Regroupant près de la moitié des habitants de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, le département présente une des densités de population les plus élevées de France avec 359,5 habitants par kilomètre carré.

Le département des Bouches-du-Rhône offre un paysage particulièrement contrasté. Sa partie occidentale est constituée de plaines (Comtat, Crau, Camargue) d'où surgissent les Alpilles, tandis que sa partie orientale est formée de hauteurs calcaires (Sainte-Victoire, Trévaresse, Estaque, Sainte-Baume) séparées par des bassins où sont concentrées les populations humaines (Arc, Huveaune).

2.2.2. Géologie

La connaissance de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux passe par une étude détaillée de la géologie du département, en s'attachant particulièrement aux formations géologiques contenant de l'argile (argiles proprement dites mais aussi marnes, altérites, alluvions, limons, sables argileux, tourbes, etc.). Il est en effet important de déterminer, pour chaque formation, la nature lithologique des terrains ainsi que les caractéristiques minéralogiques et géotechniques de leur phase argileuse.

Cette analyse a été effectuée principalement à partir des données déjà disponibles sur le sujet et notamment à partir des cartes géologiques à l'échelle 1/50 000 publiées par le BRGM, complétées par l'analyse de données de sondages contenues dans la Banque de données du Sous-Sol gérée par le BRGM, et par un certain nombre de dossiers géotechniques collectés dans les bureaux d'étude. Elle reflète donc l'état actuel des connaissances sur la géologie des formations superficielles des Bouches-du-Rhône, mais est susceptible d'évoluer au fur et à mesure de l'acquisition de nouvelles données locales sur le proche sous-sol.

Les formations géologiques affleurantes ou sub-affleurantes dans le département et considérées comme argileuses (au sens le plus large) sont brièvement décrites en annexe 1, après regroupement d'unités stratigraphiquement distinctes, mais dont les caractéristiques lithologiques, et donc le comportement supposé vis-à-vis du retrait-gonflement, sont comparables.

La carte géologique des formations argileuses et marneuses présentée en Illustration 1 est une carte synthétique qui résulte d'une analyse interprétative à partir des connaissances actuellement disponibles. Certaines unités stratigraphiques ont été regroupées dans la mesure où leur nature lithologique similaire le justifiait. Par ailleurs, les formations considérées comme a priori non argileuses n'ont pas été figurées sur cette carte, ce qui n'exclut pas que des poches ou placages argileux, non identifiés sur les cartes géologiques actuellement disponibles, puissent s'y rencontrer localement.

Cette synthèse géologique départementale montre que près de 75 % de la superficie du département est concernée par des formations à dominante argileuse plus ou moins marquée, et donc soumises à un risque potentiel de retrait-gonflement.

Les principales formations argileuses ou marneuses qui affleurent dans le département des Bouches-du-Rhône sont, par ordre d'importance décroissante en terme de superficie, les *Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire)* (20,31 % de la superficie du département), les *Alluvions à limons argileux (Quaternaire)* (13,72 %), les *Colluvions (Quaternaire)* (10,11 %), les *Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)* (5,02 %), les *Marnes et calcaires argileux de l'Hauterivien supérieur (faciès Urgonien)* (3,79 %) et les *Calcaire de Piedautry, argiles et poudingues* (2,06 %). Les autres formations argileuses ou marneuses n'affleurent que sur des superficies toutes inférieures à 2 % du département.

2.2.3. Hydrogéologie

Les fluctuations du niveau des nappes phréatiques peuvent avoir une incidence sur la teneur en eau (dessiccation ou imbibition) dans certaines formations à alternance argilo-sableuse, et contribuer ainsi au déclenchement ou à l'aggravation de mouvements de terrain différentiels.

Dans le département des Bouches-du-Rhône, ce sont essentiellement les nappes alluviales qui vont avoir une influence importante sur le retrait-gonflement des sols. En effet, les autres aquifères, notamment au niveau des plateaux, sont suffisamment profonds pour n'avoir que peu d'influence sur la teneur en eau de la tranche superficielle du sol, laquelle est soumise au phénomène de retrait-gonflement des argiles.

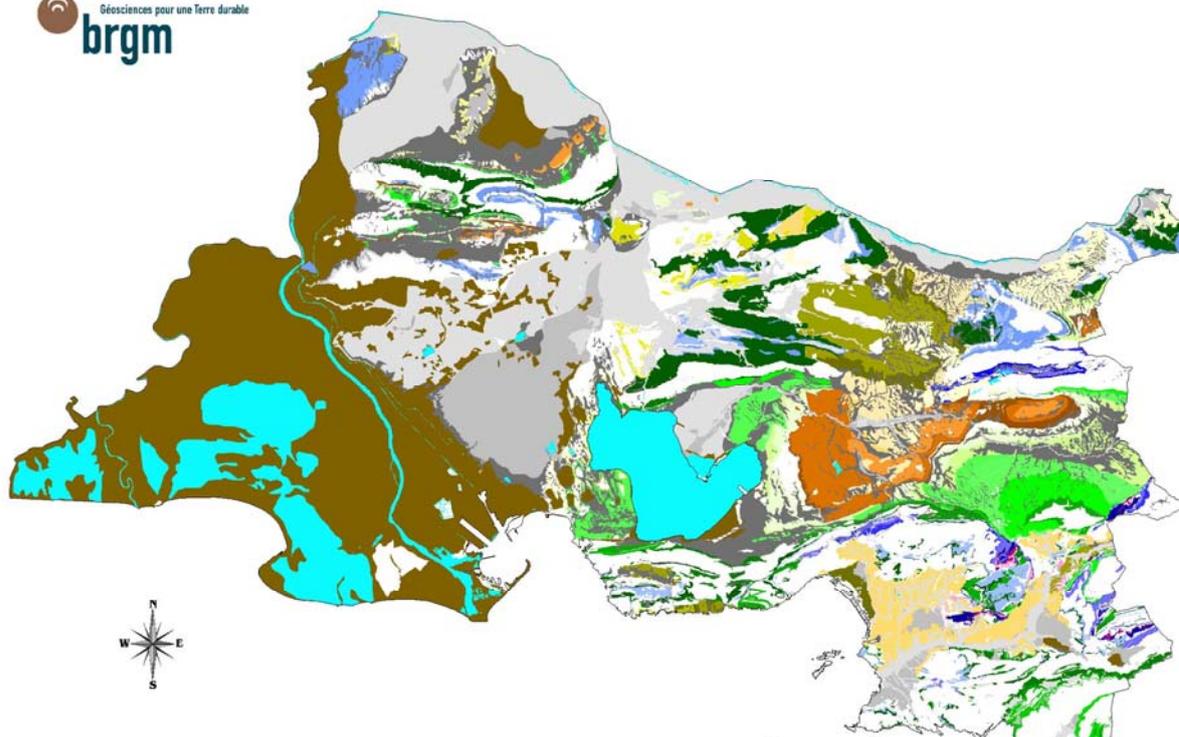
Ainsi, les alluvions récentes, qui correspondent au lit majeur des cours d'eau, sont largement baignées par la nappe alluviale, ce qui atténue le phénomène de retrait, puisque des remontées capillaires vont limiter la dessiccation. Cependant, les niveaux sablo-graveleux, à fortes perméabilités, peuvent être dénoyés, ce qui est de nature à aggraver la dessiccation de niveaux argileux sous-jacents, en cas de sécheresse prolongée.

3. DESCRIPTION DES PHENOMENES ET DE LEURS CONSEQUENCES

Les principales caractéristiques des phénomènes de retrait-gonflement des sols argileux et leurs conséquences sont rappelées en annexe 2.

4. SINISTRES OBSERVES DANS LE DEPARTEMENT

Entre 1989 et 2003, 50 des 119 communes que compte le département des Bouches-du-Rhône (soit 42% d'entre elles) ont été reconnues en état de catastrophe naturelle au titre de mouvements différentiels de sols liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles.



Légende

- 41 - Alluvions à limons argileux (Quaternaire)
- 40 - Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)
- 39 - Marnes et argiles du Quaternaires
- 38 - Colluvions (Quaternaire)
- 37 - Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire)
- 36 - Marnes et sables Plaisancien et poudingues du Miocène supérieur (Valensole)
- 35 - Calcarénite, calcaires, sables et argiles du Vindobonien
- 34 - Argiles calcaire d'Istres du Vindobonien
- 33 - Marnes sableuses micacées de l'Helvétien
- 32 - Sables, molasse et argile du Burdigalien
- 31 - Calcaire marneux du Burdigalien
- 30 - Conglomérats, grès et calcaires de l'Oligocène - Miocène inférieur
- 29 - Sables, calcaires, marnes et argiles de l'Oligocène - Miocène inférieur
- 28 - Formation des Milles de l'Oligocène moyen
- 27 - Calcaire de Piedautry, argiles et poudingues du Stampien
- 26 - Marnes à Microcodium de l'Éocène indifférencié
- 25 - Sables argileux et marnes de l'Éocène
- 24 - Calcaire Lutetien
- 23 - Calcaires et marnes du Thanetien - Sparnacien
- 22 - Argiles et calcaires argileux du Montien
- 21 - Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maestrichtien supérieur
- 20 - Argiles et grès du Maestrichtien supérieur
- 19 - Calcaire de la gare de Rognac
- 18 - Argiles, marnes et grès du Maestrichtien inférieur
- 17 - Calcaires, marnes et poudingues du Maestrichtien inférieur
- 16 - Calcaires, argiles et calcaires argileux du Valdo-fuvélien
- 15 - Marnes du Coniacien-Santonien
- 14 - Marnes, grès et calcaires marneux du Turonien Cénomaniens
- 13 - Marno-calcaires, grès et sables du Crétacé Supérieur
- 12 - Calcaires et marnes noires du Gargasien
- 11 - Calcaires argileux et marneux du Bédoulien
- 10 - Marnes et calcaires argileux de l'Hauterivien supérieur (faciès Urgonien)
- 9 - Marnes à Toxaster de l'Hauterivien inférieur
- 8 - Marnes et calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien
- 7 - Calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien
- 6 - Calcaires marneux du Jurassique
- 5 - Calcaires et calcaires marneux du Toarcien et Callovo-Oxfordien
- 4 - Marnes noires et grises du Toarcien et Callovien - Oxfordien
- 3 - Dolomies de l'Hettangien
- 2 - Calcaires argileux du Rhétien
- 1 - Cargneules, dolomies et gypse du Trias

Illustration 1 : Carte synthétique des formations argileuses et marneuses du département des Bouches-du-Rhône

Le nombre total de sites de sinistres recensés et localisés par le BRGM dans le cadre de l'étude départementale d'aléa s'élève à 3 713, répartis dans 76 communes : ce nombre constitue une estimation approchée, quoique vraisemblablement minorée, de la réalité. D'après les données de la Caisse Centrale de Réassurance (octobre 2003), le département des Bouches-du-Rhône est classé en 8^{ème} position des départements français en terme de coût d'indemnisation des sinistres retrait-gonflement des argiles.

Les périodes prises en compte dans ces arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle s'étalent entre mai 1989 et juin 2002. Le nombre total d'occurrences (nombre de périodes ayant fait l'objet d'une reconnaissance en distinguant commune par commune) s'élève à 105 (cf. annexe 3).

5. DESCRIPTION DE LA METHODOLOGIE D'ETABLISSEMENT DU PPR

5.1. Carte de l'aléa retrait-gonflement

Afin de circonscrire les zones à risque, le BRGM a dressé, pour l'ensemble du département des Bouches-du-Rhône, une carte de l'aléa retrait-gonflement des argiles. L'aléa correspond par définition à la probabilité d'occurrence du phénomène. Il est ici approché de manière qualitative à partir d'une hiérarchisation des formations géologiques argileuses du département vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement. Pour cela, on établit d'abord une carte de susceptibilité, sur la base d'une caractérisation purement physique des formations géologiques à partir des critères suivants :

- la proportion de matériau argileux au sein de la formation (analyse lithologique) ;
- la proportion de minéraux gonflants dans la phase argileuse (composition minéralogique) ;
- l'aptitude du matériau à absorber de l'eau (comportement géotechnique).

Pour chacune des 41 formations argileuses ou marneuses identifiées, le niveau d'aléa résulte en définitive de la combinaison du niveau de susceptibilité ainsi obtenu et de la densité de sinistres retrait-gonflement, rapportée à 100 km² de surface d'affleurement réellement urbanisée (pour permettre des comparaisons fiables entre formations). La synthèse des résultats obtenus est présentée dans l'illustration 2 ci-après.

La répartition cartographique des zones d'aléa est présentée sur la carte de l'illustration 3. En définitive, seulement 1,86 % de la superficie du département est située en zone d'aléa fort, tandis que 7,06 % du département est considéré en aléa moyen et 65,83 % en aléa faible. Le reste, soit 25 % du département correspond à des zones a priori non argileuses, en principe non exposées aux risques de retrait-gonflement (ce qui n'exclut pas la présence, localement, de poches ou de placages argileux non cartographiés).

*PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de La Fare-les-Oliviers
(Bouches-du-Rhône)
NOTE DE PRESENTATION*

Formations géologiques	% de la superficie départementale
Formation à aléa fort	
Argiles, marnes et grès du Maestrichien inférieur	0,97
Calcaires et marnes noires du Gargasien	0,33
Calcaires argileux et marneux du Bédoulien	0,57
TOTAL	1,86 %
Formations à aléa moyen	
Marnes et argiles du Quaternaires	0,07
Sables, molasse et argile du Burdigalien	0,27
Calcaire de Piedautry, argiles et poudingues du Stampien	2,06
Marnes à Microcodium de l'Éocène indifférencié	0,03
Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maestrichien supérieur	1,24
Argiles et grès du Maestrichien supérieur	0,87
Calcaires, marnes et poudingues du Maestrichien inférieur	1,29
Calcaires, argiles et calcaires argileux du Valdo-fuvélien	1,22
Marnes à Toxaster de l'Hauterivien inférieur	0,01
TOTAL	7,06 %
Formations à aléa faible	
Alluvions à limons argileux (Quaternaire)	13,72
Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)	5,02
Colluvions (Quaternaire)	10,10
Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire)	20,31
Marnes et sables Plaisancien et poudingues du Miocène supérieur (Valensole)	1,34
Calcarénite, calcaires, sables et argiles du Vindobonien	0,26
Argiles calcaire d'Istres du Vindobonien	0,01
Marne sableuse micacée de l'Helvétien	0,23
Calcaire marneux du Burdigalien	0,03
Conglomérats, grès et calcaires de l'Oligocène - Miocène inférieur	1,69
Sables, calcaires, marnes et argiles de l'Oligocène - Miocène inférieur	0,71
Formation des Milles de l'Oligocène moyen	1,04
Sables argileux et marnes de l'Éocène	0,02
Calcaire Lutétien	0,74
Calcaires et marnes du Thanétien - Sparnacien	1,68
Argiles et calcaires argileux du Montien	0,48
Calcaire de la gare de Rognac	0,03
Marnes du Coniacien Santonien	0,10
Marnes, grès et calcaires marneux du Turonien Cénomaniens	0,21
Marno-calcaires, grès et sables du Crétacé Supérieur	0,46
Marnes et calcaires argileux de l'Hauterivien supérieur (faciès Urgonien)	3,79
Marnes et calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	1,15
Calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	1,62
Calcaires marneux du Jurassique	0,45
Calcaires et calcaires marneux du Toarcien et Callovo-Oxfordien	0,14
Marnes noires et grises du Toarcien et Callovien - Oxfordien	0,11
Dolomies de l'Hettangien	0,21
Calcaires argileux du Rhétien	0,06
Cargneules, dolomies et gypse du Trias	0,11
TOTAL	65,83 %

Illustration 2 : Classement des formations argileuses et marneuses par niveau d'aléa

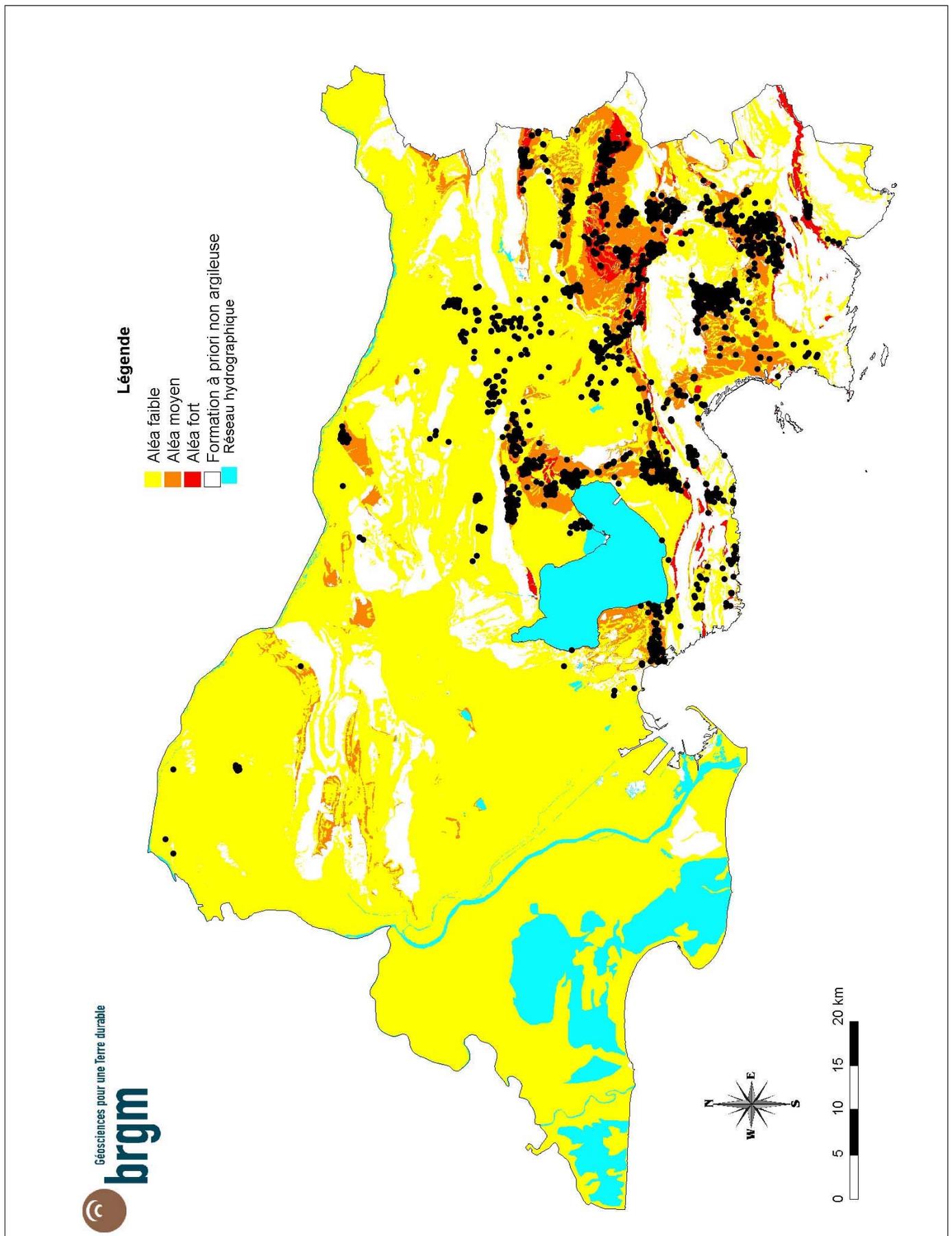


Illustration 3 : Carte d'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

5.2. Plan de zonage réglementaire

Le tracé du zonage réglementaire établi pour chacune des communes du département des Bouches-du-Rhône a été extrapolé directement à partir de la carte d'aléa départementale, en intégrant une marge de sécurité de 50 m de largeur pour tenir compte de l'imprécision des contours qui sont valides à l'échelle 1/50 000. Le plan de zonage a été établi sur fond cartographique extrait des cartes IGN à l'échelle 1/25 000 et agrandi à l'échelle 1/10 000.

Par souci d'homogénéité avec la méthodologie appliquée sur le reste du territoire national, les zones exposées à un aléa fort sont notées B1 et représentées avec un figuré de couleur bleu foncé ; celles correspondant à un aléa faible à moyen ont été regroupées en une zone unique, de couleur bleu clair, notée B2. La carte réglementaire traduit ainsi directement la carte d'aléa et présente donc seulement deux zones réglementées.

5.3. Réglementation

Le règlement du PPR décrit les prescriptions et recommandations destinées à s'appliquer aux zones réglementées. Ces prescriptions sont pour l'essentiel des dispositions constructives et visent surtout la construction de maisons neuves. Certaines s'appliquent néanmoins aussi aux constructions existantes, avec pour principal objectif de ne pas aggraver la vulnérabilité actuelle de ces maisons vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement.

Le PPR approuvé vaut servitude d'utilité publique et est opposable aux tiers. A ce titre il doit être annexé au Plan Local d'Urbanisme (PLU) conformément à l'article 126.1 du Code de l'Urbanisme. Comme spécifié dans l'article 16.1 de la loi n° 95.101 du 2 février 1995, le respect des prescriptions obligatoires s'applique, dès l'approbation du PPR, à toute nouvelle construction située dans les zones concernées. Les propriétaires des constructions existantes disposent au maximum d'un délai de cinq ans pour s'y conformer, dans le cas des mesures les plus contraignantes.

Le fait de construire ou d'aménager un terrain dans une zone réglementée par un PPR, et de ne pas respecter les conditions de réalisation, d'utilisation ou d'exploitation prescrites par ce plan est puni des peines prévues à l'article L. 480-4 du Code de l'Urbanisme. Le non respect des dispositions du PPR peut notamment entraîner une restriction des dispositifs d'indemnisation en cas de sinistre, même si la commune est reconnue en état de catastrophe naturelle au titre de mouvements différentiels de sols liés au retrait-gonflement.

6. DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES PREVENTIVES

Les dispositions constructives décrites dans le règlement du PPR ne sont évidemment pas exhaustives en ce sens qu'elles ne se substituent pas aux documents normatifs en vigueur (NF – DTU) mais qu'elles les complètent. La mise en application de ces dispositions ne dispense donc pas de respecter l'ensemble des règles de l'art en vigueur dans le domaine de la construction.

Par ailleurs, il s'agit de dispositions préventives et non curatives. Elles ne s'appliquent donc pas nécessairement en cas de sinistre avéré, pour lequel il convient de faire appel à des méthodes de réparation spécifiques.

Une partie des mesures décrites dans le règlement est illustrée en annexe 4.

Concernant les constructions nouvelles en zones réglementées par le PPR et pour ce qui est des maisons individuelles (hors permis de construire groupé), le choix est laissé entre deux options. La première consiste à faire réaliser par un bureau d'études géotechniques une reconnaissance de sol de type G0 + G12 (cf. annexe 5) qui permettra de vérifier si, au droit

de la parcelle, le proche sous-sol contient effectivement des matériaux sujets au retrait-gonflement (dans le cas contraire, le constructeur s'exonère ainsi de toute disposition constructive spécifique) et de déterminer quelles sont les mesures particulières à observer pour réaliser le projet en toute sécurité en prenant en compte cet aléa. La seconde option consiste à appliquer directement un certain nombre de mesures préventives qui concernent autant la construction elle-même que son environnement immédiat, mesures de nature à éviter a priori tout risque de désordre important, même en présence de matériaux très sensibles au retrait-gonflement. Il va de soi que la première option est préférable, d'une part parce qu'elle permet de lever d'éventuelles incertitudes quant à la nature exacte du sol au droit de la parcelle à construire, et d'autre part parce qu'elle permet une adaptation plus fine du projet au contexte géologique local. Pour tous les autres bâtiments projetés en zone d'aléa retrait-gonflement (à l'exception de ceux à usage purement agricole et des annexes d'habitation non accolées au bâtiment principal), c'est cette première option qui s'impose.

Concernant les mesures constructives et d'environnement préconisées, les principes ayant guidé leur élaboration sont en particulier les suivants :

- Les fondations doivent être suffisamment profondes pour s'affranchir de la zone superficielle où le sol est sensible à l'évaporation. Elles doivent être suffisamment armées et coulées à pleine fouille le plus rapidement possible, en évitant que le sol mis à nu en fond de fouille ne soit soumis à des variations importantes de teneur en eau ;
- Elles doivent être ancrées de manière homogène sur tout le pourtour du bâtiment (ceci vaut notamment pour les terrains en pente ou à sous-sol hétérogène, mais explique aussi l'interdiction des sous-sols partiels qui induisent des hétérogénéités d'ancrage) ;
- La structure du bâtiment doit être suffisamment rigide pour résister à des mouvements différentiels, d'où l'importance des chaînages haut et bas ;
- En cas de source de chaleur en sous-sol (chaudière notamment), les échanges thermiques à travers les parois doivent être limités pour éviter d'aggraver la dessiccation du terrain en périphérie ;
- Tout élément de nature à provoquer des variations saisonnières d'humidité du terrain (arbre, drain, pompage ou au contraire infiltration localisée d'eaux pluviales ou d'eaux usées) doit être le plus éloigné possible de la construction ;
- Sous la construction, le sol est à l'équilibre hydrique alors que tout autour il est soumis à une évaporation saisonnière, ce qui tend à induire des différences de teneur en eau au droit des fondations. Pour les éviter, il convient d'entourer la construction d'un dispositif, le plus large possible, qui protège sa périphérie immédiate de l'évaporation.

ANNEXE 1

Description succincte des formations argileuses et marneuses affleurant dans le département des Bouches-du-Rhône

La présente annexe décrit de manière sommaire les formations géologiques argileuses (au sens large) qui affleurent dans le département des Bouches-du-Rhône, lesquelles couvrent environ 75 % de la superficie du département (le reste pouvant être considéré comme a priori non argileux, bien qu'il ne soit pas exclu d'y trouver localement des placages ou des poches d'argiles non identifiés sur les cartes géologiques dans leur version actuelle).

Au total et après regroupements, 41 formations considérées comme argileuses ou marneuses ont été identifiées et individualisées cartographiquement. Les formations sont ici présentées de la plus ancienne à la plus récente.

- **Cargneules, dolomies et gypse du Trias** : Représenté tout autour du massif d'Allauch et à Auriol, ce niveau formé d'argiles et de marnes bariolées présente au contact des accidents des lentilles de gypse et des passées de conglomérats à éléments anguleux. Les niveaux argileux rouges avec des veines verdâtres entremêlés d'effilochures de gypse et emballant des blocs épars de cargneules, dolomie, voire calcaire du Trias moyen se retrouvent par exemple à l'ouest de Mimet.

- **les Calcaires argileux du Rhétien** : Sur la carte d'Aix-en-Provence (1021), la formation du Rhétien se caractérise par des calcaires varvés sombres, avec des passées en plaquettes de teinte jaune ou rousse en altération. Certains niveaux sont riches en Lumachelles. Dans la partie moyenne s'intercalent des calcaires noduleux jaunes, en petits bancs, parfois dolomitiques, qui ressemblent à certains niveaux du Muschelkalk. On observe également, surtout à la base, des lits marneux verdâtres ou bruns

- **les Dolomies de l'Hettangien** : On rapporte à cet étage des dolomies de teinte claire, bien stratifiées, avec des niveaux varvés et des lits marneux verdâtres. Dans l'Olympe, la série (100 m) se termine par des calcaires gris, parfois oolithiques à débris.

- **Marnes noires et grises du Toarcien et Callovien** : Le Domérien, constitué d'alternances de marnes et de calcaires argileux gris, pyriteux, peut dépasser 140 m d'épaisseur entre Aix et les Bonfillons, mais l'épaisseur se réduit rapidement vers l'est (20 m à Guérin, à l'ouest de Claps). Cette formation est constituée d'alternances de marnes et de calcaires argileux gris, pyriteux. Le Callovien marneux affleure au nord de la Sainte-Victoire jusqu'à Aix-en-Provence, et se présente sous la forme d'une puissante formation de marnes grises ou brunes (300 m d'épaisseur). Enfin, on retrouve au nord de la Sainte-Victoire les marnes gris-bleues de l'Oxfordien inférieur-Oxfordien s.s.

- **Calcaires et calcaires marneux du Toarcien et Callovo – Oxfordien** : A l'est d'Aix-en-Provence, le Toarcien, épais de 30 m, est représenté par des alternances de calcaires noirs à Pentacrines et de marnes noires. Les calcaires et calcaires marneux du Callovien et Oxfordien non différenciés sont visibles dans les plis du Sambuc, entre Lambruisse et les Vacons, la végétation et les cultures masquant les affleurements et ne permettant pas de distinguer l'Oxfordien du Callovien. L'Oxfordien est constitué de marnes grises, le Callovien d'une alternance de marnes grises et de calcaires argileux. On l'observe également dans l'Étoile et l'Aurélien, ainsi qu'à Septèmes-les-Vallons.

- **Calcaires marneux du Jurassique** : Ils comprennent des calcaires marneux, calcaires biodétritiques et calcaires biodétritiques clairs à chailles affleurant au sud de Cadolive, au sud-est d'Auriol et dans l'extrémité occidentale du massif de la Sainte-Baume, ainsi que des

*PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de La Fare-les-Oliviers
(Bouches-du-Rhône)
NOTE DE PRESENTATION*

calcaires marneux et calcaires phosphatés pour lesquels les faciès marneux sont plus marqués vers le sud du département. La série est présente dans la Sainte-Victoire, au nord de Septèmes-les-Vallons, à l'est de l'Étoile, dans la Sainte-Baume et à Vaufrège au pied du col de la Gineste

- **Calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien** : Les calcaires gris argileux noduleux, calcaires à silex et calcaires blancs du Berriasien sont visibles dans le massif de l'Anellier, au sud de Mouriès, dans les Alpilles, au nord et l'est de Pelissanne, dans le massif du Concors et dans le secteur de Cadarache. Le Valanginien, bien plus argileux, se retrouve dans les Alpilles sur 150 m d'épaisseur. L'alternance rythmique marno-calcaire de l'Hauterivien (formation de La Montagnette) est visible sur une épaisseur de 230 m environ, dans les Alpilles, dans la région de Lambesc et à l'est de Venelles où la formation est beaucoup moins épaisse (120 m d'épaisseur maximum).

- **Marnes et calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien** : Des calcaires légèrement marneux, accompagnés de marnes verdâtres du Valanginien inférieur et Berriasien affleurent dans la chaîne de l'Étaque et au sud de Septèmes-les-Vallons. Les calcaires, calcaires argileux et marnes du Valanginien sont visibles dans le massif de l'Anellier, à l'ouest de Salon et au nord de Rognes, dans le Concors, et enfin dans la région marseillaise, (massif « Marseilleveyre-Puget-Carpiagne », chaîne de l'Étoile, massif d'Allauch et Sainte-Baume). Les marnes et calcaires fins de la base du Valanginien se retrouvent dans les Alpilles. Enfin, les calcaires argileux à spicules de spongiaires et à rognons de silex au sommet de l'Hauterivien terminal (La Montagnette) représentent une épaisseur de 80 m environ.

- **Marnes à Toxaster de l'Hauterivien inférieur** : Ces marnes affleurent au sud de Martigues avec une épaisseur de 40 à 50 m.

- **Marnes et calcaires argileux de l'Hauterivien supérieur (faciès Urgonien)** : L'Hauterivien est visible sous différentes formes comme par exemple des marno-calcaires affleurant au sud de Martigues, des calcaires à intercalations marneuses dans les Alpilles, des calcaires à silex, montrant une alternance de calcaires et de calcaire argileux, visibles dans les Alpilles, et à l'est de Salon-de-Provence. On trouve également des calcaires à faciès urgonien (partie supérieure), et des marnes et calcaires argileux (partie inférieure) à l'est de Venelles comme dans le chaînon de La Fare - Lançon, ainsi que dans le massif « Marseilleveyre-Puget-Carpiagne », le massif de l'Étoile, le massif de Notre-Dame de la Garde, le massif d'Allauch et le massif de la Sainte-Baume.

- **Calcaires argileux et marneux du Bédoulien** : Formés de calcaires et de calcaires marneux siliceux ou à silex, cette formation s'observe à la Bédoule, dans le chaînon de La Fare - Lançon, dans le chaînon de la Nerthe et au sud-est du département (à Luminy, au nord et à l'est de Marseille, à l'est d'Allauch, dans la Sainte-Baume et dans le massif de Notre-Dame de la Garde). Les faciès sont nombreux : calcarénites glauconieuses, marno-calcaires, calcaires siliceux. Le faciès est essentiellement siliceux et glauconieux dans le ravin de Saint-Pons à Gémenos, dans la bordure plissée du massif d'Allauch, dans le massif de la Salette, dans la région de Pichauris ainsi que sur la bordure septentrionale de l'Étoile et d'une partie de la Nerthe.

- **Calcaires et marnes noires du Gargasien** : Cette formation comprend à la fois les marnes grises à céphalopodes, calcaires glauconieux, calcaires siliceux du Gargasien et les marnes noires de l'Albien. On retrouve le Gargasien dans la chaîne de l'Étaque, sur les bords des unités allochtones de l'Étoile et de Peypin, dans la région de la Bédoule, au sud de Cuges, dans les environs de Cassis, dans le ravin de Saint-Pons et dans la bordure méridionale du massif d'Allauch. Les marnes noires sont visibles à Luminy.

- **Marno-calcaires, grès et sables du Crétacé supérieur** : Du Cénomaniens au Santonien, on passe successivement des calcarénites, marno-calcaires, grès et sables, calcaires à rudistes sur Martigues, aux marnes et grès, calcaires noduleux et calcaires marneux, puis aux calcaires à rudistes, grès, marnes sableuses, calcaires à entroques. Les marnes sont peu épaisses mais présentes dans tous les niveaux. Cette formation s'observe à l'est de Coudoux, dans le chaînon de La Fare, dans la région située au sud de Martigues, dans le synclinal de Méjean-La Redonne, et au nord d'Auriol.

- **Marnes, grès et calcaires marneux du Turonien-Cénomaniens** : Dans la région de Cassis, le Cénomaniens est représenté par des grès ferrugineux et des marnes sableuses (Cénomaniens supérieur). Les formations deviennent saumâtres ou lagunaires sur la bordure septentrionale du synclinal du Beausset. Le Cénomaniens marneux se rencontre également au nord et au sud d'Aubagne. Le Turonien est davantage gréseux (marnes gréseuses, marnes bleues, calcaires marneux et marnes et sables ligniteux). Les marnes bleues pyriteuses et les calcaires marneux sont bien développés dans la région de Cassis. Dans la région de Martigues, affleurent des grès et de sables jaunes, dans lesquels s'intercalent des horizons ligniteux.

- **Marnes du Coniacien-Santonien** : La formation des « marnes de Ceyreste », épaisse d'une cinquantaine de mètres, est constituée de marnes bleutées, glauconieuses et de calcaires argileux. Les intercalations marneuses du Santonien sont constituées entre Ceyreste et Saint-Cyr-sur-Mer, par des formations marneuses calcaires très sableuses ou marno-gréseuses épaisses d'une centaine de mètres

- **Calcaires, argiles et calcaires argileux du Valdo-Fuvélien** : Cette formation datée du Valdonien est composée d'argiles, grès et calcaires. Dépassant parfois les 100 m d'épaisseur (vers Port-de-Bouc notamment), elle affleure dans le bassin de l'Arc ainsi qu'au nord-est du Cengle, au pied de la Sainte-Victoire et au sud d'une ligne Cadolive, Mimet, Simiane-Collongue. Le Fuvélien est davantage calcaire (calcaires gris à characées, en plaquettes ou en gros bancs, parfois un peu argileux, utilisés autrefois comme pierre à ciment). Son extension géographique est identique à celle du Valdonien et son épaisseur peut atteindre les 300 m, notamment dans le lambeau de Gardanne. Le Campanien proprement dit est représenté par des calcaires noirs riches en Corbicules et Unios, des marnes, des argilites ligniteuses et des argiles gréseuses. On en retrouve hors du bassin de l'Arc, constitué plus particulièrement de calcaires argileux et de marnes à smectites.

- **Calcaires, marnes et poudingues du Maestrichtien inférieur**. Cette formation est datée du Bégudien, et formée de poudingues, calcaires, marnes à lentilles de grès et marnes à lentilles de poudingues. On les retrouve sur la bordure du synclinal de l'Arc (avec des marnes riches en smectites et localement attapulgitite vers Plan-de-Campagne), au sud-ouest des Pennes-Mirabeau et jusqu'à l'étang de Berre. Au voisinage de la Sainte-Victoire, ainsi que dans la bordure orientale du massif d'Allauch, dans la région d'Auriol et dans le massif de la Sainte-Baume, le Bégudien présente un faciès conglomératique (150 m d'épaisseur). Il est représenté sur le flanc nord des Alpilles par deux ou trois niveaux calcaires, noduleux ou argileux, intercalés dans des marnes grises ou jaunes, à smectites dominantes. Au nord de Martigues, des marnes et argiles du Bégudien alternent avec des barres lenticulaires de poudingues ou de grès sur au moins 400 m d'épaisseur.

- **Argiles, marnes et grès du Maestrichtien inférieur** : Cette formation, plus argileuse que la précédente, est aussi datée du Bégudien. Les argiles bégudiennes affleurent entre Rognac et Ventabren. Généralement peu calcaires, presque exclusivement à smectites, elles renferment quelques lentilles de grès. Dans le bassin de l'Arc, les argiles et marnes

*PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de La Fare-les-Oliviers
(Bouches-du-Rhône)
NOTE DE PRESENTATION*

rouges (300 m d'épaisseur), avec des lentilles de grès irrégulièrement réparties, passent sans limite nette au Rognacien vers l'est.

- **Calcaire de la Gare de Rognac** : Il s'agit d'un calcaire lacustre, épais de quelques mètres, avec des intercalations de marnes, à cristaux de gypse centimétriques. Il forme au nord de Rognac une cuesta se prolongeant en contrebas des villages de Velaux et de Ventabren.

- **Argiles et grès du Maestrichtien supérieur (Rognacien)** : Cette formation est représentée par des marnes rouges ou marmorisées à smectites, avec lentilles gréseuses, des argilites gréseuses rouges, des marnes sableuses blanchâtres ou versicolores surmontées par des calcaires lacustres et des argiles calcaire. La puissance du Rognacien inférieur dépasse 250 m dans le synclinal des Baux alors qu'en bordure ouest du plateau de l'Arbois, il n'atteint qu'une centaine de mètres d'épaisseur. Les argiles et grès inférieurs à reptiles du Rognacien affleurent largement dans le bassin de l'Arc.

- **Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maestrichtien supérieur (Rognacien)** : Cette formation datée aussi du Rognacien est plus calcaire que la précédente. On y retrouve des bancs de calcaires lacustres, des argiles et des grès à lentilles calcaires. Les calcaires Rognacien affleurent sur le flanc nord des Alpilles, au Sud-Est de Saint-Rémy jusqu'à Eygalières. Dans le synclinal des Baux leur épaisseur atteint 40 m. Dans la moitié orientale du bassin de l'Arc, les calcaires de Rognac (30 m) commencent souvent par des marnes grises ligniteuses. Des intercalations d'argile rouge se développent vers l'est, surtout à partir de Rousset. Entre Saint-Rémy et Eygalières, au sud de Viret, des marnes roses à smectites et attapulгите ont été distinguées sur le calcaire rognacien et sous un niveau attribué au Vitrollien. Entre l'étang de Berre et le plateau de l'Arbois, des argiles calcaires et des marnes rouges à smectites dominantes atteignent 50 m d'épaisseur. Enfin, au nord et à l'est du plateau du Cengle, au pied de la Sainte-Victoire, les argiles inférieures et supérieures du Rognacien n'ont pas été distinguées. Leur épaisseur cumulée est de l'ordre de 100 à 200 m.

- **Argiles et calcaires argileux du Montien** : En bordure occidentale du plateau de l'Arbois, la partie supérieure du Montien est constituée par des argiles calcaires, des marnes et des calcaires argileux à illite et smectites. Son épaisseur dépasse 50 m au sud-est de Vitrolles. Autour du plateau du Cengle, le Montien présente au sommet des argiles et des marnes rouges généralement kaolino-illitiques (100 m d'épaisseur). Au sud des Alpilles, des argilites carbonatées et des argilites gréseuses représentent la base de l'Éocène. Près des Baux, des argilites rouges reposant sur la barre du Calcaire de Rognac, sont également attribuées au Vitrollien. A l'est du Concors, le Montien est représenté par une série d'argilites lie-de-vin, puissante de 50 m.

- **Calcaires et marnes du Thanétien - Sparnacien** : Le Thanétien, représenté par des calcaires argileux, marnes, argiles calcaires rouges ou bariolées, calcaire silicifié ainsi que des calcaires et marnes à characées, se rencontre dans les mêmes secteurs géographiques que le Montien. Le Sparnacien, constitué de calcaires et marnes lacustres, forme le plateau du petit Arbois, à l'est du bassin de décantation du Réaltort, ainsi que les collines au sud de Calas. L'ensemble atteint 50 m d'épaisseur. Dans le bassin de l'Arc, le sommet du Sparnacien est constitué d'argiles rouges (d'une épaisseur de 40 m)

- **Calcaire Lutétien** : Les calcaires blancs lutétiens d'Eygalières dessinent une cuesta presque continue dans le paysage depuis Orgon (Mont Sauvy) jusqu'au village d'Eygalières. Leur épaisseur est très faible à l'est de Saint-Rémy puis augmente régulièrement jusqu'à Orgon (30 m d'épaisseur). Au nord-ouest d'Eygalières, une barre de calcaire à silex (15 m d'épaisseur) surmonte des calcaires argileux (5 m d'épaisseur). Les calcaires blancs lutétiens se retrouvent au nord de Mouriès avec des faciès très variables. Au sud d'Aix-en-Provence, le Lutétien présente trois niveaux : les calcaires de la butte de Cuques blancs ou

*PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de La Fare-les-Oliviers
(Bouches-du-Rhône)
NOTE DE PRESENTATION*

gris, les calcaires de Montaignet de teinte grise ou brunâtre, avec quelques lits marneux et ligniteux, et les calcaires de Langesse

- **Sables argileux et marnes de l'Éocène** : Les sables argileux bariolés datés de l'Éocène inférieur se retrouvent sur la butte de Mallemort où ils sont intercalés entre le Rognacien et les calcaires lutétiens à silex. Leur épaisseur est de 25 m. Le Bartonien, représenté par des marnes bariolées et des calcaires blancs à silex est visible au sud de Plan d'Orgon, où affleurent des marnes rougeâtres marmorisées bartoniennes à attapulгите et des calcaires noduleux (épaisseur 50 m).

- **Marnes à Microcodium de l'Éocène indifférencié** : Cette formation qui affleure au sud-ouest de Plan-d'Orgon, est constituée à la base de marnes rouges à smectites et kaolinite alternant avec des calcaires à Microcodium en bancs épais. Son épaisseur atteint 20 à 25 m.

- **Calcaire de Piedautry, argiles et poudingues du Stampien** : Cette formation correspond à des calcaires lacustres blancs, avec localement des marnes, argiles et grès verts. Le graben, au sud-ouest de la Roque-d'Antheron, à l'extrémité de la chaîne des Costes, est en partie comblé par cette formation (sur 100 mètres d'épaisseur environ). Au sud du département, les faciès sont variés : calcaire de Saint-Pons, calcaires de l'Estaque, marnes, calcaires de Saint-Pierre et calcaire de Piedautry constitué d'une alternance de calcaires et de marnes grises, affleurant à l'ouest d'Allauch. Les formations détritiques du Stampien (argiles et poudingues, lentilles calcaires, brèches de base) sont très variées et s'accumulent sur de très grandes puissances (environ 1000 m) dans le bassin de Marseille, mais sont moins épaisses dans la vallée de l'Huveaune. En dehors de la banlieue nord de Marseille (argiles de Saint-Henri et de Saint-André), on observe surtout une formation argilo-gréseuse et conglomératique au sein de laquelle les variations latérales et verticales de faciès sont très rapides.

- **Formation des Milles de l'Oligocène moyen** : La formation des Milles est constituée essentiellement d'argiles rouges, renfermant des bancs gréseux et des lentilles conglomératiques. Dans le secteur de Rognes, son épaisseur est de 100 m. Elle constitue le soubassement de la Trévaresse. Dans le bassin d'Aix, elle recèle 5 niveaux d'argiles plus ou moins sableuses à passées conglomératiques alternant avec 5 niveaux de conglomérats à ciment argilo-sableux. Sa puissance est de 250 à 300 m.

- **Sables, calcaires, marnes et argiles de l'Oligocène - Miocène inférieur** : Les formations de l'Oligocène correspondent aux calcaires en plaquettes et marnes à gypse, aux sables siliceux (des Figons) et aux grès, conglomérat, marnes et argiles du Bassin de Marseille. On les retrouve au nord de la chaîne de la Trévaresse, dans le village d'Eguilles au nord d'Aix et dans la partie nord-ouest du bassin de Marseille où la séquence argileuse est exploitée en carrières. Le Miocène inférieur (Aquitaniens supérieur) est représenté par la formation du Cap de Nantes (marnes et calcaires), la formation saumâtre de Rousset (marnes et sables) et la formation de Sausset (sables, marnes et calcaires). Ces trois formations affleurent sur le littoral de la côte Bleue.

- **Conglomérats, grès et calcaires de l'Oligocène - Miocène inférieur** : L'Oligocène moyen et supérieur est représenté par les calcaires lacustres (d'Eguilles et de la Trévaresse) et la formation du Rouet (affleurant à Lambesc et Aix, et à l'est de Carry-le-Rouet). Cette formation est également constituée de formations remaniées (Trias à Oligocène) : mélange très hétérométrique de blocs de calcaires du Muschelkalk et de cargneules du Keuper, emballés par de l'argile jaune ou rouge, mais renfermant aussi des calcaires jurassiques et crétacés, des passées de sables, des quartzites, et des phanites, visibles dans la vallée de l'Huveaune, en amont du Pont-de-l'Étoile et jusqu'à Saint-Zacharie. Les conglomérats de Saint-Julien et les brèches du Cap de la Vierge correspondent au Tertiaire indéterminé.

*PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de La Fare-les-Oliviers
(Bouches-du-Rhône)
NOTE DE PRESENTATION*

Enfin, la formation de Carry formée de marnes et de calcaires correspond à l'Aquitaniens supérieur

- **Calcaire marneux du Burdigalien** : Cette formation regroupe les calcaires marneux et les cailloutis de base des calcarénites blanches, dont les calcaires du Plan de Sausset. Le versant sud des Alpilles, à l'ouest du vallon des Baux montre des affleurements quasi continus de calcaires blancs burdigaliens (Pierre de Fontvieille). A la base, et localement, on rencontre soit des lentilles et de cailloutis à petits galets quartzeux et à enduits glauconieux, soit des horizons à lithotamniés en boules. Dans la Montagnette, des calcaires fins friables du Burdigalien sont intercalés de petits lits marneux.

- **Sables, molasse et argile du Burdigalien** : Cette formation est visible dans la zone de Saint-Mitre où elle est représentée par une formation de marnes sableuses grises (15 m d'épaisseur) qui montre vers le haut des petits bancs de grès calcaires fins intercalés. Au cap Couronne, la formation, dite des Tamaris, (10 à 15 m d'épaisseur) est à dominante argileuse. Enfin, les sables verts gris à galets surmontés de molasses coquillères sont visibles au nord de Salon-de-Provence.

- **Marnes sableuses micacées de l'Helvétien** : Dans la région de Salon-de-Provence, ainsi que dans le massif de Vernègues, les calcarénites de l'Helvétien présentent des formations marneuses avec de haut en bas : des marnes sableuses alternant avec des grès calcaires glauconieux, des marnes micacées à dépôts de type varves, sous une molasse et des grès. Au sud de Salon-de-Provence, on note, au sommet des marnes sableuses micacées, de fines intercalations de marnes gris-beige et de sables fins peu cohérents. Les sables se consolident localement pour donner des intercalations lenticulaires de grès très dur.

- **Argile calcaire d'Istres du Vindobonien** : Ces argiles calcaires bleue et jaune, coquillères sont visibles à Istres, où l'Helvétien débute, à la base, par 15 m d'argiles calcaires bleues, finement zonées, altérées en jaune à la partie supérieure. Ces argiles ont été exploitées entre les étangs d'Engrenier et de l'Estomac.

- **Calcarénite, calcaires, sables et argiles du Vindobonien** : Cette formation se compose de calcaires et marnes sableuses, des sables et grès du Castellans, verts surmontés de grès calcaires grossiers et d'argile calcaire bleue, de grès calcaires et calcarénites. On l'observe sous le Quaternaire de la Petite-Crau de Saint-Rémy, à l'est de Saint-Etienne-du-Grès et au nord-est de Fontvieille ainsi qu'au sud d'Aureille où les marnes sableuses présentent localement (collines de Miramas) des intercalations de grès calcaires. L'argile calcaire de Saint-Chamas présente au sommet des sables glauconieux a une épaisseur de 30 m environ. Les marnes bleues de Bayanne et de Saint-Chamas sont des argiles calcaires micacées grises avec, dans la partie supérieure, des intercalations de bancs de biocalcirudites roussâtres. Les épaisseurs sont de 30 m vers Bayanne et de 50 m vers Saint-Chamas.

- **Marnes et sables Plaisancien et poudingues du Miocène supérieur (Valensole)** : Le Tortonien est représenté par des molasses, des sables molassiques, des poudingues, des marnes et des calcaires. Dans le bassin de Puyricard, il est couronné par un calcaire lacustre. Au-dessous, les sables molassiques passent à des argiles bleues (sur 20 m d'épaisseur). Dans le golfe de Jouques, les faciès sont variés, allant de la calcarénite au sable, et les calcarénites (molasses) passent latéralement à des marnes dans la ville d'Aix. Le Tortonien lacustre affleure au nord de Lambesc sous la forme de calcaire blanc, compact ou crayeux (10 à 15 m d'épaisseur). Il forme également de grands entablements sur le versant en rive gauche de la Durance. Le Miocène terminal continental, formé de conglomérats, brèches, marnes rouges et du faciès de Font-de-Pré (marnes gréseuse et travertins) est visible dans la région de Jouques et de Puyricard et au niveau de Cadarache

*PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de La Fare-les-Oliviers
(Bouches-du-Rhône)
NOTE DE PRESENTATION*

où affleure la terminaison sud-ouest de la formation de Valensole. Enfin, les marnes et marnes sableuses marines du Plaisancien affleurent à l'ouest d'Eyguières et dans le secteur d'Arles, au Grand-Fourchon.

- **Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire)** : Cette formations se compose de tourbes et limons tourbeux présents à l'ouest de Mouriès, au marais de Mayanne et au nord-ouest de Fos-sur-Mer. Les limons sont présents le long du Rhône et sur l'ensemble de son delta. Ils affleurent également au nord et au sud de la Crau. Des limons palustres récents se rencontrent en aval du cône de déjection de Saint-Andiol. Enfin, on retrouve dans cette formation des sables fluviatiles ou éoliens du Villafranchien, en particulier à l'ouest d'Eyguières avec la formation des « sables des Gaudes » constituée de sables de couleur jaune clair, à stratification oblique (fluviatile ou éolienne) et à minces passées d'éboulis calcaires et de débris coquilliers. Ces sables sont riches en montmorillonite.

- **Colluvions (Quaternaire)** : Cette formation regroupe l'ensemble des formations de colluvions du département. On y retrouve des limons et des cailloutis occupant des fonds de vallons ou des hauts de versants, des limons et des cailloutis provenant de glissements sur les pentes et de ruissellements aréolaires, ainsi que des éboulis récents notamment sur les communes d'Alleins, Vergnègues et Aurons au nord du département. Une formation composée de sables, limons, argiles, graviers et galets est visible au nord et au sud des Alpilles, ainsi qu'en contrebas ou sur les versants de massifs ou de reliefs comme la Montagnette et le Cengle ainsi qu'au sud de Miramas et d'Istres. Enfin, les colluvions limono-sableuses brun foncé et les limons, rouge brun, peu épais, provenant du lessivage du sol d'altération qui affecte toute la Crau composent également cette formation. Les argiles sont représentées par de l'illite, de la kaolinite, de la chlorite et des interstratifiés illite-montmorillonite.

- **Marnes et argiles quaternaires** : Les marnes et sables lacustres de Barbegal (15 m d'épaisseur) affleurent à l'est d'Arles. Ce sont des marnes à smectites, plastiques, rouges et jaunes, à passées limoneuses ou sablo-gréseuses et petites lentilles caillouteuses à éléments calcaires. Elles recouvrent à Barbegal et au nord-est de l'étang d'Entressen, les marnes sableuses miocènes et, à l'étang des Aulnes, les argiles plaisanciennes reconnues en sondage. A l'ouest de Barbegal et de part et d'autre de Saint-Martin-de-Crau, les alluvions à galets sont séparées par un niveau intercalaire d'argiles jaunes et roses de 2 à 5 mètres de puissance. On y associe également les Marnes lacustres et tufs (Villafranchien).

- **Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)** : Les alluvions fluviatiles présentent sur le département se composent de graviers et galets à intercalations sableuses et limoneuses (alluvions villafranchiennes) et de cailloutis duranciens à galets siliceux (alluvions wurmiennes). Les premières constituent les alluvions rhodaniennes de la Petite Crau et de Caumont (galets mêlés de limons et d'argiles rubéfiés) ; les autres correspondent à la nappe de la Crau de Miramas affleurant très largement au nord-ouest de l'Étang de Berre. Les cônes de déjection torrentiels rissiens sont formés de cailloutis. Les cônes de déjection wurmiens se retrouvent sur les versants des massifs de Marseilleveyre et de Carpiagne, ainsi que dans la vallée du Jarret, vers Château-Gombert et Plan-de-Cuques, au sud du massif de l'Étoile.

- **Alluvions à limons argileux** : Cette formation Quaternaire regroupe des alluvions fluviatiles à limons argileux et des cônes torrentiels récents. Au nord-est de Miramas (la Ménarde), cette formation détritique comprend à la base des sables argileux gris et au sommet des conglomérats calcaires avec des lentilles de graviers ou de sables argileux (riches en montmorillonite). Les alluvions rissiennes à galets calcaires et siliceux sont largement représentées entre le Grand Rhône et Saint-Martin-de-Crau et sont constituées

*PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de La Fare-les-Oliviers
(Bouches-du-Rhône)
NOTE DE PRESENTATION*

de cailloutis à galets, à ciment sablo-gréseux. Les argiles sont représentées par l'illite dominante avec des traces de chlorite et de complexes gonflants. Les passées marno-sableuses sont riches en montmorillonite. Enfin, les alluvions fluviatiles récentes correspondent à des sables, limons, graviers et galets, et sont présentes essentiellement dans la Durance, le long de l'Huveaune et de l'Arc et à l'ouest de Salon-de-Provence. Ont été associés également les « *terra-rossa* » karstiques correspondant à des terres rouges formées par évolution pédologique fersiallisante de matériaux silicatés présents sur les karsts.

ANNEXE 2

Description des phénomènes de retrait-gonflement des sols argileux et de leurs conséquences

Le phénomène de retrait-gonflement concerne exclusivement les sols à dominante argileuse.

Ce sont des sols fins comprenant une proportion importante de minéraux argileux et le plus souvent dénommés « argiles », « glaises », « marnes » ou « limons ». Ils sont caractérisés notamment par une consistance variable en fonction de la quantité d'eau qu'ils renferment : plastiques, collant aux mains, lorsqu'ils sont humides, durs et parfois pulvérulents à l'état desséché.

Les sols argileux se caractérisent essentiellement par une grande influence de la teneur en eau sur leur comportement mécanique.

1. Introduction aux problèmes de « retrait-gonflement »

Par suite d'une modification de leur teneur en eau, les terrains superficiels argileux varient de volume : retrait lors d'une période d'assèchement, gonflement lorsqu'il y a apport d'eau. Cette variation de volume est accompagnée d'une modification des caractéristiques mécaniques de ces sols.

Ces variations sont donc essentiellement gouvernées par les conditions météorologiques, mais une modification de l'équilibre hydrique établi (imperméabilisation, drainage, concentration de rejet d'eau pluviale....) ou une conception des fondations du bâtiment inadaptée à ces terrains sensibles peut tout à fait jouer un rôle pathogène.

La construction d'un bâtiment débute généralement par l'ouverture d'une fouille qui se traduit par une diminution de la charge appliquée sur le terrain d'assise. Cette diminution de charge peut provoquer un gonflement du sol en cas d'ouverture prolongée de la fouille (c'est pourquoi il est préconisé de limiter au maximum sa durée d'ouverture).

La contrainte appliquée augmente lors de la construction du bâtiment, et s'oppose plus ou moins au gonflement éventuel du sol. On constate en tout cas que plus le bâtiment est léger, plus la surcharge sur le terrain sera faible et donc plus l'amplitude des mouvements liés au phénomène de retrait-gonflement sera grande.

Une fois le bâtiment construit, la surface du sol qu'il occupe devient imperméable. L'évaporation ne peut plus se produire qu'en périphérie de la maison. Il apparaît donc un gradient entre le centre du bâtiment (où le sol est en équilibre hydrique) et les façades, ce qui explique que les fissures apparaissent de façon préférentielle dans les angles (cf. fig. 1).

Une période de sécheresse provoque le retrait qui peut aller jusqu'à la fissuration du sol. Le retour à une période humide se traduit alors par une pénétration d'autant plus brutale de l'eau dans le sol par l'intermédiaire des fissures ouvertes, ce qui entraîne des phénomènes de gonflement. Le bâtiment en surface est donc soumis à des mouvements différentiels alternés dont l'influence finit par amoindrir la résistance de la structure. Contrairement à un phénomène de tassement des sols de remblais, dont les effets diminuent avec le temps, les désordres liés au retrait-gonflement des sols argileux évoluent d'abord lentement puis s'amplifient lorsque le bâtiment perd de sa rigidité et que la structure originelle des sols s'altère.

PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de La Fare-les-Oliviers
(Bouches-du-Rhône)
NOTE DE PRESENTATION

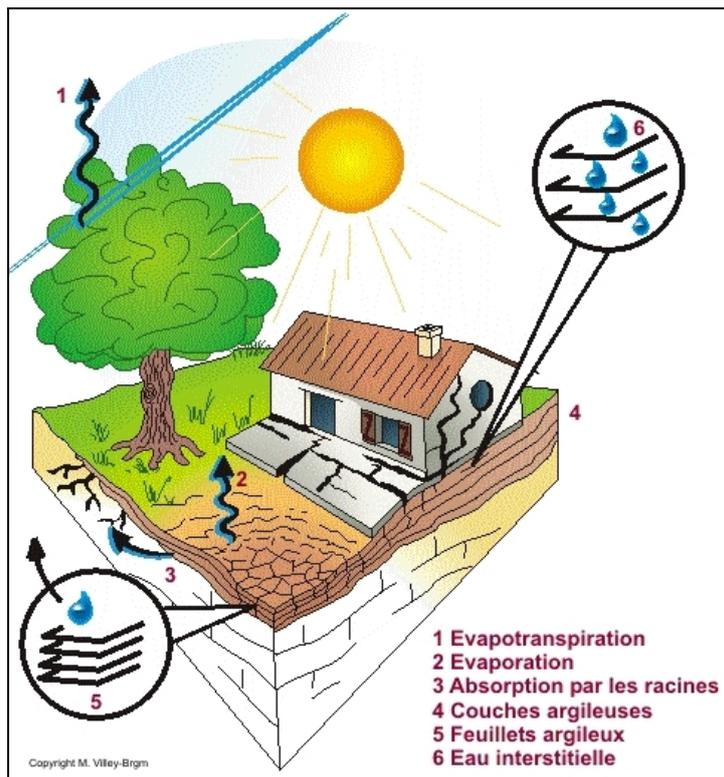


fig. 1 : illustration du mécanisme de dessiccation

Retrait et gonflement sont deux mécanismes liés. Il arrive que leurs effets se compensent (des fissures apparues en été se referment parfois en hiver), mais la variabilité des propriétés mécaniques des sols de fondations et l'hétérogénéité des structures (et des régimes de contraintes) font que les phénomènes sont rarement complètement réversibles.

L'intensité de ces variations de volume, ainsi que la profondeur de terrain affectée par ces mouvements de « retrait-gonflement » dépendent essentiellement :

- des caractéristiques du sol (nature, géométrie, hétérogénéité) ;
- de l'épaisseur de sol concernée par des variations de teneurs en eau : plus la couche concernée par ces variations est épaisse, plus les mouvements en surface seront importants. L'amplitude des déformations s'amortit cependant assez rapidement avec la profondeur et on considère généralement qu'au-delà de 3 à 5 m, le phénomène s'atténue, car les variations saisonnières de teneurs en eau deviennent négligeables ;
- de l'intensité des facteurs climatiques (amplitude et surtout durée des périodes de déficit pluviométrique...) ;
- de facteurs d'environnement tels que :
 - . la végétation ;
 - . la topographie (pente) ;
 - . la présence d'eaux souterraines (nappe, source...) ;
 - . l'exposition (influence sur l'amplitude des phénomènes d'évaporation).

Ces considérations générales sur le mécanisme de retrait-gonflement permettent de mieux comprendre comment se produisent les sinistres « sécheresse » liés à des mouvements différentiels du sol argileux et quels sont les facteurs qui interviennent dans le processus. On

distingue pour cela les facteurs de prédisposition (conditions nécessaires à l'apparition de ce phénomène), qui déterminent la répartition spatiale de l'aléa, et des facteurs qui vont influencer ce phénomène soit en le provoquant (facteurs de déclenchement), soit en accentuant les effets (facteurs aggravants).

2. Facteurs intervenant dans le mécanisme

2.1. Facteurs de prédisposition

Il s'agit des facteurs dont la présence induit le phénomène de retrait-gonflement mais ne suffit pas à le déclencher. Ces facteurs sont fixes ou évoluent très lentement avec le temps. Ils conditionnent la répartition spatiale du phénomène et permettent de caractériser la susceptibilité du milieu.

Vis à vis du phénomène de retrait-gonflement, la nature lithologique du sol constitue le facteur de prédisposition prédominant. Les terrains susceptibles de retrait-gonflement sont des formations argileuses au sens large, mais leur nature peut être très variable : dépôts sédimentaires argileux, calcaires argileux, marno-calcaires, dépôts alluvionnaires, colluvions, roches éruptives ou métamorphiques altérées, etc.

La géométrie de la formation géologique a une influence dans la mesure où l'épaisseur de la couche de sol argileux joue sur l'amplitude du phénomène. Une formation argileuse continue sera plus dangereuse qu'un simple inter-lit argileux entre deux bancs calcaires. Mais cette dernière configuration peut dans certains cas conduire néanmoins à l'apparition de désordres.

Le facteur principal est cependant lié à la nature minéralogique des composants argileux présents dans le sol. Un sol est généralement constitué d'un mélange de différents minéraux dont certains présentent une plus grande aptitude au phénomène de retrait-gonflement. Il s'agit essentiellement des smectites (famille de minéraux argileux tels que la montmorillonite), de certains interstratifiés, de la vermiculite et de certaines chlorites.

Les conditions d'évolution du sol après dépôt jouent également. Le contexte paléoclimatique auquel le sol a été soumis est susceptible de provoquer une évolution de sa composition minéralogique : une altération en climat chaud et humide (de type intertropical) facilite la formation de minéraux argileux gonflants. L'évolution des contraintes mécaniques appliquées intervient aussi : un dépôt vasard à structure lâche sera plus sensible au retrait qu'un matériau « surconsolidé » (sol ancien ayant subi un chargement supérieur à celui des terrains sus-jacents actuels), lequel présentera plutôt des risques de gonflement.

2.2. Facteurs déclenchants et/ou aggravants

Les facteurs de déclenchement sont ceux dont la présence provoque le phénomène de retrait-gonflement mais qui n'ont d'effet significatif que s'il existe des facteurs de prédisposition préalables. La connaissance des facteurs déclenchants permet de déterminer l'occurrence du phénomène (autrement dit l'aléa et non plus seulement la susceptibilité).

Certains de ces facteurs ont plutôt un rôle aggravant : ils ne suffisent pas à eux seuls à déclencher le phénomène, mais leur présence contribue à en alourdir l'impact.

2.2.1. Phénomènes climatiques

Les variations climatiques constituent le principal facteur de déclenchement. Les deux paramètres importants sont les précipitations et l'évapotranspiration.

En l'absence de nappe phréatique, ces deux paramètres contribuent en effet fortement aux variations de teneurs en eau dans la tranche superficielle des sols (que l'on peut considérer comme les deux premiers mètres sous la surface du sol).

L'évapotranspiration est la somme de l'évaporation (liée aux conditions de température, de vent et d'ensoleillement) et de la transpiration (eau absorbée par la végétation). Elle est mesurée dans quelques stations météorologiques mais ne constitue jamais qu'une approximation puisqu'elle dépend étroitement des conditions locales de végétation.

On raisonne en général sur les hauteurs de pluies efficaces, qui correspondent aux précipitations diminuées de l'évapotranspiration. Malheureusement, il est très difficile de relier la répartition dans le temps des hauteurs de pluies efficaces avec l'évolution des teneurs en eau dans le sol, même si l'on observe évidemment qu'après une période de sécheresse prolongée la teneur en eau dans la tranche superficielle de sol a tendance à diminuer tandis que l'épaisseur de la tranche de sol concernée par la dessiccation augmente, et ceci d'autant plus que cette période se prolonge.

On peut établir des bilans hydriques en prenant en compte la quantité d'eau réellement infiltrée (ce qui suppose d'estimer non seulement l'évaporation mais aussi le ruissellement), mais toute la difficulté est de connaître la réserve utile des sols, c'est-à-dire leur capacité à emmagasiner de l'eau et à la restituer ensuite (par évaporation ou en la transférant à la végétation par son système racinaire). Les bilans établis selon la méthode de Thornthwaite supposent arbitrairement que la réserve utile des sols est pleine en début d'année, alors que les évolutions de celle-ci peuvent être très variables.

2.2.2. Actions anthropiques

Certains sinistres « sécheresse » ne sont pas déclenchés par un phénomène climatique, par nature imprévisible, mais par une action humaine.

Des travaux d'aménagement, en modifiant la répartition des écoulements superficiels et souterrains, ainsi que les possibilités d'évaporation naturelle, peuvent entraîner des modifications dans l'évolution des teneurs en eau de la tranche de sol superficielle.

La mise en place de drains à proximité d'un bâtiment peut provoquer un abaissement local des teneurs en eau et entraîner des mouvements différentiels au voisinage. Inversement, une fuite dans un réseau enterré augmente localement la teneur en eau et peut provoquer, outre une érosion localisée, un gonflement du sol qui déstabilisera un bâtiment situé à proximité. Dans le cas d'une conduite d'eaux usées, le phénomène peut d'ailleurs être aggravé par la présence de certains ions qui modifient le comportement mécanique des argiles et accentuent leurs déformations.

La concentration d'eau pluviale ou de ruissellement au droit de la construction joue en particulier un rôle pathogène déterminant.

Par ailleurs, la présence de sources de chaleur en sous-sol (four ou chaudière) à proximité d'un mur peut dans certains cas accentuer la dessiccation du sol dans le voisinage immédiat et entraîner l'apparition de désordres localisés.

Enfin, des défauts de conception de la construction tant au niveau des fondations (ancrage à des niveaux différents, bâtiment construit sur sous-sol partiel, etc.) que de la structure elle-même (par exemple, absence de joints entre bâtiments accolés mais fondés de manière différente) constituent un facteur aggravant indéniable qui explique l'apparition de désordres sur certains bâtiments, même en période de sécheresse à caractère non exceptionnel.

2.2.3. Conditions hydrogéologiques

La présence ou non d'une nappe, ainsi que l'évolution de son niveau en période de sécheresse, jouent un rôle important dans les manifestations du phénomène de retrait-gonflement.

La présence d'une nappe permanente à faible profondeur (c'est-à-dire à moins de 4 m sous le terrain naturel) permet en général d'éviter la dessiccation de la tranche de sol superficielle.

Inversement, le rabattement de la nappe (sous l'influence de pompages situés à proximité, ou du fait d'un abaissement généralisé du niveau) ou le tarissement des circulations d'eau superficielles en période de sécheresse provoque une aggravation de la dessiccation dans la tranche de sol soumise à l'évaporation.

Pour exemple, dans le cas d'une formation argileuse surmontant une couche sableuse habituellement saturée en eau, le dénoyage de cette dernière provoque l'arrêt des remontées capillaires dans le terrain argileux et contribue à sa dessiccation.

2.2.4. Topographie

Hormis les phénomènes de reptation en fonction de la pente, les constructions sur terrain pentu peuvent être propices à l'apparition de désordres issus de mouvements différentiels du terrain d'assise sous l'effet de retrait-gonflement.

En effet, plusieurs caractères propres à ces terrains sont à considérer :

- le ruissellement naturel limite leur recharge en eau, ce qui accentue le phénomène de dessiccation du sol ;
- un terrain en pente exposé au sud sera plus sensible à l'évaporation, du fait de l'ensoleillement, qu'un terrain plat ou exposé différemment ;
- les fondations étant généralement descendues partout à la même cote se trouvent de fait ancrées plus superficiellement du côté aval ;
- enfin, les fondations d'un bâtiment sur terrain pentu se comportent comme une barrière hydraulique vis-à-vis des circulations d'eaux dans les couches superficielles le long du versant. Le sol à l'amont tend donc à conserver une teneur en eau plus importante qu'à l'aval.

2.2.5. Végétation

La présence de végétation arborée à proximité d'un édifice construit sur sol sensible peut, à elle seule, constituer un facteur déclenchant, même si, le plus souvent, elle n'est qu'un élément aggravant.

Les racines des arbres soutirent l'eau contenue dans le sol, par un mécanisme de succion. Cette succion crée une dépression locale autour du système racinaire, ce qui se traduit par un gradient de teneur en eau dans le sol. Celui-ci étant en général faiblement perméable du fait de sa nature argileuse, le rééquilibrage des teneurs en eau est très lent.

Ce phénomène de succion peut alors provoquer un tassement localisé du sol autour de l'arbre. Si la distance au bâtiment n'est pas suffisante, cela peut entraîner des désordres au niveau des fondations, et à terme sur la bâtisse elle-même.

On considère en général que l'influence d'un arbre adulte se fait sentir jusqu'à une distance égale à une fois et demi sa hauteur. Les racines seront naturellement incitées à se développer en direction de la maison puisque celle-ci limite l'évaporation et maintient donc sous sa surface une zone de sol plus humide. Contrairement au processus d'évaporation qui affecte surtout la tranche superficielle des deux premiers mètres, les racines d'arbres ont une influence jusqu'à 4 à 5 m de profondeur, voire davantage.

Le phénomène sera d'autant plus important que l'arbre est en pleine croissance et qu'il a besoin de plus d'eau. Ainsi on considère qu'un peuplier ou un saule adulte a besoin de 300 litres d'eau par jour en été. En France, les arbres considérés comme les plus dangereux

du fait de leur influence sur les phénomènes de retrait, sont les chênes, les peupliers, les saules et les cèdres. Des massifs de buissons ou arbustes situés près des façades peuvent cependant causer aussi des dégâts.

Par ailleurs, des risques importants de désordres par gonflement de sols argileux sont susceptibles d'apparaître, souvent plusieurs années après la construction de bâtiments, lorsque ces derniers ont été implantés sur des terrains anciennement boisés et qui ont été défrichés pour les besoins du lotissement. La présence de ces arbres induisait en effet une modification importante de l'équilibre hydrique du sol, et ceci sur plusieurs mètres de profondeur. Leur suppression se traduit par une diminution progressive de la succion, l'eau infiltrée n'étant plus absorbée par le système racinaire. Il s'ensuit un réajustement du profil hydrique, susceptible d'entraîner l'apparition d'un gonflement lent mais continu.

2.3. Mécanismes et manifestations des désordres

Les mouvements différentiels du terrain d'assise d'une construction se traduisent par l'apparition de désordres qui affectent l'ensemble du bâti et qui sont en général les suivants :

Gros-œuvre :

- fissuration des structures enterrées ou aériennes ;
- déversement de structures fondées de manière hétérogène ;
- désencastrement des éléments de charpente ou de chaînage ;
- dislocation des cloisons.

Second-œuvre :

- distorsion des ouvertures ;
- décollement des éléments composites (carrelage, plâtres...) ;
- rupture de tuyauteries et canalisations.

Aménagement extérieur :

- fissuration des terrasses ;
- décollement des bâtiments annexes, terrasses, perrons ;

La nature, l'intensité et la localisation de ces désordres dépendent de la structure de la construction, du type de fondation réalisée et bien sûr de l'importance des mouvements différentiels de terrain subis.

L'exemple type de la maison sinistrée par la sécheresse est :

- une maison individuelle (structure légère) ;
- à simple rez-de-chaussée avec dallage sur terre-plein voire sous-sol partiel ;
- fondée de façon relativement superficielle, généralement sur des semelles continues, peu ou non armées et peu profondes (inférieur à 80 cm) ;
- avec une structure en maçonnerie peu rigide, sans chaînage horizontal ;

et reposant sur un sol argileux.

ANNEXE 3

Liste des arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle au titre de mouvements différentiels de sols liés au retrait-gonflement des argiles, pris dans le département des Bouches-du-Rhône à la date du 31 mai 2007
(données www.prim.net)

INSEE	Commune	Date début	Date fin	Date arrêté	Date JO
13001	Aix-en-Provence	01/05/1989	31/12/1991	18/05/1993	12/06/1993
		01/01/1992	28/02/1993	30/06/1994	09/07/1994
		01/01/1993	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/2002	30/06/2002	11/01/2005	01/02/2005
13002	Allauch	01/05/1989	31/12/1991	25/01/1993	07/02/1993
		01/01/1992	31/08/1993	06/12/1993	28/12/1993
		01/09/1993	31/10/1998	23/02/1999	10/03/1999
13005	Aubagne	01/09/1988	30/04/1989	18/08/1995	08/09/1995
		01/05/1989	31/12/1990	14/01/1992	05/02/1992
		01/01/1991	30/09/1993	03/03/1995	17/03/1995
		01/10/1993	31/12/1998	19/05/1999	05/06/1999
		01/01/2002	30/06/2002	25/08/2004	26/08/2004
13013	Belcodène	01/05/1989	31/12/1992	06/12/1993	28/12/1993
13014	Berre-l'étang	01/01/1998	30/06/1998	01/08/2002	22/08/2002
13015	Bouc-Bel-Air	01/05/1989	31/12/1990	14/01/1992	05/02/1992
		01/01/1991	31/08/1993	27/05/1994	10/06/1994
		01/09/1993	31/05/1998	18/09/1998	03/10/1998
		01/06/2001	30/06/2001	30/04/2002	05/05/2002
13016	Bouilladisse	01/05/1989	31/12/1991	25/01/1993	07/02/1993
		01/01/1992	30/04/1997	02/02/1998	18/02/1998
		01/01/1998	30/06/1998	30/04/2002	05/05/2002

*PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de La Fare-les-Oliviers
(Bouches-du-Rhône)*

NOTE DE PRESENTATION

INSEE	Commune	Date début	Date fin	Date arrêté	Date JO
13019	Cabriès	01/05/1989	31/12/1991	25/01/1993	07/02/1993
		01/01/1992	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/2002	30/06/2002	25/08/2004	26/08/2004
13020	Cadolive	01/05/1989	30/09/1993	03/03/1995	17/03/1995
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
13025	Châteauneuf-le-Rouge	01/01/1992	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/2002	30/06/2002	25/08/2004	26/08/2004
13031	Destrousse	01/06/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
13032	Éguilles	01/05/1989	31/12/1992	06/12/1993	28/12/1993
		01/01/1993	31/12/1998	19/05/1999	05/06/1999
13033	Ensuès-la-Redonne	01/06/1989	30/06/1991	17/12/2002	08/01/2003
		01/01/1992	30/06/1993	17/12/2002	08/01/2003
		01/01/1998	30/06/1998	17/12/2002	08/01/2003
13036	Eyragues	01/01/1990	30/06/1991	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1992	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
13037	Fare-les-Oliviers	01/05/1989	31/12/1991	16/08/1993	03/09/1993
		01/01/1992	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/2002	30/06/2002	25/08/2004	26/08/2004
13039	Fos-sur-Mer	01/05/1989	31/12/1992	30/06/1994	09/07/1994
13040	Fuveau	01/05/1989	31/12/1991	16/08/1993	03/09/1993
		01/01/1992	31/10/1998	23/02/1999	10/03/1999
13041	Gardanne	01/05/1989	31/12/1991	25/01/1993	07/02/1993
		01/01/1992	31/10/1998	23/02/1999	10/03/1999
		01/01/2002	30/06/2002	25/08/2004	26/08/2004
13042	Gémenos	01/01/1998	30/06/1998	06/07/2001	18/07/2001
13043	Gignac-la-Nerthe	01/05/1989	31/12/1992	08/01/1996	28/01/1996
		01/01/1993	31/10/1998	23/02/1999	10/03/1999
		01/01/2002	30/06/2002	03/10/2003	19/10/2003
13046	Gréasque	01/05/1989	31/12/1991	25/01/1993	07/02/1993
		01/01/1992	31/08/1993	27/05/1994	10/06/1994
		01/09/1993	31/10/1998	23/02/1999	10/03/1999
		01/01/2002	30/06/2002	25/08/2004	26/08/2004
13051	Lançon-Provence	01/05/1989	30/09/1998	23/02/1999	10/03/1999
		01/01/2002	30/06/2002	03/10/2003	19/10/2003
13054	Marignane	01/05/1989	31/12/1991	30/06/1994	09/07/1994
		01/01/1992	31/12/1997	12/06/1998	01/07/1998
		01/01/1998	30/06/1998	12/03/2002	28/03/2002
		01/01/1998	30/06/1998	30/04/2002	05/05/2002
		01/01/2002	30/06/2002	25/08/2004	26/08/2004
13055	Marseille	01/05/1989	31/12/1991	25/01/1993	07/02/1993
		01/01/1992	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/2002	30/06/2002	25/08/2004	26/08/2004
13056	Martigues	01/05/1989	31/12/1991	25/01/1993	07/02/1993
		01/01/1992	31/10/1998	23/02/1999	10/03/1999
13060	Meyreuil	01/05/1989	30/06/1991	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1992	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
13062	Mimet	01/05/1989	31/12/1991	25/01/1993	07/02/1993
		01/01/1992	31/12/1992	06/09/1993	19/09/1993
		01/01/1992	30/09/1994	03/04/1996	17/04/1996
		01/10/1994	31/10/1998	23/02/1999	10/03/1999
		01/01/2002	30/06/2002	11/01/2005	01/02/2005
13070	Penne-sur-Huveaune	01/09/1988	31/12/1995	01/10/1996	17/10/1996
		01/01/1996	31/12/1998	22/06/1999	14/07/1999
		01/01/2002	30/06/2002	03/10/2003	19/10/2003
13071	Pennes-Mirabeau	01/05/1989	31/03/1997	17/12/1997	30/12/1997
		01/01/1998	30/06/1998	30/04/2002	05/05/2002

*PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de La Fare-les-Oliviers
(Bouches-du-Rhône)*

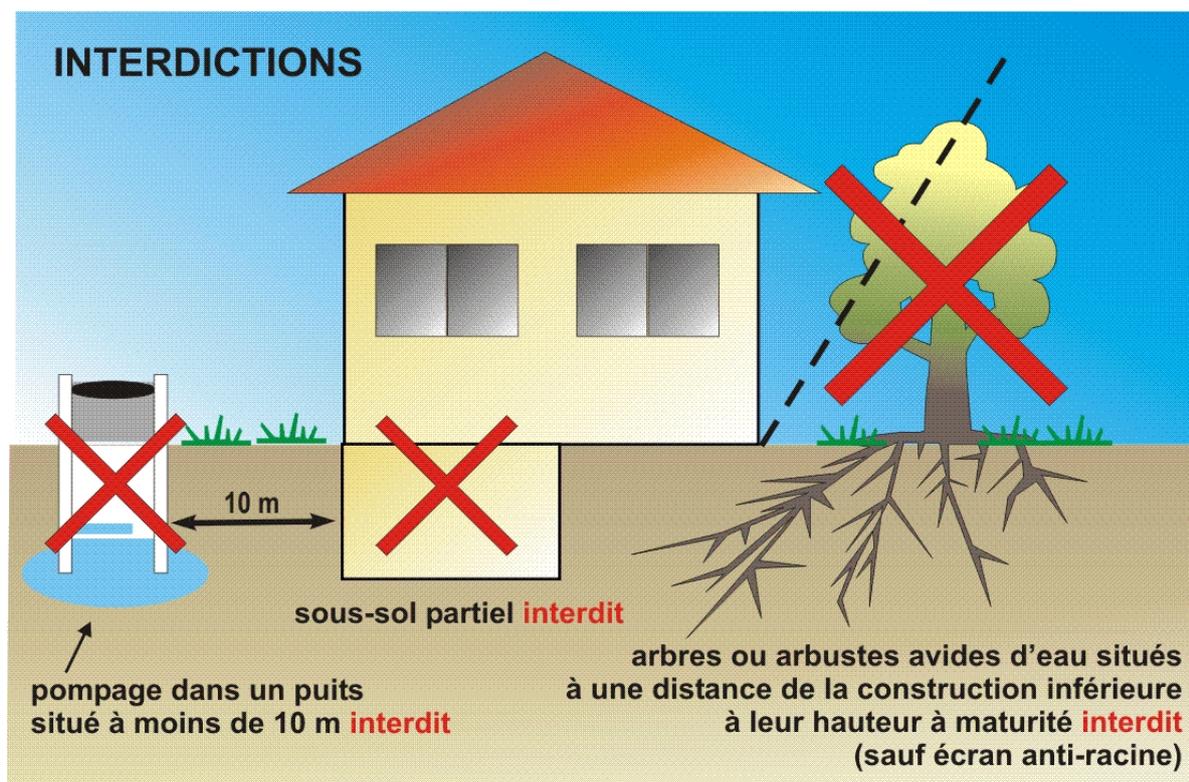
NOTE DE PRESENTATION

INSEE	Commune	Date début	Date fin	Date arrêté	Date JO
13072	Peynier	01/05/1989	31/12/1990	14/01/1992	05/02/1992
		01/01/1991	30/06/1991	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1992	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1994	28/02/1994	15/11/1994	24/11/1994
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/2002	30/06/2002	30/04/2003	22/05/2003
13073	Peypin	01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/2002	30/06/2002	30/04/2003	22/05/2003
13075	Plan-de-Cuques	01/05/1989	31/12/1992	06/12/1993	28/12/1993
		01/01/1993	30/09/1993	03/03/1995	17/03/1995
		01/10/1993	31/10/1998	23/02/1999	10/03/1999
13077	Port-de-Bouc	01/01/1991	30/06/1991	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1992	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
13081	Rognac	01/05/1989	31/12/1991	25/01/1993	07/02/1993
		01/01/1992	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
13084	Roque-d'Anthéron	01/05/1989	30/04/1997	09/04/1998	23/04/1998
		01/01/1998	30/06/1998	06/07/2001	18/07/2001
13085	Roquefort-la-Bédoule	01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
13086	Roquevaire	01/05/1989	31/12/1992	06/12/1993	28/12/1993
		01/01/1993	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
13087	Rousset	01/09/1988	31/12/1991	15/11/1994	24/11/1994
		01/01/1992	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
13088	Rove	01/05/1989	31/12/1992	06/12/1993	28/12/1993
		01/01/1993	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/2002	30/06/2002	30/04/2003	22/05/2003
13101	Saint-Savournin	01/05/1989	31/12/1992	06/12/1993	28/12/1993
		01/01/1993	31/10/1998	23/02/1999	10/03/1999
		01/01/2002	30/06/2002	25/08/2004	26/08/2004
13102	Saint-Victoret	01/05/1989	30/04/1998	18/09/1998	03/10/1998
		01/05/1998	30/06/1998	29/10/2002	09/11/2002
13104	Sausset-les-Pins	01/05/1989	30/06/1991	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1992	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/2002	30/06/2002	03/10/2003	19/10/2003
13107	Simiane-Collongue	01/05/1989	31/12/1992	06/12/1993	28/12/1993
		01/01/1993	31/12/1998	19/03/1999	03/04/1999
		01/01/2002	30/06/2002	25/08/2004	26/08/2004
13110	Trets	01/05/1989	31/12/1991	16/08/1993	03/09/1993
		01/01/1992	30/09/1993	03/03/1995	17/03/1995
		01/10/1993	31/03/1998	10/08/1998	22/08/1998
		01/04/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/2002	30/06/2002	30/04/2003	22/05/2003
13112	Velaux	01/05/1989	31/12/1991	25/01/1993	07/02/1993
		01/01/1992	30/04/1993	24/10/1995	31/10/1995
		01/05/1993	31/10/1998	23/02/1999	10/03/1999
		01/01/2002	30/06/2002	25/08/2004	26/08/2004
13113	Venelles	01/05/1989	31/12/1993	18/03/1996	17/04/1996
		01/10/1994	31/12/1998	19/05/1999	05/06/1999
13114	Ventabren	01/05/1989	31/12/1991	25/01/1993	07/02/1993
		01/01/1992	31/12/1997	15/07/1998	29/07/1998
		01/01/1998	30/06/1998	01/08/2002	22/08/2002
13117	Vitrolles	01/01/1998	30/06/1998	29/10/2002	09/11/2002
13118	Coudoux	01/05/1989	31/12/1991	16/08/1993	03/09/1993
		01/01/1992	31/12/1998	22/06/1999	14/07/1999
		01/01/2002	30/06/2002	25/08/2004	26/08/2004
13119	Carnoux-en-Provence	01/01/1998	30/06/1998	17/12/2002	08/01/2003

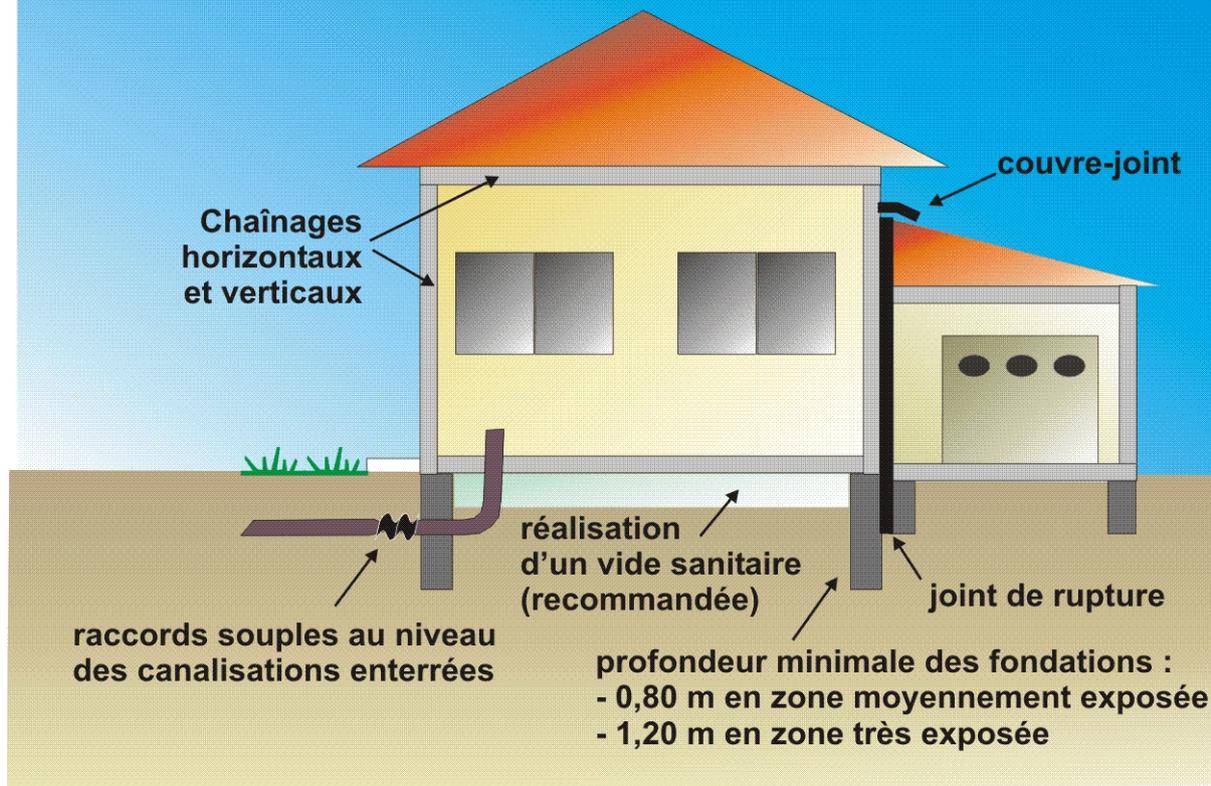
ANNEXE 4

Illustration des principales dispositions réglementaires de prévention des risques de mouvements de terrain différentiels liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles

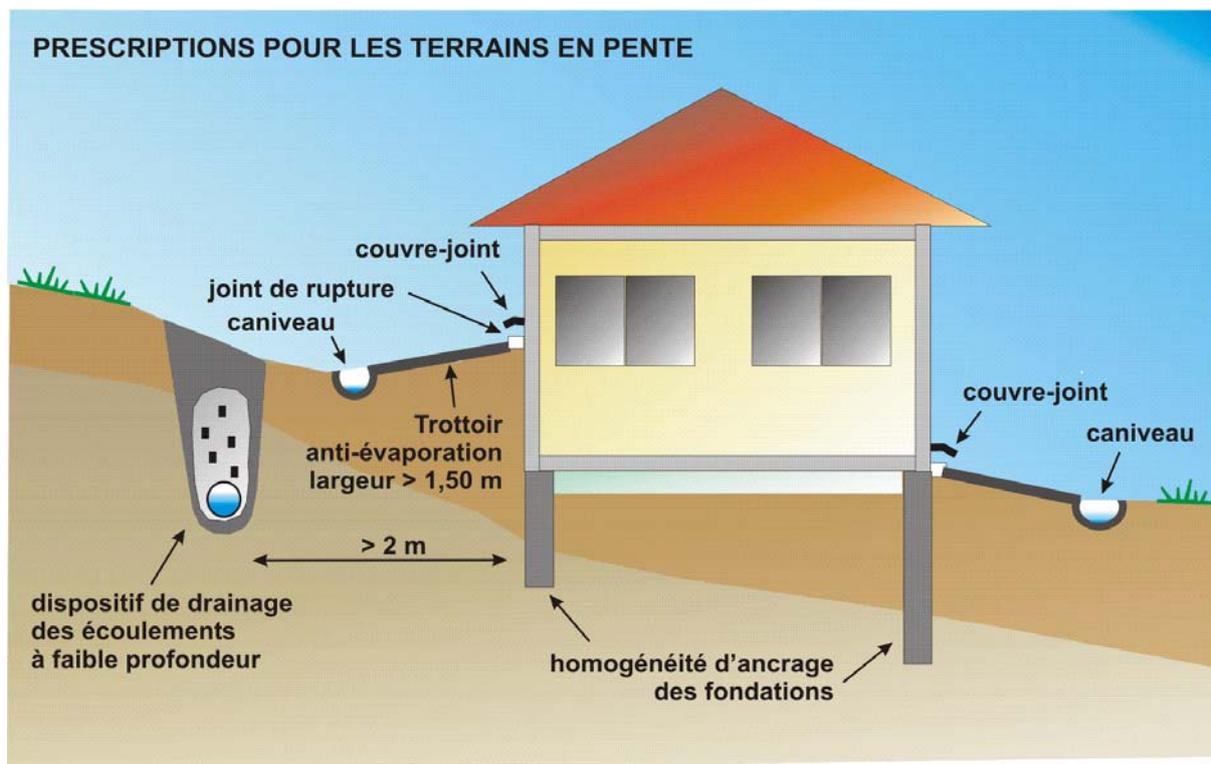
Les illustrations qui suivent présentent une partie des prescriptions et recommandations destinées à s'appliquer dans les zones réglementées par le PPR. Suivant le type de construction (existante ou projetée) certaines de ces mesures sont obligatoires, d'autres non, et l'on se reportera donc au règlement pour obtenir toutes les précisions nécessaires.

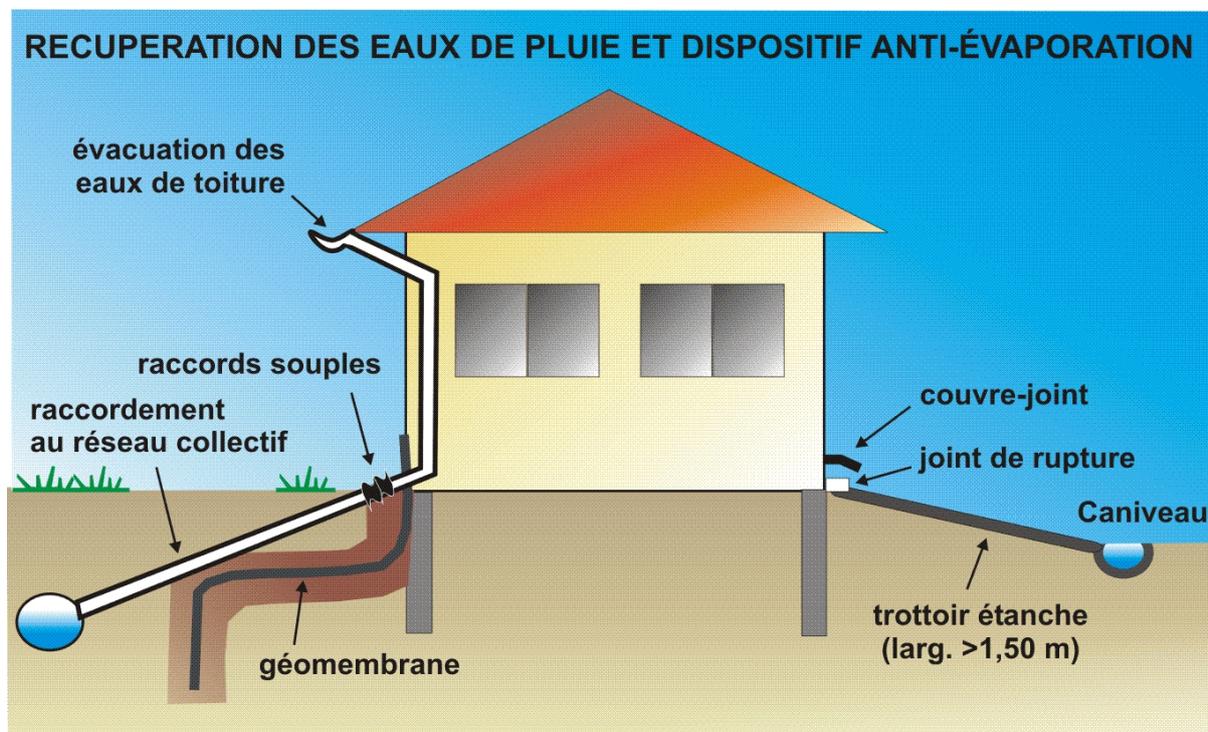
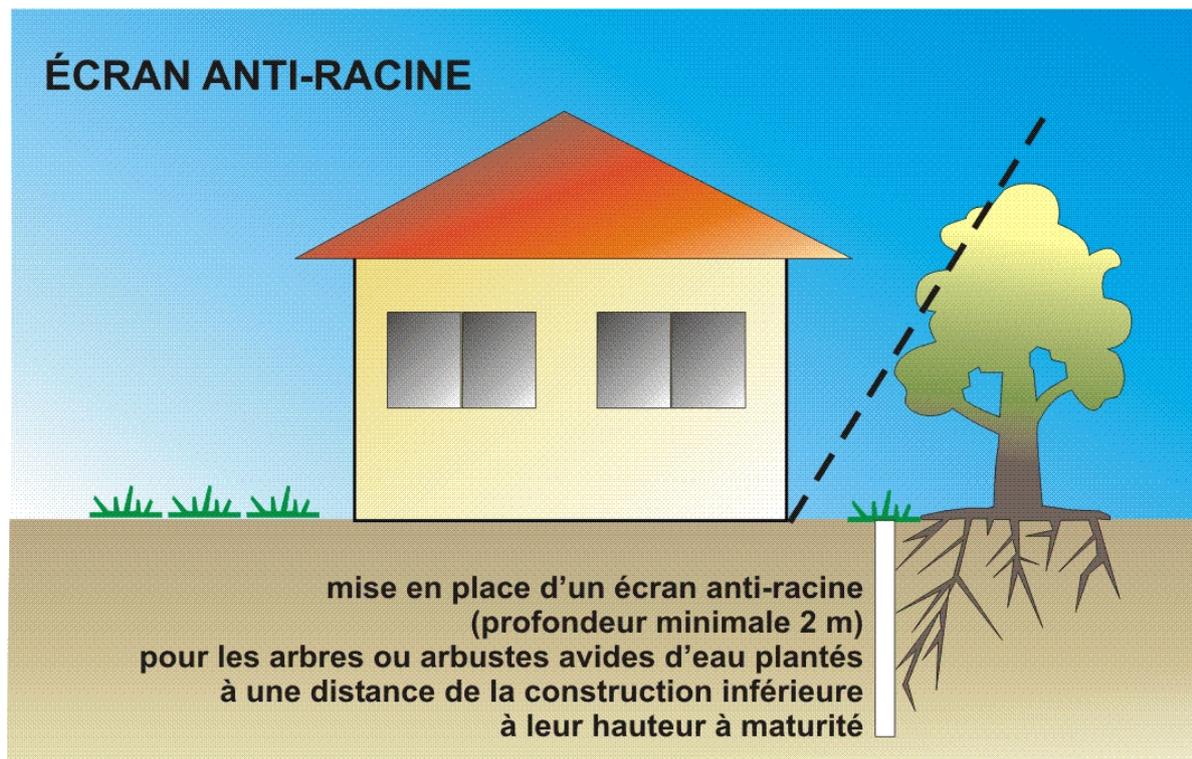


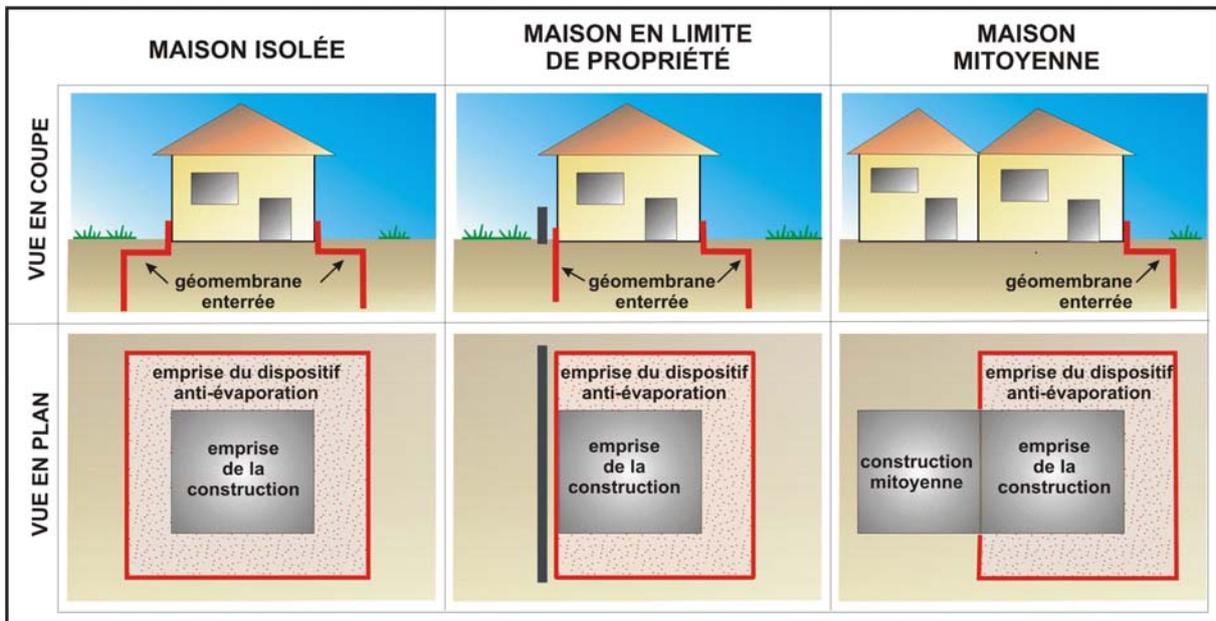
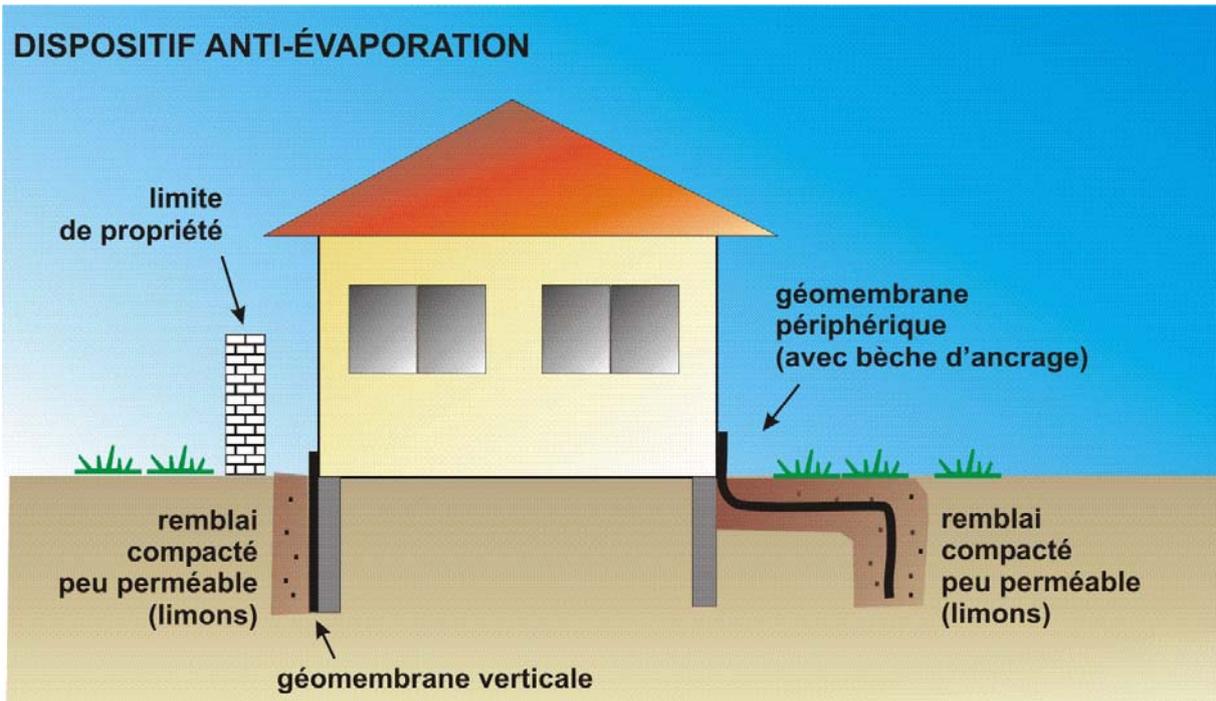
PRESCRIPTIONS POUR LES CONSTRUCTIONS NEUVES



PRESCRIPTIONS POUR LES TERRAINS EN PENTE







ANNEXE 5

Extraits de la norme AFNOR NF P 94-500 (décembre 2006)

Intitulée : « Missions géotechniques – Classifications et spécifications »

Cette norme «définit les différentes missions susceptibles d'être réalisées par les géotechniciens à la demande d'un maître d'ouvrage ou d'un constructeur. [Elle] donne une classification de ces missions. [Elle] précise le contenu et définit les limites des six missions géotechniques types : réalisation des sondages et essais, étude de faisabilité géotechnique, étude de projet géotechnique, étude géotechnique d'exécution, diagnostic géotechnique avec ou sans sinistre, ainsi que l'enchaînement recommandé des missions au cours de la conception, de la réalisation et de la vie d'un ouvrage ou d'un aménagement de terrain».

Classification des missions géotechniques types : elle est donnée par le schéma ci-dessous et le tableau en page suivante.

Étape	Phase d'avancement du projet	Missions d'ingénierie géotechnique	Objectifs en termes de gestion des risques liés aux aléas géologiques	Prestations d'investigations géotechniques *
1	Étude préliminaire Étude d'esquisse	Étude géotechnique préliminaire de site (G11)	Première identification des risques	Fonction des données existantes
	Avant projet	Étude géotechnique d'avant-projet (G12)	Identification des aléas majeurs et principes généraux pour en limiter les conséquences	Fonction des données existantes et de l'avant-projet
2	Projet Assistance aux Contrats de Travaux (ACT)	Étude géotechnique de projet (G2)	Identification des aléas importants et dispositions pour en réduire les conséquences	Fonction des choix constructifs
3	Exécution	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3)	Identification des aléas résiduels et dispositions pour en limiter les conséquences	Fonction des méthodes de construction mises en œuvre
		Supervision géotechnique d'exécution (G4)		Fonction des conditions rencontrées à l'exécution
Cas particulier	Étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques	Diagnostic géotechnique (G5)	Analyse des risques liés à ces éléments géotechniques	Fonction de la spécificité des éléments étudiés

* NOTE À définir par l'ingénierie géotechnique chargée de la mission correspondante.

Tableau - Classification des missions géotechniques types

<p>L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique doit suivre les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géologiques. Chaque mission s'appuie sur des investigations géotechniques spécifiques.</p> <p>Il appartient au maître d'ouvrage ou à son mandataire de veiller à la réalisation successive de toutes ces missions par une ingénierie géotechnique.</p>
<p>ÉTAPE 1 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES PRELABLES (G1)</p> <p>Ces missions excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre d'une mission d'étude géotechnique de projet (étape 2). Elles sont normalement à la charge du maître d'ouvrage.</p> <p>ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE (G11)</p> <p>Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire ou d'esquisse et permet une première identification des risques géologiques d'un site :</p> <ul style="list-style-type: none"> — Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours. — Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un rapport avec un modèle géologique préliminaire, certains principes généraux d'adaptation du projet au site et une première identification des risques. <p>ÉTUDE GÉOTECHNIQUE D'AVANT PROJET (G12)</p> <p>Elle est réalisée au stade de l'avant projet et permet de réduire les conséquences des risques géologiques majeurs identifiés :</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, certains principes généraux de construction (notamment terrassements, soutènements, fondations, risques de déformation des terrains, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisinants). <p>Cette étude sera obligatoirement complétée lors de l'étude géotechnique de projet (étape 2).</p>
<p>ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE PROJET (G2)</p> <p>Elle est réalisée pour définir le projet des ouvrages géotechniques et permet de réduire les conséquences des risques géologiques importants identifiés. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage et peut être intégrée à la mission de maîtrise d'œuvre générale.</p> <p>Phase Projet</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir une synthèse actualisée du site et les notes techniques donnant les méthodes d'exécution proposées pour les ouvrages géotechniques (notamment terrassements, soutènements, fondations, dispositions vis-à-vis des nappes et avoisinants) et les valeurs seuils associées, certaines notes de calcul de dimensionnement niveau projet. — Fournir une approche des quantités/délais/coûts d'exécution de ces ouvrages géotechniques et une identification des conséquences des risques géologiques résiduels. <p>Phase Assistance aux Contrats de Travaux</p> <ul style="list-style-type: none"> — Établir les documents nécessaires à la consultation des entreprises pour l'exécution des ouvrages géotechniques (plans, notices techniques, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel). — Assister le client pour la sélection des entreprises et l'analyse technique des offres.
<p>ÉTAPE 3 : EXÉCUTION DES OUVRAGES GÉOTECHNIQUES (G3 et G 4, distinctes et simultanées)</p> <p>ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXÉCUTION (G3)</p> <p>Se déroulant en 2 phases interactives et indissociables, elle permet de réduire les risques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures d'adaptation ou d'optimisation. Elle est normalement confiée à l'entrepreneur.</p> <p>Phase Étude</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment validation des hypothèses géotechniques, définition et dimensionnement (calculs justificatifs), méthodes et conditions d'exécution (phasages, suivis, contrôles, auscultations en fonction des valeurs seuils associées, dispositions constructives complémentaires éventuelles), élaborer le dossier géotechnique d'exécution. <p>Phase Suivi</p> <ul style="list-style-type: none"> — Suivre le programme d'auscultation et l'exécution des ouvrages géotechniques, déclencher si nécessaire les dispositions constructives prédéfinies en phase Étude. — Vérifier les données géotechniques par relevés lors des excavations et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats). — Participer à l'établissement du dossier de fin de travaux et des recommandations de maintenance des ouvrages géotechniques. <p>SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXÉCUTION (G4)</p> <p>Elle permet de vérifier la conformité aux objectifs du projet, de l'étude et du suivi géotechniques d'exécution. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage.</p> <p>Phase Supervision de l'étude d'exécution</p> <ul style="list-style-type: none"> — Avis sur l'étude géotechnique d'exécution, sur les adaptations ou optimisations potentielles des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, sur le programme d'auscultation et les valeurs seuils associées. <p>Phase Supervision du suivi d'exécution</p> <ul style="list-style-type: none"> — Avis, par interventions ponctuelles sur le chantier, sur le contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur, sur le comportement observé de l'ouvrage et des avoisinants concernés et sur l'adaptation ou l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur.
<p>DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)</p> <p>Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, rabattement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans d'autres éléments géotechniques. <p>Des études géotechniques de projet et/ou d'exécution, de suivi et supervision, doivent être réalisées ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique, si ce diagnostic conduit à modifier ou réaliser des travaux.</p>

Annexe 3 - Exemple de Plan de Prévention des Risques naturels concernant les mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles - Commune de la Fare-les-Oliviers - Proposition de règlement (document type)

Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR)

Mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du- Rhône

Commune de LA-FARE-LES-OLIVIERS

Règlement



PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de La Fare-les-Oliviers
(Bouches-du-Rhône) REGLEMENT

**PLAN DE PREVENTION DES RISQUES
NATURELS PREVISIBLES (PPR)
MOUVEMENTS DIFFERENTIELS DE TERRAIN LIES AU
PHENOMENE DE
RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES**

**Commune de LA-FARE-LES-OLIVIERS
(BOUCHES-DU-RHÔNE)**

REGLEMENT

TITRE I

PORTEE DU REGLEMENT P.P.R.

DISPOSITIONS GENERALES

I.1- Champ d'application

Le présent règlement s'applique à la Commune de **la Fare-les-Oliviers**. Il détermine les mesures de prévention à mettre en oeuvre pour réduire le risque naturel **mouvements de terrain** différentiels liés au phénomène de **retrait-gonflement des sols argileux**. Il fixe les dispositions applicables aux biens et activités existants ainsi qu'à l'implantation de toutes constructions et installations, à l'exécution de tous travaux et à l'exercice de toutes activités, sans préjudice de l'application des autres législations et réglementations en vigueur.

En application de l'article L.562 du code de l'Environnement et conformément à l'article 3.2 du décret n° 95-1089 du 5 Octobre 1995 modifié, le plan de zonage comprend les zones suivantes délimitées en fonction de l'intensité des risques encourus:

PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de La Fare-les-Oliviers
(Bouches-du-Rhône) REGLEMENT

- une zone bleu foncé fortement exposée (B1),
- une zone bleu clair, faiblement à moyennement exposée (B2)
- une zone grise faiblement exposée et n'ayant pas vocation à recevoir majoritairement de nouvelles constructions de maisons individuelles (B3)

En application de l'article L.562-1 du code de l'environnement, le présent règlement fixe les dispositions applicables aux biens et activités existants ainsi qu'à l'implantation de toutes constructions et installations, à l'exécution de tous travaux et à l'exercice de toutes activités, sans préjudice de l'application des autres législations et réglementations en vigueur.

I.1.1 Objectifs

Le règlement du Plan de Prévention des Risques retrait-gonflement des sols argileux a pour vocation essentielle de réduire la vulnérabilité des constructions et de diminuer le coût des sinistres par des règles simples n'entraînant pas un surcoût important.

Le présent règlement s'applique à l'ensemble du territoire de la commune de **la Fare-les-Oliviers**.

Il détermine les mesures de prévention à mettre en oeuvre pour les risques naturels prévisibles pris en compte, à savoir le phénomène de retrait-gonflement des argiles.

I.2- Effets du P.P.R.

Le P.P.R. vaut servitude d'utilité publique en application de l'article L.562-4 du code de l'Environnement. A ce titre, il doit être annexé au Plan Local d'Urbanisme, conformément à l'article R 126.1 du code de l'urbanisme.

Dans tout le périmètre du P.P.R., les conditions spéciales ci-après s'imposent en sus des règles définies au Plan Local d'Urbanisme (P.L.U.), ou d'une Zone d'Aménagement Concerté (Z.A.C.).

En application de l'article 5 du décret n° 95-1089 du 5 octobre 1995 modifié par le décret 2005-3 du 4 janvier 2005, les mesures de prévention prévues par le plan de prévention des risques naturels prévisibles concernant les biens existants antérieurement à la publication de ce plan ne peuvent entraîner un coût supérieur à **10%** de la valeur vénale ou estimée à la date d'approbation du présent P.P.R..

Pour les biens et activités implantés antérieurement à la publication de ce plan, le propriétaire ou l'exploitant dispose, selon les dispositions, d'un délai maximum de **cinq ans** pour se conformer au présent règlement.

La date de référence pour les "constructions existantes" visées dans le corps de règles des deux zones, est celle de l'approbation du présent P.P.R.

La publication du plan est réputée faite le trentième jour d'affichage en mairie de l'acte d'approbation (article 5 du décret n° 2005-3 du 4 janvier 2005).

PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de La Fare-les-Oliviers
(Bouches-du-Rhône) REGLEMENT

Le respect des dispositions du P.P.R. conditionne la possibilité pour l'assuré de bénéficier de la réparation des dommages matériels directement occasionnés par l'intensité anormale d'un agent naturel, lorsque l'état de catastrophe naturelle sera constaté par arrêté interministériel.

Les maîtres d'ouvrage qui s'engagent à respecter les règles de construction lors du dépôt de permis de construire et les professionnels chargés de réaliser les projets sont responsables des études ou dispositions qui relèvent du Code de la Construction en application de son article R 126-1. Néanmoins il apparaît nécessaire lors de la délivrance d'une autorisation (de construire, de lotir, etc.) que l'autorité compétente en la matière rappelle, au maître d'ouvrage, au delà du visa, par note distincte, l'existence des dispositions qu'il lui appartient de respecter et, le cas échéant, les moyens de les mettre en œuvre. Il s'agit là d'un souci de bonne administration mais aussi de l'exercice des compétences de l'Etat et des Maires au titre du droit de l'information des citoyens sur le risque (article 21 de la loi du 22 juillet 1987).

La nature et les conditions d'exécution des techniques de prévention prises pour l'application du présent règlement sont définies et mises en œuvre sous la responsabilité du maître d'ouvrage et du maître d'œuvre concernés par les constructions, travaux et installations visés. Ceux-ci sont également tenus d'assurer les opérations de gestion et d'entretien nécessaires pour maintenir la pleine efficacité de ces mesures.

Le non respect des dispositions du P.P.R.:

- est puni des peines prévues à l'article L.480-4 du code de l'urbanisme, en application de l'article L.562-5 du code de l'Environnement,
- permet aux entreprises d'assurances de déroger à certaines règles d'indemnisation en application de l'article L.125-6, du code des assurances.

I.3- Information du public et gestion de crise

Un **Dossier d'Information Communal sur les Risques Majeurs** (DICRIM) dans le respect du droit à l'information des citoyens sur les risques majeurs (codifié dans les articles L 125-2 et L 125-5 et L 563-3 du code de l'environnement) doit être établi **dès la transmission par le préfet** des informations nécessaires à son élaboration. En plus de l'élaboration du DICRIM, le maire doit arrêter les modalités d'affichage des risques et consignes conformément à l'article 6 du décret 90-918 modifié et de l'arrêté du 9 février 2005.

Concernant l'information de la population par les communes, l'article 40 de la loi risque du 30 juillet 2003 dispose que:

"Dans les communes où un P.P.R. a été prescrit ou approuvé, le maire informe la population au moins une fois tous les deux ans, par des réunions publiques communales ou tout autre moyen approprié, sur les caractéristiques du ou des risques naturels connus dans la commune, les mesures de prévention et de sauvegarde possibles, les dispositions du plan, les modalités d'alerte, l'organisation des secours, les mesures prises par la commune pour gérer le risque, ainsi que sur les garanties prévues à l'article L.125-1 du code des assurances. Cette information

PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de La Fare-les-Oliviers
(Bouches-du-Rhône) REGLEMENT

est délivrée avec l'assistance des services de l'Etat compétents, à partir des éléments portés à connaissance du maire par le représentant de l'Etat dans le département, lorsqu'elle est notamment prise en application de la loi 87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs et ne porte pas sur les mesures mises en œuvre par le maire en application de l'article L.2212-2 du code général des collectivités territoriales".

Lors de la vente ou de la location d'un bien immobilier bâti ou non bâti, l'article L.125-5 du code de l'environnement crée, pour le propriétaire de ce bien, **une double obligation d'information des acquéreurs/locataires (IAL) sur:**

- la situation du bien au regard des risques pris en compte dans un **Plan de Prévention des Risques** (P.P.R.) naturels et technologiques prescrit ou approuvé,
- la situation du bien au regard des **zones sismique** réglementaire en vigueur,
- les **sinistres** subis par le bien, à partir des indemnisations consécutives à un événement ayant fait l'objet d'un arrêté de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle ou technologique.

Un **Plan Communal de Sauvegarde** (P.C.S.) (décret 2005-1156 du 13 septembre 2005 relatif au plan communal de sauvegarde pris en application de l'article 13 de la loi du 13 août 2004 de modernisation de la sécurité civile) doit être établi par la commune. Le PCS regroupe l'ensemble des documents de compétence communale contribuant à l'information préventive et à la protection de la population. Il détermine en fonction des risques connus, les mesures immédiates de sauvegarde et de protection des personnes, fixe l'organisation nécessaire à la diffusion de l'alerte et des consignes de sécurité, recense les moyens disponibles et définit la mise en œuvre des mesures d'accompagnement et de soutien de la population. Il doit être compatible avec les plans d'organisation des secours.

TITRE II

DISPOSITIONS APPLICABLES EN ZONES BLEUES (B1 et B2) ET GRISES (B3)

II.1- Mesures applicables aux constructions existantes

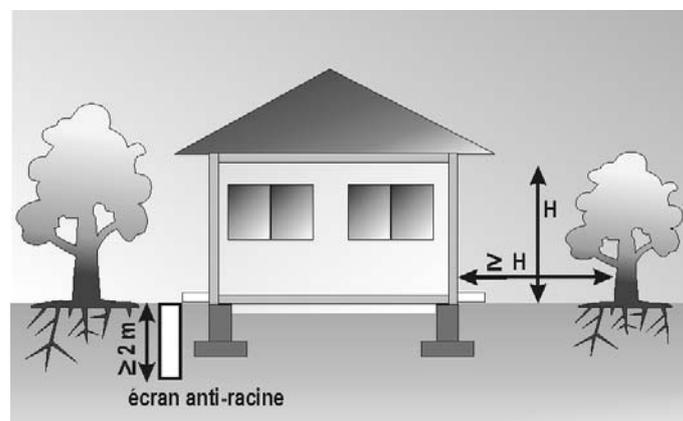
De manière générale les mesures visent des études ou des travaux de modification des biens déjà situés dans les zones réglementées par un PPR au moment de son approbation. Elles concernent l'aménagement, l'utilisation et l'exploitation de tous types de bâtiments, d'ouvrages, d'espaces agricoles ou forestiers. Elles doivent être prises par les propriétaires, exploitants, utilisateurs ou la collectivité. Elles visent essentiellement la limitation des dommages aux biens.

Sauf dispositions particulières résultant d'investigations ou d'études réalisées dans le cadre des missions géotechniques adaptées définies dans la norme en vigueur (à titre indicatif les missions G12 définies dans la norme NF P94 500), les dispositions ci-après s'appliquent aux zones B1, B2 et B3 délimitées sur le plan de zonage réglementaire,

Les mesures définies ci-après visent à limiter les variations hydriques au droit des constructions et à résister aux tassements différentiels.

Article II.1.1. Est rendue immédiatement obligatoire dans les zones B1 et B2, et est fortement recommandée dans la zone B3 :

Le respect d'une distance minimale entre les constructions et toute **nouvelle** plantation d'arbre ou arbuste égale au moins à la hauteur à maturité de ces plantations (1,5 fois en cas de rideau d'arbres ou d'arbustes), sauf mise en place d'un écran anti-racines d'une profondeur minimale de 2 mètres entre l'arbre et toute construction existante. **Cette mesure est à la charge du propriétaire de l'arbre planté.**



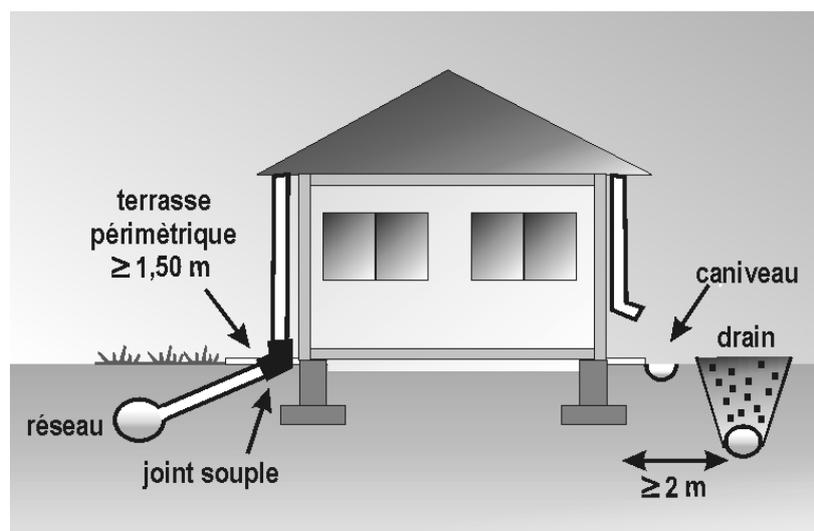
Article II.1.2- Sont rendues immédiatement obligatoires dans la zone B1 et sont recommandées en zones B2 et B3 :

- le respect des mesures préconisées par une étude de faisabilité, en application de la mission géotechnique adaptée dans la norme en vigueur (à titre indicatif les missions G12 définies dans la norme NF P94 500), pour les travaux de déblais ou de remblais modifiant localement la profondeur d'encastrement des fondations ;
- la mise en place de dispositifs assurant l'étanchéité des canalisations d'évacuation des eaux usées ou pluviales (raccords souples, ne pas bloquer la canalisation dans le gros œuvre, éviter les canalisations qui longent les bâtiments...) en cas de remplacement de ces dernières ;
- la limitation de l'action des végétaux sur les terrains sous-jacents des fondations, comme par exemple l'égagement régulier d'arbres ou arbustes implantés à une distance de la construction inférieure à leur hauteur à maturité (1,5 fois en cas de rideau d'arbres ou d'arbustes) ou la mise en place d'un écran anti-racines d'une profondeur minimale de 2 mètres entre l'arbre et la construction. En cas d'arrachage d'arbre, il convient de mettre en œuvre préalablement un élagage progressif jusqu'au retour à l'équilibre hydrique ;

Ces prescriptions s'imposent au propriétaire de la (ou des) construction (s) existantes à l'égard des effets des plantations situées sur les unités foncières de ces constructions ;

Article II.1.3- Est rendue obligatoire dans un délai de 5 ans dans les zones B1 et B2, et est fortement recommandée dans la zone B3 :

la récupération des eaux de ruissellement et son évacuation des abords de la construction par un dispositif de type caniveau afin d'empêcher leur déversement en pied de mur.



Article II.1.4- Sont rendues obligatoires dans la zone B1, sauf prescriptions plus sévères :

le raccordement des rejets d'eaux usées ou pluviales au réseau collectif :

- immédiatement lorsqu'il existe
- dans un délai de 1 an à compter de la mise en service d'un nouveau réseau.

En cas d'absence ou d'insuffisance de ces réseaux et dans un délai de cinq ans, la zone d'épandage de l'assainissement autonome pour les eaux usées et/ou l'exutoire des rejets des eaux pluviales doivent être situés à une distance minimale de 10 mètres de toute construction. Si le respect de cette distance s'avérait impossible, il conviendra de vérifier par une étude, confiée à un bureau compétent, l'impact des épandages ou des rejets, et au besoin de mettre en œuvre les mesures de nature à réduire leurs conséquences. En tout état de cause, le maître d'ouvrage doit veiller à l'assurance d'une maintenance régulière du système et à une vérification périodique de son bon fonctionnement.

Article II.1.5- Sont rendues obligatoires dans un délai de 5 ans dans la zone B1:

- o la mise en place d'un dispositif d'isolation thermique en cas de source de chaleur installée en sous-sol, le long des murs extérieurs ;
- o la mise en place, sur toute la périphérie de la construction, d'un dispositif d'une largeur de 1,5 mètres, s'opposant à l'évaporation, sous la forme d'un écran imperméable sous terre végétale (géomembrane) ou d'un revêtement étanche (terrasse), dont les eaux de ruissellement seront récupérées par un dispositif d'évacuation de type caniveau ; il peut être dérogé à cette prescription en cas d'impossibilité matérielle (maison construite en limite de propriété, par exemple).

Article II.1.6- Est rendue obligatoire dans un délai de 1 an dans la zone B1, dans un délai de 5 ans en zone B2, et est fortement recommandée dans la zone B3 :

l'interdiction de tout pompage, à usage domestique (eau de piscine, eau d'arrosage,...) entre mai et octobre, dans un puits situé à moins de 10 mètres de toute construction et où la profondeur du niveau de l'eau (par rapport au terrain naturel) est inférieure à 10 mètres.

II.2- Mesures applicables aux constructions futures

Un projet est un ensemble de réalisations de constructions, ouvrages, aménagements ou d'exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles. Ainsi les projets d'extension, de changement de destination ou de reconstruction de biens existants après sinistre sont, comme tout projet nécessitant une déclaration préalable ou l'obtention préalable d'un permis de construire ou

PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de La Fare-les-Oliviers
(Bouches-du-Rhône) REGLEMENT

permis d'aménager, réglementés au titre des projets futurs même si cela concerne des biens existants.

Les dispositions ci-après sont définies en application de l'article L.562-1 du code de l'environnement, sans préjudice des règles normatives en vigueur. Elles s'appliquent à l'ensemble des zones à risques délimitées sur le plan de zonage réglementaire, sauf dispositions contraires explicitement mentionnées.

Le présent règlement précise les conditions de réalisation, d'utilisation et d'exploitation. Les conditions de réalisation se traduisent par le respect de règles d'urbanisme et de règles de construction (sous la responsabilité du maître d'ouvrage, du propriétaire, de l'occupant ou de l'utilisateur). Les conditions d'utilisation sont des règles liées à l'usage des biens, ouvrage ou exploitation.

Afin de résister aux tassements différentiels,

Article II.2.1- Mesures applicables aux logements individuels hors permis groupés :

A défaut d'une étude géotechnique couvrant la conception, le pré-dimensionnement et l'exécution des fondations, ainsi que l'adaptation de la construction aux caractéristiques du site, conformément à la mission géotechnique adaptée spécifiée dans la norme en vigueur, les dispositions suivantes :

En matière de sous-sol :

- **est interdite dans les zones B1 et B2 et déconseillée en zone B3 :**

l'exécution d'un sous-sol ne couvrant pas l'intégralité de la surface bâtie, sauf si elle est justifiée par une étude géotechnique spécifique avec réalisation de fondations adaptées.

En matière de fondations :

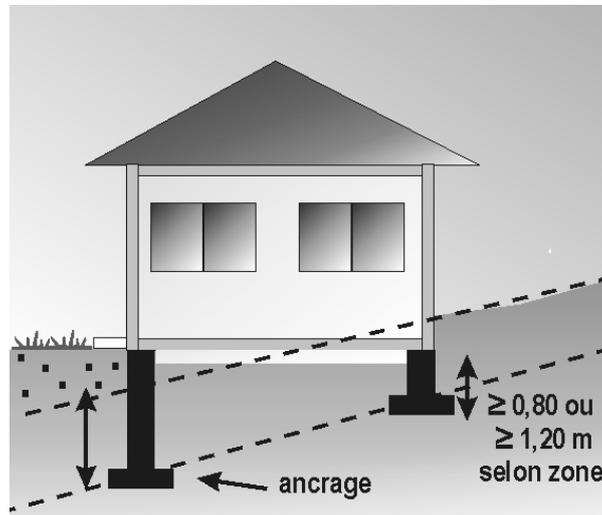
- **sont prescrites dans les zones B1 et B2 et fortement recommandées en zone B3 les mesures suivantes :**
 - la profondeur minimum des fondations est fixée à :
 - 0,80 mètre en zone B2
 - 1,20 mètre en zone B1,sauf rencontre de sols durs non argileux à une profondeur inférieure ;

en zone B3, il est recommandé une profondeur minimum des fondations de 0,80 mètre ;



PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de La Fare-les-Oliviers
(Bouches-du-Rhône) REGLEMENT

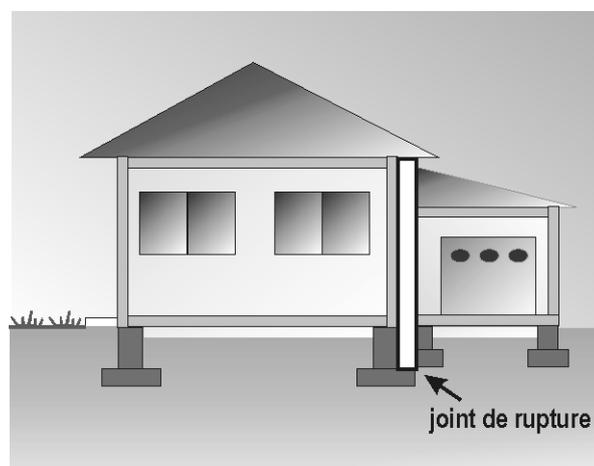
- sur terrain en pente et pour les constructions réalisées sur plate-forme en déblais ou déblais-remblais, ces fondations doivent être descendues à une profondeur plus importante à l'aval qu'à l'amont afin d'assurer une homogénéité d'ancrage ;



- les fondations sur semelles doivent être continues, armées et bétonnées à pleine fouille, selon les préconisations de la norme DTU 13-12 (règles pour le calcul des fondations superficielles).

En matière de conception et de réalisation des constructions :

- **sont prescrites dans les zones B1 et B2 et fortement recommandées en zone B3 les mesures suivantes :**
- toutes parties de bâtiment fondées différemment et susceptibles d'être soumises à des tassements différentiels doivent être désolidarisées et séparées par un joint de rupture sur toute la longueur de la construction ;



PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de La Fare-les-Oliviers
(Bouches-du-Rhône) REGLEMENT

- les murs porteurs doivent comporter un chaînage horizontal et vertical liaisonné selon les préconisations de la norme DTU 20-1 (règles de calcul et dispositions constructives minimales) ;
- la réalisation d'un plancher sur vide sanitaire ou sur sous-sol total est recommandée. A défaut, le dallage sur terre plein doit faire l'objet de dispositions assurant l'atténuation du risque de mouvements différentiels vis-à-vis de l'ossature de la construction et de leurs conséquences, notamment sur les refends, cloisons, doublages et canalisations ;
- un dispositif d'isolation thermique doit être mis en place en cas de source de chaleur en sous-sol, le long des murs extérieurs.

Article II.2.2- Mesures applicables à tous les autres bâtiments notamment les logements collectifs et les permis d'aménager, à l'exception des annexes d'habitations non accolées

Afin de résister aux tassements différentiels,

- **est prescrite dans les zones B1 et B2 et fortement recommandées en zone B3 :**

la réalisation d'une étude définissant les dispositions constructives nécessaires pour assurer la stabilité des constructions vis-à-vis du risque avéré de tassement ou de soulèvement différentiel et couvrant la conception, le pré-dimensionnement et l'exécution des fondations, ainsi que l'adaptation de la construction aux caractéristiques du site, conformément à la mission géotechnique adaptée spécifiée dans la norme en vigueur (à titre indicatif les missions G12 définies dans la norme NF P94 500).

Article II.2.3- Dispositions relatives à l'environnement immédiat des constructions projetées en zones B1, B2 et B3

Sauf dispositions contraires résultant des investigations ou études réalisées dans le cadre des missions géotechniques adaptées définies dans la norme en vigueur, les mesures suivantes sont applicables :

Afin de limiter les variations hydriques au droit des constructions,

- **sont interdits en zone B1 et B2 et fortement déconseillé en zone B3 :**

tout pompage à usage domestique, entre mai et octobre, dans un puits situé à moins de 10 mètres de toute construction et où la profondeur du niveau de l'eau (par rapport au terrain naturel) est inférieure à 10 mètres.

- **sont prescrits en zone B1 et B2 et fortement recommandés en zone B3 :**

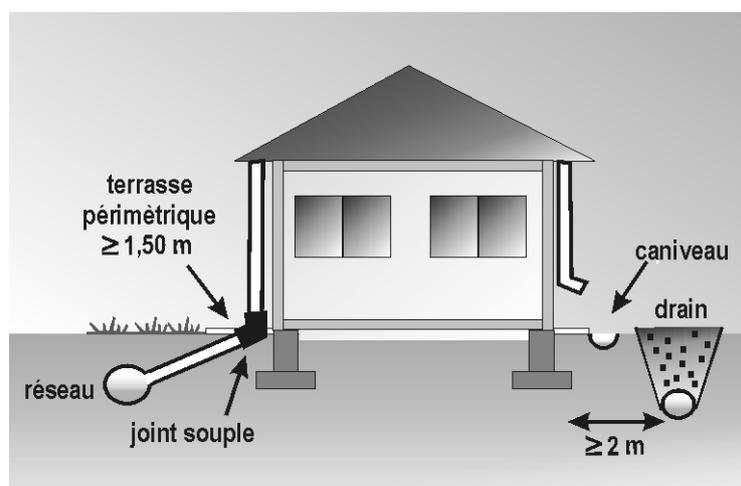
- le raccordement des rejets d'eaux usées ou pluviales (eau de drainage, eau de vidange de piscine) au réseau collectif :

PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de La Fare-les-Oliviers
(Bouches-du-Rhône) REGLEMENT

- immédiatement lorsqu'il existe
- dans un délai de 1 an à compter de la mise en service d'un nouveau réseau.

En cas d'absence ou d'insuffisance de ces réseaux, la zone d'épandage de l'assainissement autonome pour les eaux usées et/ou l'exutoire des rejets des eaux pluviales doivent être situés à une distance minimale de 10 mètres de toute construction. Si le respect de cette distance s'avérait impossible, il conviendra de déterminer par une étude, confiée à un bureau compétent, les conditions d'épandage ou de rejets (stockage à la parcelle par exemple) afin que ceux-ci soient sans conséquence néfaste sur la construction projetée. En tout état de cause, le maître d'ouvrage doit veiller à l'assurance d'une maintenance régulière du système et à une vérification périodique de son bon fonctionnement ;

- o la mise en place de dispositifs assurant l'étanchéité des canalisations d'évacuation des eaux usées et pluviales (raccords souples, ne pas bloquer la canalisation dans le gros œuvre, éviter les canalisations qui longent les bâtiments...);
- o la récupération des eaux de ruissellement et leur évacuation des abords de la construction par un dispositif d'évacuation de type caniveau ;
- o la mise en place, sur toute la périphérie de la construction, d'un dispositif d'une largeur de 1,5 mètres, s'opposant à l'évaporation, sous la forme d'un écran imperméable sous terre végétale (géomembrane) ou d'un revêtement étanche (terrasse), dont les eaux de ruissellement seront récupérées par un dispositif d'évacuation par caniveau ; il peut être dérogé à cette prescription en cas d'impossibilité matérielle (maison construite en limite de propriété, par exemple) ;
- o le captage des écoulements à faible profondeur, lorsqu'ils existent, par un dispositif de drainage périphérique à une distance minimale de 2 mètres de toute construction ;



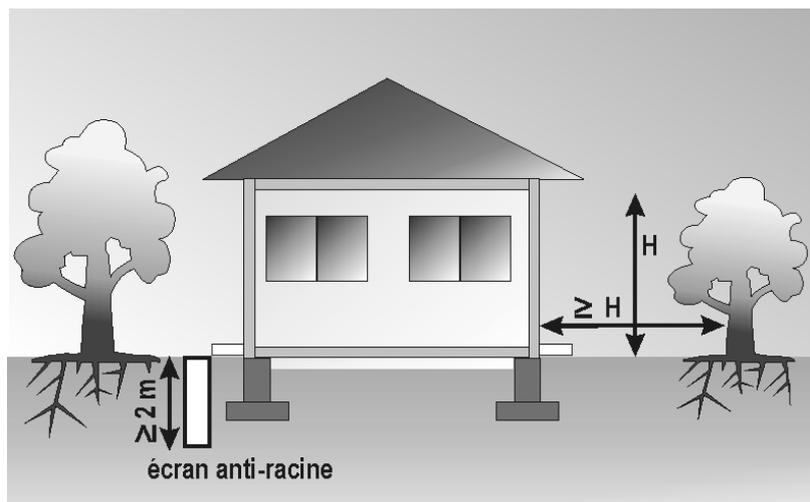
- o le respect d'une distance minimale entre la construction projetée et toute **nouvelle** plantation d'arbre ou arbuste égale au moins à la hauteur à maturité

PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de La Fare-les-Oliviers
(Bouches-du-Rhône) REGLEMENT

de ces plantations (1,5 fois en cas de rideau d'arbres ou d'arbustes), sauf mise en place d'un écran anti-racines d'une profondeur minimale de 2 mètres entre l'arbre et toute construction existante. **Cette mesure est à la charge du propriétaire de l'arbre planté.**

Concernant les arbres existants situés à une distance inférieure à leur hauteur à maturité de l'emprise de la nouvelle construction et pour limiter l'action des végétaux sur les terrains sous jacents des fondations de cette dernière, il est prescrit de mettre en place un écran anti-racines d'une profondeur minimale de 2 mètres entre l'arbre et la construction nouvelle ou de descendre les fondations à une profondeur où les racines n'induisent plus de variation en eau. Cette mesure est prescrite au propriétaire de la parcelle sur laquelle se situe la construction à réaliser.

En zone très exposée (B1), des mesures spécifiques d'adaptation des fondations devront être prises si le déboisement préalable au démarrage des travaux de construction concerne des arbres de grande taille ou en nombre important (plus de 5) ;



TITRE III

<p>MESURES DE PREVENTION DE PROTECTION ET DE SAUVEGARDE</p>
--

Ces mesures ont pour objectif d'agir sur les phénomènes ou sur la vulnérabilité des personnes. Les mesures de prévention permettent d'améliorer la connaissance, d'assurer l'information préventive, de favoriser la conscience du risque et la mémoire du risque, et d'anticiper par la surveillance et l'alerte.

Les mesures de protection permettent de diminuer l'intensité de l'aléa par l'entretien ou la réhabilitation des dispositifs de protection existants ou sa réduction par la création de nouveaux dispositifs.

Les mesures de sauvegarde permettent de maîtriser ou réduire la vulnérabilité des personnes : plans d'alerte et d'évacuation, moyens d'évacuation, etc. et de garantir un retour rapide à la normale après la crise.

En application des articles 4 et 5 du décret n° 95-1089 du 5 octobre 1995 relatif aux Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles modifié par le décret 2005-3 du 4 janvier 2005 et de l'article L.562-1 du code de l'Environnement, les travaux et mesures de prévention suivants, devront être réalisés ou mis en oeuvre, sauf précision contraire, dans un délai maximum de 5 ans après l'approbation du PPR pour l'existant et au fur et à mesure des aménagements nouveaux.

Article III-1 Pour les communes et établissements publics de coopération intercommunale :

Dès l'approbation du PPR, les dispositions réglementaires en matière de rejet d'eaux s'imposent. De ce fait, il est fortement recommandé :

- d'établir ou d'adapter le schéma directeur d'assainissement pluvial ou d'écoulement pluvial communal afin d'assurer la maîtrise du débit des ruissellements pluviaux ;
- de définir en particulier les prescriptions et les équipements à mettre en oeuvre pour la rétention ou l'infiltration des eaux pluviales, par les aménageurs, la collectivité et les particuliers. Le schéma devra également définir les mesures dites alternatives à la parcelle, permettant la rétention des eaux pluviales sur le terrain d'assiette afin de limiter les impacts des aménagements ou équipements dans les zones émettrices de ruissellement et d'au moins compenser les ruissellements induits ;

PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de La Fare-les-Oliviers
(Bouches-du-Rhône) REGLEMENT

- d'adapter le dimensionnement des stations d'épuration (STEP) et/ou des réseaux collectifs.

Article III-2 Pour les concessionnaires de réseaux publics d'eau potable et assainissement

Dès l'approbation du PPR, il est fortement recommandé :

- d'élaborer un diagnostic des installations au regard du risque concerné : ce diagnostic doit permettre d'identifier les réseaux situés en zones à risques, d'évaluer leur degré d'exposition et d'analyser leur vulnérabilité et les effets directs et indirects des atteintes ;
- de définir et mettre en œuvre les mesures adaptées de réduction de la vulnérabilité des réseaux afin de limiter les dysfonctionnements et les dégâts en fonction des enjeux préalablement définis ;
- de contrôler périodiquement l'état des réseaux et d'élaborer un programme d'entretien intégrant le risque ;
- de procéder au remplacement des tronçons dégradés et des canalisations sensibles aux déformations du sous-sol, même de faible amplitude.



Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 6009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

**Service géologique régional Provence Alpes Côte
d'Azur**
117 avenue de Luminy BP 168
13 276 – Marseille Cedex 09 - France
Tél. : 04 91 17 74 77

Légende

- 41 - Alluvions à limons argileux (Quaternaire)
- 40 - Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)
- 39 - Marnes et argiles du Quaternaire
- 38 - Colluvions (Quaternaire)
- 37 - Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire)
- 36 - Marnes et sables Plaisancien et poudingues du Miocène supérieur (Valensole)
- 35 - Calcarénite, calcaires, sables et argiles du Vindobonien
- 34 - Argiles calcaire d'Istres du Vindobonien
- 33 - Marnes sableuses micacées de l'Helvétien
- 32 - Sables, molasse et argile du Burdigalien
- 31 - Calcaire marneux du Burdigalien
- 30 - Conglomérats, grès et calcaires de l'Oligocène - Miocène inférieur
- 29 - Sables, calcaires, marnes et argiles de l'Oligocène - Miocène inférieur
- 28 - Formation des Milles de l'Oligocène moyen
- 27 - Calcaire de Piedautry, argiles et poudingues du Stampien
- 26 - Marnes à Microcodium de l'Éocène indifférencié
- 25 - Sables argileux et marnes de l'Éocène
- 24 - Calcaire Lutétien
- 23 - Calcaires et marnes du Thanétien - Sparnacien
- 22 - Argiles et calcaires argileux du Montien
- 21 - Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maestrichtien supérieur
- 20 - Argiles et grès du Maestrichtien supérieur
- 19 - Calcaire de la gare de Rognac
- 18 - Argiles, marnes et grès du Maestrichtien inférieur
- 17 - Calcaires, marnes et poudingues du Maestrichtien inférieur
- 16 - Calcaires, argiles et calcaires argileux du Valdo-fuvélien
- 15 - Marnes du Coniacien-Santonien
- 14 - Marnes, grès et calcaires marneux du Turonien Cénomannien
- 13 - Marno-calcaires, grès et sables du Crétacé Supérieur
- 12 - Calcaires et marnes noires du Gargasien
- 11 - Calcaires argileux et marneux du Bédoulien
- 10 - Marnes et calcaires argileux de l'Hauterivien supérieur (faciès Urgonien)
- 9 - Marnes à Toxaster de l'Hauterivien inférieur
- 8 - Marnes et calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien
- 7 - Calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien
- 6 - Calcaires marneux du Jurassique
- 5 - Calcaires et calcaires marneux du Toarcien et Callovo-Oxfordien
- 4 - Marnes noires et grès du Toarcien et Callovien - Oxfordien
- 3 - Dolomies de l'Hettagien
- 2 - Calcaires argileux du Rhétien
- 1000 - Formations à priori non argileuses
- 999 - Réseau hydrographique
- Limites de communes



0 5 10 km

Cartographie de l'aléa
retrait-gonflement des argiles
dans le département des Bouches-du-Rhône
Rapport complémentaire de mise à jour
Carte 1 : Carte départementale des formations
argileuses ou marneuses

Echelle 1 / 120 000
BRGM/FP-55403-FR
juin 2007



- Légende**
- Zone de susceptibilité forte
 - Zone de susceptibilité moyenne
 - Zone de susceptibilité faible
 - Zone a priori non argileuse, non sujette au phénomène de retrait-gonflement, sauf en cas de lentille ou de placage argileux local non repéré sur les cartes géologiques actuelles
 - Réseau hydrographique
 - Limites de communes



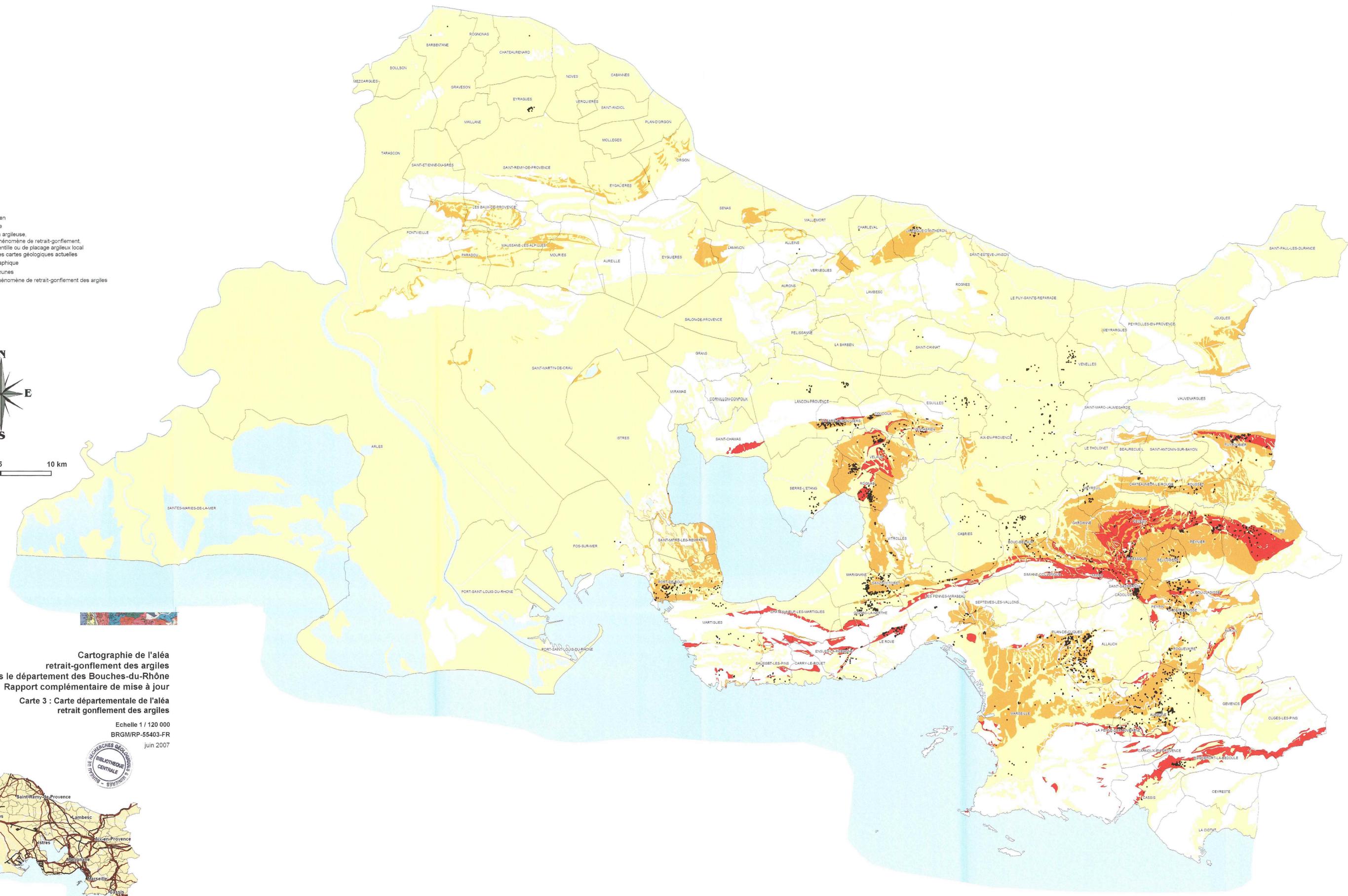
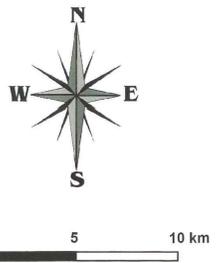
**Cartographie de l'aiea
retrait-gonflement des argiles
dans le département des Bouches-du-Rhône
Rapport complémentaire de mise à jour**

**Carte 2 : Carte départementale de susceptibilité
des formations argileuses au retrait gonflement**

Echelle 1 / 120 000
BRGM/IRP-55403-FR
juin 2007



- Légende**
- Zone d'aléa fort
 - Zone d'aléa moyen
 - Zone d'aléa faible
 - Zone a priori non argileuse, non sujette au phénomène de retrait-gonflement, sauf en cas de lentille ou de placage argileux local non repéré sur les cartes géologiques actuelles
 - Réseau hydrographique
 - Limites de communes
 - Sinistre dû au phénomène de retrait-gonflement des argiles



Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône
 Rapport complémentaire de mise à jour
 Carte 3 : Carte départementale de l'aléa retrait gonflement des argiles

Echelle 1 / 120 000
 BRGM/RP-55403-FR
 juin 2007

