

Document public

Etablissement de Plans de Prévention des Risques naturels concernant les mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

BRGM/RP-53314-FR
septembre 2004

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES & MINIÈRES - BIBLIOTHEQUE CENTRALE

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
direction départementale de l'Équipement Bouches-du-Rhône

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Document public

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES & MINIÈRES - BIBLIOTHEQUE CENTRALE

Etablissement de Plans de Prévention des Risques naturels concernant les mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

BRGM/RP-53314-FR
septembre 2004

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM 02RIS348

N. Marçot
Avec la collaboration de
M. Imbault

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
direction départementale de l'Équipement
Bouches-du-Rhône

MINISTÈRE
DE L'ÉCOLOGIE
ET DU DÉVELOPPEMENT
DURABLE

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Mots clés : Bouches-du-Rhône, risques naturels, mouvements de terrain, aléa, retrait-gonflement, argile, sécheresse, Plan de Prévention des Risques, zonage réglementaire

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

Marçot N., avec la collaboration de **Imbault M.** (2004) - Etablissement de Plans de Prévention des Risques naturels concernant les mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône. Rapport BRGM/RP-53314-FR, 19 p., 2 ill., 2 cartes hors texte, 2 ann., 1 CD-Rom.

© BRGM, 2004, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (MEDD) a souhaité initier la réalisation de Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles (PPR) concernant spécifiquement les mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles, dans le cadre d'une politique globale de prévention des risques naturels et dans l'optique de diminuer le coût de plus en plus lourd supporté par la collectivité pour l'indemnisation des dommages liés à ce phénomène.

Le département des Bouches-du-Rhône fait partie des départements concernés par ce phénomène, puisque 35 arrêtés interministériels y ont été pris entre 1989 et 2003, reconnaissant l'état de catastrophe naturelle pour ce seul aléa dans 50 communes, sur les 119 que compte le département. Un inventaire non exhaustif réalisé par le BRGM en vue de cartographier l'aléa retrait-gonflement des argiles dans tout le département (rapport BRGM RP-53237-FR, août 2004) a ainsi permis de recenser et localiser 3 711 bâtiments endommagés au moins une fois par un sinistre lié au phénomène de retrait-gonflement.

Dans la continuité de ce travail, et dans le cadre de la même convention signée entre la Direction Départementale de l'Équipement (DDE) des Bouches-du-Rhône et le BRGM, cette carte départementale d'aléa a été transposée en proposition de zonages réglementaires, afin de préparer la réalisation de Plans de Prévention des Risques naturels (PPR) concernant spécifiquement le phénomène de retrait-gonflement des argiles. Le BRGM a aussi été chargé de rédiger des documents type susceptibles de servir de base à l'élaboration des notes de présentation et règlements pour l'établissement de ces PPR, et ceci conformément à une méthodologie élaborée par le BRGM en concertation étroite avec la Sous Direction de la Prévention des Risques Majeurs (SDPRM) du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable.

A ce jour, il n'a pas encore été prescrit de PPR retrait-gonflement dans le département des Bouches-du-Rhône. La commune de La Fare-les-Oliviers, située au centre 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 (zonage réglementaire, note de présentation, règlement) concernant cette commune est présenté en annexe sur support papier, mais les plans de zonage ont été réalisés pour l'ensemble des communes du département des Bouches-du-Rhône et sont fournis sur support numérique au format MapInfo©. La DDE disposera ainsi de tous les éléments pour établir les PPR, après concertation avec la population et les élus des communes concernées.

Sommaire

1. Introduction 7

2. Réalisation du plan de zonage réglementaire 9

2.1. PRINCIPES DU ZONAGE 9

2.2. CARTE DÉPARTEMENTALE DE L'ALÉA 9

2.3. PLAN DE ZONAGE RÉGLEMENTAIRE 11

3. Note de présentation 13

4. Règlement 15

5. Conclusion 17

6. Bibliographie 19

Liste des illustrations

Illustration 1 - Carte de l'aléa retrait-gonflement des argiles du département des Bouches-du-Rhône 10

Illustration 2 - Transcription, pour la commune de La Fare-les-Oliviers, de la carte d'aléa en proposition de plan de zonage réglementaire 12

Liste des cartes hors-texte

Carte hors-texte 1 - Exemple de Plan de Prévention des Risques naturels concernant les mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles - Commune de La Fare-les-Oliviers - Proposition de zonage réglementaire

Carte hors-texte 2 - Exemple de Plan de Prévention des Risques naturels concernant les mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles - Commune d'Aubagne - Proposition de zonage réglementaire

Liste des annexes

Annexe 1 - Exemple de Plan de Prévention des Risques naturels concernant les mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles - Commune de La Fare-les-Oliviers - Proposition de note de présentation (document type)

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

En dernière page de ce rapport, un disque CD-ROM contient les plans de zonage des différentes communes du département des Bouches-du-Rhône (au format MapInfo©), ainsi que les fichiers numériques correspondant aux documents types d'établissement de PPR retrait-gonflement (note de présentation, règlement).

1. Introduction

Parmi l'ensemble des risques naturels, celui lié au phénomène de retrait-gonflement des sols argileux est certainement l'un des moins connus, sans doute en raison de son caractère peu spectaculaire. Pourtant, en France, les sinistres occasionnés par ce phénomène représentent une part importante et croissante des dégâts causés par les catastrophes naturelles. Ainsi, depuis l'année 1989, près de 5 000 communes, réparties dans plus de 75 départements, ont été reconnues en état de catastrophe naturelle pour des mouvements différentiels de terrain liés au retrait-gonflement des argiles. Le coût cumulé d'indemnisation de ces sinistres a été évalué à 3,3 milliards d'euros sur la période 1989-2002 par la Caisse Centrale de Réassurance.

Le département des Bouches-du-Rhône fait partie des départements concernés par ce phénomène, puisque 35 arrêtés interministériels y ont été pris entre 1989 et 2003, reconnaissant l'état de catastrophe naturelle pour ce seul aléa dans 50 communes, soit 42 % des 119 communes que compte le département. Le nombre total d'occurrences (nombre de périodes reconnues en distinguant commune par commune) s'élève à 105.

Dans le cadre de l'étude d'aléa achevée en août 2004 par le BRGM, 3 711 sites de sinistres, répartis dans 76 communes des Bouches-du-Rhône, ont ainsi été recensés et localisés, ce qui constitue une estimation approchée, quoique vraisemblablement minorée, de la réalité. Ce nombre de sinistres est en tout cas beaucoup plus élevé que dans le département voisin du Vaucluse, où il dépasse à peine les 900 sinistres.

Dans le cadre d'une politique générale de prévention des risques naturels, et dans le but de réduire le coût que représente pour la collectivité l'indemnisation de ces sinistres, le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (MEDD) a souhaité initier la réalisation de Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles (PPR) prenant en compte ce type d'aléa. Il s'avère en effet qu'une grande partie des dommages liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles pourrait être évitée, moyennant le respect de certaines dispositions constructives, simples et peu coûteuses, mises en œuvre de façon préventive.

Une modification récente de la législation concernant le code des assurances (arrêtés du 5 septembre 2000) a introduit un système de modulation de la franchise pour les communes reconnues en état de catastrophe naturelle pour le même phénomène de façon répétée et n'ayant pas mis en œuvre des actions préventives adéquates : un des objectifs de cette mesure est précisément d'inciter à l'établissement de PPR concernant en particulier le phénomène de retrait-gonflement des sols argileux.

A ce jour, il n'a pas encore été prescrit de tels PPR dans le département des Bouches-du-Rhône. Cependant, le BRGM, qui vient d'établir la cartographie de l'aléa retrait-gonflement pour l'ensemble du département, a été chargé d'élaborer les éléments techniques nécessaires à la réalisation, par la Direction Départementale de l'Équipement (DDE), de tels PPR, afin que tous les éléments soient disponibles lorsqu'ils seront prescrits dans certaines communes. Il s'agit, suivant la méthodologie mise au point dans le département des Deux-Sèvres puis appliquée dans une

quinzaine de départements, et conformément aux directives du MEDD, d'effectuer le traitement permettant de transcrire la carte départementale d'aléa retrait-gonflement des argiles en une proposition de plan de zonage réglementaire pour chacune des communes du département. Une note de présentation type et une proposition de règlement ont également été rédigées.

L'ensemble de l'opération - établissement de la carte départementale d'aléa et élaboration des éléments techniques pour l'établissement par la DDE des PPR - a été réalisé en collaboration entre le Service Géologique Régional (SGR) Provence-Alpes-Côte d'Azur et le service Aménagement et Risques Naturels (ARN) du BRGM, dans le cadre de ses actions de service public en matière de prévention des risques naturels. Le financement en a été assuré conjointement et à parts égales par le Fonds National de Prévention des Risques Majeurs et par le BRGM, dans le cadre de sa dotation de service public allouée par le Ministère de la Recherche. L'opération a été réalisée dans le cadre d'une convention signée entre le BRGM et la DDE des Bouches-du-Rhône.

2. Réalisation du plan de zonage réglementaire

2.1. PRINCIPES DU ZONAGE

L'établissement de Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles (PPR) concernant le retrait-gonflement des argiles a pour but de limiter les dommages causés par ce phénomène, en imposant et/ou recommandant des dispositions constructives préventives. Celles-ci doivent être adaptées suivant la prédisposition de chaque zone au phénomène de retrait-gonflement et il est donc nécessaire d'élaborer un plan de zonage réglementaire, qui servira de base à l'application des dispositions formulées dans le règlement.

Ce plan de zonage réglementaire est directement issu de la carte départementale de l'aléa retrait-gonflement des argiles.

2.2. CARTE DÉPARTEMENTALE DE L'ALÉA

La carte départementale d'aléa constitue un zonage de la probabilité d'occurrence du phénomène de retrait-gonflement des terrains argileux, probabilité estimée ici de manière qualitative. Une carte de susceptibilité a d'abord été établie sur la base de critères purement physiques par le BRGM (cf. rapport RP-53237-FR, août 2004), à partir des cartes géologiques du département, qui ont été interprétées en prenant en compte les facteurs suivants, pour chaque formation géologique affleurante à sub-affleurante :

- la nature lithologique de la formation, et en particulier la proportion de matériaux argileux, ainsi que la géométrie (continuité et épaisseur) des termes argileux présents dans la formation ;
- la composition minéralogique de la phase argileuse, évaluée à partir de la proportion de minéraux gonflants : ces données proviennent d'une synthèse bibliographique complétée par un certain nombre d'analyses diffractométriques aux rayons X effectuées spécifiquement dans le cadre de l'étude ;
- le comportement géotechnique du matériau, établi à partir de résultats d'essais de laboratoire, conduits dans le cadre d'études de sols menées par différents organismes et complétés par quelques analyses effectuées spécifiquement ;

Pour chacune des 39 formations argileuses ainsi identifiées, le niveau d'aléa est en définitive la résultante de la note de susceptibilité ainsi obtenue et de la densité de sinistres retrait-gonflement, rapportée à 100 km^2 de surface d'affleurement réellement urbanisée (pour permettre des comparaisons fiables entre formations). Le recensement des sinistres provient de la consultation des dossiers de demande de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle et d'expertises post-sinistres (recueillis auprès de la Caisse Centrale de Réassurance, de bureaux d'études géotechniques, de mutuelles d'assurance et d'experts) et d'une enquête auprès des communes reconnues en état de catastrophe naturelle.

La carte départementale de l'aléa retrait-gonflement ainsi obtenue fait apparaître, outre certaines zones considérées comme a priori non argileuses et donc non sujettes au phénomène de retrait-gonflement, trois zones de formations argileuses d'aléa jugé « faible », « moyen » et « fort » (cf. Illustration 1).

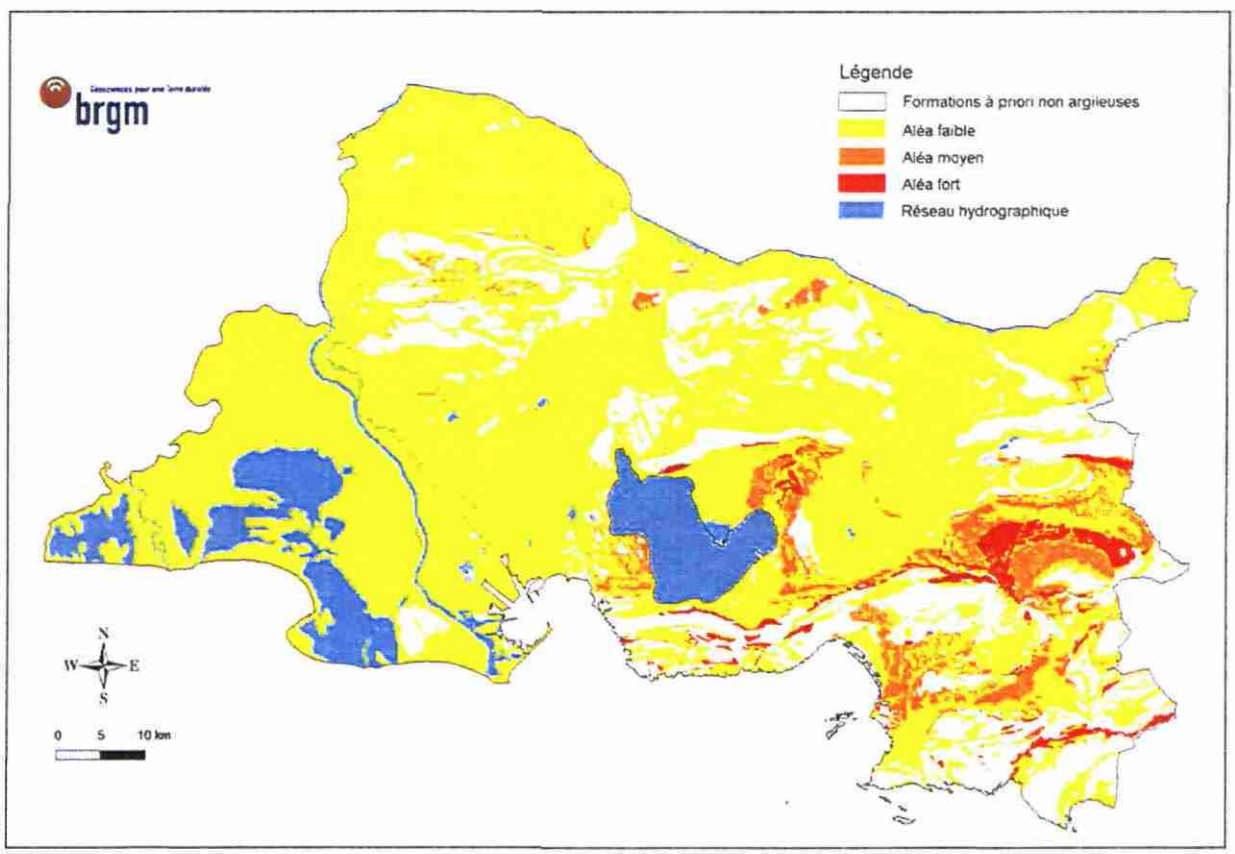


Illustration 1 - Carte de l'aléa retrait-gonflement des argiles du département des Bouches-du-Rhône

L'échelle de validité de cette carte départementale d'aléa est celle de la donnée de base utilisée, à savoir le 1/50 000 (échelle des cartes géologiques exploitées).

On peut remarquer que la carte d'aléa retrait-gonflement des argiles des Bouches-du-Rhône fait apparaître une surface en aléa fort très réduite, localisée dans la partie sud-est du département, tandis que les trois quarts du département sont classés en aléa faible ou moyen.

2.3. PLAN DE ZONAGE RÉGLEMENTAIRE

Le plan de zonage réglementaire de chaque commune a été élaboré en suivant la méthodologie mise au point pour le département des Deux-Sèvres (Rapport BRGM RP-50591-FR, décembre 2000), conformément aux instructions du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (MEDD).

Le tracé du zonage a ainsi été extrapolé par traitement automatique de la carte départementale d'aléa et reporté sur fond topographique IGN à l'échelle 1/25 000, agrandi à l'échelle 1/10 000 pour plus de lisibilité.

Afin de tenir compte de l'imprécision des contours qui sont valides à l'échelle 1/50 000, une bande de sécurité de 50 m de largeur a été intégrée en bordure de chaque zone.

Les zones d'aléa faible à moyen ont été regroupées dans un souci de simplification en vue de la mise en œuvre des PPR et représentées avec un figuré de couleur bleu clair. Les secteurs reconnus en aléa fort constituent une deuxième zone réglementée, représentée conventionnellement en bleu foncé (cf. Illustration 2).

Il est important de rappeler que, du fait de l'hétérogénéité de certaines formations géologiques, la transcription automatique de la carte d'aléa, valable à l'échelle départementale, en un plan de zonage présenté à l'échelle communale, peut entraîner localement certaines divergences : ainsi, une parcelle peut être classée comme étant exposée à un aléa fort, alors qu'une étude de sol détaillée montrera qu'elle ne contient en réalité pas d'argiles gonflantes, et, réciproquement, une parcelle peut être classée dans une zone d'aléa a priori nul, alors que son sol renferme en fait des argiles gonflantes, dont la présence n'est pas détectable à partir de la seule analyse des cartes géologiques à 1/50 000.

Seule une étude géotechnique à la parcelle peut permettre d'établir un diagnostic fiable et définitif quant à la nature exacte du sous-sol et au degré d'exposition réel au phénomène de retrait-gonflement. En l'absence de telles études en tout point du département, il a été jugé que la transcription automatique de la carte départementale d'aléa en zonages réglementaires communaux constituait le meilleur compromis coût/efficacité pour établir des PPR en fonction des données actuellement disponibles. Ce choix est d'autant plus justifié que les enjeux liés à la mise en œuvre des PPR, dans le cas spécifique du phénomène de retrait-gonflement, sont relativement limités : une zone, même exposée à un aléa fort, reste constructible, et les mesures réglementaires imposées sont simples et assez peu coûteuses à mettre en œuvre, ce qui rend acceptable une relative imprécision dans les limites du zonage à l'échelle du parcellaire.

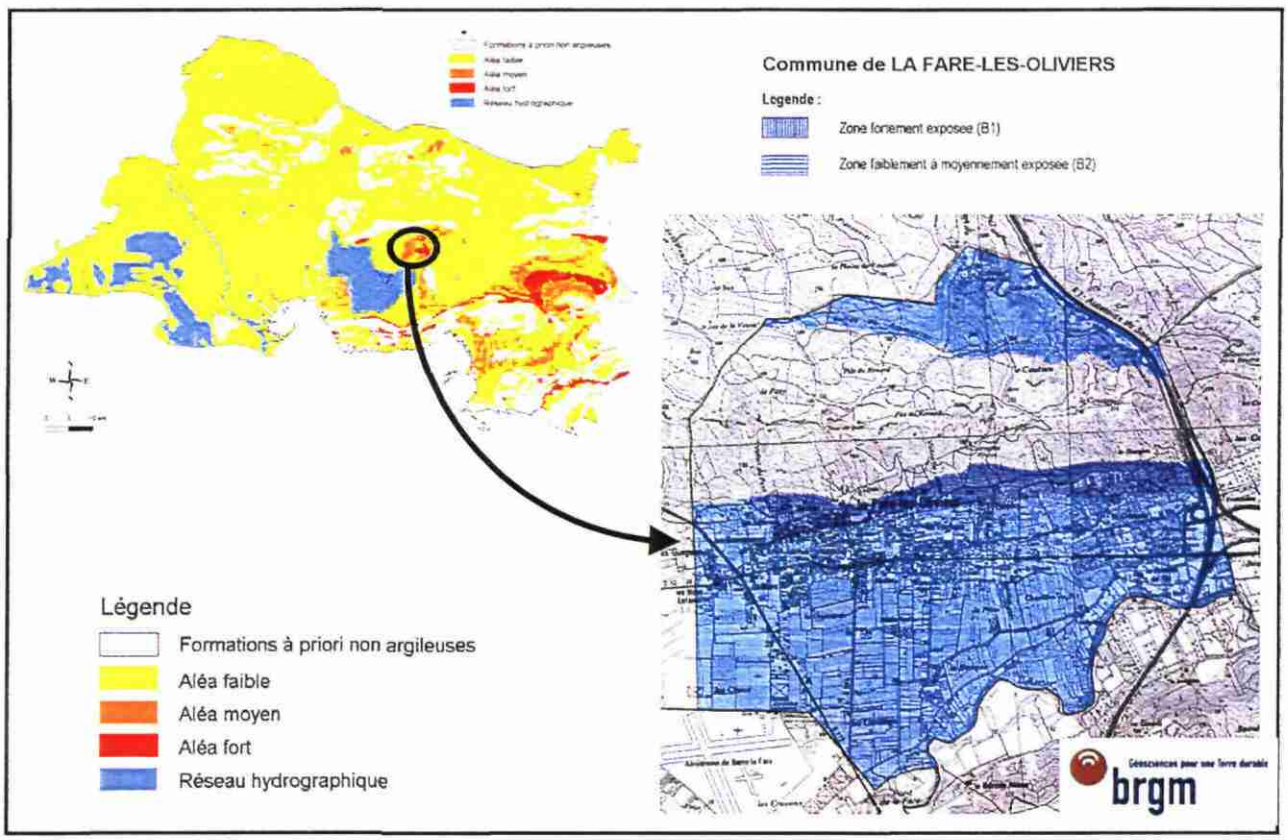


Illustration 2 - Transcription, pour la commune de La Fare-les-Oliviers, de la carte d'aléa en proposition de plan de zonage réglementaire

Par ailleurs, le document produit reste une proposition de plan de zonage réglementaire, qui pourra être amendée par la DDE lors de l'établissement des PPR, en concertation avec la population et les élus de la commune, à l'issue de l'enquête publique.

L'ensemble de ces opérations de traitement a été effectué pour la totalité des communes du département des Bouches-du-Rhône, et toutes les cartes ainsi élaborées ont été stockées sur disque CD-Rom au format MapInfo©, afin de pouvoir les éditer sur papier au fur et à mesure des besoins.

Le traitement global a été mis en application pour les communes de La Fare-les-Oliviers et Aubagne, dont les plans de zonage réglementaires sont édités sur support papier et présentés en cartes hors-texte.

3. Note de présentation

Une note de présentation accompagne le PPR de chaque commune. Son but est d'expliciter les raisons qui ont conduit à la prescription du PPR et de présenter, de façon aussi pédagogique que possible :

- la méthodologie utilisée pour établir le PPR, et notamment le plan de zonage ;
- les données de bases (géologie, caractérisation des terrains argileux, sinistres) qui ont permis d'élaborer la carte d'aléa ;
- les mécanismes du phénomène de retrait-gonflement des argiles, en insistant sur les facteurs de prédisposition et de déclenchement ;
- les désordres causés par le phénomène, ainsi que l'importance des mesures de prévention recommandées et/ou imposées ;
- les principes qui ont conduit à élaborer les mesures de prévention stipulées par le règlement, ainsi que leur justification et l'illustration de leur mise en œuvre.

Une note de présentation type a ainsi été rédigée : elle est destinée à être transposée de manière identique à toutes les communes du département. La DDE, chargée de la rédaction des PPR, devra être à même de réaliser certaines adaptations mineures tenant compte des spécificités locales soulignées lors des concertations préalables avec la population et les élus locaux, au cours de l'instruction des PPR.

Un exemple de note de présentation pour la commune de La Fare-les-Oliviers, avant concertation avec la population et les élus locaux, est présenté en annexe 1.

4. Règlement

L'élaboration d'une proposition de règlement a fait l'objet d'une longue concertation, sous l'égide du MEDD. Un premier projet de règlement pour les PPR des Deux-Sèvres a été réalisé par le BRGM en décembre 2000, après concertation avec le MEDD et la DDE 79. Le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) ainsi que le LCPC (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, en la personne de Monsieur Marcel Rat) avaient également été consultés et s'étaient alors prononcés sur le projet de texte. Au cours de l'année 2001, différentes réunions regroupant ces mêmes acteurs, ainsi que le DGUHC (Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction), ont permis de poursuivre la réflexion.

Le projet de règlement destiné aux PPR du département des Bouches-du-Rhône et présenté en annexe 2 intègre les résultats de cette concertation générale ainsi que certains aménagements proposés ultérieurement à l'issue de concertations avec les différentes DDE engagées dans le processus (notamment dans les départements de la Seine-Saint-Denis, de la Dordogne, du Gers, de la Vienne, du Tarn-et-Garonne et de l'Essonne).

Ce projet de règlement décrit les différentes prescriptions destinées à s'appliquer aux deux zones réglementées du plan de zonage des PPR. Les prescriptions sont, pour l'essentiel, des dispositions constructives à respecter et s'appliquent principalement aux nouveaux projets de constructions.

A titre indicatif, une étude de SOLEN Géotechnique, commandée en 2001 par le MEDD, a permis de donner des ordres de grandeur des surcoûts induits par les mesures prescrites par le règlement, dans le cas le plus pénalisant d'une construction très économique. Par exemple, pour la construction d'un pavillon de type traditionnel, de plain-pied, de 100 m^2 d'emprise au sol, édifié avec dallage sur terre-plein et semelles de fondations continues ancrées à 0,60 m sur terrain naturel plat, dont le coût de construction moyen est de l'ordre de 75 000 € HT (environ 500 000 F HT), les surcoûts approximatifs ont été estimés de la manière suivante :

- approfondissement des fondations à 0,80 m, avec création d'un vide sanitaire et soubassement rigidifié en béton armé (lequel n'est pas préconisé dans le projet de règlement PPR) : 3 400 € HT (soit 4,5 % du coût de base, sachant que ce pourcentage est fortement dégressif pour une construction plus élaborée) ;
- approfondissement des fondations à 0,80 m, sans vide sanitaire ni soubassement rigidifié en béton armé mais réalisation d'une terrasse imperméabilisante de 2 m de large sur le pourtour de la maison (la largeur minimale préconisée dans le règlement est de 1,5 m seulement) : 6 100 € HT (soit 8 % du coût de base).

D'autres coûts sont également évalués dans cette étude :

- étude de sol type G0 + G12 : 1 525 à 1 830 € HT ;
- arrachage d'un arbre à maturité : de 75 à 190 € HT par arbre ;
- tranchée anti-racines (largeur : 3 m ; profondeur : 2 m) : 275 € HT ;
- tranchée drainante de 15 m de longueur et 1,50 m de profondeur : 3 200 € HT.

5. Conclusion

Cette étude a permis de donner à la DDE des Bouches-du-Rhône tous les éléments nécessaires en vue d'établir des Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles concernant spécifiquement les mouvements différentiels de sols liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles et ceci pour chacune des communes du département. Elle a été réalisée en suivant la démarche mise au point pour l'établissement des PPR retrait-gonflement des argiles dans le département des Deux-Sèvres et approuvée par le MEDD (DPPR/SDPRM).

La proposition du plan de zonage a été établie, pour chaque commune, par extrapolation automatisée de la carte départementale de l'aléa retrait-gonflement des argiles.

Une note de présentation et un projet de règlement ont également été élaborés, sous forme de documents type applicables à chaque commune. Ils pourront faire l'objet d'amendements et de correctifs 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.

En plus de l'exemple pour les communes de La Fare-les-Oliviers et Aubagne, présenté sur support papier en cartes hors-texte, un CD-Rom contenant les propositions de plans de zonages des différentes communes du département des Bouches-du-Rhône (au format MapInfo©), ainsi que les fichiers numériques correspondant aux documents types d'établissement du PPR retrait-gonflement (note de présentation et règlement), est fourni avec ce rapport.

6. Bibliographie

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.

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

Exbrayat L. (2001) - Dispositions constructives de nature à prévenir et/ou supprimer les effets de la dessication/réhydratation des sols - évaluation des coûts - SOLEN GEOTECHNIQUE n°G01339GT.

Marçot N., Gonzalez G. avec la collaboration de Fournel S. et Simplet L. (2004) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône. Rapport BRGM/RP-53237-FR. 218 p., 47 illustrations, 7 ann., 3 cartes h.-t.

Ministère de l'Aménagement, du Territoire et de l'Environnement, Ministère de l'Equipement, des Transports et du Logement (1999) - Plans de prévention des risques naturels (PPR) - Risques de mouvements de terrain - Guide méthodologique. *Edit. La Documentation Française, Paris.*

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

Mouroux P., Margron P., Pinte J.C. (1988) – La construction économique sur sols gonflants. *Edit. BRGM, Manuels et Méthodes n° 14.*

Norie A., Vincent M. (2000) - Etablissement de Plans 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 p., 4 fig., 4 ann.

Vincent M., Bouchut J. (2002) - 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 la Seine-Saint-Denis. Rapport BRGM/RP-51500-FR, 15 p., 2 fig., 3 ann., 1 Cd-Rom.

Annexe 1 - Exemple de Plan de Prévention des Risques naturels concernant les mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles - Commune de La Fare-les-Oliviers - Proposition de note de présentation (document type)

Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR)

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

Commune de LA FARE-LES-OLIVIERS

Note de présentation

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
direction départementale de l'Équipement
Bouches-du-Rhône

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Géosciences pour une Terre durable
brgm

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 5

4. SINISTRES OBSERVES DANS LE DEPARTEMENT 5

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 FIGURES

Illustration 1 : Carte synthétique des formations argileuses et marneuses du département des Bouches-du-Rhône 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 des Bouches-du-Rhône 9

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Description succincte des formations argileuses et marneuses affleurant dans le département des Bouches-du-Rhône

Annexe 2 : Description des phénomènes de retrait-gonflement des sols argileux et de leurs conséquences

Annexe 3 : Liste des arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle au titre de mouvements différentiels de sols liés au retrait-gonflement des argiles, pris dans le département des Bouches-du-Rhône à la date du 31 mai 2004

Annexe 4 : Illustration des principales dispositions réglementaires de prévention des risques de mouvements de terrain différentiels liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles

Annexe 5 : Extraits de la norme AFNOR NF P 94-500 (juin 2000) intitulée « Missions géotechniques – Classifications et spécifications »

1. INTRODUCTION

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

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

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

Le département des Bouches-du-Rhône fait partie des départements concernés par ce phénomène, puisque 35 arrêtés interministériels y ont été pris entre 1989 et 2003, reconnaissant l'état de catastrophe naturelle pour ce seul aléa dans 50 communes, soit 42% des 119 communes que compte le département. Dans le cadre de l'étude d'aléa achevée en août 2004 par le BRGM, 3 711 sites de sinistres, répartis dans 76 communes, ont ainsi été recensés et localisés, ce qui constitue une estimation approchée, quoique vraisemblablement minorée, de la réalité.

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

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

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

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

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

2. PRESENTATION DE LA ZONE ETUDIEE

2.1. Limites de l'étude

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

2.2. Contexte naturel départemental

2.2.1. Situation géographique

Le département des Bouches-du-Rhône est divisé en 119 communes et couvre une superficie de 5 106 km^2. Il comptait une population de 1 835 719 habitants au recensement INSEE de 1999. Marseille est la préfecture de département et Aix-en-Provence, Arles et Istres sont les trois sous-préfectures. Les concentrations de population sont situées dans le quart sud-est du département, à l'est du Rhône, dans l'agglomération de Marseille, et dans les environs de l'étang de Berre.

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

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

2.2.2. Géologie

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

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

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

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

Cette synthèse géologique départementale montre que près de 80% de la superficie du département est concernée par des formations à dominante argileuse plus ou moins marquée, et donc soumises à un risque potentiel de retrait-gonflement.

Les principales formations argileuses ou marneuses qui affleurent dans le département des Bouches-du-Rhône sont, par ordre d'importance décroissante en terme de superficie, les *Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire)* (30,33 % de la superficie du département), les *Alluvions à limons argileux (Quaternaire)* (13,71 %), les *Colluvions (Quaternaire)* (9,78 %), les *Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)* (4,95 %) et les *Marnes et calcaires argileux de l'Hauterivien supérieur (faciès Urgonien)* (3,66 %). Les autres formations argileuses ou marneuses n'affleurent que sur des superficies toutes inférieures à 2 % du département.

2.2.3. Hydrogéologie

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

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

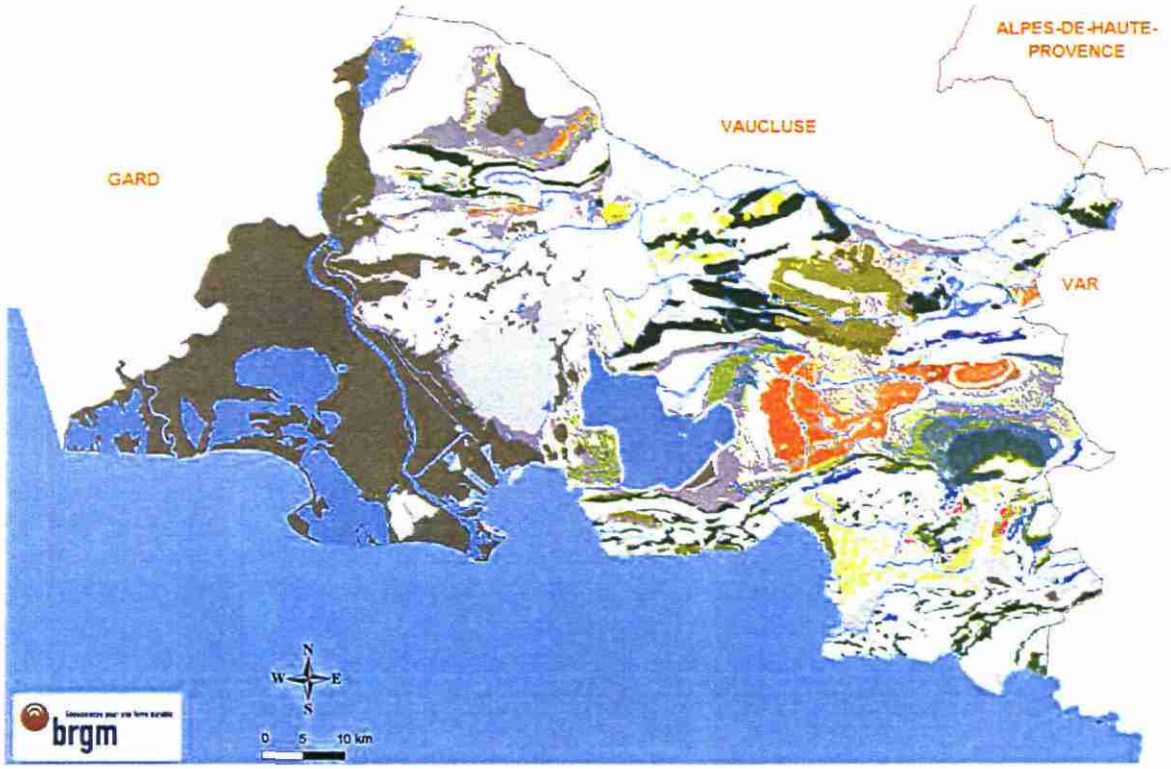
Ainsi, les alluvions récentes, qui correspondent au lit majeur des cours d'eau, sont largement baignées par la nappe alluviale, ce qui atténue le phénomène de retrait, puisque des remontées capillaires vont limiter la dessiccation. Cependant, les niveaux sablo-graveleux, à fortes perméabilités, peuvent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

3. DESCRIPTION DES PHENOMENES ET DE LEURS CONSEQUENCES

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

4. SINISTRES OBSERVES DANS LE DEPARTEMENT

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



Formations argileuses

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

Le nombre total de sites de sinistres recensés et localisés par le BRGM dans le cadre de l'étude départementale d'aléa s'élève à 3 711, répartis dans 76 communes : ce nombre constitue une estimation approchée, quoique vraisemblablement minorée, de la réalité. D'après les données de la Caisse Centrale de Réassurance (octobre 2003), le département des Bouches-du-Rhône est classé en 7ème position des départements français en terme de coût d'indemnisation des sinistres retrait-gonflement des argiles.

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

5. DESCRIPTION DE LA METHODOLOGIE D'ETABLISSEMENT DU PPR

5.1. Carte de l'aléa retrait-gonflement

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

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

Pour chacune des 39 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 km^2 de surface d'affleurement réellement urbanisée (pour permettre des comparaisons fiables entre formations). La synthèse des résultats obtenus est présentée dans l'Illustration 2 ci-après.

La répartition cartographique des zones d'aléa est présentée sur la carte de l'Illustration 3. En définitive, seulement 1,7 % de la superficie du département est située en zone d'aléa fort, tandis que 6,59 % du département est considéré en aléa moyen et 65 % en aléa faible. Le reste, soit 21 % 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).

Formations géologiques	% de la superficie départementale
Formation à aléa fort	
Argiles, marnes et grès du Maestrichien inférieur	0,91
Calcaires et marnes noires du Gargasien	0,26
Calcaires argileux et marneux du Bédoulien	0,53
TOTAL	**1,7 %**
Formations à aléa moyen	
Marnes et argiles du Quaternaires	0,07
Sables, molasse et argile du Burdigalien	0,22
Calcaire de Piedautry, argiles et poudingues du Stampien	1,92
Marnes à Microcodium de l'Éocène indifférencié	0,03
Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maestrichien supérieur	1,15
Argiles et grès du Maestrichien supérieur	0,83
Calcaires, marnes et poudingues du Maestrichien inférieur	1,24
Calcaires, argiles et calcaires argileux du Valdo-fuvélien	1,12
Marnes à Toxaster de l'Hauterivien inférieur	0,01
TOTAL	**6,59 %**
Formations à aléa faible	
Alluvions à limons argileux (Quaternaire)	13,71
Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)	4,95
Colluvions (Quaternaire)	9,78
Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire)	20,33
Marnes et sables Plaisancien et poudingues du Miocène supérieur (Valensole)	1,32
Calcarénite, calcaires, sables et argiles du Vindobonien	0,25
Argiles calcaire d'Istres du Vindobonien	0,01
Marne sableuse micacée de l'Helvétien	0,23
Calcaire marneux du Burdigalien	0,01
Conglomérats, grès et calcaires de l'Oligocène - Miocène inférieur	1,69
Sables, calcaires, marnes et argiles de l'Oligocène - Miocène inférieur	0,72
Formation des Milles de l'Oligocène moyen	1,04
Sables argileux et marnes de l'Éocène	0,02
Calcaire Lutetien	0,73
Calcaires et marnes du Thanetien - Sparnacien	1,68
Argiles et calcaires argileux du Montien	0,35
Calcaire de la gare de Rognac	0,03
Marnes du Coniacien Santonien	0,09
Marnes, grès et calcaires marneux du Turonien Cénomanien	0,19
Marno-calcaires, grès et sables du Crétacé Supérieur	0,52
Marnes et calcaires argileux de l'Hauterivien supérieur (faciès Urgonien)	3,66
Marnes et calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	1,20
Calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	1,62
Calcaires marneux du Jurassique	0,45
Calcaires et calcaires marneux du Toarcien et Callovo-Oxfordien	0,12
Marnes noires et grises du Toarcien et Callovien - Oxfordien	0,09
Cargneules, dolomies et gypse du Trias	0,09
TOTAL	**65 %**

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

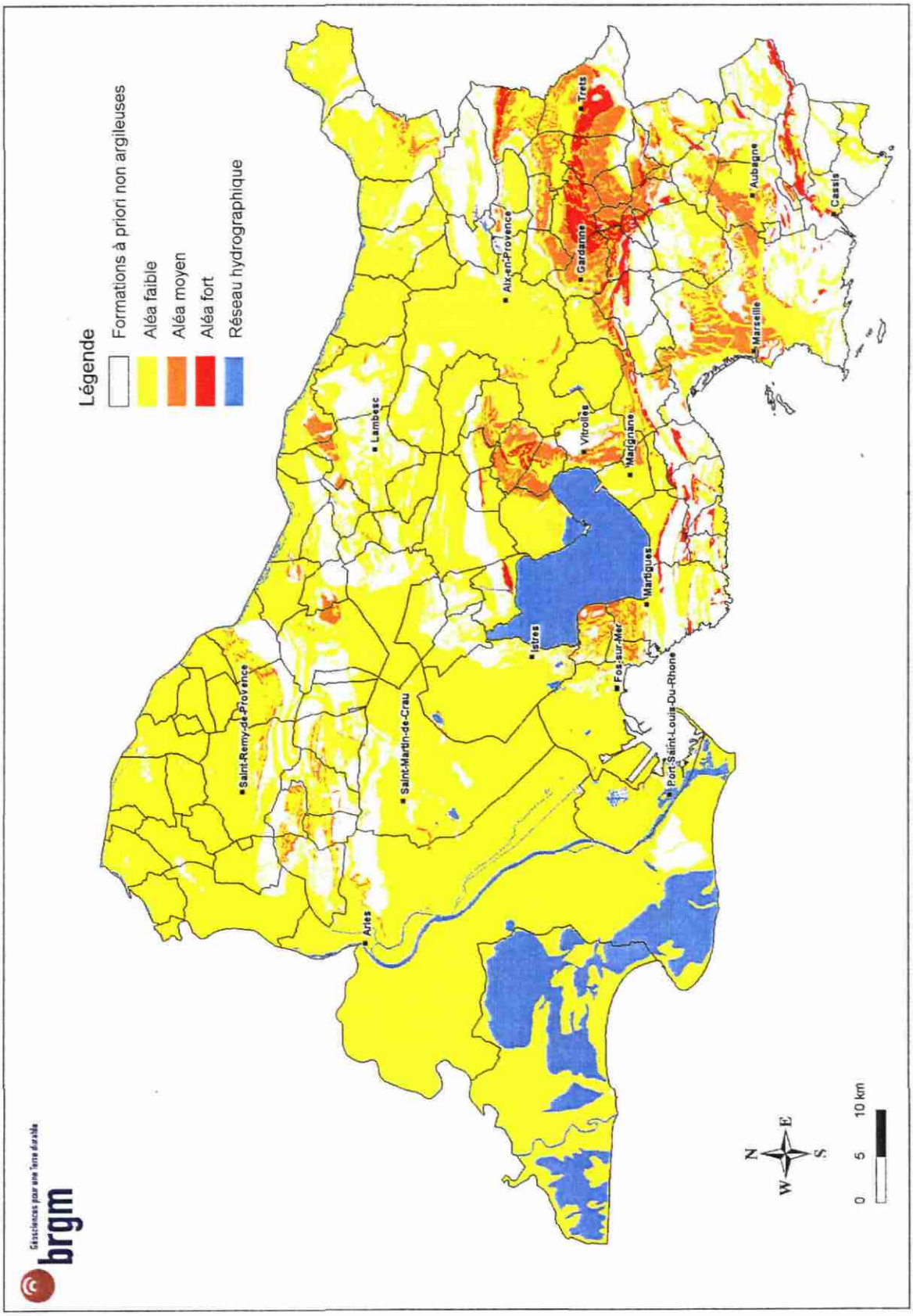


Illustration 3 : Carte d'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

5.2. Plan de zonage réglementaire

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

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

5.3. Réglementation

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

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

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

6. DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES PREVENTIVES

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

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

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

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

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

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

- Les fondations doivent être suffisamment profondes pour s'affranchir de la zone superficielle où le sol est sensible à l'évaporation. Elles doivent être suffisamment armées et coulées à pleine fouille le plus rapidement possible, en évitant que le sol mis à nu en fond de fouille ne soit soumis à des variations importantes de teneur en eau ;

- Elles doivent être ancrées de manière homogène sur tout le pourtour du bâtiment (ceci vaut notamment pour les terrains en pente ou à sous-sol hétérogène, mais explique aussi l'interdiction des sous-sols partiels qui induisent des hétérogénéités d'ancrage) ;

- La structure du bâtiment doit être suffisamment rigide pour résister à des mouvements différentiels, d'où l'importance des chaînages haut et bas ;

- En cas de source de chaleur en sous-sol (chaudière notamment), les échanges thermiques à travers les parois doivent être limités pour éviter d'aggraver la dessiccation du terrain en périphérie ;

- Tout élément de nature à provoquer des variations saisonnières d'humidité du terrain (arbre, drain, pompage ou au contraire infiltration localisée d'eaux pluviales ou d'eaux usées) doit être le plus éloigné possible de la construction ;

- Sous la construction, le sol est à l'équilibre hydrique alors que tout autour il est soumis à une évaporation saisonnière, ce qui tend à induire des différences de teneur en eau au droit des fondations. Pour les éviter, il convient d'entourer la construction d'un dispositif, le plus large possible, qui protège sa périphérie immédiate de l'évaporation.

ANNEXE 1

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

La présente annexe décrit de manière sommaire les formations géologiques argileuses (au sens large) qui affleurent dans le département des Bouches-du-Rhône, lesquelles couvrent environ 78 % 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-neuf formations considérées comme argileuses ou marneuses ont été identifiées et individualisées cartographiquement. Les formations sont ici présentées de la plus ancienne à la plus récente.

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

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

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

- ***Calcaires marneux du Jurassique*** : Ils comprennent des calcaires marneux, calcaires biodétritiques et calcaires biodétritiques clairs à chailles affleurant au sud de Cadolive, au sud-est d'Auriol et dans l'extrémité occidentale du massif de la Sainte-Baume, ainsi que des calcaires marneux et calcaires phosphatés pour lesquels les faciès marneux sont plus marqués vers le sud du département. La série est présente dans la Sainte-Victoire, au nord de Septèmes-les-Vallons, à l'est de l'Étoile, dans la Sainte-Baume et à Vaufrège au pied du col de la Gineste

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

dans les Alpilles, dans la région de Lambesc et à l'est de Venelles où la formation est beaucoup moins épaisse (120 m d'épaisseur maximum).

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

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

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

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

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

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

- ***Marnes, grès et calcaires marneux du Turonien-Cénomanien*** : Dans la région de Cassis, le Cénomanien est représenté par des grès ferrugineux et des marnes sableuses

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

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

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

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

- ***Argiles, marnes et grès du Maestrichtien inférieur*** : Cette formation, plus argileuse que la précédente, est aussi datée du Bégudien. Les argiles bégudiennes affleurent entre Rognac et Ventabren. Généralement peu calcaires, presque exclusivement à smectites, elles renferment quelques lentilles de grès. Dans le bassin de l'Arc, les argiles et marnes rouges (300 m d'épaisseur), avec des lentilles de grès irrégulièrement réparties, passent sans limite nette au Rognacien vers l'est.

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

- ***Argiles et grès du Maestrichtien supérieur (Rognacien)*** : Cette formation est représentée par des marnes rouges ou marmorisées à smectites, avec lentilles gréseuses, des argilites gréseuses rouges, des marnes sableuses blanchâtres ou versicolores surmontées par des calcaires lacustres et des argiles calcaire. La puissance du Rognacien inférieur dépasse 250 m dans le synclinal des Baux alors qu'en bordure ouest du plateau de

l'Arbois, il n'atteint qu'une centaine de mètres d'épaisseur. Les argiles et grès inférieurs à reptiles du Rognacien affleurent largement dans le bassin de l'Arc.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- ***Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire)*** : Cette formations se compose de tourbes et limons tourbeux présents à l'ouest de Mouriès, au marais de Mayanne et au nord-ouest de Fos-sur-Mer. Les limons sont présents le long du Rhône et sur l'ensemble de son delta. Ils affleurent également au nord et au sud de la Crau. Des limons palustres récents se rencontrent en aval du cône de déjection de Saint-Andiol. Enfin, on retrouve dans cette formation des sables fluviatiles ou éoliens du Villafranchien, en particulier à l'ouest

d'Eyguières avec la formation des « sables des Gaudes » constituée de sables de couleur jaune clair, à stratification oblique (fluviatile ou éolienne) et à minces passées d'éboulis calcaires et de débris coquilliers. Ces sables sont riches en montmorillonite.

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

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

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

- ***Alluvions à limons argileux*** : Cette formation Quaternaire regroupe des alluvions fluviatiles à limons argileux et des cônes torrentiels récents. Au nord-est de Miramas (la Ménarde), cette formation détritique comprend à la base des sables argileux gris et au sommet des conglomérats calcaires avec des lentilles de graviers ou de sables argileux (riches en montmorillonite). Les alluvions rissiennes à galets calcaires et siliceux sont largement représentées entre le Grand Rhône et Saint-Martin-de-Crau et sont constituées de cailloutis à galets, à ciment sablo-gréseux. Les argiles sont représentées par l'illite dominante avec des traces de chlorite et de complexes gonflants. Les passées marno-sableuses sont riches en montmorillonite. Enfin, les alluvions fluviatiles récentes correspondent à des sables, limons, graviers et galets, et sont présentes essentiellement dans la Durance, le long de l'Huveaune et de l'Arc et à l'ouest de Salon-de-Provence

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.

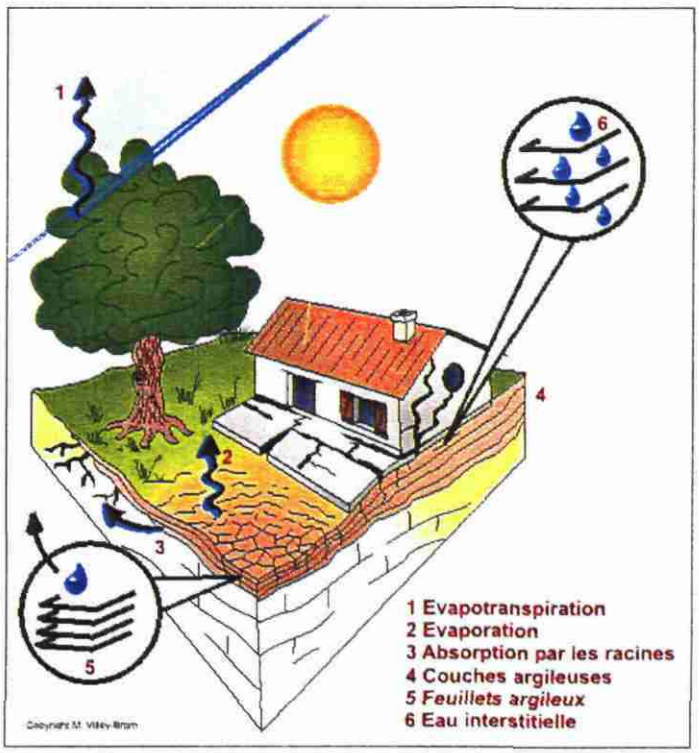


fig. 1 : illustration du mécanisme de dessiccation

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 en accentuant les effets (facteurs aggravants).

2. Facteurs intervenant dans le mécanisme

2.1. Facteurs de prédisposition

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

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

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

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

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

2.2. Facteurs déclenchants et/ou aggravants

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

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

2.2.1. Phénomènes climatiques

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

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

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

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

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

2.2.2. Actions anthropiques

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

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

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

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

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

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

2.2.3. Conditions hydrogéologiques

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

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

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

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

2.2.4. Topographie

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

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

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

2.2.5. Végétation

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

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

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

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

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

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

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

2.3. Mécanismes et manifestations des désordres

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

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

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

Aménagement extérieur :
- fissuration des terrasses ;
- décollement des bâtiments annexes, terrasses, perrons ;

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

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

et reposant sur un sol argileux.

ANNEXE 3

Liste des arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle au titre de mouvements différentiels de sols liés au retrait-gonflement des argiles, pris dans le département des Bouches-du-Rhône à la date du 31 mai 2004 (données Préfecture 13 et www.prim.net)

Code INSEE	Commune	Date Début	Date Fin	Date arrêté	Date JO
13001	AIX-EN-PROVENCE	01/05/1989	31/12/1991	18/05/1993	12/06/1993
		01/01/1992	28/02/1993	30/06/1994	09/07/1994
		01/01/1993	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
13002	ALLAUCH	01/05/1989	31/12/1991	25/01/1993	07/02/1993
		01/01/1992	31/08/1993	06/12/1993	28/12/1993
		01/09/1993	31/10/1998	23/02/1999	10/03/1999
13005	AUBAGNE	01/05/1989	31/12/1990	14/01/1992	05/02/1992
		01/01/1991	30/09/1993	03/03/1995	17/03/1995
		01/09/1988	30/04/1989	18/08/1995	08/09/1995
		01/10/1993	31/12/1998	19/05/1999	09/06/1999
13013	BELCODENE	01/05/1989	31/12/1992	06/12/1993	28/12/1993
13014	BERRE-L'ETANG	01/01/1998	30/06/1998	01/08/2002	22/08/2002
13015	BOUC-BEL-AIR	01/05/1989	31/12/1990	14/01/1992	05/02/1992
		01/01/1991	31/08/1993	27/05/1994	10/06/1994
		01/09/1993	30/05/1998	18/09/1998	03/10/1998
		01/06/1998	30/06/1998	30/04/2002	05/05/2002
13016	LA BOUILLADISSE	01/05/1989	31/12/1991	25/01/1993	07/02/1993
		01/01/1992	30/04/1997	02/02/1998	18/02/1998
		01/01/1998	30/06/1998	30/04/2002	05/05/2002
13019	CABRIES	01/05/1989	31/12/1991	25/01/1993	07/02/1993
		01/01/1992	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
13020	CADOLIVE	01/05/1989	30/09/1993	03/03/1995	17/03/1995
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
13025	CHATEAUNEUF-LE-ROUGE	01/01/1992	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
13031	LA DESTROUSSE	01/06/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
13032	EGUILLES	01/05/1989	31/12/1992	06/12/1993	28/12/1993
		01/01/1993	31/12/1998	19/05/1999	09/06/1999
13033	ENSUES-LA-REDONNE	01/06/1989	30/06/1991	17/12/2002	08/01/2003
		01/06/1992	30/06/1993	17/12/2002	08/01/2003
		01/01/1998	30/06/1998	17/12/2002	08/01/2003
13036	EYRAGUES	01/01/1990	30/06/1991	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1992	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
13037	LA FARE-LES-OLIVIERS	01/05/1989	31/12/1991	16/08/1993	03/09/1993
		01/01/1992	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
13039	FOS-SUR-MER	01/05/1989	31/12/1992	30/06/1994	09/07/1994
13040	FUVEAU	01/05/1989	31/12/1991	16/08/1993	03/09/1993
		01/01/1992	31/10/1998	23/02/1999	10/03/1999
13041	GARDANNE	01/05/1989	31/12/1991	25/01/1993	07/02/1993
		01/01/1992	31/10/1998	23/02/1999	10/03/1999
13042	GEMENOS	01/01/1998	30/06/1998	06/07/2001	18/07/2001

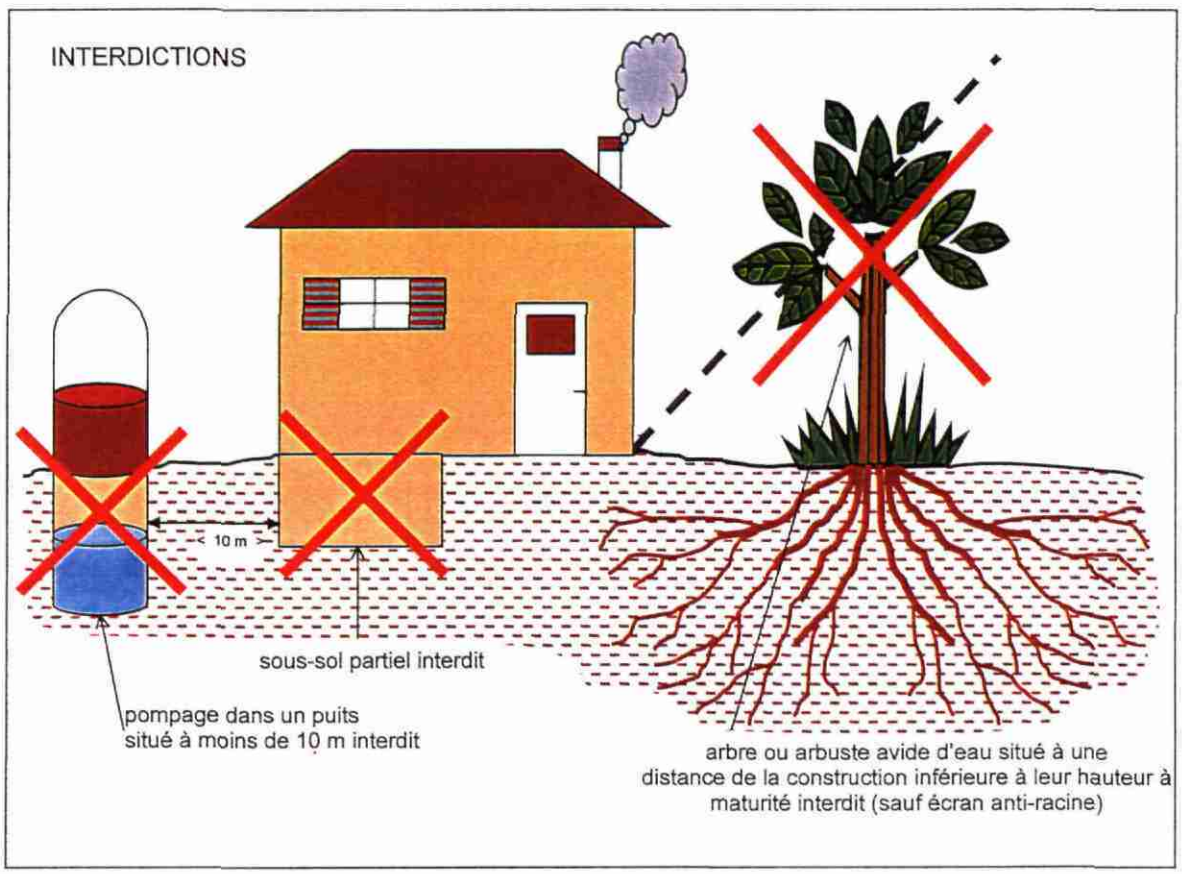
Code INSEE	Commune	Date Début	Date Fin	Date arrêté	Date JO
13043	GIGNAC-LA-NERTHE	01/05/1989	31/12/1992	08/01/1996	28/01/1996
		01/01/1993	31/10/1998	23/02/1999	10/03/1999
		01/01/2002	30/06/2002	03/10/2003	19/10/2003
13046	GREASQUE	01/05/1989	31/12/1991	25/01/1993	07/02/1993
		01/01/1992	31/08/1993	27/05/1994	10/06/1994
		01/09/1993	31/10/1998	23/02/1999	10/03/1999
13051	LANCON-PROVENCE	01/05/1989	30/09/1998	23/02/1999	10/03/1999
		01/01/2002	30/06/2002	03/10/2003	19/10/2003
13054	MARIGNANE	01/05/1989	31/12/1991	30/06/1994	09/07/1994
		01/01/1992	31/12/1997	12/06/1998	01/07/1998
		01/01/1998	30/06/1998	12/03/2002	28/03/2002
13055	MARSEILLE	01/05/1989	31/12/1991	25/01/1993	07/02/1993
		01/01/1992	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
13056	MARTIGUES	01/05/1989	31/12/1991	25/01/1993	07/02/1993
		01/01/1992	31/10/1998	23/02/1999	10/03/1999
13060	MEYREUIL	01/05/1989	30/06/1991	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1992	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
13062	MIMET	01/05/1989	31/12/1991	25/01/1993	07/02/1993
		01/01/1992	30/09/1994	03/04/1996	17/04/1996
		01/10/1994	31/10/1998	23/02/1999	10/03/1999
13070	LA PENNE-SUR-HUVEAUNE	01/09/1988	31/10/1995	01/10/1996	17/10/1996
		01/01/1996	31/12/1998	22/06/1999	14/07/1999
		01/01/2002	30/06/2002	03/10/2003	19/10/2003
13071	LES PENNES-MIRABEAU	01/05/1989	30/03/1997	17/12/1997	30/12/1997
		01/01/1998	30/06/1998	30/04/2002	05/05/2002
13072	PEYNIER	01/05/1989	31/12/1990	14/01/1992	05/02/1992
		01/01/1991	30/06/1991	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1992	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/2002	30/06/2002	30/04/2003	22/05/2003
13073	PEYPIN	01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/2002	30/06/2002	30/04/2003	22/05/2003
13075	PLAN-DE-CUQUES	01/05/1989	31/12/1992	06/12/1993	28/12/1993
		01/01/1993	30/09/1993	03/03/1995	17/03/1995
		01/10/1993	31/10/1998	23/02/1999	10/03/1999
13077	PORT-DE-BOUC	01/01/1991	30/06/1991	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1992	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
13081	ROGNAC	01/05/1989	31/12/1991	25/01/1993	07/02/1993
		01/01/1992	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
13084	LA ROQUE-D'ANTHERON	01/05/1989	01/04/1997	09/04/1998	23/04/1998
		01/01/1998	30/06/1998	06/07/2001	18/07/2001
13085	ROQUEFORT-LA-BEDOULE	01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
13086	ROQUEVAIRE	01/05/1989	31/12/1992	06/12/1993	28/12/1993
		01/01/1993	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
13087	ROUSSET	01/09/1988	31/12/1991	15/11/1994	24/11/1994
		01/01/1992	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
13088	LE ROVE	01/05/1989	31/12/1992	06/12/1993	28/12/1993
		01/01/1993	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/2002	30/06/2002	30/04/2003	22/05/2003

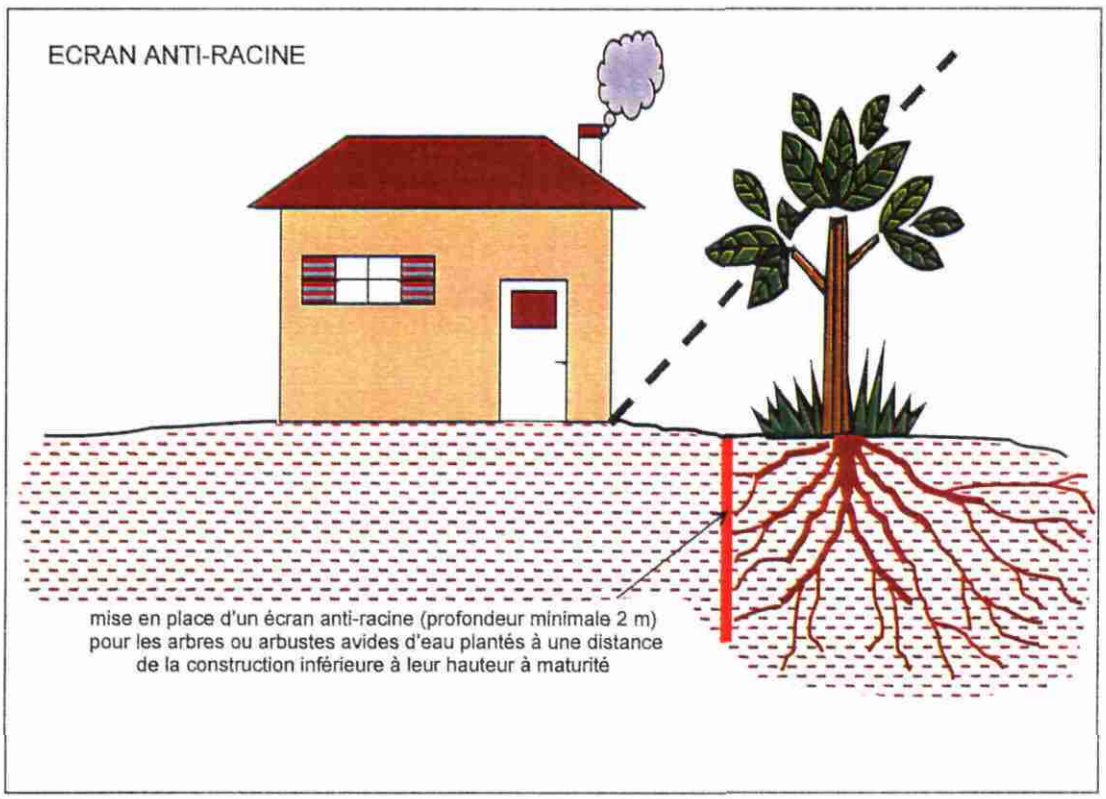
Code INSEE	Commune	Date Début	Date Fin	Date arrêté	Date JO
13101	SAINT-SAVOURNIN	01/05/1989	31/12/1992	06/12/1993	28/12/1993
		01/01/1993	31/10/1998	23/02/1999	10/03/1999
13102	SAINT-VICTORET	01/05/1989	30/04/1998	18/09/1998	03/10/1998
		01/05/1998	30/06/1998	29/10/2002	09/11/2002
13104	SAUSSET-LES-PINS	01/05/1989	30/06/1991	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1992	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/2002	30/06/2002	03/10/2003	19/10/2003
13107	SIMIANE-COLLONGUE	01/05/1989	31/12/1992	06/12/1993	28/12/1993
		01/01/1993	01/12/1998	19/03/1999	03/04/1999
13110	TRETS	01/05/1989	31/12/1991	16/08/1993	03/09/1993
		01/01/1992	30/09/1993	03/03/1995	17/03/1995
		01/10/1993	31/03/1998	10/08/1998	22/08/1998
		01/04/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/2002	30/06/2002	30/04/2003	22/05/2003
13112	VELAUX	01/05/1989	31/12/1991	25/01/1993	07/02/1993
		01/01/1992	30/04/1993	24/10/1995	31/10/1995
		01/05/1993	31/10/1998	23/02/1999	10/03/1999
13113	VENELLES	01/05/1989	31/12/1993	18/03/1996	17/04/1996
		01/01/1994	31/12/1998	19/05/1999	09/06/1999
13114	VENTABREN	01/05/1989	31/12/1991	25/01/1993	07/02/1993
		01/01/1992	01/12/1997	15/07/1998	29/07/1998
		01/01/1998	30/06/1998	01/08/2002	22/08/2002
13117	VITROLLES	01/01/1998	30/06/1998	29/10/2002	09/11/2002
13118	COUDOUX	01/05/1989	31/12/1991	16/08/1993	03/09/1993
		01/01/1992	31/12/1998	22/06/1999	14/07/1999
13119	CARNOUX-EN-PROVENCE	01/01/1998	30/06/1998	17/12/2002	08/01/2003

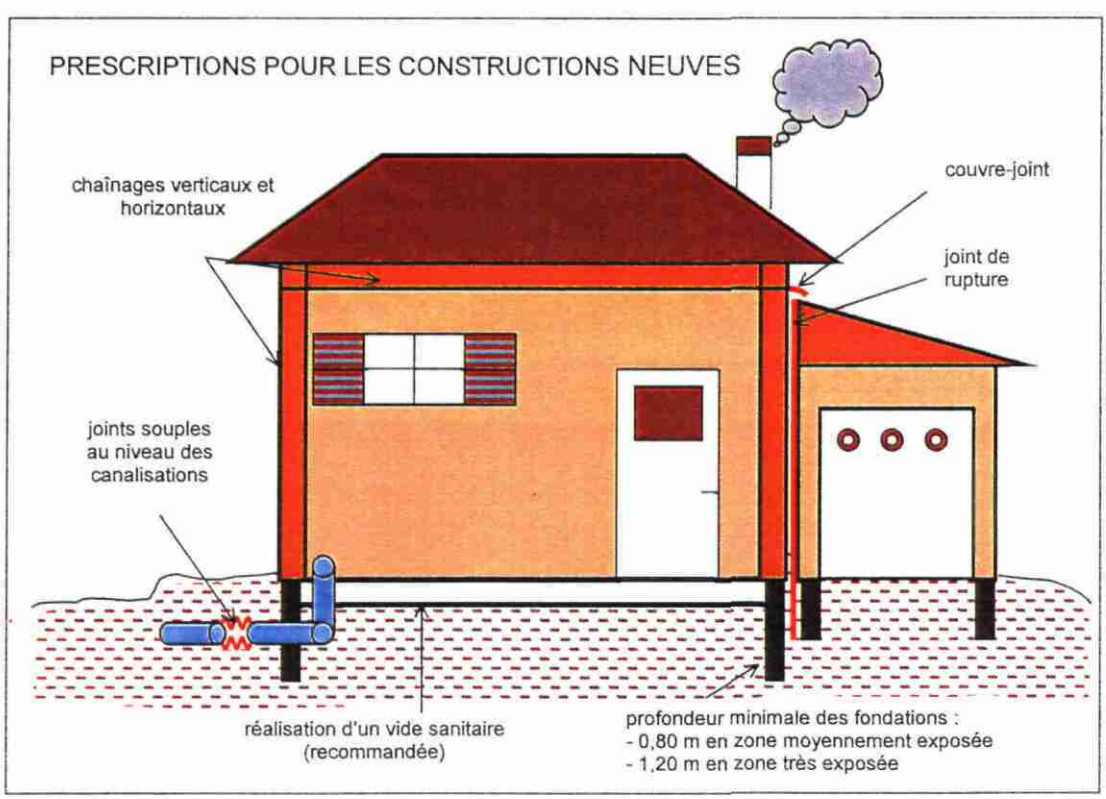
ANNEXE 4

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

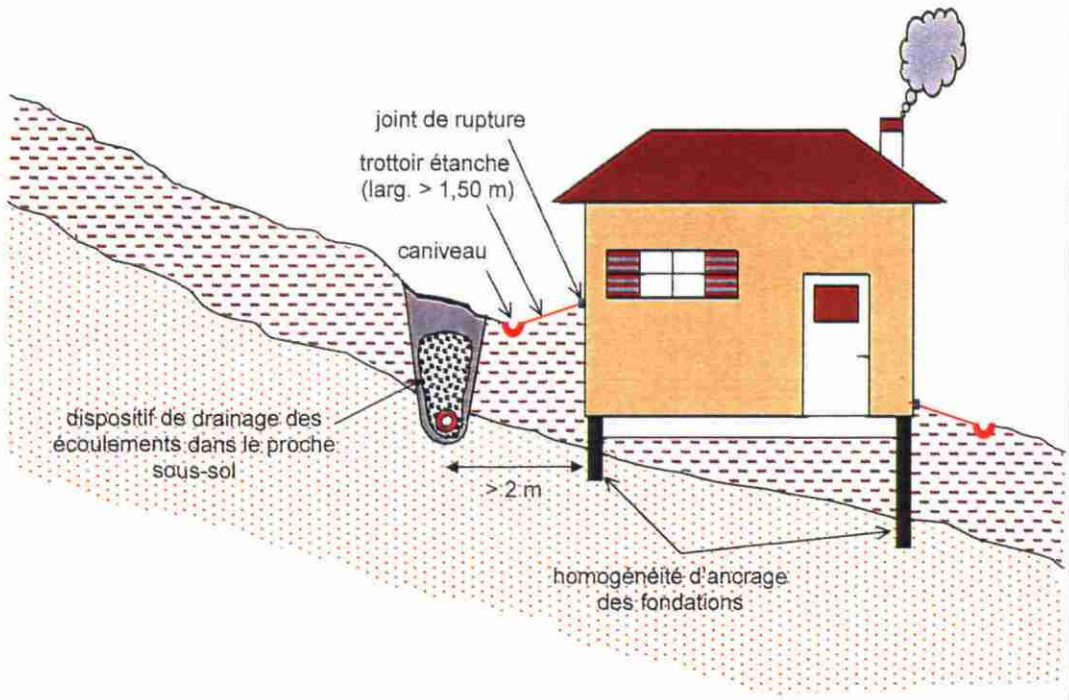
Les illustrations qui suivent présentent une partie des prescriptions et recommandations destinées à s'appliquer dans la zone réglementée par le PPR. Suivant le type de construction (existante ou projetée) certaines de ces mesures sont obligatoires, d'autres non, et l'on se reportera donc au règlement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



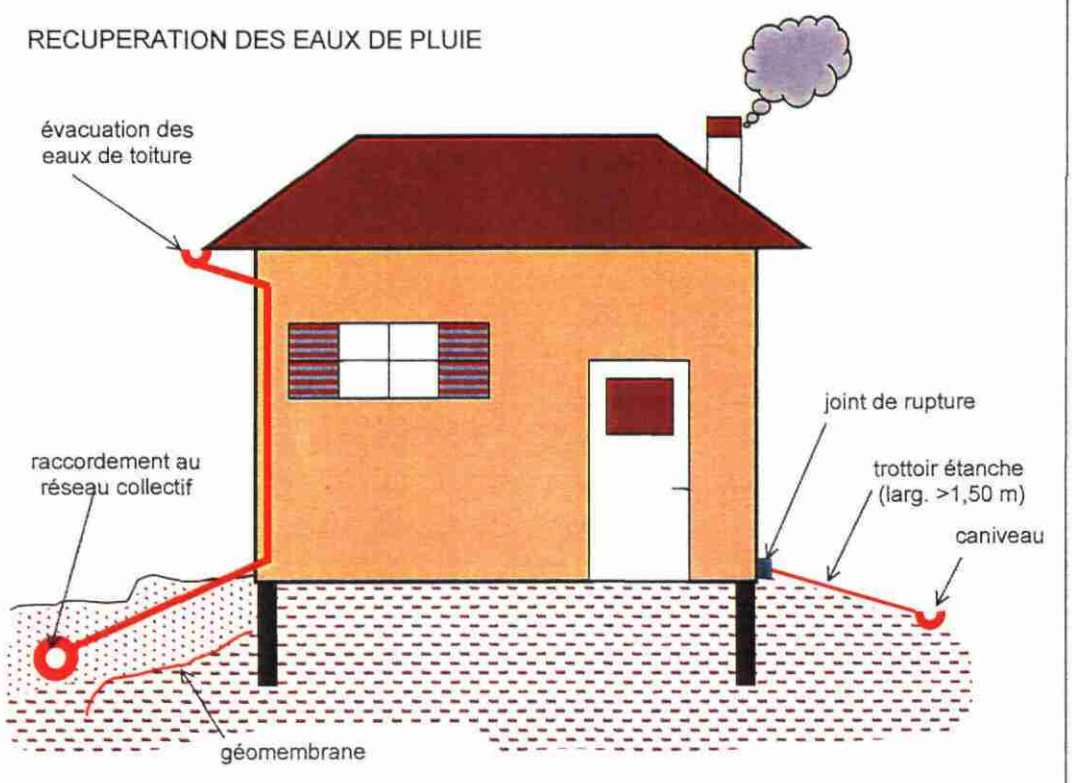

ECRAN ANTI-RACINE
mise en place d'un écran anti-racine (profondeur minimale 2 m)
pour les arbres ou arbustes avides d'eau plantés à une distance
de la construction inférieure à leur hauteur à maturité


PRESCRIPTIONS POUR LES CONSTRUCTIONS NEUVES
chaînages verticaux et horizontaux
couvre-joint
joint de rupture
joints souples au niveau des canalisations
réalisation d'un vide sanitaire (recommandée)
profondeur minimale des fondations :
- 0,80 m en zone moyennement exposée
- 1,20 m en zone très exposée

PRESCRIPTIONS POUR LES TERRAINS EN PENTE



RECUPERATION DES EAUX DE PLUIE



ANNEXE 5

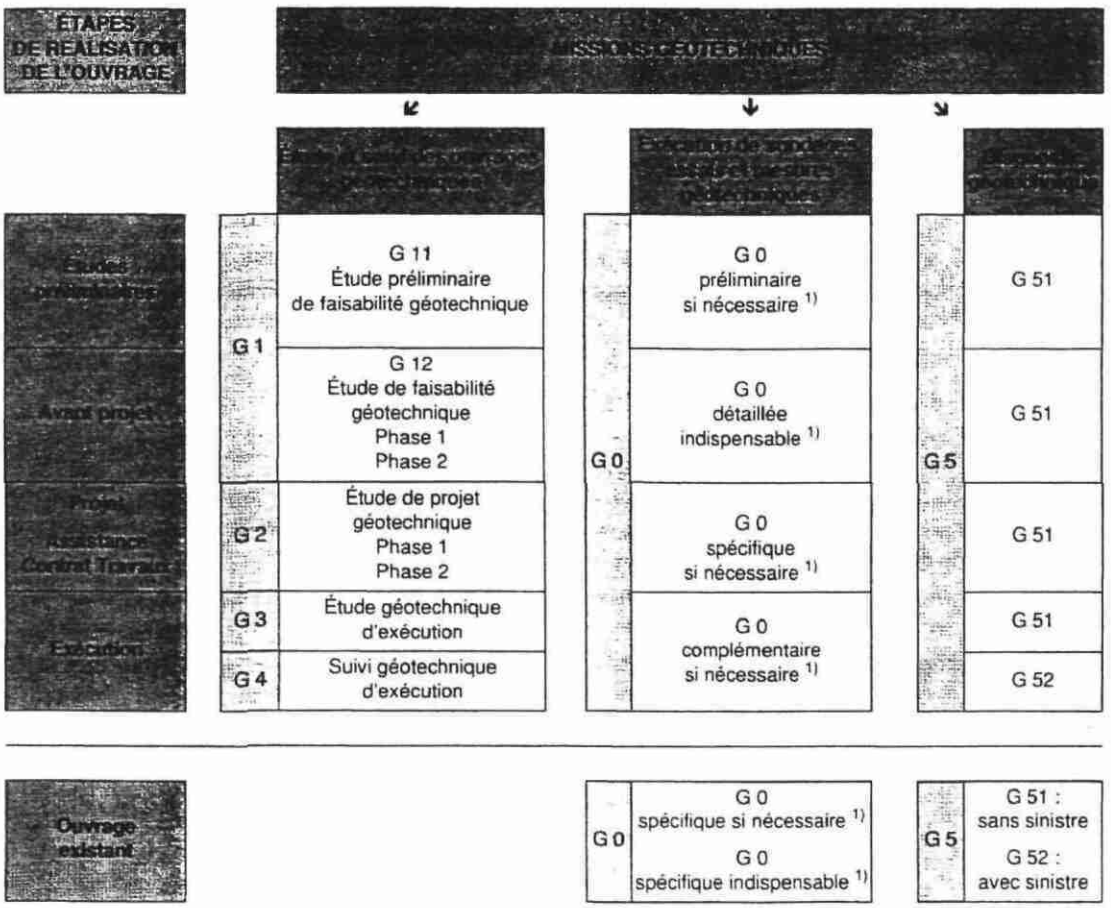
Extraits de la norme AFNOR NF P 94-500 (juin 2000)

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

La classification des missions géotechniques types est donnée par le tableau 1 et la figure 1.



1) À définir par le géotechnicien chargé de la mission.

Figure 1 — Schéma d'enchaînement des missions géotechniques

Tableau 1 — Classification des missions géotechniques types

L'enchaînement des missions géotechniques suit les phases d'élaboration du projet. Les missions G 1, G 2, G 3, G 4 doivent être réalisées successivement. Une mission géotechnique ne peut contenir qu'une partie d'une mission type ou après accord explicite entre le client et le géotechnicien.

G 0 Exécution de sondages, essais et mesures géotechniques :
- Exécuter les sondages, essais et mesures en place ou en laboratoire selon un programme défini dans des missions de type G 1 à G 5 ;
- Fournir un compte rendu factuel donnant la coupe des sondages, les procès verbaux d'essais et les résultats des mesures.

Cette mission d'exécution exclut toute activité d'étude ou de conseil ainsi que toute forme d'interprétation.

G 1 Etude de faisabilité géotechnique

Ces missions G 1 excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages qui entre dans le cadre exclusif d'une mission d'étude de projet géotechnique G 2.

G 11 Etude préliminaire de faisabilité géotechnique :
- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et préciser l'existence d'avoisinants ;
- Définir si nécessaire une mission G 0 préliminaire, en assurer le suivi et l'exploitation des résultats ;
- Fournir un rapport d'étude préliminaire de faisabilité géotechnique avec certains principes généraux d'adaptation de l'ouvrage au terrain, mais sans aucun élément de prédimensionnement.

Cette mission G 11 doit être suivie d'une mission G 12 pour définir les hypothèses géotechniques nécessaires à l'établissement du projet.

G 12 Étude de faisabilité des ouvrages géotechniques (après une mission G 11) :

Phase 1 :
- Définir une mission G 0 détaillée, en assurer le suivi et l'exploitation des résultats ;
- Fournir un rapport d'étude géotechnique donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte pour la justification du projet, et les principes généraux de construction des ouvrages géotechniques (notamment terrassements, soutènements, fondations, risques de déformation des terrains, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisinants).

Phase 2 :
- Présenter des exemples de prédimensionnement de quelques ouvrages géotechniques types envisagés (notamment : soutènements, fondations, améliorations de sols).

Cette étude sera reprise et détaillée lors de l'étude de projet géotechnique (mission G 2).

G 2 Etude de projet géotechnique

Cette étude spécifique doit être prévue et intégrée dans la mission de maîtrise d'œuvre.

Phase 1 :
- Définir si nécessaire une mission G 0 spécifique, en assurer le suivi et l'exploitation des résultats ;
- Fournir les notes techniques donnant les méthodes d'exécution retenues pour les ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, fondations, dispositions spécifiques vis-à-vis des nappes et avoisinants), avec certaines notes de calcul de dimensionnement, une approche des quantités, délais et coûts d'exécution de ces ouvrages géotechniques.

Phase 2 :
- 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.

G 3 Etude géotechnique d'exécution
- Définir si nécessaire une mission G 0 complémentaire, en assurer le suivi et l'exploitation des résultats ;
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment validation des hypothèses géotechniques, définition et dimensionnement (calculs justificatifs), méthodes et conditions d'exécution (phasages, suivi, contrôle).

Pour la maîtrise des incertitudes et aléas géotechniques en cours d'exécution, les missions G 2 et G 3 doivent être suivies d'une mission de suivi géotechnique d'exécution G 4.

G 4 Suivi géotechnique d'exécution
- Suivre et adapter si nécessaire l'exécution des ouvrages géotechniques, avec définition d'un programme d'auscultation et des valeurs seuils correspondantes, analyse et synthèse périodique des résultats des mesures ;
- Définir si nécessaire une mission G 0 complémentaire, en assurer le suivi et l'exploitation des résultats ;
- Participer à l'établissement du dossier de fin de travaux et des recommandations de maintenance des ouvrages géotechniques.

G 5 Diagnostic géotechnique

L'objet d'une mission G 5 est strictement limitatif, il ne porte pas sur la totalité du projet ou de l'ouvrage.

G 51 Avant, pendant ou après construction d'un ouvrage sans sinistre :
- Définir si nécessaire une mission G 0 spécifique, en assurer le suivi et l'exploitation des résultats ;
- Étudier de façon approfondie un élément géotechnique spécifique (par exemple soutènement, rabattement, etc.) sur la base des données géotechniques fournies par une mission G 12, G 2, G 3 ou G 4 et validées dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans les autres domaines géotechniques de l'ouvrage.

G 52 Sur un ouvrage avec sinistre :
- Définir une mission G 0 spécifique, en assurer le suivi et l'exploitation des résultats ;
- Rechercher les causes géotechniques du sinistre constaté, donner une première approche des remèdes envisageables.

Une étude de projet géotechnique G 2 doit être réalisée ultérieurement.

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

Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR)

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

Commune de LA-FARE-LES-OLIVIERS

Règlement

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Direction Départementale de l'Equipement Vaucluse

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Géosciences pour une Terre durable
brgm

PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS PREVISIBLES (PPR)

MOUVEMENTS DIFFERENTIELS DE TERRAIN LIES AU PHENOMENE DE RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES

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

REGLEMENT

Titre I- Portée du règlement

Article I-1 Champ d'application

Le présent règlement s'applique à la commune de La-Fare-les-Oliviers. Il détermine les mesures de prévention des risques naturels de mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles.

En application de l'article L.562-1 du Code de l'Environnement, le plan de zonage comprend les zones suivantes délimitées en fonction de l'intensité des risques encourus :

- une zone fortement exposée (B1) ;
- une zone faiblement à moyennement exposée (B2).

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

Le PPR approuvé vaut servitude d'utilité publique. A ce titre, il doit être annexé au PLU, conformément à l'article L.126-1 du Code de l'Urbanisme. Les mesures prescrites dans le présent règlement sont mises en œuvre sous la responsabilité du maître d'ouvrage et du maître d'œuvre. Conformément à l'article L.526-5 du Code de l'Environnement, le non-respect des mesures rendues obligatoires est passible des peines prévues à l'article L.480-4 du Code de l'Urbanisme.

Selon les dispositions de l'article L.125-6 du Code des Assurances, l'obligation de garantie de l'assuré contre les effets des catastrophes naturelles prévue à l'article L.125-2 du même code ne s'impose pas aux entreprises d'assurance à l'égard des biens immobiliers construits en violation des règles prescrites. Toutefois, cette dérogation ne peut intervenir que lors de la conclusion initiale ou du renouvellement du contrat d'assurance.

Titre II- Réglementation des projets

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

Chapitre A - Mesures constructives

Sous chapitre II-A-1 Mesures applicables aux logements individuels hors permis groupés

Article II-A-1-1 Est interdite :

- l'exécution d'un sous-sol partiel sauf si elle est justifiée par une étude géotechnique spécifique avec réalisation de fondations adaptées.

Article II-A-1-2 Sont prescrites :

A défaut d'étude géotechnique couvrant la conception, le pré-dimensionnement et l'exécution des fondations, ainsi que l'adaptation de la construction aux caractéristiques du site, conformément à la mission géotechnique type G0 + G12 spécifiée dans la norme NF P94-500, les dispositions suivantes :

II-A-1-2-a - en matière de fondations :

- la profondeur minimum des fondations est fixée à :
  - 0,80 m en zone moyennement exposée (B2) ;
  - 1,20 m en zone fortement exposée (B1) ;

  sauf rencontre de sols durs non argileux à une profondeur inférieure ;

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

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

II-A-1-2-b - en matière de conception et de réalisation des constructions :

- toutes parties de bâtiment fondées différemment et susceptibles d'être soumises à des tassements ou des soulèvements différentiels doivent être désolidarisées et séparées par un joint de rupture sur toute la hauteur de la construction ;

- les murs porteurs doivent comporter un chaînage horizontal et vertical liaisonné selon les préconisations de la norme DTU 20-1 : Règles de calcul et dispositions constructives minimales ;

- la réalisation d'un plancher sur vide sanitaire ou sur sous-sol total est recommandée. A défaut, le dallage sur terre plein doit faire l'objet de dispositions assurant l'atténuation du risque de mouvements différentiels vis-à-vis de l'ossature de la construction et de leurs conséquences, notamment sur les refends, cloisons, doublages et canalisations ;

- la mise en place d'un dispositif d'isolation thermique des murs en cas de source de chaleur en sous-sol.

Sous chapitre II-A-2 Mesures applicables à tous les autres bâtiments à l'exception des bâtiments à usage agricole et des annexes d'habitation non accolées.

Article II-A-2 Est prescrite :

- la réalisation d'une étude définissant les dispositions constructives nécessaires pour assurer la stabilité des constructions vis-à-vis du risque avéré de tassement ou de soulèvement différentiel et couvrant la conception, le pré-dimensionnement et l'exécution des fondations, ainsi que l'adaptation de la construction aux caractéristiques du site, conformément à la mission géotechnique type G0 + G12 spécifiée dans la norme NF P94-500

Chapitre B - Mesures applicables à l'environnement immédiat de l'ensemble des constructions projetées

A défaut d'investigations ou d'études réalisées dans le cadre des missions géotechniques définies dans la norme NP P94-500 et aboutissant à des dispositions contraires, les mesures suivantes sont applicables :

Article II-B-1 Sont interdits :

- toute plantation d'arbre ou d'arbuste avide d'eau à une distance de la construction inférieure à leur hauteur à maturité (1,5 fois en cas de rideau d'arbres ou d'arbustes) sauf mise en place d'écran anti-racines d'une profondeur minimale de 2 m ;

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

Article II-B-2 Sont prescrits :

- le rejet des eaux pluviales ou usées dans le réseau collectif lorsqu'il existe. A défaut, les éventuels rejets ou puits d'infiltration doivent être situés à une distance minimale de 15 m de toute construction ;

- la mise en place de dispositifs assurant l'étanchéité des canalisations d'évacuation des eaux usées et pluviales (joints souples...) ;

- la récupération des eaux de ruissellement et leur évacuation des abords de la construction par un dispositif de type caniveau ;

- la mise en place, sur toute la périphérie de la construction, d'un dispositif d'une largeur minimale de 1,50 m, s'opposant à l'évaporation, sous la forme d'un écran imperméable sous terre végétale (géomembrane) ou d'un revêtement étanche (terrasse), dont les eaux de ruissellement seront récupérées par un dispositif d'évacuation de type caniveau ; il peut être dérogé à cette prescription en cas d'impossibilité matérielle (maison construite en limite de propriété par exemple) ;

- le captage des écoulements dans le proche sous-sol lorsqu'ils existent, par un dispositif de drainage périphérique situé à une distance minimale de 2 m de toute construction ;

- l'arrachage des arbres et arbustes avides d'eau existants situés à une distance de l'emprise de la construction projetée inférieure à leur hauteur à maturité. En zone fortement exposée (B1), un délai minimum de un an doit être respecté entre cet arrachage et le

démarrage des travaux de construction lorsque le déboisement concerne des arbres de grande taille ou en nombre important (plus de cinq) ;

- à défaut de possibilité d'abattage des arbres situés à une distance de l'emprise de la construction inférieure à leur hauteur à maturité, la mise en place d'écran anti-racines d'une profondeur minimale de 2 m.

Titre III- Mesures applicables aux constructions existantes

Les dispositions du présent titre s'appliquent à l'ensemble des zones à risques délimitées sur le plan de zonage réglementaire, sauf dispositions particulières résultant d'investigations ou d'études réalisées dans le cadre des missions géotechniques définies dans la norme NF P94-500.

Article III-1 Sont définies les mesures suivantes :

1- le respect d'une distance supérieure à leur hauteur à maturité (1,5 fois en cas de rideau d'arbres ou d'arbustes) pour toute nouvelle plantation d'arbre ou d'arbuste avide d'eau, sauf mise en place d'écran anti-racines d'une profondeur minimale de 2 m ;

2- le respect des mesures préconisées par une étude de faisabilité, en application de la mission géotechnique G12 spécifiée dans la norme NF P94-500, pour les travaux de déblais ou de remblais modifiant localement la profondeur d'encastrement des fondations ;

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

4- le raccordement des canalisations d'eaux usées et pluviales au réseau collectif lorsqu'il existe. A défaut, les éventuels rejets ou puits d'infiltration doivent être situés à une distance minimale de 15 m de toute construction ;

5- la récupération des eaux de ruissellement et son évacuation des abords de la construction par un dispositif de type caniveau ;

6- la mise en place d'un dispositif d'isolation thermique des murs en cas de source de chaleur en sous-sol ;

7- l'élagage ou l'arrachage des arbres ou arbustes avides d'eau implantés à une distance de la construction inférieure à leur hauteur à maturité (1,5 fois en cas de rideau d'arbres ou d'arbustes), sauf mise en place d'un écran anti-racine d'une profondeur minimale de 2 m ;

8- la mise en place de dispositifs assurant l'étanchéité des canalisations d'évacuation des eaux usées et pluviales (joints souples...) en cas de remplacement de ces dernières ;

9- la mise en place, sur toute la périphérie de la construction, d'un dispositif d'une largeur minimale de 1,50 m, s'opposant à l'évaporation, sous la forme d'un écran imperméable sous terre végétale (géomembrane) ou d'un revêtement étanche (terrasse), dont les eaux de ruissellement seront récupérées par un dispositif d'évacuation de type caniveau ; il peut être dérogé à cette prescription en cas d'impossibilité matérielle (maison construite en limite de propriété par exemple).

Article III-2

Les mesures 1, 2 et 8 définies à l'article III-1 sont rendues immédiatement obligatoires en zone fortement exposée (B1).

Article III-3

La mesure 3 définie à l'article III-1 est rendue obligatoire dans un délai de 1 an en zone fortement exposée (B1).

Article III-4

Les mesures 4, 5, 6, 7 et 9 définies à l'article III-1 sont rendues obligatoires dans un délai de 5 ans en zone fortement exposée (B1).

Article III-5

La mesure 1 définie à l'article III-1 est rendue immédiatement obligatoire en zone faiblement à moyennement exposée (B2).

Article III-6

Les mesures 3 et 5 définies à l'article III-1 sont rendues obligatoires dans un délai de 5 ans en zone faiblement à moyennement exposée (B2).

Géosciences pour une Terre durable
brgm

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 167
13276 Marseille cedex 09
Tél. : 04 91 17 74 77