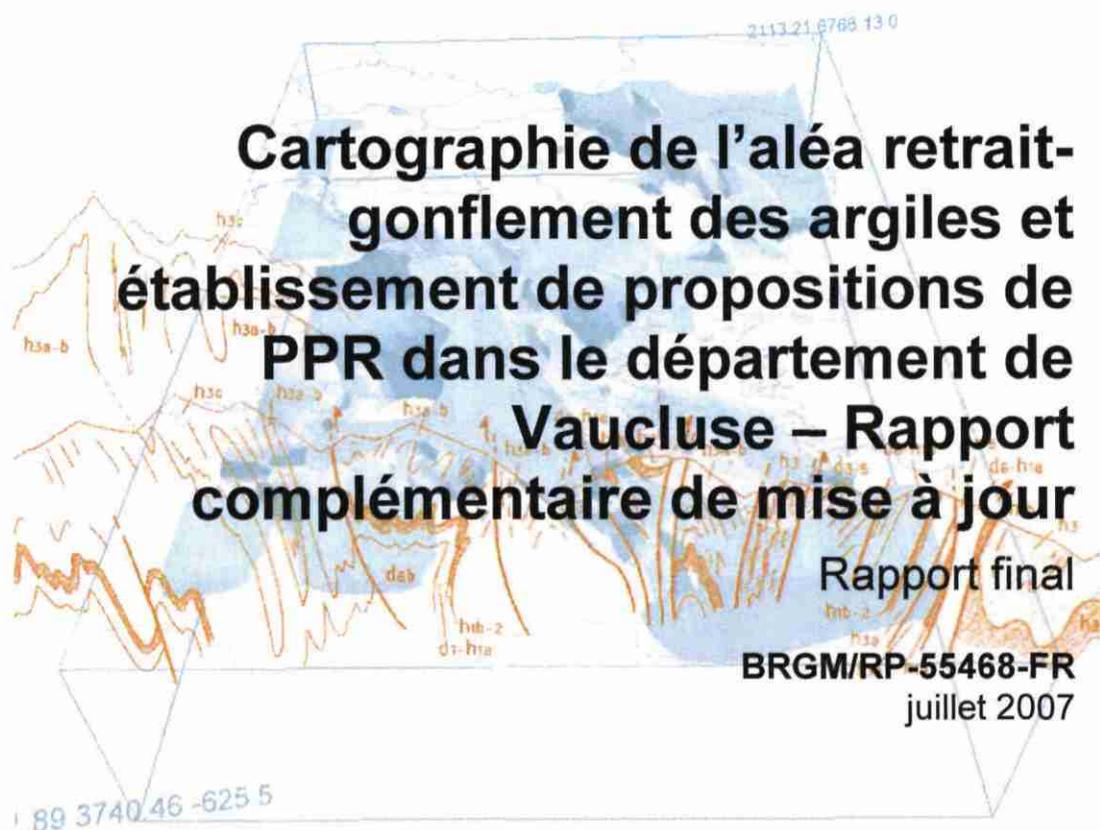


Document public





Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles et établissement de propositions de PPR dans le département du Vaucluse – Rapport complémentaire de mise à jour

Rapport final

BRGM/RP-55468-FR
juillet 2007

Étude réalisée dans le cadre du projet de Service public du BRGM 05RISD14

N. Marçot

Vérificateur :

Nom : Vincent Marc

Date : 30/06/2007

Signature :

Approbateur :

Nom : Solages Serge

Date : 30/06/2007

Signature :

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



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

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

Marçot N. (2007) - Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles et établissement de propositions de PPR dans le département de Vaucluse – Rapport complémentaire de mise à jour. Rapport BRGM/RP-55468-FR, 62p., 25 ill., 2 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 Vaucluse a été relativement touché par le phénomène au cours des dernières années, puisqu'il se situe désormais à la 34^{ème} place des départements français en termes de coût cumulé d'indemnités versées pour des sinistres sécheresses dans le cadre du régime de catastrophe naturelle (il était en 25^{ème} position avant la sécheresse de 2003 pour laquelle aucune commune du Vaucluse n'a bénéficié de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle). 27 communes sur les 151 que compte le département ont ainsi été reconnues au moins une fois en état de catastrophe naturelle pour ce phénomène, pour des périodes comprises entre mai 1989 et septembre 1999, soit un taux de sinistralité de 18 %.

Afin d'établir un constat scientifique objectif et de disposer de documents de référence permettant une information préventive, le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (MEDD) a demandé au BRGM de réaliser, en 2002-2004, une cartographie de cet aléa à l'échelle de tout le département de Vaucluse 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 initiale¹. En effet, la Direction Départementale de l'Équipement de Vaucluse a souhaité dans un deuxième temps, que le BRGM étudie de plus près les sinistres de l'année 2003 (352 sinistres répertoriés au total) qui n'avaient pas été comptabilisés lors de la première étude. En complément de ces nouvelles données de sinistres, la Préfecture de Vaucluse a fourni à la DDE les dossiers géotechniques correspondant lorsqu'elle en disposait. Des modifications ont également été apportées suite à l'acquisition de données nouvelles issues en particulier de départements limitrophes dont les cartes d'aléa retrait-gonflement ont été établies ultérieurement et après discussions entre le BRGM, la DDE et le CETE.

¹ Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Vaucluse (2004). Rapport BRGM/RP-53187-FR, juin 2004

Les modifications apportées à la carte initiale ont concerné principalement le nord et le sud du département, et plus précisément :

- la prise en compte d'éboulis lorsque leur matrice argileuse a été jugée suffisamment abondante ;
- l'intégration du Calcaire de la Gavot comme formation argilo-marneuse;
- l'ajout des Sables blancs siliceux à kaolinite (faciès d'altération daté du Cénomaniens, Crétacé) ;
- la prise en compte des Grés et sables bariolés à faciès de Pied Bousquet (Cénomaniens inférieur) ;
- la réaffectation des zones de formations anthropiques : terrils, déblais, dépôts artificiels (Quaternaire)

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

Ainsi, sur l'ensemble du département,

- seulement 2,17 % de la superficie départementale est désormais classée en aléa fort (au lieu de 1,8 dans la version initiale de la carte d'aléa publiée en 2004, ce qui représente 13,2 km² supplémentaires) ;
- 17,71 % est en aléa moyen (au lieu de 15,04 dans la version précédente, soit une extension de 96 km²) ;
- 53,45 % se trouve en aléa faible (au lieu de 53,75 initialement, soit 11 km² de superficie en moins) ;
- 26,67 % de la surface correspond désormais à un aléa a priori nul (y compris le réseau hydrographique), ce qui représente une diminution de 97 km² par rapport à la version précédente.

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 de Vaucluse, dont l'échelle de validité est le 1/50 000 et qui est présentée sous format papier à l'échelle 1/110 000, 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 151

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 précédent².

A ce jour, il n'a pas encore été prescrit de PPR retrait-gonflement dans le département de Vaucluse. La commune de Gargas, située au sud-est du département, a cependant 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 de Vaucluse 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 de Vaucluse. Rapport BRGM RP-53270-FR, août 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	13
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	14
3. Modifications apportées dans l'identification des formations argileuses	15
3.1. ZONES DE FORMATIONS ANTHROPIQUES : TERRILS, DEBLAIS, DEPOTS ARTIFICIELS (QUATERNAIRE) - X	15
3.2. REAFFECTATION DES EBOULIS	16
3.3. LE CALCAIRE DE LA GAVOIT (G2D-E)	18
3.4. LES SABLES BLANCS SILICEUX A KAOLINITE-FACIES D'ALTERATION (CENOMANIEN, CRETACE) – C1B	19
3.5. LES GRES ET SABLES BARIOLES A FACIES DE PIED BOUSQUET (CENOMANIEN INFERIEUR) – C2AP	20
3.6. IDENTIFICATION DES FORMATIONS ARGILEUSES ET MARNEUSES.....	21
4. Caractérisation lithologique, minéralogique et géotechnique des formations argileuses ou marneuses et élaboration d'une nouvelle carte de susceptibilité	23
4.1. CRITERE LITHOLOGIQUE	23
4.2. CRITERE MINERALOGIQUE.....	24
4.3. CRITERE GEOTECHNIQUE	24
4.4. NOUVELLE CARTE DE SUSCEPTIBILITE DES ARGILES AU PHENOMENE DE RETRAIT-GONFLEMENT	26
5. Détermination du critère de densité de sinistres	31

5.1. IDENTIFICATION DES SINISTRES DE L'ANNEE 2003	31
5.2. EVALUATION D'UNE NOUVELLE DENSITE DE SINISTRES PAR FORMATION ARGILEUSE	34
6. Elaboration de la nouvelle carte d'aléa	39
6.1. DETERMINATION DU NIVEAU D'ALEA	39
6.2. NOUVELLE CARTE DE L'ALEA RETRAIT GONFLEMENT DES ARGILES....	40
6.3. SYNTHESE DE L'ALEA RETRAIT GONFLEMENT DES ARGILES DANS LE VAUCLUSE	44
7. Implications de l'actualisation de la carte d'aléa sur les projets de PPR.....	45
7.1. ACTUALISATION DES PLANS DE ZONAGE	45
7.2. ACTUALISATION DE LA NOTE DE PRESENTATION	46
7.3. ACTUALISATION DU REGLEMENT	46
8. Conclusion.....	47
9. Bibliographie	49

Liste des illustrations

Illustration 1 : Localisation de la formation anthropique sur Mormoiron.....	16
Illustration 2 : Carte des formations argileuses et des zones d'éboulis concernées	17
Illustration 3 : Localisation du Calcaire de la Gavoit du Stampien supérieur, (g2d-e).....	18
Illustration 4 : Localisation de la formation d'altération - C1b	19
Illustration 5 : Localisation de la formation du Pied Bousquet - c2aP	20
Illustration 6 : Superficie des 30 formations argileuses du département	21
Illustration 7 : Carte des formations argileuses ou marneuses mise à jour	22
Illustration 8: Note lithologique des formations argileuses et marneuses	23
Illustration 9 : Note minéralogique des formations argileuses et marneuses.....	24
Illustration 10 : Répartitions des mesures utilisées pour la caractérisation des formations argileuses par type d'essai géotechnique	25

Illustration 11 : Synthèse des données géotechniques et note géotechnique.....	26
Illustration 12 : Degré de susceptibilité des formations	27
Illustration 13 : Proportion des différents niveaux de susceptibilité à l'échelle départementale	28
Illustration 14 : Classement des formations par susceptibilité et surfaces d'affleurement.....	29
Illustration 15 : Carte de susceptibilité au retrait-gonflement des argiles	30
Illustration 16 : Sinistres issus des dossiers de 2003 géoréférencés pour compléter la cartographie de l'aléa	32
Illustration 17 : Carte de répartition par commune des sinistres recensés.....	33
Illustration 18 : Liste des 20 communes les plus sinistrées de Vaucluse	34
Illustration 19 : Carte de localisation des sinistres recensés dans le département	35
Illustration 20 : Classement des formations par densité de sinistres ramenée à la surface urbanisée et rappel de la susceptibilité.....	38
Illustration 21 : Répartition des différents niveaux d'aléa à l'échelle départementale	39
Illustration 22 : Calcul du niveau d'aléa des formations argileuses et marneuses	41
Illustration 23 : Carte départementale de l'aléa retrait-gonflement des argiles	42
Illustration 24 : Classement des formations en fonction de leur niveau d'aléa.....	43
Illustration 25 : Transcription, pour la commune de Gargas, de la carte d'aléa en proposition de plan de zonage réglementaire	45

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.....	55
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 Gargas - Proposition de note de présentation (document type).....	61

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.

Carte 4 : Exemple de proposition de plan de zonage réglementaire pour l'élaboration d'un plan de prévention des risques naturels concernant les mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles – Commune de Gargas (document type) – Echelle 1/10 000.

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 Vaucluse fait partie des départements français touchés par le phénomène, puisque 941 sinistres déclarés liés à la sécheresse y ont été recensés dans le cadre de l'étude réalisée par le BRGM en 2002-2004³. 27 communes sur les 151 que compte le département ont été reconnues en état de catastrophe naturelle pour ce phénomène, pour des périodes comprises entre mai 1989 et septembre 1999, soit un taux de sinistralité de 18 %. Désormais, d'après les données de la Caisse Centrale de Réassurance, le Vaucluse est situé en 34^{ème} position des départements français en terme de coût total d'indemnisation pour ce phénomène (alors qu'il se trouvait à la 25^{ème} place avant la sécheresse de l'année 2003), et en 41^{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, le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (MEDD) avait chargé le BRGM de réaliser une cartographie de cet aléa à l'échelle de tout le département du Vaucluse dans le but de définir les zones les plus exposées au phénomène de retrait-gonflement. Réalisée en 2002-2004 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. En effet, la Direction Départementale de l'Équipement du Vaucluse a souhaité dans un deuxième temps, que le BRGM étudie de plus près les sinistres de l'année 2003 (352 sinistres répertoriés au total) qui n'avaient pas été comptabilisés lors de l'étude initiale. Des modifications ont également été apportées suite à l'acquisition de données nouvelles issues soit d'expertises réalisées suite à ces nouvelles occurrences de sinistres, soit d'études d'aléa réalisées ultérieurement dans certains départements limitrophes et après discussions entre le BRGM, la DDE et le CETE.

³ Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Vaucluse (2004). Rapport BRGM/RP-53187-FR, juin 2004

Elle a été réalisée dans le cadre d'une convention passée entre la DDE et le BRGM, et qui avait pour objet d'actualiser la carte d'aléa au vu de la sinistralité observée en 2003, et d'accompagner la DDE dans la mise en œuvre des PPR issus de la cartographie d'aléa retrait-gonflement des argiles.

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 1/110 000..

Dans l'actualisation de l'étude, un certain nombre de formations argileuses supplémentaires ont été prises en compte (éboulis, sables argileux, grès et formations anthropiques).

2.1.2. Caractérisation minéralogique et géotechnique des formations

Pour l'actualisation de l'étude, l'analyse des dossiers de sinistres de l'année 2003 fournis par la DDE nous a permis d'enrichir la base de données de 28 nouvelles valeurs d'essai géotechnique. En revanche, aucune analyse minéralogique supplémentaire n'a été recensée depuis.

2.1.3. Carte de susceptibilité

Comme précédemment, 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 les mêmes que pour la version précédente. La nouvelle carte de susceptibilité mise à jour intègre les modifications apportées sur les formations argileuses ajoutées.

2.1.4. Recensement et localisation géographique des sinistres

Afin d'approcher la cartographie de l'aléa retrait-gonflement (qui correspond, rappelons-le, à la probabilité d'occurrence du phénomène), la susceptibilité au retrait-gonflement a été croisée avec le niveau de sinistralité observé sur chacune des formations argileuses prises en compte.

Lors de l'étude initiale, le recueil de sinistres s'était limité aux communes déjà reconnues en état de catastrophe naturelle.

Pour la mise à jour de l'étude, les sinistres issus de l'année 2003 ont été complétés par les dernières données reçues en Préfecture et fournies à la DDE. Le nombre total de sinistres recensés et localisés sur le département est ainsi passé de 916 à 1268. En revanche, le nombre de sinistres situés en dehors des formations argileuses reste inchangé, et égal à 20 sinistres.

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, les densités de sinistres sont par conséquent différentes de celles présentées dans l'étude initiale.

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 à l'échelle 1/110 000 (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, même si les modifications restent très limitées.

3. Modifications apportées dans l'identification des formations argileuses

Dans l'étude initiale, 30 formations ou groupes de formations géologiques argileuses ou marneuses avaient été sélectionnées dans le département de Vaucluse. Ces formations couvrent la quasi totalité du territoire départemental hormis, bien évidemment, les massifs calcaires du Luberon et des Monts de Vaucluse.

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, notamment en ce qui concerne les éboulis à matrice argileuse dominante qui n'avaient pas été retenus dans la version précédente et qui ont donc été ajoutés en les réaffectant aux formations concernées. Le calcaire de Gavois, qui montre une passée argileuse a été également ajouté aux formations argileuses. D'autre part, les secteurs recouverts de dépôts anthropiques à Mormoiron ont été réinterprétés car ces remblais, de qualité hétérogène, reposent eux-mêmes sur des terrains argileux sujets au retrait-gonflement.

Enfin, quelques corrections ponctuelles ont été apportées concernant les Sables blancs siliceux à kaolinite-faciès d'altération (Cénomaniens, Crétacé) et les Grès et sables bariolés à faciès de Pied Bousquet (Cénomaniens inférieurs).

3.1. ZONES DE FORMATIONS ANTHROPIQUES : TERRILS, DEBLAIS, DEPOTS ARTIFICIELS (QUATERNAIRE) - X

Les formations anthropiques sur la commune de Mormoiron n'avaient pas été prises en compte comme potentiellement argileuses. Cette zone a été réaffectée aux formations argileuses concernées, à savoir d'une part les Argiles, marnes et sables de l'Éocène supérieur (Ludien et Bartonien supérieur) et les Sables et argiles verts de Mormoiron.

Cette formation recouvre une superficie de 0,14 km².

L'illustration ci-dessous localise la formation en question.

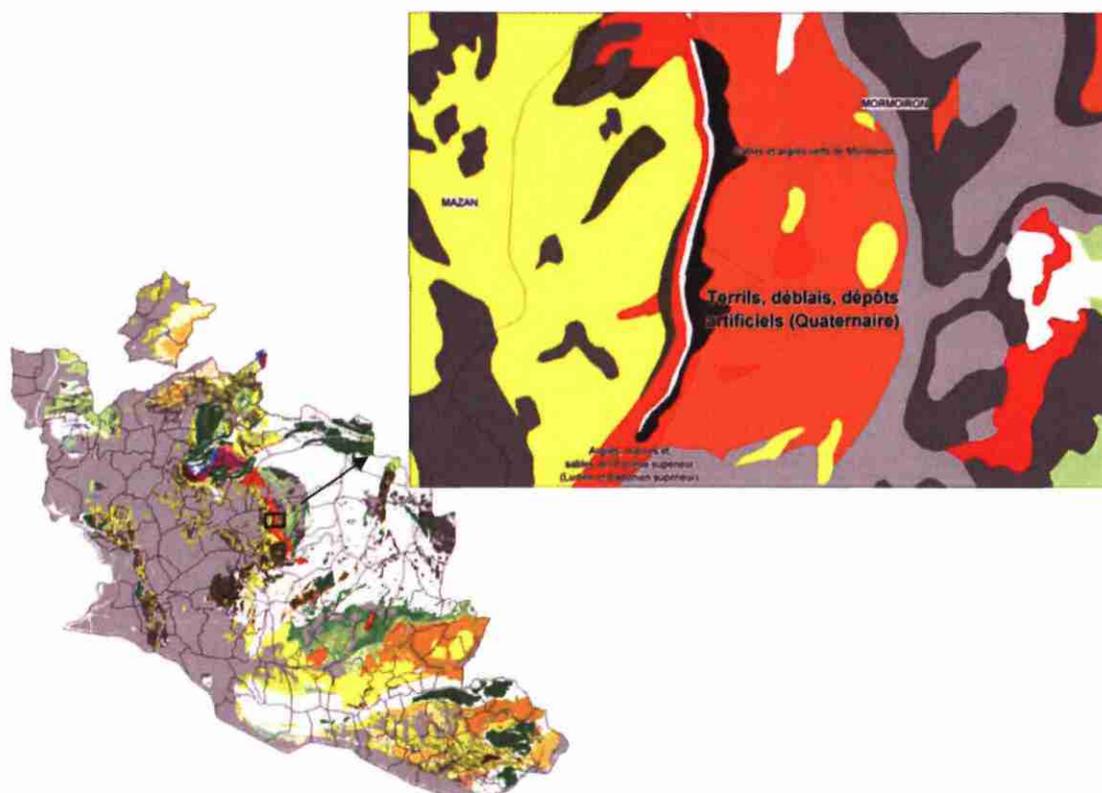


Illustration 1 : Localisation de la formation anthropique sur Mormoiron

3.2. REAFFECTATION DES EBOULIS

Les éboulis représentent sur le département de Vaucluse une superficie de 109 km², et sont formés d'éboulis récents, parfois soliflués d'âge rissien.

Une analyse de chaque secteur d'éboulis a été réalisée pour affecter ces formations superficielles à la formation argileuse dont les caractéristiques sont les plus proches : 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 de la liste des formations argileuses proprement dites, du fait de leur non influence présumée sur le phénomène.

Suite à cette analyse, les éboulis concernés par le phénomène correspondent uniquement aux éboulis récents, et représentent une superficie de 96,8 km². Vingt-deux formations argileuses présentent des faciès correspondant à des éboulis.

L'illustration 2 présente la nouvelle carte des formations argileuses avec, surimposés en pointillés noirs, les zones d'éboulis prises en compte.

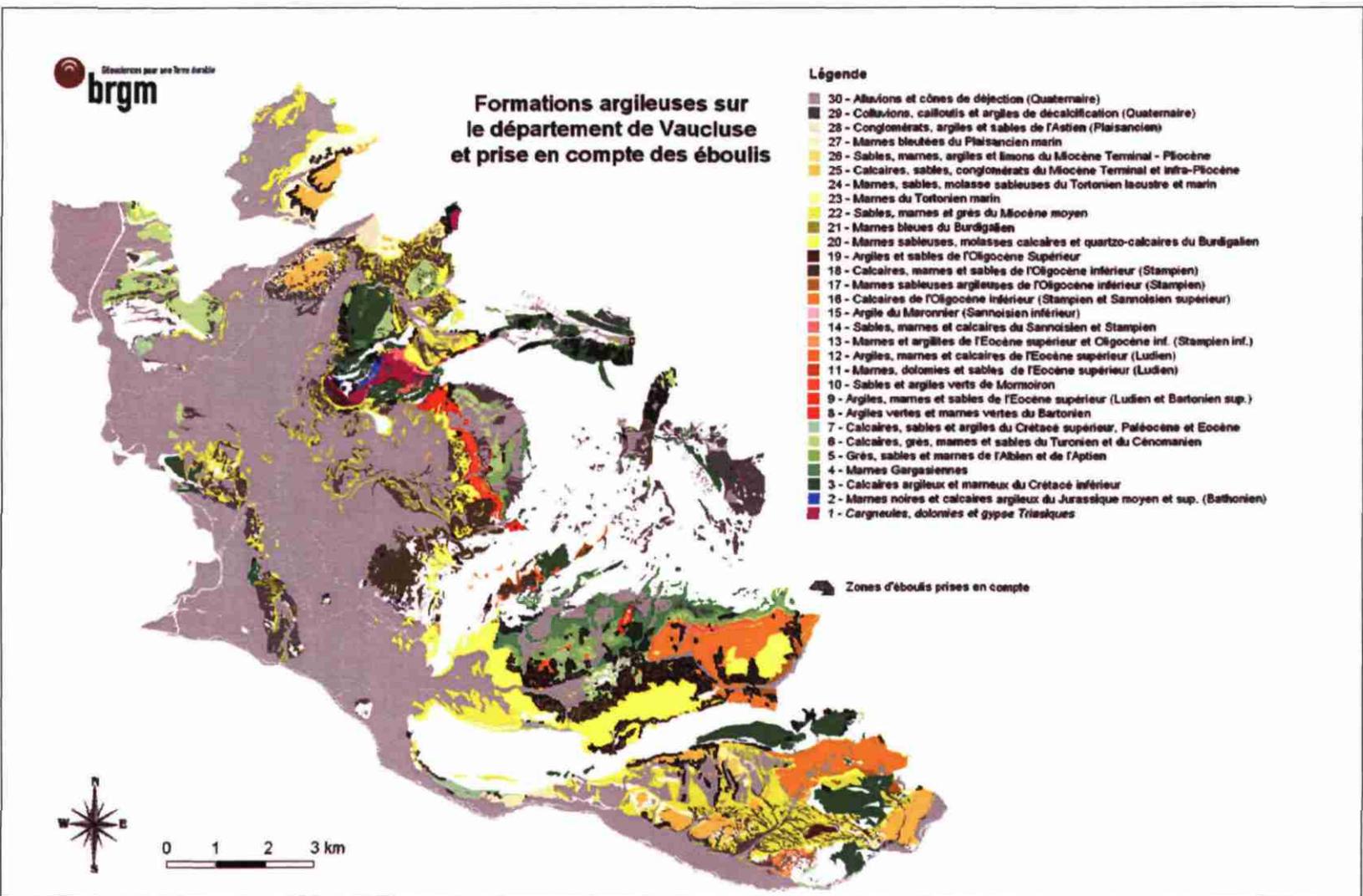


Illustration 2 : Carte des formations argileuses et des zones d'ébouillis concernées

3.3. LE CALCAIRE DE LA GAVOIT (G2D-E)

Le Calcaire de la Gavoit est décrit sur la carte de Vaison-la-Romaine comme une formation de calcaires comprenant les niveaux suivants :

- calcaires bien lités en bancs peu épais (15 m) ;
- marnes barriolées (30 m) ;
- calcaires bien lités à gastéropodes (15 m) ;
- alternance de grès roux et de marnes barriolées (40 m) ;
- calcaires massifs en gros bancs (15 m).

La présence de marnes sur une épaisseur de 30 m minimum implique la prise en compte de cette formation en tant que formation argileuse, malgré l'alternance avec des niveaux calcaires. Sa superficie est néanmoins très réduite : 0,44 km². Datée du Stampien supérieur, elle a été associée à la formation des sables, marnes et calcaires du Bannoisien et Stampien (formation 14).

La figure ci-dessous (Illustration 3) présente la localisation de cette formation au niveau des communes de Malaucène et de Beaumont-du-Ventoux

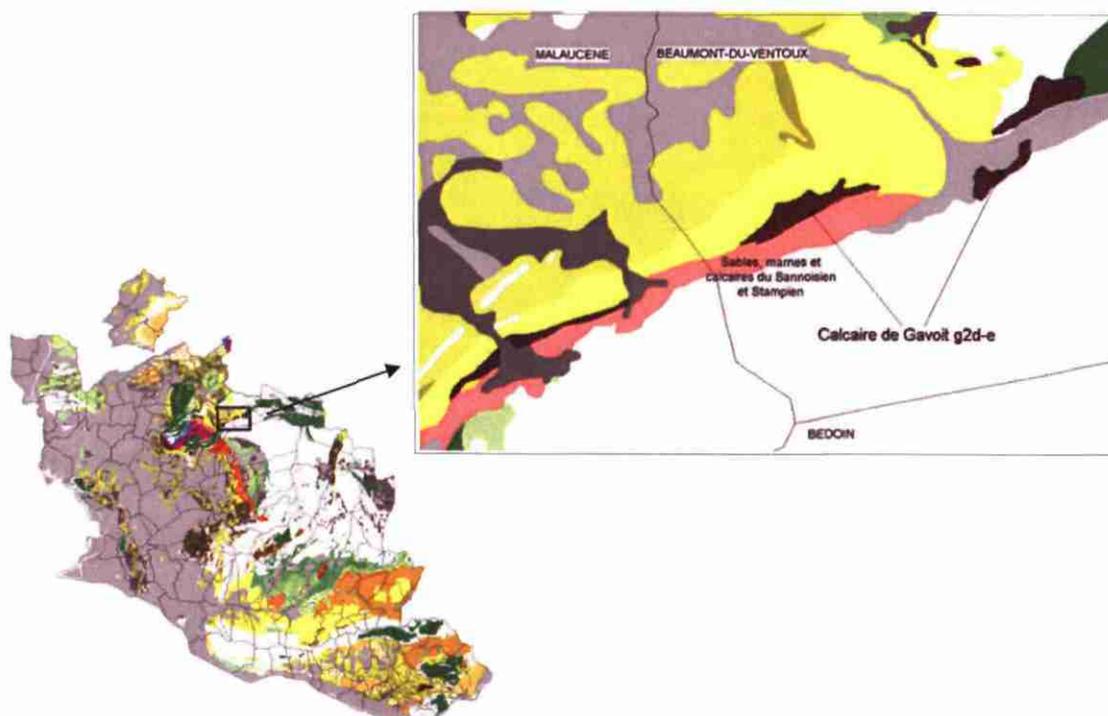


Illustration 3 : Localisation du Calcaire de la Gavoit du Stampien supérieur, (g2d-e)

3.4. LES SABLES BLANCS SILICEUX A KAOLINITE-FACIES D'ALTERATION (CENOMANIEN, CRETACE) – C1B

La formation des Sables blancs siliceux à kaolinite - faciès d'altération du Cénomaniens, Crétacé a été ajoutée suite aux discussions concernant la commune de Mormoiron. En effet, sur la carte de Carpentras, la formation c1b correspond à une frange de sable siliceux à kaolinite, correspondant à d'anciens sédiments « ocrifiés », secondairement « dégoethitisés » par évolution de faciès dits « dessous de cuirasses ». On rencontre divers stades de sables tachetés avant de parvenir à l'évolution maximum en sables blancs très purs. Avant d'être rattachés récemment au cycle crétacé, les sables blancs, dans le bassin de Mormoiron, étaient rangés dans l'Éocène.

Le fait qu'il s'agisse ici de faciès d'altération implique qu'il n'est pas impossible d'y rencontrer des argiles. C'est pourquoi cette formation doit être prise en compte et intégrée à la carte des formations argileuses.

La formation a été rattachée aux Calcaires, grès, marnes et sables du Turonien et du Cénomaniens (formation 6) dans la classification des 30 formations argileuses.

Elle correspond à une superficie de 0,7 km², et on la retrouve dans le secteur de Mormoiron, Monieux et Blauvac (Illustration 4).

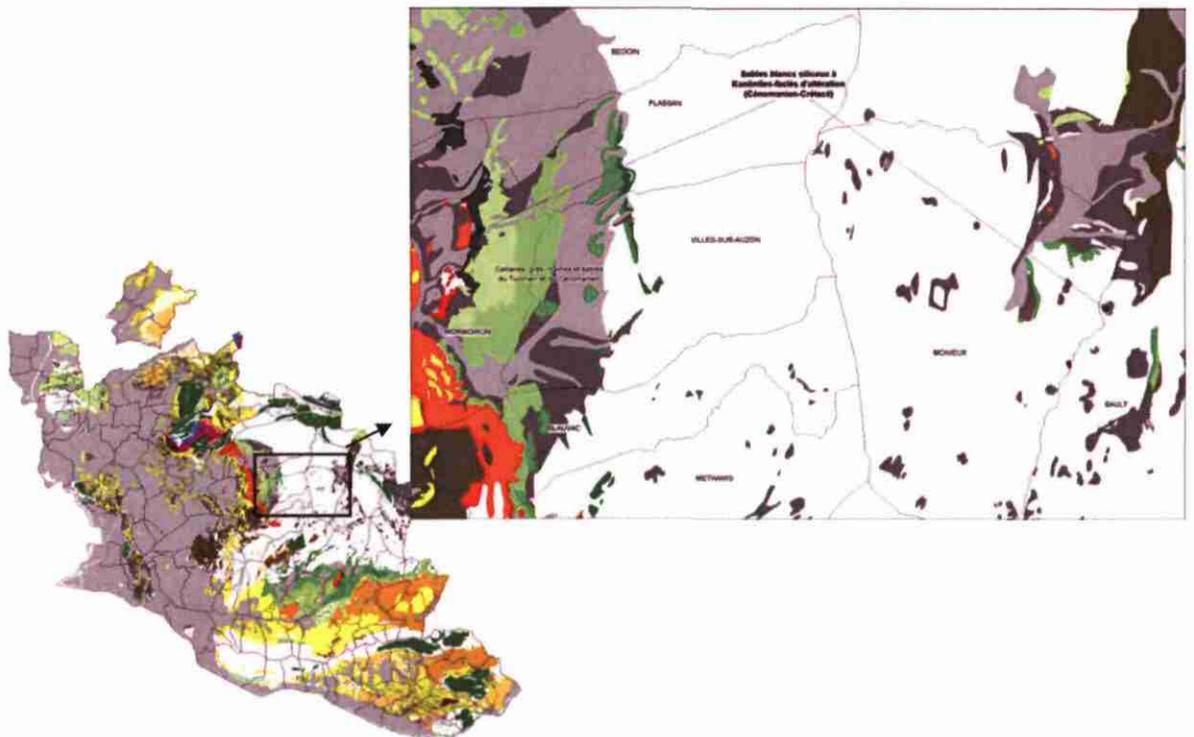


Illustration 4 : Localisation de la formation d'altération - C1b

3.5. LES GRES ET SABLES BARIOLES A FACIES DE PIED BOUSQUET (CENOMANIEN INFERIEUR) – C2AP

La formation des grès et sables bariolés à faciès de Pied Bousquet est décrite sur la feuille de Carpentras comme des grès tendres, jaunes, tachés de rouge ou de lie-de-vin, en bancs massifs aux contours arrondis, ou bien sables rouges à stratification entrecroisées, comportant parfois des lits de graviers. Les grès succèdent en concordance aux sables ocreux albiens. On trouve également des argiles associés aux grès bigarrés du Garry, il s'agit là d'un faciès non consolidé (au nord immédiat d'Apt). Ces niveaux sont compris entre les marnes gargasiennes et les grès quartzites.

Compte tenu de la nature lithologique et de l'âge, cette formation a été regroupée avec les Calcaires, grès, marnes et sables du Turonien et du Cénomaniens (formation 6).

L'illustration ci-dessous localise précisément la formation en question, dans le secteur de Goult, Roussillon et Bonnieux.

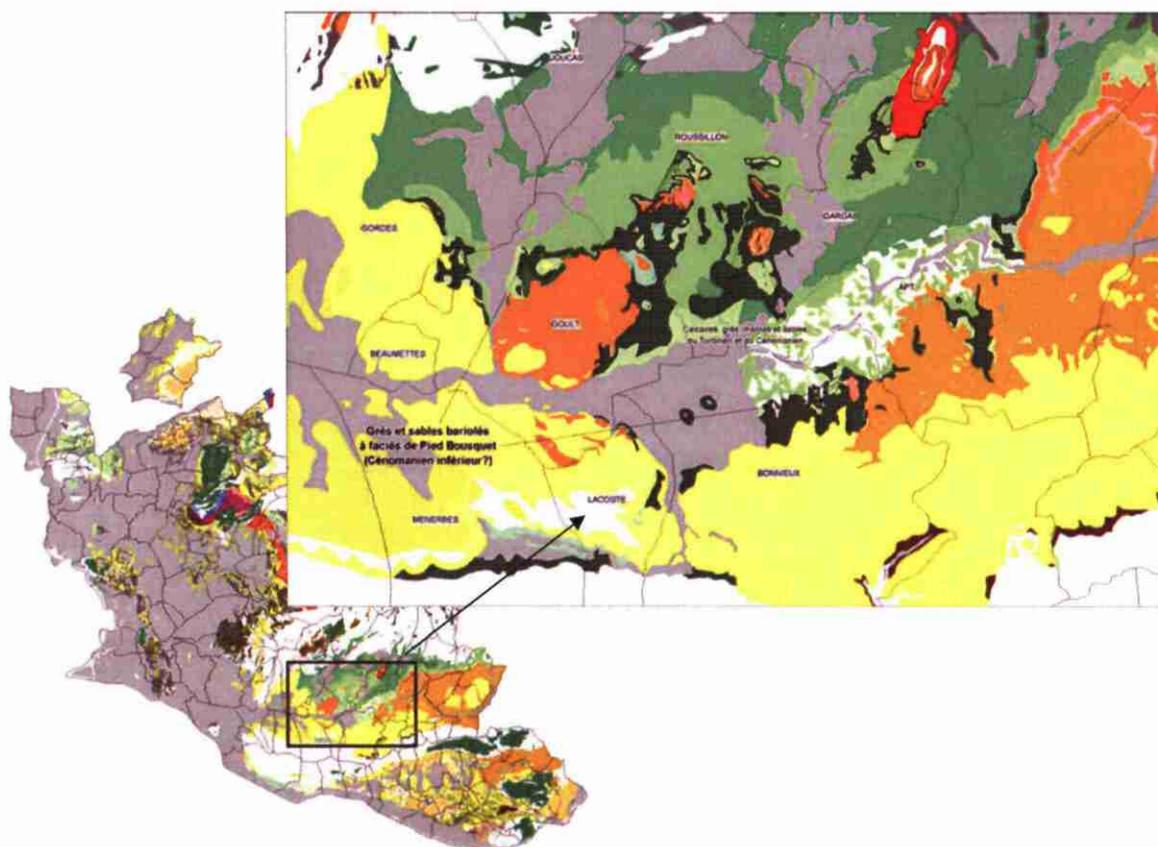


Illustration 5 : Localisation de la formation du Pied Bousquet - c2aP

3.6. IDENTIFICATION DES FORMATIONS ARGILEUSES ET MARNEUSES

Les formations argileuses mise en évidence sur le département sont toujours au nombre de 30 (Illustrations 6 et 7 et carte 1 planche hors-texte), mais les superficies ont évolué depuis la première version de l'étude compte-tenu de la prise en compte des nouvelles formations citées ci-dessus. Ces formations argileuses se répartissent sur 73 % de la superficie totale du département. Par rapport à la version initiale où ces formations couvraient environ 70 % de la superficie départementale, l'écart est donc relativement modeste.

N°	Nom de la formation géologique	Age	Superficie de la formation (km ²)	% de la superficie totale
30	Alluvions et cônes de déjection	Quaternaire	1 321,34	36,85
29	Colluvions, cailloutis et argiles de décalcification	Quaternaire	246,82	6,88
28	Conglomérats, argiles et sables	Quaternaire	6,07	0,17
27	Marnes bleuées	Astien (Plaisancien)	12,26	0,34
26	Sables, marnes, argiles et limons	Miocène et Pliocène terminal	5,21	0,15
25	Calcaires, sables à galets, conglomérats	Miocène Terminal et infra-Pliocène	68,01	1,90
24	Marnes, sables, molasse sableuses	Tortonien lacustre et marin	42,03	1,17
23	Marnes	Tortonien marin	5,87	0,16
22	Sables, marnes et grès	Miocène moyen	181,31	5,08
21	Marnes bleues	Burdigalien	8,91	0,25
20	Marnes sableuses, molasses calcaires et quartzo-calcaires	Burdigalien	156,79	4,37
19	Argiles et sables	Oligocène Supérieur	8,13	0,23
18	Calcaires, marnes et sables	Oligocène inférieur (Stampien)	48,14	1,34
17	Marnes sableuses et argileuses de Viens	Oligocène inférieur (Stampien)	6,89	0,19
16	Calcaires	Oligocène inférieur (Stampien)	122,87	3,43
15	Argile du Maronnier	Stampien inférieur	1,17	0,03
14	Sables, marnes et calcaires	Stampien	8,14	0,23
13	Marnes et argilites	Éocène supérieur et Oligocène inférieur (Stampien inférieur)	5,25	0,15
12	Argiles, marnes et calcaires	Éocène supérieur (Ludien)	18,67	0,52
11	Marnes, dolomies et sables	Éocène supérieur (Ludien)	0,39	0,01
10	Sables et argiles verts de Mormoiron	Éocène supérieur (Ludien)	8,07	0,23
9	Argiles, marnes et sables	Éocène supérieur (Ludien et Bartonien supérieur)	9,99	0,28
8	Argiles vertes et marnes vertes	Bartonien	1,88	0,05
7	Calcaires, sables et argiles	Crétacé supérieur, Paléocène et Éocène	12,06	0,34
6	Calcaires, grès, marnes et sables	Turonien et du Cénomanién	74,81	2,09
5	Grès, sables et marnes	Albien et de l'Aptien	39,96	1,11
4	Marnes Gargasiennes	Gargasien	47,97	1,34
3	Calcaires argileux et marneux	Crétacé inférieur	142,15	3,98
2	Marnes noires et calcaires argileux	Jurassique moyen et supérieur (Bathonien et Oxfordien supérieur)	5,83	0,16
1	Cargneules, dolomies et gypse	Trias	12,22	0,34
	Total formations argileuses		2 628,90	73,32
999	Réseau hydrographique		30,11	0,84
1000	Formations à priori non argileuses		926,33	25,84
	Total département		3 585,34	100,00

Illustration 6 : Superficie des 30 formations argileuses du département

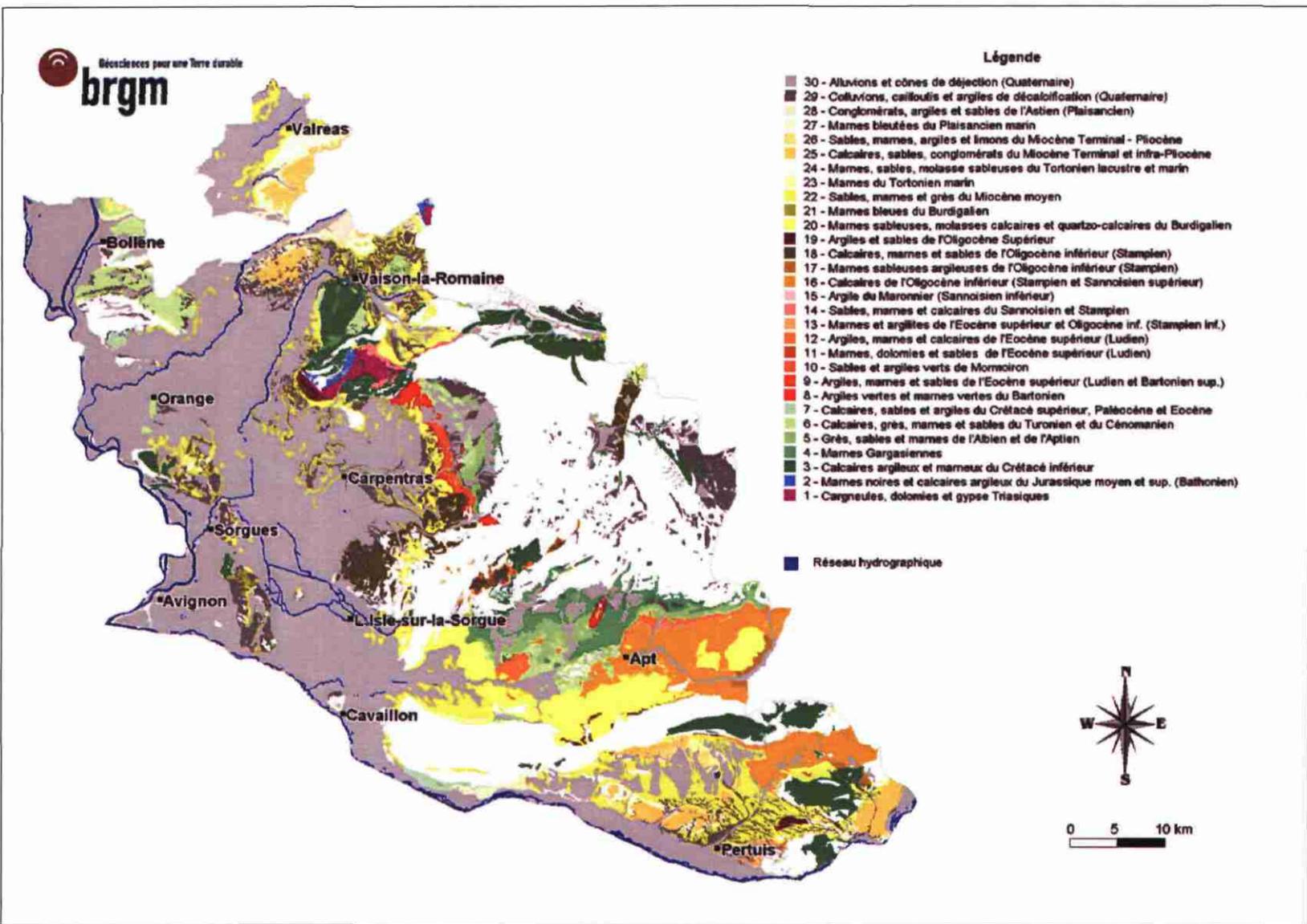


Illustration 7 : Carte des formations argileuses ou marneuses mise à jour

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

4.1. CRITERE LITHOLOGIQUE

Aucune modification n'a été apportée sur la caractérisation lithologique des 30 formations argileuses par rapport à la version initiale. Le tableau de l'illustration 8 rappelle les notes géotechniques.

N°	Nom de la formation géologique	Note lithologique
30	Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)	1
29	Colluvions, cailloutis et argiles de décalkification (Quaternaire)	1
28	Conglomérats, argiles et sables de l'Astien (Plaisancien)	2
27	Marnes bleutées du Plaisancien marin	4
26	Sables, marnes, argiles et limons du Miocène Terminal Pliocène	2
25	Calcaires, sables à galets, conglomérats du Miocène Terminal et infra-Pliocène	1
24	Marnes, sables, molasse sableuses du Tortonien lacustre et marin	2
23	Marnes du Tortonien marin	3
22	Sables, marnes et grès du Miocène moyen	2
21	Marnes bleues du Burdigalien	4
20	Marnes sableuses, molasses calcaires et quartzo-calcaires du Burdigalien	2
19	Argiles et sables de l'Oligocène Supérieur	2
18	Calcaires, marnes et sables de l'Oligocène inférieur (Stampien)	2
17	Marnes sableuses argileuses de Viens, de l'Oligocène inférieur (Stampien)	3
16	Calcaires de l'Oligocène inférieur (Stampien)	2
15	Argile du Maronnier (Stampien)	4
14	Sables, marnes et calcaires du Stampien	3
13	Marnes et argilites de l'Éocène supérieur et Oligocène inférieur (Stampien inférieur)	3
12	Argiles, marnes et calcaires de l'Éocène supérieur (Ludien)	4
11	Marnes, dolomies et sables de l'Éocène supérieur (Ludien)	3
10	Sables et argiles verts de Mormoiron	4
9	Argiles, marnes et sables de l'Éocène supérieur (Ludien et Bartonien supérieur)	2
8	Argiles vertes et marnes vertes du Bartonien	4
7	Calcaires, sables et argiles du Crétacé supérieur, Paléocène et Éocène	2
6	Calcaires, grès, marnes et sables du Turonien et du Cénomanién	2
5	Grès, sables et marnes de l'Albien et de l'Aptien	2
4	Marnes Gargasiennes	4
3	Calcaires argileux et marneux du Crétacé inférieur	2
2	Marnes noires et calcaires argileux du Jurassique moyen et supérieur (Bathonien et Oxfordien supérieur)	3
1	Cargneules, dolomies et gypse Triasiques	2

Illustration 8: Note lithologique des formations argileuses et marneuses

4.2. CRITERE MINERALOGIQUE

La caractérisation minéralogique n'a pas non plus été modifiée par rapport à la première version, malgré les nouveaux dossiers géotechniques fournis par la DDE. L'illustration 9 rappelle les notes minéralogiques des 30 formations argileuses ou marneuses, toujours valables pour la nouvelle version.

N°	Nom de la formation géologique	Note minéralogique
30	Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)	2
29	Colluvions, cailloutis et argiles de décalcification (Quaternaire)	3
28	Conglomérats, argiles et sables de l'Astien (Plaisancien)	3
27	Marnes bleutées du Plaisancien marin	3
26	Sables, marnes, argiles et limons du Miocène Terminal Pliocène	2
25	Calcaires, sables à galets, conglomérats du Miocène Terminal et infra-Pliocène	3
24	Marnes, sables, molasse sableuses du Tortonien lacustre et marin	4
23	Marnes du Tortonien marin	3
22	Sables, marnes et grès du Miocène moyen	3
21	Marnes bleues du Burdigalien	3
20	Marnes sableuses, molasses calcaires et quartzo-calcaires du Burdigalien	3
19	Argiles et sables de l'Oligocène Supérieur	4
18	Calcaires, marnes et sables de l'Oligocène inférieur (Stampien)	3
17	Marnes sableuses argileuses de Viens, de l'Oligocène inférieur (Stampien)	1
16	Calcaires de l'Oligocène inférieur (Stampien)	3
15	Argile du Maronnier (Stampien)	4
14	Sables, marnes et calcaires du Stampien	3
13	Marnes et argillites de l'Éocène supérieur et Oligocène inférieur (Stampien inférieur)	3
12	Argiles, marnes et calcaires de l'Éocène supérieur (Ludien)	—
11	Marnes, dolomies et sables de l'Éocène supérieur (Ludien)	3
10	Sables et argiles verts de Mormoiron	4
9	Argiles, marnes et sables de l'Éocène supérieur (Ludien et Bartonien supérieur)	3
8	Argiles vertes et marnes vertes du Bartonien	4
7	Calcaires, sables et argiles du Crétacé supérieur, Paléocène et Éocène	3
6	Calcaires, grès, marnes et sables du Turonien et du Cénomanién	—
5	Grès, sables et marnes de l'Albien et de l'Aptien	2
4	Marnes Gargasiennes	3
3	Calcaires argileux et marneux du Crétacé inférieur	4
2	Marnes noires et calcaires argileux du Jurassique moyen et supérieur (Bathonien et Oxfordien supérieur)	1
1	Cargneules, dolomies et gypse Triasiques	2

Illustration 9 : Note minéralogique des formations argileuses et marneuses

4.3. CRITERE GEOTECHNIQUE

Les dossiers de sinistres de l'année 2003 ont permis de recenser 28 nouvelles valeurs d'essais géotechniques qui ont été intégrées à l'analyse faite initialement. D'autre part, la réaffectation de nouvelles formations (voir chapitre précédent) a permis d'ajouter 6 valeurs d'essais, soit au total 34 valeurs supplémentaires prise en compte.

Ainsi, les mesures utilisées pour la caractérisation géotechnique des formations argileuses se répartissent désormais de la façon suivante (Illustration 10) :

Essai géotechnique	Nombre de mesures	Dont mesures dans le Vaucluse
Valeur de bleu	142	101
Indice de plasticité	231	161
Retrait linéaire	41	18
Coefficient de gonflement	34	2
Total	428	282

Illustration 10 : 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 11.

L'exploitation des 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.

En effet, seule la note géotechnique de la formation *Sables, marnes, argiles et limons du Miocène Terminal Pliocène (26)* a été modifiée par rapport au rapport initial. En effet, cette formation n'avait pas été caractérisée d'un point de vue géotechnique faute de données. Les dossiers de sinistres de l'année 2003 ont permis de caractériser la formation 26 avec une note géotechnique de 3 compte-tenu de fortes valeurs de bleu et d'indices de plasticité.

N°	Nom de la formation géologique	Superficie de la formation (km²)	Note géotechnique	Données du Vaucluse incluant les sinistres de 2003															
				VD - 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
30	Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)	1321,34	2	20	3,0	0,2	11,3	28	23,14	5,3	45	4	0,473	0,28	0,66				
29	Colluvions, cailloux et argiles de décalcification (Quaternaire)	246,82	2	8	3,0	1,4	4,8	32	25,64	13,5	56	13	0,562	0,11	1,6	9	0,031	0,013	0,048
28	Conglomérats, argiles et sables de l'Astien (Pliocène)	6,07	2	1	4,1	4,1	4,1									1	0,088	0,080	0,080
27	Marnes bleues du Pliocène marin	12,26	1	1	1,8	1,8	1,8	2	12,5	12	13								
26	Sables, marnes, argiles et limons du Miocène Terminal Pliocène	5,21	3	8	6,2	1,3	10,7	2	28,6	29	30,2	1	0,57	0,57	0,57				
25	Calcaires, sables à galets, conglomérats du Miocène Terminal et infra-Pliocène	66,01	2	2	4,4	2,7	6,0	1	7,8	7,9	7,9					4	0,023	0,01	0,036
24	Marnes, sables, molasses sableuses du Tortonien lacustre et marin	42,03	2	3	2,7	2,2	3,7	3	21,27	11	39,3	1	0,36	0,35	0,35	9	0,04	0,013	0,08
23	Marnes du Tortonien marin	5,87	2	1	3,3	3,3	3,3												
22	Sables, marnes et grès du Miocène moyen	181,31	1	2	2,5	2,2	2,8	2	8,75	9	10,5								
21	Marnes bleues du Burdigalien	8,91	2	1	5,8	5,8	5,8	1	29	20	20								
20	Marnes sableuses, molasses calcaires et quartz-calcaires du Burdigalien	158,79	2	9	4,2	1,2	11,0	1	19	19	19	3	0,087	0,18	0,58				
19	Argiles et sables de l'Oligocène Supérieur	6,13	3	1	6,8	6,0	6,0												
18	Calcaires, marnes et sables de l'Oligocène inférieur (Stampien)	46,14	2	4	3,5	2,0	6,0	15	24,97	11	40,61	3	0,063	0,4	0,51				
17	Marnes sableuses argileuses de l'Oligocène inférieur (Stampien)	6,88	3	1	6,2	6,2	6,2												
16	Calcaires de l'Oligocène inférieur (Stampien et Sannoisien supérieur)	122,97	2	14	4,8	1,9	10,8	21	22,6	8	45	3	0,338	0,22	0,453				
15	Argile du Mazonnier (Sannoisien inférieur)	1,17										2	0,586	0,46	0,55				
14	Sables, marnes et calcaires du Sannoisien et Stampien	6,14	2	5	3,3	1,2	4,6												
13	Marnes et argiles de l'Éocène supérieur et Oligocène inférieur (Stampien inférieur)	5,25	2	1	3,7	3,7	3,7												
12	Argiles, marnes et calcaires de l'Éocène supérieur (Ludien)	19,67	3	1	2,6	2,5	2,5	3	36,7	30	46,1								
11	Marnes, dolomies et sables de l'Éocène supérieur (Ludien)	0,38																	
10	Sables et argiles verts de Mornon	6,07	3	4	5,6	0,8	10,7	17	27,76	9	54								
9	Argiles, marnes et sables de l'Éocène supérieur (Ludien et Bartonien supérieur)	9,96	3					8	25,18	21	29	2	0,663	0,653	0,653				
8	Argiles vertes et marnes vertes du Bartonien	1,88	3	3	6,1	3,0	16,1	1	16	16	16								
7	Calcaires, sables et argiles du Crétacé supérieur, Paléocène et Éocène	12,06	2	11	3,1	1,9	6,1	12	19,65	11,8	30	1	0,34	0,34	0,34	2	0,01	0,01	0,01
6	Calcaires, grès, marnes et sables du Turonien et du Cénomaniens	74,81	2	3	5,9	1,0	15,0	3	12,67	10	18								
5	Grès, sables et marnes de l'Albien et de l'Aptien	39,90	3	12	5,6	2,3	11,3	22	29	0,1	37	2	0,54	0,5	0,58	4	0,082	0,045	0,085
4	Marnes Gargasiennes	47,97	3	19	4,5	0,9	11,3	47	25,82	10	45	5	0,362	0,15	0,53	2	0,051	0,023	0,078
3	Calcaires argileux et marneux du Crétacé inférieur	142,15	2	5	4,1	3,4	6,4	10	17,1	12	25	1	2,8	2,8	2,8	3	0,054	0,035	0,077
2	Marnes noires et calcaires argileux du Jurassique moyen et supérieur (Bethonien et Oxfordien supérieur)	5,63	2	1	3,5	3,5	3,5												
1	Carnageules, dolomies et gypse Triasiques	12,22	1	1	6,4	0,4	0,4												

Illustration 11 : Synthèse des données géotechniques et note géotechnique

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

Sur les 30 formations géologiques sélectionnées dans le Vaucluse, la moyenne des notes lithologiques, minéralogiques et géotechniques a permis d'obtenir le classement relatif suivant :

- 5 formations sont fortement susceptibles vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement (les mêmes formations que dans la version initiale de l'étude) ;
- 18 formations (au lieu de 17 initialement) sont moyennement susceptibles au retrait-gonflement ; en effet, la formation 26 est passée d'une susceptibilité faible à moyenne du fait de la nouvelle caractérisation géotechnique ;
- 7 formations sont peu susceptibles au retrait-gonflement (les mêmes que dans la version initiale).

Ce classement est représenté dans le tableau de l'illustration 12.

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 1/110 000 et sur l'illustration 15.

N°	Nom de la formation géologique	Note lithologique	Note minéralogique	Note géotechnique	Moyenne	Susceptibilité	Ancienne note de susceptibilité
30	Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)	1	2	2	1,7	Faible	Faible
29	Colluvions, cailloutis et argiles de décalcification (Quaternaire)	1	3	2	2	Faible	Faible
28	Conglomérats, argiles et sables de l'Astien (Pliaisancien)	2	3	2	2,3	Moyenne	Moyenne
27	Marnes bleutées du Pliaisancien marin	4	3	1	2,7	Moyenne	Moyenne
26	Sables, marnes, argiles et limons du Miocène Terminal Pliocène	2	2	3	2,3	Moyenne	Faible
25	Calcaires, sables à galets, conglomérats du Miocène Terminal et infra-Pliocène	1	3	2	2	Faible	Faible
24	Marnes, sables, molasse sableuses du Tortonien lacustre et marin	2	4	2	2,7	Moyenne	Moyenne
23	Marnes du Tortonien marin	3	3	2	2,7	Moyenne	Moyenne
22	Sables, marnes et grès du Miocène moyen	2	3	1	2	Faible	Faible
21	Marnes bleues du Burdigalien	4	3	2	3	Moyenne	Moyenne
20	Marnes sableuses, molasses calcaires et quartzo-calcaires du Burdigalien	2	3	2	2,3	Moyenne	Moyenne
19	Argiles et sables de l'Oligocène Supérieur	2	4	3	3	Moyenne	Moyenne
18	Calcaires, marnes et sables de l'Oligocène inférieur (Stampien)	2	3	2	2,3	Moyenne	Moyenne
17	Marnes sableuses argileuses de Viens, de l'Oligocène inférieur (Stampien)	3	1	3	2,3	Moyenne	Moyenne
16	Calcaires de l'Oligocène inférieur (Stampien)	2	3	2	2,3	Moyenne	Moyenne
15	Argile du Maronnier (Stampien)	4	4	-	4	Forte	Forte
14	Sables, marnes et calcaires du Stampien	3	3	2	2,7	Moyenne	Moyenne
13	Marnes et argiles de l'Éocène supérieur et Oligocène inférieur (Stampien inférieur)	3	3	2	2,7	Moyenne	Moyenne
12	Argiles, marnes et calcaires de l'Éocène supérieur (Ludien)	4	-	3	3,5	Forte	Forte
11	Marnes, dolomies et sables de l'Éocène supérieur (Ludien)	3	3	-	3	Moyenne	Moyenne
10	Sables et argiles verts de Mormoiron	4	4	3	3,7	Forte	Forte
9	Argiles, marnes et sables de l'Éocène supérieur (Ludien et Bartonien supérieur)	2	3	3	2,7	Moyenne	Moyenne
8	Argiles vertes et marnes vertes du Bartonien	4	4	3	3,7	Forte	Forte
7	Calcaires, sables et argiles du Crétacé supérieur, Paléocène et Éocène	2	3	2	2,4	Moyenne	Moyenne
6	Calcaires, grès, marnes et sables du Turonien et du Cénomaniens	2	-	2	1,9	Faible	Faible
5	Grès, sables et marnes de l'Albien et de l'Aptien	2	2	3	2,3	Moyenne	Moyenne
4	Marnes Gargasiennes	4	3	3	3,3	Forte	Forte
3	Calcaires argileux et marneux du Crétacé inférieur	2	4	2	2,7	Moyenne	Moyenne
2	Marnes noires et calcaires argileux du Jurassique moyen et supérieur (Bathonien et Oxfordien supérieur)	3	1	2	2	Faible	Faible
1	Cargneules, dolomies et gypse Triasiques	2	2	1	1,7	Faible	Faible

Illustration 12 : Degré de susceptibilité des formations

Le graphique et le tableau présentés respectivement sur les Illustrations 13 et 14 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.

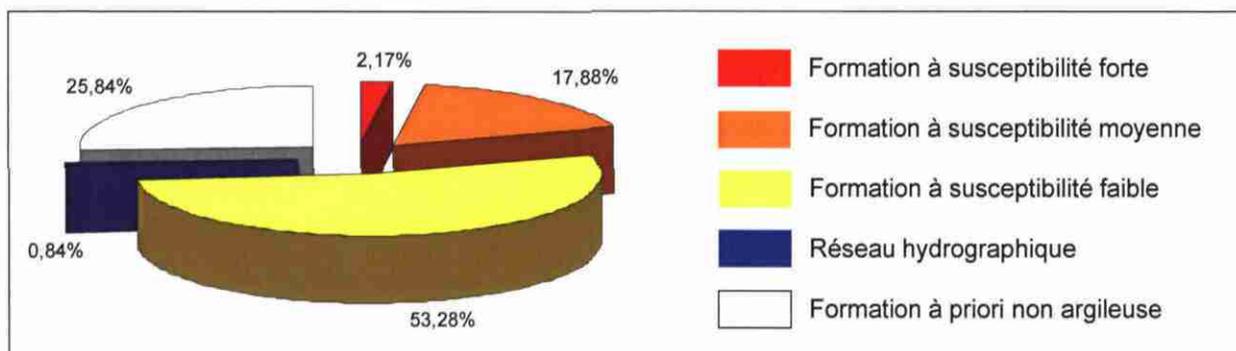


Illustration 13 : Proportion des différents niveaux de susceptibilité à l'échelle départementale

La surface d'affleurement des formations considérées comme fortement susceptibles couvre plus de 2 % du département, et correspondent en grande partie aux *Marnes Gargasiennes*. Les formations de susceptibilité faible couvrent quant à elles plus de la moitié du département, tandis que celles de susceptibilité moyenne représentent moins du cinquième du département. Un peu plus du quart du département (26 %) n'est a priori pas susceptible au retrait-gonflement des argiles, ce qui correspond aux formations considérées comme non argileuses et au réseau hydrographique.

N°	Nom de la formation géologique	Superficie de la formation (km ²)	% de la superficie totale	Susceptibilité
15	Argile du Maronnier (Stampien)	1,17	0,03	Forte
12	Argiles, marnes et calcaires de l'Éocène supérieur (Ludien)	18,67	0,52	Forte
10	Sables et argiles verts de Mormoiron	8,07	0,23	Forte
8	Argiles vertes et marnes vertes du Bartonien	1,88	0,05	Forte
4	Marnes Gargasiennes	47,97	1,34	Forte
Total formations susceptibilité forte		77,75	2,17%	
28	Conglomérats, argiles et sables de l'Astien (Plaisancien)	6,07	0,17	Moyenne
27	Marnes bleutées du Plaisancien marin	12,26	0,34	Moyenne
26	Sables, marnes, argiles et limons du Miocène Terminal Pliocène	5,21	0,15	Moyenne
24	Marnes, sables, molasse sableuses du Tortonien lacustre et marin	42,03	1,17	Moyenne
23	Marnes du Tortonien marin	5,87	0,16	Moyenne
21	Marnes bleues du Burdigalien	8,91	0,25	Moyenne
20	Marnes sableuses, molasses calcaires et quartzo-calcaires du Burdigalien	156,79	4,37	Moyenne
19	Argiles et sables de l'Oligocène Supérieur	8,13	0,23	Moyenne
18	Calcaires, marnes et sables de l'Oligocène inférieur (Stampien)	48,14	1,34	Moyenne
17	Marnes sableuses argileuses de Viens, de l'Oligocène inférieur (Stampien)	6,69	0,19	Moyenne
16	Calcaires de l'Oligocène inférieur (Stampien)	122,97	3,43	Moyenne
14	Sables, marnes et calcaires du Stampien	8,14	0,23	Moyenne
13	Marnes et argilites de l'Éocène supérieur et Oligocène inférieur (Stampien inférieur)	5,25	0,15	Moyenne
11	Marnes, dolomies et sables de l'Éocène supérieur (Ludien)	0,39	0,01	Moyenne
9	Argiles, marnes et sables de l'Éocène supérieur (Ludien et Bartonien supérieur)	9,99	0,28	Moyenne
7	Calcaires, sables et argiles du Crétacé supérieur, Paléocène et Éocène	12,06	0,34	Moyenne
5	Grès, sables et marnes de l'Albien et de l'Aptien	39,96	1,11	Moyenne
3	Calcaires argileux et marneux du Crétacé inférieur	142,15	3,96	Moyenne
Total formations susceptibilité moyenne		641,98	17,88%	
30	Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)	1 321,34	36,85	Faible
29	Colluvions, cailloutis et argiles de décalcification (Quaternaire)	246,82	6,88	Faible
25	Calcaires, sables à galets, conglomérats du Miocène Terminal et infra-Pliocène	68,01	1,90	Faible
22	Sables, marnes et grès du Miocène moyen	181,31	5,06	Faible
6	Calcaires, grès, marnes et sables du Turonien et du Cénomaniens	74,81	2,09	Faible
2	Marnes noires et calcaires argileux du Jurassique moyen et supérieur (Bathonien et Oxfordien supérieur)	5,63	0,16	Faible
1	Cargneules, dolomies et gypse Triasiques	12,22	0,34	Faible
Total formations susceptibilité faible		1 910,14	53,28%	
Total formations argileuses		2 628,90	73,32%	
Réseau hydrographique		30,11	0,84%	
Formations à priori non argileuses		926,33	25,84%	
		3 585,34	100%	

Illustration 14 : Classement des formations par susceptibilité et surfaces d'affleurement

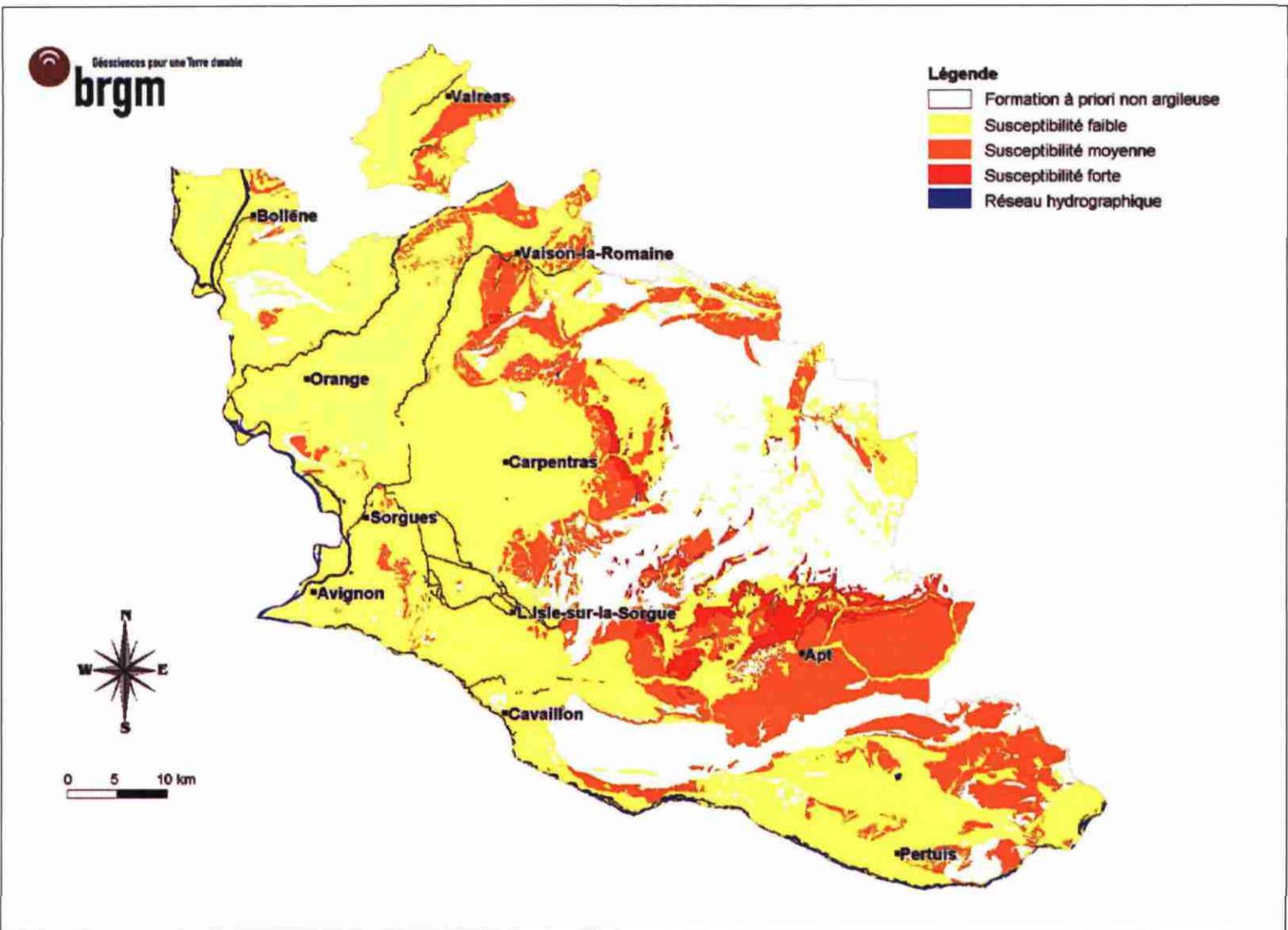


Illustration 15 : Carte de susceptibilité au retrait-gonflement des argilles

5. Détermination du critère de densité de sinistres

5.1. IDENTIFICATION DES SINISTRES DE L'ANNEE 2003

Suite à l'épisode de sécheresse de l'année 2003, la Préfecture a été destinataire d'un certain nombre de dossiers de demande de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle pour les communes concernées. Aucune de ces demandes n'a abouti à ce jour pour le département de Vaucluse mais une partie des sinistres a néanmoins pu être indemnisée au titre de la procédure exceptionnelle mise en place en 2006.

Parmi ces dossiers, 352 sinistres liés au retrait gonflement des argiles ont été identifiés. Un travail de géoréférencement de ces sinistres sur le département a été réalisé afin de pouvoir réévaluer de nouvelles densités de sinistres nous permettant d'affiner la cartographie de l'aléa.

Ainsi, le nombre de sinistres recensés et localisés dans le département de Vaucluse est passé de 916 à 1 268 (Illustration 16). Les sinistres de l'année 2003 ont touché des communes qui n'avaient pas été sinistrées auparavant : ainsi aujourd'hui 64 communes du Vaucluse présentent au moins un sinistre lié au retrait gonflement des argiles, au lieu de 58 dans la précédente étude (Illustration 17).

D'un point de vue géographique, les communes les plus sinistrées sont majoritairement présentes dans le centre, l'ouest et le sud du département, tandis que le nord du département est moins touché. Globalement, ces données montrent que l'aire affectée par le phénomène de retrait-gonflement des argiles est importante dans le département, même si l'on ne considère que les communes ayant plus de 5 maisons sinistrées (ce qui constitue déjà un nombre significatif pour des communes rurales peu urbanisées).

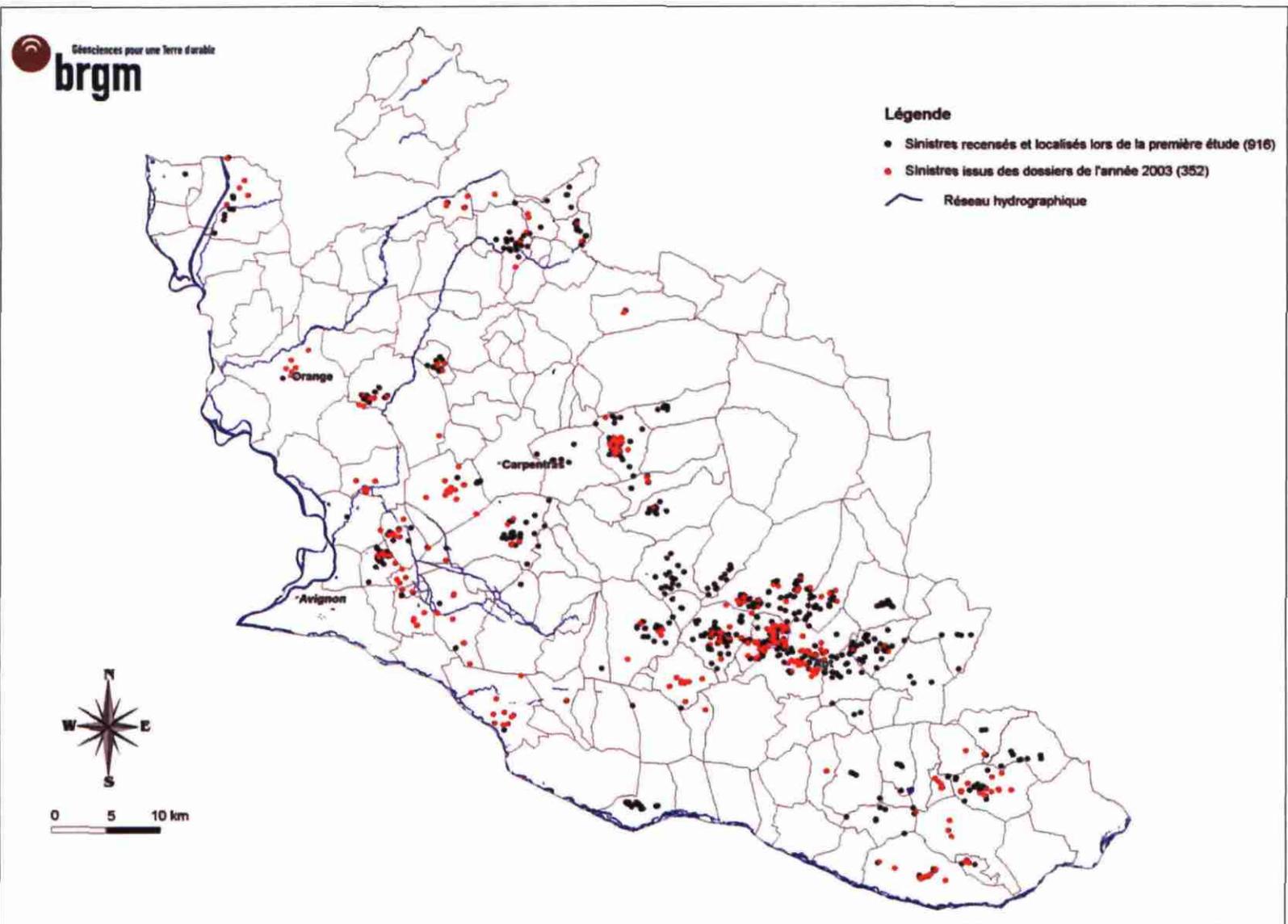


Illustration 16 : Sinistres issus des dossiers de 2003 géoréférences pour compléter la cartographie de l'aléa

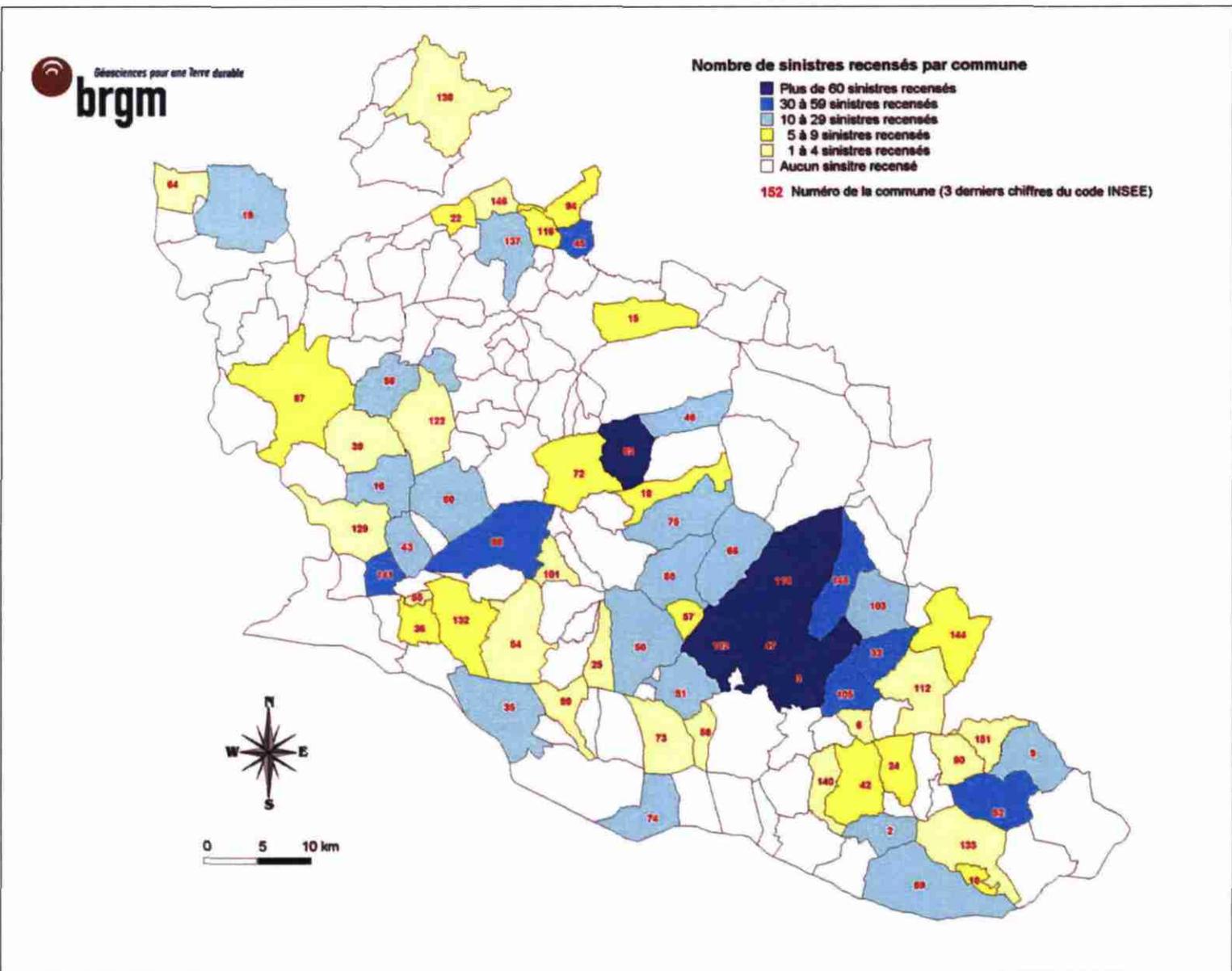


Illustration 17 : Carte de répartition par commune des sinistres recensés

Les modifications apportées avec la prise en compte des sinistres de l'année 2003 permettent de conserver une assez bonne corrélation entre les sinistres et les critères géologiques et/ou morphologiques (abondance des sinistres sur les zones de remplissages sédimentaires sablo-argileux).

L'illustration 18 met en évidence les 20 communes les plus sinistrées du département du Vaucluse. Par rapport à la première étude, l'ordre des communes est sensiblement le même hormis l'arrivée de la commune de Pertuis (26 sinistres). Les 20 communes ont été de nouveau sinistrées en 2003 sauf deux d'entre elles : Murs et Rustrel qui n'ont pas déclaré de sinistres supplémentaires.

Code INSEE	Commune	Nombre de sinistres localisés
84047	GARGAS	166
84118	SAINT-SATURNIN-LES-APT	132
84082	MORMOIRON	95
84102	ROUSSILLON	68
84003	APT	67
84145	VILLARS	44
84032	CASENEUVE	34
84045	FAUCON	33
84088	PERNES-LES-FONTAINES	32
84105	SAIGNON	32
84141	VEDENE	31
84052	GRAMBOIS	30
84050	GORDES	27
84019	BOLLENE	26
84089	PERTUIS	26
84085	MURS	25
84080	MONTEUX	24
84056	JONQUIERES	23
84137	VAISON-LA-ROMAINE	22
84103	RUSTREL	22

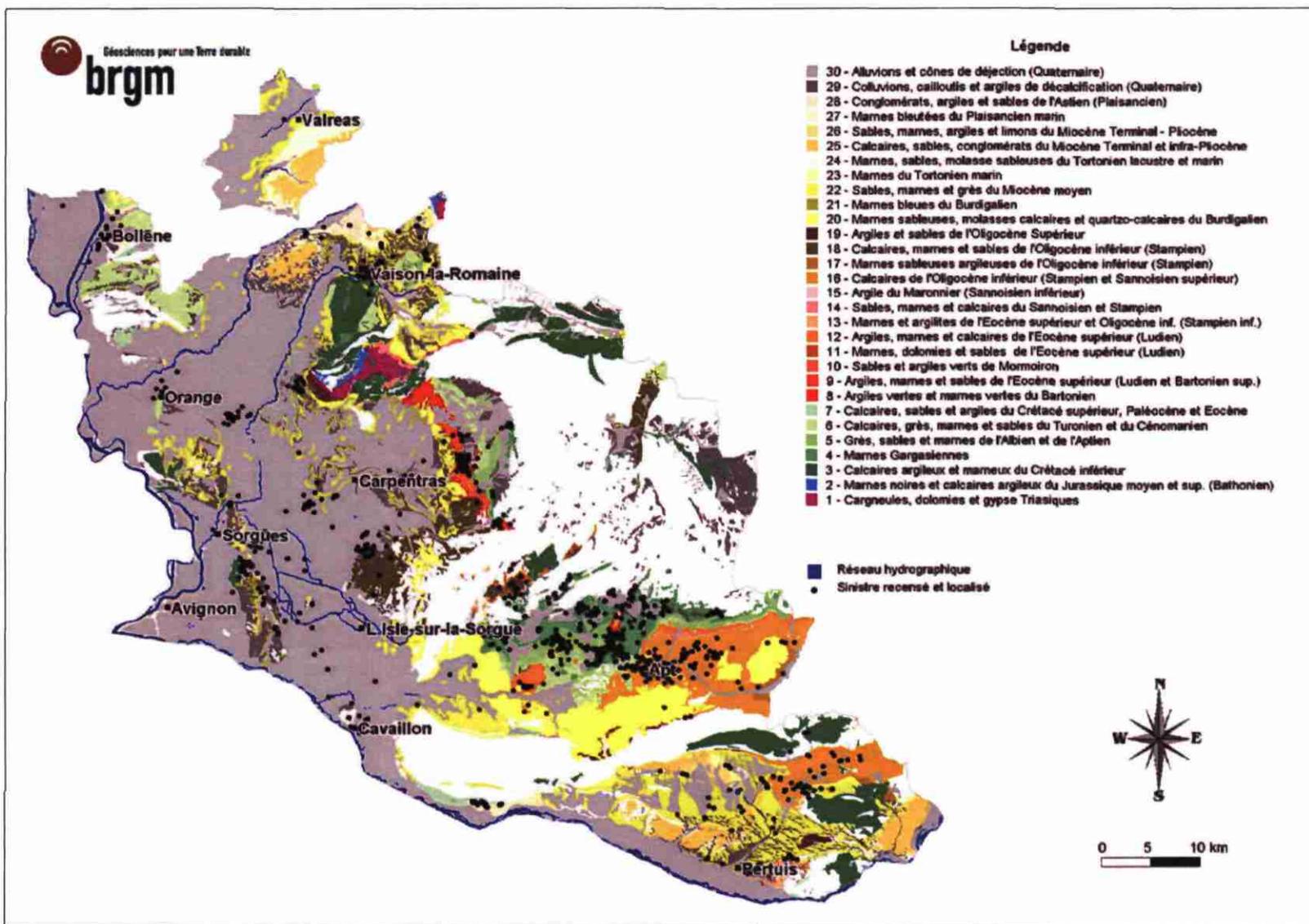
Illustration 18 : Liste des 20 communes les plus sinistrées de Vaucluse

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

L'étude de l'aléa retrait-gonflement des sols implique la prise en compte de la nature géologique des terrains où se sont produits les sinistres. Les données qui seront utilisées par la suite sont exclusivement celles issues de la juxtaposition de la carte des sinistres avec la carte géologique synthétique établie dans le cadre de la présente étude (Illustration 19).

Au total, 69 formations géologiques ont supporté des sinistres, dont 96 % sont bien localisés sur des formations argileuses ou marneuses (lesquelles couvrent cependant près de 74 % de la superficie départementale).

Illustration 19 : Carte de localisation des sinistres recensés dans le département



D'une façon générale, les 20 sinistres qui sont localisés sur des formations a priori non argileuses peuvent s'expliquer de différentes façons :

- certaines formations considérées comme a priori non argileuses peuvent contenir localement des lentilles ou des placages d'argiles non cartographiés. Ceci concerne en particulier les formations calcaires, localement altérés, ou pouvant présenter localement des niveaux argileux. Par ailleurs, des formations essentiellement sableuses tels que certains colluvions ou limons sableux peuvent renfermer ponctuellement des passées plus argileuses ;
- quelques sinistres attribués au retrait-gonflement des argiles peuvent enfin être dus en réalité à d'autres phénomènes (tassement de remblais ou de sols compressibles, fluages sur des colluvions instables, défauts de construction, choc thermique sur les enduits de façade, etc.) ;
- certains contours de formations géologiques peuvent être localement inexacts ou certains sinistres mal localisés.

Avec la prise en compte des 352 sinistres issus de l'année 2003 (Illustration 20), on voit apparaître une formation argileuse présentant plus de 300 sinistres (les *Marnes Gargasiennes* – 322 sinistres), une formation avec plus de 200 sinistres (il s'agit des *Alluvions et cônes de déjection Quaternaire* avec 238 sinistres), et enfin deux formations avec plus de 100 sinistres chacune : les *Calcaires de l'Oligocène inférieur – Stampien* (137 sinistres) et les *Grès, sables et marnes de l'Albien et de l'Aptien* (108 sinistres).

Quatre modifications notables sont visibles sur l'évaluation des nouvelles densités de sinistres qui ont significativement augmenté en tenant compte de l'année 2003 ; elles portent sur :

- la formation des *Sables, marnes, argiles et limons du Miocène Terminal Pliocène* ;
- la formation des *Marnes, sables, molasse sableuses du Tortonien lacustre et marin* ;
- la formation des *Sables, marnes et calcaires du Stampien* ;
- la formation des *Calcaires, grès, marnes et sables du Turonien et du Cénomaniens*.

Seules trois formations (au lieu de quatre initialement) parmi les formations argileuses ou marneuses (les *Conglomérats, argiles et sables de l'Astien (Plaisancien)*, les *Marnes noires et calcaires argileux du Jurassique moyen et supérieur (Bathonien et Oxfordien supérieur)* et les *Cargneules, dolomies et gypse triasiques*) ne comptent pas de sinistres, mais cela ne peut être considéré comme significatif étant donné que ces formations n'affleurent que sur 0,67 % de la superficie départementale.

Les résultats du tableau de l'illustration 20 indiquent que la densité de sinistres rapportée à 100 km² d'affleurement réellement urbanisé est en moyenne de 900 pour les formations argileuses ou marneuses (elle s'élève à 870 pour l'ensemble du département), alors qu'elle est de 281 pour les autres formations jugées a priori non argileuses, ce qui justifie a posteriori leur sélection. Cette densité de sinistres moyenne par formation argileuse a augmenté par rapport à celle qui avait été évaluée dans la première étude et qui était de 655 sinistres pour 100 km² de surface réellement

urbanisée. Ceci s'explique par les 352 sinistres supplémentaires pris en compte qui ont fait évoluer les densités de sinistres de façon importante.

Afin de hiérarchiser les formations argileuses selon leur degré de sinistralité, c'est ce seuil moyen de 900 sinistres pour 100 km² urbanisés qui a été retenu comme référence et à partir duquel ont été définis les coupures suivantes pour l'attribution de notes caractérisant la sinistralité :

- *note 1* : moins de 900 sinistres pour 100 km² de surface urbanisée dans la formation (ce qui correspond aux formations ayant une densité inférieure à la moyenne des zones argileuses) ;
- *note 2* : entre 900 et 1 800 sinistres pour 100 km² de surface urbanisée dans la formation (ce qui correspond aux formations ayant une densité supérieure à la moyenne des zones argileuses et inférieure à deux fois cette moyenne) ;
- *note 3* : plus de 1 800 sinistres pour 100 km² de surface urbanisée dans la formation (ce qui correspond aux formations ayant une densité supérieure à deux fois la moyenne des zones argileuses).

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

- la formation 26 (les *Sables, mames, argiles et limons du Miocène Terminal Pliocène*) qui voit sa note de sinistralité passer de faible à forte (avec l'occurrence de 6 sinistres alors qu'aucun n'avait été signalé précédemment) ;
- la formation 24 (les *Mames, sables, molasse sableuses du Tortonien lacustre et marin*) qui voit également sa note de sinistralité augmenter (de faible à moyenne) avec plus du double de sinistres référencés (passage de 4 à 11 sinistres), ce qui est plus cohérent avec une susceptibilité moyenne ;
- la formation 14 (les *Sables, mames et calcaires du Stampien*) voit sa note de sinistralité augmenter (de moyenne à forte), avec 11 sinistres supplémentaires ;
- la formation 6 (les *Calcaires, grès, mames et sables du Turonien et du Cénomani*) voit également sa note augmenter (de moyenne à forte) avec 20 sinistres supplémentaires.

La prise en compte des sinistres de l'année 2003 permet cependant globalement de conforter l'analyse effectuée précédemment et ne se traduit que par des évolutions relativement marginales, ce qui confirme à posteriori que l'échantillon de sinistres pris en compte lors de l'étude initiale était statistiquement représentatif.

N°	Nom de la formation géologique	Superficie de la formation (km ²)	% de la superficie totale	Surface urbanisée (km ²)	Taux d'urbanisation	Ancien nombre de sinistres	Nombre de sinistres (dont 2003)	Densité de sinistres pour 100 km ² (urbanisés)	Note densité de sinistres	Ancienne note densité de sinistres
30	Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)	1321,34	36,85	101,13	7,65	139	238	235	1	1
29	Colluvions, cailloutis et argiles de décalcification (Quaternaire)	246,82	6,88	12,79	5,18	56	82	641	1	1
28	Conglomérats, argiles et sables de l'Astien (Plaisancien)	6,07	0,17	0,10	1,61	0	0	0	1	1
27	Marnes bleuâtres du Plaisancien marin	12,26	0,34	1,15	9,37	15	20	1 741	2	2
26	Sables, marnes, argiles et limons du Miocène Terminal Pliocène	5,21	0,15	0,10	1,97	0	6	5 860	3	1
25	Calcaires, sables à galets, conglomérats du Miocène Terminal et Infra-Pliocène	66,01	1,90	0,34	0,50	3	6	1 768	2	2
24	Marnes, sables, molasse sableuses du Tortonien lacustre et marin	42,03	1,17	0,88	2,11	4	11	1 243	2	1
23	Marnes du Tortonien marin	5,87	0,16	0,11	1,84	6	6	5 542	3	3
22	Sables, marnes et grès du Miocène moyen	181,31	5,06	12,18	6,72	34	47	386	1	1
21	Marnes bleues du Burdigalien	8,91	0,25	0,29	3,28	9	10	3 423	3	3
20	Marnes sableuses, molasses calcaires et quartzo-calcaires du Burdigalien	156,79	4,37	2,66	1,70	26	27	1 015	2	2
19	Argiles et sables de l'Oligocène Supérieur	8,13	0,23	0,16	1,95	5	8	5 048	3	3
18	Calcaires, marnes et sables de l'Oligocène inférieur (Stampien)	48,14	1,34	0,83	1,73	19	23	2 758	3	3
17	Marnes sableuses argileuses de Viens, de l'Oligocène inférieur (Stampien)	6,69	0,19	0,03	0,47	2	2	6 408	3	3
16	Calcaires de l'Oligocène inférieur (Stampien)	122,97	3,43	1,52	1,23	86	137	9 030	3	3
15	Argile du Maronnier (Stampien)	1,17	0,03	0,00	0,27	1	1	32 156	3	3
14	Sables, marnes et calcaires du Stampien	8,14	0,23	0,12	1,46	1	12	10 067	3	2
13	Marnes et argilles de l'Éocène supérieur et Oligocène inférieur (Stampien inférieur)	5,25	0,15	0,17	3,26	2	3	1 755	2	2
12	Argiles, marnes et calcaires de l'Éocène supérieur (Ludien)	18,67	0,52	0,21	1,12	12	21	10 014	3	3
11	Marnes, dolomies et sables de l'Éocène supérieur (Ludien)	0,39	0,01	0,00	0,46	1	1	54 882	3	3
10	Sables et argiles verts de Mormoiron	8,07	0,23	0,15	1,84	59	80	53 748	3	3
9	Argiles, marnes et sables de l'Éocène supérieur (Ludien et Bartonien supérieur)	9,99	0,28	0,06	0,64	13	13	20 460	3	3
8	Argiles vertes et marnes vertes du Bartonien	1,88	0,05	0,03	1,48	4	14	50 375	3	3
7	Calcaires, sables et argiles du Crétacé supérieur, Paléocène et Éocène	12,06	0,34	0,18	1,53	10	15	8 125	3	3
6	Calcaires, grès, marnes et sables du Turonien et du Cénomarien	74,81	2,09	1,04	1,39	6	26	2 506	3	2
5	Grès, sables et marnes de l'Abien et de l'Apzien	39,96	1,11	0,67	1,69	99	108	16 000	3	3
4	Marnes Gargasiennes	47,97	1,34	0,81	1,70	277	322	39 585	3	3
3	Calcaires argileux et marneux du Crétacé inférieur	142,15	3,96	0,81	0,57	7	9	1 115	2	2
2	Marnes noires et calcaires argileux du Jurassique moyen et supérieur (Bathonien et Oxfordien supérieur)	5,63	0,16	0,01	0,16	0	0	0	1	1
1	Cargneules, dolomies et gypse Triasiques	12,22	0,34	0,04	0,31	0	0	0	1	1
	Total formations argileuses	2628,90	73,32%	136,59	5,27%	896	1248	900		
999	Réseau hydrographique	30,11	0,84%	0,00	0,00	0	0	0,00		
1000	Formations à priori non argileuses	926,33	25,84%	7,11	0,77%	20	20	281		
	Total département	3585,34	100%	145,70	4,06%	916	1268	870		

Illustration 20 : Classement des formations par densité de sinistres ramenée à la surface urbanisée et rappel de la susceptibilité

6. Elaboration de la nouvelle 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 21,22 et 24. Par rapport à la version précédente, il se trouve que deux formations sont désormais classées avec un aléa moyen au lieu de faible, il s'agit des formations 26 (*Sables, marnes, argiles et limons du Miocène Terminal Pliocène*) et 24 (*Marnes, sables, molasse sableuses du Tortonien lacustre et marin*). Les modifications sont justifiées par des densités de sinistres sensiblement supérieures et, pour la formation 26, par une réévaluation du niveau de susceptibilité du fait d'une meilleure caractérisation géotechnique.

Comme dans la version précédente, cinq 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.

Dix-sept formations au lieu de quinze initialement ont été classées en aléa moyen du fait du passage de deux formations dans cette catégorie. Elles résultent toutes d'une susceptibilité moyenne associée à une densité de sinistres forte ou moyenne.

Enfin, huit formations au lieu de dix initialement sont considérées comme présentant un aléa faible vis à vis du phénomène de retrait-gonflement.

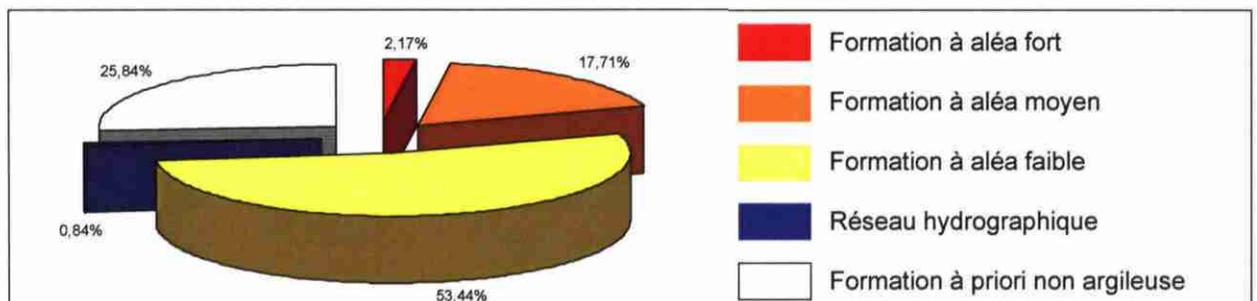


Illustration 21 : Répartition des différents niveaux d'aléa à l'échelle départementale

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

La carte départementale d'aléa a été tracée 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 23 et en carte hors-texte 3 à l'échelle 1/110 000.

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'aéa	Aéa	Ancienne note d'aéa
30	Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)	1321,34	1	2	2	1,67	Faible	1	1	3	Faible	Faible
29	Colluvions, cailloux et argiles de décalkification (Quaternaire)	248,62	1	3	2	2,00	Faible	1	1	3	Faible	Faible
28	Conglomérats, argiles et sables de l'Astien (Pliocène)	6,07	2	3	2	2,33	Moyenne	2	1	6	Faible	Faible
27	Marnes bleues du Pliocène marin	12,26	4	3	1	2,67	Moyenne	2	2	6	Moyen	Moyen
26	Sables, marnes, argiles et limons du Miocène Terminal Pliocène	5,21	2	2	3	2,33	Moyenne	2	3	7	Moyen	Faible
25	Calcaires, sables à galets, conglomérats du Miocène Terminal et infra-Pliocène	68,01	1	3	2	2,00	Faible	1	2	4	Faible	Faible
24	Marnes, sables, molasse sableuses du Tortonien lacustre et marin	42,03	2	4	2	2,67	Moyenne	2	2	6	Moyen	Faible
23	Marnes du Tortonien marin	5,67	3	3	2	2,67	Moyenne	2	3	7	Moyen	Moyen
22	Sables, marnes et grès du Miocène moyen	101,31	2	3	1	2,00	Faible	1	1	3	Faible	Faible
21	Marnes bleues du Burdigalien	8,91	4	3	2	3,00	Moyenne	2	3	7	Moyen	Moyen
20	Marnes sableuses, molasses calcaires et quartzo-calcaires du Burdigalien	156,79	2	3	2	2,33	Moyenne	2	2	6	Moyen	Moyen
19	Argiles et sables de l'Oligocène Supérieur	6,13	2	4	3	3,00	Moyenne	2	3	7	Moyen	Moyen
18	Calcaires, marnes et sables de l'Oligocène inférieur (Stampien)	40,14	2	3	2	2,33	Moyenne	2	3	7	Moyen	Moyen
17	Marnes sableuses argileuses de Vieux, de l'Oligocène inférieur (Stampien)	6,69	3	1	3	2,33	Moyenne	2	3	7	Moyen	Moyen
16	Calcaires de l'Oligocène inférieur (Stampien)	122,97	2	3	2	2,33	Moyenne	2	3	7	Moyen	Moyen
15	Argile du Maronnier (Stampien)	1,17	4	4	-	4,00	Forte	3	3	9	Fort	Fort
14	Sables, marnes et calcaires du Stampien	8,14	3	3	2	2,67	Moyenne	2	3	7	Moyen	Moyen
13	Marnes et argiles de l'Éocène supérieur et Oligocène inférieur (Stampien inférieur)	5,25	3	3	2	2,67	Moyenne	2	2	6	Moyen	Moyen
12	Argiles, marnes et calcaires de l'Éocène supérieur (Ludien)	18,67	4	-	3	3,60	Forte	3	3	9	Fort	Fort
11	Marnes, dolomies et sables de l'Éocène supérieur (Ludien)	0,39	3	3	-	3,00	Moyenne	2	3	7	Moyen	Moyen
10	Sables et argiles verts de Mormoiron	8,07	4	4	3	3,67	Forte	3	3	9	Fort	Fort
9	Argiles, marnes et sables de l'Éocène supérieur (Ludien et Bartonien supérieur)	9,99	2	3	3	2,67	Moyenne	2	3	7	Moyen	Moyen
8	Argiles vertes et marnes vertes du Bartonien	1,88	4	4	3	3,67	Forte	3	3	9	Fort	Fort
7	Calcaires, sables et argiles du Crétacé supérieur, Paléocène et Éocène	12,06	2	3	2	2,43	Moyenne	2	3	7	Moyen	Moyen
6	Calcaires, grès, marnes et sables du Turonien et du Cénomarien	74,81	2	-	2	1,66	Faible	1	3	6	Faible	Faible
5	Grès, sables et marnes de l'Abien et de l'Apvien	39,86	2	2	3	2,33	Moyenne	2	3	7	Moyen	Moyen
4	Marnes Gargasiennes	47,97	4	3	3	3,33	Forte	3	3	9	Fort	Fort
3	Calcaires argileux et marneux du Crétacé inférieur	142,15	2	4	2	2,67	Moyenne	2	2	6	Moyen	Moyen
2	Marnes noires et calcaires argileux du Jurassique moyen et supérieur (Bathonien et Oxfordien supérieur)	5,63	3	1	2	2,00	Faible	1	1	3	Faible	Faible
1	Cargneules, dolomies et gypse Triasiques	12,22	2	2	1	1,67	Faible	1	1	3	Faible	Faible
	Total formations argileuses	2620,90										
	Total département	3885,34										

Illustration 22 : Calcul du niveau d'aéa des formations argileuses et marnées

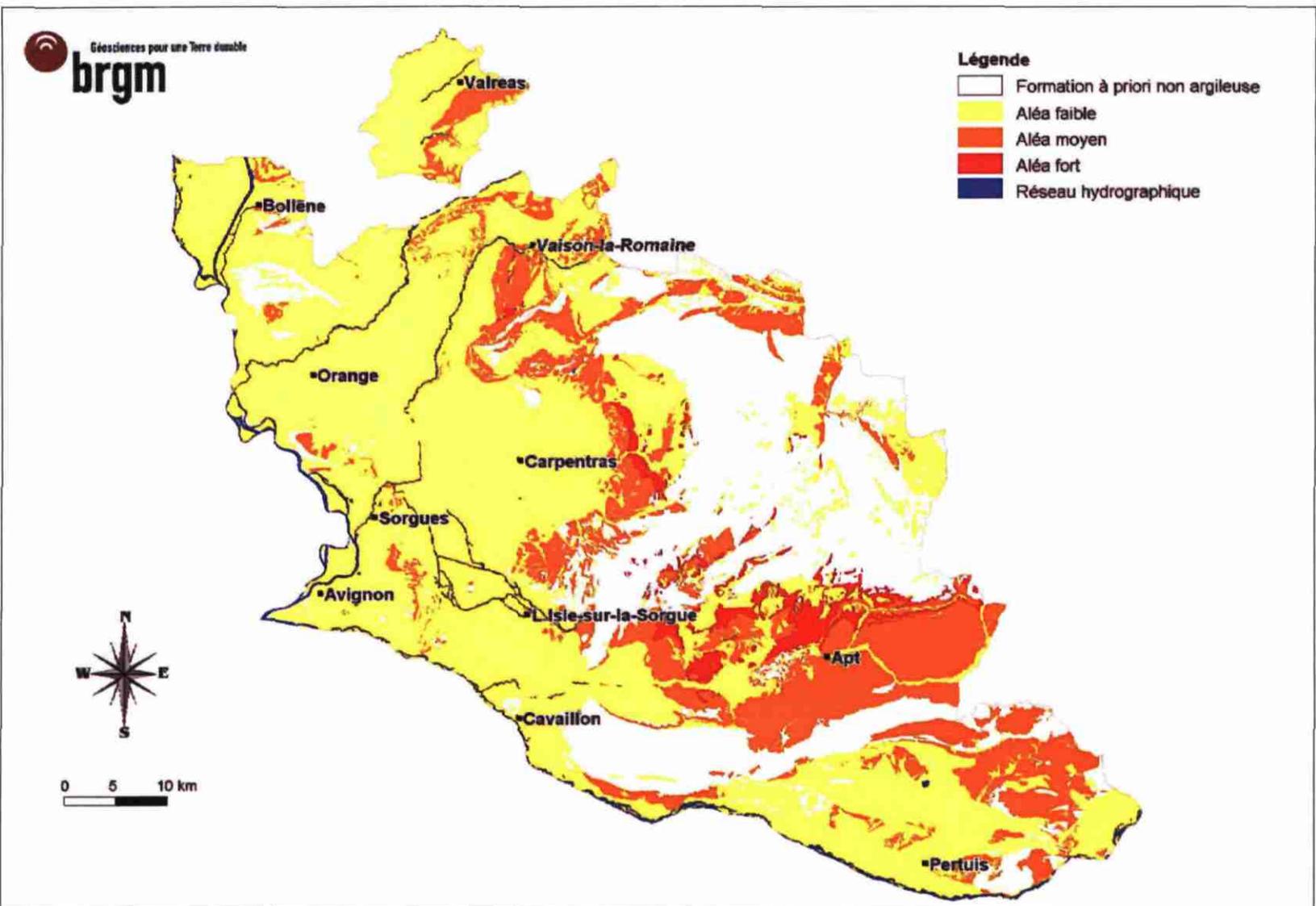


Illustration 23 : Carte départementale de l'aléa retrait-gonflement des argiles

N°	Nom de la formation géologique	Superficie (km²)	% de la superficie totale	Aléa
15	Argile du Maronnier (Stampien)	1,17	0,03	fort
12	Argiles, marnes et calcaires de l'Éocène supérieur (Ludien)	18,67	0,52	fort
10	Sables et argiles verts de Mormoiron	8,07	0,23	fort
8	Argiles vertes et marnes vertes du Bartonien	1,88	0,05	fort
4	Marnes Gargasiennes	47,97	1,34	fort
	Total des formations en aléa fort	77,75	2,17%	
27	Marnes bleutées du Pliaisancien marin	12,26	0,34	moyen
26	Sables, marnes, argiles et limons du Miocène Terminal Pliocène	5,21	0,15	moyen
24	Marnes, sables, molasse sableuses du Tortonien lacustre et marin	42,03	1,17	moyen
23	Marnes du Tortonien marin	5,87	0,16	moyen
21	Marnes bleues du Burdigalien	8,91	0,25	moyen
20	Marnes sableuses, molasses calcaires et quartzo-calcaires du Burdigalien	156,79	4,37	moyen
19	Argiles et sables de l'Oligocène Supérieur	8,13	0,23	moyen
18	Calcaires, marnes et sables de l'Oligocène inférieur (Stampien)	48,14	1,34	moyen
17	Marnes sableuses argileuses de Viens, de l'Oligocène inférieur (Stampien)	6,69	0,19	moyen
16	Calcaires de l'Oligocène inférieur (Stampien)	122,97	3,43	moyen
14	Sables, marnes et calcaires du Stampien	8,14	0,23	moyen
13	Marnes et argilites de l'Éocène supérieur et Oligocène inférieur (Stampien inférieur)	5,25	0,15	moyen
11	Marnes, dolomies et sables de l'Éocène supérieur (Ludien)	0,39	0,01	moyen
9	Argiles, marnes et sables de l'Éocène supérieur (Ludien et Bartonien supérieur)	9,99	0,28	moyen
7	Calcaires, sables et argiles du Crétacé supérieur, Paléocène et Éocène	12,06	0,34	moyen
6	Grès, sables et marnes de l'Albien et de l'Aptien	39,96	1,11	moyen
3	Calcaires argileux et marneux du Crétacé inférieur	142,15	3,96	moyen
	Total des formations en aléa moyen	634,94	17,71%	
30	Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)	1 321,34	36,85	faible
29	Colluvions, cailloutis et argiles de décalcification (Quaternaire)	246,82	6,88	faible
28	Conglomérats, argiles et sables de l'Astien (Pliaisancien)	6,07	0,17	faible
25	Calcaires, sables à galets, conglomérats du Miocène Terminal et infra-Pliocène	68,01	1,90	faible
22	Sables, marnes et grès du Miocène moyen	181,31	5,06	faible
6	Calcaires, grès, marnes et sables du Turonien et du Cénomarien	74,81	2,09	faible
2	Marnes noires et calcaires argileux du Jurassique moyen et supérieur (Bathonien et Oxfordien supérieur)	5,63	0,16	faible
1	Cargneules, dolomies et gypse Triasiques	12,22	0,34	faible
	Total des formations en aléa faible	1 916,21	53,45%	
	Total des formations argileuses	2 628,90	73,32%	
	Réseau hydrographique	30,11	0,84%	
	Formations à priori non argileuses	926,33	25,84%	
	Total département	3 585,34	100%	

Illustration 24 : Classement des formations en fonction de leur niveau d'aléa

Les modifications apportées par rapport à la version initiale sont les suivantes :

- les formations en **aléa fort** restent au nombre de 5, et sont les mêmes qu'initialement. En revanche, les superficies ont légèrement augmenté pour ces 3 formations du fait de l'intégration d'éboulis et colluvions associés, et par conséquent, la superficie recouverte par des formations en aléa fort est plus importante (13,2 km² supplémentaires) ;
- les formations en **aléa moyen** sont passées au nombre de 17 au lieu de 15 : étant donné que les superficies des 15 formations ont de façon générale augmenté, et que deux formations supplémentaires ont été ajoutées, les zones en aléa moyen ont gagné près de 96 km² supplémentaires ;
- les formations en **aléa faible** ont en revanche diminué en terme de superficie, elles ont perdu environ 11 km² de superficie ;
- quant à la superficie départementale considérée comme **à priori non argileuse**, elle a légèrement diminué et correspond désormais à un peu plus de 950 km² soit 26,7 % de la surface du département.

6.3. SYNTHÈSE DE L'ALÉA RETRAIT GONFLEMENT DES ARGILES DANS LE VAUCLUSE

Les modifications apportées à la cartographie de l'aléa initiale changent légèrement la configuration globale de la carte en augmentant légèrement les zones concernées par un aléa fort et, de manière un peu plus significative celles classées en aléa moyen.

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 étant celles pour lesquelles il existe une modification de la surface caractérisée par un aléa retrait-gonflement par rapport à la version initiale. Ainsi 90 communes sur les 151 que compte le département ont été modifiées (soit environ 60 %). Néanmoins, les modifications apportées restent très minimales en termes de superficie concernée. Les corrections les plus importantes concernent :

- la commune de Gargas dont la proportion du territoire communal classé en aléa fort est passée de 28 à 41 %, en raison de l'ajout de zones d'éboulis non prises en compte initialement ;
- la commune de Goult où l'on passe de 12 à 30 % de la superficie de la commune en aléa fort, pour les mêmes raisons que la commune précédente ;
- la commune d'Aurel où l'on passe de 9 à 16 % de la superficie de la commune concernée par de l'aléa moyen, également du fait de la présence d'éboulis non cartographiés précédemment ;
- la commune de Buisson où l'on passe également de 1 à 31 % de superficie en aléa moyen, toujours du fait de la présence d'éboulis argileux ajoutés.

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 valide au 1/50 000 en propositions de plans de zonage réglementaires présents à l'échelle 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 25).

Les propositions de plans de zonage ont ainsi été refaites pour chacune des 151 communes du département et sont joints sur CD Rom en annexe.

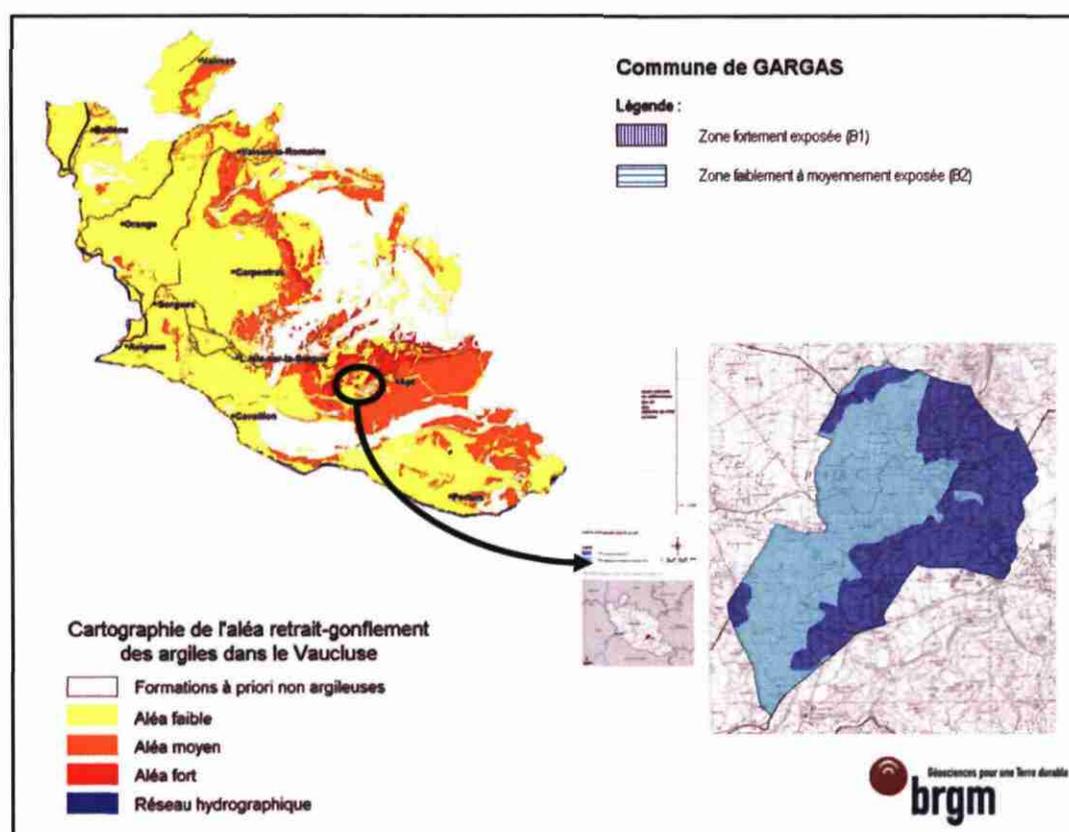


Illustration 25 : Transcription, pour la commune de Gargas, de la carte d'aléa en proposition de plan de zonage réglementaire

7.2. ACTUALISATION DE LA NOTE DE PRESENTATION

La note de présentation proposée en annexe 2 a été actualisée 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 sécheresse ;
- l'extrait de la norme géotechnique (modifié en décembre 2006).

7.3. ACTUALISATION DU REGLEMENT

Le règlement proposé initialement n'a pas subi de modifications depuis 2004.

8. Conclusion

L'objectif de cette nouvelle étude était de compléter et d'actualiser la carte d'aléa retrait-gonflement du Vaucluse réalisée en 2004⁴, afin de prendre en compte d'une part les dossiers issus des demandes de déclarations de l'état de catastrophe naturelle de l'année 2003, d'autre part, les modifications dues à l'acquisition de données nouvelles et de discussions entre le BRGM, la DDE et le CETE.

Au terme de cette étude, différentes corrections ont été apportées à la carte départementale de l'aléa retrait-gonflement des argiles réalisée initialement. Les principales d'entre elles concernent :

- la prise en compte d'éboulis à matrice argileuse, après réaffectation à leur formation d'origine ;
- l'intégration du Calcaire de la Gavoit ;
- l'ajout des Sables blancs siliceux à kaolinite (faciès d'altération daté du Cenomanien, Crétacé) ;
- la prise en compte des Grés et sables bariolés à faciès de Pied Bousquet (Cénomanien inférieur) ;
- la réaffectation des zones de formations anthropiques : terrils, déblais, dépôts artificiels (Quaternaire)

Ainsi, sur les 151 communes que compte le département du Vaucluse, 90 d'entre elles 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 peu significatives en terme de superficies concernées.

Sur une superficie départementale totale de 3 585 km²,

- 2,17 % est classée en aléa fort au lieu de 1,8 dans la version initiale de la carte d'aléa publiée en 2004, ce qui représente seulement 13,2 km² supplémentaires ;
- 17,71 % apparaît désormais en aléa moyen, au lieu de 15,04 dans la version précédente, soit une extension de 96 km² ;
- 53,45 % est classé en aléa faible, au lieu de 53,75 initialement, soit 11 km² de superficie en moins ;

⁴ Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Vaucluse (2004). Rapport BRGM/RP-53187-FR, juin 2004

- 26,67 % de la surface correspond à un aléa a priori nul (en intégrant 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'hétérogénéité de certaines formations essentiellement sableuses présentant des lentilles argileuses ou à l'altération localisée de formations carbonatées. Ces placages ou lentilles argileuses, non cartographiés sur les cartes géologiques (et pour la plupart non cartographiables à l'échelle départementale), sont susceptibles de provoquer localement des sinistres.

Cette nouvelle carte d'aléa retrait-gonflement des terrains argileux du département de Vaucluse, dont l'échelle de validité est le 1/50 000 et qui est présentée sous format papier à l'échelle 1/110 000, 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 151 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 initial⁵.

La proposition de plan de zonage a été établie, pour chaque commune, par extrapolation automatisée de la carte départementale de l'aléa retrait-gonflement des argiles, comme dans la version précédente. Un exemple de tel zonage est fourni en carte hors-texte pour la commune de Gargas.

La note de présentation type a également été actualisée, toujours sous forme de document type applicable à chaque commune. Elle pourra faire l'objet d'amendements et de correctifs éventuels par la DDE, suite à la concertation avec la population et les élus locaux de chaque commune, au cours de la phase d'instruction des PPR.

⁵ 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 du Vaucluse. Rapport BRGM RP-53270-FR, août 2004

9. Bibliographie

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.

Belleville J.-M., Pachaud A., Savornin J., Destombes J.-P., Roch Ed., de Peyronnet Ph., Demarcq G. et Goguel J. (1966) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Reillane (968) Orléans : BRGM, 11 p.

Berthelot M., Génin A. et Gourdon D. (?) - Variabilité inter annuelle des précipitations dans les alpes du sud pour la période (1951\ 2000) : analyses statistiques des séries.

Blanc J.-J., Weydert P., Masse J.-P., Roux M., de Peyronnet P. et Rouire J. (1973) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Sault (942) Orléans : BRGM, 15 p.

Blanc J.-J., Masse J.-P., Triat J.-M., Truc G., Anglada R., Colomb E., Clauzon G. et Rouire J. (1975) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Carpentras (941) Orléans : BRGM, 24 p.

Caillère S., Hénin S. (1963) – Minéralogie des argiles. Masson, Paris, 343 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. (1967) - Premières données sur la sédimentation argileuse du Miocène supérieur dans le bassin de Cucuron (Vaucluse); présence de niveaux lacustres à attapulгите. *Compte Rendu Sommaire des Séances de la Société Géologique de France*. N° 6; p. 230-232.

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.

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.

Clauzon G. et Robert C. (1984) - La sédimentation argileuse du Miocène supérieur continental dans le bassin de Cucuron Basse Durance (Provence, France); implications paléogéographiques. *Paléobiologie Continentale Montpellier*. 14; 2, p. 205-224.

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

Damiani L., Masse J.-P., Philip J., Tronchetti G., Triat J.-M., Truc G., Vogt J. et Bazille F. (?) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Pont-St-Esprit (890) Orléans : BRGM, 36 p.

Desoignies J., Brasseur R., Henry J., Ballesio R., Demarcq G., Mennessier G., Sornay J. et Truc G. (1971) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Orange (914) Orléans : BRGM, 12 p.

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.

Filliat G. (1981) – La pratique des sols et fondations – Editions du Moniteur. N°/ISBN : 2-86282-162-4.

Flandrin J., Gottis M., Viallix J.-R., Golenko N., Riche Ph., Parant J., Rebily G., Bejanin J., Issenmann O., Teisserenc P., Mollier M., Cochet E., Rivier F. et Goguel J. (1964) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Sederon (916) Orléans : BRGM.

Flandrin J., Rondot E., Haremboure J., Moullade M., Chiarelli A., Szendroi A., Keraudren B., Savoyat E., Wiel F., Barreyre M., Morlet J., Sendrier R., Porthault B., Ballesio R. et Truc G. (1975) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Nyons (891) Orléans : BRGM.

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 Cavailon (967) Orléans : BRGM, 12 p.

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.

Goguel J. (1964) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Valréas (890) Orléans : BRGM, 8 p.

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.

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.

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

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.

Monier P., Flandrin J., Truc G., Brasseur R., Masse J.-P., Moullade M., Porthault B., Triat J.-M., Ballesio R. et Philippe M. (1987) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Vaison-la-Romaine (915) Orléans : BRGM, 55 p.

Monjuvent G., Masse P.-J., Ballesio R., Masse J.-P. et Alabouvette B. (1991) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Avignon (940) Orléans : BRGM, 91 p.

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.

Pascal M., Elmi S., Busnardo R., Truc G., Valleron M.-M., Lafarge D., Chedhomme J. et Combier J., (1989) – Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Bourg-St-Andeol (889) Orléans : BRGM, 67 p.

Philiponnat 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.

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.

Roulin F. (1987) - Enchaînements géodynamiques, climatiques et géochimiques dans un bassin continental tertiaire; dépôts détritiques, silcretes, calcretes et argiles associés. Le bassin éocène d'Apt, Vaucluse (France) . *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Série 2, Mécanique, Physique, Chimie, Sciences de l'Univers, Sciences de la Terre*. N° 305; 2, p. 121-125.

Roulin F., Boudeulle M. et Truc G. (1986) - Transformations argile opale dans les silcretes éocènes du bassin d'Apt (Vaucluse). *Bulletin de Minéralogie*. N° 109; 4, p 349-357.

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.

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

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. ; (1969) - Contribution sédimentologique à l'étude du bassin de Mormoiron
Thèse université de Marseille

Triat J.M., Truc G. et Huguency M. (1971) Lithostratigraphie des couches d'âge oligocène inférieur et moyen constituant le toit du gypse dans la carrière de Malemort (Vaucluse); données sédimentologiques et paléontologiques . *Annales Faculté des Sciences Marseille*, N° 46; p. 235-246.

Triat J.-M. et Trauth N. (1972) Evolution des minéraux argileux dans les sédiments paléogènes du bassin de Mormoiron (Vaucluse). *Bulletin de la Société Française de Minéralogie et de Cristallographie*. n°95; 4, p. 482-494

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

Triat J.-M. et Guendon J.-L. (1975) - Les ocres d'Apt dans la région de Rustrel (Vaucluse); paléoaltérations continentales de sédiments marins crétacés. *Travaux des Laboratoires des Sciences de la Terre*. Serie A. 7.

Triat J.-M. et Parron C. (1976) - L'ocrification des sables glauconieux albo cenomaniens du Gard et de 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. (2003) – Le risque de retrait-gonflement des argiles – Cahiers de l'IAURIF, n° 138, octobre 2003, pp. 95 à 101

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 le Vaucluse

Commune	Superficie totale de la commune (km²)	Superficie urbanisée (km²)	Nombre d'arrêtés cat net	Durée totale cat net (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 (%)
ALTHEN-DES-PALUDS	6,50	0,22								99,98%		0,02%	
ANSOUIS	17,65	0,52			10			5,90%		94,02%	98,26%		1,74%
APT	45,19	1,42	2	3,80	70	17,86%	10,03%	60,60%	42,24%	11,37%	7,80%	10,17%	38,93%
ALBIGNAN	15,65	0,90								94,99%		5,01%	
AUREL	29,41	0,08						18,26%	8,60%	9,26%	8,70%	74,48%	82,70%
AURIEAU	7,45	0,03			2	0,28%		50,65%	45,89%	1,00%	0,35%	48,06%	53,46%
AVIGNON	65,15	16,75						0,09%		86,49%		13,41%	
LE BARRIOUX	18,07	0,12						50,26%		44,35%		5,39%	
LA BASTIDE-DES-JOURDANS	27,79	0,28	1	2,80	15			68,52%	67,11%	4,52%		28,96%	28,37%
LA BASTIDONNE	5,87	0,51			9			25,63%		40,12%		34,25%	
LE BEAUCET	9,03	0,03						31,59%		12,03%		58,38%	
BEAUMES-DE-VENISE	19,03	0,53						18,66%		72,58%	70,78%	8,75%	10,56%
BEAUMETTES	2,84	0,07						74,46%		25,54%			
BEAUMONT-DE-PERTUIS	54,01	0,32						32,59%	31,82%	52,41%	53,01%	15,00%	15,16%
BEAUMONT-DU-VENTOUX	28,39	0,10			8			21,09%	12,60%	16,48%	15,88%	62,44%	71,53%
BEDARRIDES	25,27	1,18			17			2,70%	0,79%	96,35%	98,26%	0,95%	
BEDON	90,85	0,54				1,32%		1,59%	2,33%	28,85%	27,37%	68,45%	68,99%
BLAUVAC	21,05	0,06	3	5,40	7	8,81%		16,07%		11,36%		81,74%	
BOLLENE	54,41	5,92	1	2,40	27			8,46%	8,36%	79,48%		12,08%	12,17%
BONNEIUX	51,26	0,27				0,74%	0,44%	53,83%	42,95%	22,55%	14,47%	22,89%	42,14%
BRANTES	28,34	0,04				0,05%		61,00%	37,58%	23,58%		25,37%	38,78%
BUSSON	9,39	0,07			9			30,86%	0,81%	68,31%	92,43%	1,03%	6,96%
BUJOUX	17,65	0,05						77,54%	68,29%	0,05%		22,41%	31,66%
CABRIERES-D'AIGUES	19,11	0,23	1	0,50	5			47,93%	38,49%	35,84%	45,40%	18,43%	18,11%
CABRIERES-D'AVIGNON	14,64	0,48			1			16,73%		40,02%		43,25%	
CADENET	25,80	1,89						3,93%		83,25%	84,21%	12,82%	15,78%
CADEROUSSE	32,22	0,81								88,64%		11,36%	
CAIRANNE	22,84	0,30						6,56%	0,25%	92,22%	98,53%	1,22%	
CAMARET-SUR-AIGUES	18,37	0,83								99,84%		0,16%	
CAROMB	17,92	1,00						22,04%		74,59%		3,38%	
CARPENTRAS	37,89	10,05								100,00%			
CASSELVIVE	18,16	0,10	2	5,60	34	0,29%		86,00%	81,06%	3,58%		0,13%	5,08%
CASTELLET	9,54	0,03						43,09%	34,83%	1,80%		56,31%	63,57%
CAUMONT-SUR-DURANCE	18,31	1,05						3,72%		88,92%		7,38%	
CAVALLON	45,99	7,80			11					93,96%	93,90%	5,04%	6,10%
CHATEAUNEUF-DE-GADAGNE	13,50	0,82			6			6,60%		89,72%		3,68%	
CHATEAUNEUF-DU-PAPE	24,88	0,71						14,01%	13,68%	71,54%	71,86%	14,48%	
CHEVAL-BLANC	58,70	1,81						6,32%	6,10%	33,59%	33,08%	60,08%	60,81%
COURTHEZON	32,57	1,34			1			0,33%		96,00%	96,31%	3,68%	
CRESTET	11,44	0,08				0,84%		22,08%		75,58%		1,72%	
CRILLON-LE-BRAVE	7,87	0,20				3,50%		51,00%	54,36%	43,42%	38,13%	1,67%	3,80%
CUJOURN	32,48	0,43	1	0,50	5			10,31%	5,22%	70,10%	66,49%	19,80%	28,28%
ENTRAIGUES-SUR-SORGUES	18,77	2,27			21					98,36%		1,64%	
ENTRECHALX	14,90	0,13						18,13%		73,88%		9,89%	
FAUCON	8,77	0,08	1	1,50	33			38,61%		55,07%		5,32%	
FLASSAN	20,97	0,08	1	1,80	17	2,64%		3,44%		24,50%		88,12%	
GARGAS	14,91	0,42	3	8,50	167	40,85%	27,57%	28,33%	35,08%	30,44%	20,51%	0,34%	16,85%
GIGNAC	8,15	0,01				7,33%		22,17%	22,22%	8,66%	8,61%	61,83%	
GIJONDAS	27,25	0,13				4,18%	4,18%	29,54%	27,37%	51,20%	48,62%	15,07%	19,82%
GORGES	49,08	0,98	2	1,80	29	12,24%	9,23%	28,28%	27,86%	23,66%	22,79%	35,82%	40,12%
GOUT	23,96	0,52			10	29,16%	11,84%	32,59%	33,54%	38,26%	24,19%	0,01%	30,63%
GRAMBOIS	31,33	0,31	2	2,30	31			75,78%	74,62%	17,64%		6,57%	7,75%
GRILLON	15,04	0,71								99,47%		0,53%	
L'ISLE-SUR-LA-SORGUE	44,74	5,53			1			8,17%	7,87%	85,54%		6,29%	6,58%
JONQUIERETTES	2,82	0,24			4			0,49%		91,01%		8,50%	
JONQUIERES	24,45	1,07			23					98,53%		0,47%	
JOUCAS	8,36	0,12	1	3,80	14	4,44%	4,40%	16,92%	13,73%	44,48%		34,18%	37,39%
LACOSTE	10,75	0,17			1	0,76%	0,73%	39,50%	22,09%	16,74%	13,25%	42,50%	63,93%
LAFARE	4,55	0,03						22,23%	21,11%	88,86%		7,91%	8,03%
LAGARDE-D'APT	22,33	0,02								10,18%		88,82%	
LAGARDE-PAREOL	8,34	0,04						2,71%		98,35%		0,94%	
LAGNES	16,81	0,41						13,32%		45,90%		40,78%	
LAMOTTE-DU-RHONE	12,14	0,04								96,78%		3,22%	
LAPALUD	17,58	1,08			1					97,55%		2,45%	

Actualisation de la carte d'aléa retrait-gonflement des argiles dans le Vaucluse

Commune	Superficie totale de la commune (km²)	Superficie urbanisée (km²)	Nombre d'arrêts cat net	Durée totale cat net (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 (%)
LAURIS	22,84	1,22						2,48%	2,40%	52,05%		45,48%	45,55%
LIOLUX	38,82	0,08	1	0,50	16	7,39%		8,70%		7,82%		76,30%	
LOROL-DU-COMTAT	11,24	0,43								100,00%			
LOURMARN	20,19	0,39						7,45%	7,43%	45,55%	42,48%	47,00%	50,06%
MALAUCENE	45,57	0,45						20,36%	19,26%	33,76%	33,41%	45,88%	47,31%
MALEMORT-DU-COMTAT	12,01	0,58						73,04%		25,84%		1,31%	
MAUBEC	9,39	0,91						2,52%		58,85%		38,82%	
MAZAN	38,08	2,09			6			13,88%	13,83%	85,94%		0,20%	0,23%
MEHERBES	30,35	0,47			1			21,00%	23,81%	33,14%	30,17%	45,86%	45,02%
MERNDOL	26,99	0,33	3	2,50	20			19,38%	18,89%	31,98%		48,83%	48,13%
METHAMS	36,95	0,08	1	1,80	18	0,48%		6,60%	6,44%	5,73%		87,20%	87,35%
MIRABEAU	31,53	0,52						33,23%	29,02%	42,89%	46,86%	24,07%	24,12%
MODENE	4,78	0,13						38,22%		63,79%			
MONDRAGON	40,66	0,84						0,39%		87,13%		12,48%	
MONIEUX	47,88	0,12				0,74%		0,01%		9,25%		89,99%	
MONTEUX	39,82	1,96	1	0,60	24					99,85%		0,15%	
MORIERES-LES-AVIGNON	10,46	2,36						9,02%		84,59%		6,39%	
MORMORON	25,25	0,31	2	4,20	97	22,18%	21,89%	25,88%	26,39%	50,34%	46,80%	1,60%	5,13%
MORNAS	26,02	0,69						0,03%		52,48%		47,48%	
LA MOTTE-D'AIGUES	14,89	0,34						30,51%	27,69%	58,13%		11,35%	14,18%
MURS	31,81	0,20	2	1,80	25	8,52%		27,05%		7,81%		56,63%	
OPPEDE	24,49	0,83						3,35%		55,65%		41,01%	
ORANGE	74,53	7,37			8			1,45%		94,18%		4,37%	
PERNES-LES-FONTAINES	51,29	4,23			32			11,74%	11,65%	87,72%		0,55%	0,53%
PERTUIS	59,33	7,45			27			11,72%	8,20%	68,79%	72,25%	19,50%	19,55%
PEYPIN-D'AIGUES	17,29	0,17			1			56,80%	53,13%	17,56%	17,02%	26,85%	
PIOLENC	24,88	1,54						9,25%		74,38%		16,37%	
LE PONTET	10,85	5,30								96,44%		3,56%	
PUJET	19,85	0,22						11,97%		28,31%		59,72%	
PUYMERAS	14,85	0,06			6			21,42%	13,06%	75,07%	74,14%	3,51%	12,78%
PUYVERT	10,03	0,13						1,69%		80,89%		17,52%	
RASTEAU	19,08	0,20						7,54%		91,94%	99,48%	0,52%	
ROCHERENCHES	11,05	0,23								98,81%		1,39%	
ROADX	5,85	0,03						20,76%		78,52%	99,29%	0,71%	
ROBION	17,81	1,83			2			1,03%	1,03%	72,91%		26,06%	
LA ROGUE-ALRIC	4,90	0,02						52,20%		39,71%		8,09%	
LA ROGUE-SUR-PERNES	11,11	0,14			1			54,27%		6,76%		38,97%	
ROUSSILLON	30,26	0,31	1	2,80	70	20,74%	20,31%	35,48%	44,70%	42,38%	27,40%	1,40%	7,58%
RUSTREL	28,91	0,11	1	2,40	22	21,08%	19,00%	15,80%	15,78%	10,32%		52,82%	54,80%
SABLET	11,02	0,23						11,31%	10,80%	88,13%	77,06%	0,57%	12,06%
SAIGNON	19,83	0,20	2	3,30	32			88,70%	51,43%	6,08%		5,22%	42,48%
SAINTE-CECILE-LES-VIGNES	20,00	0,37								99,76%		0,24%	
SAINT-CHRISTOL	46,54	0,55						5,94%	5,91%	52,58%		41,48%	41,51%
SAINT-DIDIER	3,67	1,33						11,83%		83,35%		4,73%	
SAINT-HIPPOLYTE-LE-GRAVEYRON	4,95	0,02						16,30%	9,84%	65,81%		17,89%	24,35%
SAINT-LEGER-DU-VENTOUX	19,45	0,02						28,43%	23,40%	20,15%		51,42%	58,45%
SAINT-MARCELLIN-LES-VAISON	3,55	0,06						10,32%		89,37%		0,31%	
SAINT-MARTIN-DE-CASTILLON	38,39	0,16	2	8,70	3			75,32%	61,47%	7,42%		17,26%	31,12%
SAINT-MARTIN-DE-LA-BRASQUE	5,81	0,18			10			24,13%		75,87%			
SAINT-PANTALEON	0,80	0,04						77,19%	26,00%	22,80%	5,05%		66,95%
SAINT-PIERRE-DE-VASSOLS	4,99	0,18						31,87%	31,05%	67,82%		0,11%	1,02%
SAINT-ROMAIN-EN-VIENNOIS	9,10	0,26			5			26,15%	13,97%	73,85%	86,03%		
SAINT-ROMAN-DE-MALEGARDE	8,70	0,13						22,83%		75,88%	97,31%	1,50%	2,89%
SAINT-SATURNN-LES-APT	77,00	0,44	2	10,40	132	13,03%	12,10%	1,10%		21,01%		64,85%	65,71%
SAINT-SATURNN-LES-AVIGNON	6,23	0,75			4			13,49%		83,56%		2,95%	
SAINT-TRONT	16,86	0,07						0,04%		26,17%		73,79%	

Actualisation de la carte d'aléa retrait-gonflement des argiles dans le Vaucluse

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 (%)
84121	SANNES	4,59	0,04			1			0,34%		99,09%	90,92%	0,57%	8,74%
84122	SARRIANS	37,74	1,29			1			0,75%		98,96%	99,71%	0,29%	
84123	SAILLT	112,32	0,43				0,20%		7,02%	5,31%	14,42%	14,29%	78,36%	80,19%
84124	SALMANS-DE-VAUCLUSE	20,95	0,12						15,77%		22,36%		81,86%	
84125	SAVOILLAN	8,90	0,02						89,02%	47,30%	21,19%		9,79%	31,52%
84126	SEGURET	21,13	0,12				3,14%		47,68%	47,30%	49,01%	45,04%	0,17%	4,52%
84127	SERIGNAN-DU-COMTAT	20,41	0,50								93,33%		6,67%	
84128	SIVERGUES	9,52	0,02						45,44%	45,11%			54,56%	54,89%
84129	SORGUES	33,84	3,68			1			1,96%	0,68%	86,65%	87,93%	11,36%	
84130	SUZETTE	6,76	0,02						29,98%	24,23%	48,98%	45,93%	21,03%	29,76%
84131	TALLADES	6,89	1,17						6,45%		44,50%		48,94%	
84132	LE THOR	35,66	1,08			8			0,49%	0,12%	97,20%	97,15%	2,31%	2,73%
84133	LA TOUR-D'AIGUES	41,50	2,32			3			8,91%	8,85%	76,09%	76,15%	15,00%	
84134	TRAVAILLAN	17,89	0,03								99,12%		0,88%	
84135	UCHAUX	18,74	0,31								70,50%		29,50%	
84136	VACQUEYRAS	9,01	0,26	2	2,50	17			10,04%	8,87%	89,75%	90,91%	0,22%	
84137	VAISON-LA-ROMAINE	27,14	1,51			22	1,31%		26,17%	21,71%	71,79%	75,93%	0,74%	1,04%
84138	VALREAS	58,92	3,10			2			28,13%	0,74%	71,47%	94,42%	0,40%	4,84%
84139	FONTAINE-DE-VAUCLUSE	7,22	0,12						29,52%	27,26%	2,85%		68,53%	69,89%
84140	VAUGNIES	15,85	0,12			2			2,87%	0,17%	59,16%	58,25%	38,17%	41,58%
84141	VEDENE	11,50	2,32			31			29,23%	29,53%	66,58%	66,58%	4,19%	4,89%
84142	VELLÉRON	16,40	0,78						17,88%		77,48%		4,54%	
84143	VENASQUE	35,11	0,27				1,16%		21,78%	21,03%	15,11%		81,95%	82,70%
84144	VIENS	35,25	0,19	1	2,80	5	5,73%	4,69%	75,86%	69,76%	7,90%		10,49%	17,44%
84145	VILLARS	30,09	0,14	1	8,40	45	18,30%	19,00%	5,88%		15,46%		80,56%	80,86%
84146	VILLEDIEU	11,52	0,15			1			23,04%	14,95%	75,83%	80,82%	1,14%	4,23%
84147	VILLELAURE	18,12	1,35						3,42%		81,44%	94,75%	5,15%	5,25%
84148	VILLES-SUR-AUZON	27,19	0,02				2,35%		4,62%		24,89%		68,35%	
84149	VIOLÈS	14,75	0,42								99,37%		0,63%	
84150	VISAN	42,30	0,71						17,43%	4,38%	82,01%	91,76%	0,56%	3,85%
84151	VITROLLES	16,13	0,00			4			49,87%	43,25%	1,53%		46,50%	55,22%
	TOTAL	3585,35	146,69	43	93,48	1294	2,12%	1,86%	47,71%	15,84%	63,45%	63,75%	26,67%	29,44%

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 Gargas - 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 de Vaucluse

Commune de GARGAS

Note de présentation



SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	3
2. PRESENTATION DE LA ZONE ETUDIEE	4
2.1. Limites de l'étude.....	4
2.2. Contexte naturel départemental	4
2.2.1. Situation géographique.....	4
2.2.2. Géologie	4
2.2.3. Hydrogéologie.....	5
3. DESCRIPTION DES PHENOMENES ET DE LEURS CONSEQUENCES	7
4. SINISTRES OBSERVES DANS LE DEPARTEMENT.....	7
5. DESCRIPTION DE LA METHODOLOGIE D'ETABLISSEMENT DU PPR.....	7
5.1. Carte de l'aléa retrait-gonflement	7
5.2. Plan de zonage réglementaire	10
5.3. Réglementation	10
6. DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES PREVENTIVES	10

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Illustration 1 : Carte synthétique des formations argileuses et marneuses du département du Vaucluse	6
Illustration 2 : Classement des formations argileuses et marneuses par niveau d'aléa	8
Illustration 3 : Carte d'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Vaucluse .	9

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Description succincte des formations argileuses et marneuses affleurant dans le département de Vaucluse	
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 de Vaucluse 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, plus de 7 000 communes françaises, réparties dans 90 départements ont été reconnues en état de catastrophe naturelle à ce titre. Le coût cumulé d'indemnisation de ces sinistres a été évalué à 4,3 milliards d'euros sur la période 1989-2003 par la Caisse Centrale de Réassurance.

Le Vaucluse fait partie des départements concernés par ce phénomène, puisque 16 arrêtés interministériels y ont été pris entre 1989 et 2003, reconnaissant l'état de catastrophe naturelle pour ce seul aléa dans 27 communes, soit 18 % des 151 communes que compte le département. Dans le cadre de la mise à jour de l'étude de juillet 2004 par le BRGM qui a pris en compte les sinistres de l'année 2003, 1268 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 Gargas (département de Vaucluse).

2.2. Contexte naturel départemental

2.2.1. Situation géographique

Le département de Vaucluse est divisé en 151 communes et couvre une superficie de 3 585 km². Il comptait une population de 999 370 habitants au recensement INSEE de 1999. Avignon est la préfecture de département et Carpentras et Apt sont les deux sous-préfectures. Les concentrations de population sont situées dans les plaines et vallées des deux principaux fleuves traversant le département : le Rhône et la Durance.

Le département de Vaucluse est un pays de contraste entre des plaines et des reliefs montagneux environnants.

Les plaines représentent environ 45% de la superficie totale du département. Elles sont localisées essentiellement dans sa partie occidentale. La plus importante est la grande plaine du Comtat qui, par extension, recouvre la plaine alluviale du Rhône sensu stricto, au sud de Bollène, les plaines d'Orange et les plaines alluviales de la basse vallée de la Durance, en aval de Cavailon.

Le trait orographique majeur est représenté par le Mont-Ventoux qui culmine à 1 909 m. Il fait partie d'une ligne de crêtes orientées est-ouest qui se poursuit à l'est dans les départements voisins de la Drôme et des Alpes-de-Haute-Provence, par le plateau d'Albion (1 393 m) et la montagne de Lure (1 826 m). Son versant nord, abrupt, est bordé par la rivière le Toulourenc, alors que son versant sud, moins pentu, se prolonge par le plateau d'Albion ou de Saint-Christol, d'altitude comprise entre 600 et 1 200 m. Ce plateau est limité au sud par les Monts de Vaucluse qui culminent à l'est, au signal de Lagarde d'Apt, à 1 256 m. Cet ensemble constitue une unité géographique homogène, bien définie, bordée au sud par le bassin d'Apt. La montagne du Luberon représente le relief le plus méridional du département sur lequel s'appuie au nord le bassin d'Apt. Cette chaîne, d'une longueur de 45 km pour une largeur de 5 km est orientée est-ouest. A l'ouest, on distingue le Petit-Luberon qui atteint l'altitude de 720 m et à l'est le Grand-Luberon qui culmine à 1 125 m.

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 de Vaucluse, 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 figure 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 plus de 73 % de la superficie du département est concernée par des formations à dominante argileuse plus ou moins marquée, et donc soumises à un risque de retrait-gonflement.

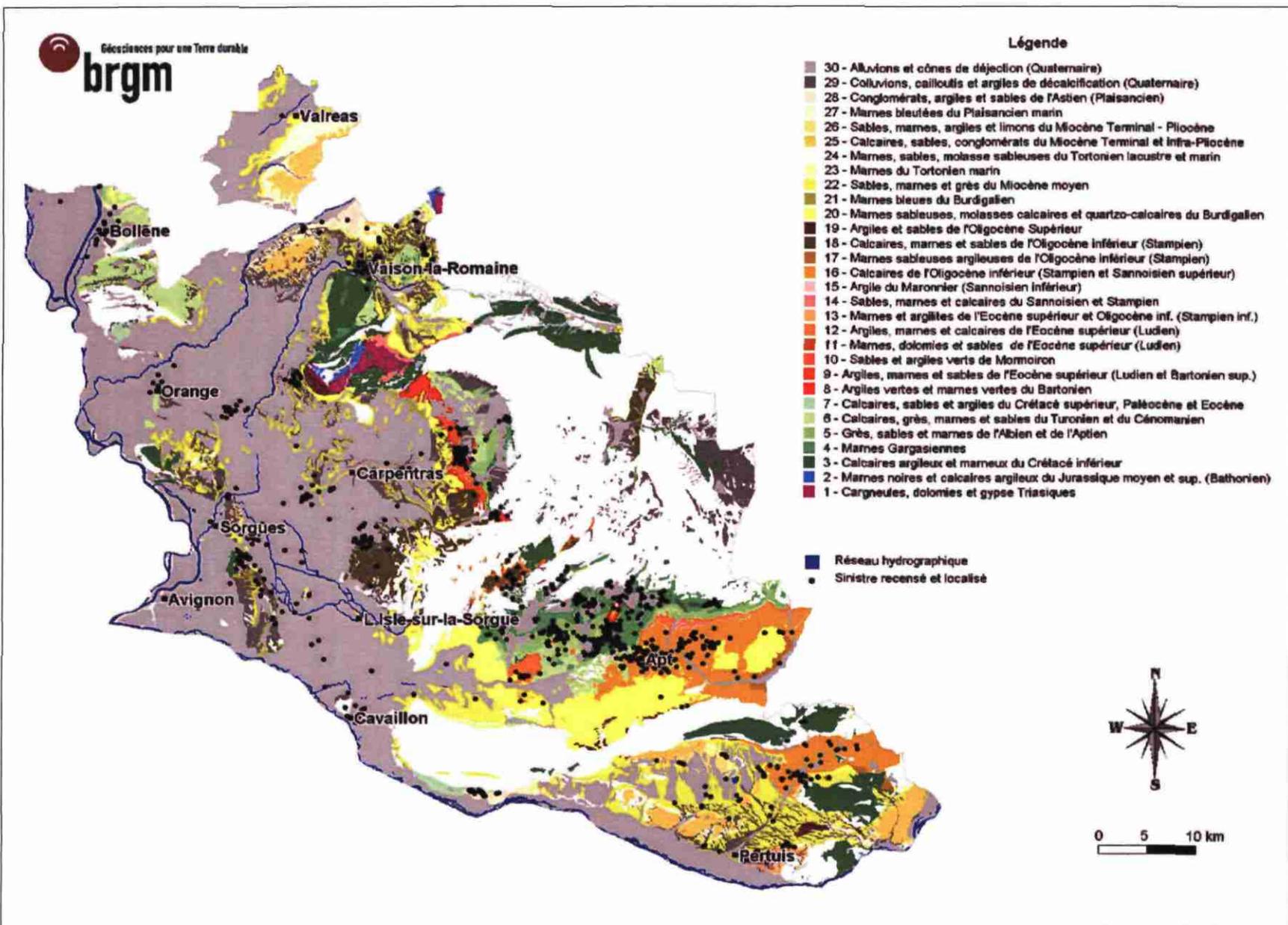
Les principales formations argileuses ou marneuses qui affleurent dans le département de Vaucluse sont, par ordre d'importance décroissante en terme de superficie, les *Alluvions et cônes de déjection Quaternaire* (36,8 % de la superficie du département), les *Colluvions, cailloutis et argiles de décalcification Quaternaire* (6,88 %), les *Sables, mames et grès du Miocène moyen* (5,06 %), les *Mames sableuses, molasses calcaires et quartzo-calcaires du Burdigalien* (4,37 %), les *Calcaires argileux et mameux du Crétacé inférieur* (3,96 %), les *Calcaires de l'Oligocène inférieur (Stampien)* (3,43 %) et les *Calcaires, grès, mames et sables du Turonien et du Cénomanién* (2,09 %). 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 de Vaucluse, 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 peut 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, 27 des 151 communes que compte le département de Vaucluse (soit 18 % 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.

Le nombre total de sites de sinistres recensés et localisés par le BRGM dans le cadre de l'étude de mise à jour réalisée en avril 2007 s'élève à 1268, répartis dans 64 communes : ce nombre constitue une estimation approchée, quoique vraisemblablement minorée, de la réalité. D'après les données de la Caisse Centrale de Réassurance (octobre 2006), le Vaucluse est classé en 34^{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 1989 et 1999. Le nombre total d'occurrences (nombre de périodes ayant fait l'objet d'une reconnaissance en distinguant commune par commune) s'élève à 43.

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 de Vaucluse, 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 30 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 le tableau 1 ci-après.

PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de Gargas (Vaucluse)
NOTE DE PRESENTATION

Formations géologiques	% de la superficie départementale
Formation à aléa fort	
Marnes gargasiennes	1,34
Argiles, marnes et calcaires de l'Éocène supérieur (Ludien)	0,52
Sables et argiles verts de Mormoiron	0,23
Argiles vertes et marnes vertes du Bartonien	0,05
Argile du Maronnier (Stampien)	0,03
Total des formations en aléa fort	2,17 %
Formations à aléa moyen	
Marnes sableuses, molasses calcaires et quartzo-calcaires du Burdigalien	4,37
Calcaires argileux et marneux du Crétacé inférieur	3,96
Calcaires de l'Oligocène inférieur (Stampien)	3,43
Marnes, sables, molasse sableuses du Tortonien lacustre et marin	1,17
Grès, sables et marnes de l'Albien et de l'Aptien	1,11
Calcaires, marnes et sables de l'Oligocène inférieur (Stampien)	1,34
Marnes bleutées du Plaisancien marin	0,34
Calcaires, sables et argiles du Crétacé supérieur, Paléocène et Éocène	0,34
Argiles, marnes et sables de l'Éocène supérieur (Ludien et Bartonien supérieur)	0,28
Marnes bleues du Burdigalien	0,25
Argiles et sables de l'Oligocène Supérieur	0,23
Sables, marnes et calcaires du Stampien	0,23
Marnes sableuses argileuses de l'Oligocène inférieur (Stampien)	0,19
Marnes du Tortonien marin	0,16
Marnes et argilites de l'Éocène supérieur et Oligocène inférieur (Stampien inférieur)	0,15
Sables, marnes, argiles et limons du Miocène Terminal Pliocène	0,15
Marnes, dolomies et sables de l'Éocène supérieur (Ludien)	0,01
Total des formations en aléa moyen	17,71 %
Formations à aléa faible	
Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)	36,85
Colluvions, cailloutis et argiles de décalcification (Quaternaire)	6,88
Sables, marnes et grès du Miocène moyen	5,06
Calcaires, sables à galets, conglomérats du Miocène Terminal et infra-Pliocène	1,90
Calcaires, grès, marnes et sables du Turonien et du Cénomaniens	2,09
Cargneules, dolomies et gypse Triasiques	0,34
Conglomérats, argiles et sables de l'Astien (Plaisancien)	0,17
Marnes noires et calcaires argileux du Jurassique moyen et supérieur (Bathonien et Oxfordien supérieur)	0,16
Total des formations en aléa faible	53,45 %

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

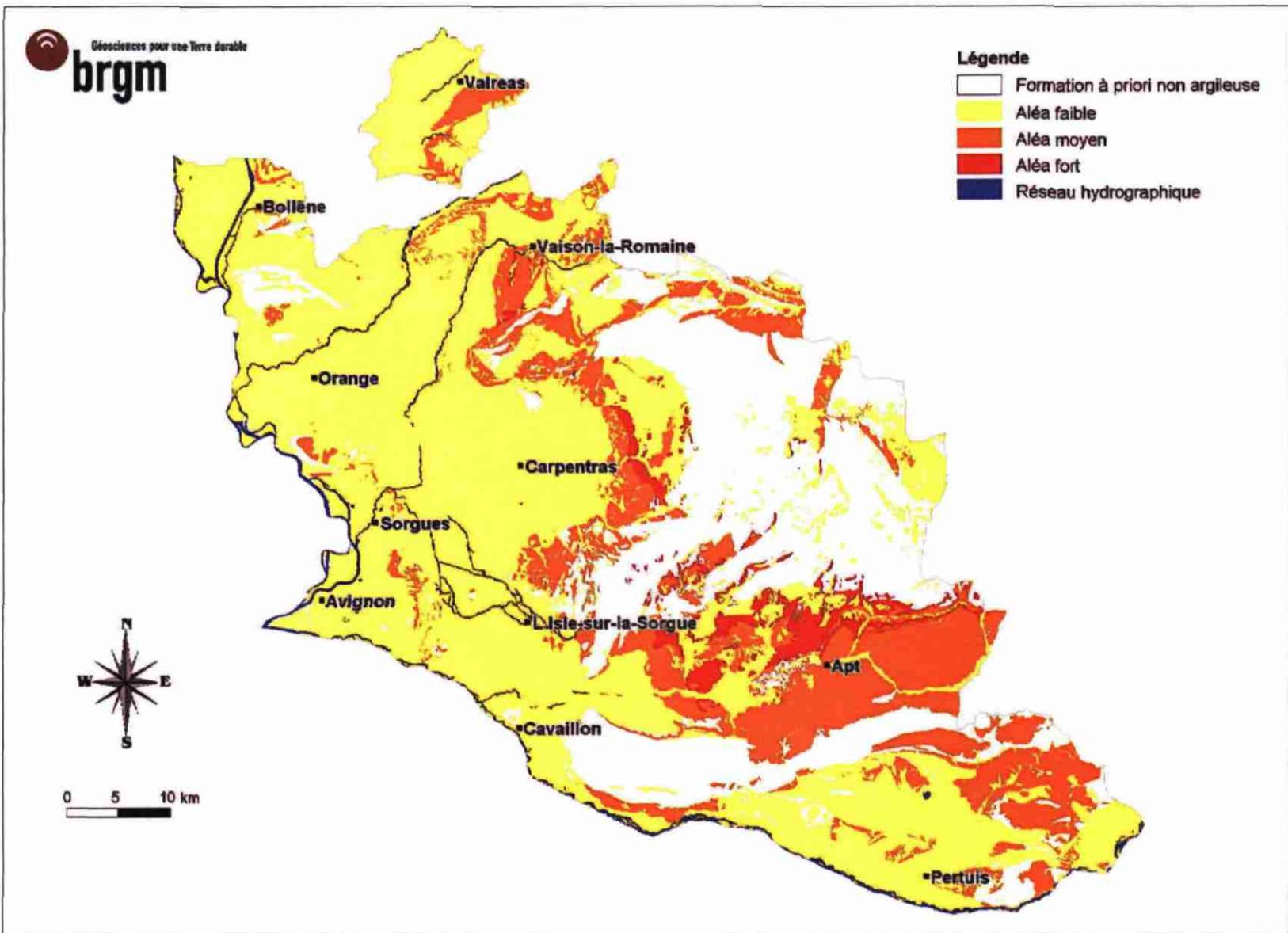


Illustration 3 : Carte d'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Vaucluse

La répartition cartographique des zones d'aléa est présentée sur la carte de la figure 2. En définitive, seulement 2,17 % de la superficie du département est située en zone d'aléa fort, tandis que 17,71 % du département est considéré en aléa moyen et 53,45 % en aléa faible. Le reste, soit 26,67 % 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).

5.2. Plan de zonage réglementaire

Le tracé du zonage réglementaire établi pour chacune des communes du département de Vaucluse 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 de Vaucluse

La présente annexe décrit de manière sommaire les formations géologiques argileuses (au sens large) qui affleurent dans le département de Vaucluse, lesquelles couvrent plus de 70 % 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, trente 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*** : Cette formation est présente au nord-est de Beaumes-de-Venise et au nord de Mérindol. Les faciès sont plus argileux à l'est, avec des formations argileuses et dolomitiques ocre rouge ou jaune peu consolidées avec par endroit de grandes masses de gypse. Au nord de Mérindol, les formations du Trias affleurent à la faveur d'extrusions de type diapiriques qui jalonnent le grand accident de Propiac-Mérindol-Condorcet.

- ***Marnes noires et calcaires argileux du Jurassique moyen et supérieur (Bathonien et Oxfordien supérieur)*** : Cette formation se compose des marnes noires et des calcaires en plaquettes du Bathonien, appartenant au membre inférieur des Terres Noires et représentés par un minuscule affleurement d'un peu plus d'un hectare au sud de la montagne de Buisse, de l'Oxfordien supérieur s.s. et de l'Argovien (Oxfordien supérieur) constitué de calcaire gris noduleux et de calcaire argileux.

- ***Calcaires argileux et marneux du Crétacé inférieur*** : On retrouve le Berriasien à l'ouest de Malaucène, sous la forme de calcaires argileux (70 m d'épaisseur), au nord du Mont Ventoux et dans le secteur de Brantes. Sur le flanc sud du Luberon, ils atteignent 400 m d'épaisseur et 160 m dans le massif de Beaumont où les calcaires argileux sont intercalés entre deux unités de calcaires sublithographiques. L'épaisseur du Valanginien varie de 100 à 250 m ; On le retrouve aux mêmes endroits que le Berriasien. L'Hauterivien est formé de calcaires légèrement argileux et de calcaires marneux et marnes grises en feuillet. Les calcaires argileux, intercalés de marnes bleutées du Barrémien peuvent atteindre 600 m d'épaisseur. Ceux du Bédoulien sont moins épais (150 m au maximum).

- ***Marnes gargasiennes*** : Cette formation regroupe les marnes gris-bleu et jaunes du Bédoulien, visibles au sud de Gargas, et les marnes bleu-noir pyriteuses du Gargasien, affleurant largement au nord d'Apt, entre Gorde et Oppedette. Dans la partie nord du massif de Suzette, l'épaisseur des marnes argileuses bleuâtres du Gargasien atteint 150 m. Le sommet de cette formation marneuse présente l'apparition d'une fraction sableuse qui annonce les formations du Clansayésien (partie terminale de l'Aptien). Les marnes se chargent avec ces éléments détritiques de glauconie et parfois de montmorillonite.

- ***Grès, sables et marnes de l'Aptien et de l'Albien*** : Cette formation se compose des sables et grès verts et des faciès rutilant du Clansayésien, riches en montmorillonite, notamment au sud-est de Roussillon. On y trouve également des sable ocreux de l'Albien, affleurant à l'est de Carpentras et au sud du département, passant aux marnes sableuses et grès à l'Aptien supérieur comme à Vaison-la-Romaine. Des argiles sont présentes à l'Albo-Aptien dans le sidérolitique du Coulon, il s'agit d'argiles sableuses jaunes à rouge sang. Une

PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de Gargas (Vaucluse)
NOTE DE PRESENTATION

partie du Cénomanién inférieur est associé à cette formation, car composée d'argiles et des sables blancs avec des niveaux de sables argileux roses.

- **Calcaires grès et sables du Cénomanién et du Turonien** : Au sud de Rustrel, le Cénomanién est gréseux ou grés-argileux, glauconieux et vert. A Mormoiron, il passe à des marnes sableuses, glauconieuses à intercalations de bancs calcaires et niveaux ligniteux et à des grès jaunes calcitiques à débris coquilliers. On y associe également des faciès d'altération composés de sables siliceux à kaolinite, et des niveaux argileux issus du faciès de Pied Bousquet. Son épaisseur peut atteindre au nord de Sault 150 à 200 m avec 40 m de marnes très sableuses à la base, puis une alternance de marnes sableuses et calcaires argilo-gréseux. Du Cénomanién supérieur au Turonien inférieur, on passe des sables blancs et grès siliceux à des marnes et calcaires, des calcaires gréseux et des grès. Les marnes réapparaissent au Turonien moyen et supérieur, toujours sous la forme de marnes sableuses.

- **Calcaires, sables et argiles du Crétacé supérieur, du Paléocène et de l'Éocène** : Le Coniacien Santonien se présente sous deux formes différentes : les sables, argiles, marnes à lignites dans le massif d'Uchaux, et les calcaires argileux à rudistes généralement en lentilles. Le Rognacien (= Danien) non différencié correspond à des calcaires, grès et argillites rouges, en particulier au sud de Meyrargues. Les formations éocènes (inférieur, moyen et le Lutétien) sont quant à elles plus calcaires (calcaires lacustres, argileux, pisolithiques), en particulier sous Saint-Hilaire, au sud et au nord du Lubéron, et au nord de Goult, avec tout de même des niveaux de marnes (entre Mérindol et la ferme de l'Aumône) et de sables fluviatiles (dans le secteur de Murs).

- **Argiles vertes et marnes vertes du Bartonien** : Cette formation se compose des argiles vertes à attapulгите de Mormoiron, des argiles de la Rouquette et de l'ensemble marnes vertes, argiles sableuse, calcaires à gypse, argiles vertes, et sables glauconieux. On les observe dans la carrière du Roussan et de la Jouvette à Mormoiron (4 m d'argile verte), à la base des sables et gravillons latéritiques et à la base de la butte de Perréal entre Saint-Saturnin-d'Apt et Gargas

- **Argiles, marnes et sables de l'Éocène moyen terminal (Bartonien supérieur) et de l'Éocène supérieur (Ludien)** : Le Bartonien supérieur est représenté dans cette formation par les marnes sableuses marmorisées et encroûtements polyphasés de la Font du Loup. Le Ludien est systématiquement composé de calcaires sous différentes formes : calcaires à grains de quartz, à cyrènes et potamides de Caromb affleurant au nord de Caromb ; blocs calcaires dans les conglomérats de Crillon-le-Brave, au nord-est de Crillon-le-Brave où il occupe toute la colline du Four-de-la-Chaux ; calcaires à limnées de Méthamis associées à des marnes jaunes, au sud de Méthamis ; et calcaires de Graveson associés à des lignites (argiles vertes tachetées de rouge, à smectites et attapulгите).

- **Sables et argiles verts de Mormoiron** : Cette formation correspond exclusivement au Ludien. Il s'agit d'une puissante accumulation (80 à 100 m) de sables et d'argiles à niveaux conglomératiques d'origine fluviatile. Vers le nord, la série argilo-sableuse de Mormoiron passe latéralement aux importants conglomérats de Crillon-le-Brave.

- **Marnes, dolomies et sables de l'Éocène supérieur (Ludien)** : Toujours datée du Ludien, cette formation regroupe à la fois les sables blancs à quartz rose de Sénanque (qui affleurent très peu, au nord de l'abbaye de Sénanque), et les marnes, dolomies blanches de la Débruge, et gypse, composant en partie la butte de Perréal, au nord de Gargas (épaisseurs de 20 à 40 m). Les niveaux d'argiles vertes qui alternent avec des bancs de gypse massif, sont épais de 1 à 2 m.

PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de Gargas (Vaucluse)
NOTE DE PRESENTATION

- **Argiles, marnes et calcaires de l'Éocène supérieur (Ludien)** : Cette formation, toujours datée du Ludien, regroupe à la fois les calcaires à Charas (marnes vertes et gypse de plus de 20 m d'épaisseur), les marnes rouges à paléosols de Ferrière affleurant au sud-est de Venasque, les marnes beiges à débris de silex de Sénanque affleurant également au nord de l'Abbaye de Sénanque et les marnes blanches à oncholites de Murs.

- **Marnes et argilites de l'Éocène supérieur et Oligocène inférieur (Stampien inférieur)** : Les marnes blanches sans fossiles de l'Éocène affleurent dans la partie nord-est du massif d'Uchaux. Les argilites saumon et grès micacés rouges ou bleutés du Stampien inférieur constituent une épaisse série formant le soubassement de la Trévaresse.

- **Sables, marnes et calcaires du Stampien** : L'alternance de marnes et calcaires du Stampien est associée à du gypse (gypse de Notre-Dame-de-Groseau) et à une série de conglomérats, marnes, grès, gypse, argiles riches en montmorillonite et calcaires affleurant au nord-est du massif de Suzette. On y trouve également le calcaire de la Gavoi avec des niveaux de marnes bariolées. Au nord de la Durance, entre Pertuis et la Bastidonne, affleure une alternance de calcaires marneux et de marnes calcaires. Enfin, le Sannoisien est représenté par des sables glauconieux, des argiles vertes et des marnes rouges ainsi que par des calcaires à cyrènes comprenant des niveaux de marnes

- **Argiles du Maronnier (Stampien)** : Ces argiles vertes, montmorillonitiques, alternent régulièrement avec des lits de gypse, donnant une formation d'une épaisseur totale de 30 m. Cette formation n'affleure qu'au pied du plateau de Vaucluse, sur moins de 15 km, au dessus d'Apt.

- **Calcaires de l'Oligocène inférieur (Stampien)** : Cette formation, très calcaire, comprend néanmoins de nombreux niveaux marneux et argileux. Le niveau de Pradengue est présent à l'ouest du Calavon et se compose d'argiles rouges et brunes intercalées de grès argileux avec de minces lits de gypse, d'une épaisseur totale de 25 m. Au col de la Mort d'Imbert, on trouve des gypses compacts, anciennement exploités, superposés à un doublet de marnes rouges sableuses. Ces deux niveaux sont séparés par des argiles bleues. Le calcaire de La Fayette a été décrit comme un calcaire en plaquettes, mais il a été observé sur le terrain des niveaux marneux. Les calcaires de Campagne-Calavon, de Fontaine-de-Vaucluse, de Montfuron, de Caseneuve, de Bois d'Asson, et les calcaires de Vachères font apparaître eux aussi quelques niveaux de marnes et d'argiles (marnes à fragments de palmiers silicifiés, marnes bitumineuses, argiles vertes à l'ouest de Cavalon et argiles sableuses à l'est du département.

- **Marnes sableuses argileuses de Viens, de l'Oligocène inférieur (Stampien)** : Dans la région de Viens, ces marnes rouges et vert clair, accompagnées de minces lits de grès sableux sont épaisses de 10 m. A l'est du Calavon, les grès deviennent plus grossiers. L'épaisseur de la formation est de 120 à 150 m. Au nord du Thor affleurent des faciès lacustres comprenant des calcaires, des marno-calcaires, des sables ou grès tendres et des marnes (épaisseur totale de 10 à 20 m).

- **Calcaires, marnes et sables de l'Oligocène inférieur (Stampien)** : La formation regroupe des termes calcaires en alternance avec des niveaux sableux et marneux : Il s'agit des calcaires brêchiques des Pâtis constitués d'une masse de dolomies blanches, et de calcaires argileux et d'argilites sableuses (100% de smectites). Les calcaires à Brotia laurae correspondent à un complexe carbonaté et argilo-sableux, à niveaux ligniteux affleurant notamment vers Malemort et Mazan, au sud de Pernes-les-Fontaines, à Murs et près de Sénanque. Les sables et grès verts de la Valette-de-Pernes contiennent des marnes sableuses fines chenalisées par des sables et grès verts grossiers avec des argiles. Toujours datés du Stampien, on trouve les calcaires de l'Isle-sur-Sorgues et de Velleron à

PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de Gargas (Vaucluse)
NOTE DE PRESENTATION

niveaux gypseux. Enfin, les marnes et grès verts de Murs forment un niveau détritique, intercalé de niveaux calcaires ou gréseux, et les marnes et calcaires de Venasque, un ensemble de marnes vertes et de calcaires blancs massifs.

- **Argiles et sables de l'Oligocène supérieur** : Cette formation comprend les sables des Figons (sables très fins argileux à lentilles gréseuses visibles à l'est de Pertuis), les argilites rouges à intercalations de lentilles conglomératiques, le complexe de Suzette à cargneules et à gypse, et les argilites rouges et calcaire blanc. Au nord de Mirabeau, ces dernières sont représentées sur le revers sud du pli de Beaumont et se chargent vers l'ouest de lentilles de conglomérats calcaires. A l'est et au sud-est de Bonnieux, des argiles blanches sont associées à de minces niveaux calcaires. Les argiles grises affleurant dans la « combe » de Lourmarin sont attribuées à l'Oligocène.

- **Marnes sableuse, molasses calcaires et quartzo-calcaires du Burdigalien** : Cette formation regroupe différents faciès Burdigalien, tels que les sables marneux de la Cluse de Lourmarin, les molasses sablo-marneuse, les marnes sableuses et molasses calcaires et quartzo-calcaires, pouvant dépasser les 250 m d'épaisseur dans le bassin de Malaucène. De Gigondas à Beaumes-de-Venise, la base est parfois marneuse et surmontée par une molasse calcaire. Cette dernière est bien représentée au nord du Luberon depuis Gordes au nord-ouest, en passant par Ménerbes, Lacoste, Bonnieux et Buoux à l'est. Enfin, les marnes et calcaires argileux gris beige sont visibles notamment dans la colline de Châteauneuf-de-Gadagne avec l'alternance de lits minces d'argiles ou de silts et de sables limoneux et argileux ; les calcaires argileux consolidés affleurent quant à eux entre Venasque et l'Isle-sur-la-Sorgue.

- **Marnes bleues du Burdigalien** : Elles affleurent dans les bassins de Faucon – Mollans - Malaucène et de Valréas (de 0 à 40 m d'épaisseur). Les marnes de Caumont (280 m d'épaisseur) correspondent à des silt plus ou moins argileux et finement sableux, affleurant dans les anciennes tuileries au nord de Saint-Saturnin-lès-Avignon.

- **Sables, marnes et grès du Miocène moyen** : Cette formation est dominée par la présence de grès. Les marnes sableuses, grès, calcarénites jaunes, rousses ou gris bleuté affleurent notamment dans le massif d'Uchaux et dans la région de Vaqueyras, sous la forme d'une série monotone de sables roux, ferrugineux à passées consolidées en grès tendres à ciment calcaire. Au nord du Luberon, les sables et les grès sont peu marneux. Au sud du Grand Luberon, les marnes sableuses et les sables marneux (100 à 150 m d'épaisseur) deviennent grés-molassiques vers le haut. Au nord de Pertuis, on trouve des sables marins avec des barres de calcarénites roussâtres. Des argiles calcaires bleues apparaissent près de la Bastidonne. Les marnes finement gréseuses sont tendres, homogènes, et très bien litées. Elles apparaissent très localement dans la butte du Moulin-à-Vent de Châteauneuf-du-Pape et au château de Raya. Quant aux sables et grès molassiques (« safres helvétiques »), ils peuvent atteindre 250 m d'épaisseur. Ils affleurent à Valréas, dans la dépression d'Entrechaux, au cœur du synclinal de Puyméras, dans les plateaux du Comtat au nord de Monteux et au sud-est de Carpentras.

- **Marnes du Tortonien marin** : Les marnes bleues de Cabrières (au nord et au nord-est de Cucuron) présentent des passages latéraux marno-molassiques. Les marnes bleues de Saint-Pantaléon (à l'est de Valréas) et les sables marins affleurent au centre de la cuvette synclinale de Puyméras et au nord de Vaison-la-Romaine. Le sommet de la formation est constitué par des sables gris.

- **Marnes, sables, molasses sableuses du Tortonien lacustre et marin** : Les marnes sableuses et les sables marneux de Visan s'étendent jusqu'à Valréas. Le Tortonien marin est bien représenté au nord de Cairanne avec des sables gris et des marnes sableuses au

PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de Gargas (Vaucluse)
NOTE DE PRESENTATION

sommet. La partie inférieure est représentée par des marnes bleues souvent plastiques, finement sableuses. Quant au Tortonien lacustre à marnes dominantes et sables, on l'observe au sud de Valréas ainsi que dans la région de Mirabel-aux-Baronnies, en intercalation avec des conglomérats et de cailloutis. A l'est et au Nord de Cairannes, il affleure sous la forme de sables et marnes sableuses grises entrecoupées de passées conglomératiques.

- Calcaires, sables à galets, conglomérats du Miocène Terminal et infra-Pliocène : Cette formation, plus calcaire que la précédente, comporte néanmoins des niveaux de marnes et de molasses. Les calcaires blancs ou gris du Tortonien lacustre forment les plateaux qui s'étendent au sud de Lourmarin. Un niveau conglomératique composé de sables à galets et de conglomérats affleure dans le massif de Rasteau-Saint-Roman. La terminaison de la formation de Valensole est visible à l'extrémité sud-est du département et se compose de poudingues à gros éléments, de calcaires roulés et impressionnés, avec localement des lentilles d'argile. Le Miocène terminal conglomératique du massif de Visan - Vinsobres est constitué de conglomérats stratifiés, à galets impressionnés, emballés dans des marnes et des sables clairs. Il est accompagné de limons rouges de Lourmarin à Pertuis. Enfin, les sables à cailloutis et blocs apparaissent dans le fond du vallon de Mataronnes, au nord de Vaison-la-Romaine. Constitués de marnes sableuses et de conglomérats imbriqués en lentilles irrégulières, ils sont également présents en îlots minuscules dans la montagne de Sorgues, dans la colline de Châteauneuf-de-Gadagne et à la base du versant molassique au nord de Sarrians.

- Sables, marnes, argiles et limons du Miocène Terminal – Pliocène : Les sables déposés en milieux marins et saumâtres, fins, à stratification entrecroisée et les marnes, et argiles micacées sont présents entre Châteauneuf-du-Pape et Bédarrides. Les limons rouges sont quant à eux visibles vers Cucuron, au pied du Luberon.

- Marnes bleutées du Plaisancien marin : Les marnes bleutées affleurent à Bollène et à Visan où les faciès marneux passent à un sable grossier à graviers et galets perforés. A l'est de Villedieu, elles affleurent dans le ravin des Mataronnes et sont bien représentées près de la ferme Les Argiles, à l'ouest de Mérindol ainsi que dans la région de Bédarrides sous leur aspect classique très plastique, de teinte grise. Leur épaisseur maximale probable est de 400 m.

- Conglomérats, argiles et sables de l'Astien (Plaisancien) : A l'est de Buisson et au sud de Saint-Roman-de-Malegarde, affleurent les formations plaisanciennes représentées par des dépôts saumâtres : sables littoraux, marnes et argiles calcaires. La formation fluviolacustre de marnes et de conglomérats fluviaux polygéniques à galets impressionnés est épaisse de 200 m, et affleure largement entre Marabel-aux-Baronnies et Villedieu. Elle est constituée de marnes d'eau douce parfois ligniteuses et de conglomérats fluviaux polygéniques à galets de calcaires impressionnés.

- Colluvions, cailloutis et argiles de décalcification (Quaternaire) : Cet ensemble de colluvions et de cailloutis résiduels représente des épandages locaux tels que ceux rencontrés dans les fonds de vallons ou les hauts de versants aux alentours de Pertuis. Ils représentent également des couvertures colluviales masquant presque entièrement les formations sous-jacentes (notamment entre Orange et Caumont-sur-Durance), des épandages détritiques interposés entre les cônes et les terrasses (dans la région de Pertuis), des formations résiduelles ou faiblement remaniées formées aux dépens du substrat sous-jacent. On les retrouve aussi représentant des glissements de terrain et des colluvions limoneuses sur les versants à matériaux argileux ou sableux localisés dans les fonds de vallons à circulation temporaire qui entaillent les collines de Pernes, les collines de Mormoiron et les plateaux de Vaucluse et également sur les versants à faible pente du

PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de Gargas (Vaucluse)
NOTE DE PRESENTATION

plateau d'Albion. Enfin, les remplissages de poches karstiques, constitués de cailloutis et d'argiles de décalcification garnissent le fond des dépressions fermées au niveau de Saint-Christol.

- **Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)** : Toute une série d'alluvions compose cette dernière formation, marquées par la présence de graviers et galets à intercalations sableuses et limoneuses, notamment dans la région de Bollène. On y trouve également des cailloutis et de galets emballés dans une matrice argileuse entre Carpentras, Sarrians et Sablet, dans la région de Bédoin, de cailloutis et graviers aux environs de Grignan et de Taulignan (vallée du Lez), entre Valréas et Visan ainsi que des cailloutis, graviers, sables notamment dans la région de Carpentras où les cailloutis principalement calcaires, avec des silex rouges et verts s'intercalent avec des lentilles sableuses ou graveleuses. Il s'agit également d'alluvions tourbeuses récentes et enfin des cailloutis, graviers, sables et limons du Rhône et de la Durance. Les épandages alluviaux récents qui se développent dans la vallée de la Durance sont constitués de cailloutis, graviers, sables et limons. Leur puissance peut atteindre une trentaine de mètres.

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.



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

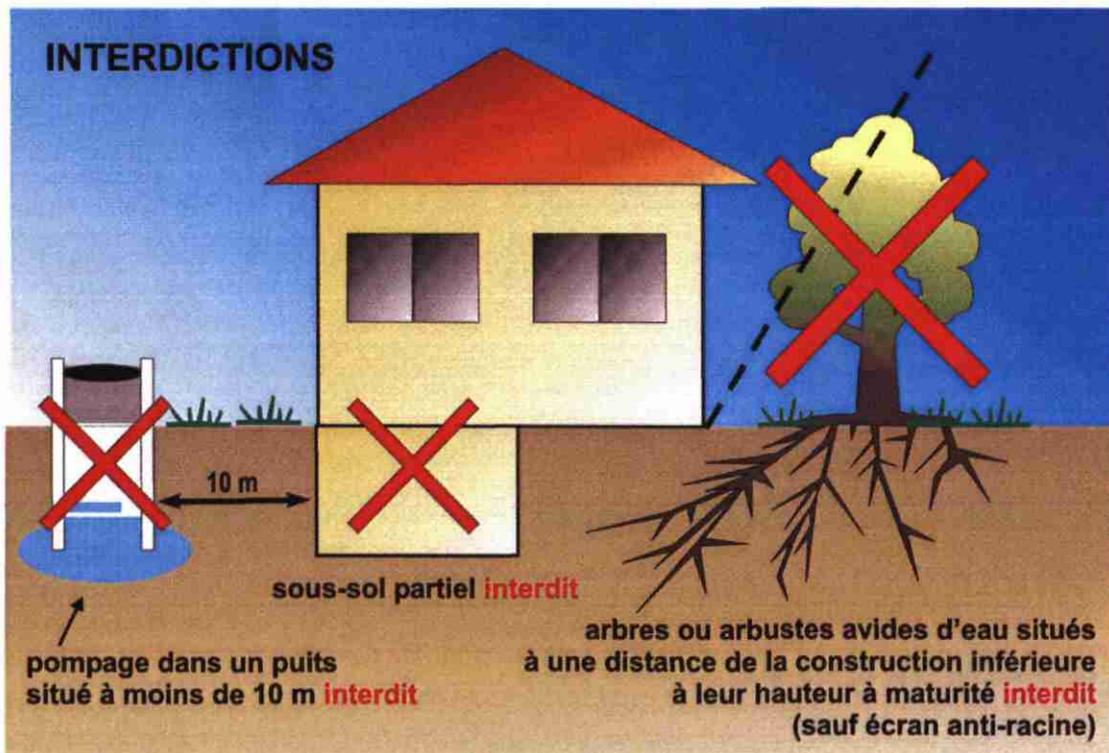
Liste des arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle au titre de mouvements différentiels de sols liés au retrait-gonflement des argiles, pris dans le département de Vaucluse à la date du 31 mai 2007 (données www.prim.net)

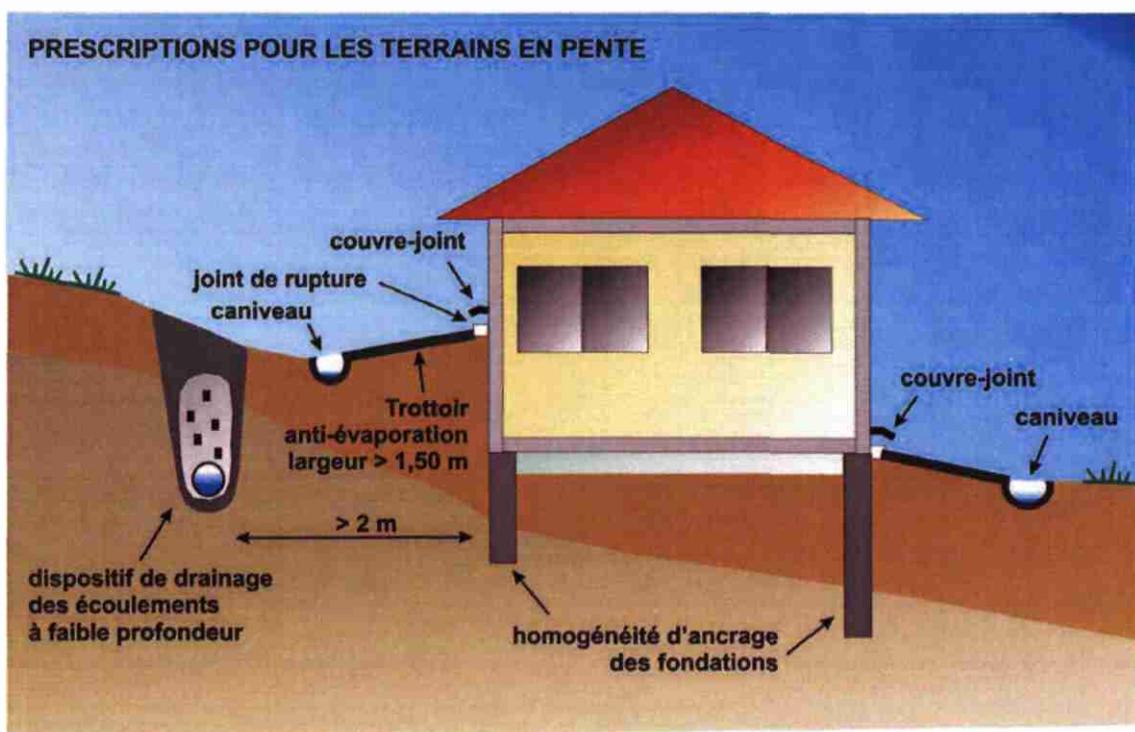
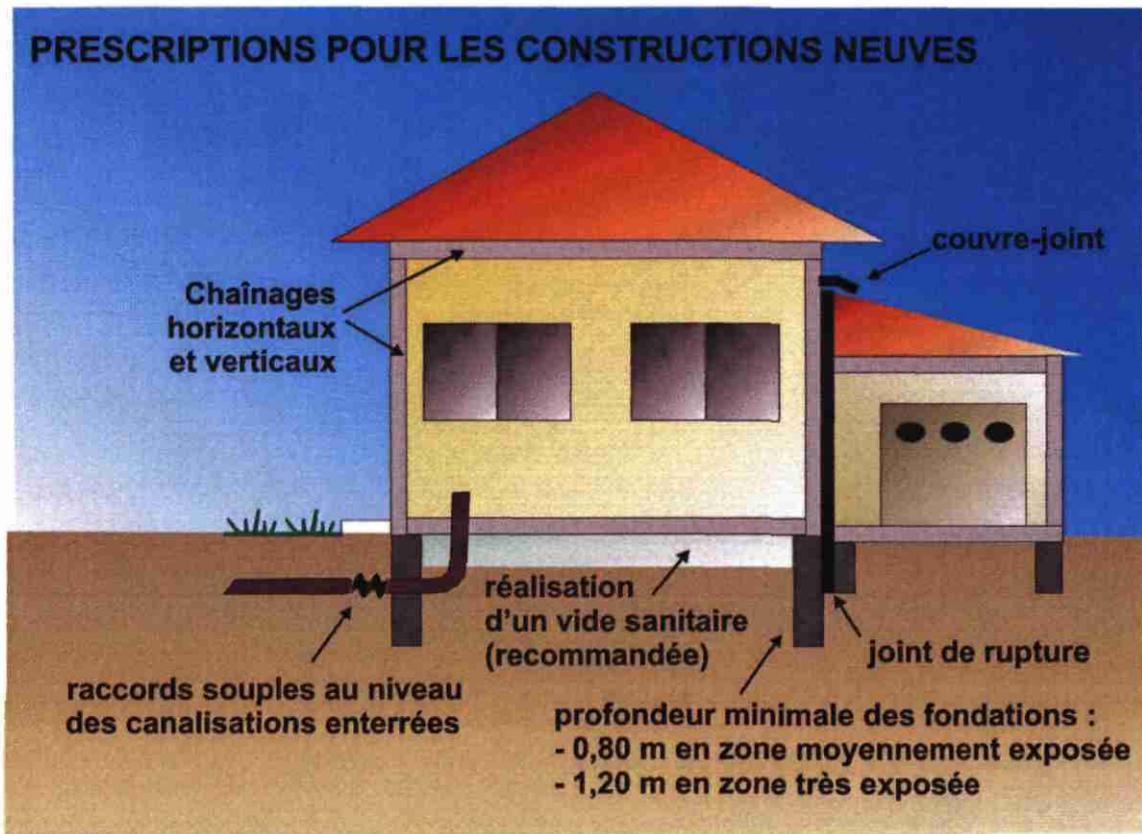
Code INSEE	Commune	Date début	Date fin	Date arrêté	Date JO
84003	Apt	01/01/1996	30/09/1998	19/03/1999	03/04/1999
		01/10/1998	30/09/1999	12/03/2002	28/03/2002
84009	Bastide-des-Jourdans	01/01/1996	30/09/1998	19/03/1999	03/04/1999
84018	Blauvac	01/05/1989	31/10/1990	10/06/1991	19/07/1991
		01/11/1990	30/09/1993	08/03/1994	24/03/1994
		01/09/1996	31/08/1999	27/12/2000	29/12/2000
84019	Bolène	01/05/1989	30/09/1991	18/05/1993	12/06/1993
84024	Cabrières-d'Aigues	01/01/1996	30/06/1998	01/08/2002	22/08/2002
84032	Caseneuve	01/01/1990	30/09/1993	08/09/1994	25/09/1994
		01/03/1997	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
84042	Cucuron	01/01/1998	30/06/1998	01/08/2002	22/08/2002
84045	Faucon	01/05/1989	31/10/1990	10/06/1991	19/07/1991
84046	Flassan	01/01/1998	30/09/1999	27/12/2000	29/12/2000
84047	Gargas	01/05/1989	30/09/1991	18/05/1993	12/06/1993
		01/10/1991	31/12/1993	03/04/1996	17/04/1996
		01/01/1994	31/10/1997	26/05/1998	11/06/1998
84050	Gordes	01/01/1990	30/09/1990	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
84052	Grambois	01/01/1990	30/09/1990	12/03/2002	28/03/2002
		01/03/1998	30/09/1999	12/03/2002	28/03/2002
84057	Joucas	01/01/1995	30/09/1998	22/06/1999	14/07/1999
84066	Lioux	01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
84074	Mérindol	01/01/1991	30/06/1991	30/04/2002	05/05/2002
		01/01/1992	30/06/1993	30/04/2002	05/05/2002
		01/01/1998	30/06/1998	30/04/2002	05/05/2002
84075	Méthamis	01/01/1998	30/09/1999	06/07/2001	18/07/2001
84080	Monteux	01/04/1995	31/10/1995	08/01/1996	28/01/1996
84082	Mormoiron	01/05/1989	30/09/1991	18/05/1993	12/06/1993
		01/01/1998	30/09/1999	27/12/2000	29/12/2000
84085	Murs	01/01/1990	30/09/1990	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
84102	Roussillon	01/01/1996	30/09/1998	19/03/1999	03/04/1999
84103	Rustrel	01/05/1989	30/09/1991	18/05/1993	12/06/1993
84105	Saignon	01/01/1990	30/09/1990	27/12/2000	29/12/2000
		01/03/1997	30/09/1999	27/12/2000	29/12/2000
84112	Saint-Martin-de-Castillon	01/05/1989	30/09/1991	18/05/1993	12/06/1993
		01/10/1991	31/12/1997	18/09/1998	03/10/1998
84118	Saint-Saturnin-lès-Apt	01/05/1989	31/12/1997	12/06/1998	01/07/1998
		01/01/1998	30/09/1999	27/12/2000	29/12/2000
84136	Vacqueyras	01/01/1990	30/09/1990	06/07/2001	18/07/2001
		01/01/1998	30/09/1999	06/07/2001	18/07/2001
84144	Viens	01/01/1996	30/09/1998	19/03/1999	03/04/1999
84145	Villars	01/06/1989	31/10/1997	12/03/1998	28/03/1998

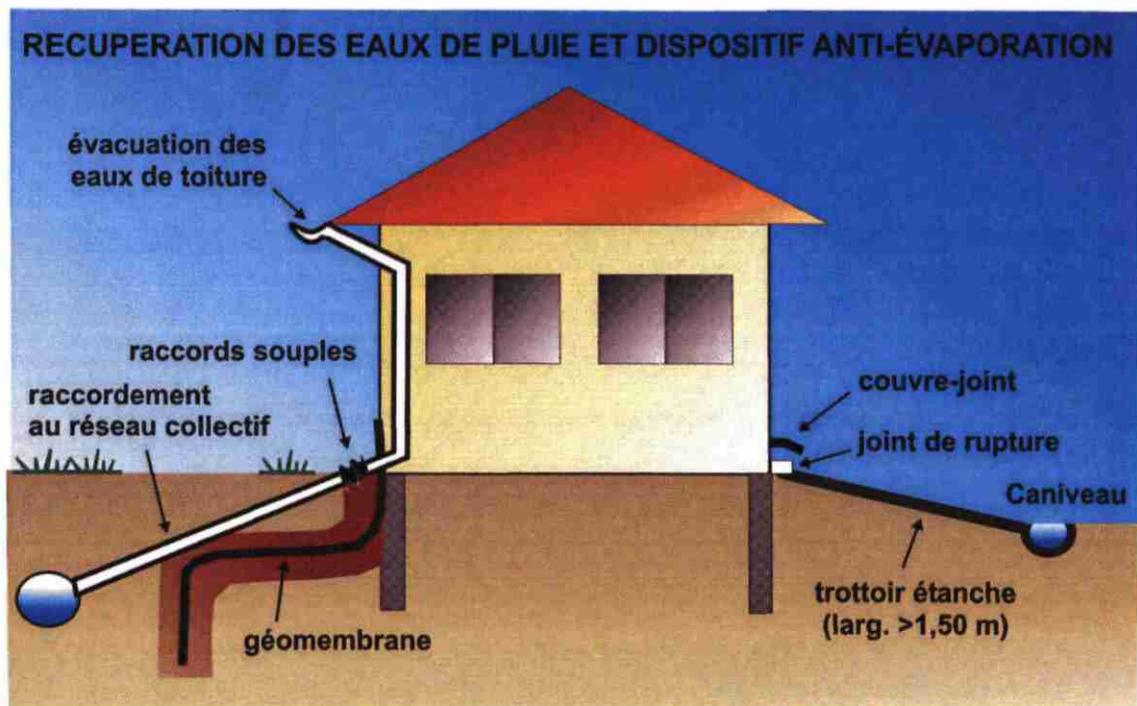
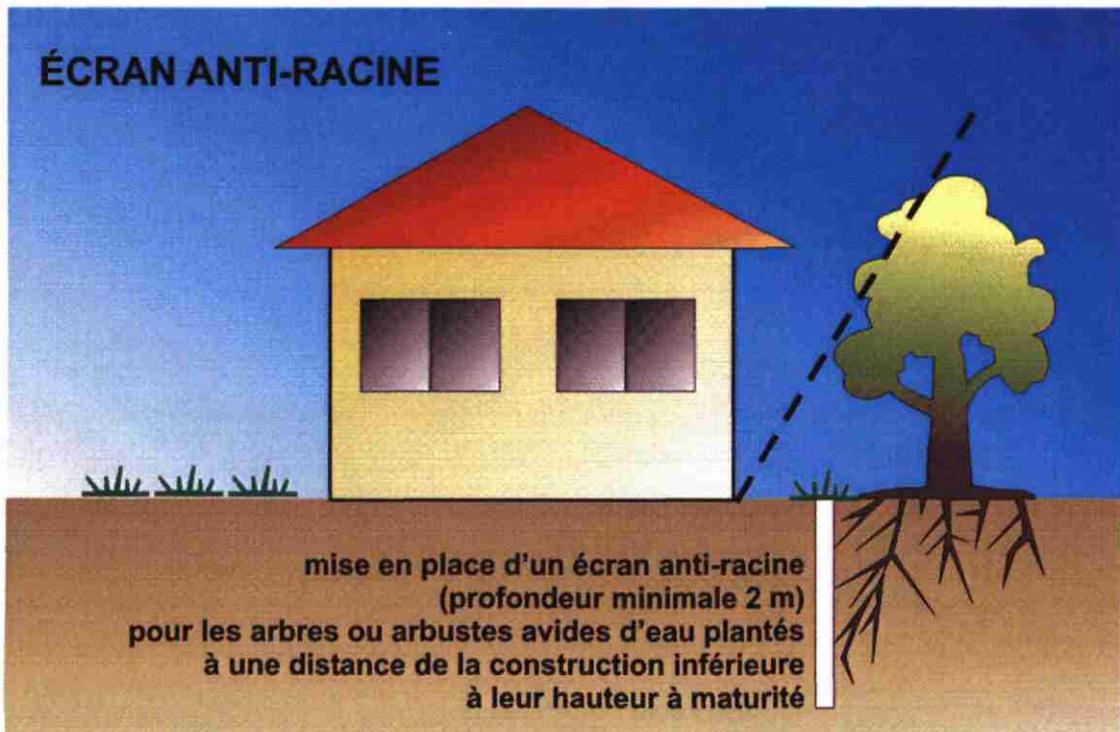
ANNEXE 4

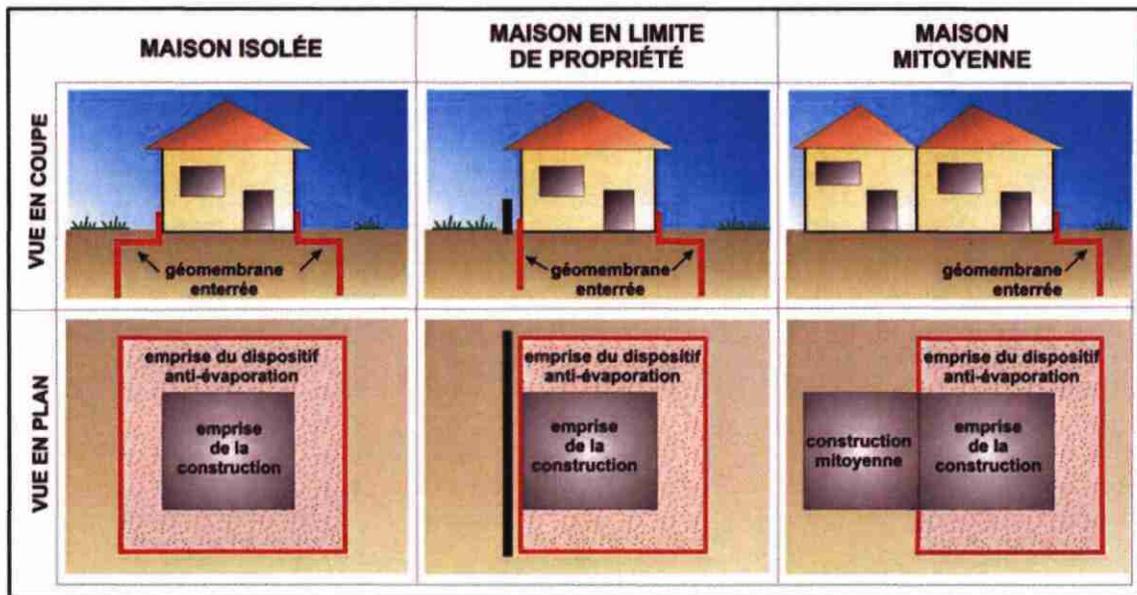
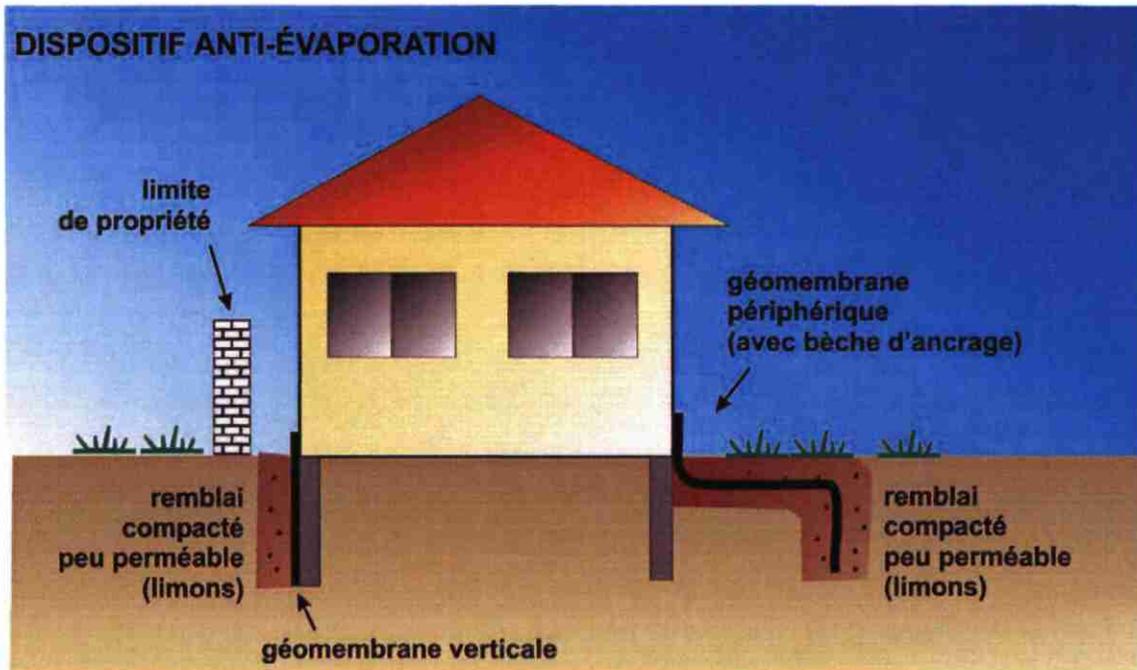
Illustration des principales dispositions réglementaires de prévention des risques de mouvements de terrain différentiels liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles

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.









PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de Gargas (Vaucluse)
NOTE DE PRESENTATION

ANNEXE 5

Extraits de la norme AFNOR NF P 94-500 (juin 2000)

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 PREALABLES (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'avvoisnants 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 avvoisnants). <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 avvoisnants) 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 G4, 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 (phases, 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 avvoisnants 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>



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
13276 – Marseille cedex 09 - France
Tél. : 04 91 17 74 77

maître d'ouvrage
préfecture du Vaucluse



Liberté - Égalité - Fraternité
REPUBLIQUE FRANÇAISE

Service Eau, Environnement
et Basses Aériennes
cellule Risques
Cité Administrative
84 098 Avignon cedex 9

Plan de prévention des risques naturels concernant les mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles et établissement des propositions de PPR dans le département de Vaucluse

commune :
GARGAS

carte de zonage réglementaire

maître d'oeuvre

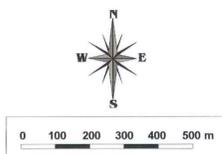


Echelle 1/10 000e

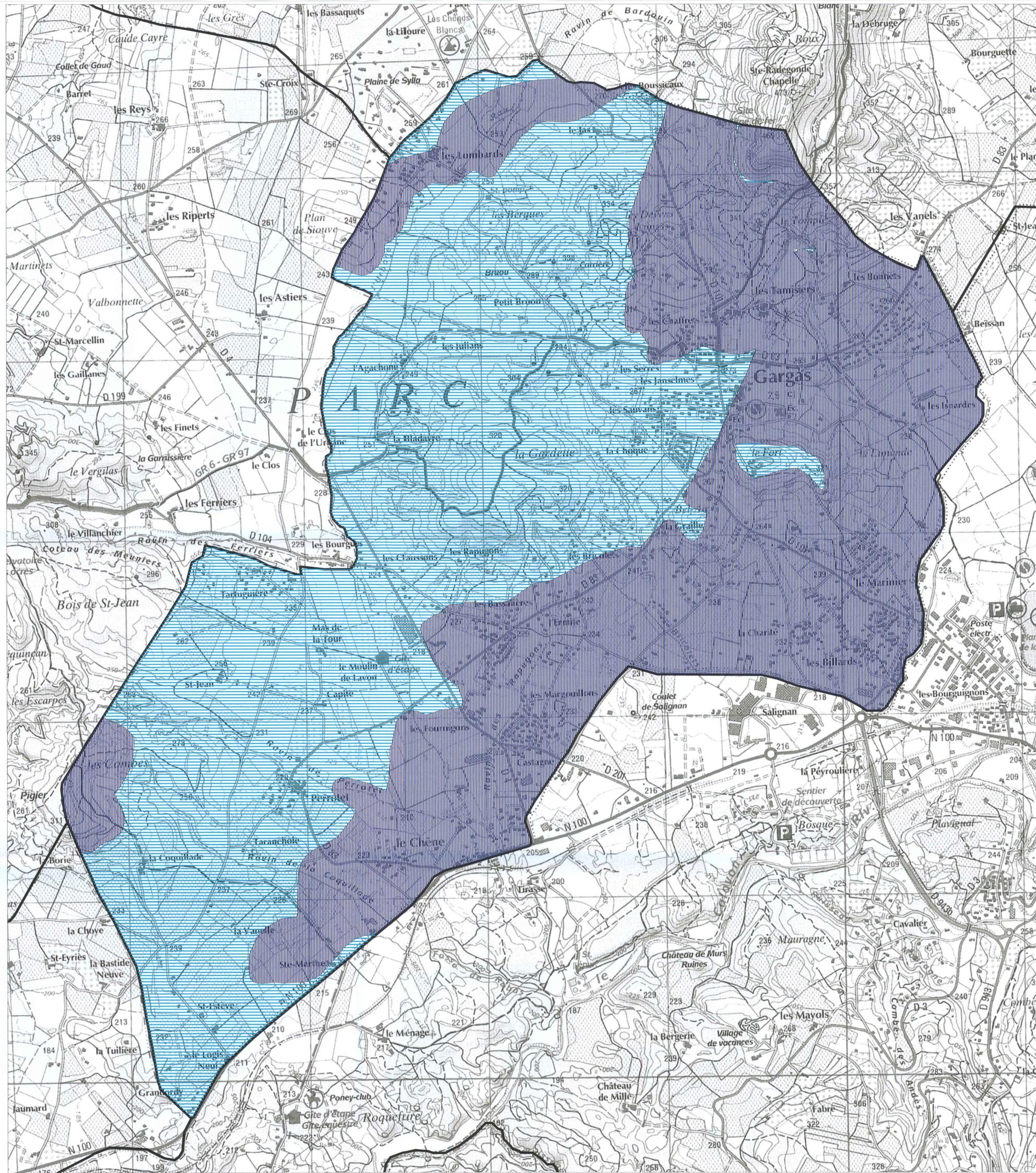
Extrait du rapport BRGM/RP-55468-FR, juin 2007

Légende :

- Zone fortement exposée (B1)
- Zone faiblement à moyennement exposée (B2)



Fond topographique Copyright IGN SCAN25, 1999 ; Carte d'atlas : rapport BRGM RP-55468-FR, juin 2007





0 5 10 km

Légende

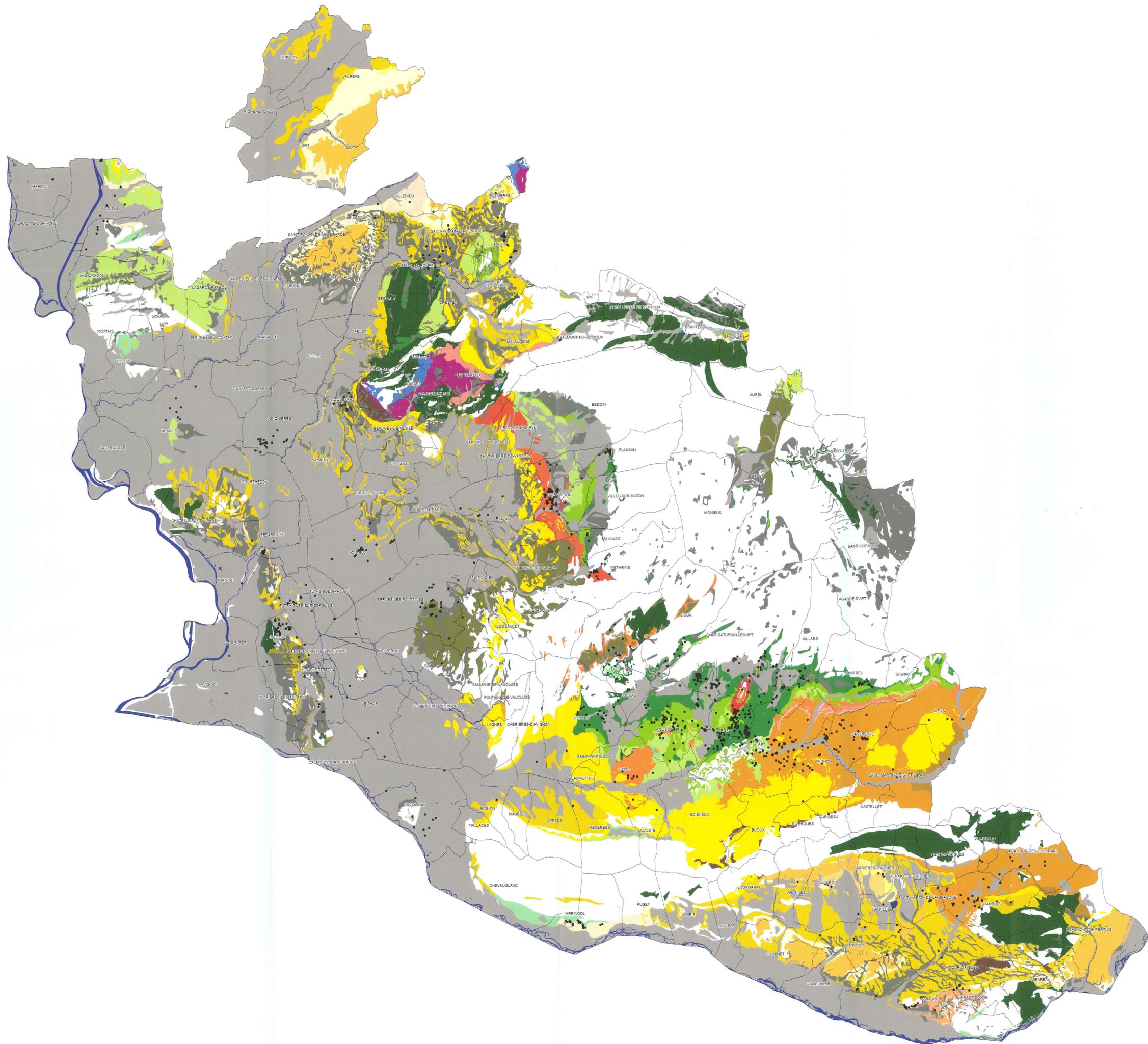
- 30 - Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)
 - 29 - Colluvions, cailloutis et argiles de décalcification (Quaternaire)
 - 28 - Conglomérats, argiles et sables de l'Astien (Plaisancien)
 - 27 - Marnes bleutées du Plaisancien marin
 - 26 - Sables, marnes, argiles et limons du Miocène Terminal - Pliocène
 - 25 - Calcaires, sables, conglomérats du Miocène Terminal et infra-Pliocène
 - 24 - Marnes, sables, molasse sableuses du Tortonien lacustre et marin
 - 23 - Marnes du Tortonien marin
 - 22 - Sables, marnes et grès du Miocène moyen
 - 21 - Marnes bleues du Burdigalien
 - 20 - Marnes sableuses, molasses calcaires et quartz-calcaires du Burdigalien
 - 19 - Argiles et sables de l'Oligocène Supérieur
 - 18 - Calcaires, marnes et sables de l'Oligocène inférieur (Stampien)
 - 17 - Marnes sableuses argileuses de l'Oligocène inférieur (Stampien)
 - 16 - Calcaires de l'Oligocène inférieur (Stampien et Sannoisien supérieur)
 - 15 - Argile du Maronnier (Sannoisien inférieur)
 - 14 - Sables, marnes et calcaires du Sannoisien et Stampien
 - 13 - Marnes et argilites de l'Eocène supérieur et Oligocène inf. (Stampien inf.)
 - 12 - Argiles, marnes et calcaires de l'Eocène supérieur (Ludien)
 - 11 - Marnes, dolomies et sables de l'Eocène supérieur (Ludien)
 - 10 - Sables et argiles verts de Mormalon
 - 9 - Argiles, marnes et sables de l'Eocène supérieur (Ludien et Bartonien sup.)
 - 8 - Argiles vertes et marnes vertes du Bartonien
 - 7 - Calcaires, sables et argiles du Crétacé supérieur, Paléocène et Eocène
 - 6 - Calcaires, grès, marnes et sables du Turonien et du Cénomanién
 - 5 - Grès, sables et marnes de l'Albien et de l'Aptien
 - 4 - Marnes Gargasiennes
 - 3 - Calcaires argileux et marneux du Crétacé inférieur
 - 2 - Marnes noires et calcaires argileux du Jurassique moyen et sup. (Bathonien)
 - 1 - Cargneules, dolomies et gypse Triasiques
-
- 1000 - Formation a priori non argileuse
 - 999 - 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 de Vaucluse - Rapport complémentaire de mise à jour

Carte 1 : Carte départementale des formations argileuses ou marneuses

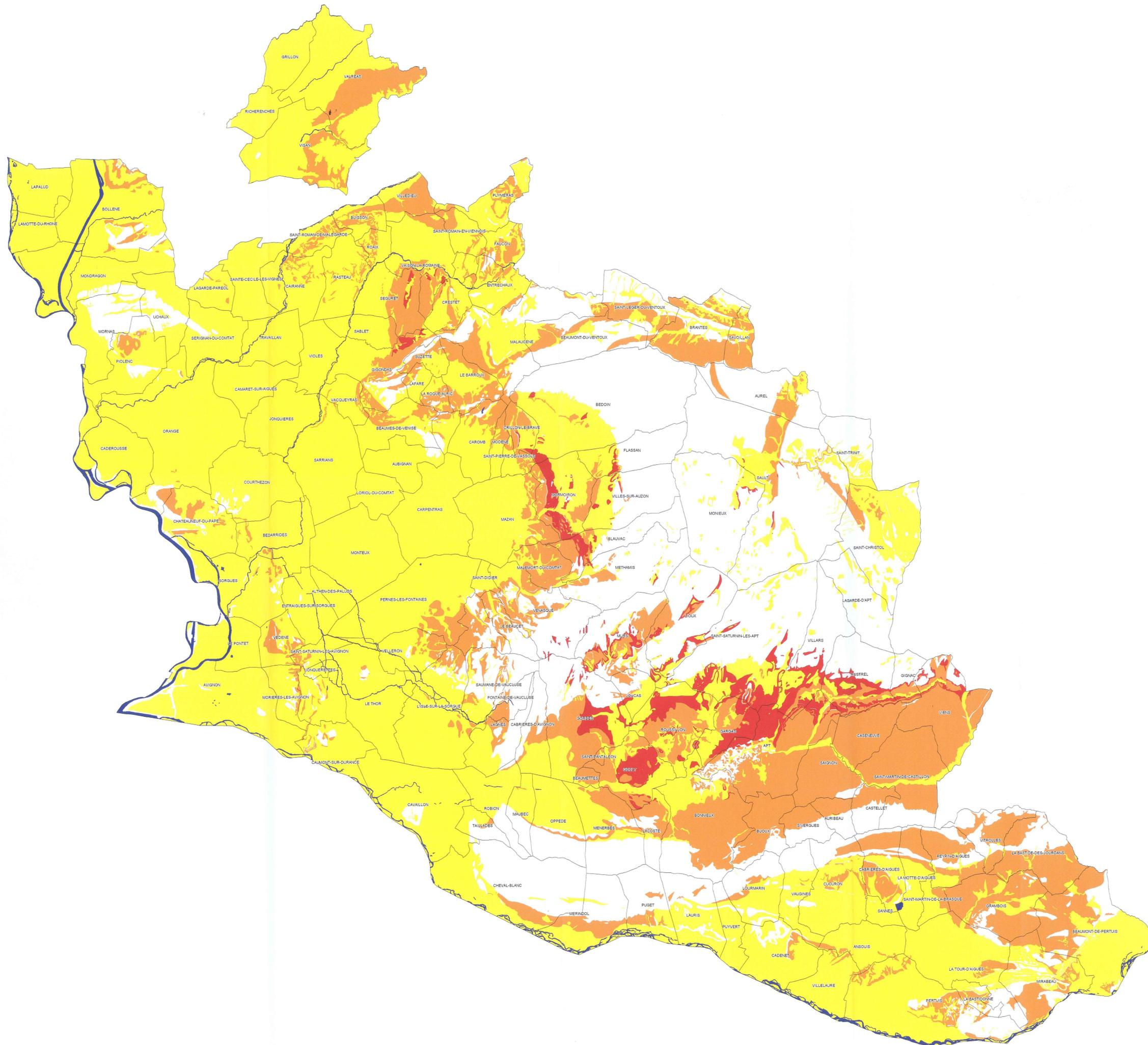
Echelle 1 / 110 000
BRGM/RP-55468-FR
juillet 2007





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'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Vaucluse - Rapport complémentaire de mise à jour
Carte 2 : Carte départementale de susceptibilité des formations argileuses au retrait gonflement

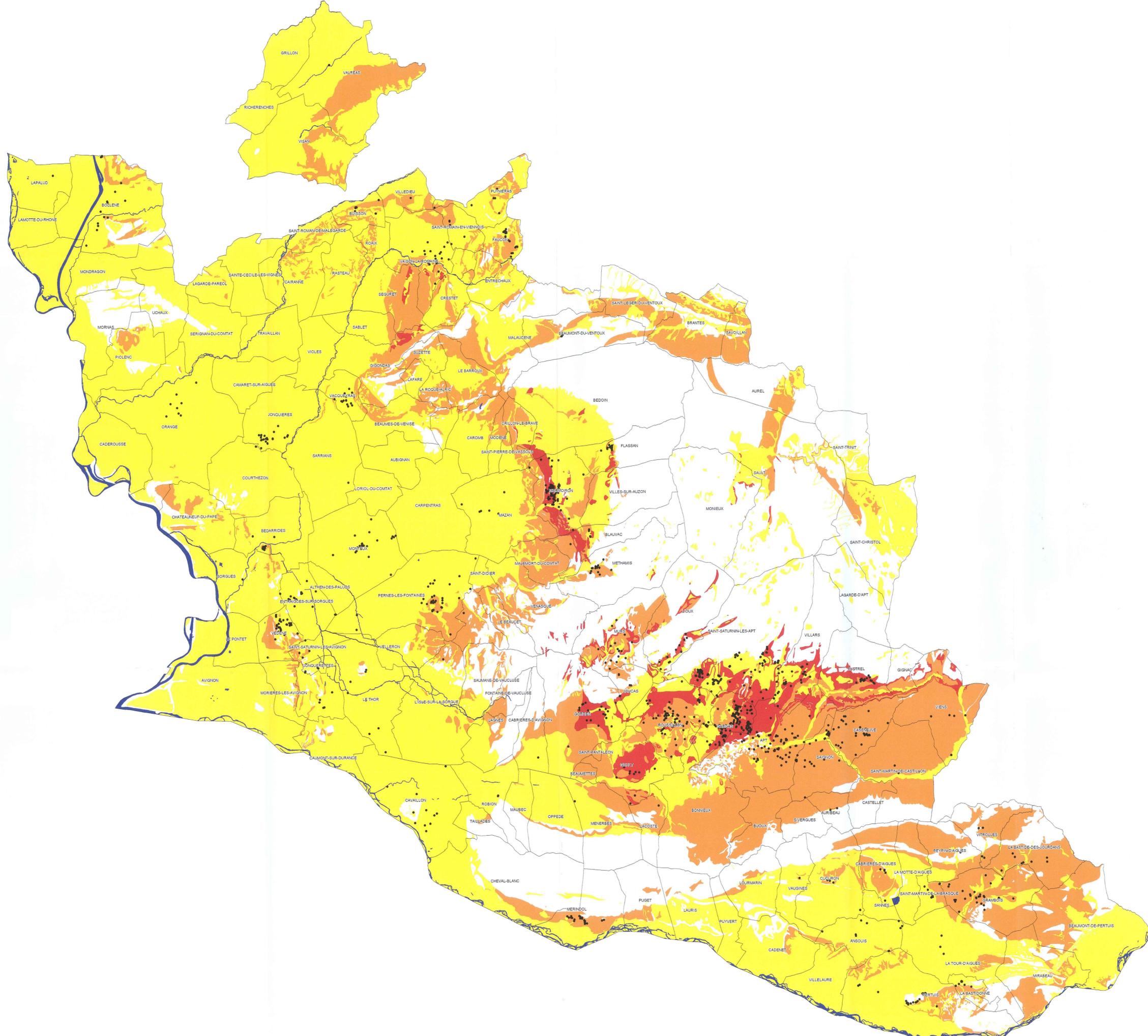
Echelle 1 / 110 000
BRGM/RP-55468-FR
juillet 2007





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 de Vaucluse - Rapport complémentaire de mise à jour
Carte 3 : Carte départementale de l'aléa retrait gonflement des argiles

Echelle 1 / 110 000
 BRGM/RP-55468-FR
 juillet 2007

