

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

BRGM/RP-55900-FR
mars 2008



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE,
DU DÉVELOPPEMENT
ET DE L'AMÉNAGEMENT
DURABLES



Direction
Départementale
de l'Équipement
Gard

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

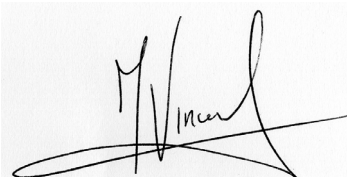
BRGM/RP-55900-FR
mars 2008

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM PSP03LRO15

B. Colas
Avec la collaboration de
M. Imbault, H. Paya et M. Vincent

Vérificateur :

Nom : M. Vincent
Date : 5 mars 2008



Approbateur :

Nom : M. Audibert
Date : 5 mars 2008



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



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE,
DU DÉVELOPPEMENT
ET DE L'AMÉNAGEMENT
DURABLES

Direction
Départementale
de l'Équipement
Gard



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Mots clés : Gard, 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 :

Colas B., avec la collaboration de **Imbault M.**, **Paya H.** et **Vincent M.** (2008) - Etablissement de Plans de Prévention des Risques naturels concernant les mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles dans le département du Gard. Rapport BRGM/RP-55900-FR, 19 p., 3 ill., 1 carte hors texte, 3 ann., 1 CD-Rom.

Synthèse

Le Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement Durables (MEDAD) 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 sols argileux, 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.

Du point de vue du coût cumulé des indemnisations versées entre 1989 et 2002 pour des sinistres sécheresse et dans le seul cadre du régime des catastrophes naturelles, le département du Gard est situé en 46^{ème} position des départements français les plus touchés (10,6 M€ - données CCR, 2006). A la date du 30 juin 2007, 14 arrêtés interministériels y ont été pris, reconnaissant l'état de catastrophe naturelle pour ce seul aléa dans 15 communes, sur les 353 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-55420-FR, 2007) a ainsi permis de recenser 1 539 bâtiments endommagés au moins une fois par un sinistre imputé au phénomène de retrait-gonflement des argiles et répartis dans 116 communes du département.

Dans la continuité de ce travail, et dans le cadre de la même convention signée entre la Direction Départementale de l'Équipement (DDE) du Gard 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 sols argileux. Le BRGM a aussi été chargé de proposer des documents type susceptibles de servir de base à l'élaboration des notes de présentation et règlement 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 (DPPR/SDPRM) du MEDAD.

A ce jour, il n'a pas encore été prescrit de PPR retrait-gonflement spécifique dans le département du Gard. La commune de Clarensac a cependant été choisie par la DDE pour servir d'illustration de la méthode retenue pour l'établissement de ces futurs PPR. Dans le présent rapport, un exemple complet de dossier PPR (proposition de zonage réglementaire, de note de présentation et de 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 du Gard et sont fournis sur support numérique au format MapInfo©. La DDE disposera ainsi de tous les éléments pour établir les PPR, au fur et à mesure de leur prescription éventuelle, 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 DEPARTEMENTALE DE L’ALEA.....	9
2.3. PLAN DE ZONAGE REGLEMENTAIRE.....	11
2.4. ELEMENTS DE HIERARCHISATION POUR LA PRESCRIPTION DES FUTURS PPR.....	12
3. Note de présentation	15
4. Règlement	17
5. Conclusion	19
6. Bibliographie	21

Liste des illustrations

illustration 1 - Carte de l'aléa retrait-gonflement des argiles du département du Gard.....	10
illustration 2 - Transcription, pour la commune de Clarensac, de la carte d'aléa en proposition de plan de zonage réglementaire.....	12
illustration 3 - Exemple de hiérarchisation aboutissant à la sélection de 3 communes pour la prescription de PPR.....	14

Liste des annexes

Annexe 1 – Distribution des surfaces communales affectées par l'aléa de retrait-gonflement des argiles Département du Gard	
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 Clarensac Proposition de note de présentation (document type)	
Annexe 3 - Exemple de Plan de Prévention des Risques naturels concernant les mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles Commune de Clarensac Proposition de règlement (document type)	

Liste des documents 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 Clarensac - Proposition de zonage réglementaire	
CD-Rom - contenant les plans de zonages des différentes communes du département du Gard (au format MapInfo®), ainsi que les fichiers numériques correspondant au présent rapport et 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, début de la procédure d'application de la procédure de catastrophe naturelle pour ces phénomènes, plus de 7 300 communes, réparties dans 90 départements, ont été reconnues au moins une fois en état de catastrophe naturelle pour des mouvements différentiels de terrain liés au retrait-gonflement des argiles. A fin 2006, le coût cumulé d'indemnisation de ces sinistres a été évalué à plus de 4,3 milliards d'euros par la Caisse Centrale de Réassurance (CCR).

Le Gard fait partie des départements touchés par ce phénomène, puisque le coût cumulé d'indemnisation pour des sinistres sécheresse, évalué à 10,6 M€ par la CCR (2006) dans le seul cadre du régime des catastrophes naturelles, le classe en 46^{ème} position des départements français pour ce critère. Ainsi, 14 arrêtés interministériels y ont été pris entre 1991 et 2004, reconnaissant l'état de catastrophe naturelle pour ce seul aléa dans 15 communes. Le nombre total d'occurrences (nombre de périodes reconnues en distinguant commune par commune) s'élève actuellement à 32.

Dans le cadre de l'étude d'aléa achevée en 2007 par le BRGM (rapport BRGM RP-55420-FR), 1 539 sites de sinistres, répartis dans 116 communes du Gard, dont les 15 déjà reconnues en état de catastrophe naturelle pour le phénomène de retrait-gonflement des sols argileux, ont ainsi été recensés.

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, de l'Aménagement et du Développement Durables (MEDAD) 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 sols argileux 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 du Gard. Cependant, le BRGM, qui a établi une 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) du Gard, de tels PPR, afin que tous les éléments soient disponibles lorsque des PPR seront prescrits dans certaines communes. Il s'agit, suivant la méthodologie mise au point dans les Deux-Sèvres puis appliquée dans une quarantaine de départements, et conformément aux directives du MEDAD, 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, sur la base d'un modèle élaboré sous l'égide du MEDAD.

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 Languedoc-Roussillon et le service Aménagement et Risques Naturels 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 Direction Départementale de l'Équipement du Gard.

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 sols argileux 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 DEPARTEMENTALE DE L'ALEA

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-55420-FR, septembre 2007), 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 par le BRGM et sur une analyse plus qualitative évaluant la distribution du spectre argileux des formations identifiées en fonction des environnements de dépôt associés et des évolutions pédogénétiques consécutives aux épisodes climatiques et géodynamiques majeurs subis ;
- 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 par le BRGM.

Pour chacune des 28 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 km² 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 sécheresse (ou ayant introduit une demande pour 2003).

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 » (illustration 1).

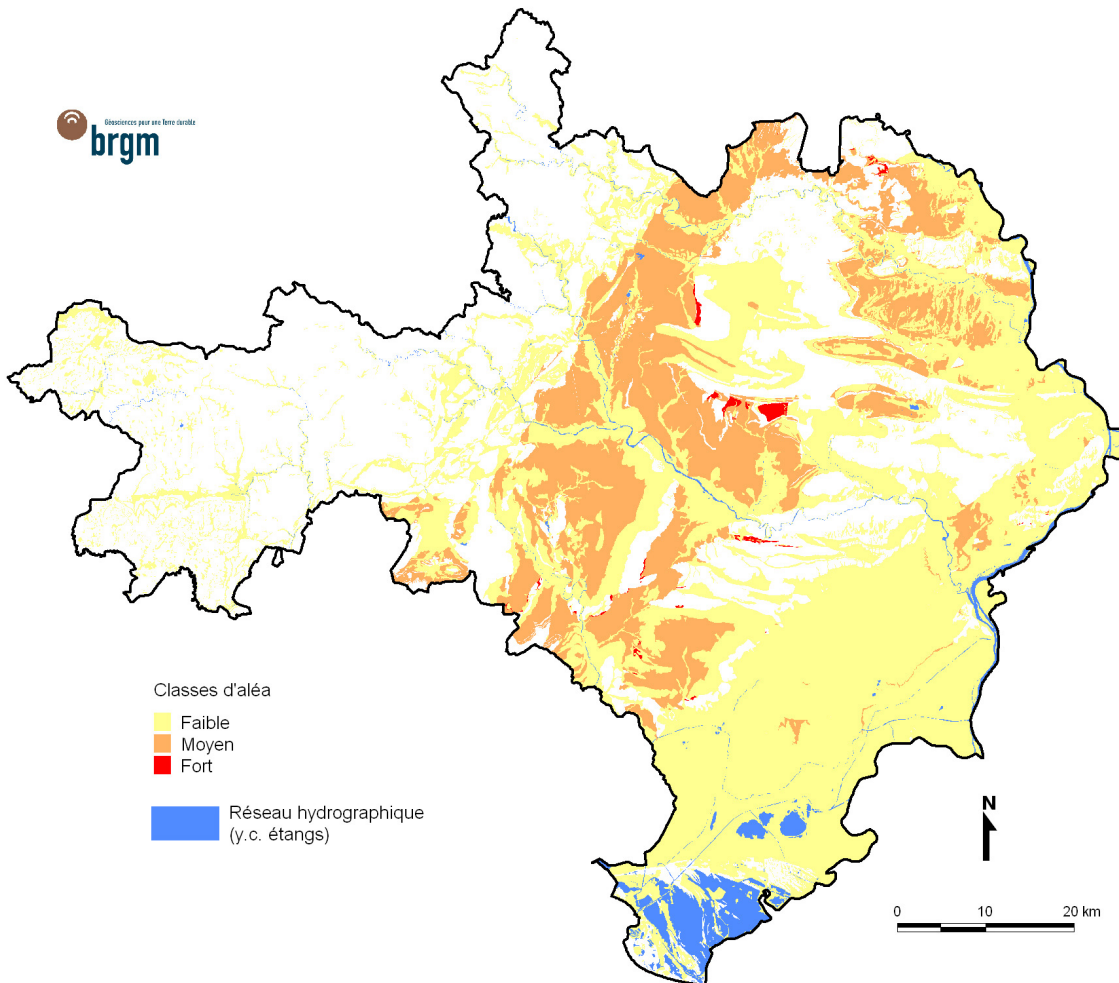


illustration 1 - Carte de l'aléa retrait-gonflement des argiles du département du Gard

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 les zones a priori sujettes à l'aléa retrait-gonflement des argiles couvrent plus de la moitié du département du Gard. La superficie classée en aléa fort est réduite puisqu'elle concerne 0,2 % seulement du territoire départemental, celle considérée en aléa moyen couvre 15,8 % de cette même surface et l'aléa faible représente 40,5 % du département.

2.3. PLAN DE ZONAGE REGLEMENTAIRE

Une proposition de plan de zonage réglementaire a été élaborée pour chaque commune du département 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, de l'Aménagement et du Développement Durables (MEDAD).

Le tracé du zonage a ainsi été extrapolé par traitement automatique à partir 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. Le fait que la transposition de la carte d'aléa en plan de zonage ait été faite de manière automatisée peut conduire, dans quelques cas très particuliers, à l'absence de fond topographique affiché en limite des cartes. Si le cas se produit, il peut y être facilement remédié grâce aux fichiers disponibles avec les plans de zonage.

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, conformément à la méthodologie retenue au niveau national par le MEDAD.

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 (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 propositions de 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.

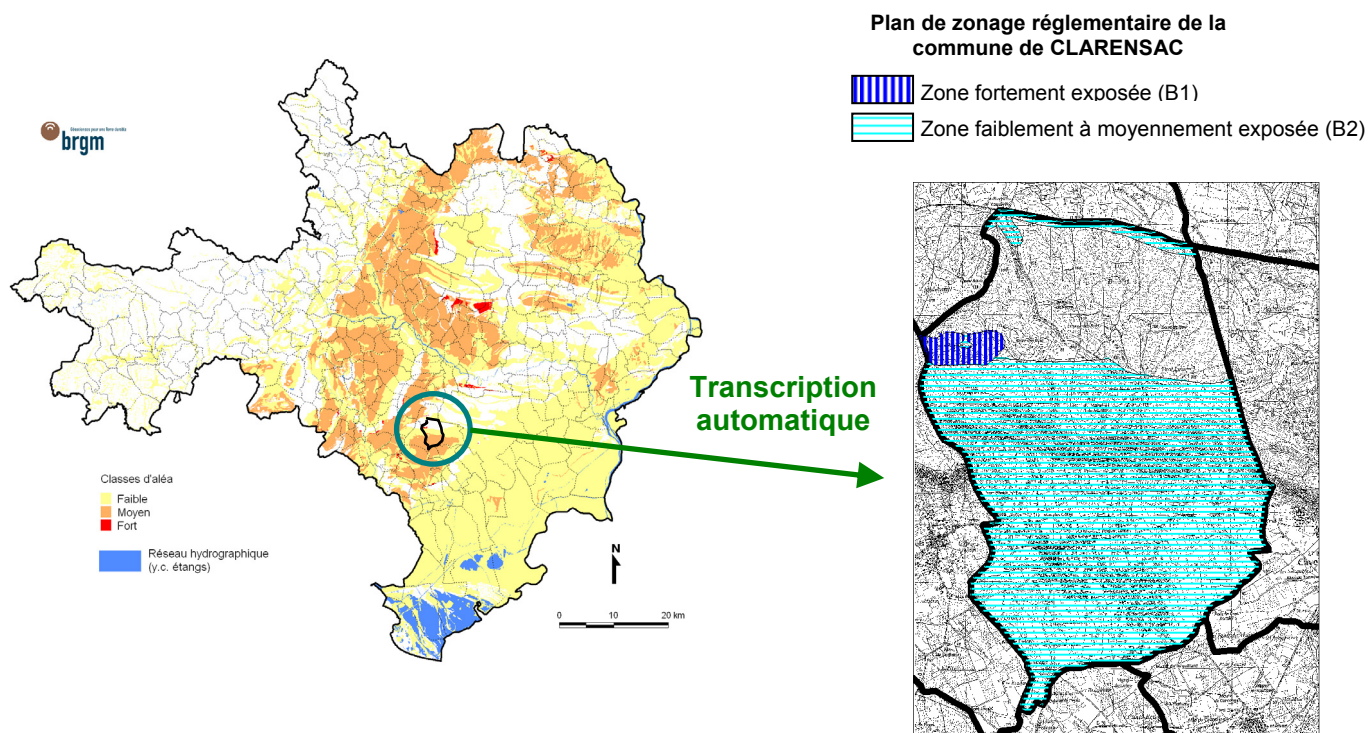


illustration 2 - Transcription, pour la commune de Clarensac, de la carte d'aléa en proposition de plan de zonage réglementaire

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 du Gard, 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 la commune de Clarensac, dont la proposition de plan de zonage réglementaire est éditée sur support papier et présentée en carte hors-texte.

2.4. ELEMENTS DE HIERARCHISATION POUR LA PRESCRIPTION DES FUTURS PPR

En vue de faciliter le choix des communes considérées comme prioritaires pour la prescription des futurs PPR prenant en compte le phénomène de retrait-gonflement des sols argileux, il a été calculé, pour chacune des 353 communes du département, la proportion du territoire communal classé en aléa fort, moyen, faible ou a priori nul vis-à-vis de ce phénomène (annexe 1).

Une partie de ces éléments est reprise du rapport BRGM RP-55420/FR qui indique pour chaque commune sa superficie totale, son taux d'urbanisation (établi à partir de la digitalisation des zones urbanisées identifiées sur les cartes IGN 1/25 000), le nombre de sinistres recensés dans le cadre de l'étude et le nombre d'arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle sécheresse dont la commune a déjà bénéficié.

Ces critères ne sont cependant pas les seuls à prendre en compte pour la prescription de PPR. Il faudrait notamment y adjoindre un paramètre mesurant la pression foncière qui règne sur chaque commune. En effet, la cible principale visée par la mise en place d'une politique de prévention du risque retrait-gonflement des argiles est la réduction de sinistralité dans les années à venir pour les futures maisons qui seront construites dans le département. Il importe donc de diffuser ces règles de prévention en priorité dans les zones sensibles au phénomène où la pression foncière est la plus forte, plutôt que dans les communes déjà fortement urbanisées mais où le développement de la construction est moins dynamique. Un tel critère peut s'apprécier par exemple à travers le nombre moyen mensuel (ou annuel) de dépôts de demandes de permis de construire sur la commune. Ces données n'étant pas accessible au BRGM, il reviendra à la DDE de compléter les données relatives à l'aléa et à la sinistralité par une ou plusieurs colonnes permettant de prendre en compte ce paramètre.

A défaut, ces données permettent de mettre en évidence les communes actuellement les plus touchées par le phénomène. Le paramétrage des critères décisionnels relève bien entendu de l'autorité administrative. A titre indicatif, il est présenté une première sélection de cinq communes sur la base des critères suivants :

- au moins trois arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle sécheresse concernant la commune depuis 1989 ;
- au moins 50 sinistres recensés sur la commune dans le cadre de l'étude ;
- une proportion significative (au moins 50 %) de la superficie communale couverte par une zone placée en aléa moyen ou fort, tout en accordant un poids double à l'aléa fort (ce qui permet une meilleure prise en compte de la hiérarchisation de l'aléa même si le pourcentage ainsi calculé ne se rapporte pas, en toute rigueur, à la superficie totale de la commune).

Avec de tels seuils (définis ici de manière purement arbitraire et à titre de simple illustration), les trois communes qui se détachent (illustration 3) seraient celles de Calvisson, Nages-et-Solorgues et Clarensac, utilisée ici comme illustration de la démarche proposée pour les futurs PPR.

Mais, encore une fois, cette sélection résulte d'un choix de critères relativement arbitraire et demande à être corrigée en intégrant d'autres éléments décisionnels liés davantage aux enjeux à venir en termes de constructions nouvelles à prévoir dans des secteurs a priori très sujets au phénomène de retrait-gonflement.

La prise en compte de cette pression urbaine à l'échelle des communes préalablement ciblées, doit permettre de définir des « bassins de risques » sur lesquels la prescription de PPR peut être envisagée mais cette analyse nécessite la prise en compte de données complémentaires auxquelles le BRGM n'a pas eu accès dans le cadre de la présente étude.

Etablissement de PPR retrait-gonflement dans le département du Gard

INSEE	Commune	Superficie (km ²)	Surface urbanisée (km ²)	Nombre d'arrêtés CatNat	Durée totale d'état de CatNat (mois)	Nombre de sinistres	Surface en aléa fort (%)	Surface en aléa moyen (%)	Surface en aléa faible (%)	Surface en aléa a priori nul (%)
30062	CALVISSON	28,85	0,94	3	105	114	1,4%	60,9%	37,3%	0,5%
30082	CLARENSAC	14,63	0,85	3	92	129	1,1%	44,7%	25,3%	28,9%
30186	NAGES-ET-SOLOGUES	6,15	0,27	3	97	88		56,8%	43,2%	0,0%

illustration 3 - Exemple de hiérarchisation aboutissant à la sélection de 3 communes pour la prescription de PPR

3. Note de présentation

Une note de présentation accompagne le PPR de chaque commune. Son but est d'explicitier 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 l'élaboration 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 Clarensac, avant concertation avec la population et les élus locaux, est présenté en annexe 2.

4. Règlement

L'élaboration d'une proposition de règlement a fait l'objet d'une longue concertation, sous l'égide du MEDAD. Un premier projet de règlement pour les PPR des Deux-Sèvres a été réalisé par le BRGM fin 2000, après concertation avec le MEDAD 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 M. Marcel Rat) avaient également été consultés et s'étaient alors prononcés sur le projet de texte. En 2001, différentes réunions regroupant ces mêmes acteurs, ainsi que la 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 du Gard et présenté en annexe 3 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 (Seine-Saint-Denis, Dordogne, Gers, Vienne, Charente-Maritime, Essonne). Il tient compte aussi des conclusions préliminaires d'un groupe de travail qui s'est réuni en 2007 à l'initiative du MEDAD, en vue de préciser les possibilités d'adaptation locale de ce règlement type, ce qui pourrait permettre des évolutions ultérieures du texte. 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 MEDAD, a permis de préciser les 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 m² 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 75 000 € 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 du Gard 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 sols argileux 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 MEDAD (DPPR/SDPRM) puis appliquée à ce jour dans de nombreux départements français.

Une proposition de plan de zonage a été établie, pour chaque commune, par extrapolation automatisée de la carte départementale d'aléa retrait-gonflement des sols argileux, avec prise en compte d'une marge de sécurité intégrant l'incertitude sur le tracé des limites.

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 la commune de Clarensac, présenté sur support papier en annexes et en carte hors-texte, un CD-Rom est fourni avec ce rapport : il contient les propositions de plans de zonage des 353 communes du département du Gard (au format MapInfo®), ainsi que les fichiers numériques correspondant aux documents types d'établissement du PPR retrait-gonflement (note de présentation et règlement).

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.

Colas B., avec la collaboration de Le Strat P., Vincent M. (2007) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Gard. Rapport BRGM/RP-55420-FR. 111 p., 55 ill., 6 ann., 3 cartes h.-t.

Colas B., avec la collaboration de Imbault M., H. Paya et M. Vincent (2006) – Etablissement de PPRN concernant les mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles dans le département de l'Hérault. Rapport BRGM/RP-54385-FR, 21 p., 3 ill., 1 carte hors texte, 2 ann., 1 CD-Rom.

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

Marçot N, Gonzalez G, Fournel S., Simplet L. (2004) - Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône. Rapport BRGM/RP-53237-FR, 218p., 47 illustrations, 7 annexes et 3 planches hors-texte.

Marçot N., Gonzalez G., Fournel S., Simplet L. (2004) - Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Vaucluse. Rapport BRGM/RP-53187-FR, 221 p., 49 illustrations, 7 annexes et 4 planches hors-texte.

Ministère de l'Aménagement, du Territoire et de l'Environnement, Ministère de l'Équipement, 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.

**Annexe 1 – Distribution des surfaces
communales affectées par l'aléa retrait-
gonflement des sols argileux**

Département du Gard

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Gard

INSEE	Commune	Superficie (km ²)	Surface urbanisée (km ²)	Nombre d'arrêtés CatNat	Durée totale d'état de CatNat (mois)	Nombre de sinistres	Surface en aléa fort (%)	Surface en aléa moyen (%)	Surface en aléa faible (%)	Surface en aléa a priori nul (%)
30001	AIGALIERS	27,85	0,20			1	9,6%	10,9%	43,8%	35,7%
30002	AIGREMONT	12,55	0,13			7		97,3%	2,7%	0,0%
30003	AIGUES-MORTES	57,65	1,11						34,4%	65,6%
30004	AIGUES-VIVES	12,01	0,93	1	1	11		18,2%	67,9%	13,9%
30005	AIGUEZE	20,01	0,06					5,9%	16,5%	77,6%
30006	AIMARGUES	26,40	0,79						99,2%	0,8%
30007	ALES	23,23	15,22			16		55,9%	31,5%	12,6%
30008	ALLEGRE	25,11	0,36					36,0%	47,3%	16,7%
30009	ALZON	27,83	0,11						15,4%	84,6%
30010	ANDUZE	14,58	0,75			2		0,9%	57,8%	41,3%
30012	ARAMON	31,29	0,85				0,2%	0,7%	76,1%	23,0%
30013	ARGILLIERS	6,71	0,05						58,0%	42,0%
30014	ARPAILLARGUES-ET-AUREILLAC	13,78	0,21			16		78,4%	18,4%	3,1%
30015	ARPHY	20,98	0,09						5,7%	94,3%
30016	ARRE	6,98	0,05						31,2%	68,8%
30017	ARRIGAS	20,06	0,09						19,0%	81,0%
30018	ASPERES	10,03	0,11			1		43,7%	39,3%	17,0%
30019	AUBAIS	11,87	0,35					26,0%	32,9%	41,2%
30020	AUBORD	9,43	0,50						99,8%	0,2%
30021	AUBUSSARGUES	8,18	0,08					73,4%	26,5%	0,1%
30022	AUJAC	16,22	0,11						12,1%	87,9%
30023	AUJARGUES	6,92	0,16				3,0%	20,3%	63,8%	12,9%
30024	AULAS	2,94	0,09						29,6%	70,4%
30025	AUMESSAS	21,33	0,11						7,7%	92,3%
30026	AVEZE	4,11	0,26						34,9%	65,1%
30027	BAGARD	14,48	0,71			33		65,9%	14,8%	19,3%
30028	BAGNOLS-SUR-CEZE	31,17	5,92	2	73	77		23,3%	66,2%	10,5%
30029	BARJAC	42,92	0,55			3	0,2%	55,8%	16,7%	27,3%
30030	BARON	10,03	0,08				17,1%	24,0%	3,6%	55,4%
30032	BEAUCAIRE	86,36	3,18					0,8%	87,6%	11,7%
30033	BEAUVOISIN	27,95	1,10						99,6%	0,4%
30034	BELLEGARDE	44,99	1,23			1		2,0%	96,6%	1,5%
30035	BELVEZET	22,32	0,12						51,5%	48,5%
30036	BERNIS	12,84	0,97						71,9%	28,1%
30037	BESSEGES	10,21	0,82						30,0%	70,0%
30038	BEZ-ET-ESPARON	8,56	0,10						20,9%	79,1%
30039	BEZOUCE	12,47	0,64						90,0%	10,0%
30040	BLANDAS	37,27	0,10						14,5%	85,5%
30041	BLAUZAC	15,72	0,26			1		44,2%	39,5%	16,2%
30042	BOISSET-ET-GAUJAC	14,42	0,47			29		60,4%	21,0%	18,5%
30043	BOISSIERES	3,41	0,09					47,1%	52,9%	0,0%
30044	BONNEVAUX	8,94	0,03							100,0%
30045	BORDEZAC	9,44	0,11						9,7%	90,3%
30046	BOUCOIRAN-ET-NOZIERES	14,54	0,19					0,4%	79,0%	20,6%
30047	BOUILLARGUES	15,88	1,53						100,0%	0,0%
30048	BOUQUET	30,10	0,17					0,7%	76,3%	23,0%
30049	BOURDIC	7,28	0,09					29,7%	69,6%	0,7%
30050	BRAGASSARGUES	7,83	0,04					39,9%	33,0%	27,1%
30051	BRANOUX-LES-TAILLADES	15,01	0,31						34,3%	65,7%
30052	BREAU-ET-SALAGOSSE	24,68	0,15						9,3%	90,7%
30053	BRIGNON	6,78	0,19					33,5%	61,5%	5,1%
30055	BROUZET-LES-ALES	13,08	0,22			5	6,4%	11,7%	10,9%	71,1%
30054	BROUZET-LES-QUISSAC	15,83	0,06			4	3,0%	63,5%	17,8%	15,7%
30057	CABRIERES	14,85	0,42						56,7%	43,3%
30060	CAISSARGUES	8,34	0,94			1			100,0%	0,0%
30062	CALVISSON	28,85	0,94	3	105	114	1,4%	60,9%	37,3%	0,5%
30064	CAMPESTRE-ET-LUC	37,87	0,10					0,0%	10,5%	89,5%
30065	CANAULES-ET-ARGENTIERES	10,17	0,17					85,8%	12,1%	2,1%

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Gard

INSEE	Commune	Superficie (km ²)	Surface urbanisée (km ²)	Nombre d'arrêtés CatNat	Durée totale d'état de CatNat (mois)	Nombre de sinistres	Surface en aléa fort (%)	Surface en aléa moyen (%)	Surface en aléa faible (%)	Surface en aléa a priori nul (%)
30066	CANNES-ET-CLAIRAN	12,02	0,09			1		82,3%	17,7%	0,0%
30068	CARDET	8,22	0,25			2		52,6%	47,2%	0,2%
30069	CARNAS	15,70	0,10			1	0,3%	53,6%	6,9%	39,2%
30070	CARSAN	11,82	0,16					76,4%	19,7%	3,9%
30071	CASSAGNOLES	5,20	0,10					30,7%	63,5%	5,8%
30072	CASTELNAU-VALENCE	10,30	0,10			3		93,5%	0,9%	5,6%
30073	CASTILLON-DU-GARD	17,81	0,31						39,1%	60,9%
30074	CAUSSE-BEGON	7,61	0,02						15,1%	84,9%
30075	CAVEIRAC	15,30	0,84	2	10	166		24,6%	61,4%	14,1%
30076	CAVILLARGUES	11,11	0,25					34,9%	49,2%	15,9%
30077	CENDRAS	13,03	0,36						11,5%	88,5%
30079	CHAMBON	14,46	0,10						5,3%	94,7%
30080	CHAMBORIGAUD	17,81	0,18						7,3%	92,7%
30081	CHUSCLAN	13,31	0,55					37,9%	55,3%	6,9%
30082	CLARENSAC	14,63	0,85	3	92	129	1,1%	44,7%	25,3%	28,9%
30083	CODOGNAN	4,69	0,02						98,6%	1,4%
30084	CODOLET	5,59	0,41						83,6%	16,4%
30085	COLLIAS	21,03	0,32						34,4%	65,6%
30086	COLLOGUES	9,28	0,09			1		90,5%	1,4%	8,0%
30087	COLOGNAC	12,41	0,08						4,3%	95,7%
30088	COMBAS	15,80	0,12				2,2%	43,5%	22,3%	32,0%
30089	COMPS	8,53	0,45					0,1%	89,3%	10,7%
30090	CONCOULES	16,35	0,13						6,7%	93,3%
30091	CONGENIES	8,76	0,30			1	0,6%	62,8%	36,6%	0,0%
30092	CONNAUX	9,57	0,43			2		11,7%	67,7%	20,6%
30093	CONQUEYRAC	27,61	0,09					14,0%	32,9%	53,1%
30094	CORBES	3,23	0,03						39,1%	60,9%
30095	CORCONNE	13,15	0,14					11,2%	29,6%	59,2%
30096	CORNILLON	15,52	0,33					44,1%	40,8%	15,1%
30097	COURRY	8,35	0,08						21,0%	78,9%
30098	CRESPIAN	7,98	0,10			3		33,4%	49,3%	17,3%
30099	CROS	16,67	0,08						16,1%	83,9%
30100	CRUVIERS-LASCOURS	5,68	0,14					54,3%	41,5%	4,2%
30101	DEAUX	5,85	0,12			9		91,6%	4,1%	4,4%
30102	DIONS	11,68	0,11			1	3,5%	2,4%	50,0%	44,1%
30103	DOMAZAN	11,36	0,24					9,3%	89,2%	1,6%
30104	DOMESSARGUES	7,49	0,09			3		21,9%	78,1%	0,0%
30105	DOURBIES	59,13	0,22						7,7%	92,3%
30106	DURFORT-ET-SAINT-MARTIN-DE-SOSENAC	16,27	0,22					21,4%	46,6%	32,0%
30107	ESTEZARGUES	11,55	0,08					17,4%	30,8%	51,8%
30109	EUZET	6,86	0,08			2		50,4%	3,6%	45,9%
30110	FLAUX	11,01	0,08					0,3%	22,8%	76,9%
30111	FOISSAC	3,91	0,08			5	0,6%	84,8%	11,6%	3,0%
30112	FONS	9,35	0,19			2		77,0%	0,0%	23,0%
30113	FONS-SUR-LUSSAN	10,60	0,11						97,8%	2,2%
30114	FONTANES	14,57	0,17				0,7%	64,5%	23,0%	11,8%
30115	FONTARECHES	13,25	0,10					13,4%	20,7%	65,8%
30116	FOURNES	17,69	0,16	3	19	12		35,2%	37,3%	27,5%
30117	FOURQUES	38,08	1,02						93,2%	6,8%
30119	FRESSAC	5,94	0,04						40,7%	59,3%
30120	GAGNIERES	11,15	0,22						22,3%	77,7%
30121	GAILHAN	5,59	0,05	1	27	15		85,6%	14,3%	0,0%
30122	GAJAN	11,10	0,15			10		32,7%	34,9%	32,4%
30123	GALLARGUES-LE-MONTUEUX	10,85	0,61					13,6%	72,4%	13,9%
30125	GARONS	12,45	1,00						100,0%	0,0%
30126	GARRIGUES-SAINTE-EULALIE	9,90	0,14					92,2%	7,8%	0,1%
30127	GAUJAC	10,27	0,17			11		25,5%	32,5%	42,0%
30128	GENERAC	24,32	0,99			1		11,5%	88,5%	0,0%
30129	GENERARGUES	10,64	0,20					2,6%	53,5%	43,9%

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Gard

INSEE	Commune	Superficie (km ²)	Surface urbanisée (km ²)	Nombre d'arrêtés CatNat	Durée totale d'état de CatNat (mois)	Nombre de sinistres	Surface en aléa fort (%)	Surface en aléa moyen (%)	Surface en aléa faible (%)	Surface en aléa a priori nul (%)
30130	GENOLHAC	17,26	0,29	1	3	1			8,4%	91,6%
30131	GOUDARGUES	30,44	0,55					17,4%	17,0%	65,6%
30134	ISSIRAC	20,29	0,11				0,4%	39,7%	3,8%	56,1%
30135	JONQUIERES-SAINT-VINCENT	21,40	0,67						100,0%	0,0%
30136	JUNAS	7,82	0,17					12,5%	33,4%	54,1%
30031	LA BASTIDE-D'ENGRAS	9,77	0,09					24,7%	36,1%	39,3%
30056	LA BRUGUIERE	16,46	0,17					4,3%	17,9%	77,8%
30058	LA CADIERE-ET-CAMBO	11,92	0,07					19,7%	33,1%	47,3%
30061	LA CALMETTE	11,18	0,31			12		16,2%	59,4%	24,4%
30067	LA CAPELLE-ET-MASMOLENE	24,72	0,15			2		26,5%	24,4%	49,2%
30132	LA GRAND-COMBE	12,51	1,32						29,0%	71,0%
30222	LA ROQUE-SUR-CEZE	8,38	0,10					18,1%	44,9%	37,0%
30224	LA ROUVIERE	7,85	0,11			22		20,4%	61,1%	18,5%
30345	LA VERNAREDE	5,69	0,16							100,0%
30137	LAMELOUZE	8,85	0,04							100,0%
30138	LANGLADE	9,06	0,49	2	28	25		32,8%	66,1%	1,0%
30139	LANUEJOLS	62,67	0,27						24,0%	76,0%
30140	LASALLE	10,11	0,37						16,0%	84,0%
30141	LAUDUN	34,15	2,06			2		22,1%	76,8%	1,1%
30142	LAVAL-PRADEL	17,60	0,31						27,3%	72,7%
30143	LAVAL-SAINT-ROMAN	10,42	0,05				5,6%	16,2%	8,2%	70,0%
30059	LE CAILAR	30,33	0,64						96,7%	3,3%
30124	LE GARN	11,06	0,09				0,7%	7,3%	3,6%	88,4%
30133	LE GRAU-DU-ROI	57,78	2,40			1			32,5%	67,5%
30159	LE MARTINET	10,37	0,26						8,4%	91,6%
30196	LE PIN	6,05	0,08					43,8%	23,8%	32,3%
30350	LE VIGAN	17,19	0,83						14,7%	85,3%
30144	LECQUES	5,14	0,07			9	1,9%	40,8%	18,3%	38,9%
30145	LEDENON	19,35	0,38			1			64,2%	35,7%
30146	LEDIGNAN	6,92	0,37			25		97,7%	2,3%	0,0%
30011	LES ANGLES	16,98	3,04			24	0,1%	0,4%	64,2%	35,3%
30152	LES MAGES	12,67	0,60					63,1%	17,9%	19,0%
30197	LES PLANS	6,25	0,07					71,3%	16,4%	12,2%
30198	LES PLANTIERS	30,92	0,13						1,7%	98,3%
30307	LES SALLES-DU-GARDON	20,97	0,83						17,0%	83,0%
30108	L'ESTRECHURE	19,42	0,10						3,1%	96,9%
30147	LEZAN	9,37	0,29					60,8%	38,2%	0,9%
30148	LIOUC	9,52	0,10					41,1%	26,5%	32,4%
30149	LIRAC	9,80	0,14						51,2%	48,8%
30150	LOGRIAN-FLORIAN	8,70	0,09					37,8%	27,7%	34,5%
30151	LUSSAN	46,67	0,31					1,0%	48,3%	50,7%
30153	MALONS-ET-ELZE	31,18	0,04						0,0%	100,0%
30154	MANDAGOUT	15,09	0,13						3,2%	96,8%
30155	MANDUEL	26,40	1,72						100,0%	0,0%
30156	MARGUERITTES	25,35	2,14			5			91,4%	8,6%
30157	MARS	3,78	0,03						5,3%	94,7%
30158	MARTIGNARGUES	4,93	0,05			7		91,4%	8,6%	0,0%
30160	MARUEJOLS-LES-GARDON	3,77	0,07			5		40,0%	57,9%	2,1%
30161	MASSANES	1,68	0,07			4		26,3%	71,8%	1,9%
30162	MASSILLARGUES-ATTUECH	6,26	0,17			3		51,8%	47,7%	0,6%
30163	MAURESSARGUES	5,67	0,03					31,3%	68,7%	0,0%
30164	MEJANNES-LE-CLAP	38,31	0,65						8,0%	92,0%
30165	MEJANNES-LES-ALES	6,59	0,29					94,6%	5,3%	0,0%
30166	MEYNES	16,60	0,65					3,4%	96,5%	0,1%
30167	MEYRANNES	6,65	0,33						20,3%	79,7%
30168	MIALET	30,83	0,21					0,0%	11,3%	88,6%
30169	MILHAUD	18,44	1,14						86,0%	14,0%

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Gard

INSEE	Commune	Superficie (km ²)	Surface urbanisée (km ²)	Nombre d'arrêtés CatNat	Durée totale d'état de CatNat (mois)	Nombre de sinistres	Surface en aléa fort (%)	Surface en aléa moyen (%)	Surface en aléa faible (%)	Surface en aléa a priori nul (%)
30170	MOLIERES-CAVAILLAC	7,68	0,20						56,6%	43,4%
30171	MOLIERES-SUR-CEZE	8,49	0,38			1			58,0%	42,0%
30172	MONOBLLET	21,39	0,16						35,1%	64,9%
30173	MONS	15,94	0,52	3	51	47		86,7%	11,3%	2,1%
30354	MONTAGNAC	8,68	0,05			3		30,3%	62,0%	7,7%
30174	MONTAREN-ET-SAINT-MEDIERS	19,30	0,32			1	0,0%	7,1%	35,9%	57,0%
30175	MONTCLUS	21,94	0,12					20,1%	16,8%	63,1%
30176	MONTDARDIER	35,41	0,13						18,1%	81,9%
30177	MONTEILS	7,06	0,06			16		89,5%	8,3%	2,2%
30178	MONTFAUCON	4,13	0,30					0,2%	72,0%	27,8%
30179	MONTFRIN	15,33	0,85			9		8,2%	87,4%	4,4%
30180	MONTIGNARGUES	4,52	0,07			1		63,0%	15,7%	21,4%
30181	MONTMIRAT	9,51	0,08					36,8%	51,6%	11,6%
30182	MONTPEZAT	11,96	0,16				0,3%	38,9%	42,7%	18,1%
30183	MOULEZAN	11,19	0,12			5		46,9%	35,2%	17,9%
30184	MOUSSAC	7,62	0,34					38,9%	55,2%	5,9%
30185	MUS	2,66	0,24			7		13,5%	79,7%	6,9%
30186	NAGES-ET-SOLOGUES	6,15	0,27	3	97	88		56,8%	43,2%	0,0%
30187	NAVACELLES	11,15	0,16				7,0%	42,1%	12,5%	38,4%
30188	NERS	4,98	0,15			18		33,5%	58,8%	7,7%
30189	NIMES	160,87	27,53			9	0,1%	0,1%	63,4%	36,4%
30190	NOTRE-DAME-DE-LA-ROUVIERE	16,55	0,13						4,2%	95,8%
30191	ORSAN	7,05	0,48					14,5%	84,9%	0,6%
30192	ORTHOUX-SERIGNAC-QUILHAN	13,96	0,12				0,2%	27,7%	57,8%	14,2%
30193	PARIGNARGUES	11,05	0,17			4	0,7%	19,7%	26,2%	53,3%
30194	PEYREMALE	8,69	0,10						9,6%	90,4%
30195	PEYROLES	8,25	0,01						0,5%	99,5%
30199	POMMIERS	6,51	0,04						6,2%	93,8%
30200	POMPIGNAN	41,31	0,31					32,8%	32,3%	34,9%
30201	PONTEILS-ET-BRESIS	27,58	0,10						5,9%	94,1%
30202	PONT-SAINT-ESPRIT	18,59	1,92			3		10,4%	83,4%	6,2%
30203	PORTES	14,54	0,18			1			0,0%	100,0%
30204	POTELIERES	6,52	0,14					74,7%	24,3%	1,1%
30205	POUGNADORESSE	7,67	0,09			2		31,9%	41,8%	26,3%
30206	POULX	11,91	0,61			2			29,7%	70,3%
30207	POUZILHAC	16,03	0,16					3,8%	36,4%	59,8%
30208	PUECHREDON	7,85	0,02					62,9%	16,7%	20,4%
30209	PUJAUT	23,67	0,68			1		2,0%	81,7%	16,3%
30210	QUISSAC	23,18	1,07					25,2%	52,1%	22,7%
30211	REDESSAN	15,57	0,67						100,0%	0,0%
30212	REMOULINS	8,28	0,57						79,9%	20,1%
30213	REVENS	13,93	0,03						8,2%	91,7%
30214	RIBAUTE-LES-TAVERNES	14,23	0,50			31		54,1%	43,3%	2,6%
30215	RIVIERES	9,66	0,10			8		8,5%	24,4%	67,1%
30216	ROBIAC-ROCHESSADOULE	10,66	0,35						19,6%	80,4%
30217	ROCHEFORT-DU-GARD	34,17	0,60			15		5,6%	45,0%	49,4%
30218	ROCHEGUDE	12,11	0,11					41,3%	25,8%	32,9%
30356	RODILHAN	4,67	0,81						100,0%	0,0%
30219	ROGUES	30,62	0,08						17,6%	82,4%
30220	ROQUEDUR	10,98	0,07						3,8%	96,2%
30221	ROQUEMAURE	26,10	0,88			4			87,4%	12,6%
30223	ROUSSON	32,90	0,84			3		61,0%	18,5%	20,5%
30225	SABRAN	35,64	0,74			3		55,8%	44,0%	0,2%
30226	SAINT-ALEXANDRE	12,95	0,26					18,3%	65,6%	16,1%
30227	SAINT-AMBROIX	11,81	1,12			1		32,9%	49,0%	18,1%
30229	SAINT-ANDRE-DE-MAJENCOULES	21,98	0,23						6,6%	93,4%

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Gard

INSEE	Commune	Superficie (km ²)	Surface urbanisée (km ²)	Nombre d'arrêtés CatNat	Durée totale d'état de CatNat (mois)	Nombre de sinistres	Surface en aléa fort (%)	Surface en aléa moyen (%)	Surface en aléa faible (%)	Surface en aléa a priori nul (%)
30230	SAINT-ANDRE-DE-ROQUEPERTUIS	12,03	0,15					4,7%	32,5%	62,9%
30231	SAINT-ANDRE-DE-VALBORGNE	48,82	0,30						0,5%	99,5%
30232	SAINT-ANDRE-D'OLERARGUES	9,73	0,10			1		72,6%	26,8%	0,6%
30233	SAINT-BAUZELY	4,93	0,12			1		63,3%	8,4%	28,3%
30234	SAINT-BENEZET	6,44	0,05					64,5%	35,5%	0,0%
30236	SAINT-BONNET-DE-SALENDRINQUE	3,58	0,02						33,6%	66,4%
30235	SAINT-BONNET-DU-GARD	6,79	0,11						58,2%	41,8%
30237	SAINT-BRES	11,19	0,12					21,0%	35,3%	43,7%
30238	SAINT-BRESSON	8,51	0,04						0,8%	99,2%
30240	SAINT-CESAIRE-DE-GAUZIGNAN	6,84	0,08			3		72,5%	27,5%	0,0%
30241	SAINT-CHAPTES	12,93	0,40			1		51,4%	45,8%	2,8%
30242	SAINT-CHRISTOL-DE-RODIERES	8,06	0,04				5,1%	67,1%	1,1%	26,8%
30243	SAINT-CHRISTOL-LES-ALES	20,17	2,46			56		51,4%	34,6%	14,1%
30244	SAINT-CLEMENT	4,89	0,04					70,5%	1,1%	28,4%
30245	SAINT-COME-ET-MARUEJOLS	13,08	0,12				0,0%	48,4%	40,1%	11,4%
30247	SAINT-DENIS	3,67	0,11					58,0%	40,2%	1,8%
30248	SAINT-DEZERY	6,00	0,09					92,4%	7,6%	0,0%
30249	SAINT-DIONIZY	3,43	0,11	1	56	10		80,7%	19,3%	0,0%
30228	SAINTE-ANASTASIE	43,76	0,36			8	2,3%	10,2%	29,7%	57,7%
30239	SAINTE-CECILE-D'ANDORGE	19,01	0,13						1,3%	98,7%
30246	SAINTE-CROIX-DE-CADERLE	7,79	0,03						34,1%	65,9%
30250	SAINT-ETIENNE-DE-L'OLM	4,26	0,05			1		91,9%	8,1%	0,0%
30251	SAINT-ETIENNE-DES-SORTS	9,76	0,20					12,7%	44,9%	42,4%
30252	SAINT-FELIX-DE-PALLIERES	18,78	0,08						23,4%	76,6%
30253	SAINT-FLORENT-SUR-AUZONNET	9,24	0,30						39,5%	60,5%
30254	SAINT-GENIES-DE-COMOLAS	8,32	0,37			1		4,3%	88,3%	7,4%
30255	SAINT-GENIES-DE-MALGOIRES	12,11	0,48			26		16,9%	53,0%	30,2%
30256	SAINT-GERVAIS	11,79	0,27					1,9%	38,5%	59,6%
30257	SAINT-GERVASY	7,06	0,41						85,0%	15,0%
30258	SAINT-GILLES	151,81	3,48					0,0%	93,8%	6,2%
30259	SAINT-HILAIRE-DE-BRETHMAS	13,95	1,33			54		71,0%	25,4%	3,6%
30260	SAINT-HILAIRE-D'OZILHAN	16,79	0,15						35,4%	64,6%
30261	SAINT-HIPPOLYTE-DE-CATON	6,14	0,05					82,1%	12,0%	5,9%
30262	SAINT-HIPPOLYTE-DE-MONTAIGU	4,09	0,04					29,1%	45,0%	25,8%
30263	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	29,36	0,92			2		10,6%	51,3%	38,1%
30264	SAINT-JEAN-DE-CEYRARGUES	6,81	0,06			8	0,2%	84,9%	5,1%	9,8%
30265	SAINT-JEAN-DE-CRIEULON	5,60	0,08					46,6%	44,5%	8,9%
30266	SAINT-JEAN-DE-MARUEJOLS-ET-AVEJAN	17,57	0,31					73,6%	12,8%	13,6%
30267	SAINT-JEAN-DE-SERRES	8,30	0,11			7		83,8%	16,2%	0,0%

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Gard

INSEE	Commune	Superficie (km ²)	Surface urbanisée (km ²)	Nombre d'arrêtés CatNat	Durée totale d'état de CatNat (mois)	Nombre de sinistres	Surface en aléa fort (%)	Surface en aléa moyen (%)	Surface en aléa faible (%)	Surface en aléa a priori nul (%)
30268	SAINT-JEAN-DE-VALERISCLE	8,25	0,13					0,1%	27,5%	72,4%
30269	SAINT-JEAN-DU-GARD	41,42	0,61						21,6%	78,4%
30270	SAINT-JEAN-DU-PIN	13,90	0,35			5		3,1%	39,2%	57,8%
30271	SAINT-JULIEN-DE-CASSAGNAS	4,59	0,19					76,1%	23,1%	0,8%
30272	SAINT-JULIEN-DE-LA-NEF	8,84	0,06						14,9%	85,1%
30273	SAINT-JULIEN-DE-PEYROLAS	12,53	0,26					33,7%	55,7%	10,6%
30274	SAINT-JULIEN-LES-ROSIERS	14,26	0,91			12		31,5%	25,2%	43,3%
30275	SAINT-JUST-ET-VACQUIERES	23,32	0,08			1		30,0%	62,0%	8,1%
30276	SAINT-LAURENT-D'AIGOUZE	89,63	0,67						51,7%	48,3%
30277	SAINT-LAURENT-DE-CARNOLS	10,01	0,14					39,8%	34,1%	26,1%
30278	SAINT-LAURENT-DES-ARBRES	16,29	0,38					2,7%	84,7%	12,6%
30279	SAINT-LAURENT-LA-VERNEDE	11,76	0,29			2		20,8%	28,0%	51,2%
30280	SAINT-LAURENT-LE-MINIER	13,17	0,10						12,7%	87,3%
30281	SAINT-MAMERT-DU-GARD	14,39	0,30	1	92	19	2,7%	66,0%	3,5%	27,7%
30282	SAINT-MARCEL-DE-CAREIRET	10,21	0,19					42,1%	36,8%	21,1%
30283	SAINT-MARTIAL	17,27	0,09						3,5%	96,5%
30284	SAINT-MARTIN-DE-VALGALGUES	13,34	1,19					18,5%	29,4%	52,1%
30285	SAINT-MAURICE-DE-CAZEVIEILLE	13,30	0,19			26	0,7%	89,3%	2,0%	7,9%
30286	SAINT-MAXIMIN	10,02	0,19						46,9%	53,1%
30287	SAINT-MICHEL-D'EUZET	10,31	0,20					15,4%	46,3%	38,3%
30288	SAINT-NAZAIRE	6,74	0,22					1,3%	41,6%	57,1%
30289	SAINT-NAZAIRE-DES-GARDIES	11,41	0,04					62,2%	37,8%	0,0%
30290	SAINT-PAULET-DE-CAISSON	16,78	0,37			4		43,8%	55,5%	0,7%
30291	SAINT-PAUL-LA-COSTE	19,06	0,09						14,6%	85,4%
30355	SAINT-PAUL-LES-FONTS	5,33	0,18					11,9%	74,0%	14,0%
30292	SAINT-PONS-LA-CALM	6,40	0,15					29,8%	49,3%	20,9%
30293	SAINT-PRIVAT-DE-CHAMPCLOS	11,83	0,13					22,6%	5,1%	72,3%
30294	SAINT-PRIVAT-DES-VIEUX	15,75	1,31			32		68,6%	19,5%	11,9%
30295	SAINT-QUENTIN-LA-POTERIE	24,01	0,60			11		15,7%	30,3%	54,0%
30296	SAINT-ROMAN-DE-CODIERES	18,57	0,09						13,3%	86,7%
30297	SAINT-SAUVEUR-CAMPRIEU	33,63	0,47						20,3%	79,7%
30298	SAINT-SEBASTIEN-D'AIGREFEUILLE	16,14	0,13						33,9%	66,1%
30299	SAINT-SIFFRET	11,42	0,32						50,7%	49,3%
30300	SAINT-THEODORIT	8,56	0,06			3		80,6%	19,4%	0,0%
30303	SAINT-VICTOR-DE-MALCAP	11,04	0,16	4	83	7		73,4%	25,8%	0,7%
30301	SAINT-VICTOR-DES-OULES	4,78	0,06					71,0%	22,2%	6,7%

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Gard

INSEE	Commune	Superficie (km ²)	Surface urbanisée (km ²)	Nombre d'arrêtés CatNat	Durée totale d'état de CatNat (mois)	Nombre de sinistres	Surface en aléa fort (%)	Surface en aléa moyen (%)	Surface en aléa faible (%)	Surface en aléa a priori nul (%)
30302	SAINT-VICTOR-LA-COSTE	26,66	0,53					5,7%	54,6%	39,6%
30304	SALAZAC	9,93	0,05					38,8%	5,0%	56,2%
30305	SALINDRES	11,57	1,85			11		72,9%	23,2%	3,9%
30306	SALINELLES	8,91	0,14					20,4%	78,3%	1,3%
30308	SANILHAC-SAGRIES	22,16	0,18					0,5%	23,4%	76,0%
30309	SARDAN	6,36	0,08			1		35,7%	63,6%	0,8%
30310	SAUMANE	12,24	0,14						3,7%	96,3%
30311	SAUVE	31,62	0,56			1		12,0%	34,3%	53,7%
30312	SAUVETERRE	13,10	0,48						72,7%	27,3%
30313	SAUZET	6,83	0,14					28,9%	44,7%	26,4%
30314	SAVIGNARGUES	2,73	0,06					95,4%	4,6%	0,0%
30315	SAZE	12,48	0,26					10,1%	74,3%	15,6%
30316	SENECHAS	14,97	0,12						4,2%	95,8%
30317	SERNHAC	9,01	0,35					0,1%	90,4%	9,5%
30318	SERVAS	10,80	0,09					94,7%	3,8%	1,5%
30319	SERVIERS-ET-LABAUME	12,46	0,11			15	21,4%	35,7%	16,4%	26,5%
30320	SEYNES	14,24	0,05						75,1%	24,9%
30321	SOMMIERES	10,33	0,74					10,7%	68,6%	20,7%
30322	SOUDORGUES	25,80	0,10						7,1%	92,9%
30323	SOUSTELLE	11,18	0,04						0,4%	99,6%
30324	SOUVIGNARGUES	11,29	0,20				1,0%	59,5%	39,5%	0,0%
30325	SUMENE	36,69	0,44						13,0%	87,0%
30326	TAVEL	19,99	0,50						47,1%	52,9%
30327	THARAUX	9,56	0,03					1,1%	9,4%	89,5%
30328	THEZIERS	11,30	0,38			28		50,0%	46,5%	3,5%
30329	THOIRAS	23,08	0,11						29,1%	70,9%
30330	TORNAC	19,62	0,34					20,0%	33,9%	46,1%
30331	TRESQUES	17,78	0,71					33,6%	66,4%	0,1%
30332	TREVES	27,11	0,07						11,9%	88,1%
30333	UCHAUD	8,72	0,91						80,1%	19,9%
30334	UZES	25,47	1,94			1		2,1%	75,0%	22,8%
30335	VABRES	4,84	0,04						59,9%	40,1%
30336	VALLABREGUES	14,12	0,29						81,0%	19,0%
30337	VALLABRIX	7,99	0,14					30,2%	29,1%	40,7%
30338	VALLERARGUES	12,83	0,06						45,1%	54,9%
30339	VALLERAUGUE	78,83	0,49			1			3,8%	96,2%
30340	VALLIGUIERES	19,37	0,14						30,8%	69,2%
30341	VAUVERT	109,94	2,69			10			79,8%	20,2%
30342	VEJAN	18,63	0,39					10,9%	48,4%	40,7%
30343	VERFEUIL	26,15	0,24			1		15,2%	27,1%	57,7%
30344	VERGEZE	10,04	2,21				0,5%	1,0%	66,0%	32,4%
30346	VERS-PONT-DU-GARD	19,03	0,48						36,8%	63,2%
30347	VESTRIC-ET-CANDIAC	10,88	0,34						89,0%	11,0%
30348	VEZENOBRES	17,04	0,38			21		33,7%	61,1%	5,2%
30349	VIC-LE-FESQ	9,63	0,09			1		39,6%	57,8%	2,7%
30351	VILLENEUVE-LES-AVIGNON	17,97	2,19	2	29	14			66,2%	33,8%
30352	VILLEVIEILLE	8,31	0,30					7,0%	64,9%	28,1%
30353	VISSEC	21,87	0,05						11,9%	88,1%

**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 Clarensac

**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 du Gard

Commune de Clarensac

Note de présentation



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE,
DU DÉVELOPPEMENT
ET DE L'AMÉNAGEMENT
DURABLES



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Direction
Départementale
de l'Équipement
Gard



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.....	6
3. DESCRIPTION DES PHENOMENES ET DE LEURS CONSEQUENCES	6
4. SINISTRES OBSERVES DANS LE DEPARTEMENT	7
5. DESCRIPTION DE LA METHODOLOGIE D'ETABLISSEMENT DU PPR.....	7
5.1. Carte de l'aléa retrait-gonflement	7
5.2. Plan de zonage réglementaire	9
5.3. Réglementation	10
6. DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES PREVENTIVES.....	10

LISTE DES ILLUSTRATIONS

illustration 1 - Carte synthétique des formations argileuses et marneuses du Gard.....	5
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 du Gard	9

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 : Description succincte des formations argileuses et marneuses affleurant dans le département du Gard
- 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 du Gard à la date du 31 janvier 2007
- 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 essentiellement les maisons individuelles. Le principal facteur de prédisposition, qui détermine la susceptibilité d'une zone vis-à-vis de ce phénomène naturel, est la nature du sol et en particulier sa teneur en certains minéraux argileux particulièrement sensibles aux variations de teneurs en eau.

La prise en compte, par les assurances, de sinistres résultant de mouvements différentiels 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 à ce type de phénomène, plus de 7 300 communes françaises, réparties dans 90 départements ont ainsi été reconnues au moins une fois en état de catastrophe naturelle sécheresse. Le coût cumulé d'indemnisation de ces sinistres a été évalué à 4,3 milliards d'euros sur la période 1989-2006 par la Caisse Centrale de Réassurance.

Le Gard fait partie des départements touchés puisqu'il est situé en 46^{ème} position en terme de coût cumulé des indemnités versées pour des sinistres de ce type à l'échelle nationale. A la date du 30 juin 2007, 14 arrêtés interministériels y ont été pris, reconnaissant l'état de catastrophe naturelle pour ce seul aléa et pour des périodes comprises entre le 1^{er} mai 1989 et le 30 septembre 2003 dans 15 communes, sur les 353 que compte le département. Dans le cadre de l'étude d'aléa achevée en septembre 2007 par le BRGM, 1 539 sites de sinistres, répartis dans 116 communes du Gard, ont ainsi été recensés et localisés.

L'examen de nombreux dossiers d'expertises après sinistres révèle que beaucoup d'entre eux auraient 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 exposées 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. 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 sols argileux, 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 Clarensac (département du Gard).

2.2. Contexte naturel départemental

2.2.1. Situation géographique

Le département du Gard est divisé en 353 communes et couvre une superficie d'environ 5 864 km². Il comptait une population de 678 000 habitants en 2004 (estimation INSEE). La densité de population y est de 116 hab./km². La répartition géographique de la population sur le territoire est très déséquilibrée. Une nette fracture apparaît entre les zones montagneuses des Cévennes (23 hab. / km²) et les zones de plaines. A l'exception de Nîmes (133 000 habitants), le département comprend des villes de moyenne importance.

2.2.2. Géologie

La connaissance de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux passe par une étude détaillée de la géologie, en s'attachant particulièrement aux formations à composante argileuse (argiles proprement dites mais aussi marnes, altérites, limons fins, sables argileux, etc.). Ceci nécessite 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 d'une part par l'analyse de données de sondages contenues dans la Banque des données du Sous-Sol gérée par le BRGM, et d'autre part par de nouvelles analyses réalisées à partir d'échantillons représentatifs. Elle reflète donc l'état actuel des connaissances sur la géologie des formations superficielles du Gard, mais est susceptible d'évoluer au fur et à mesure de l'acquisition de nouvelles données 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 plus de la moitié de la superficie du département est concernée par des formations à dominante argileuse plus ou moins marquée, et donc soumis à un risque de retrait-gonflement plus ou moins élevé. Au total 28 formations argileuses ou marneuses ont été identifiées à l'échelle départementale.

PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de Clarensac (Gard)
NOTE DE PRESENTATION

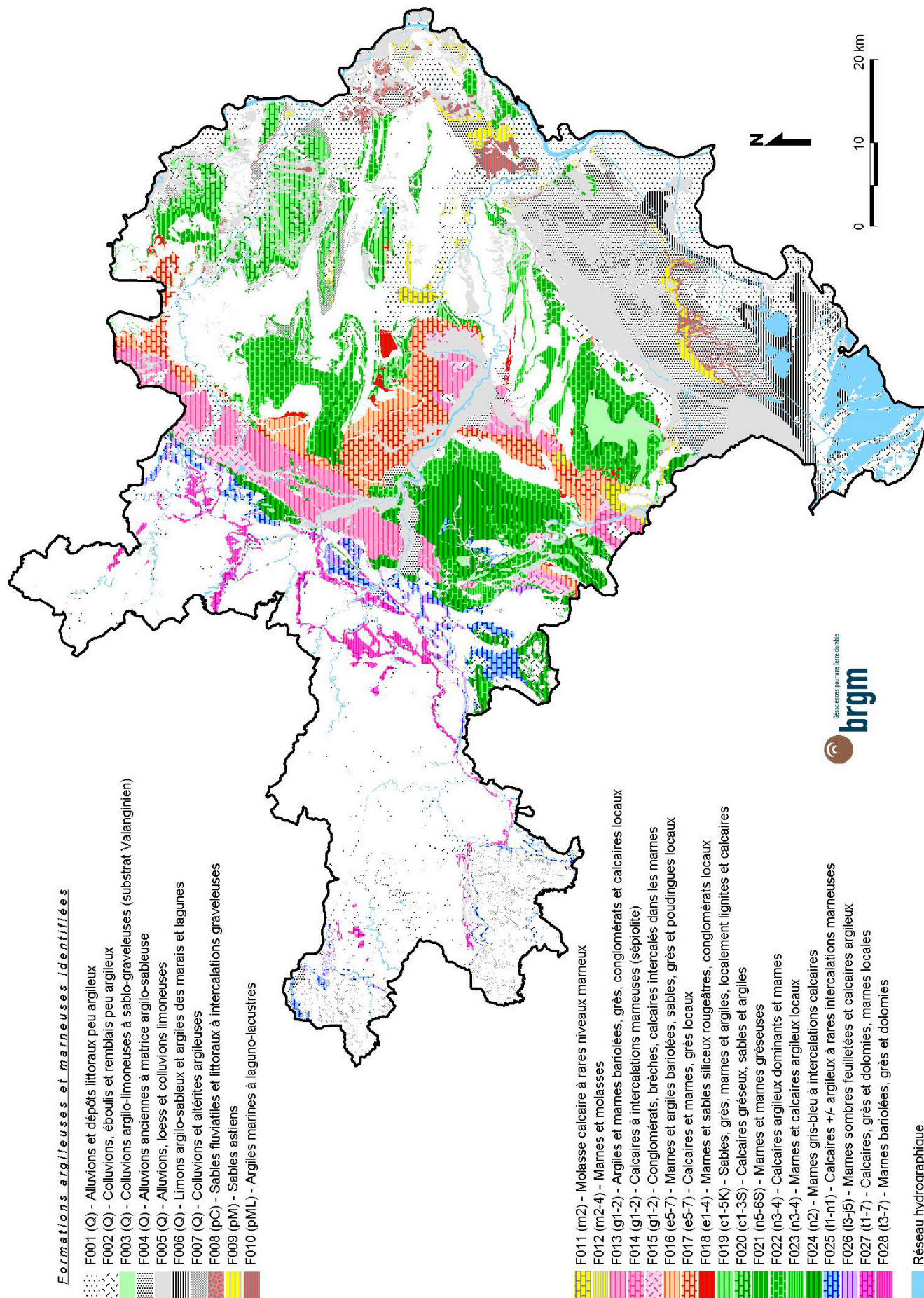


illustration 1 - Carte synthétique des formations argileuses et marneuses du Gard

Les principales formations argileuses ou marneuses qui affleurent dans le département du Gard sont, par ordre d'importance décroissante en terme de superficie, les *Alluvions, loess et colluvions limoneuses* (près de 10 % de la superficie totale du département), les *Alluvions et dépôts littoraux peu argileux* (8 %), les *Alluvions anciennes à matrice argilo-sableuse* (5,7 %), les *Calcaires argileux et marnes du Crétacé inférieur* (5,3 %). Les autres formations à composante argileuse couvrent toutes des surfaces inférieures à 4 % 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 liés au retrait-gonflement des argiles.

Dans le département du Gard, ces formations sont essentiellement identifiées comme celles qui contiennent des nappes très superficielles ou des nappes perchées (pérennes ou non), affectées de variations piézométriques saisonnières.

Ces nappes se rencontrent essentiellement dans les plaines situées au Sud-est et à l'Est du département, couvertes par des sédiments mio-pliocènes, la zone littorale et la Plaine de la Camargue ainsi que dans les fonds de vallées alluviales pour lesquels la zone non saturée est souvent d'épaisseur inférieure à 5 m, voire localement 3 m. Dans ces secteurs, les fluctuations piézométriques pouvant atteindre voire dépasser 2 m, la sensibilité à la remontée des nappes est réelle et l'impact sur les phénomènes de saturation / dessiccation d'horizons argileux présents en surface est certain.

Ceci concerne la vallée du Rhône (où les échanges sont néanmoins régulés par les aménagements liés au Rhône) mais aussi la basse Ardèche, la basse vallée de la Cèze et plus en amont dans l'anse de Saint-Ambroix, la vallée des Gardons (Gardon d'Alès en aval des Salles du Gardon, Gardon d'Anduze en aval de cette agglomération, Gardons réunis entre Ners et Dions et la basse vallée des Gardons jusqu'à la confluence avec le Rhône) ou encore la moyenne et basse vallée du Vidourle.

Ce phénomène est naturellement accentué lorsque les apports aux nappes alluviales sont majorés par une alimentation latérale susceptible localement d'être conséquente. C'est notamment le cas lorsque ces alluvions recouvrent certains aquifères karstiques : haute vallée du Vidourle en amont de Sommières, secteur compris entre Villeneuve-lès-Avignon et Aramon, plaine alluviale de la Vistrenque (cailloutis Villafranchiens) où les formations karstiques des garrigues nîmoises contribuent à l'alimentation des formations perméables. Ce type de phénomène se rencontre également dans la plaine de Rochefort-du-Gard et l'étang de Pujaut avec l'alimentation des formations plus récentes par les calcaires urgoniens situés en amont.

Ces échanges entre aquifères karstiques et poreux constituent un phénomène aggravant les variations de teneur en eau des formations concernées et donc contribuent à l'apparition du phénomène de retrait-gonflement dans les terrains argileux.

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

Au 1^{er} janvier, 15 communes du Gard avaient été reconnues au moins une fois en état de catastrophe naturelle au titre de mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles, pour des périodes comprises entre le 1^{er} mai 1989 et le 30 septembre 2003.

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 1 539, répartis dans 116 communes : ce nombre constitue une estimation approchée, quoique vraisemblablement minorée, de la réalité. D'après des données communiquées par la Caisse Centrale de Réassurance en 2006, le Gard serait situé au 46^{ème} rang des départements français en terme de coût cumulé d'indemnisation des sinistres retrait-gonflement des argiles.

Au total, 14 arrêtés interministériels reconnaissant l'état de catastrophe naturelle sécheresse dans une ou plusieurs communes du Gard ont été publiés. Le nombre total d'occurrences ainsi déterminées (nombre de périodes ayant fait l'objet d'une reconnaissance en distinguant commune par commune) s'élève à 32 (cf. annexe 3).

5. DESCRIPTION DE LA METHODOLOGIE D'ETABLISSEMENT DU PPR

5.1. Carte de l'aléa retrait-gonflement

Afin de délimiter les zones à risque, le BRGM a dressé pour l'ensemble du département 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 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 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 (minéralogie) ;
- l'aptitude du matériau à absorber de l'eau (comportement géotechnique).

Pour chacune des 28 formations argileuses ou marneuses identifiées, le niveau d'aléa résulte en définitive de la combinaison du niveau de susceptibilité ainsi obtenu et de la densité de sinistres retrait-gonflement, rapportée à 100 km² de surface d'affleurement réellement urbanisée (pour permettre des comparaisons fiables entre formations). La synthèse des résultats obtenus est présentée dans le tableau ci-après (illustration 2).

En définitive, seulement 0,2 % de la superficie du département est située en zone d'aléa fort, tandis que 15,8 % du département est considéré en aléa moyen et 40,5 % en aléa faible. Le reste, soit 43,4 % du département, correspond à des zones a priori non argileuses (y compris le réseau hydrographique), 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.

La répartition des zones d'aléa retrait-gonflement des argiles est relativement hétérogène à l'échelle du département puisque, au vu de la carte établie (illustration 3), 29 communes sont soumises à l'aléa retrait-gonflement des argiles sur la totalité de leur territoire, 35 communes sont concernées par des zones d'aléa fort et 218 par des zones d'aléa moyen.

En outre, seules 3 communes sont totalement épargnées par le phénomène. 63 % des communes, soit 224 d'entre elles, sont concernées par le phénomène sur plus de la moitié de leur territoire et plus de 40 %, soit 142 communes, sont concernées sur plus de 80 % de leur territoire.

PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de Clarensac (Gard)
NOTE DE PRESENTATION

Ces chiffres, certes indicateurs, seraient cependant à pondérer en prenant plutôt en compte la répartition de l'aléa dans les secteurs réellement en voie d'urbanisation qui sont les zones à enjeux où il importe que des règles de prévention soient respectées.

DESCRIPTION		Surface (km ²)	% de la surface totale
EOCENE	F018 : Marnes et sables siliceux rougeâtres, conglomérats locaux (e1-4)	14,3	0,2%
Total des formations en aléa fort		14,3	0,2%
QUATERNAIRE	F003 : Colluvions argilo-limoneuses à sablo-graveleuses (substrat Valanginien) (Q)	47,2	0,8%
PLIOCENE	F010 : Argiles marines à laguno-lacustres (pML)	28,7	0,5%
OLIGOCENE	F013 : Argiles et marnes bariolées, grès, conglomérats et calcaires locaux (g1-2)	172,9	2,9%
	F015 : Conglomérats, brèches, calcaires intercalés dans les marnes (g1-2)	55,0	0,9%
EOCENE	F016 : Marnes et argiles bariolées, sables, grès et poudingues locaux (e5-7)	57,2	1,0%
	F017 : Calcaires et marnes, grès locaux (e5-7)	169,0	2,9%
CRETACE SUP.	F019 : Sables, grès, marnes et argiles, localement lignites et calcaires (c1-5 K)	67,4	1,2%
	F020 : Calcaires gréseux, sables et argiles (c1-3 S)	67,0	1,1%
CRETACE INF.	F021 : Marnes et marnes gréseuses (n5-6 S)	46,9	0,8%
	F024 : Marnes gris-bleu à intercalations calcaires (n2)	216,1	3,7%
Total des formations en aléa moyen		927,5	15,8%
QUATERNAIRE	F001 : Alluvions et dépôts littoraux peu argileux (Q)	479,9	8,2%
	F002 : Colluvions, éboulis et remblais peu argileux (Q)	196,4	3,3%
	F004 : Alluvions anciennes à matrice argilo-sableuse (Q)	332,6	5,7%
	F005 : Alluvions, loess et colluvions limoneuses (Q)	574,4	9,8%
	F006 : Limons argilo-sableux et argiles des marais et lagunes (Q)	116,2	2,0%
	F007 : Colluvions et altérites argileuses (Q)	49,2	0,8%
PLIOCENE	F008 : Sables fluviatiles et littoraux à intercalations graveleuses (pC)	32,0	0,5%
	F009 : Sables astiens (pM)	25,7	0,4%
MIOCENE	F011 : Molasse calcaire à rares niveaux marneux (m2)	20,2	0,3%
	F012 : Marnes et molasses (m2-4)	12,7	0,2%
OLIGOCENE	F014 : Calcaires à intercalations marneuses (sépiolite) (g1-2)	9,0	0,2%
CRETACE INF.	F022 : Calcaires argileux dominants et marnes (n3-4)	308,4	5,3%
	F023 : Marnes et calcaires argileux locaux (n3-4)	46,4	0,8%
JURASSIQUE	F025 : Calcaires +/- argileux à rares intercalations marneuses (l1-n1)	72,8	1,2%
	F026 : Marnes sombres feuilletées et calcaires argileux (l3-j5)	27,2	0,5%
TRIAS	F027 : Calcaires, grès et dolomies, marnes locales (t1-7)	31,8	0,5%
	F028 : Marnes bariolées, grès et dolomies (t3-7)	41,8	0,7%
Total des formations en aléa faible		2 376,9	40,5%

illustration 2 - Classement des formations argileuses et marneuses par niveau d'aléa

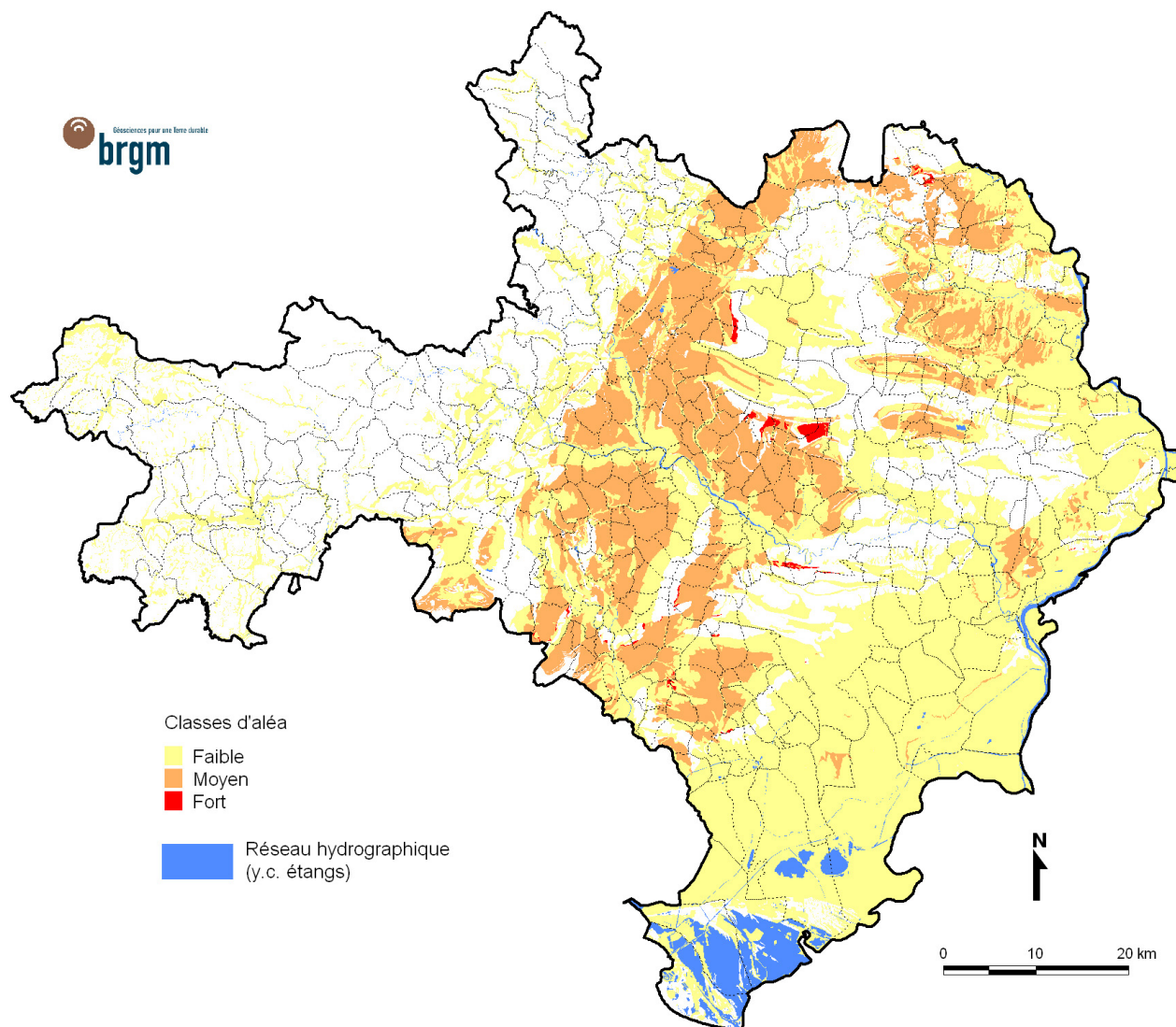


illustration 3 - Carte d'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Gard

5.2. Plan de zonage réglementaire

Le tracé du zonage réglementaire établi pour chacune des communes du Gard a été extrapolé directement à partir de la carte départementale d'aléa, 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 est présenté sur fond cartographique extrait des cartes IGN à l'échelle 1/25 000 et agrandi à l'échelle 1/10 000.

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 destinées à s'appliquer aux zones réglementées. Il s'agit pour l'essentiel de dispositions constructives, qui concernent 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 pour s'y conformer d'un délai variable selon les mesures, mais qui est au maximum de cinq ans.

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 terrain liés au retrait-gonflement des argiles.

6. DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES PREVENTIVES

Les dispositions constructives décrites dans le règlement du PPR ne sont 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 conformément aux missions géotechniques spécifiées dans la norme NF P 94-500 (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, explicitées dans le règlement du PPR, 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. 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 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) situées le long des murs périphériques, les échanges thermiques à travers les parois doivent être limités pour éviter d'aggraver la dessiccation du terrain à proximité ;
- 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 du Gard

La présente annexe décrit de manière succincte les 28 formations géologiques essentiellement ou partiellement argileuses et/ou marneuses qui affleurent sur 56,6 % du département du Gard. Les autres formations affleurantes ont été considérées comme, a priori, non argileuses, bien qu'il ne soit pas exclu d'y trouver localement des lentilles ou des poches d'argiles (non identifiées sur les cartes géologiques dans leur version actuelle). Certaines des formations retenues correspondent, en réalité, à des regroupements d'unités stratigraphiquement distinctes mais dont les caractéristiques lithologiques et, par conséquent, le comportement vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement sont similaires.

Les 28 formations argileuses et/ou marneuses sont décrites de la plus récente à la plus ancienne. Elles concernent la quasi-totalité de l'échelle géologique stratigraphique.

Formations du Quaternaire

Parmi les formations d'âge quaternaire, 7 formations ont été identifiées comme argileuses en fonction des lithologies associées et des modes de mise en place. Ce double classement est réalisé dans une optique de hiérarchisation des formations argileuses en fonction de leur susceptibilité au phénomène de retrait-gonflement.

F001 – Alluvions et dépôts littoraux peu argileux (Q)

Cet ensemble regroupe les formations essentiellement alluviales et localement littorales caractérisées par la présence de niveaux argileux en proportion faible et discontinue, sous forme éparses ou lenticulaires. On y distingue les alluvions récentes à dominante graveleuse identifiées des terrasses holocènes essentiellement des lits majeurs des vallées du Rhône, du Gard, du Gardon, du Vidourle, de l'Alzon et de la Cèze, les alluvions anciennes à galets dominants dont la phase argileuse est inférieure à 15 % de la formation, les formations littorales à galets : ensembles caillouteux à matrice sableuse localement intercalés de niveaux sablo-argileux et de niveaux palustres tourbeux et la formation des dépôts lacustres de Pujaut : limons à lits de quartzite et craie dominante, localement intercalée d'argiles palustre (0-5 m).

F002 – Colluvions, éboulis et remblais peu argileux (Q)

Cette formation se caractérise par les niveaux de colluvions et éboulis à dominante sablo-graveleuse, ou de limons graveleux. On distingue les colluvions, riches en sables grossiers, les formations du piedmont des Garrigues : colluvions associés à des loëss ayant localement subis une pédogenèse (paléosol rougeâtre). L'appellation locale de « *sistre* » ou « *tapara* » caractérise cet ensemble bien connu localement, les colluvions siliceuses : colluvions du Mont Pegueirol, à galets de quartzite et à matrice sableuse dominante (< 4 m) ainsi que les formations résiduelles des buttes pliocènes à cailloutis siliceux.

Les cônes de déjection anciens ou récents à dominante de sables et graviers, au contact des terrasses alluviales à matrice sablo-argileuse, les éboulis non cimentés à faible matrice argileuse et les éboulis cimentés (brèches d'écroulement, amas caillouteux à faible matrice argileuse rencontrés sur substrat marneux, schisteux ou argileux du Trias) sont associés à cet ensemble.

Les dépôts anthropiques (remblais) sur formations littorales (sables, lœss et vases des étangs réalisés pour l'aménagement ainsi que les remblais divers d'aménagement ou non tels que les terrils, digues, bassins, canaux...) sont également rattachés à cette formation.

F003 – Colluvions argilo-limoneuse à sablo-graveleuse (substrat Valanginien) (Q)

Cet ensemble peu étendu regroupe les formations colluviales de versant et de fond de vallée issues de l'altération et de l'érosion des formations marneuses et calcaires du Crétacé Inférieur. Cette formation spécifique, pouvant être rapprochée des formations du piedmont des Garrigues, est présente essentiellement au niveau du bassin de la Vaunage sur les communes de Calvisson, Caveirac et Nages-et-Solorgues, au Sud-ouest du département. Cette vaste dépression quasi-fermée est occupée par des colluvions à dominante sablo-limoneuse mais pouvant localement être franchement argileuses. L'origine des dépôts est liée à la présence des marnes du Valanginien (F024) et des marno-calcaires d'âge hauterivien (F022) en versant.

F004 – Alluvions anciennes à matrice argilo-sableuse (Q)

Cet ensemble regroupe les alluvions anciennes dont il a été identifié deux grands ensembles : les alluvions anciennes datées essentiellement du Riss, caractérisées par des galets et cailloutis à matrice argileuse à argilo-sableuse rubéfiée, localement associées à des paléosols décarbonatés et argilifiés et les alluvions « villafranchiennes » : constituées de galets siliceux emballés dans une matrice argileuse à argilo-sableuse rougeâtre également associées d'un paléosol caractéristique, le « *gapan* » de teinte rougeâtre ou le « *gres caravan* » de teinte grisâtre souvent consolidé.

Très localement les arènes alluviales, à dominante sablonneuse, issues de l'altération et de l'érosion des massifs de socle, sont présentes. Leur association à des niveaux tourbeux (*arènes du massif de Saint-Guiral*) ou à des alluvions plus variées à matrice argilo-sableuse a permis de les regrouper avec cet ensemble.

F005 – Alluvions, lœss et colluvions limoneuses (Q)

Cet ensemble, le plus étendu des formations argileuses et marneuses à l'échelle départementale (574 km²), rassemble les formations alluviales caractérisées par la présence de niveaux limoneux en proportion importante. On y distingue les formations alluviales récentes graveleuses surmontées de limons, notamment identifiées dans les vallées du Rhône, du Vidourle et du Gardon, les limons fluviaux et palustres : limons des vallées basses du Vidourle, du Vistre et du Rhône notamment pouvant évoluer dans les zones fermées vers des faciès palustres de type limons argileux, les limons lœssiques (lœss) : ces formations à granulométrie relativement uniforme peuvent contenir près de 25 % d'argiles, les colluvions limoneuses résultant du remaniement des lœss et de certaines terrasses alluviales et les éboulis à matrice argilo-sableuse ou marneuse, d'origine diverse et à éléments schisteux ou calcaires pour l'essentiel.

F006 – Limons argilo-sableux et argiles des marais et lagunes (Q)

Cet ensemble est représenté au niveau de la zone littorale actuelle et ancienne et est constitué par des environnements de dépôts palustres ou lagunaires, voire littoraux. On distingue les limons argileux des marais d'eau douce et saumâtre, les limons argileux à sableux des étangs salés et des lagunes marines associés à des vases localement, et les sables vaseux, présents en arrière plage ou au niveau de dépressions au sein des cordons littoraux.

F007 – Colluvions et altérites argileuses (Q)

Cette formation est marquée par une fraction argileuse dominante, mais est d'origine très variable. Elle englobe les formations résiduelles ou colluviales identifiées comme franchement argileuses résultant de glissements, solifluxion ou transport éolien, les altérites des schistes cévenols (qui ne sont pris en compte que lorsqu'ils ont fait l'objet d'une cartographie, c'est-à-dire pour des surfaces suffisamment étendues) et la terra-rossa ou terre rouge des Causses, caractérisée par une argile de décalcification, souvent impure, de teinte rougeâtre à brune, localisée à l'Ouest du département, au niveau de l'extrémité orientale du Causse du Larzac (domaine du seuil caussenard).

Formations du Pliocène

F008 – Sables fluviaux et littoraux à intercalations graveleuses (pC)

Cette formation, rattachée au Pliocène continental à lagunaire, est marquée par une dominante sableuse à graveleuse. Elle comprend les niveaux d'anciens cordons littoraux d'âge pliocène : galets et graviers dominants (*formations de Surville I et II*), brèches locales dont l'épaisseur totale excède rarement 10 m et les sables fins fluviaux du Pliocène continental, à stratifications entrecroisée et intercalations graveleuses, dont l'épaisseur peut atteindre 50 m.

F009 – Sables astiens (pM)

D'âge pliocène (fin du Pliocène), cet ensemble homogène se caractérise par une dominante sableuse et peut se définir comme des sables plus ou moins argileux à intercalations locales de niveaux gréseux. Les sables sont marins, jaunâtres, fins et micacés. La série se charge d'argile vers le bas (marnes plaisanciennes F010), et il n'est pas rare que le faciès "sable fin argileux" soit prépondérant. L'épaisseur totale de la formation varie entre 5 et 50 m.

F010 – Argiles marines à laguno-lacustres (pML)

Ces niveaux constituent les faciès de transition entre le Pliocène marin et le Pliocène continental. On distingue les marnes jaunes à potamides : argiles sableuses déposées en milieu saumâtre, localement associés à des petits niveaux d'argiles grises (2 m d'épaisseur), d'eau douce, et les argiles marines plaisanciennes : puissante formation argileuse de près de 200 m d'épaisseur dans les Costières dont le faciès caractéristique est marqué par des marnes argileuses bleues à grises, très plastiques, pouvant localement comporter des passées silteuses ou sableuses (*argiles varvées de Fournès, argiles de Meynes ou de Pichegu*).

Formations du Miocène

F011 – Molasse calcaire à rares niveaux marneux (m2)

Cette formation rassemble les formations molassiques à dominante non-argileuse du Miocène inférieur (Burdigalien). Elle se décrit comme les molasses marines d'avant pays rhodanien et se caractérise par des molasses calcaires, jaunâtres, gréseuses à localement argileuses. Des horizons marneux peuvent être présents et le caractère sableux peut être prépondérant. L'épaisseur de la formation est de l'ordre de 10 à 35 m.

F012 – Marnes et molasses (m2-4)

La formation rassemble les molasses marneuses et des marnes sableuses du Miocène marin inférieur et moyen. On distingue des marnes sableuses gris-bleu à jaunâtre en surface, d'âge burdigalien, identifiées comme des silts plus ou moins argileux, et finement sableux, lités, très homogènes (*marnes de Saint-Siffret* et du *Mas de Mestre*, et surtout la remarquable formation des *marnes de Caumont*, d'épaisseur supérieure à 200 m), des marnes argileuses, blanches à grisâtres, micacées, d'âge langhien à serravalien (Helvétien), des marnes bleues, sableuses, localement gréseuses, d'âge helvétien (épaisseur 10 à 30 m) qui caractérisent la formation des *marnes de Castillon* et un puissant ensemble de sables argileux (300 à 400 m d'épaisseur), à lits marneux localement intercalés de lits molassiques, caractérisant les « *safres helvétiques* ».

Formations de l'Oligocène

Le choix de distinguer les formations d'âge oligocène en deux entités repose sur la proportion de niveaux argileux plus ou moins importante au regard des descriptions et des visites de terrain.

F013 – Argiles et marnes bariolées, grès, conglomérats et calcaires locaux (q1-2)

Ces formations constituent les remplissages des bassins d'effondrement tertiaires d'Alès (ou *fossé d'Alès*, le plus étendu), de Saint-Mamert, de Saint-Chartes, de Salinelles, de Montoulieu ou de Brouzet-Liouc. La dominante lithologique est franchement argileuse ou marneuse, mais des intercalations lenticulaires caractéristiques des formations détritiques sont très fréquentes et sont associées à la formation.

On distingue des marnes et argiles bariolées, ensemble particulièrement puissant de 100 à 800 m d'épaisseur au centre du fossé d'Alès, représenté par des argiles et marnes jaunes, ocres, grises ou saumonées, voire rougeâtres, associées essentiellement à des niveaux de conglomérats, et localement des grès ou calcaires gréseux, des marnes plus ou moins sableuses, essentiellement présentes au niveau du bassin de Salinelles et localement au niveau du bassin de Saint-Mamert (épaisseur 60 à 100 m), très localement (au sud-est du département), des argiles bariolées à calcaires crayeux et conglomérats du bassin de Montoulieu (épaisseur 30 à 50 m), associés, en bordure du fossé, à des sables argileux à lignite, des marnes à intercalations calcaires (épaisseur 40 à 150 m) et au nord du département des marnes rouges et sables à graviers (*marnes rouges d'Issirac*), d'épaisseur environ 30 m, localement intercalées de niveaux de calcaires lacustres.

F014 – Calcaires à intercalations marneuses (sépiolite) (q1-2)

Cet ensemble est très peu étendu et focalisé au niveau du bassin de Salinelles. Il est identifié séparément en raison de la présence caractéristique de niveaux lenticulaires de sépiolite qui ont été exploités en carrières souterraines pour fournir la « Terre de Sommières » utilisée comme dégraissant pour le textile. La formation rassemble des calcaires silicifiés, de 15 à 20 m d'épaisseur, marqués par la présence à leur sommet des horizons de sépiolite intercalée dont la fraction argileuse est essentiellement constituée de montmorillonite, qui forment les *calcaires de Salinelles* et des calcaires lacustres blanc jaunâtre, de 60 à 80 m d'épaisseur, en bancs réguliers intercalés de niveaux marneux (d'épaisseur maximale de 10 m), qui forment les *calcaires de Pondres ou de Montrédon*.

F015 – Conglomérats, brèches, calcaires intercalés dans les marnes (q1-2)

Cet ensemble est intimement associé à la formation F013 puisqu'elle constitue les intercalations à dominante non argileuse des mêmes ensembles. Seuls sont retenus au sein de cette formation les affleurements caractéristiques suffisamment étendus. Sont également incluses les formations de bordure de fossé systématiquement à dominante graveleuse (résultats de faibles transports). Ces niveaux sont naturellement, du fait de la genèse de la formation, toujours associés à des horizons argileux ou marneux mais en proportion beaucoup plus faible que la formation F013.

On a identifié les faciès suivants : des brèches, développées au voisinage des failles, constituées d'éléments calcaires provenant du démantèlement des reliefs encaissants et liées au fonctionnement tectonique (brèches d'effondrement, remplissage de graben) à ciment argileux rougeâtre, des calcaires, essentiellement lacustres, clairement cartographiés et continus, d'épaisseur variable faible (< 10 m), plus ou moins argileux et localement à intercalations de lignite (Salindres, Saint-Victor-de-Malcalp) intercalés dans les marnes oligocènes et des conglomérats et poudingues à matrice argileuse à argilo-sableuse (*conglomérats de Mas de Gasc, de Mas Queiraud, conglomérats et brèches d'Aramon et conglomérats de Saint-Ambroix* qui atteint près de 100 m d'épaisseur).

Formations de l'Éocène

F016 – Marnes et argiles bariolées, sables, grès et poudingues locaux (e5-7)

Cette formation rassemble des niveaux, datés de la fin de l'Éocène moyen et de l'Éocène supérieur, à dominante argileuse ou marneuse, associés à des faciès sableux, gréseux ou conglomératiques. Les niveaux supérieurs (âge priabonien – e7) sont de façon assez générale en transition homogène avec les formations de l'Oligocène inférieur identifiées (F013).

On distingue des argiles rouges sableuses à passés gréseuses ou conglomératiques, d'épaisseur comprise entre 10 et 60 m, enrichies de marnes versicolores à gypse au niveau du bassin d'Issirac, des marnes sableuses, localement gréseuses, individualisées au sein de calcaires lacustres (*marnes de Fons*) ou à bancs de grès et de conglomérats, une association désordonnée de marnes gréseuses roses ou saumonées, de grès et d'épaisses lentilles de poudingues constituant la formation des *conglomérats de Saint-Drézery*, des marnes bleues intercalées de bancs de grès marneux et de calcaires lacustres dont l'épaisseur est estimée à 25 m apparaissant au Sud-est du fossé d'Alès jusqu'au bassin de Saint-Chaptes, un ensemble très hétérogène constitué de marnes rouges alternant avec des niveaux sableux, des conglomérats lenticulaires et des calcaires argileux parfois en plaquettes de 60 à 100 m d'épaisseur d'âge bartonien et des niveaux, d'âge lutétien, composés de marnes jaunes à intercalations de calcaires lacustres.

F017 – Calcaires et marnes, grès locaux (e5-7)

Cet ensemble regroupe des formations à dominante non argileuse de type calcaires ou grès plus ou moins calcaires à intercalations marneuses. On identifie des calcaires argileux lacustres et marnes tantôt grisâtres localement à niveaux identifiés de lignite (Priabonien), tantôt jaunes et localement associés à des argiles rouges (*calcaires de Martignargues* d'épaisseur 30 à 50 m). Les calcaires sont soit massifs en bancs pluri-décimétriques à localement métrique, avec intercalations marneuses (*marno-calcaires de Montchamp* d'environ 100 m d'épaisseur), soit en plaquettes (*calcaires de Monteils*, d'épaisseur 100 à 200 m).

Des grès et marnes à intercalations locales de poudingues d'âge priabonien, dont l'épaisseur atteint 100 m, sont rattachés à cet ensemble. Ils se caractérisent comme des alternances de grès calcaires ou siliceux, plus ou moins grossiers, de marnes sableuses jaunâtres à verdâtres, localement bleuâtres (*marnes d'Aureillac-Blauzac*) et de lentilles de poudingues et constituent la formation des *grès de Célas* aussi dénommée *formation de Sauzet*.

F018 – Marnes et sables siliceux rougeâtres, conglomérats locaux (e1-4)

Les formations regroupées dans cet ensemble, daté du Paléocène pour l'essentiel, présentent un caractère marneux à marno-sableux dominant. Ce sont des dépôts détritiques « rouges », continentaux rassemblant des faciès variés au gré des phases de sédimentation.

On distingue des marnes sableuses rougeâtres à roses, des argiles et des sables marmorisés à passés conglomératiques, d'épaisseur variant entre 20 et 60 m et des sables siliceux associés à des argiles rouges caractéristiques de ces étages stratigraphiques (*argiles rutilantes*).

Des grès et des microconglomérats peuvent être localement associés, ainsi que, ponctuellement, des niveaux mal identifiés stratigraphiquement, datés probablement du Crétacé terminal ou du Paléocène : argiles de couleur rouge à lie-de-vin à rares affleurement de sables grossiers, grès et poudingues du synclinal de Serviers ainsi que des marnes versicolores d'âge thanétien à yprésien (e3-4), de teinte blanchâtre, verdâtre ou saumonée (Mas Queiraud).

Formations du Crétacé supérieur

Les formations argileuses et marneuses retenues correspondent aux étages du Crétacé supérieur (Cénomaniens – c1, Turonien – c2, Coniacien – c3, Santonien – c4 et Campanien – c5). Les formations du Maastrichtien ne sont que très localement signalées dans le département (voir F018). Ces formations sont signalées par des sables, calcaires, grès et argiles, et localisées exclusivement dans la partie nord-est du département. Si les formations sont homogènes dans leur ensemble, souvent représentées par des alternances de différents faciès, elles présentent une grande hétérogénéité lithologique locale du fait même de ces alternances.

La distinction entre formations s'est effectuée certes selon un critère lithologique pour les ensembles représentés mais aussi, et ceci dans l'optique de la cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles, sur la base du critère « minéralogie des argiles » et donc en fonction d'environnements de dépôt.

F019 – Sables, grès, marnes et argiles, localement lignite et calcaires (c1-5K)

Cet ensemble regroupe des faciès variés à dominante sableuse mais présentant localement des zones argileuses franches. Les argiles sont essentiellement de type kaolinite et ont fait l'objet de nombreuses exploitations principalement souterraines. C'est le cas des argiles du Cénomaniens moyen ou des sables argileux du Cénomaniens supérieur-Turonien entre les secteurs de La Capelle-Masmolène et Saint-Quentin-La-Poterie et autour de Serviers-Labaume. Les ensembles suivants ont été identifiés : la série argilo-ligniteuse du Cénomaniens – essentiellement moyen – marquée par la succession de sables, grès, marnes, argiles réfractaires (à kaolinite) dans le bassin de la Tave ou argiles à lignite (exploitées également), le complexe des grès rouges du Cénomaniens : sables argileux anciennement exploités et grès quartzitiques rougeâtres, dont l'épaisseur peut atteindre 100 m, les sables du Turonien, plus ou moins gréseux, à lignite, associés à des marnes et des argiles kaoliniques, les grès

ferrugineux et sables plus ou moins argileux du Santonien à bancs d'argiles bariolées à goethite et kaolinite et à niveaux locaux de lignite.

F020 – Calcaires gréseux, sables et argiles (c1-3 S)

Cet ensemble regroupe des faciès variés à dominante calcareuse et présentant localement des zones argileuses. La fraction argileuse des différents faciès est essentiellement de type montmorillonite. En effet, l'étude des formations du Crétacé supérieur a révélé que la montmorillonite était abondante dans les faciès carbonatés (néoformation) et que les faciès gréseux étaient plus généralement à kaolinite.

La formation regroupe les étages du Cénomaniens au Coniacien : calcaires argileux à exogyres, grès calcareux et marnes représentés au sommet de la série argilo-ligniteuse (F019), et caractérisés par des successions de calcaires argileux roux, plus ou moins siliceux, d'intercalation d'argiles et de marnes ou de grès souvent quartzeux (*formation de Rochegude*), les calcaires gréseux à argileux du Turonien, pouvant évoluer vers des faciès de type grès calcareux, renfermant de façon quasi-systématique des intercalations argileuses ou marneuses, localement des lignites, et des horizons de sables siliceux (*calcaires de Pignères*) et enfin les faciès de sables glauconieux et de calcaires gréseux du Cénomaniens inférieur et du Coniacien : sables peu argileux, à orbitolines, associés ponctuellement à des grès quartzitiques et calcaires roux, ferrugineux, argilo-gréseux, à intercalations locales d'argiles versicolores.

Formations du Crétacé inférieur

Les formations du Crétacé inférieur sont fortement représentées à l'échelle du département puisqu'elles couvrent 11 % de la superficie totale et concernent près de 20 % des formations argileuses ou marneuses identifiées. La sédimentation au cours du Crétacé inférieur dans le Gard est essentiellement de type marin, à l'exception de la transition avec le Crétacé supérieur dans le nord du département où un épisode de continentalisation apparaît.

Afin de procéder aux regroupements de formations on a distingué de façon relativement simplifiée d'une part les niveaux de calcaires, de calcaires argileux dominants ou de calcaires à rares intercalations marneuses et d'autre part les niveaux à dominante marneuse, avec ou sans intercalations calcaires signalées.

F021 – Marnes et marnes gréseuses (n5-6 S)

Cette formation rassemble les niveaux terminaux du Crétacé inférieur, soit les étages de l'Albien (n6) et de l'Aptien (n5). Elle affleure sur la partie nord-est du département uniquement, comme les formations du Crétacé supérieur, et constitue la transition entre les ensembles « inférieur » et « supérieur » du Crétacé.

On distingue les grès glauconieux et marnes verdâtres de l'Albien supérieur, en transition avec les niveaux de sables verts du Cénomaniens inférieur, les marnes et sables rutilants de l'Albien inférieur et moyen, d'épaisseur pouvant varier entre 30 et 100 m et des marnes sombres et marnes gréseuses de l'Aptien, dont l'épaisseur varie entre 15 et 50 m, plus ou moins sableuses, avec des passées locales de calcaires en plaquettes.

F022 – Calcaires argileux dominants et marnes (n3-4)

Cette formation est largement représentée à l'échelle du département puisque avec une superficie de près de 310 km² elle représente plus de 5 % des formations affleurantes. Sa répartition géographique est de plus assez homogène au niveau de la zone des Garrigues, du bassin de la Vaunage et du dôme de Lédignan. Elle rassemble les horizons de calcaires argileux de l'Hauterivien (n3) pour grande majorité et du Barrémien (n4) inférieur.

On a distingué les faciès de l'Hauterivien à très large dominante de calcaires argileux, localement argilo-gréseux avec des alternances de niveaux marneux, ensemble très homogène d'une épaisseur de 50 m à près de 300 m au niveau de l'auréole de la Vaunage et les calcaires argileux et marno-calcaires du Barrémien inférieur à interlits de marnes jaunes, marnes rouges ou grises plus ou moins indurées, localement marnes feuilletées indurées d'épaisseur comprise entre 30 et 100 m.

F023 – Marnes et calcaires argileux locaux (n3-4)

Cette formation constitue le « pendant » à dominante marneuse de la formation F022, pour les mêmes étages. Elle est beaucoup moins étendue et concerne certains faciès particuliers au sein de la masse calcaire Hauterivien – Barrémien. On distingue en particulier une puissante série marneuse datée du Barrémien inférieur, d'épaisseur variant entre 50 et 150 m environ, constituée essentiellement par des marnes gris-noir, localement plus claires de teinte jaunâtre, intercalées de petits bancs de calcaires argileux et des marnes gris-clair à bleuté, associées à des calcaires très argileux en petits bancs, à patine blanchâtre, datés de l'Hauterivien dont l'épaisseur varie entre 20 et 80 m.

F024 – Marnes gris-bleu à intercalations calcaires (n2)

Cette formation est bien représentée à l'échelle du département avec plus de 200 km² de surface d'affleurement, soit 3,7 % de la surface totale du département. On retrouve cet ensemble au niveau du dôme marneux de Lédignan notamment et au niveau du bassin de la Vaunage par exemple. Datée du Valanginien (n2), la formation est une puissante série marneuse, gris-cendrée à bleutée, localement intercalée de calcaires argileux dont l'épaisseur varie globalement entre 50 et 250 m. L'altération, quand elle est développée, est assez caractéristique, constituée par une argile sombre verdâtre.

Formations du Jurassique

Comme pour le Crétacé inférieur, la distinction des formations du Jurassique se fait essentiellement selon un critère lithologique. On a volontairement regroupé l'ensemble des formations du Jurassique (inférieur, moyen et supérieur) en définissant deux formations principales, l'une à dominante calcaire, à niveaux marneux locaux (F025) et l'autre à dominante marneuse (F026).

F025 – Calcaires plus ou moins argileux à rares intercalations marneuses (l1-n1)

Cette formation, regroupant les faciès à dominante calcaire avec des intercalations marneuses, datés du Jurassique et auxquels sont associés certains niveaux du Crétacé inférieur (Berriasien – n1), affleure en bordure de la zone cévenole, au niveau de zones tectonisées et ponctuellement au niveau des Causses.

Les ensembles représentés sont, suivant la séquence stratigraphique des alternances de marnes et de calcaires argileux datées de l'Hettangien (l1) qui n'excèdent pas 30 m d'épaisseur, les marnes et calcaires argileux du Toarcien – Aalénien (l4-j1) dont les

intercalations de marnes sombres sont localisées au sein de calcaires ferrugineux contrairement aux puissantes séries marneuses caractéristiques du Toarcien (F026), une succession irrégulière de calcaires argileux et marnes localement feuilletées de l'Aalénien – Bajocien (j1-2) qui peut atteindre 300 m d'épaisseur, les faciès calcaires du Callovien-Oxfordien (j4-5) : alternance de calcaires argileux, de marnes sombres parfois feuilletées (schistoïdes), de calcaires grumeleux (*couches de Chanabier ou de Joyeuse*), de marnes sableuses ou glauconieuses, des calcaires argileux en petits bancs (10 à 30 cm) à intercalations de marnes feuilletés ou de marno-calcaires très argileux du Kimméridgien (j6) dont l'épaisseur varie entre 40 et 60 m (*calcaires du Coutach et de Puechredon, calcaires du bois de Paris*) et un ensemble de calcaires gris-cendré en gros bancs du Berriasien (n1) dont la partie supérieure comprend de nombreux interlits de marnes feuilletées et dont l'épaisseur est comprise entre 20 et 40 m.

F026 – Marnes sombres feuilletées et calcaires argileux (I3-j5)

Cet ensemble regroupe les masses franchement marneuses identifiées dans les formations du Jurassique inférieur (« Lias marneux »), moyen et supérieur, essentiellement d'âge Callovien et Oxfordien.

Ces faciès, associés à des morphologies en pente douces caractéristiques au sein du système jurassique marqué dans son ensemble par la présence de falaises, de barres rocheuses et de reliefs de type « ruiniforme », sont globalement les suivants : des marnes grises friables, micacées à passées de calcaires argileux et calcaires en plaquettes du Pliensbachien terminal (I3), des marnes noires feuilletées : friables ou indurées, bitumineuses du Toarcien (I4) qui constituent le faciès caractéristique des "*schistes carton*" dont l'épaisseur atteint 70 m dans le Gard, des marnes noires feuilletées et calcaires argileux locaux du Callovien-Oxfordien (j4-5) rassemblant des faciès assez variés dont la dominante est systématiquement des marnes sombres (marnes schisteuses, marnes grises micacées, marnes esquilleuses noires).

A cet ensemble ont été regroupées deux formations locales à dominante marneuse du Jurassique moyen, représentées au nord du département : des marnes schisteuses micacées gris-jaunâtre de l'Aalénien-Bajocien (j1-2) d'une vingtaine de mètres d'épaisseur et peu étendues (*marnes du Valat de Dieusse et de Montchaut*) et la série marneuse des causses blottis de la Rousse et du Mognard : alternance de marnes grises et de calcaires argileux en bancs décimétriques (*couches de la Clapouze*) d'âge bathonien à callovien basal (j3-4).

Formations du Trias

La distinction des formations du Trias se fait essentiellement selon un critère lithologique. Ont ainsi été regroupées des formations d'âge différent couvrant la quasi-totalité du système. Ces formations affleurent en bordure nord-ouest de la zone cévenole et aux limites des Causses, au contact des formations métamorphiques du Paléozoïque.

F027 – Calcaires, grès et dolomies, marnes locales (t1-7)

Cet ensemble regroupe les formations triasiques à dominante gréseuse et composante argileuse ou marneuse. Sont parfois associés des calcaires ou des dolomies et localement des conglomérats : grès et poudingues à passées marneuses, conglomérats, rassemblant les faciès du Trias inférieur et moyen et pouvant être définis comme un ensemble argilo-grésocarbonaté (*formation du Suquet*) et grès, marnes et dolomies du Trias supérieur (Keuper) constituant un ensemble à dominante non argileuse daté du Rhétien (*formation de*

la Croix Blanche) constituant les couches de passage aux formations hettangiennes (à composante dolomitique).

F028 – Marnes bariolées, grès et dolomies (t3-7)

Cet ensemble couvre les formations franchement argileuses ou marneuses du Trias moyen et supérieur (Muschelkalk – Keuper). La formation est majoritairement constituée des faciès d'argiles bariolées à gypse du Keuper (t7), caractéristiques du Trias argileux. On distingue dans cet ensemble les argiles et argilites sableuses bariolées vertes, rouges, lie de vin ou noires à passées dolomitiques du Norien-Carnien (t5-6) auxquelles sont associés des niveaux gréseux (*formation d'Ucel et Grès supérieurs*) dont l'épaisseur peut atteindre 200 m, les argiles supérieures du Keuper caractérisées par une succession monotone d'argiles ou de marnes bariolées (fréquemment associées à de l'anhydrite ou du gypse) et les marnes noires et vertes feuilletées à niveaux dolomitiques et gréseux du Rhétien.

ANNEXE 2

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

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

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

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

1. Introduction aux problèmes de « retrait-gonflement »

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

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

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

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

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

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

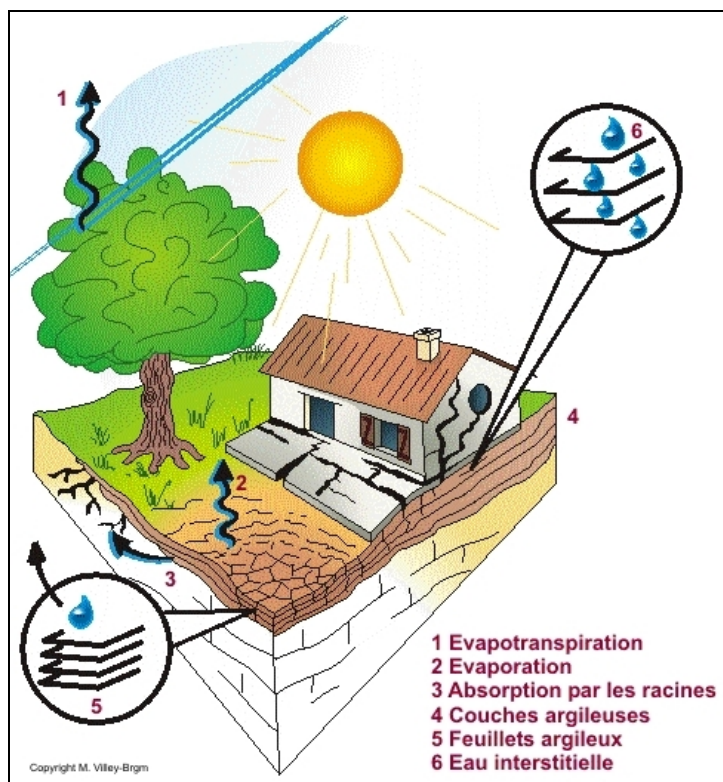


fig. 1 : illustration du mécanisme de dessiccation

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

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

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

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

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

2. Facteurs intervenant dans le mécanisme

2.1. Facteurs de prédisposition

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

Vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement, la nature 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 des facteurs aggravants indéniables qui expliquent 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

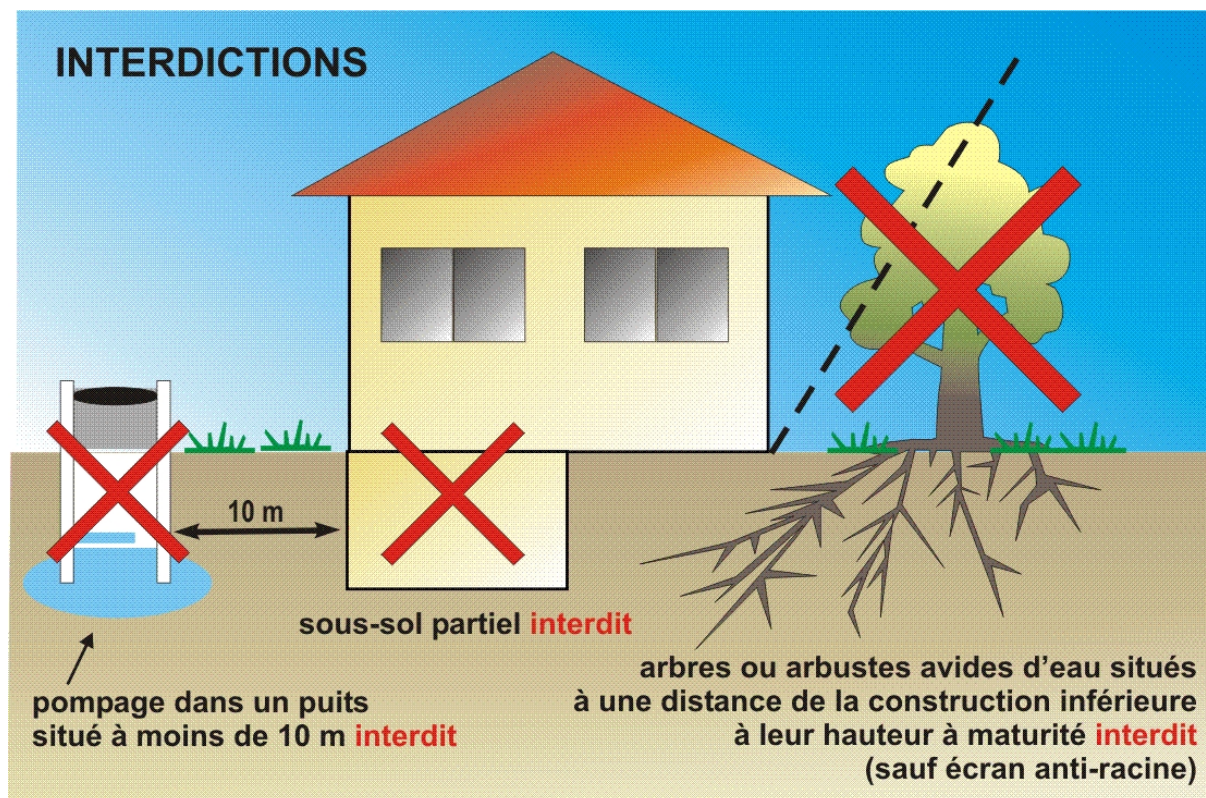
Liste des arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle au titre de mouvements différentiels de sols liés au retrait-gonflement des argiles, pris dans le département du Gard à la date du 30 juin 2007 (données prim.net)

INSEE	Commune	Période prise en compte	Date arrêté	Date J.O.
30004	Aigues-Vives	mars 1998 à mars 1998	06/07/2001	18/07/2001
30028	Bagnols-sur-Cèze	mai 1989 à août 1993	03/05/1995	07/05/1995
		janvier 1998 à septembre 1999	06/07/2001	18/07/2001
30062	Calvisson	mars 1998 à mars 1998	29/05/2001	06/06/2001
		septembre 1993 à décembre 1997	15/07/1998	29/07/1998
		mai 1989 à août 1993	15/11/1994	24/11/1994
30075	Caveirac	mars 1998 à mars 1998	27/12/2000	29/12/2000
		janvier 1993 à septembre 1993	27/12/2000	29/12/2000
30082	Clarensac	septembre 1993 à décembre 1996	16/04/1999	02/05/1999
		mai 1989 à décembre 1990	04/12/1991	27/12/1991
		janvier 1991 à août 1993	15/11/1994	24/11/1994
30116	Fournès	janvier 1990 à septembre 1990	15/11/2001	01/12/2001
		janvier 1992 à septembre 1992	15/11/2001	01/12/2001
		mars 1998 à mars 1998	15/11/2001	01/12/2001
30121	Gailhan	janvier 1990 à mars 1992	18/05/1993	12/06/1993
30130	Génolhac	juillet 2003 à septembre 2003	25/08/2004	26/08/2004
30138	Langlade	mars 1998 à mars 1998	03/12/2003	20/12/2003
		janvier 1990 à mars 1992	18/05/1993	12/06/1993
30173	Mons	mars 1998 à septembre 1999	06/07/2001	18/07/2001
		mai 1989 à décembre 1990	04/12/1991	27/12/1991
		janvier 2000 à décembre 2000	06/07/2001	18/07/2001
30186	Nages-et-Solorgues	mars 1998 à mars 1998	27/12/2000	29/12/2000
		avril 1992 à décembre 1997	15/07/1998	29/07/1998
		janvier 1990 à mars 1992	18/05/1993	12/06/1993
30249	Saint-Dionizy	mai 1989 à décembre 1993	18/03/1996	17/04/1996
30281	Saint-Mamert-du-Gard	mai 1989 à décembre 1996	02/02/1998	18/02/1998
30303	Saint-Victor-de-Malcap	janvier 2000 à décembre 2000	06/07/2001	18/07/2001
		janvier 1990 à juin 1993	06/07/2001	18/07/2001
		mars 1995 à décembre 1995	06/07/2001	18/07/2001
		mars 1998 à septembre 1999	06/07/2001	18/07/2001
30351	Villeneuve-lès-Avignon	mai 1989 à septembre 1990	27/12/2000	29/12/2000
		janvier 1998 à décembre 1998	27/12/2000	29/12/2000

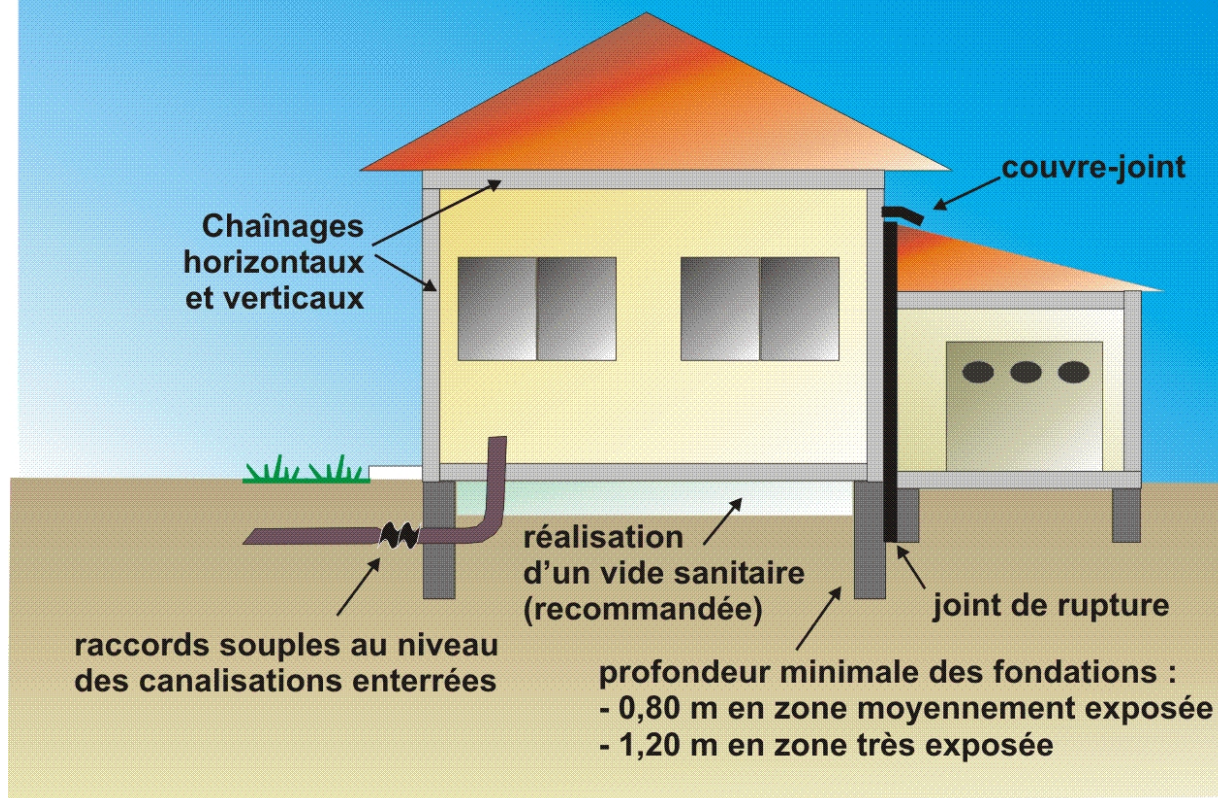
ANNEXE 4

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

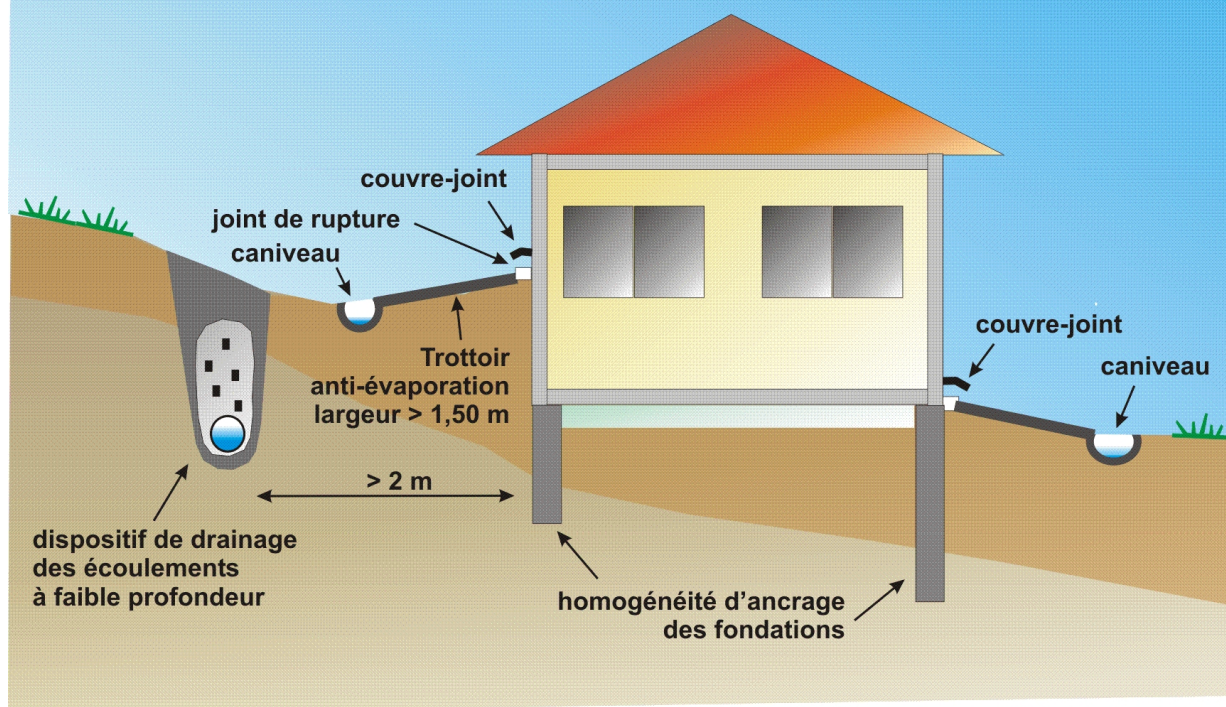
Les illustrations qui suivent présentent une partie des prescriptions et recommandations destinées à s'appliquer dans les zones réglementées par le PPR. Suivant le type de construction (existante ou projetée) certaines de ces mesures sont obligatoires, d'autres non, et l'on se reportera donc au règlement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



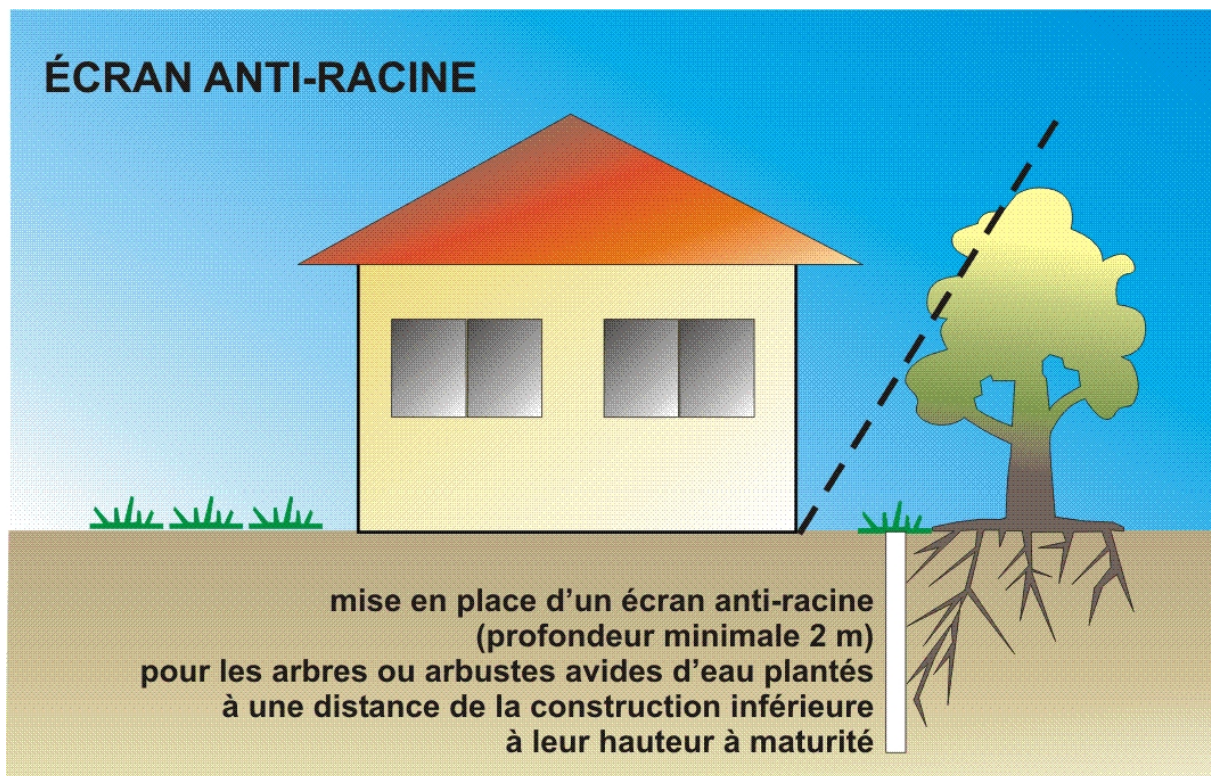
PRESCRIPTIONS POUR LES CONSTRUCTIONS NEUVES



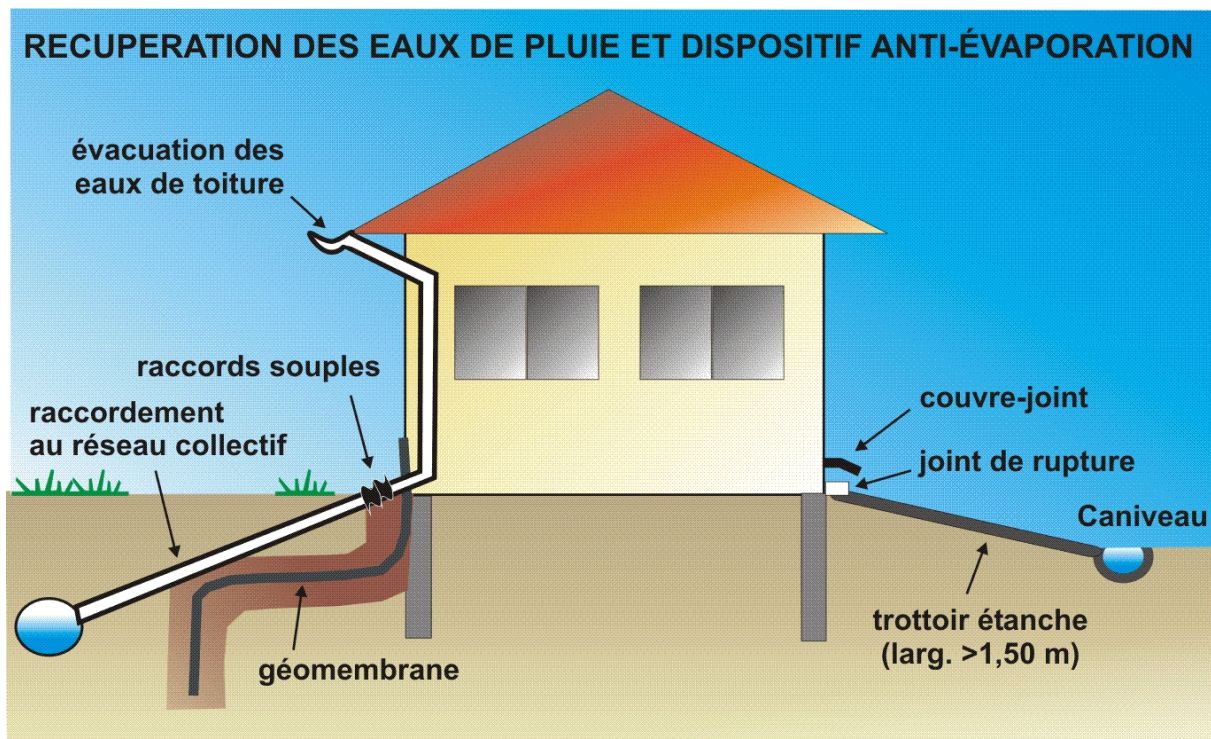
PRESCRIPTIONS POUR LES TERRAINS EN PENTE

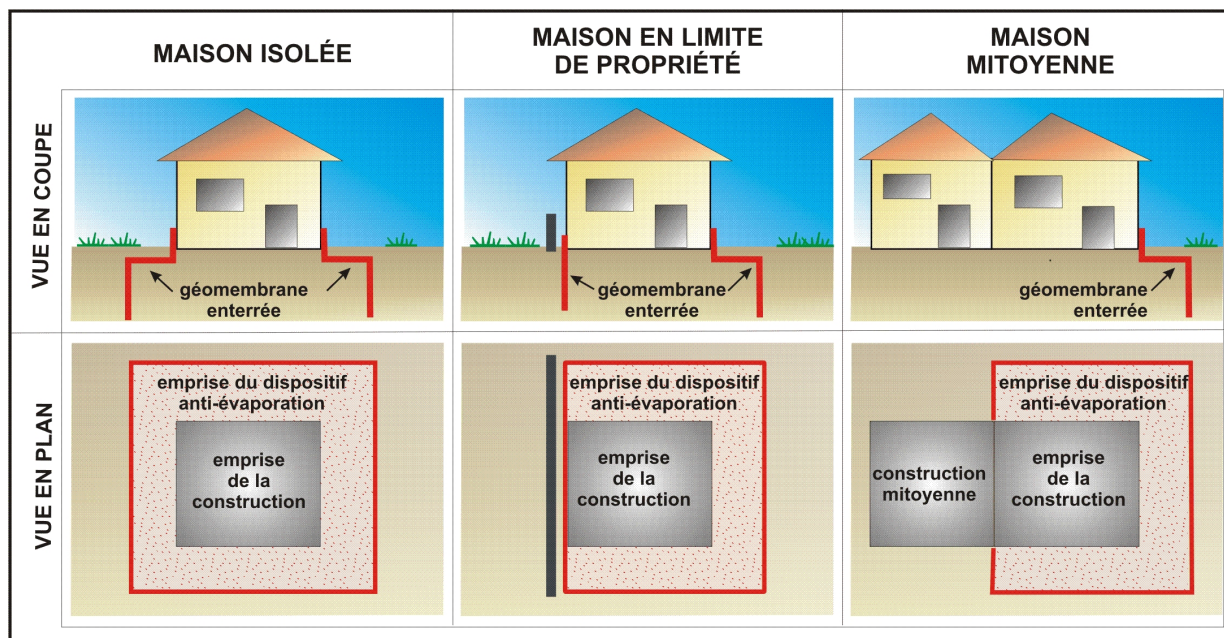
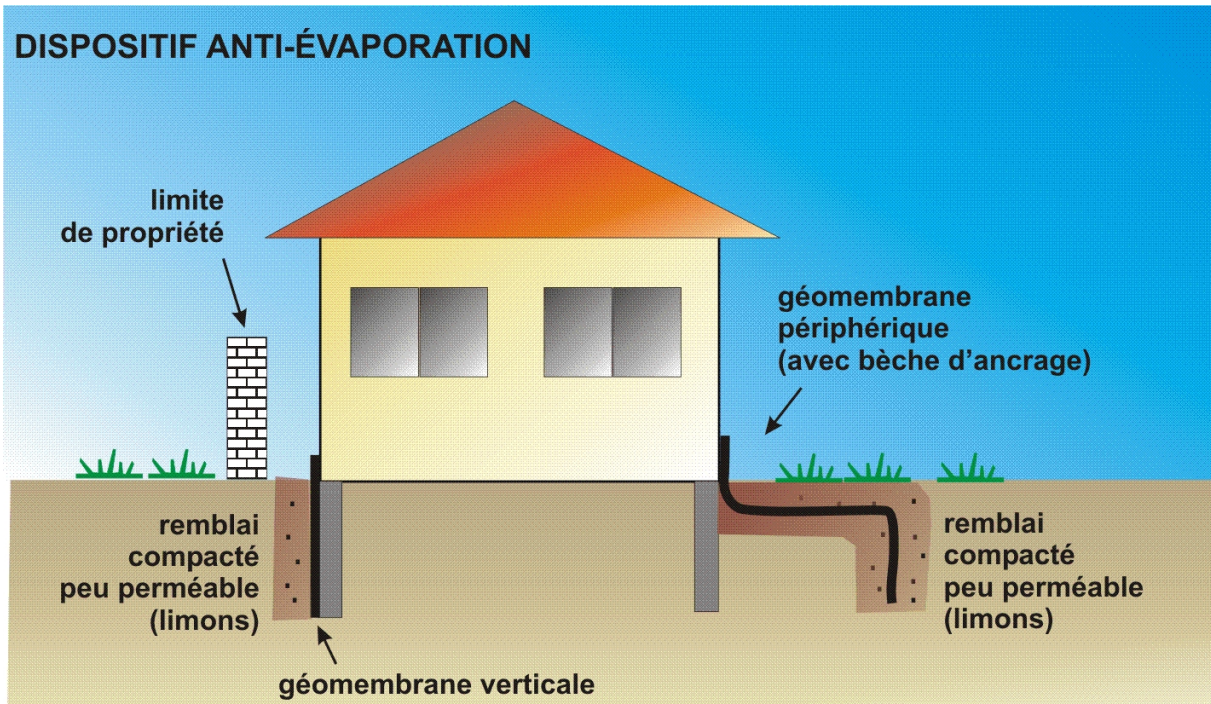


ÉCRAN ANTI-RACINE



RÉCUPERATION DES EAUX DE PLUIE ET DISPOSITIF ANTI-ÉVAPORATION





ANNEXE 5

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

Intitulée : « Missions géotechniques – Classifications et spécifications »

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

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

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

Tableau - Classification des missions géotechniques types

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

**Annexe 3 - Exemple de Plan de Prévention des
Risques naturels concernant les mouvements
différentiels de terrain liés au phénomène de
retrait-gonflement des argiles**

Commune de Clarensac

**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 du Gard

Commune de Clarensac

Règlement



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE,
DU DÉVELOPPEMENT
ET DE L'AMÉNAGEMENT
DURABLES



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Direction
Départementale
de l'Équipement
Gard



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Titre I- Portée du règlement

Article I-1 Champ d'application

Le présent règlement s'applique à la commune de Clarensac. Il détermine les mesures de prévention des risques naturels prévisibles de mouvements de terrain différentiels 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.562-5 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- Mesures applicables aux projets de constructions

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 I- Mesures applicables aux logements individuels hors permis groupés

A défaut d'étude géotechnique couvrant la conception, le pré-dimensionnement et l'exécution des fondations, ainsi que l'adaptation de la construction et de son environnement immédiat aux caractéristiques du site, conformément aux missions géotechniques spécifiées dans la norme NF P94-500 (« Missions géotechniques – classifications et spécifications »), les dispositions suivantes s'appliquent :

A) Mesures structurales :

Article II-I-1 Sont prescrites :

- 1 - les dispositions suivantes de conception et de réalisation des fondations :
 - la profondeur minimum des fondations sur semelles est fixée à :
 - o 1,20 m en zone fortement exposée (B1)
 - o 0,80 m en zone faiblement à moyennement exposée (B2)
 - sauf rencontre de sols durs non argileux à une profondeur inférieure ;

- sur terrain en pente et pour des constructions réalisées sur plate-forme en déblais ou déblais-remblais, ces fondations doivent être descendues à une profondeur plus importante à l'aval qu'à l'amont afin d'assurer une homogénéité 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 ») ;
- les fondations sur radier général impliquent la réalisation d'une bêche périphérique ;

2 - les dispositions de conception et de réalisation des constructions suivantes :

- toutes parties de bâtiment susceptibles d'être soumises à des mouvements différentiels, car exerçant des charges différentes ou fondées différemment, doivent être désolidarisées et séparées par un joint de rupture sur toute la hauteur de la construction. Cette mesure s'impose en particulier pour la création d'un sous-sol partiel sous une construction d'un seul tenant et pour les extensions accolées ;
- 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 porteur sur vide sanitaire ou sur sous-sol total est fortement 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 intérieures. Il doit être réalisé en béton armé, après mise en œuvre d'une couche de forme en matériaux sélectionnés et compactés, et répondre à des prescriptions minimales d'épaisseur, de dosage de béton et de ferrailage, selon les préconisations de la norme DTU 13-3 (« Dallages – conception, calcul et exécution ») ;
- en cas d'implantation d'une source de chaleur en sous-sol, celle-ci ne devra pas être positionnée le long des murs périphériques. A défaut, il devra être mis en place un dispositif spécifique d'isolation des murs.

B) Mesures applicables à l'environnement immédiat :

Article II-I-2 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'un 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-I-3 Sont prescrits :

- la récupération des eaux de ruissellement et son évacuation des abords de la construction par un dispositif de type caniveau ;
- le rejet des eaux pluviales et usées dans le réseau collectif lorsque cela est possible. A défaut, les éventuels rejets ou points d'infiltration doivent être situés à une distance minimale de 10 m de toute construction ;
- la mise en place de dispositifs assurant l'étanchéité des canalisations d'évacuation des eaux usées et pluviales (raccords souples...) ;

- le captage des écoulements de faible profondeur, lorsqu'ils existent, par un dispositif de drainage périphérique situé à une distance minimale de 2 m de toute construction ;
- 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 et à l'infiltration, 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 ;
- la mise en place d'écrans anti-racines d'une profondeur minimale de 2 m entre la construction projetée et tout arbre ou arbuste existant situé à une distance inférieure à sa propre hauteur à maturité ou, à défaut, l'arrachage des arbres concernés ;
- en zone fortement exposée (B1), le respect d'un délai minimum de 1 an entre cet arrachage et le début des travaux de construction lorsque le déboisement concerne des arbres de grande taille ou en grand nombre (plus de cinq) ;

Chapitre II- Mesures applicables à tous les autres bâtiments à l'exception des annexes d'habitation non accolées

Article II-II-1 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 les modalités d'exécution des fondations, ainsi que l'adaptation de la construction et de son environnement immédiat aux caractéristiques du site, conformément aux missions géotechniques spécifiées dans la norme NF P94-500.

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. Les aménagements prescrits ci-dessous sont obligatoires dans la limite où leur coût ne dépasse pas 10 % de la valeur vénale ou estimée du bien à la date d'approbation du PPR.

Article III-1 Sont définies les mesures suivantes :

1. 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
2. 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 ;
3. pour toute nouvelle plantation d'arbre ou d'arbuste, le respect d'une distance d'éloignement par rapport à la construction au moins égale à la hauteur de l'arbre à maturité (1,5 fois en cas de rideau d'arbres ou d'arbustes) ou la mise en place d'écrans anti-racines d'une profondeur minimale de 2 m, interposés entre la plantation la construction ;
4. l'élagage régulier (au minimum tous les 3 ans) de tout arbre ou arbuste implanté à une distance de toute construction inférieure à sa hauteur à maturité, sauf mise en place d'un écran anti-racine d'une profondeur minimale de 2 m ; cet élagage doit permettre de maintenir stable le volume de l'appareil aérien de l'arbre (feuillage et branchage) ;

5. la collecte et le rejet des eaux pluviales et usées au réseau collectif lorsque cela est possible. A défaut, leur évacuation par un système de collecte approprié et leur rejet à une distance la plus grande possible de toute construction ;
6. la mise en place de dispositifs assurant l'étanchéité des canalisations d'évacuation des eaux usées et pluviales (raccords souples...) en cas de remplacement de ces dernières ;
7. le contrôle régulier d'étanchéité des canalisations d'évacuation des eaux usées et pluviales existantes et leur étanchéification en tant que de besoin ;
8. la mise en place sur toute la périphérie de la construction, à l'exception des parties mitoyennes avec un terrain déjà construit ou revêtu, d'un dispositif d'une largeur minimale de 1,50 m s'opposant à l'évaporation et à l'infiltration (terrasse ou géomembrane enterrée).

Article III-2 Mesures applicables en zone B1

En zone fortement exposée (B1), les mesures 1, 3 et 6 définies à l'article III-1 sont rendues immédiatement obligatoires dès l'approbation du présent PPR, la mesure 2 définie à l'article III-1 est rendue obligatoire dans un délai de 1 an à compter de la date d'approbation du présent PPR et le respect des mesures 4, 7 et 8 est fortement recommandé dès approbation du PPR.

Article III-3 Mesures applicables en zone B2

En zone faiblement à moyennement exposée (B2), la mesure 3 définie à l'article III-1 est rendue immédiatement obligatoire dès l'approbation du présent PPR, la mesure 2 définie à l'article III-1 est rendue obligatoire dans un délai de 1 an à compter de la date d'approbation du présent PPR et le respect des mesures 1, 4, 5, 6, 7 et 8 est fortement recommandé dès approbation du PPR.

maître d'ouvrage



plan de prévention des risques naturels prévisibles (PPRN) mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles

département du Gard

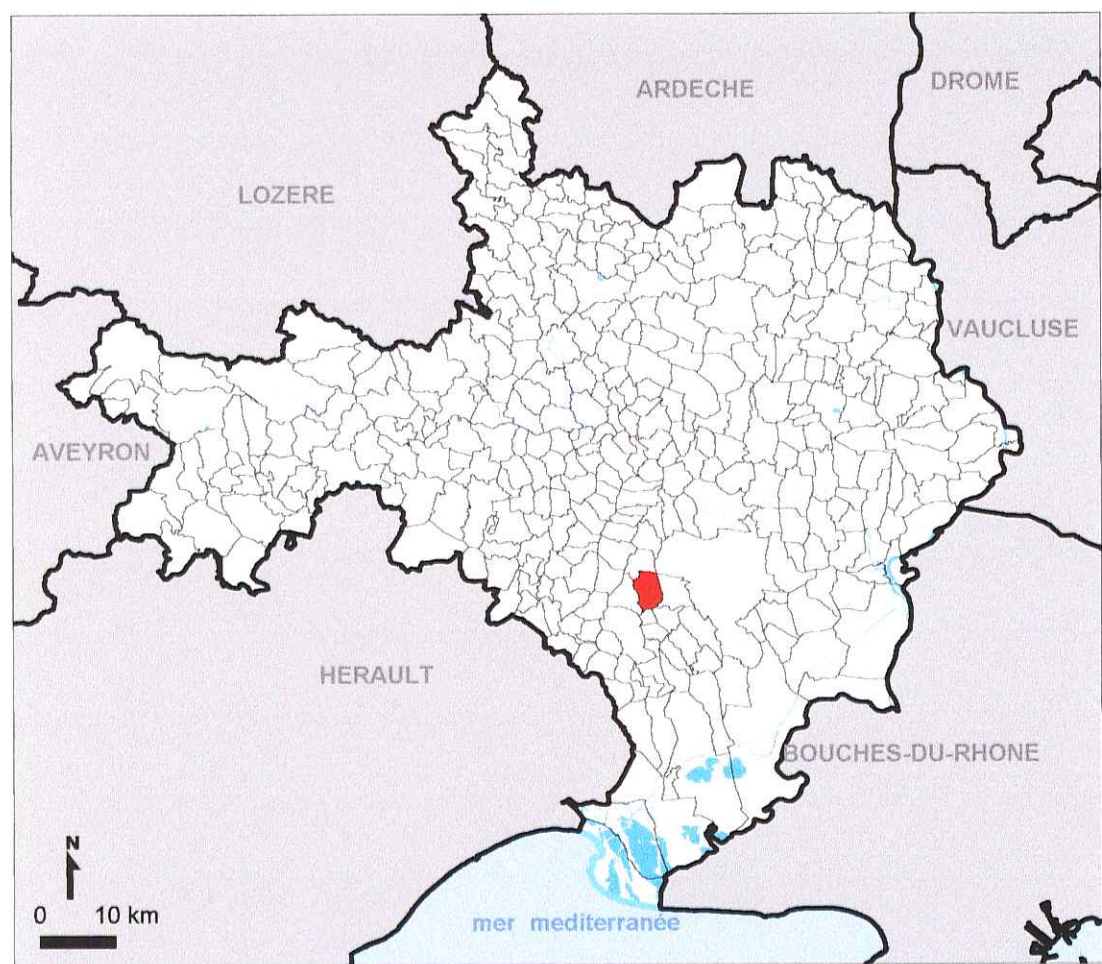
zonage réglementaire

commune : CLARENSAC

maître d'oeuvre



Direction Départementale
de l'Équipement du Gard



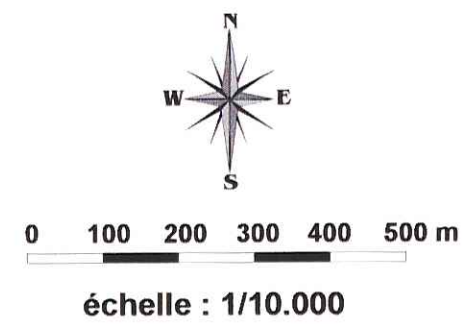
Plan
établi le :
approuvé le :

échelle : 1/10.000

Légende :

ALÉA RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES :

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



Sources des données :
Carte d'aléa : Rapport BRGM RP-55420-FR, septembre 2007
Fond cartographique numérique : Copyright Scan 25 IGN, 2000-2005
Réalisation BRGM, 2007

