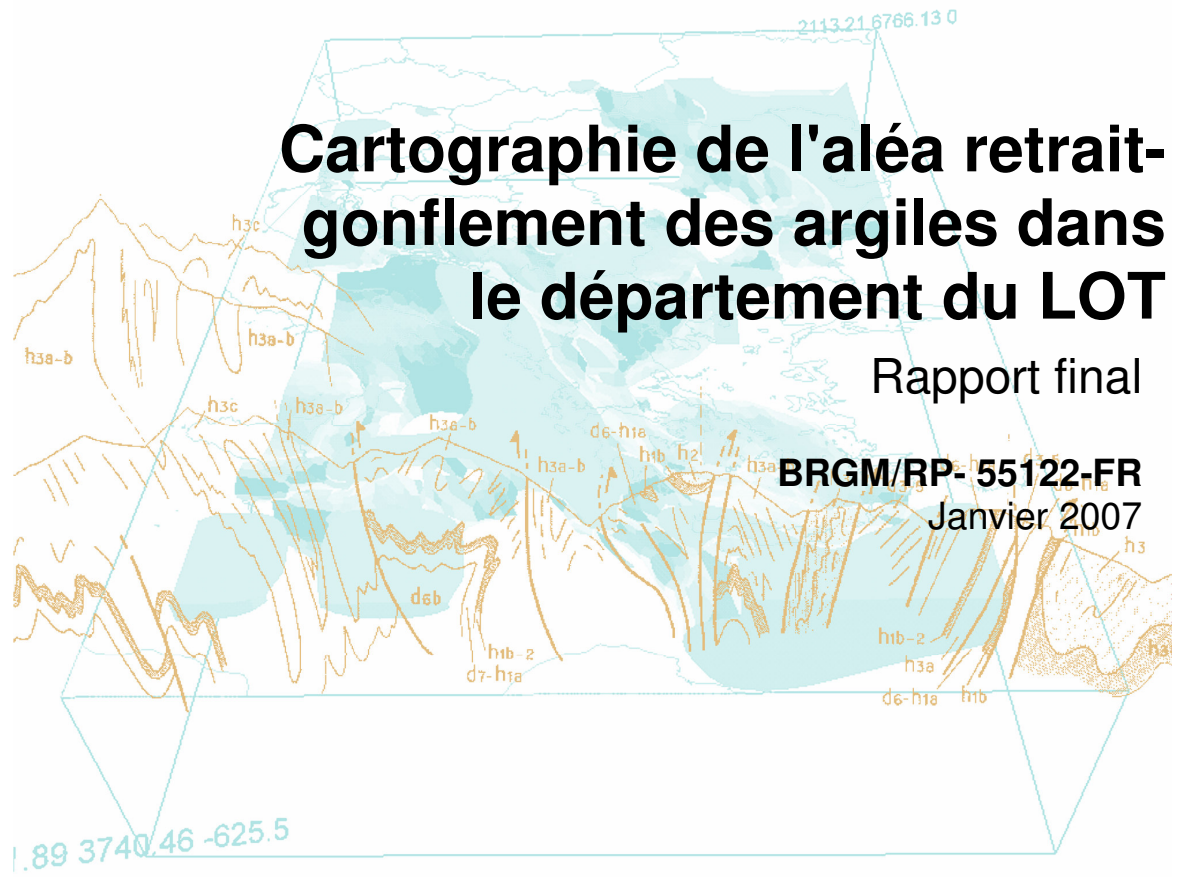


Document public



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

Rapport final

BRGM/RP- 55122-FR
Janvier 2007



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

Rapport final

BRGM/RP- 55122-FR

Janvier 2007

Étude réalisée dans le cadre de l'opération
de Service public du BRGM 05RISD12

G. Delpont, A. Bellier, M. Ghyselincq

Vérificateur :

Nom : M. Vincent

Signé le 18/12/2006

Approbateur :

Nom : Ph. Dutartre

Signé le 23/01/2007



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

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

G. Delpont, A. Bellier, M. Ghyselincq (2006) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Lot. Rapport BRGM/RP-55122-FR, 107 p., 22 ill., 5 ann., 3 cartes h.- t.

© BRGM, 2006, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

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

Le Lot fait partie des départements français touchés par le phénomène, puisque 624 sinistres déclarés liés à la sécheresse y ont été recensés dans le cadre de la présente étude, au 31 août 2006. 86 communes sur les 340 que compte le département ont été reconnues en état de catastrophe naturelle pour ce phénomène, pour des périodes comprises entre mai 1989 et mai 2006, soit un taux de sinistralité de 25 %. Par ailleurs, d'après les données de la Caisse Centrale de Réassurance, le Lot est situé en 45^{ème} position des départements français en terme de coût d'indemnisation pour ce phénomène. Il se place en 35^{ème} position en terme d'occurrences de reconnaissance de catastrophe naturelle (en distinguant par commune et par période). Ces chiffres montrent que le Lot est affecté par le phénomène, surtout si l'on considère qu'il n'arrive qu'au 90^{ème} rang des départements français en terme de population (INSEE 1999).

Afin d'établir un constat scientifique objectif et de disposer de documents de référence permettant une information préventive, le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (MEDD) a demandé au BRGM de réaliser une cartographie de cet aléa à l'échelle de tout le département du Lot, dans le but de définir les zones les plus exposées au phénomène de retrait-gonflement des argiles. Cette étude, réalisée par le BRGM dans le cadre de sa mission de service public sur les risques naturels, s'intègre dans un programme national de cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux, qui devrait concerner au moins 64 départements parmi les plus touchés et couvrir la totalité de la région Midi-Pyrénées.

L'étude a été conduite par le Service Géologique Régional Midi-Pyrénées du BRGM en collaboration avec le Service Aménagement et Risques Naturels de ce même organisme. Le financement en a été assuré à hauteur de 50 % par la dotation de service public du BRGM, le complément ayant été apporté par le fonds de prévention des risques naturels majeurs, dans le cadre d'une convention de cofinancement signée avec la Direction Départementale de l'Équipement (DDE) du Lot.

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

comportement géotechnique, ce qui a conduit à l'établissement d'une carte départementale de susceptibilité vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement.

La carte d'aléa a alors été établie à partir de la carte synthétique des formations argileuses et marneuses, après hiérarchisation de celles-ci en tenant compte non seulement de la susceptibilité des formations identifiées mais aussi de la probabilité d'occurrence du phénomène. Cette dernière a été évaluée à partir du recensement des sinistres (627) en calculant pour chaque formation sélectionnée une densité de sinistres, rapportée à la surface d'affleurement réellement urbanisée, afin de permettre des comparaisons fiables entre les formations. Sur cette carte, les zones d'affleurement des formations argileuses sont caractérisées par deux niveaux d'aléa (moyen et faible).

Sur l'ensemble du département,

- aucun site du département n'a été classé en aléa fort, et ceci en référence aux cartes établies dans d'autres départements, sur la base des mêmes critères,
- 7 % du département a été caractérisé en aléa moyen,
- 48 % du département a été caractérisé en aléa faible,
- 45 % de la surface du département a été caractérisé en aléa a priori nul (y compris la surface correspondant au réseau hydrographique).

Il n'est toutefois pas exclu que, sur ces derniers secteurs, considérés d'aléa a priori nul, et compte tenu de la grande hétérogénéité de la lithologie, se trouvent localement des zones argileuses d'extension limitée, notamment dues à l'altération localisée des calcaires ou à des lentilles argileuses non cartographiées, et susceptibles de provoquer des sinistres. De fait la présence de 42 sinistres, soit 6,7% du total, est constatée sur l'ensemble des formations considérées comme non argileuses, les calcaires formant les reliefs des Causses en particulier. Même si ce nombre semble lié à la fréquente présence d'argile de décalcification à la surface des plateaux calcaires, il paraît difficile d'attribuer à ces derniers une valeur de susceptibilité et d'aléa, sauf à considérer que tout le département est au moins en aléa faible.

Cette carte d'aléa retrait-gonflement des terrains argileux du département du Lot, dont l'échelle de validité est, au mieux, de l'ordre du 1/50 000 et qui est présentée, hors texte, à l'échelle 1/125 000, pourra servir de base à des actions d'information préventive dans les communes les plus touchées par le phénomène. Elle constitue également le point de départ pour l'élaboration de Plans de Prévention des Risques naturels (PPR), en vue d'attirer l'attention des constructeurs et maîtres d'ouvrages sur la nécessité de respecter certaines règles constructives préventives dans les zones soumises à l'aléa retrait-gonflement, en fonction du niveau de celui-ci. Cet outil réglementaire devra insister sur l'importance d'une étude géotechnique à la parcelle comme préalable à toute construction nouvelle dans les secteurs concernés par les formations géologiques à aléa moyen ou faible, notamment en raison de la forte hétérogénéité des formations du département. A défaut, il conviendra de mettre en œuvre des règles constructives type par zones d'aléa, visant à réduire le risque de survenance de sinistres.

Sommaire

1. Introduction.....	11
2. Méthodologie	13
2.1. FACTEURS INTERVENANT DANS LE RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES.....	13
2.1.1. Facteurs de prédisposition	14
2.1.2. Facteurs de déclenchement	18
2.2. METHODOLOGIE	19
2.2.1. Cartographie des formations argileuses et marneuses.....	19
2.2.2. Caractérisation lithologique, minéralogique et géotechnique des formations	20
2.2.3. Examen des autres facteurs de prédisposition et de déclenchement ...	21
2.2.4. Carte de susceptibilité	21
2.2.5. Recensement et localisation géographique des sinistres	22
2.2.6. Détermination des densités de sinistres	22
2.2.7. Carte d'aléa	23
3. Présentation du département du Lot	25
3.1. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE	25
3.2. CONTEXTE CLIMATIQUE	26
4. Identification et cartographie des formations géologiques argileuses et marneuses.....	27
4.1. DOCUMENTS ET METHODOLOGIE UTILISES	27

4.1.1. Documents utilisés	27
4.1.2. Méthode de réalisation de la carte des formations argileuses et marneuses	28
4.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE REGIONAL.....	29
4.3. LITHOSTRATIGRAPHIE DES FORMATIONS ARGILEUSES ET MARNEUSES	31
4.4. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE REGIONAL	38
4.4.1. Référentiel Hydrogéologique	38
5. Caractérisations lithologique, minéralogique et géotechnique des formations argileuses et marneuses et élaboration de la carte de susceptibilité.....	43
5.1. GENERALITES SUR L'ELABORATION DE LA CARTE DE SUSCEPTIBILITE	43
5.1.1. Critères retenus.....	43
5.1.2. Méthode de classification	43
5.2. CRITERE LITHOLOGIQUE	44
5.2.1. Définition du critère lithologique et barème.....	44
5.2.2. Caractérisation lithologique des formations argileuses et marneuses du département du Lot	45
5.3. CARACTERISATION MINERALOGIQUE DES FORMATIONS ARGILEUSES ET MARNEUSES	47
5.3.1. Définition du critère minéralogique et barème	47
5.3.2. Source des données	47
5.3.3. Caractérisation minéralogique des formations argileuses et marneuses du département du Lot	50
5.4. CARACTERISATION GEOTECHNIQUE DES FORMATIONS ARGILEUSES ET MARNEUSES.....	51
5.4.1. Définition du critère géotechnique et barème	51

5.4.2. Source des données	55
5.4.3. Caractérisation géotechnique des formations argileuses et marneuses du département du Lot	56
5.5. ELABORATION DE LA CARTE DE SUSCEPTIBILITE	58
5.5.1. Détermination du degré de susceptibilité.....	58
5.5.2. Susceptibilité des formations argileuses et marneuses	58
5.5.3. Carte de susceptibilité.....	59
6. Inventaires des communes sinistrées et des sinistres sécheresse - détermination du critère densité de sinistres	61
6.1. PROCEDURE DE DEMANDE DE RECONNAISSANCE DE L'ETAT DE CATASTROPHE NATURELLE.....	61
6.2. IDENTIFICATION DES COMMUNES SINISTREES.....	62
6.3. ANALYSE DES PERIODES DECLAREES DE SINISTRES	65
6.4. COLLECTE DES DONNEES DE SINISTRES	66
6.5. REPARTITION DES SINISTRES PAR FORMATION GEOLOGIQUE ET DENSITES DE SINISTRES.....	70
6.5.1. Densité de sinistre rapportée à la surface d'affleurement des formations géologiques	70
6.5.2. Densité de sinistre rapportée à la surface urbanisée.....	70
6.5.3. Détermination de la densité de sinistres par formation urbanisée	73
7. Carte d'aléa	76
7.1. DETERMINATION DU NIVEAU D'ALEA	76
7.2. CARTE D'ALEA.....	77
7.3. COMPARAISON DES RESULTATS OBTENUS AVEC LES DEPARTEMENTS VOISINS DEJA CARTOGRAPHIES	80

7.4. SYNTHÈSE DE L'ALÉA RETRAIT-GONFLEMENT DANS LE LOT	80
8. Conclusion	83
9. Bibliographie.....	85

Liste des illustrations

Illustration 1 – Schématisation de la dessiccation des sols argileux en période sèche	13
Illustration 2 – Carte de présentation du Lot (extrait du MNT IGN)	26
Illustration 3 – Assemblage des cartes géologiques à l'échelle du 1/50 000 du Lot sur fond de carte géologique de la France à l'échelle du 1/1 000 000.....	28
Illustration 4 : Carte géologique du département du Lot (extrait de la carte géologique de la France à l'échelle du 1/1 000 000).....	30
Illustration 5 – Liste des formations argileuses ou marneuses du Lot	31
Illustration 6 – Carte des formations argileuses et marneuses du Lot	32
Illustration 7 – Caractéristiques des systèmes aquifères (SA) du RHF dans le Lot.....	40
Illustration 8 – Carte schématique des systèmes aquifères du RHF du Lot	40
Illustration 9 - Note lithologique des formations argileuses et marneuses	46
Illustration 10 - Localisation des prélèvements effectués dans le cadre de l'étude	49
Illustration 11 - Résultats de la diffractométrie aux rayons X et notation minéralogique	51
Illustration 12 – Notation géotechnique des formations argileuses et marneuses	57
Illustration 13 - Indice de susceptibilité des formations	59
Illustration 14 - Susceptibilité au retrait gonflement du département du Lot	60
Illustration 15 - Carte des communes sinistrées	64
Illustration 16 – Répartition de la survenue des sinistres entre 1989 et 2003.....	65
Illustration 17 – Répartition des dates de signature des arrêtés entre 1990 et 2006.....	66
Illustration 18 - Localisation des sinistres sur la carte des formations argileuses et marneuses du département.....	68
Illustration 19 - Nombre de sinistres recensés par commune	69
Illustration 20 - Répartition des sinistres sur les surfaces d'affleurement des formations géologiques et pondération en fonction des surfaces urbanisées	72
Illustration 21 - Carte des principales zones urbanisées.....	74
Illustration 22 - Calcul du niveau d'aléa des formations argileuses et marneuses.....	77
Illustration 23 - Carte départementale de l'aléa retrait-gonflement des argiles.....	79
Illustration 24 - Classement des formations en fonction de leur niveau d'aléa	81

Liste des annexes

Annexe 1 – Rappels sur le mécanisme de retrait-gonflement des argiles	91
Annexe 2 – Résultats des analyses	97
Annexe 3 – Liste des 86 communes du Lot reconnues en état de catastrophe naturelle au titre des mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols et dates des périodes de reconnaissance - Etat à fin mai 2006.....	105
Annexe 4 – Extrait de la liste des sinistres "sécheresse" recensés dans le cadre de cette étude.....	111
Annexe 5 – Exemple de fiche analytique de notice de carte géologique	113

Liste des cartes hors-textes

Carte 1 – Carte synthétique des formations argileuses et marneuses (échelle 1/125 000)	
Carte 2 – Carte départementale de susceptibilité au retrait-gonflement des argiles (échelle 1/125 000)	
Carte 3 – Carte départementale de l'aléa retrait-gonflement des argiles (échelle 1/125 000)	

1. Introduction

Les phénomènes de retrait-gonflement de certains sols argileux provoquent des tassements différentiels qui se manifestent par des désordres affectant principalement le bâti individuel. En France métropolitaine, ces phénomènes ont été mis en évidence à l'occasion de la sécheresse exceptionnelle de l'été 1976. Ils ont pris depuis une ampleur importante lors des périodes sèches des années 1989-91 et 1996-97 et, tout dernièrement, au cours de l'été 2003.

Selon des critères mécaniques, les variations de volume du sol ou des formations lithologiques affleurantes à sub-affleurantes sont dues, d'une part, à l'interaction eau – solide, aux échelles microscopiques et macroscopiques, et, d'autre part, à la modification de l'état de contrainte en présence d'eau. Ces variations peuvent s'exprimer soit par un gonflement (augmentation de volume), soit par un retrait (réduction de volume). Elles sont spécifiques de certains matériaux argileux, en particulier ceux appartenant au groupe des smectites (dont fait partie la montmorillonite).

Sous un climat tempéré, les argiles situées à faible profondeur sont souvent déconsolidées, humidifiées et ont épuisé leur potentiel de gonflement à l'état naturel. Mais elles sont dans un état éloigné de leur limite de retrait (teneur en eau à partir de laquelle toute diminution de cette teneur provoquera une fissuration du matériau argileux par dessiccation) et peuvent se rétracter si leur teneur en eau diminue de façon notable. Dans ce contexte, les sinistres surviennent donc surtout lorsqu'une période de sécheresse intense ou prolongée provoque l'apparition de pressions interstitielles négatives dans la tranche superficielle du sol, soumise à évapotranspiration.

La prise en compte, par les compagnies d'assurance, des sinistres liés à la sécheresse 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 (début d'application de cette procédure aux sinistres résultant de mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et la réhydratation des sols), plus de 7 300 communes françaises, réparties dans 90 départements, ont été reconnues en état de catastrophe naturelle à ce titre. A fin 2002, le coût des sinistres dus à la sécheresse, indemnisés en France en application de la loi de 1982, a été évalué par la Caisse Centrale de Réassurance (CCR) à environ 3,3 milliards d'euros, ce qui en fait la deuxième cause d'indemnisation de catastrophes naturelles derrière les inondations.

La région Midi-Pyrénées a été particulièrement affectée par ce phénomène puisque quatre des huit départements qu'elle compte (Haute-Garonne, Gers, Tarn et Tarn-et-Garonne) se situent parmi les 15 départements qui présentent les coûts cumulés d'indemnisation les plus élevés (données CCR, février 2005), le Lot étant classé en 45^{ème} position. Ce département, d'une superficie de 5 216 km², comptait 166 804 habitants en 2004 (sources INSEE). Au total, au 04 septembre 2006, 86 communes sur les 340 que compte le département y ont été reconnues en état de catastrophe naturelle sécheresse, pour des périodes allant de mai 1989 à septembre 2003, soit un taux de sinistralité de 25 %.

Afin d'établir un constat scientifique objectif à l'échelle de tout le département et de disposer de documents de référence permettant une information préventive, le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable a souhaité réaliser une carte de l'aléa retrait-gonflement dans le but de définir les zones les plus exposées au phénomène. Cette étude a été confiée au BRGM qui, dans le cadre de sa mission de service public sur les risques naturels, a élaboré une méthodologie de cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles à l'échelle départementale. L'intérêt d'une telle étude est multiple :

- compréhension de la corrélation entre la nature géologique des terrains et la répartition statistique des sinistres, à l'échelle départementale, puis régionale quand tous les départements limitrophes seront étudiés ;
- élaboration d'un document de prévention, en matière d'aménagement du territoire, destiné à la fois aux pouvoirs publics (pour l'établissement ultérieur de Plans de Prévention des Risques prenant en compte l'aléa retrait-gonflement), aux particuliers, aux professionnels de la construction et surtout aux maîtres d'ouvrages désireux de construire en zone sensible, afin qu'ils prennent, en connaissance de cause, les dispositions constructives qui s'imposent pour que le bâtiment ne soit pas affecté par des désordres ;
- élaboration d'un outil à l'usage des experts pour le diagnostic des futures déclarations de sinistres.

La présente étude a été réalisée par le Service Géologique Régional Midi-Pyrénées du BRGM en collaboration avec le Service Aménagement et Risques Naturels de ce même organisme. Le financement en a été assuré à hauteur de 50 % par la dotation de service public du BRGM, le complément ayant été financé par le fonds de prévention des risques naturels majeurs, dans le cadre d'une convention de cofinancement signée avec la DDE du Lot.

Cette étude a été réalisée dans le cadre de la mission de service public du BRGM sur les risques naturels et s'intègre dans un programme national de cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux qui doit concerner au moins 64 départements français parmi les plus touchés par le phénomène.

2. Méthodologie

2.1. FACTEURS INTERVENANT DANS LE RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES

Les phénomènes de retrait-gonflement sont dus pour l'essentiel à des variations de volume de formations argileuses sous l'effet de l'évolution de leur teneur en eau, comme rappelé en annexe 1 et schématisé sur l'illustration 1. Ces variations de volume se traduisent par des mouvements différentiels de terrain, susceptibles de provoquer des désordres au niveau du bâti.

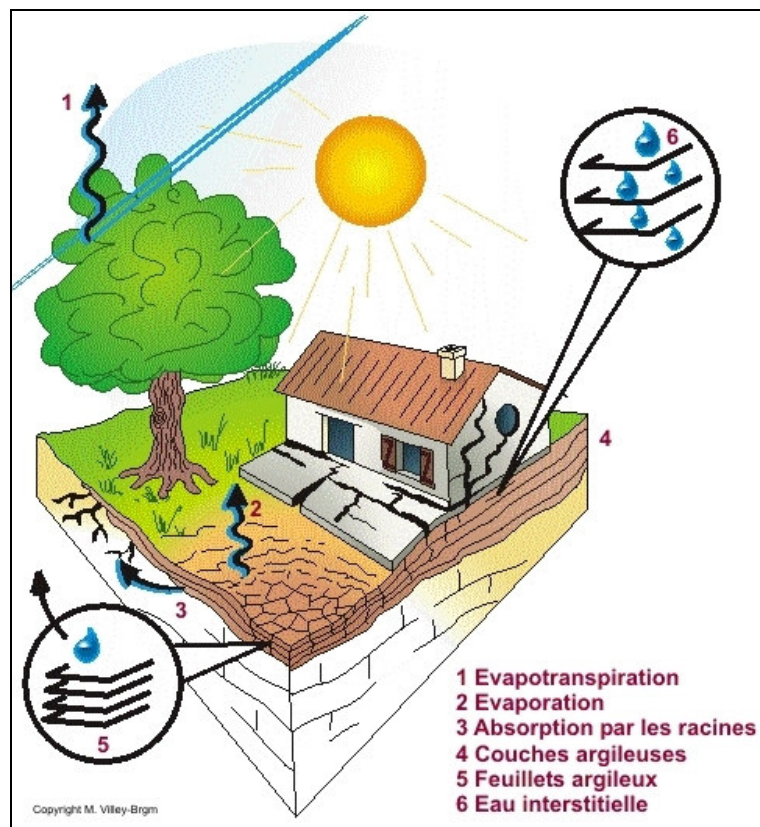


Illustration 1 – Schématisation de la dessiccation des sols argileux en période sèche

Par définition, l'aléa retrait-gonflement est la probabilité d'occurrence spatiale et temporelle des conditions nécessaires à la réalisation d'un tel phénomène. Parmi les facteurs de causalité, on distingue classiquement des facteurs de prédisposition et des facteurs de déclenchement.

Les facteurs de prédisposition sont ceux dont la présence induit le phénomène de retrait-gonflement, mais ne suffit pas à elle seule à le déclencher. Ces facteurs sont fixes ou évoluent très lentement avec le temps. On distingue les facteurs internes, qui sont liés à la nature du sol, et des facteurs d'environnement qui caractérisent plutôt le site. Les facteurs de prédisposition permanents conditionnent en fait la répartition spatiale du phénomène. Ils permettent de caractériser la susceptibilité du milieu vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement.

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 déclenchant permet de déterminer l'occurrence du phénomène (autrement dit l'aléa et non plus seulement la susceptibilité).

2.1.1. Facteurs de prédisposition

Nature du sol

La nature du sol constitue un facteur de prédisposition prédominant dans le mécanisme de retrait-gonflement : seules les formations géologiques présentant des minéraux argileux sont sujettes au phénomène et leur susceptibilité dépend de leur lithologie, de leur géométrie, de leur minéralogie et de leur comportement géotechnique.

La procédure d'étude de la nature du sol, basée sur l'exploitation des cartes géologiques à l'échelle 1/50 000 éditées par le BRGM, comporte un inventaire des formations affleurantes à sub-affleurantes, à composante argileuse ou marneuse, puis leur cartographie.

La majorité des dossiers consultés montre que les sinistres sont corrélés à la présence d'une formation argileuse ou marneuse bien définie, ce qui conforte le concept adopté. Cependant, il est important de signaler qu'une carte géologique en tant que telle ne suffit pas à déterminer la répartition des sols argileux sujets au retrait-gonflement. Trois raisons peuvent être citées :

- les cartes géologiques sont des cartes stratigraphiques et non lithologiques. Cela signifie que les limites des formations sont tracées en ne tenant compte que des limites d'âge des terrains et non de leur nature,
- les cartes minimisent souvent les formations superficielles pour valoriser les roches plus profondes,
- les cartes ne prennent pas toujours en compte les éventuelles transformations locales du sol (principalement sous l'effet de l'altération de la roche).

C'est en particulier le cas, dans le département du Lot, pour la formation des molasses qui sont représentées par deux figurés principaux, correspondant aux âges éocène et

miocène. Ces derniers englobent indistinctement des grès, des silts, des argiles et des calcaires, disposés selon une géométrie très complexe, résultat d'un dépôt en contexte de chenaux torrentiels et alluviaux anastomosés. C'est également le cas des altérites qui affectent des terrains anciens de la bordure ouest du Massif Central.

Concernant la nature des formations géologiques, les éléments qui influent sur la susceptibilité au retrait-gonflement sont en premier lieu la lithologie de la formation (c'est-à-dire principalement la proportion de matériau argileux, autrement dit d'éléments fins inférieurs à 2 μm).

En moindre proportion mais non négligeable, la géométrie de la formation argileuse influe sur la susceptibilité au retrait-gonflement. Les effets du phénomène seront d'autant plus importants que la formation sera en position superficielle et que les niveaux argileux en son sein seront épais et continus. Une alternance de niveaux argileux et de lits plus perméables (sableux, par exemple), sièges de circulations d'eau temporaires, constitue également une configuration défavorable, car à l'origine de fréquentes variations de teneur en eau dans les parties argileuses.

Un facteur prépondérant qui détermine le degré de susceptibilité d'une formation argileuse au phénomène de retrait-gonflement, est sa composition minéralogique. Une formation sera d'autant plus susceptible au phénomène que sa fraction argileuse (au sens granulométrique) contiendra une forte proportion de minéraux argileux dits "gonflants". En effet, certains minéraux argileux présentent, par rapport aux autres, une aptitude nettement supérieure vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement. Il s'agit essentiellement des smectites (dont font partie les montmorillonites), de certains minéraux argileux interstratifiés, de la vermiculite et de certaines chlorites.

Cette composition minéralogique dépend étroitement des conditions de dépôt et d'évolution diagénétique (ensemble des processus qui affectent un dépôt sédimentaire initial pour le transformer en roche). On peut donc approcher cette connaissance par une reconstitution des conditions paléogéographiques ayant présidé à la mise en place des différentes formations (dépôt sédimentaire initial). De façon plus quantitative, mais dont la valeur n'est que ponctuelle, la connaissance de la composition minéralogique d'une formation argileuse se détermine directement par des analyses diffractométriques aux rayons X. On peut enfin caractériser, par des essais géotechniques en laboratoire, l'aptitude du matériau à absorber de l'eau, voire mesurer directement sa capacité de retrait ou de gonflement. Ces deux dernières approches (caractérisation minéralogique et évaluation du comportement géotechnique du matériau) présentent l'avantage majeur de fournir des résultats quantitatifs rigoureux, mais exigent un grand nombre de mesures pour caractériser de manière statistique le comportement de chacune des formations, qui peuvent être par nature hétérogènes.

Contexte hydrogéologique

Parmi les facteurs de prédisposition, les conditions hydrogéologiques constituent un des facteurs environnementaux régissant les conditions hydrauliques in situ. Or la présence d'une nappe phréatique rend plus complexe le phénomène de retrait-gonflement. En effet, les conditions hydrauliques in situ (teneur en eau et degré de

saturation) varient dans le temps non seulement en fonction de l'évapotranspiration (dont l'action est prépondérante sur une tranche très superficielle de l'ordre de 1 à 2 m d'épaisseur) mais aussi en fonction des fluctuations de la nappe éventuelle (dont l'action devient prépondérante en profondeur).

La présence d'une nappe permanente à faible profondeur permet généralement d'éviter la dessiccation de la tranche superficielle de sol. Inversement, un rabattement de cette nappe (sous l'effet de pompages ou d'un abaissement généralisé du niveau), ou le tarissement naturel des circulations d'eau superficielles en période de sécheresse, aggrave la dessiccation de la tranche de sol soumise à l'évaporation. Ainsi, dans le cas d'une formation argileuse surmontant une couche sablo-graveleuse, un éventuel dénoyage de cette dernière provoque l'arrêt des remontées capillaires dans le terrain argileux et contribue à sa dessiccation.

Géomorphologie

La topographie constitue un facteur permanent de prédisposition et d'environnement qui peut conditionner la répartition spatiale du phénomène de retrait-gonflement.

La présence d'une pente favorise le ruissellement et le drainage par phénomène gravitaire, tandis qu'une morphologie plate sera d'avantage susceptible de recueillir des eaux stagnantes qui ralentiront la dessiccation du sol. Par ailleurs, 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. En outre, les formations argileuses et marneuses qui affleurent sur le flanc des vallées peuvent occasionner, localement, un fluage lent du versant et la formation de loupes argileuses. Ce phénomène vient s'ajouter aux désordres consécutifs à la seule dessiccation du sol.

D'autre part, il arrive souvent qu'une maison construite sur un terrain en pente soit plus sujette au problème de retrait-gonflement, en raison d'une dissymétrie des fondations lorsque celles-ci sont ancrées à une cote identique à l'amont et à l'aval. Le bâtiment se trouve alors enterré plus profondément du côté amont. De ce fait, les fondations situées à l'aval, étant en position plus superficielle, seront davantage sensibles aux variations de teneur en eau du sol. Cet effet est même parfois renforcé par une différence de nature du sol situé à la base des formations amont et aval, la couche d'altération superficielle suivant généralement plus ou moins la topographie.

Par ailleurs, les zones de plateau ont pu être soumises à des phénomènes de karstification qui se traduisent par l'existence de cavités karstiques formées aux dépens de formations calcaires et remplies d'argiles sujettes au phénomène de retrait-gonflement.

Compte tenu de ce qui précède, la pertinence de la prise en compte de la morphologie dans le calcul des cartes de susceptibilité au retrait-gonflement des argiles, en préalable à la carte d'aléa, a été étudiée, notamment dans le département du Gers (Norie et al., 2001). Sur la base d'une information altimétrique homogène à l'échelle du département (le MNT IGN au pas de 50 m), l'influence de la morphologie sur la

localisation des dommages a été testée à partir de 3 documents différents, dérivés du MNT :

- une carte des pentes,
- une carte de « courbure de profil », qui permet de différencier la morphologie d'une pente (concave ou convexe),
- une carte de « courbure tangentielle », qui donne une information sur le degré d'encaissement du relief étudié.

Chacune des cartes obtenues a été ensuite superposée à la carte de répartition géographique des sinistres afin de calculer statistiquement la corrélation existant entre ces informations dérivées et les dommages.

Les résultats décevants de cette évaluation n'ont pas conduit à conserver la morphologie comme critère déterminant dans la définition de la susceptibilité au phénomène étudié. Ils ont confirmé par là même la prééminence de la lithologie comme facteur de prédisposition du phénomène de retrait gonflement.

Végétation

Il est avéré que la présence de végétation arborée à proximité d'une maison peut constituer un facteur déclenchant du phénomène de retrait-gonflement, même s'il n'est souvent qu'un facteur aggravant de prédisposition. En effet, les racines soutirent par succion (mécanisme d'osmose) l'eau du sol. Cette succion crée un gradient de la teneur en eau du sol, qui peut se traduire par un tassement localisé du sol autour de l'arbre. Si la distance au bâtiment n'est pas suffisante, cela entraînera des désordres dans les fondations. On considère en général que l'influence d'un arbre adulte se fait sentir jusqu'à une distance égale à une fois ou une fois et demi sa hauteur, mais ceci est variable selon les espèces arborées.

Il est à noter que les racines seront naturellement incitées à se développer en direction de la maison, puisque celle-ci s'oppose à l'évaporation et qu'elle maintient donc une zone de sol plus humide sous sa surface. Contrairement au processus d'évaporation, qui affecte surtout la tranche superficielle des deux premiers mètres, les racines d'arbres peuvent avoir une influence jusqu'à 4 voire 5 m de profondeur. Le phénomène sera d'autant plus important que l'arbre est en pleine croissance et qu'il a, de ce fait, davantage besoin d'eau.

Ainsi, on considère qu'un peuplier ou un saule adulte a besoin de 300 litres d'eau par jour en été (Habib, 1992). En France, les arbres considérés comme les plus dangereux du fait de leur influence sur les phénomènes de retrait seraient les chênes, les peupliers, les saules, les cyprès et les cèdres. Des massifs de buissons ou d'arbustes situés près des façades (et notamment la vigne vierge) peuvent cependant aussi causer des dégâts.

Défauts de construction

Ce facteur de prédisposition, dont l'existence peut être révélée à l'occasion d'une sécheresse exceptionnelle, se traduit par la survenance ou l'aggravation des désordres. L'importance de ce facteur avait déjà été mise en évidence par les études menées en 1990 par l'Agence Qualité Construction et en 1991 par le CEBTP, lesquelles montraient que la plupart des sinistres concernaient des maisons individuelles dépourvues de chaînage horizontal et fondées sur semelles continues peu ou non armées et peu profondes (40 à 80 cm).

L'examen de dossiers d'expertises réalisées après sinistre confirme que de nombreuses maisons déclarées sinistrées présentent des défauts de conception ou de réalisation des fondations (souvent trop superficielles, hétérogènes ou fondées dans des niveaux différents) et il est probable que des fondations réalisées dans les règles de l'art auraient pu, dans de tels cas, suffire à limiter fortement, voire à éviter l'apparition de ces désordres. Par ailleurs, il est à noter que les désordres ne se limitent pas aux maisons récentes, mais concernent aussi des bâtiments anciens qui semblaient avoir été épargnés jusque là.

2.1.2. Facteurs de déclenchement

Phénomènes climatiques

Les phénomènes météorologiques exceptionnels constituent le principal facteur de déclenchement du phénomène de retrait-gonflement. Les variations de teneur en eau du sol sont dues à des variations climatiques saisonnières. La profondeur de terrain affectée par les variations saisonnières de teneur en eau ne dépasse guère 1 à 2 m sous nos climats tempérés, mais peut atteindre 3 à 5 m lors d'une sécheresse exceptionnelle, ou dans un environnement défavorable (végétation proche).

Les deux paramètres importants sont les précipitations et l'évapotranspiration. En l'absence de nappe phréatique, ces deux paramètres contrôlent en effet les variations de teneur en eau dans la tranche superficielle des sols. 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). Ce paramètre est mesuré dans certaines stations météorologiques mais sa répartition spatiale est difficile à appréhender car sa valeur 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 difficile de relier la répartition, dans le temps, des hauteurs de pluies efficaces avec l'évolution des teneurs en eau dans le sol. On observe évidemment qu'après une période de sécheresse prolongée la teneur en eau dans la tranche superficielle de sol a tendance à diminuer, 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'évapotranspiration, mais aussi le ruissellement. Mais toute la difficulté est de

connaître la réserve utile des sols, c'est-à-dire leur capacité d'emmagasiner de l'eau et de la restituer ensuite (par évaporation ou en la transférant à la végétation par son système racinaire). Le volume de cette réserve utile n'est généralement connu que ponctuellement et l'état de son remplissage ne peut être estimé que moyennant certaines hypothèses (on considère généralement qu'elle est pleine en fin d'hiver), ce qui rend extrêmement délicate toute analyse de ce paramètre à une échelle départementale. Un autre paramètre difficile à estimer de façon systématique est le volume d'eau transféré de la zone non saturée à la nappe phréatique, ainsi que le rythme de ce transfert.

Facteurs anthropiques

Il s'agit de facteurs de déclenchement qui ne sont pas liés à un phénomène climatique, par nature imprévisible, mais à une action humaine. En effet, les travaux d'aménagement, en modifiant la répartition des écoulements superficiels et souterrains, ainsi que les possibilités d'évaporation naturelle, sont susceptibles d'entraîner des modifications dans l'évolution des teneurs en eau de la tranche superficielle de sol. En particulier, des travaux de drainage réalisés à proximité immédiate d'une maison peuvent provoquer des mouvements différentiels du terrain dans le voisinage. Inversement, une fuite dans un réseau enterré ou une infiltration des eaux pluviales en pied de façade peut entraîner un mouvement consécutif à un gonflement des argiles.

Par ailleurs, la présence de sources de chaleur en sous-sol (four ou chaudière) près d'un mur mal isolé peut, dans certains cas, aggraver voire déclencher la dessiccation du sol à proximité et entraîner l'apparition de désordres localisés.

2.2. METHODOLOGIE

La méthodologie de cartographie de l'aléa développée par le BRGM a été mise au point à partir d'études similaires menées d'abord dans le département des Alpes de Haute-Provence (1995-96) et des Deux-Sèvres (1998), puis dans l'Essonne (2000). Cette méthodologie a été validée par le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (MEDD) et est désormais appliquée dans le cadre d'un programme qui concernera au moins 64 départements français, ce qui permettra d'obtenir des résultats homogènes au niveau national. A ce jour, dans la région Midi-Pyrénées de telles cartes ont déjà été réalisées dans les départements du Gers, de Tarn-et-Garonne, de Haute-Garonne et du Tarn. Celles des départements du Lot et des Hautes Pyrénées sont en cours et celles des départements de l'Aveyron et de l'Ariège seront engagées dès que les dernières cartes géologiques seront levées et les cartes harmonisées réalisées, vraisemblablement vers mi 2007.

2.2.1. Cartographie des formations argileuses et marneuses

La cartographie des formations argileuses et marneuses du département a été réalisée à partir de la carte géologique harmonisée numérique du BRGM et des coupes de

forage de la Banque des données du Sous-Sol (BSS) gérée par le BRGM, complétées et actualisées par quelques données ponctuelles issues des rapports d'expertise de sinistres. Cette cartographie a été réalisée à l'échelle du 1/50 000 (qui correspond donc à l'échelle de validité de l'information géologique brute).

Dans une première étape, ont été cartographiées toutes les formations argileuses et marneuses du département, y compris les formations superficielles d'extension locale, pour en dresser un inventaire et synthétiser les différentes cartes géologiques prises en compte. En raison du nombre élevé de ces formations, des regroupements ont été réalisés dans une seconde étape, en considérant que des natures lithologiques voisines laissaient supposer des comportements semblables vis à vis du phénomène de retrait-gonflement. Cela a permis d'aboutir à la carte de synthèse des formations argileuses et marneuses.

Remarque : si l'échelle de validité de l'information géologique brute est le 1/50 000, puisqu'il s'agit de celle des cartes géologiques régulières, celle de la carte lithologique que l'on en extrait est en partie dégradée, pour la principale raison suivante : les limites de la carte géologique sont des limites chronologiques (Lias, Jurassique, Crétacé, etc) qui séparent des ensembles de roches de même âge et qui ne coïncident pas toujours avec les limites lithologiques (argiles, sables, calcaires, etc). L'exemple le plus représentatif est celui des molasses qui sont composées de séries répétitives et superposées de sables et grès, silt, argiles et calcaires, quel que soit leur âge de dépôt (Éocène ou Oligocène). Dans la majorité des cas, ces roches différentes du point de vue de leur susceptibilité au retrait-gonflement sont rassemblées sans distinction dans une même limite chronologique (molasse éocène, molasse oligocène). Même si le travail d'analyse qui est mené au cours de l'étude tend à réduire cet inconvénient, il n'en reste pas moins qu'une certaine incertitude demeure quant au contour exact des différents ensembles lithologiques, celui des roches argileuses dans le cas présent. Cela explique que l'échelle de validité du document final obtenu soit au mieux celle du 1/50 000, ce qui se produit lorsqu'il y a coïncidence entre limite chronologique et limite lithologique.

2.2.2. Caractérisation lithologique, minéralogique et géotechnique des formations

L'étude des formations argileuses et marneuses a amené à qualifier, pour chacune d'entre elles, la proportion de matériau argileux présent dans la formation, ce qui constitue sa caractérisation lithologique.

L'analyse des notices des cartes géologiques a permis parfois de définir les caractéristiques minéralogiques des formations argileuses et marneuses, et en particulier de répertorier la présence et la proportion des minéraux gonflants (smectites, interstratifiés...) dans la fraction argileuse. Ces données ont été complétées par une revue bibliographique et par une vingtaine d'analyses (granulométrie, valeur de bleu et RX) effectuées à l'occasion de l'étude sur des échantillons prélevés de manière à compléter les informations précédentes.

La caractérisation du comportement géotechnique des formations argileuses et marneuses du département a été essentiellement établie sur la base du dépouillement et de la synthèse de rapports d'expertise de sinistres réalisés par différents bureaux d'études. Ceux-ci nous ont été transmis par les communes. Les bureaux d'études consultés nous ont déclaré ne pas avoir d'information disponible dans leurs archives, ce qui rejoint en partie le fait de n'avoir trouvé aucun dossier dans celles de la CCR ou des mutuelles d'assurance.

Pour des formations géologiques qui s'étendent au delà du département et qui ne sont a priori pas sujettes à des variations latérales de faciès trop importantes, les données ont été complétées par celles recueillies dans le cadre d'études similaires menées dans les départements voisins (Tarn-et-Garonne, Lot-et-Garonne, Dordogne et, dans une moindre mesure Tarn).

2.2.3. Examen des autres facteurs de prédisposition et de déclenchement

Les facteurs ponctuels de prédisposition ou de déclenchement que sont notamment la végétation arborée, les actions anthropiques ou les défauts de construction, n'ont pas été pris en compte dans la mesure où leur impact est purement local et ne peut être cartographié à une échelle départementale.

L'analyse des conditions météorologiques et de la répartition spatiale des déficits pluviométriques n'est pas apparue comme un élément discriminant à l'échelle d'un département comme le Lot. Ce critère n'a donc pas été pris en compte dans l'élaboration de la carte départementale de l'aléa.

Le contexte hydrogéologique a fait l'objet d'une analyse spécifique sur la base d'éléments issus des notices de cartes géologiques et de rapports du BRGM sur le sujet. L'influence des nappes est cependant difficile à mettre en évidence à une échelle départementale dans la mesure où elle dépend souvent de conditions très locales, en particulier dans le domaine des molasses. C'est pourquoi, ce critère n'a pas non plus été retenu dans l'élaboration de la carte départementale de l'aléa.

Le facteur géomorphologique n'a pas non plus été pris en compte dans la cartographie, même s'il s'agit d'un élément pouvant conditionner la survenance d'un sinistre, dans la mesure où des défauts de réalisation et de conception de fondations sont plus fréquents sur des terrains en pente et s'ajoutent à de fortes variations de teneur en eau entre l'aval et l'amont de la construction. Ainsi, il a été jugé préférable d'établir la cartographie en partant des contours des formations géologiques plutôt que de se baser sur un découpage en unités géomorphologiques homogènes.

2.2.4. Carte de susceptibilité

En définitive, la carte départementale de susceptibilité au retrait-gonflement a été établie à partir de la carte synthétique des formations argileuses et marneuses du département, après évaluation du degré de sensibilité de ces formations. Les critères

utilisés pour établir cette hiérarchisation sont les caractérisations lithologique, minéralogique et géotechnique de ces formations.

2.2.5. Recensement et localisation géographique des sinistres

Afin d'approcher la cartographie de l'aléa retrait-gonflement (qui correspond, rappelons-le, à la probabilité d'occurrence du phénomène), la carte départementale de susceptibilité au retrait-gonflement a été croisée avec la localisation des sinistres qui se sont déjà produits.

Pour ce faire, un recensement des sinistres sécheresses a été effectué auprès des 340 communes du département du Lot, dont les 86 qui ont bénéficié, au moins une fois, de la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle au titre de mouvements de terrains différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols.

Aucune mention de sinistre n'a pu être recueillie pour ce département directement auprès de la Caisse Centrale de Réassurance et des mutuelles d'assurance (MAIF, MAAF, GROUPEAMA en particulier).

Ce sont finalement 627 sites de sinistres qui ont pu être recensés et localisés sur les fonds topographiques numériques (Scan25 de l'IGN).

2.2.6. Détermination des densités de sinistres

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

Dans un souci de rigueur et étant donnée la grande diversité du taux d'urbanisation d'un point à un autre du département, taux au demeurant non lié à la géologie, il est apparu nécessaire, conformément à la méthodologie retenue au niveau national, de pondérer ces densités de sinistres en tenant compte du taux d'urbanisation de chacune des formations géologiques. Les zones urbanisées du département ont été définies à partir de la base de données de Corinne Land-Cover, complétée et actualisée par digitalisation des contours des principales zones bâties des communes à partir des fonds topographiques SCAN25 de l'IGN. De cette manière, chaque commune est représentée par sa zone urbaine principale, même si cette information ne représente qu'une approximation de la réalité bâtie.

Ainsi, une hiérarchisation des formations géologiques argileuses a été réalisée en fonction du taux de sinistres ramené à 100 km² de formation géologique réellement urbanisée.

2.2.7. Carte d'aléa

La carte départementale d'aléa a été établie à partir des contours de la carte de synthèse des formations argileuses et marneuses : le niveau d'aléa vis à vis du phénomène de retrait-gonflement a été défini en croisant, pour chaque formation argileuse, la note de susceptibilité et la densité de sinistres ramenée à 100 km² de formation argileuse réellement urbanisée, en donnant toutefois un poids deux fois plus important à la susceptibilité. L'échelle de validité de la carte numérique ainsi obtenue est, au mieux, du 1/50 000, compte tenu de l'imprécision liée à la nature des cartes géologiques (cf. remarque 2.2.1). Elle est présentée en carte hors-texte sur support papier, à l'échelle du 1/125 000.

3. Présentation du département du Lot

3.1. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE

Le département du Lot (illustration 2) est situé en bordure nord-orientale de la région Midi-Pyrénées, en limite du Bassin d'Aquitaine et du Massif Central. D'une superficie de 5 216 km², il comptait 166 804 habitants, lors du recensement de 2004 (INSEE) : la densité de population y est de 32 hab./km², soit environ le quart de la moyenne nationale. Le département du Lot est subdivisé en 340 communes. Il est administré par une préfecture, Cahors (environ 20 000 habitants) et deux sous-préfectures, Figeac (environ 10 000 habitants) et Gourdon (environ 5 000 habitants).

La géographie du département est partagée, du sud-ouest vers le nord-est, en cinq domaines très différents, conditionnés chacun par les grands traits de la géologie (Astruc, 2003) :

- Le Quercy blanc constitue le prolongement des pays molassiques de l'agenais. Son paysage, réglé par les molasses, est fait de collines arrondies entaillées par des petites vallées faiblement encaissées,
- La Bourianne, dans la partie ouest du département, est constituée d'un sol à matériaux rubéfiés par des oxydes de fer. Ce sol est caractéristique d'une ancienne altération très marquée,
- Les Causses occupent la partie centrale du département et sont constituées par des plateaux calcaires jurassiques compartimentés, limités par les principales rivières qui provoquent les contrastes morphologiques les plus marqués. La karstification très développée est marquée par la présence de nombreux gouffres et une circulation de l'eau souvent souterraine qui ressort par résurgence,
- La Limargue au nord de Figeac, correspond à une bande de 10 km de largeur entre les Causses et le Segala. C'est un paysage vallonné régi par les différentes formations marneuses liasiques qui le constitue,
- Enfin, le Ségala est une partie de la bordure ouest du Massif Central, formé par des roches éruptives et métamorphiques, au paysage plus montagnard (altitude maximale de l'ordre de 800 m).

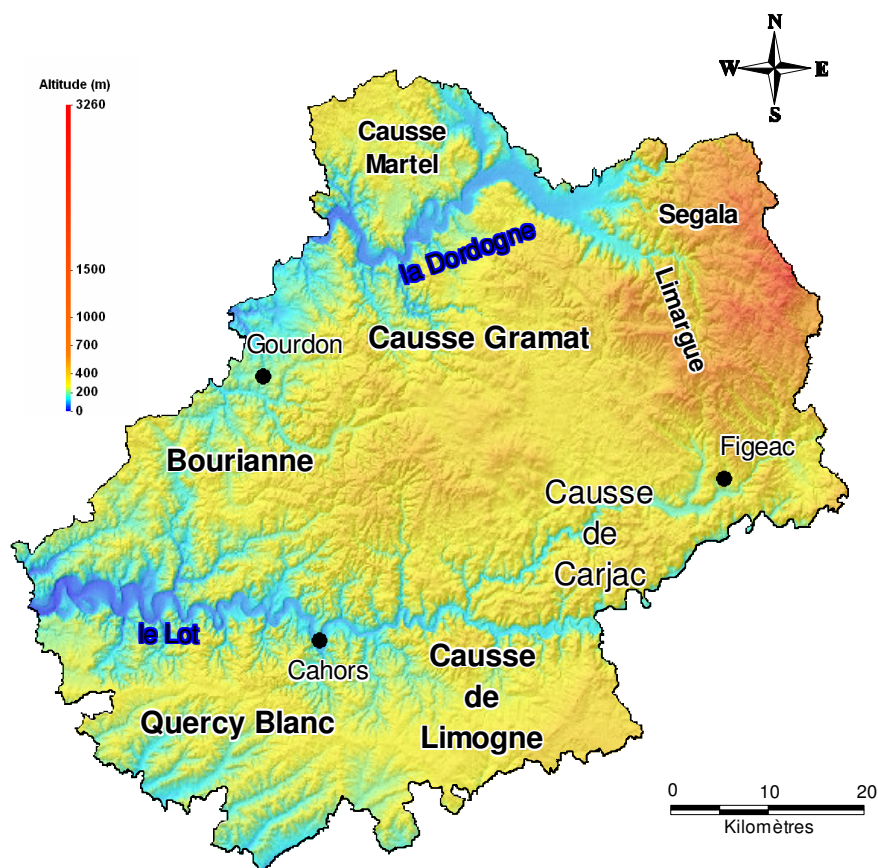


Illustration 2 – Carte de présentation du Lot (extrait du MNT IGN)

3.2. CONTEXTE CLIMATIQUE

Le département du Lot, par sa situation en bordure est du Bassin Aquitain, est affecté par un climat tempéré à tendance océanique, caractérisé par des hivers doux et humides, alors que les étés sont relativement secs. Toutefois la proximité du Massif Central, à l'est du département, fait qu'une influence continentale se fait sentir.

Ce climat lotois se caractérise par son irrégularité pluviométrique, tout comme l'ensemble du climat aquitain. Le mélange de l'influence continentale et océanique se traduit par des précipitations fortes avec deux maxima (printemps et automne) et un minimum peu marqué en été.

4. Identification et cartographie des formations géologiques argileuses et marneuses

4.1. DOCUMENTS ET METHODOLOGIE UTILISES

4.1.1. Documents utilisés

L'objectif visé est de disposer d'une carte des formations géologiques argileuses ou marneuses du département du Lot afin d'identifier les zones de susceptibilité au retrait-gonflement.

Le travail de reconnaissance des formations a été réalisé à partir des 18 notices des cartes géologiques à l'échelle 1/50 000 qui couvrent tout le département : Brive (785), Sarlat (808), Souillac (809), Saint-Céré (810), Gourdon (832), Gramat (833), Lacapelle-Marival (834), Fumel (855), Puy-l'Evêque (856), Saint-Géry (857), Figeac (858), Decazeville (859), Penne d'Agenais (879), Montcuq (880), Cahors (881) Villefranche-de-Rouergue (882), Moissac (904), Caussade (905).

Une partie des données sur certaines formations a pu être tirée, le cas échéant, d'une recherche bibliographique autre que les notices de cartes.

L'utilisation de la carte géologique harmonisée départementale a permis de sélectionner directement les faciès argileux ou marneux et de les regrouper en formations lithologiques en fonction de l'identification faite au préalable.

Le traitement d'harmonisation entre les cartes couvrant le département a été réalisé, préalablement et en marge du présent projet, sur la base de la synthèse de toutes les formations géologiques, après mise en place d'un système d'indexage, d'une légende et d'une description communs à toutes les cartes couvrant le département.

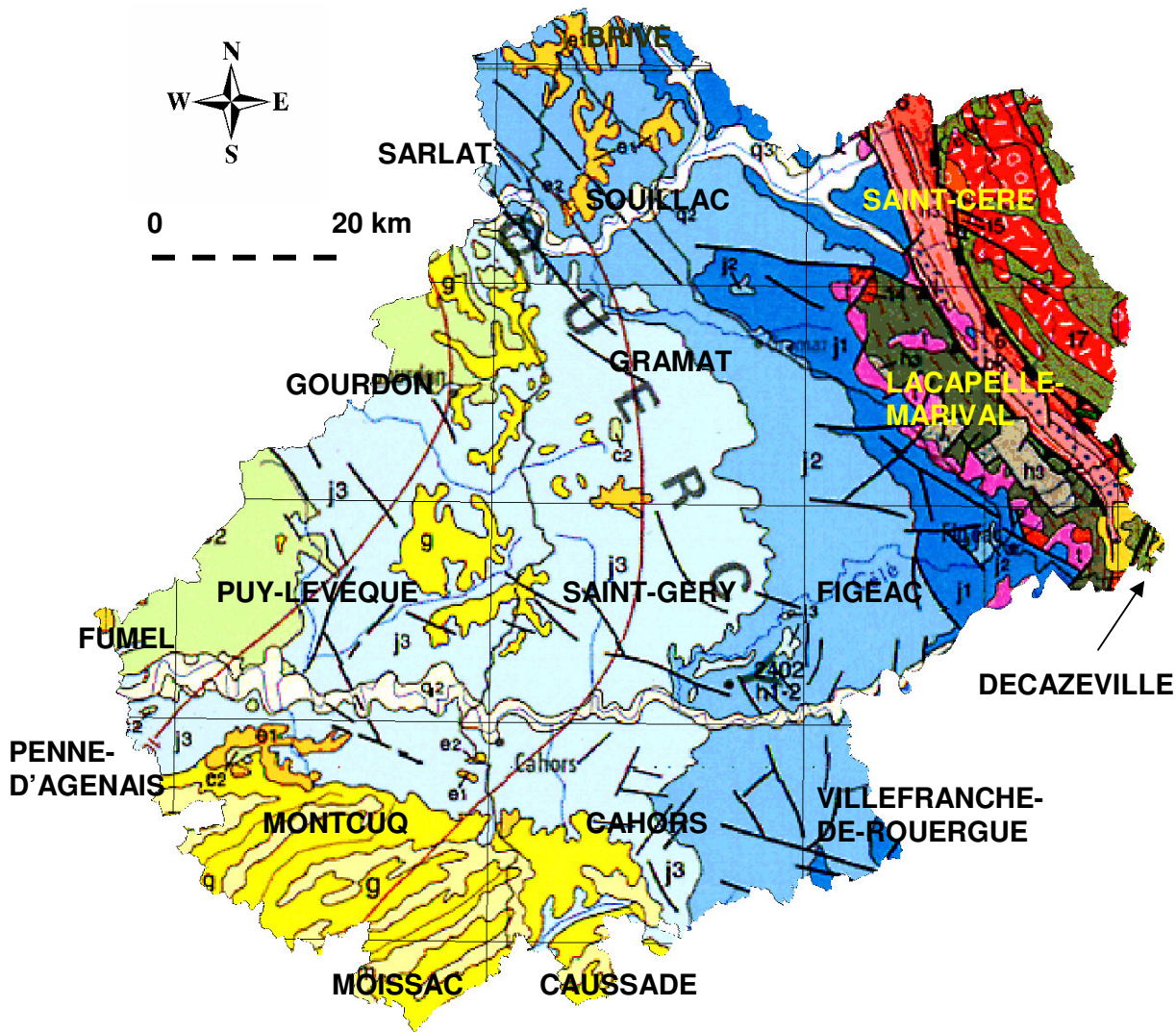


Illustration 3 – Assemblage des cartes géologiques à l'échelle du 1/50 000 du Lot sur fond de carte géologique de la France à l'échelle du 1/1 000 000

4.1.2. Méthode de réalisation de la carte des formations argileuses et marneuses

Une sélection des niveaux distingués dans la carte géologique harmonisée a été réalisée en ne retenant que les formations qui contiennent des minéraux argileux en quantité notable. Pour une telle tâche, la lecture détaillée des notices des cartes originelle est un élément déterminant, d'où ont été extraites les épaisseurs et la géométrie des niveaux argileux lorsqu'elles étaient signalées. Ce travail est fondamental dans le cadre de cette étude qui ne comprend pas de travaux de terrain (exemple : annexe 5). Des informations complémentaires ont été extraites de la Banque des données du Sous-Sol du BRGM. D'autres ont été réunies à l'occasion du présent travail, à partir de l'analyse des données recueillies (publications, rapports, sondages, etc) ou après consultation d'experts.

17 formations argilo-marneuses ont ainsi été distinguées, après regroupements, en fonction de leur contenu plus ou moins important en argile, étant entendu que ces formations sont par nature hétérogènes : il convient de souligner leur hétérogénéité naturelle (exemple des molasses) prise en compte lors de la caractérisation de leur susceptibilité vis-à-vis du retrait-gonflement, notamment dans la note lithologique.

Un exemple de regroupement peut être pris dans les alluvions qui ont été classées en différents grands ensembles, suivant leur composition lithologique équivalente au regard de la problématique retrait-gonflement. La perte d'information cartographique qui résulte des regroupements ainsi effectués est certes sensible au niveau géologique (processus de mise en place et âge des formations) mais elle n'a pas d'incidence pour l'objectif visé, les matériaux concernés étant très proches.

4.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE REGIONAL

Le département du Lot se situe en limite de la marge occidentale du Massif Central et de la marge orientale du Bassin Aquitain. Il recoupe de ce fait un nombre important de formations géologiques différentes (fig. 4). D'est en ouest et du nord au sud, celles-ci comprennent :

- le substratum cristallophyllien anté-houiller (CM),
- les séries sédimentaires du Carbonifère (HP) au Crétacé (C), dont les formations jurassiques (J), qui sont à l'origine du caractère spécifique du Quercy, occupent la majeure partie,
- les molasses tertiaires (Te),
- enfin les formations récentes du Quaternaire (Q) limitées aux fonds de vallées et parfois à ceux des dolines.

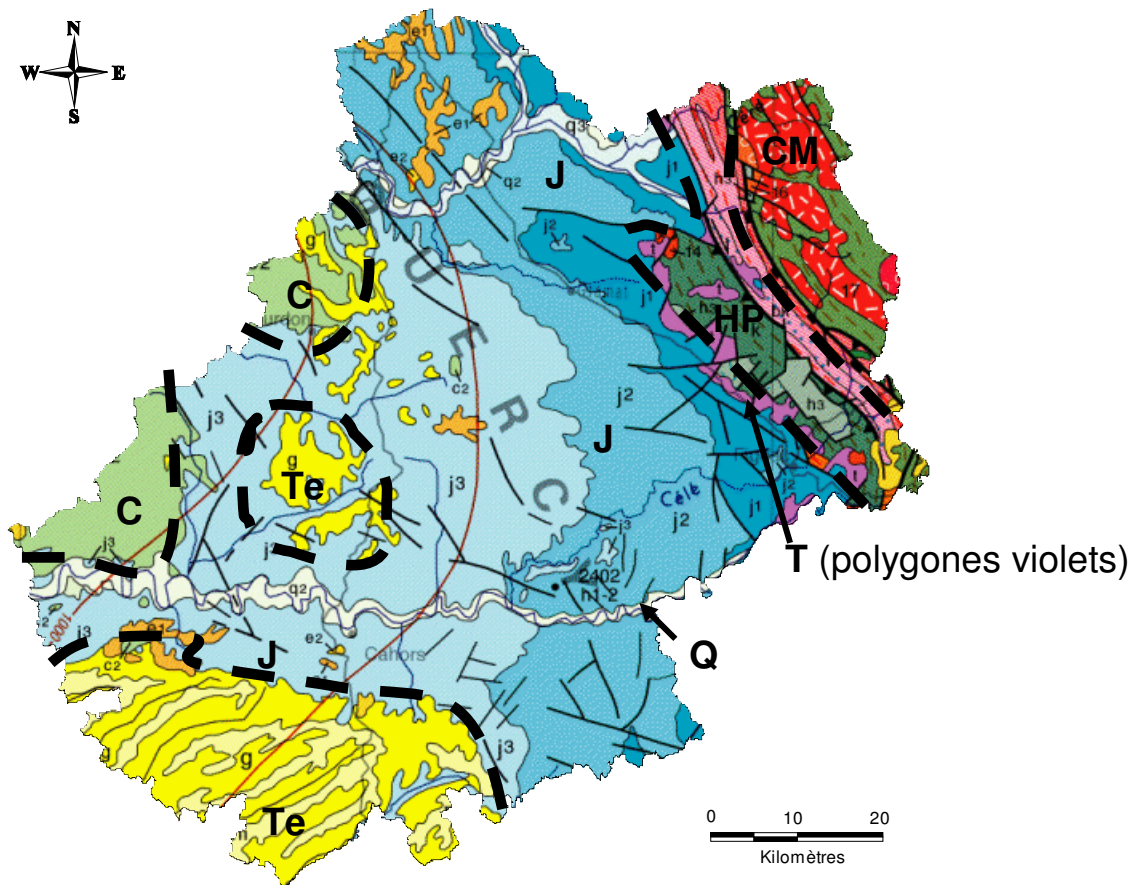
Les terrains cristallophylliens et magmatiques sont disposés selon des bandes NNW-SSE d'origine structurale, stigmates des anciens plissements qui donnèrent naissance, à la fin de l'aire primaire, à la chaîne de montagne hercynienne.

Les séries sédimentaires stéphano-permiennes sont localisées entre les roches cristallophylliennes précédentes et la série sédimentaire allant du Trias (T) au Tertiaire (Te) à l'ouest. Ce sont des roches constituées en majorité de grès et d'argiles rouges, issus de la sédimentation continentale détritique liée à l'orogénèse hercynienne.

Les formations secondaires sont représentées à la base par les grès triasiques à lentilles argileuses (contexte lagunaire), puis par les calcaires jurassiques, et les calcaires crétacés qui reposent en discordance sur l'ensemble précédent. Les dépôts argilo-détritiques du Trias constituent une base aux grandes séquences transgressives et régressives qui constitueront les calcaires jurassiques. Ces calcaires actuellement fortement karstifiés représentent la formation géologique la plus répandue du département. Enfin, les calcaires crétacés viennent recouvrir ces formations à l'ouest et au nord-ouest du département.

Les formations tertiaires occupent tout le sud du département. Ce sont des molasses qui reposent en discordance sur les calcaires jurassiques et crétacés. Cette formation constitue des collines marneuses armées par des bancs calcaires lacustres et palustres.

Les dépôts alluviaux quaternaires sont essentiellement présents le long des vallées du Lot et de la Dordogne où leur extension est assez importante pour mériter l'appellation de plaine alluviale.



Légende

- Q** : formations quaternaires
- C** : formations crétacées
- T** : formations triasiques
- CM** : formations cristallophylliennes et magmatiques
- Te** : formations tertiaires
- J** : formations jurassiques
- HP** : formations carbo-permiennes

Illustration 4 : Carte géologique du département du Lot (extrait de la carte géologique de la France à l'échelle du 1/1 000 000)

4.3. LITHOSTRATIGRAPHIE DES FORMATIONS ARGILEUSES ET MARNEUSES

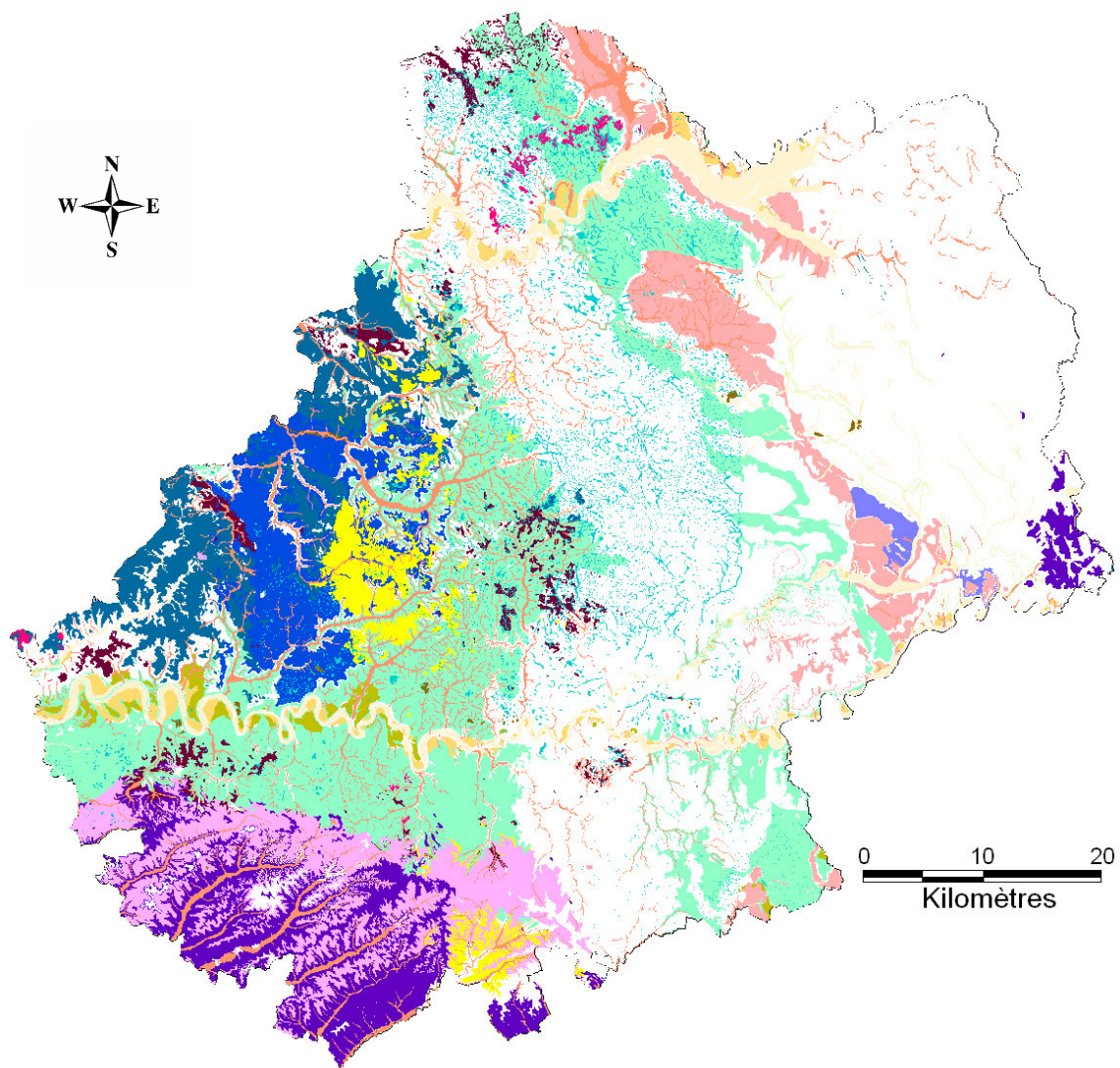
Le tableau de l'illustration 5 fait la synthèse des formations à composante argileuse ou marneuse retenues dans le Lot qui sont au nombre de 17 et dont l'extension géographique est représentée sur la carte synthétique des formations argileuses et marneuses du département (illustration 6 et carte hors-texte 1, à l'échelle du 1/125 000). Elles se répartissent en quatre groupes : les formations superficielles (1 à 6), les formations du substratum tertiaire (7 à 11), les formations du substratum jurassique et triasique (12 et 13) et les formations du substratum paléozoïque (14), auxquels a été ajouté un groupe de formations (15 à 17) *a priori* non argileuses mais qui présentaient une forte densité de sinistres. Selon les cas, elles ont été prises en entier ou en partie.

N° de formation	Formation lithologique	Age	Superficie km ²	% de la surface totale
1	Colluvions argilo-limono-sableuses à argilo-graveleuses	Quaternaire	276	5,29
2	Alluvions argileuses actuelles à subactuelles	Quaternaire	169	3,24
3	Alluvions des basses terrasses	Quaternaire	55	1,05
4	Alluvions sablo-argileuses	Quaternaire	29	0,56
5	Alluvions anciennes sablo-argileuses	Quaternaire	5	0,10
6	Remplissage karstique	Quaternaire	131	2,51
7	Argiles palustres-lacustres	Tertiaire	106	2,03
8	Molasses	Tertiaire	247	4,74
9	Argiles à graviers	Tertiaire	12	0,23
10	Altérites argileuses	Tertiaire	76	1,46
11	Altérites sablo-argileuses	Tertiaire	217	4,16
12	Marnes	Jurassique	197	3,78
13	Formations marno-calcaires	Secondaire	875	16,78
14	Argilites et pélites gréseuses	Lias	7	0,13
15	Calcaires lacustres stampiens	Tertiaire	255	4,89
16	Dolomicrites portlandiennes	Secondaire	177	3,39
17	Calcaires sinémuriens	Secondaire	18	0,35
	Total formations argileuses		2852	54,68
0	Formations à priori non argileuses		2364	45,32
	Total département		5216	100

Illustration 5 – Liste des formations argileuses ou marneuses du Lot

La description des formations géologiques argileuses et marneuses n'est pas faite par ordre chronologique habituel (du plus ancien au plus récent) pour deux raisons :

- dans le cadre de l'étude, nous nous intéressons d'abord aux formations les plus superficielles et *a priori* les plus récentes,



Légende

- Formations a priori non argileuses
- Colluvions et alluvions argilo-limono-sableuses à argilo-graveleuses
- Alluvions argileuses actuelles à subactuelles
- Alluvions des basses terrasses
- Alluvions sablo-argileuses
- Alluvions anciennes sablo-argileuses
- Remplissage karstique
- Argiles palustres-lacustres
- Molasses
- Argiles à graviers
- Altérites argileuses
- Altérites sablo-argileuses
- Marnes
- Formations marno-calcaires
- Argilites et pélites gréseuses
- Calcaires lacustres stampiens
- Dolomicrite portlandienne
- Calcaire sinémurien

Illustration 6 – Carte des formations argileuses et marneuses du Lot

- les faciès décrits ont fait l'objet d'un regroupement lithologique avant de tenir compte de la stratigraphie.

Colluvions et alluvions argilo-limono-sableuses à argilo-graveleuses (Quaternaire)

Les colluvions et alluvions constituent en majorité les fonds des vallées des rivières secondaires sur une grande partie du département. Elles concentrent les matériaux fins originaires des formations qu'elles affectent, ce qui est particulièrement le cas pour les formations molassiques, dans le sud-ouest du département.

Elles sont constituées d'argiles marrons limono-sableuses et silteuses dont les proportions des éléments sableux et graveleux sont variables suivant les affleurements observés. Leur nature dépend du substratum. Leur épaisseur est généralement de l'ordre du mètre mais peut atteindre localement plusieurs mètres.

Sur la carte géologique harmonisée, ces formations sont notées C et C-F.

Alluvions argileuses actuelles à subactuelles (Quaternaire)

Cette formation regroupe les alluvions issues de différentes formations marneuses environnantes, dont localement les matériaux des molasses.

D'une couleur marron à marron-ocre, elles sont composées de passées sableuses en surface et d'un matériel plus graveleux en profondeur. L'ensemble est emballé dans une matrice limono-argileuse, avec quelques accumulations locales d'argile. La proportion de sable est variable selon les affleurements et la nature des graviers dépend de celle des formations traversées (graviers calcaires observés localement). Le type de sol correspondant à ces formations est une « bouldière », plus ou moins hydromorphe. Leur épaisseur moyenne est de 6 mètres.

Sur la carte géologique harmonisée, ces formations sont notées Fz.

Alluvions des basses terrasses (Quaternaire)

Ces formations sont caractérisées par l'existence d'accumulations d'argile au sein des alluvions des basses terrasses.

Il s'agit d'une argile rubéfiée, d'une couleur tirant sur le marron, sableuse à sablo-graveleuse selon les affleurements, parfois limoneuse, dont l'épaisseur est plurimétrique. Cette argile s'est déposée dans les parties convexes des méandres des plaines alluviales des deux principales rivières du département, la Dordogne et le Lot.

Sur la carte géologique harmonisée, ces formations sont notées Fy.

Alluvions sablo-argileuses (Quaternaire)

Les alluvions sablo-argileuses, dont l'épaisseur est de l'ordre de 10 mètres, correspondent à des formations de hautes terrasses qui dominent les vallées actuelles.

Elles sont constituées de sables et cailloutis emballés dans une matrice argileuse pouvant évoluer en argile sableuse selon les affleurements, comme en témoigne l'échantillon prélevé.

Sur la carte géologique harmonisée, ces formations sont notées Fx.

Alluvions anciennes sablo-argileuses (Quaternaire)

Cette formation se situe généralement sur les roches jurassiques indurées, à 20 ou 30 mètres au dessus des cours d'eau secondaires de la vallée du Lot (terrasses anciennes).

Ces alluvions sont composées de galets et grès emballés dans une matrice argileuse parfois rougeâtre (traces d'oxydation). Ces éléments ont subi des remaniements dus à l'érosion et sont parfois surmontés d'une gangue argileuse d'altération.

Sur la carte géologique harmonisée, ces formations sont notées Fw.

Remplissage karstique (Quaternaire)

Cette formation se situe sur les plateaux carbonatés jurassiques. Il s'agit de remplissage de dolines et des cailloutis des vallées sèches suspendues. Ce processus associe rubéfaction, bréchification et karstification (B. Muratet, 1983).

Leur composition est faite de cailloutis emballés dans une matrice argilo-sableuse à limono-argilo-sableuse, comme le montre l'échantillon prélevé. L'épaisseur de cette formation varie de 1 à 15 mètres en fonction de la taille de la doline.

Sur la carte géologique harmonisée, ces formations sont notées K.

Argiles palustres-lacustres (Tertiaire)

Cette formation regroupe en majeure partie les dépôts palustres à lacustres oligocènes. Elle est composée de marnes, d'argiles vertes à rouges et d'argiles sableuses qui peuvent être accompagnées de galets et graviers calcaires ou siliceux selon les affleurements. Quelques passées de calcaire blanc ou de meulière sont localement observées. L'épaisseur de ces formations peut atteindre une dizaine de mètres.

Les argiles sont constituées en grande majorité d'illite qui peut apparaître sous forme hydratée et dont les propriétés physiques se rapprochent de celles de la montmorillonite (G. Kulbicki, 1956).

Sur la carte géologique harmonisée, ces formations sont notées gM, g.

Molasses (Tertiaire)

Les molasses sont issues du processus de démantèlement des chaînes montagneuses environnantes. Elles sont caractérisées par la superposition de séquences sédimentaires continentales détritiques qui forment un ensemble de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur. Ces séquences sont mal distinguées sur les cartes géologiques. De ce fait, l'appellation molasses regroupe des faciès très différents dans une même unité lithologique de la carte géologique de synthèse.

On y trouve une suite de séquences de sédimentations dans lesquelles se succèdent des grès, des argiles et silts carbonatés, des marnes et des calcaires lacustres où les passées gréseuses, bases des séquences, correspondent à d'anciens chenaux fluviaux. Des argiles de différentes natures se retrouvent dans ces faciès. Au sommet se trouvent des argiles rubéfiées d'altération ou de néoformation, sur plusieurs mètres d'épaisseur. Ces argiles présentent des traces de smectite, ce qui leur confère un important pouvoir de retrait-gonflement.

Sur la carte géologique harmonisée, ces formations sont notées m1, m1a1, m1b1, g1As, g1Ai, g1-2a, g2MA, e7b-g, e6-7, e6.

Argiles à graviers (Tertiaire)

Cette formation regroupe toutes les argiles à graviers constituant les premiers dépôts tertiaires. Ce sont d'anciennes formations de plateau dont la nature et la quantité des graviers dépend des roches environnantes.

Sur les plateaux calcaires, les graviers, eux-mêmes calcaires en majorité, sont moins fréquents qu'à proximité des contreforts du Massif Central où ils sont plus nombreux et quartzes. Ces éléments sont tous emballés dans une matrice argilo-silteuse rouge. L'épaisseur de l'ensemble peut varier de 20 à 100 mètres.

Sur la carte géologique harmonisée, ces formations sont notées e6R, e4-5, e4-5R, e3-7, e1-5, e, e-gA.

Altérites argileuses (Tertiaire)

Cette formation regroupe les sédiments argileux sidérolithiques qui correspondent à des argiles bariolées à rouges, rubéfiées, parfois accompagnées de pisolithes ferrugineuses. Leur épaisseur varie de 5 à plus de 40 mètres.

Elles sont surtout constituées de kaolinite. Après lessivage des argiles par des eaux sulfuriques s'est formé un gel silico-alumineux cristallisant sous forme de montmorillonite (G. Kulbicki, 1956). Les propriétés hydromorphes de ces altérites sont *a priori* faibles.

Cependant le terme de sidérolithe à été élargie à d'autres formations par analogie de faciès. Ces dernières ont des propriétés de retrait et gonflement parfois important. La distinction n'étant pas faite sur les cartes géologiques, les formations ont été regroupées sous la dénomination altérites argileuses.

Sur la carte géologique harmonisée, ces formations sont notées e-m, e-m(gs), e3-7S.

Altérites sablo-argileuses (Tertiaire)

Cette formation regroupe les altérites de même nature que précédemment (argiles rouges), mais avec une proportion de sables ou grès plus importante. Les éléments siliceux sont présents sous forme de calcaire gréseux ou de grès quartzitique.

Sur la carte géologique harmonisée, ces formations sont notées C3c-4.

Marnes (Jurassique)

Ces formations correspondent aux marnes jurassiques qui se rencontrent dans toute la partie centrale et nord du département. Leur puissance est de plusieurs dizaines de mètres chacune (jusqu'à 80 mètres) et elles contiennent assez d'argiles pour constituer un risque potentiel. Elles correspondent aux formations de Penne, de Lexos et de Valeyres.

Le regroupement de ces formations peut s'expliquer par le fait que les matériaux rencontrés correspondent le plus souvent à des argiles plastiques, marrons à bariolées, susceptibles de présenter un comportement mécanique proche.

Sur la carte géologique harmonisée, ces formations sont notées j2c2, l6a, l5, l4P-L, l3V, l7-8.

Formations marno-calcaires (Secondaire)

Les formations marno-calcaires regroupent des faciès présents du Lias au Crétacé. Les formations liasiques forment une bande NNW-SSE de 1 à 6 km de large dans l'est du département. Elles ont une épaisseur de 30 à 40 mètres et sont constituées d'une alternance de bancs dolomitiques et d'argiles vert sombre. Les formations jurassiques et crétacées occupent une grande superficie sur toute la moitié ouest du département. et forment un relief de collines avec des vallées étroites et encaissées. Elles sont constituées d'alternances marno-calcaires dont la puissance peut atteindre 170 mètres.

Sur la carte géologique harmonisée, ces formations sont notées C4a, C3c, C3b, J7b-8/1, j2b2, j1b-2a, j2-3, l2b.

Argilites et pélites gréseuses (Lias)

Les argilites et pélites gréseuses affleurent à l'est du département où elles sont alignées selon une bande fine orientée NNW-SSE, à l'est des formations marno-calcaires jurassiques.

Ces formations du Lias sont des pélites et des argilites (roches à grain fin à très fin) dont l'altération est susceptible de donner des argiles gonflantes.

Sur la carte géologique harmonisée, ces formations sont notées l1.

Les formations calcaires

Les formations calcaires du Lot, a priori non argileuses, contiennent parfois des niveaux argileux ou marneux mais surtout montrent très souvent des recouvrements argileux rouges, résultant de l'altération superficielles des calcaires, recouvrements qui malgré une épaisseur de 1 à 3 m dans la majorité des cas, ne sont pas mentionnés sur les cartes géologiques. Ces recouvrements d'argile ont pu rester en place ou subir un déplacement gravitaire postérieur à leur mise en place pour former des lentilles de colluvions. Ces accumulations superficielles sont souvent coalescentes entre elles et avec les dolines qui sont relativement nombreuses du fait d'une intense activité karstique. Parmi ces formations calcaires, trois présentent une densité de sinistres plus importante que les autres, à savoir les **dolomicrites portlandiennes**, les **calcaires lacustres stampiens** et les **calcaires sublithographiques sinémuriens** :

- Les premières présentent notamment un niveau à passées d'argiles vertes susceptible de former des accumulations, par exemple à l'issue d'une phase de décalcification. Dans la région de Crayssac, elles sont surtout marquées par la présence de dolines anastomosées, ce qui augmente la superficie de surfaces argileuses.
- Les seconds sont constitués majoritairement de matériaux carbonatés lacustres même si la notice de la carte signale des passages latéraux à des faciès plus argileux. Là encore, toutefois, des dolines sont observées, quoique moins fréquentes que dans le cas précédent. Enfin, si sur les surfaces planes, les champs labourés montrent une forte densité de pierres, la moindre dépression voit s'accumuler des argiles rouge pâle en épaisseurs notables (>1m).
- Le cas des **calcaires sublithographiques sinémuriens** a la particularité de présenter beaucoup de sinistres sur une zone bien localisée. Cette formation, formée de calcaires plus ou moins marneux à sa base et plus ou moins argileux à son sommet, semble sur le terrain plus affectée que les autres par de l'altération superficielle (argiles rouge-brique) au point qu'il est parfois difficile de trouver un affleurement calcaire. Un contexte de failles relativement dense

est peut être à l'origine d'une intensification locale du mécanisme d'altération (décalcification).

Ces formations ont ainsi été considérées comme « potentiellement favorables à la présence d'argile gonflante » et arbitrairement affectée d'une susceptibilité non nulle lors de la notation. Si ce choix était nécessaire, au titre de précaution, il comporte l'inconvénient d'incorporer dans la carte finale des secteurs entiers exempts de tout risque en raison de l'absence quasi-complète d'argile.

Ces trois formations sont respectivement notées sur la carte géologique harmonisée j9b, g2b-3 et l3-4.

4.4. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE REGIONAL

L'abaissement du niveau des nappes aquifères en période de sécheresse ou, au contraire, son élévation en période de précipitation peut aggraver les modifications de teneurs en eau (dessiccation ou imbibition) dans certaines formations géologiques argileuses et marneuses, et contribuer ainsi au déclenchement de mouvements de terrains différentiels.

Dans un premier temps, nous décrivons pour chaque Système Aquifère (SA) les possibilités d'influence des nappes sur les mouvements de terrain et, dans un deuxième temps, nous ferons la synthèse des SA décrits dans le département du Lot.

4.4.1. Référentiel Hydrogéologique

Les systèmes aquifères (SA) du territoire français sont répertoriés dans une base géoréférencée nommée Référentiel Hydrogéologique de la France (RHF). Les SA du Lot sont regroupés dans l'illustration 7.

Les SA n°214 et 230 (lignes grisées de l'illustration 6) correspondent au grand aquifère profond captif du sud du bassin aquitain dont les formations aquifères de l'Éocène moyen et inférieur, ainsi que celles de l'Oligocène, situées dans la partie extrême sud du département du Lot, constituent une des aires d'alimentation. Ces aquifères n'affleurent pas dans le département et n'ont donc pas d'influence sur le retrait-gonflement des argiles superficielles.

Les SA superficiels, susceptibles de jouer un rôle, sont les SA des lignes non grisées de l'illustration 6 (leurs contours sont montrés sur la carte de l'illustration 8) :

- Le SA n°344 est le seul aquifère alluvial du département du Lot. Ce système comprend trois niveaux de terrasse, décrits de Fumel à Touzac : terrasses inférieures, moyennes et supérieures (alluvions anciennes). Deux niveaux sont présents entre Touzac et le ruisseau le Vert et un seul niveau en amont. Les alluvions modernes constituent le lit mineur de la rivière Lot. Les terrasses sont étagées et le substratum affleure sous forme de talus séparant les différents

niveaux de terrasse. Les niveaux piézométriques souvent très superficiels peuvent être soumis à des fluctuations importantes. Ces deux caractéristiques traduisent un risque fort de variation d'imbibition des formations superficielles par battement de nappe. Des indicateurs de ces possibilités sont les suivantes :

- l'épaisseur saturée est la différence d'altitude entre la base des alluvions et la surface piézométrique moyenne, de l'ordre de 2,5 m en moyenne,
- l'épaisseur non saturée est la différence d'altitude entre la surface du sol et la surface piézométrique moyenne, également de l'ordre de 2,5 m en moyenne,

N° SA	NOM SYSTEME AQUIFERE	Lithologie	ETAT	DESCRIPTION SOMMAIRE
122	QUERCY	Karst		
123	LIMOGNE	Karst	Libre	Aquifère karstique du Jurassique moyen et supérieur (Causse de Limogne) entre Lot et Aveyron
124	BOURIANE	Karst	Libre	Ensemble aquifère du Jurassique supérieur (Portlandien) et du Crétacé supérieur entre Dordogne et Lot, sous couverture semi-perméable discontinue (Eocène, Oligocène)
344	LOT	Alluvial	Libre	Aquifère alluvial du Lot, de 7 km en amont de Cahors jusqu'à la confluence avec la Garonne.
562	AGENAIS ET QUERCY	Molasse	Captif	Domaine sans grand système aquifère individualisé, constitué par des formations sédimentaires tertiaires. La partie supérieure de la couverture peut être constituée par des formations "imperméables" ou semi-perméables non connectées au multicouche.
608	DECAZEVILLE	Fissuré	Libre ou captif	Domaine essentiellement constitué de roches magmatiques (granites) et métamorphiques (migmatites, gneiss et micaschistes) et de formations sédimentaires carbonifères et permienes peu perméables.
121k	SARLADAIS MARTEL / JURASSIQUE	Karst	Libre	Ensemble composite des aquifères du Jurassique moyen et supérieur du Crétacé supérieur, entre Vézère et Dordogne.
559b	FIGEAC TERRASSON / SUD	Karst	Libre	Terrains liasiques bordant, à l'Est le Périgord, le Quercy et le Rouergue.
214	AQUIFERE PROFOND NORD-PYRENEEN	Sédimentaire	Captif	Grand système aquifère captif dont l'extension recouvre la quasi-totalité du Bassin Aquitain d'âge éocène et secondaire.
230	OLIGOCENE	Sédimentaire	Captif	Multicouche à porosité de fissures (karstiques) dans la partie aquitaine et/ou matricielle

NB. : Les lignes en grisé sont des aquifères profonds, sans influence sur les formations superficielles

- la fluctuation est la différence d'altitude entre le plus haut et le plus bas niveau piézométrique au cours d'un cycle hydrologique moyen. Elle n'est pas connue pour cet aquifère,
- le « niveau haut » moyen correspond à la profondeur par rapport au sol du niveau piézométrique le plus haut observé au cours d'un cycle hydrologique moyen. Plus cette profondeur sera faible, et plus le risque de mouvement de sol par retrait sera faible. Elle est évalué à 2 m environ dans le cas présent.
- Dans le SA n°562, il n'y pas de « grand aquifère individualisé ». Ce système correspond à un amalgame de plusieurs petits aquifères. Cette zone regroupe différents faciès géologiques : molasses, calcaires, argiles et glaises bigarrées, colluvions argileuses et alluvions tributaires de la molasse. Parmi ces formations, certaines peuvent abriter des aquifères discontinus et de taille réduite. Des mouvements de nappe peuvent exister localement, mais les faibles perméabilités réduisent les possibilités de fluctuation piézométrique.
- Les SA 121k, 122, 123, 124 et 559b sont des aquifères karstiques situés sur toute la partie centrale et ouest du département du Lot. Leur superficie totale couvre près de 60 % de la superficie du département. Mis à part le SA n°559b qui se développe dans les terrains liasiques affleurant à l'est du département, les SA du Lot sont tous localisés dans les grandes formations calcaires du Jurassique moyen et supérieur (et du Crétacé pour le SA n°124). Il est difficile de généraliser les données de variation des niveaux piézométriques sur des aquifères de ce type : des fluctuations du niveau piézométrique peuvent exister localement, mais probablement sans grande influence sur le retrait-gonflement des argiles de surface.
- Le SA n°608 est un aquifère de type fissuré, libre ou captif, développé dans les roches magmatiques (granites) et métamorphiques (migmatites, gneiss et micaschistes) et dans des formations sédimentaires carbonifères et permienes peu perméables. Des petites nappes se développent dans les arènes des roches magmatiques et métamorphiques. Ces aquifères ont des propriétés hydrauliques généralement médiocres et hétérogènes et alimentent des sources de débit faible mais régulier. Il est probable que ces niveaux soient rapidement influencés par les infiltrations pluviométriques. De ce fait, leurs niveaux piézométriques peuvent fluctuer de manière importante. Par ailleurs, les roches sont fracturés jusqu'à des profondeurs importantes. L'eau peut circuler dans des fissures ouvertes qui constituent alors des drains naturels. Ces aquifères perméables « en grand » sont moins susceptibles d'imbiber les niveaux argileux de surface.

En résumé, il apparaît que ce sont principalement les aquifères liés aux formations alluviales et aux arènes des roches métamorphiques et magmatiques qui sont susceptibles de jouer un rôle, en raison de leur faible profondeur et des possibilités de fluctuations importantes de leur niveau piézométrique. Les aquifères karstiques des Causses de Gramat, de Limogne, de Bouriane, de Sarladais-Martel et de Figeac-Terrasson peuvent également jouer un rôle, mais très localement.

5. Caractérisations lithologique, minéralogique et géotechnique des formations argileuses et marneuses et élaboration de la carte de susceptibilité

5.1. GENERALITES SUR L'ELABORATION DE LA CARTE DE SUSCEPTIBILITE

5.1.1. Critères retenus

Les critères retenus pour l'élaboration de la carte de susceptibilité au phénomène de retrait-gonflement sont la nature lithologique des formations affleurantes à sub-affleurantes, la caractérisation de ces formations en fonction de la nature minéralogique des argiles présentes dans la phase argileuse et le comportement géotechnique du matériau. La carte de susceptibilité ainsi élaborée correspond donc à une hiérarchisation des formations géologiques identifiées comme argilo-marneuses, en prenant en compte uniquement ces trois critères.

En effet, d'autres critères de susceptibilité à l'aléa retrait-gonflement, tels que le contexte hydrogéologique, la topographie, la végétation ou le type de fondation des bâtis, n'ont pas été pris en compte, la plupart de ces facteurs n'intervenant que de manière très locale et ne pouvant par conséquent être cartographiés à l'échelle départementale.

5.1.2. Méthode de classification

Le document de base, utilisé pour élaborer la carte de susceptibilité, est la carte synthétique des formations argileuses et marneuses du département (illustration 6), qui a été établie, comme vu ci-dessus, en tenant compte essentiellement de la nature lithologique des formations.

La seconde étape de cette cartographie consiste à hiérarchiser les 17 formations argileuses et marneuses ainsi identifiées, en fonction de leur plus ou moins grande susceptibilité vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement. Cette hiérarchisation est basée sur la prise en compte des trois caractéristiques suivantes, dont les valeurs sont données à dire d'expert pour la première et quantifiées pour les suivantes :

- la nature lithologique des terrains constituant en majorité la formation, définie à partir d'une étude synthétique des notices des cartes géologiques et de tout autre document éventuellement disponible,

- la proportion de minéraux gonflants (smectites et interstratifiés) de sa phase argileuse, évaluée à partir de données préexistantes et d'analyses d'échantillons prélevés dans le cadre de l'étude,
- le comportement géotechnique du matériau, évalué à partir de :
 - l'étendue de son domaine plastique (caractérisée par son indice de plasticité),
 - la réactivité du sol vis à vis de l'eau (caractérisée par la valeur de bleu),
 - l'importance du retrait possible (en terme de volume) en cas de dessèchement (caractérisée par les mesures de retrait linéaire),
 - le potentiel de gonflement du sol (évalué par le coefficient de gonflement),ceci sur la base de données existantes, extraites de rapports d'études, et d'analyses d'échantillons prélevés dans le cadre de cette étude.

Dans le but d'obtenir un moyen pratique de hiérarchisation entre les différentes formations, la règle adoptée a consisté à utiliser des *valeurs seuils*, couramment admises dans la littérature, distinguant quatre degrés de susceptibilité (faible, moyenne, forte et très forte). Ainsi, pour chacun des 3 critères de classification ci-dessus, il est possible d'attribuer une note de 1 à 4 à chacune des formations argileuses ou marneuses identifiées.

Les caractérisations lithologique, minéralogique et géotechnique des 17 formations argileuses et marneuses du département sont successivement présentées dans les paragraphes suivants.

5.2. CRITERE LITHOLOGIQUE

5.2.1. Définition du critère lithologique et barème

Ce premier critère, de nature essentiellement qualitative, est utilisé pour caractériser la lithologie des matériaux dominants dans la formation. Il permet de distinguer les terrains essentiellement argileux, de ceux où l'argile est minoritaire. Ce critère intègre donc l'hétérogénéité des formations, qui est forte pour bon nombre de formations du Lot, tout particulièrement pour les molasses qui sont constituées de plusieurs séquences de matériaux lithologiquement très différents (sables et grès, argiles et calcaires), sans que les documents cartographiques actuellement disponibles ne permettent de distinguer ces différents termes. L'épaisseur de la formation entre également en ligne de compte, puisque les formations argileuses peu épaisses présentent un potentiel de retrait ou de gonflement moindre que les formations puissantes.

Par convention, la note maximale est attribuée à une argile ou une marne épaisse et continue et la note minimale à une formation hétérogène, présentant des termes argileux non prédominants et discontinus, par exemple sous forme de poches ou de lentilles. Cette caractérisation lithologique des formations est établie à dire d'expert par le géologue régional.

Le barème utilisé pour distinguer les différentes classes lithologiques est le suivant :

Type de formation	Susceptibilité	Note lithologique
Formation non argileuse mais contenant localement des passées ou des poches argileuses (ex : alluvions avec lentilles argileuses, calcaire avec poches karstiques, ...)	faible	1
Formation présentant un terme argileux non prédominant de type calcaire argileux ou sable argileux	moyenne	2
Formation à dominante argileuse , présentant un terme ou une passée non argileuse (ex : alternance marno-calcaire ou sablo-argileuse) ou très mince (moins de 3 m)	forte	3
Formation essentiellement argileuse ou marneuse , d'épaisseur supérieure à 3 m et continue	très forte	4

5.2.2. Caractérisation lithologique des formations argileuses et marneuses du département du Lot

Les principaux éléments ayant permis la caractérisation lithologique des formations ont été détaillés lors de la description de ces formations dans le paragraphe 4.3. Les notes lithologiques attribuées à chacune des formations sont présentées sur l'illustration 9.

Ces notes montrent que, parmi les 17 formations géologiques argileuses ou marneuses du département,

- deux formations ont une note de 4 : les altérites argileuses ont cette note du fait de leur épaisseur (5 à 10 m) et de leur propension à l'altération (G. Kulbiki, 1956). Ces argiles, qui sont localisées à l'ouest de Cahors ainsi que dans la partie nord du département, résultent de l'altération des formations calcaires et marno-calcaires sous-jacentes. Les argiles palustres-lacustres, localisées au NNW et SSE de Cahors, ont également été affectées d'une note de 4 du fait de la proportion relativement importante de leur fraction argileuse, qui peut contenir un pourcentage élevé de smectite. Une note identique leur avait été attribuée dans le département du Tarn,
- six ont une note de 3 : les molasses et les marnes sont les formations les plus représentées dans ce groupe et se situent au sud-ouest et à l'est du département,

- six formations sont classées avec une note de 2 parmi lesquelles les marno-calcaires constituent la formation la plus importante en superficie, 875 km² soit 17% du département, affleurant dans toute la partie ouest du département,
- trois formations sont notées 1, qui correspondent aux formations calcaires, normalement non argileuses et qui présentent des exceptions locales.

Au total les formations argileuses ou marneuses constituent 55,6% du département. Les notations, attribuées pour l'essentiel à partir des indications fournies par les notices des cartes géologiques, sont globalement en concordance, pour les formations équivalentes, avec celles adoptées dans les départements voisins. Ceci permet d'aboutir à une cartographie régionale homogène, tout en intégrant les spécificités locales qui traduisent de légères variations latérales de faciès liées à des variations du milieu de dépôt.

N° formation	Formation lithologique	Note lithologique
1	Colluvions argilo-limono-sableuses à argilo-graveleuses	3
2	Alluvions argileuses actuelles à subactuelles	2
3	Alluvions des basses terrasses	3
4	Alluvions sablo-argileuses	2
5	Alluvions anciennes sablo-argileuses	2
6	Remplissage karstique	3
7	Argiles palustres-lacustres	4
8	Molasses	3
9	Argiles à graviers	3
10	Altérites argileuses	4
11	Altérites sablo-argileuses	2
12	Marnes	3
13	Formations marno-calcaires	2
14	Argilites et pélites gréseuses	2
15	Calcaires lacustres stampiens	1
16	Dolomicrites portlandiennes	1
17	Calcaires sinémuriens	1

Illustration 9 - Note lithologique des formations argileuses et marneuses

5.3. CARACTERISATION MINÉRALOGIQUE DES FORMATIONS ARGILEUSES ET MARNEUSES

5.3.1. Définition du critère minéralogique et barème

Les phénomènes de retrait-gonflement s'expriment préférentiellement dans les minéraux argileux appartenant au groupe des smectites (montmorillonite, beidellite, nontronite, saponite, hectorite, sauconite) et, dans une moindre mesure, au groupe des interstratifiés, alternance plus ou moins régulière de feuillets de natures différentes, lorsque ceux-ci comportent des smectites au sein de leur structure, par exemple smectites/illite ou illite/smectites. La vermiculite est aussi connue pour sa sensibilité au phénomène de retrait-gonflement. La caractérisation minéralogique des argiles se détermine par des analyses de diffractométrie aux rayons X.

Le critère minéralogique est basé sur le pourcentage moyen de minéraux gonflants (smectites et interstratifiés) présents dans la phase argileuse. Les notes de 1 à 4 sont attribuées en fonction des coupures suivantes :

% moyen de minéraux gonflants	Susceptibilité	Note minéralogique
< 25 %	faible	1
25 à 50 %	moyenne	2
50 à 80 %	forte	3
> 80 %	très forte	4

5.3.2. Source des données

De manière générale, pour des raisons de coût, les dossiers de demande de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle, ne contiennent pratiquement jamais de caractérisation des minéraux argileux composant les formations géologiques identifiées comme susceptibles. Il en est de même pour les expertises de sinistres qui se basent rarement, pour effectuer leur diagnostic, sur des diffractométries aux rayons X. Les valeurs qui, pour ce département et les départements voisins, ont pu être extraites de cette documentation sont présentées en annexe 2

La caractérisation minéralogique des formations argileuses et marneuses du département du Lot a donc été réalisée essentiellement à partir d'une campagne d'échantillonnage, suivie d'analyses diffractométriques (Rayons X), complétée des quelques données issues de l'examen des notices des cartes géologiques et d'une

revue bibliographique. Certaines notices de cartes, et notamment les plus récentes d'entre elles, mentionnent en effet les minéraux dominants de certaines argiles, sans toutefois faire référence à des résultats d'analyses particulières.

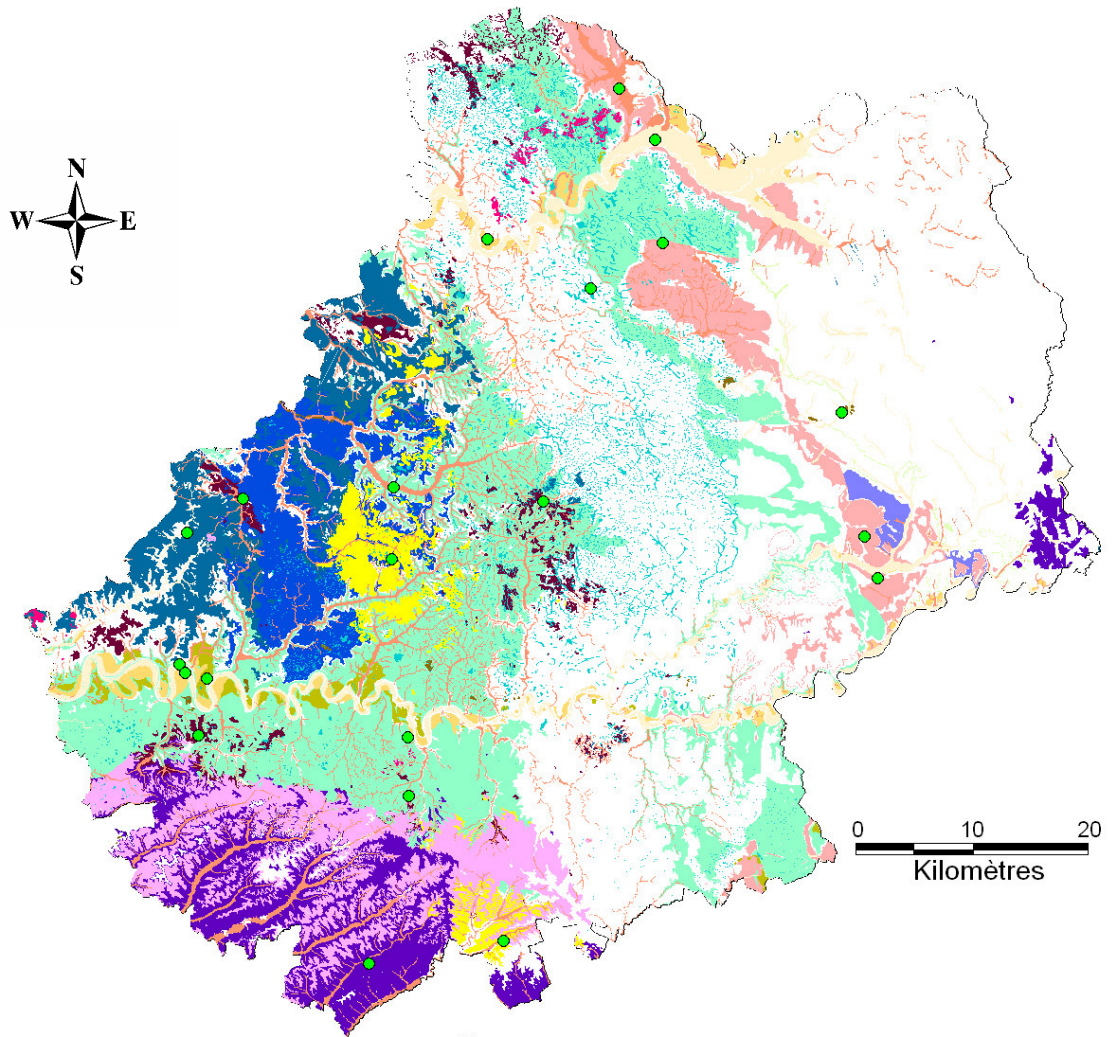
Vingt échantillons ont ainsi été prélevés sur l'ensemble des formations argileuses, le nombre par formation étant adapté en fonction de son étendue (de 1 à 4 par formation), à sa localisation et du nombre de sinistres recensés sur celle-ci. La représentativité de ces mesures a été pondérée en prenant en compte les résultats d'analyse obtenus dans le Tarn-et-Garonne, le Lot-et-Garonne et la Dordogne, départements voisins, pour les formations équivalentes.

Trois types d'analyses ont été réalisés sur ces échantillons :

- une diffractométrie aux rayons X, pour déterminer la nature des argiles, objectif principal de l'échantillonnage,
- une granulométrie, pour déterminer le pourcentage d'argiles,
- un essai au bleu de méthylène (détermination de la capacité d'absorption de l'argile), dans le but de compléter les informations recueillies au cours des recherches bibliographiques ou auprès des bureaux d'étude. Cette dernière analyse sera plus spécialement utilisée pour établir la notation géotechnique des formations.

La carte suivante (illustration 10) indique, sur fond de carte synthétique des formations argileuses, la répartition géographique des échantillons prélevés dans le département.

La granulométrie va déterminer la fraction argileuse ($< 2\mu\text{m}$), qui sert de référence à la diffractométrie aux rayons X. Cette dernière est effectuée sur la seule fraction fine ($< 2\mu\text{m}$). Elle a été réalisée à partir de lames orientées normales, glycolées pendant 12 heures en tension de vapeur puis chauffées à 490°C pendant 4 heures. Il en résulte un spectre caractéristique de chaque échantillon (forme, surface) à partir duquel est déterminée la nature et la proportion des minéraux argileux présents.



Légende

- Formations a priori non argileuses
 - Colluvions et alluvions argilo-limono-sableuses à argilo-graveleuses
 - Alluvions argileuses actuelles à subactuelles
 - Alluvions des basses terrasses
 - Alluvions sablo-argileuses
 - Alluvions anciennes sablo-argileuses
 - Remplissages karstiques
 - Argiles palustres-lacustres
 - Molasses
 - Argiles à graviers
 - Altérites argileuses
 - Altérites sablo-argileuses
 - Marnes
 - Formations marno-calcaires
 - Argilites et pélites gréseuses
 - Calcaires lacustres stampiens
 - Dolomicrites portlandiennes
 - Calcaires sinémuriens
- Echantillon

Illustration 10 - Localisation des prélèvements effectués dans le cadre de l'étude

5.3.3. Caractérisation minéralogique des formations argileuses et marneuses du département du Lot

L'ensemble des données ayant servi à la caractérisation minéralogique des formations argileuses et marneuses du département est synthétisé sur l'illustration 11. La notation, fonction de la détermination du pourcentage moyen de minéraux gonflants, a été faite en prenant en compte les résultats des analyses des échantillons recueillis sur le département mais également ceux relatifs aux départements voisins (le Tarn-et-Garonne, le Lot-et-Garonne et la Dordogne, parfois un peu plus lointain, le Tarn) les plus susceptibles de présenter des formations géologiques comparables, voire en continuité, avec celle du Lot.

La notation, issue des analyses figurant en annexe 2, est présentée sur 2 colonnes :

- dans la première, les notations sont relatives aux formations échantillonnées sur le seul département du Lot,
- dans la seconde, les notations prennent en compte les analyses réalisées sur tous les départements pris en compte.

Cette notation résultante est la suivante :

- une seule formation, les alluvions anciennes sablo-argileuses, reçoit une note de 4. Cette note qui repose sur une seule mesure réalisée dans le Tarn-et-Garonne est gardée dans la mesure où tant dans le Lot que dans le Lot-et-Garonne et la Dordogne, ces alluvions anciennes ont subi une intense altération qui a conduit à une forte argilisation,
- une seule formation, les altérites argileuses, la note de 3,
- trois formations, les molasses, les alluvions actuelles sablo-argileuses et les argiles palustres-lacustres, la note de 2,
- les autres formations, la note de 1. Toutefois aucune note n'est attribuée aux formations carbonatées faute de donnée disponible sur les zones altérées affleurant en surface.

La prise en compte des échantillons des départements voisins vient consolider les informations obtenues sur le département du Lot. Une modification importante entraînée par cette prise en compte concerne les molasses qui auraient été notées 3 avec les seules analyses, au demeurant peu nombreuses (5), du Lot et du Tarn-et-Garonne.

N° de la formation	Nom de la formation	Fraction des minéraux gonflants 46				Fraction des minéraux gonflants 24, 47, 81 et 82				Moyenne 24, 47, 46, 81 et 82	Note finale
		nb	mini	maxi	moy	nb	mini	maxi	moy		
1	Colluvions et alluvions argilo-limono-sableuses à argilo-graveleuses	2	0	30	15	1	0	0	0	10	1
4	Alluvions argileuses actuelles à subactuelles	2	0	26	13					13	1
2	Alluvions des basses terrasses	2	0	traces	traces					0	1
3	Alluvions sablo-argileuses	1	27	27	27					27	2
5	Alluvions anciennes sablo-argileuses					1	89	89	89	89	4
6	Remplissages karstiques	1	8	8	8					8	1
7	Argiles palustres-lacustres	2	0	86	43	1	13	13	13	33	2
8	Molasses	1	70	70	70	84	0	90	33,8	34,2	2
9	Argiles à graviers					1	0	0	0	0	1
10	Altérites argileuses	2	6	15	10,5	17	0	98	61,6	56,2	3
11	Altérites sablo-argileuses	1	6	6	6					6	1
12	Marnes	3	0	23	11,5	6	0	9	2,8	6,3	1
13	Formations marno-calcaires	1	0	0	0					0	1
14	Argilites et pélites gréseuses	1	0	0	0					0	1
15	Calcaires lacustres stampiens										
16	Dolomicrites portlandiennes										
17	Calcaires sinémuriens										

Illustration 11 - Résultats de la diffractométrie aux rayons X et notation minéralogique

5.4. CARACTERISATION GEOTECHNIQUE DES FORMATIONS ARGILEUSES ET MARNEUSES

5.4.1. Définition du critère géotechnique et barème

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

Le choix et la description des différents essais géotechniques utilisés pour la définition de ce critère sont présentés dans les paragraphes suivants, ainsi que les valeurs seuils retenues pour la détermination de la note géotechnique, valeurs qui sont identiques pour tous les départements ayant fait l'objet d'une telle carte d'aléa retrait-gonflement.

Généralités sur les expertises de sinistres

La lecture des rapports d'expertises de sinistres montre de façon générale que le type d'essais effectués sur le terrain dépend des bureaux d'études et varie en fonction de l'objectif assigné à l'étude. Généralement, la reconnaissance de sol se fait par sondage à la tarière (le plus souvent manuelle), parfois en fouille directe. Les essais géotechniques remplissent deux objectifs :

- déterminer les caractéristiques intrinsèques du sol : les essais utilisés sont généralement les limites d'Atterberg (qui permettent de déterminer l'indice de plasticité, IP), le retrait linéaire, l'essai au bleu de méthylène (qui traduit la capacité d'adsorption du sol) et le coefficient de gonflement, éventuellement complétés par une analyse granulométrique pour déterminer le passant à 80 µm. Les analyses sédimentométriques, qui permettraient de déterminer la fraction argileuse du matériau (inférieure à 2 µm), et les analyses aux rayons X, permettant de distinguer le pourcentage de minéraux gonflants sont plus rarement réalisées.
- caractériser l'état du sol, et notamment son état de dessiccation en effectuant des mesures de teneurs en eau, généralement à plusieurs profondeurs. En comparant ces valeurs avec les limites d'Atterberg du matériau, il est possible de savoir dans quel état de consistance se trouve le matériau in situ (état solide avec ou sans retrait, plastique ou liquide). D'autres essais peuvent également être mis en œuvre, comme la mesure du rapport de gonflement.

Seuls les résultats des essais correspondant aux caractéristiques intrinsèques du sol sont pris en compte dans le cadre de cette étude, puisqu'il s'agit de déterminer la susceptibilité au retrait-gonflement de chaque formation. En effet, les résultats des essais caractérisant l'état du matériau varient au cours du temps en fonction de l'humidité du sol : ils sont donc utiles aux experts, pour diagnostiquer les causes d'un sinistre et déterminer dans quel état se trouve le sol par rapport au niveau d'équilibre, mais ne sont pas pertinents pour caractériser la susceptibilité du matériau au retrait-gonflement.

Les études géotechniques après sinistres sont souvent complétées par un ou plusieurs essais pressiométriques (ou parfois au pénétromètre dynamique), dont l'objectif est la vérification de la capacité portante du sol et le dimensionnement ultérieur éventuel de micropieux, si les résultats de l'expertise indiquent qu'une reprise en sous-œuvre des fondations est nécessaire. Ces données ne sont pas utilisées dans le cadre de la présente étude.

Les principaux essais dont les résultats ont été utilisés dans le cadre de la présente étude pour caractériser le comportement géotechnique du matériau vis à vis du phénomène de retrait-gonflement sont finalement au nombre de quatre : l'indice de plasticité, la valeur de bleu, le coefficient de gonflement et le retrait linéaire. Ces essais sont présentés dans les paragraphes suivants, sachant que les deux essais les plus représentatifs de l'aptitude d'un sol au retrait-gonflement sont la valeur de bleu et le retrait linéaire.

Indice de plasticité (IP)

Il est calculé à partir des limites d'Atterberg qui mettent en évidence l'influence de la teneur en eau sur la consistance du matériau fin. Cet indice correspond à la différence entre la limite de liquidité (WL) et la limite de plasticité (Wp) du matériau. Il représente donc l'étendue du domaine plastique et donne une indication sur l'aptitude du matériau argileux à acquérir de l'eau. Il est généralement considéré (Chassagneux et al., 1995) que la susceptibilité d'une argile vis-à-vis du retrait-gonflement varie en fonction de l'indice de plasticité (IP) de la manière suivante :

Indice de plasticité	Susceptibilité	Note
IP < 12	faible	1
12 ≤ IP < 25	moyenne	2
25 ≤ IP < 40	forte	3
IP ≥ 40	très forte	4

Cet essai d'identification de sol est réalisé très classiquement par de nombreux bureaux d'études et les valeurs disponibles sont relativement nombreuses. Il est cependant important de noter que la corrélation entre ce type de résultat et l'aptitude du sol au retrait-gonflement est loin d'être vérifiée dans tous les cas.

Essai au bleu de méthylène (Vb)

L'essai au bleu de méthylène permet d'évaluer la surface spécifique d'échange d'un matériau argileux, ce qui constitue un bon indicateur de sa susceptibilité au phénomène de retrait-gonflement. Il traduit en effet à la fois la proportion d'argile contenue dans l'échantillon et la teneur en minéraux gonflants de sa fraction argileuse. Malheureusement, les résultats d'essai de bleu sont relativement peu nombreux et il n'est pas toujours aisé de les interpréter de manière statistique.

Cet essai a été développé par Tran Ngoc Lan (1977) et adopté comme procédure d'essai officiel des Laboratoires des Ponts et Chaussées (LCPC, 1979), puis normalisé (norme AFNOR NF P 18-592). Il consiste à mesurer la capacité d'adsorption de bleu de méthylène, c'est-à-dire la quantité de ce colorant nécessaire pour recouvrir d'une couche mono-élémentaire les surfaces externes et internes de toutes les particules argileuses présentes dans 100 g de sol. Cette quantité est appelée la valeur de bleu, notée Vb et exprimée en grammes de bleu pour 100 g de matériau. Il est généralement considéré (Chassagneux et al., 1995) que la sensibilité d'un matériau argileux varie de la manière suivante en fonction de la valeur de bleu (Vb) :

Valeur de bleu	Susceptibilité	Note
< 2,5	faible	1
2,5 à 6	moyenne	2
6 à 8	forte	3
> 8	très forte	4

Retrait linéaire (RI)

La valeur du retrait linéaire est un indicateur de l'importance du retrait volumique possible d'un sol, lors de son assèchement. Initialement, le sol est saturé en eau. Lorsque la teneur en eau diminue, son volume total diminue, puis se stabilise. Ce processus de diminution de la teneur en eau se traduit par deux phases successives. Lors de la première, les grains constituant le sol se rapprochent, mais le sol reste toujours saturé : la variation de volume du sol est donc proportionnelle à la diminution de teneur en eau. Pendant la deuxième phase, les grains sont en contact et ne peuvent plus se rapprocher, l'élimination de l'eau ne fait plus varier le volume du sol, mais se traduit par sa désaturation. La teneur en eau correspondant à ce palier est appelée limite de retrait. Plus cette valeur est faible, plus la variation de volume peut être importante et plus le tassement induit en cas de dessiccation sera grand.

Le retrait linéaire, noté RI, correspond à la pente de la droite donnant le tassement de l'échantillon en fonction de la diminution de teneur en eau, dans la partie où cette teneur en eau reste supérieure à la limite de retrait. Les coupures suivantes ont été proposées (Mastchenko, 2001) pour caractériser le potentiel de retrait avec ce paramètre.

Retrait linéaire	Susceptibilité	Note
RI < 0,4	faible	1
0,4 ≤ RI < 0,65	moyenne	2
0,65 ≤ RI < 0,75	forte	3
RI ≥ 0,75	très forte	4

Coefficient de gonflement (Cg)

L'essai de gonflement à l'œdomètre (norme XP P 94-091) consiste à mesurer une amplitude de gonflement à la suite d'un apport d'eau. Il est par conséquent fortement conditionné par l'état initial de saturation en eau du sol considéré. En effet, pour un même sol, le gonflement relatif sera d'autant plus grand que le sol était initialement plus sec. Cette observation souligne l'intérêt d'associer ces essais avec la réalisation d'un profil hydrique. Ainsi la pression de gonflement ne constitue pas une caractéristique intrinsèque du sol, les valeurs dépendant fortement de l'état de saturation initial du sol considéré. Le potentiel de gonflement peut cependant être caractérisé par le coefficient de gonflement Cg (pente de la droite de déchargement observée dans un essai œdométrique) qui permet d'évaluer le potentiel de gonflement des formations argileuses identifiées :

Coefficient de gonflement	Susceptibilité	Note
$C_g < 0,025$	faible	1
$0,025 \leq C_g < 0,035$	moyenne	2
$0,035 \leq C_g < 0,055$	forte	3
$C_g \geq 0,055$	très forte	4

5.4.2. Source des données

Les données géotechniques qui ont été recueillies pour caractériser les différentes formations argileuses et marneuses affleurant dans le département proviennent de plusieurs sources :

- les rapports visant à étayer la demande de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle et surtout les études géotechniques réalisées dans le cadre d'expertises après sinistres. Ces dossiers nous ont été transmis par les communes et la préfecture, pour une moindre part, puisque tant les mutuelles d'assurance que la Caisse Centrale de Réassurance (CCR) n'en disposaient pas. Pour ce projet, il n'a pas non plus été possible, excepté Fondasol, d'obtenir des informations des différents bureaux d'études consultés, même ceux identifiés par les rapports d'étude transmis par les mairies, malgré un courrier initial, une relance postale et différents appels téléphoniques. Le tableau suivant résume l'état des réponses obtenues.

Bureau d'étude	Réponse	Contenu de la réponse
2GH	Non	
ADOUR Hydro	Non	
AGE Envir	Non	
ANTEA	Oui	Aucune donnée pour ces départements
Aquiterra ISE	Non	
Cabinet Bernard	Non	
Fondasol	Oui	Données disponibles
Fugro	Non	
Géobilan	Oui	Aucune donnée pour ces départements
GEOTEC	Non	
GFC	Non	
Ginger	Non	
Hydro_M	Oui	Aucune donnée
Ingesol	Non	
Silex	Non	
SIMECSOL	Non	
SOGREAH	Oui	Pas de prestation géotechnique (ou hors de la classification normalisée)
Sols et Eaux	Oui	Pas de donnée disponible
SOLTECNIC	Non	
Terrefort	Oui	Peu d'intervention dans ces départements et ne concernent pas des problèmes d'analyse d'argile.

- les 20 analyses de valeur au bleu qui ont été réalisées dans le cadre de la présente étude sur des échantillons prélevés sur l'ensemble du département, afin de compléter les données d'archives (annexe 2),
- pour compléter cette information, il a été fait appel aux données inventoriées à l'occasion de l'étude des départements voisins ou proches (Tarn-et-Garonne, Tarn, Lot-et-Garonne et Dordogne) pour les formations géologiques correspondantes. La plupart des formations ont bénéficié de cet apport mais tout particulièrement les molasses, les marnes et les altérites argileuses (annexe 2).

5.4.3. Caractérisation géotechnique des formations argileuses et marneuses du département du Lot

La synthèse des données géotechniques, exploitées dans le cadre de cette étude pour la caractérisation géotechnique des formations, et les notes géotechniques attribuées sont présentées sur l'illustration 12.

Le comportement géotechnique du matériau est estimé à partir d'une interprétation statistique de tous les résultats d'essais de laboratoire qui ont pu être recueillis. Pour cette interprétation, sont privilégiés les essais jugés les plus représentatifs du comportement vis-à-vis du retrait-gonflement, à savoir les valeurs de bleu (essais Vb, indiquant la capacité d'adsorption d'eau) complétées par celle relatives au retrait linéaire (RI). A défaut, on peut aussi tenir compte des indices de plasticité (Ip, calculé à partir des limites d'Atterberg et indiquant l'étendue du domaine plastique). Les coupures proposées pour l'attribution des notes concernant ce critère seront celles citées au § 5.4.1 ci-dessus.

Les résultats sont les suivants :

- aucune formation ne présente une très forte susceptibilité au retrait-gonflement (4),
- 5 formations ont une forte susceptibilité au retrait-gonflement (3),
- 7 formations ont une susceptibilité moyenne au retrait-gonflement (2),
- 5 formations ont une faible susceptibilité au retrait-gonflement (1).

La grande variabilité des matériaux au sein d'une même formation et le nombre généralement restreint d'analyses disponibles ne permettent pas de réaliser de simples moyennes arithmétiques mais exigent une analyse pondérée des résultats. L'attribution des notes comporte une part de subjectivité et peut être adaptée en fonction du contexte géologique.

Les résultats des essais géotechniques montrent que la susceptibilité des formations au retrait-gonflement est globalement moyenne dans le Lot.

N°	Formation lithologique	Indice de plasticité				Valeur de bleu				Retrait linéaire				Coefficient de gonflement				Note géotechnique
		Nb de mesures	Ip min	Ip max	Ip moy	Nb de mesures	Vb min	Vb max	Vb moy	Nb de mesures	RI min	RI max	RI moy	Nb de mesures	Cg min	Cg max	Cg moy	
1	Colluvions et alluvions argilo-limono-sableuses à argilo-graveleuses	0				6	1,18	6,70	3,21	0				0			2	
2	Alluvions argileuses actuelles à subactuelles	57	5,10	57,00	25,50	43	0,85	12,70	4,34	7	0,268	0,596	0,456	12	0,007	0,047	0,027	2
3	Alluvions des basses terrasses	28	1,00	41,50	23,30	15	0,70	7,30	3,78	8	0,380	0,484	0,433	9	0,026	0,043	0,037	2
4	Alluvions sablo-argileuses	4	15,00	33,50	27,30	3	2,00	6,50	4,65	0				1	0,032	0,032	0,032	2
5	Alluvions anciennes sablo-argileuses	10	20,00	58,00	31,20	21	2,00	15,70	6,32	9	0,324	0,602	0,484	12	0,015	0,075	0,045	3
6	Remplissages karstiques	0				1	2,40	2,40	2,40	0				0				1
7	Argiles palustres-lacustres	3	19,00	40,00	30,67	7	0,52	8,13	5,23	0				0				3
8	Molasses	34	7,00	47,00	25,8	20	0,50	15,00	4,84	2	0,544	0,545	0,544	3	0,016	0,037	0,025	3
9	Argiles à graviers	0				2	3,13	4,67	3,13	0				0				2
10	Altérites argileuses	1	29,30	29,30	29,30	3	2,05	2,34	2,17	0				0				2
11	Altérites sablo-argileuses	1	12,10	12,10	12,10	1	0,03	8,77	4,50	0				0				2
12	Marnes	14	20,00	36,00	33,35	6	3,46	8,50	5,45	1	0,456	0,456	0,456	1	0,058	0,058	0,058	3
13	Formations marno-calcaires	0				3	1,06	6,00	3,60	0				0				2
14	Argilites et pélites gréseuses	1	34,20	34,20	34,20	1	2,60	2,60	2,60	0				0				2
15	Calcaires lacustres stampiens	2	22,00	30,00	26,00	1	7,63	7,63	7,63	0				0				3
16	Dolomites portlandiennes	0				1	2,16	2,16	2,16	0				0				1
17	Calcaires sinémuriens	1	26,00	26,00	26,00	1	2,10	2,10	2,10	0				1	0,060	0,060	0,060	1

Illustration 12 – Notation géotechnique des formations argileuses et marneuses

5.5. ELABORATION DE LA CARTE DE SUSCEPTIBILITE

5.5.1. Détermination du degré de susceptibilité

Au total, chaque formation a donc été caractérisée par trois notes, une pour chacun des critères pris en compte selon les classifications présentées précédemment. La moyenne des trois notes obtenues permet de calculer, pour chaque formation, un degré de susceptibilité globale vis à vis du retrait-gonflement. La moyenne obtenue est potentiellement comprise entre 1 et 4. Les classes de susceptibilité déterminées à partir de la valeur moyenne ainsi calculée sont les suivantes :

Note moyenne	Degré de susceptibilité
valeur \leq 2	faible
2 < valeur \leq 3	moyen
valeur > 3	fort

5.5.2. Susceptibilité des formations argileuses et marneuses

Le calcul du degré de susceptibilité des 17 formations argileuses et marneuses identifiées dans le département du Lot est présenté sur l'illustration 13 qui reprend les résultats établis précédemment en classant les formations par niveau de susceptibilité et en précisant les surfaces concernées.

Cette hiérarchisation des formations argileuses et marneuses du Lot, établie sur la base de critères purement physiques, conduit ainsi à identifier 5 formations de susceptibilité moyenne et 12 de susceptibilité faible. Aucune formation de susceptibilité forte n'a été définie dans le département et ceci par référence à ce qui a été observé dans d'autres départements avec les mêmes critères de classification.

N°	Formation lithologique	Note lithologique	Note minéralogique	Note géotechnique	Moyenne	Indice de susceptibilité
1	Colluvions et alluvions argilo-limono-sableuses à argilo-graveleuses	3	1	2	2,00	faible
2	Alluvions argileuses actuelles à subactuelles	2	1	2	1,67	faible
3	Alluvions des basses terrasses	3	1	2	2,00	faible
4	Alluvions sablo-argileuses	2	2	2	2,00	faible
5	Alluvions anciennes sablo-argileuses	2	4	3	3,00	moyen
6	Remplissages karstiques	3	1	1	1,67	faible
7	Argiles palustres-lacustres	4	2	3	3,00	moyen
8	Molasses	3	2	3	2,67	moyen
9	Argiles à graviers	3	1	2	2,00	faible
10	Altérites argileuses	4	3	2	3,00	moyen
11	Altérites sablo-argileuses	2	1	1	1,33	faible
12	Marnes	3	1	3	2,33	moyen
13	Formations marno-calcaires	2	1	1	1,33	faible
14	Argilites et pélites gréseuses	2	1	2	1,67	faible
15	Calcaires lacustres stampiens	1		3	2,00	faible
16	Dolomicrites portlandiennes	1		1	1,00	faible
17	Calcaires sinémuriens	1		1	1,00	faible

Illustration 13 - Indice de susceptibilité des formations

5.5.3. Carte de susceptibilité

La carte départementale de susceptibilité a été tracée à partir de la carte synthétique des formations argileuses et marneuses, en attribuant à chacune des formations géologiques la classe de susceptibilité définie précédemment. Cette carte est présentée sur l'illustration 14 et en carte hors-texte 2 à l'échelle 1/125 000.

Les zones blanches de la carte correspondent aux formations a priori non argileuses, et donc théoriquement non sujettes au phénomène de retrait-gonflement. Cependant, il est toujours possible que ces formations soient recouvertes localement de placages superficiels argileux ou contiennent des poches d'argile, non représentés sur la carte géologique disponible. L'hétérogénéité des formations, molassiques ou alluviales en particulier, peut par exemple conduire à la présence de lentilles argileuses dans des niveaux réputés sableux tandis que l'altération par dissolution de formations carbonatées peut être à l'origine de concentrations d'argiles, comme cela est fréquemment observé au niveau des dolines qui affectent les Causses calcaires.

Les formations argileuses et marneuses sont représentées par deux couleurs, jaune et orange, selon leur degré respectif de susceptibilité croissant vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement, respectivement faible et moyen.

Les formations de susceptibilité moyenne couvrent ainsi 12 % de la surface du département, tandis que celles de susceptibilité faible en représentent 42,6 %. 45,4 % du département n'est *a priori* pas sujet au retrait-gonflement des argiles, ce qui correspond aux formations considérées comme a priori non argileuses et au réseau hydrographique.

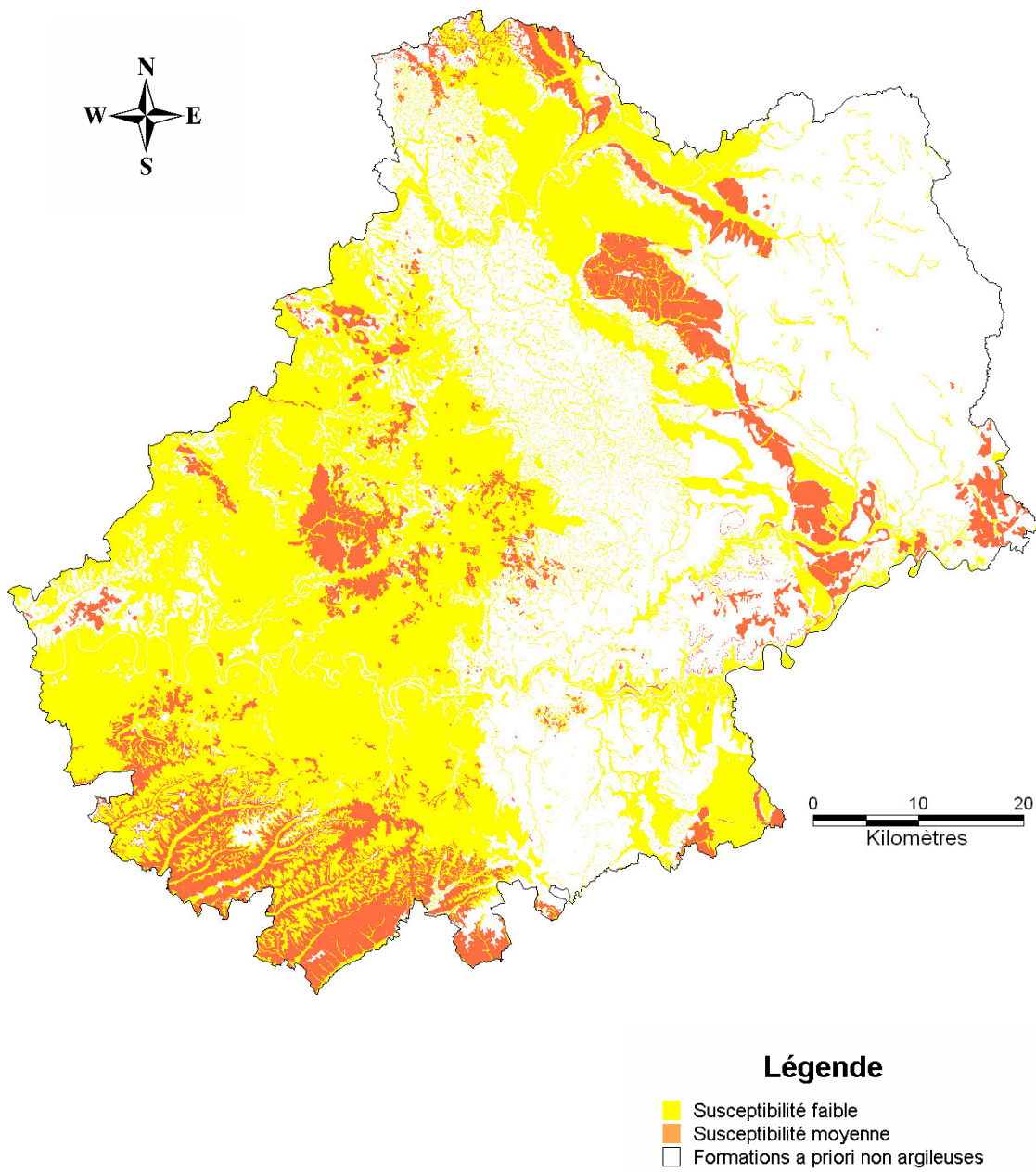


Illustration 14 - Susceptibilité au retrait gonflement du département du Lot

6. Inventaires des communes sinistrées et des sinistres sécheresse - détermination du critère densité de sinistres

6.1. PROCEDURE DE DEMANDE DE RECONNAISSANCE DE L'ETAT DE CATASTROPHE NATURELLE

Dans le cadre de la loi n°82-600 du 13 juillet 1982 sur les catastrophes naturelles, et à l'initiative des sinistrés, un dossier technique est établi par un bureau d'études afin de demander la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle dans la commune concernée, au titre des mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols. Aux termes de cette loi, les propriétaires de bâtis peuvent se considérer comme victimes des effets des catastrophes naturelles pour les dommages matériels directs ayant pour cause déterminante "l'intensité anormale d'un agent naturel" – dans le cas présent, la sécheresse ou la réhydratation des sols – "lorsque les mesures habituelles pour prévenir ces dommages n'ont pu empêcher leur survenance".

Les dossiers techniques des communes sont collectés par la Préfecture qui les transmet à la Commission Interministérielle statuant sur la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle.

Pour que les dossiers qui lui sont soumis soient déclarés recevables, la Commission Interministérielle exige que les critères suivants soient satisfaits :

- les désordres ne doivent pas relever d'une cause autre que la sécheresse ou la réhydratation des sols ;
- le caractère exceptionnel du phénomène climatique doit être prouvé ;
- la nature du sol doit être essentiellement argileuse, de sorte qu'elle permette le retrait par dessiccation ou le gonflement par réhydratation ;
- le niveau de fondation doit se trouver dans la zone de sol subissant la dessiccation ;
- l'évolution des désordres doit être corrélée dans le temps avec celle du phénomène climatique exceptionnel.

Depuis décembre 2000, l'analyse du contexte climatique est confiée à Météo France et effectuée sur la base d'un suivi de l'état hydrique des sols, calculé dans 92 stations de référence au moyen d'un modèle à double réservoir, sur la base d'une réserve utile de 200 mm, dont on suit le niveau de remplissage au pas de temps décadaire. La comparaison de l'état hydrique des sols (qui dépend essentiellement des précipitations et de l'évapotranspiration) par rapport aux moyennes normales, permet d'identifier les périodes de sécheresse exceptionnelles qui ont d'abord été définies comme étant des périodes de quatre trimestres consécutifs pour lesquels la réserve en eau du sol est

inférieure à la normale, avec au moins une décade située au cours du premier trimestre (janvier à mars, période de recharge hivernale) où la réserve en eau est inférieure à 50 % de la normale. Ces critères ont été modifiés pour la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle concernant les sinistres survenus spécifiquement au cours de l'été 2003, caractérisé par une sécheresse intense mais brève pour laquelle le critère précédent ne s'appliquait pas.

Les études menées en vue de la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle ne sont habituellement réalisées que sur quelques cas de désordres de bâtis par commune. L'ensemble des sinistres d'une commune est rarement pris en compte et il n'est pas rare qu'un seul sinistre permette de classer l'ensemble de la commune en état de catastrophe naturelle. Par ailleurs, dès lors qu'une commune a été reconnue une fois, il n'est pas exigé d'étude géotechnique supplémentaire pour définir une nouvelle période de reconnaissance.

De surcroît, ces études préalables sont généralement très succinctes. Une visite de terrain permet de réaliser un bref audit des sinistres, de noter les dates d'apparition des premiers désordres (pour les comparer avec les chroniques pluviométriques), d'observer les pathologies et la nature des terrains, de noter la présence éventuelle de végétation arborée à proximité du bâti sinistré et de recueillir le témoignage des propriétaires. L'examen de la carte géologique de la France, à l'échelle du 1/50 000, complété éventuellement par des observations de terrain ou des sondages, permettent de préciser la nature des formations géologiques environnant les sinistres et de déterminer la formation argileuse ou marneuse en cause.

Ces dossiers techniques ne constituent donc qu'une première approche, souvent très sommaire, du problème. Après reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle dans la commune, des études plus approfondies sont généralement réalisées à la demande des compagnies d'assurance afin de déterminer le niveau de remboursement des dégâts et proposer des solutions de confortement. Les experts en charge de ces diagnostics font alors souvent appel à des bureaux d'études spécialisés pour réaliser des études géotechniques qui permettent de préciser l'origine des désordres. Ces études de sols ne sont cependant pas systématiques.

Dans le cas du département du Lot, d'après les dossiers que nous ont transmis les communes, différents bureaux d'études ont réalisé des dossiers techniques pour établir la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle ou expertiser des sinistres pour le compte des compagnies d'assurance. Peuvent être cités : Aquiterra, AGE environnement, GEOTEC-Toulouse, Fondasol, SORES.

6.2. IDENTIFICATION DES COMMUNES SINISTREES

L'enquête relative à l'étude actuelle s'est effectuée sur l'ensemble des communes du département, même si seules 86 ont été reconnues au moins une fois en état de catastrophe naturelle au titre de mouvements différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols.

Ces 86 communes représentent 25 % des 340 communes que comptent le département et couvrent, à elles seules, 28 % de sa superficie totale.

La liste des communes concernées est présentée en annexe 3, ainsi que les périodes de reconnaissance, les dates des arrêtés interministériels et les dates de leur parution au Journal Officiel. La carte de l'illustration 15 permet de localiser les 86 communes qui ont fait l'objet d'au moins un arrêté de reconnaissance à ce jour et signale, pour information, les 58 communes qui ont signalé des sinistres sans pour autant avoir été reconnues en état de catastrophe naturelle à ce titre.

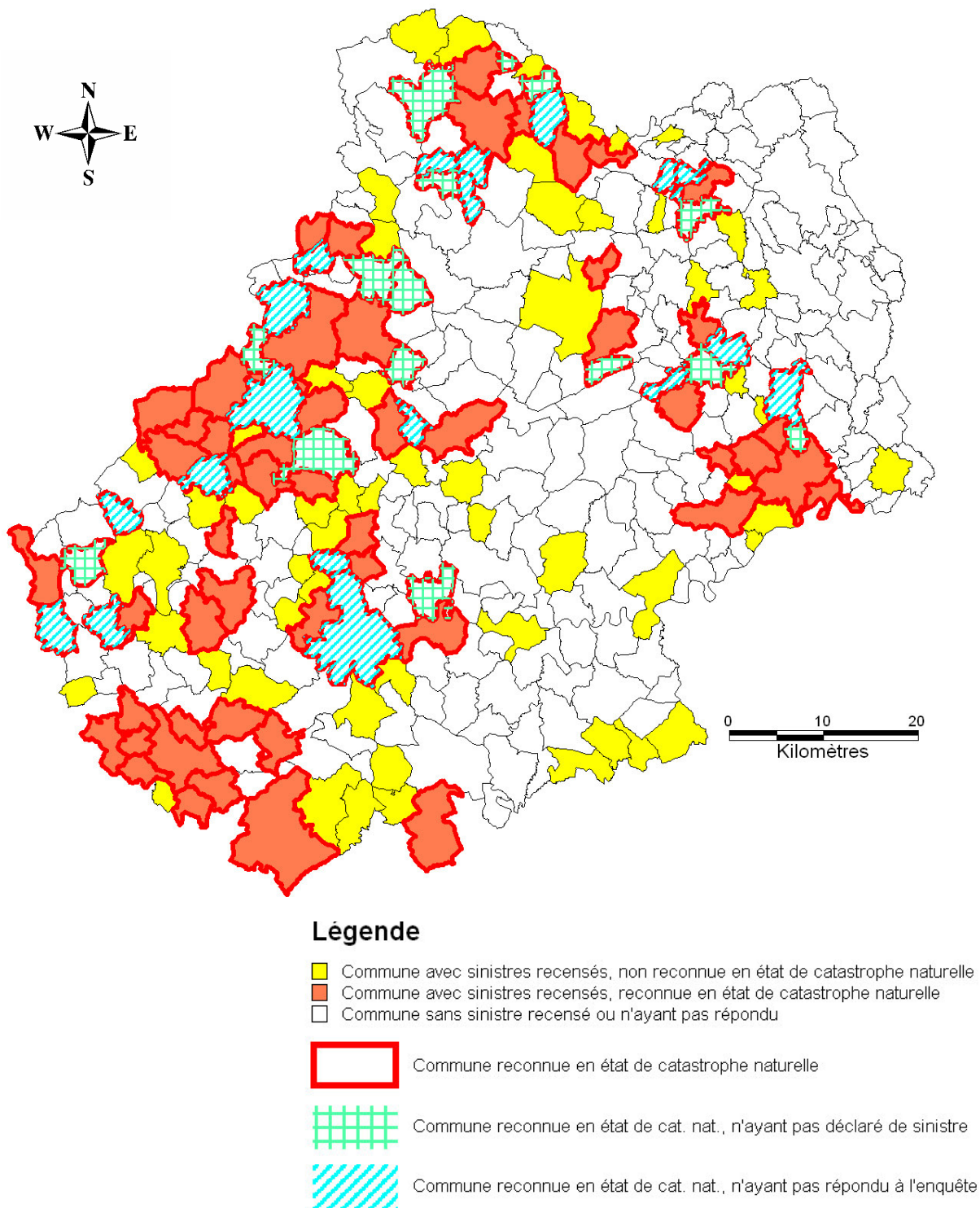


Illustration 15 - Carte des communes sinistrées

6.3. ANALYSE DES PERIODES DECLAREES DE SINISTRES

Dans l'ensemble du département, les 86 communes précitées ont fait l'objet, au 04/09/2006 (site Prim.net), de 114 arrêtés interministériels qui constatent l'état de catastrophe naturelle et ont été publiés au Journal officiel entre 1990 et 2006.

Selon les communes le nombre de périodes déclarées sinistrées varie de 1 à 6 (Cahors) mais, pour la majorité, ce nombre oscille de 1 à 2.

Concernant les dates d'apparition des sinistres, les seules informations recueillies concernent les dates des périodes prises en compte dans les arrêtés de catastrophe naturelle. Le diagramme suivant (ill. 16) comptabilise les années de début de période qui correspondent pour près de 72 % à l'année 1989, les 28 % restant étant étalées sur les 13 années suivantes avec une absence totale de 1998 à 2001. Il préfigure l'illustration 17.

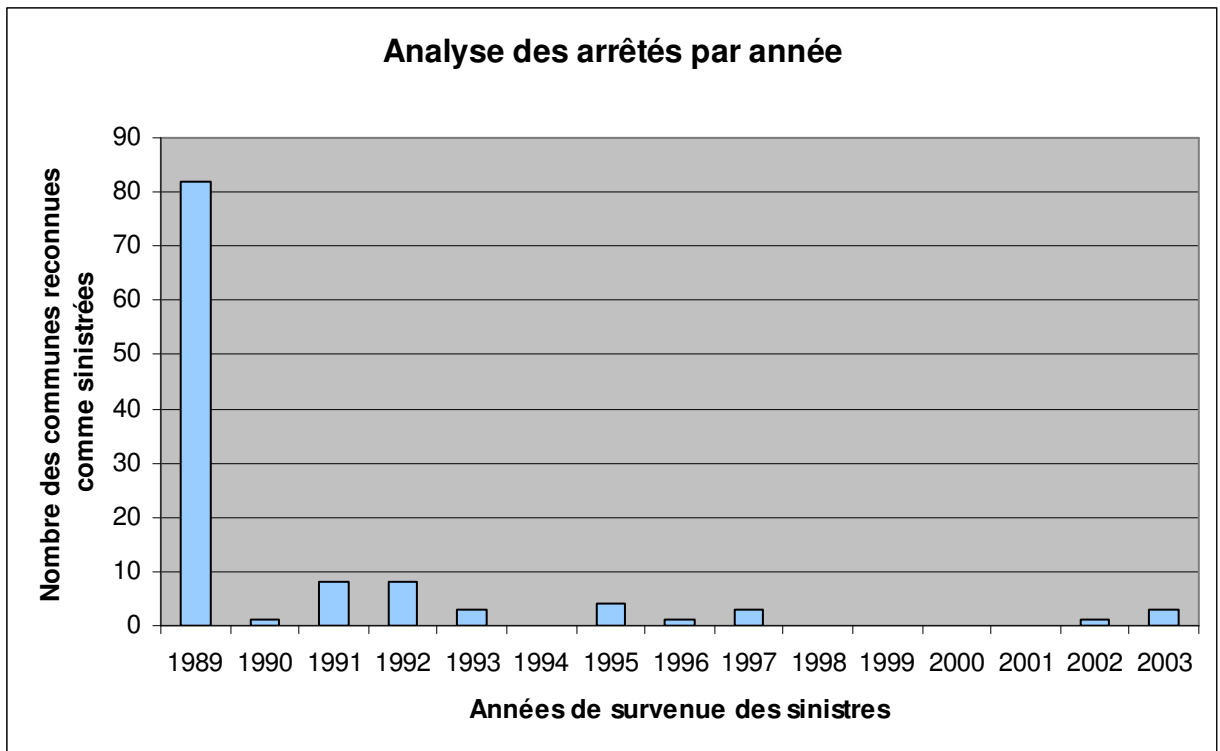


Illustration 16 – Répartition de la survenue des sinistres entre 1989 et 2003

L'illustration 17 montre que le nombre de communes reconnues en état de catastrophe naturelle a été important (entre 60 et 82) entre le 2^{ème} trimestre 89 et le 2^{ème} trimestre 92. Ce nombre diminue ensuite fortement entre le 3^{ème} trimestre 92 et le 2^{ème} trimestre 98 (12 à 15). Il est nul ensuite jusqu'au 1^{er} trimestre 02 où il oscille ensuite de 0 à 3 jusqu'en 2003.

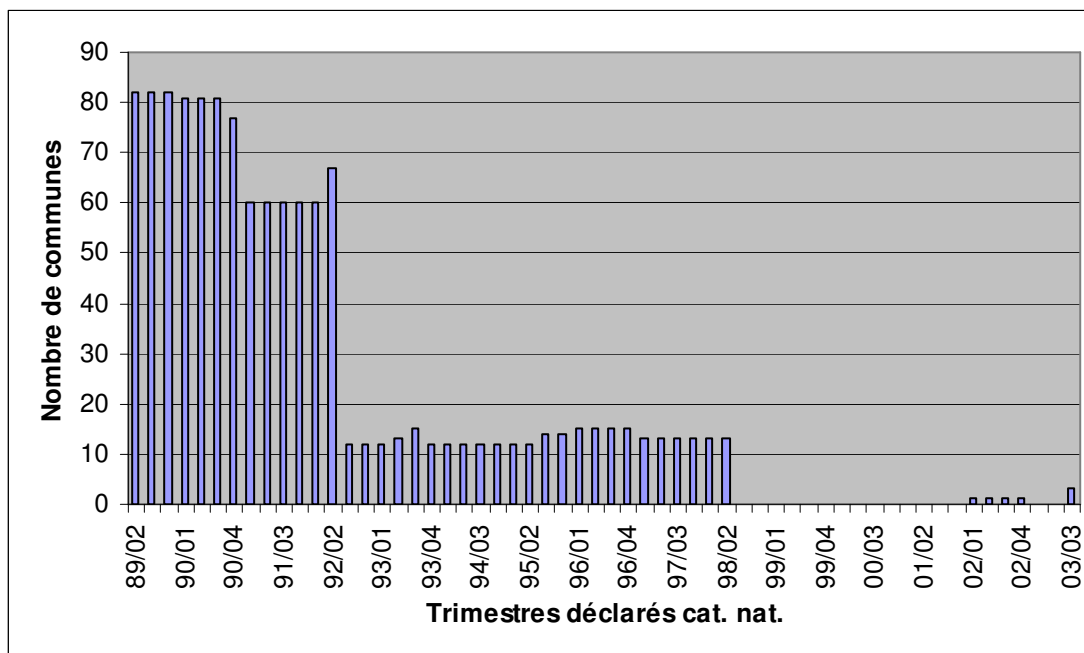


Illustration 17 – Répartition du nombre de communes déclarées au titre des catastrophes naturelles entre 1990 et 2006

6.4. COLLECTE DES DONNEES DE SINISTRES

Le recensement des sinistres est habituellement réalisé à partir de plusieurs sources d'informations jugées complémentaires :

- l'enquête auprès des communes de l'ensemble du département,
- la consultation des dossiers de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle disponibles à la Caisse Centrale de Réassurance,
- la consultation de dossiers communiqués par des mutuelles d'assurance et des bureaux d'études géotechniques.

A chaque étape, les doublons (sinistres successifs sur le même site ou donnée redondante issue de sources parallèles) sont éliminés.

La principale source d'informations provient de l'enquête effectuée auprès des communes. Elle s'est faite en deux étapes, par envoi d'un premier courrier, sous le timbre de la préfecture, puis par une relance postale faisant référence au premier courrier suivie enfin de relances téléphoniques plus ciblées.

A l'issue de cette enquête 625 sites de sinistres (ill. 18) ont été répertoriés à partir des réponses des communes. Ils sont répartis dans 110 communes soit un tiers des communes du département.

Aucune donnée supplémentaire n'était disponible dans les archives des organismes habituellement pourvoyeurs d'information comme la CCR et les mutuelles d'assurances et la préfecture en a fourni 2, impliquant une commune complémentaire, soit 111 au total. D'après leur réponse, les bureaux d'études n'en disposaient pas non plus.

Ce sont donc 627 sites de sinistres qui ont été finalement recensés et localisés. Le géoréférencement des sinistres a été effectué sur les fonds topographiques numériques de l'IGN à 1/25 000 (SCAN25). Ce travail a été réalisé grâce aux cartes de localisation, renvoyées par les communes, et à la consultation du site internet www.mappy.fr.

Cet échantillon peut être considéré comme représentatif de la sinistralité du département, étant donné que les sinistres affectent l'ensemble des formations attendues et que le taux de réponses des communes est élevé : 79 % des communes du département (soit 269 communes) ont en effet répondu. Toutefois, il convient de signaler que parmi les communes déclarées en état de catastrophe naturelle, 19 n'ont pas répondu et 15 ont déclaré ne pas être affectées de sinistres.

Le nombre de sinistres par commune (ill. 19) est variable mais il n'y a pas de très grande disparité puisque la plus affectée, Gourdon, n'en a déclaré que 34 et que seules 22 communes sont affectées de 10 sinistres ou plus. Cette analyse est toutefois biaisée par le fait que malgré plusieurs relances, certaines communes importantes, par ailleurs déclarées en état de catastrophe naturelle, n'ont pas répondu à l'enquête.

Un extrait de la liste des sinistres recensés avec leurs coordonnées en projection Lambert II étendu est présenté à titre d'exemple en annexe 4. La liste complète est présentée dans le cdrom qui accompagnera le second rapport du projet.

Pour des raisons de confidentialité, les noms et adresses des sinistrés, qui avaient été collectés pour supprimer les doublons, n'apparaissent pas dans ce tableau. Pour alléger le rapport, seule la première page de la liste est donnée à titre d'exemple. L'intégralité du fichier, ainsi d'ailleurs que tous les fichiers numériques du projet, sera donnée sur le cdrom de synthèse qui accompagnera le rapport relatif à l'établissement des plans de prévention des risques naturels concernant les mouvements différentiels de terrain. Ce dernier rapport complètera le présent travail en proposant pour chaque commune, un plan de zonage réglementaire et un règlement pour les dits PPR.

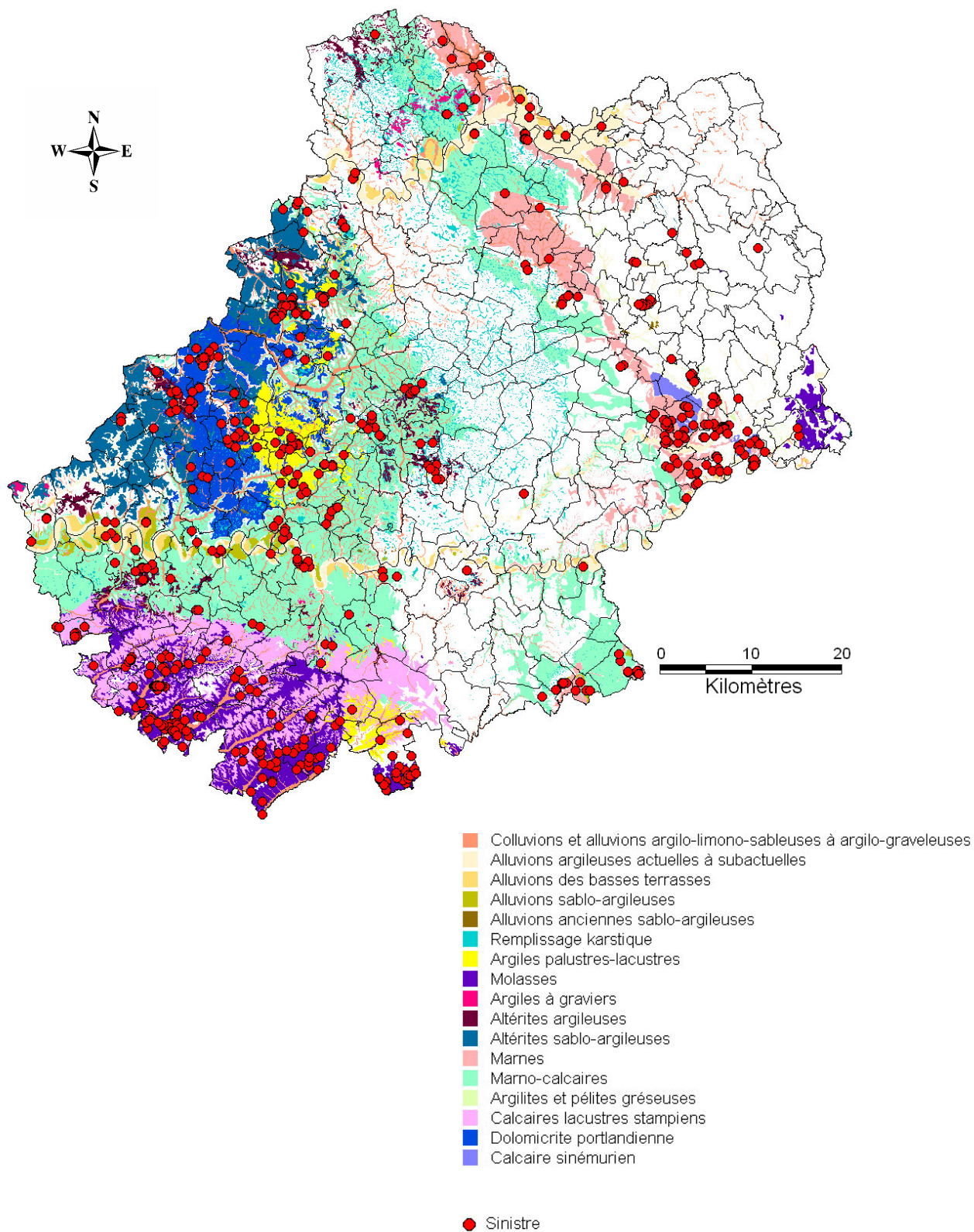


Illustration 18 - Localisation des sinistres sur la carte des formations argileuses et marneuses du département

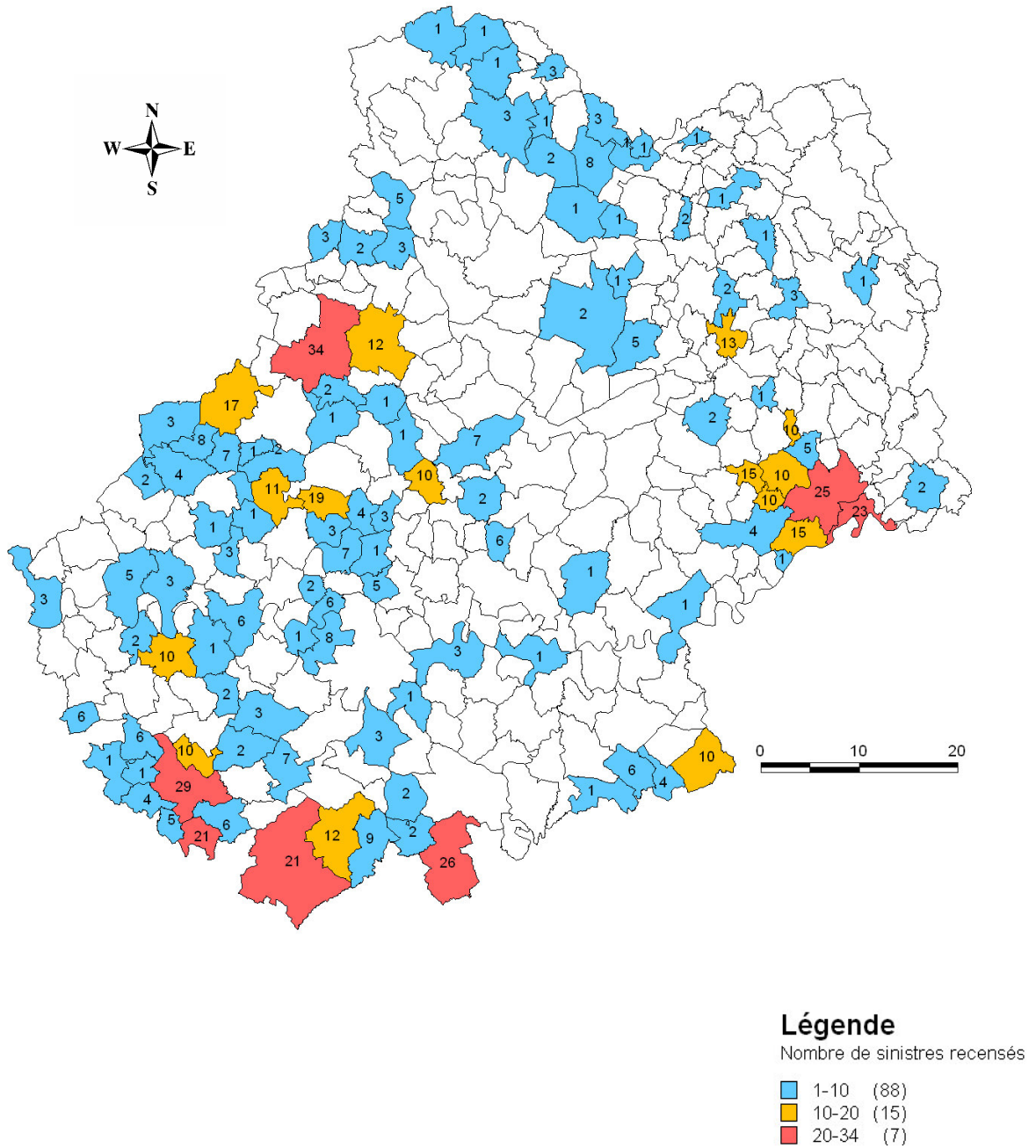


Illustration 19 - Nombre de sinistres recensés par les communes

6.5. REPARTITION DES SINISTRES PAR FORMATION GEOLOGIQUE ET DENSITES DE SINISTRES

6.5.1. Densité de sinistre rapportée à la surface d'affleurement des formations géologiques

La nature lithologique des terrains affleurants constitue le principal facteur de prédisposition au phénomène de retrait-gonflement, ce qui conduit à étudier la répartition des 627 sinistres sur les formations lithologiques. Pour chacune de ces formations sont indiquées, dans l'illustration 20, le nombre de sinistres recensés, la superficie de la formation et la densité de sinistres pour 100 km² d'affleurement.

Il apparaît ainsi que 93,2 % des sinistres sont localisés sur des formations identifiées comme argileuses ou marneuses, bien que ces dernières n'occupent que 56,4% de la surface du département. Ces résultats indiquent une assez bonne corrélation entre la carte de répartition des sinistres et celle des faciès argileux, même si la présence de concentrations urbaines peut fausser un peu cette constatation.

Il reste important de noter que certaines des roches décrites comme calcaires puissent être affectées par assez de sites de dommage pour qu'il soit nécessaire de les inclure dans les formations sensibles au phénomène de retrait-gonflement. Ces témoins de la variabilité lithologique d'une formation renforcent la nécessité de préconiser une étude à la parcelle lors de l'implantation d'une construction nouvelle dans ce type de formation.

La présence de sinistres sur les formations non argileuses est due, selon les observations de terrain, à celle, très fréquente, d'argile d'altération (décalcification par exemple) en épaisseur notable sur les roches calcaires qui forment les différents causses et ce, en dehors des morphologies et matériaux liés à l'existence de dolines. Sauf à inclure toutes ces roches dans les formations argileuses et marneuses, une telle imprécision est inévitable. Cette observation confirme l'intérêt d'une étude géologique et ou géotechnique « à la parcelle » lors de l'implantation d'une habitation.

La sensibilité au phénomène de retrait-gonflement des formations molassiques, des marnes et marno-calcaires, ainsi que des altérites ressort également de l'examen du tableau puisque 54% des sinistres y sont concentrés. Il convient également de noter la forte densité de sinistres (94 sinistres pour 100 km²) sur la formation du calcaire sinémurien qui était considérée, au départ de l'étude, comme a priori dépourvue d'argile.

6.5.2. Densité de sinistre rapportée à la surface urbanisée

Étant donné que les surfaces d'affleurement des différentes formations géologiques sont extrêmement variables, il est important de raisonner non pas en nombre mais en densité de sinistres par formation géologique (ramenée à 100 km² de surface

d'affleurement). Cependant, comme l'urbanisation n'est pas uniforme sur l'ensemble du département et n'est pas strictement dépendante du contexte géologique, l'analyse des densités de sinistres par formation peut être biaisée. En effet, une formation géologique s'étendant principalement en milieu très peu habité aura moins de risque de donner lieu à des sinistres sur le bâti qu'une formation très urbanisée. Cela explique qu'il est été convenu de raisonner sur les densités de sinistres par formation géologique, ramenées à 100 km² de surface effectivement urbanisée, conformément à la méthodologie retenue au niveau national.

N° formation	Formation lithologique	Surface d'affleurement		Densité de sinistres		Densité de sinistres ramenés à la surface urbanisée			Note de densité de sinistre
		Superficie km²	% de superficie	Nb sinistres	Nb sinistres/100 km² d'affleurement	Surface urbanisée (km²)	% de surface urbanisée	Densité pour 100 km² de surface urbanisée	
1	Colluvions et alluvions argilo-limono-sableuses à argillo-graveleuses	276	5,29	38	14	6,78	2,46	560	1
2	Alluvions argileuses actuelles et sub-actuelles	169	3,24	32	19	13,21	7,82	242	1
3	Alluvions des basses terrasses	55	1,05	20	36	6,14	11,16	326	1
4	Alluvions sablo-argileuses	29	0,56	18	62	4,16	14,34	433	1
5	Alluvions anciennes sablo-argileuses	5	0,10	3	60	0,09	1,80	3 333	non significatif
6	Remplissage karstique	131	2,51	11	8	0,63	0,48	1 746	1
7	Argiles palustres-lacustres	106	2,03	37	35	0,40	0,38	9 250	3
8	Molasses	247	4,74	133	54	1,78	0,72	7 472	3
9	Argiles à graviers	12	0,23	2	17	0,04	0,33	5 000	non significatif
10	Altérites argileuses	76	1,46	28	37	1,50	1,97	1 867	1
11	Altérites sablo-argileuses	217	4,16	57	26	2,61	1,20	2 184	1
12	Marnes	197	3,78	78	40	3,61	1,83	2 161	1
13	Marno-calcaires	875	16,78	51	6	9,01	1,03	566	1
14	Argilites et pélites gréseuses	7	0,13	9	129	0,22	3,14	4 091	2
15	Calcaires lacustres stampiens	255	4,89	24	9	2,40	0,94	1 000	1
16	Dolomites portlandiennes	177	3,39	25	14	0,88	0,50	2 841	2
17	Calcaires sinémuriens	18	0,35	18	100	0,29	1,61	6 207	3
Total formations argileuses		2 852	54,68			53,75			
Moyenne formations argileuses				32,29			3,04	2 727	
0	Formations à priori non argileuses	2 364	45,32	43	2	29,80	1,26	144	
Total département		5 216	100	627	31	83,55			
Moyenne département								2 565	

Illustration 20 - Répartition des sinistres sur les surfaces d'affleurement des formations géologiques et pondération en fonction des surfaces urbanisées

6.5.3. Détermination de la densité de sinistres par formation urbanisée

Les contours des zones urbanisées ont été tracés à partir de la carte des zones urbanisées de Corinne Land-Cover (données IFEN). Cette dernière a été complétée et actualisée, le cas échéant, par numérisation des contours des zones bâties les plus importantes de toutes les communes du département, extraits des cartes topographiques IGN à l'échelle du 1/25 000 (ill. 21). Il est à noter que ces contours sont donnés à titre indicatif et peuvent présenter des décalages avec la réalité, notamment dans les secteurs urbanisés très récemment mais de cette manière, toutes les communes sont représentées. Ces contours ont ensuite été combinés à la carte synthétique des formations argileuses et marneuses afin de calculer, pour chacune des 17 dites formations, la surface d'affleurement qui se trouve être réellement urbanisée.

La surface totale des zones urbanisées du département du Lot a été ainsi estimée à 83 km², soit environ 1,6% de la superficie du département, proportion relativement faible qui traduit bien le caractère rural du département, même si la méthode délimitation des zones urbanisées contribue certainement à minimiser cette valeur. En effet, hors des villes principales et des chefs-lieux des communes, les sinistres affectent des constructions généralement isolées ou parfois appartenant à des hameaux de quelques maisons qu'il est difficile de qualifier de zone urbanisée. Au total, 199 sinistres affectent des zones urbanisées.

La combinaison de la carte synthétique des formations argileuses ou marneuses, avec celle des zones urbanisées permet de calculer les densités de sinistres par formation, en prenant en compte la surface correspondante de zone urbanisée. Les résultats montrent que la surface totale déjà urbanisée dans ces formations lithologiques est de l'ordre de 55 km², soit environ 2% de leur surface totale d'affleurement, et indiquent la superficie urbanisée et le nombre de sinistres recensés pour chaque formation géologique argileuse (ill.18).

Ces mêmes résultats montrent que la prise en compte du taux d'urbanisation modifie sensiblement la hiérarchisation des formations géologiques en terme de densité de sinistres, dans la mesure où le taux d'urbanisation varie fortement d'une formation à l'autre. Les cas suivants peuvent être cités en exemples :

- les alluvions sablo-argileuses présentent une densité de 62 sinistres pour 100 km² d'affleurement et 433 pour 100 km² d'affleurement urbanisé.
- à l'inverse, la dolomicrite portlandienne n'est affectée que de 14 sinistres pour 100 km² d'affleurement, soit 4,4 fois moins que la formation précédente, et 2 841 pour 100 km² d'affleurement urbanisé, soit près de 6,6 fois plus.

Ces résultats indiquent enfin que la densité de sinistres rapportée à 100 km² d'affleurement réellement urbanisé est en moyenne de 2 727 pour les formations argileuses ou marneuses et qu'elle est de 141 pour les formations jugées à priori non argileuses, ce qui justifie a posteriori leur sélection.

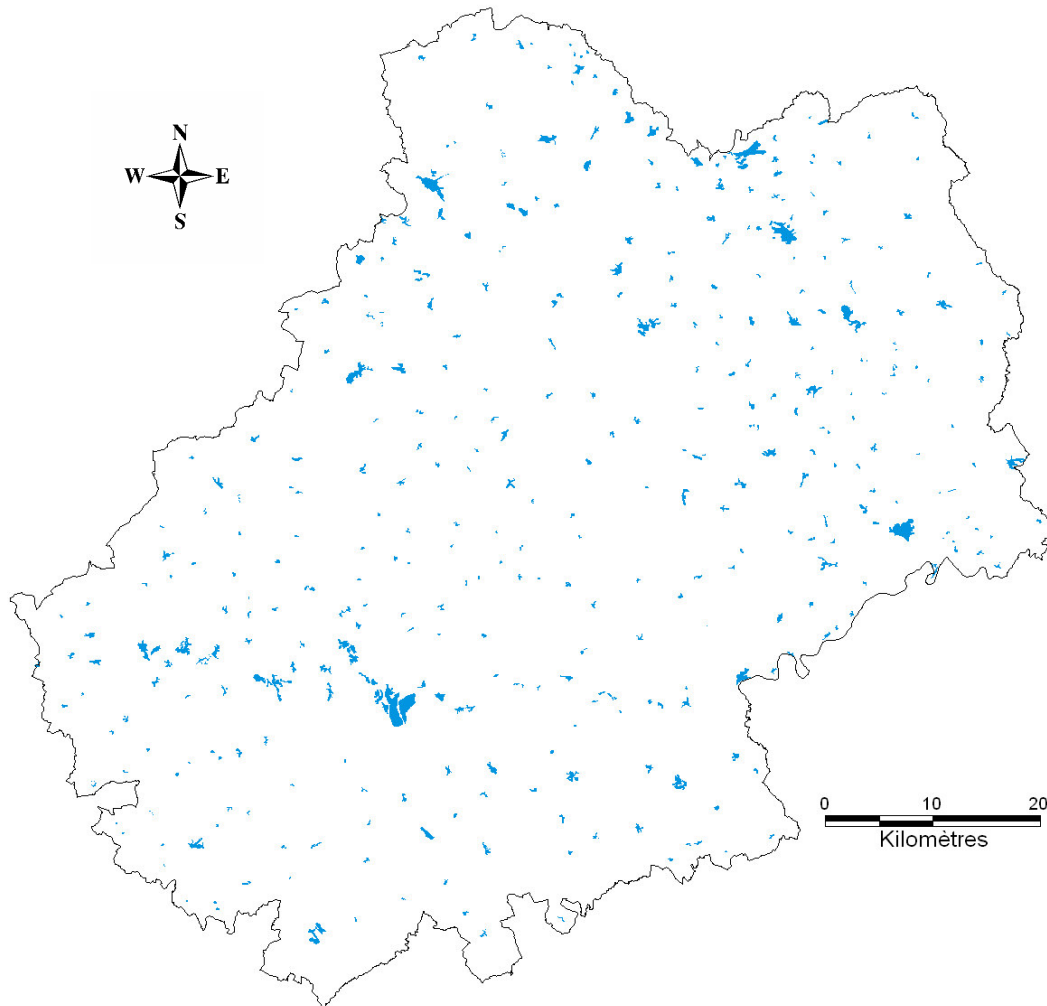


Illustration 21 - Carte des principales zones urbanisées

Afin de hiérarchiser les formations argileuses selon leur degré de sinistralité, c'est ce seuil moyen de 2 727 sinistres pour 100 km² urbanisés qui a été retenu comme référence et à partir duquel ont été définies les coupures suivantes pour l'attribution des notes caractérisant la sinistralité :

- note 1 : moins de 2 727 sinistres pour 100 km² de surface urbanisée dans la formation (ce qui correspond aux formations ayant une densité inférieure à la moyenne des zones argileuses) ;
- note 2 : entre 2 727 et 5 454 sinistres pour 100 km² de surface urbanisée dans la formation (ce qui correspond aux formations ayant une densité supérieure à la moyenne des zones argileuses et inférieure à deux fois cette moyenne) ;
- note 3 : plus de 5 424 sinistres pour 100 km² de surface urbanisée dans la formation (ce qui correspond aux formations ayant une densité supérieure à deux fois la moyenne des zones argileuses).

La note caractérisant ainsi la sinistralité des formations argileuses du département est indiquée dans la dernière colonne de l'illustration 18. L'examen du tableau permet de noter que la formation des argiles palustre-lacustres (Tertiaire) présente la densité de sinistres la plus élevée. À l'opposé, les alluvions argileuses ont une densité de sinistres très faible.

Les résultats montrent une certaine relation entre la note de susceptibilité et celle de la densité de sinistres, puisque :

- 9 formations ayant une susceptibilité de 1 ont aussi une note de densité de sinistre de 1. La dixième n'a pas été notée quant à sa densité du fait de sa trop faible superficie (non significative),
- sur les 5 formations ayant une susceptibilité de 2, deux ont une note de densité de 3 (dont les molasses), deux ont une note de 1 et la dernière n'a pas été notée quant à sa densité du fait de sa trop faible superficie (non significative),
- seule 1 formation (le « calcaire sinémurien ») ayant obtenu une note de susceptibilité de 1 a une note de densité de 3, avec seulement 17 sinistres mais une faible surface urbanisée. Il faut toutefois rappeler que cette formation est une zone qui a été isolée du reste des calcaires sinémuriens (*a priori* non argileux) en raison du grand nombre de sinistres. C'est une des raisons pour lesquelles la note de densité y est aussi élevée. La seconde correspond au fait que, comme la plupart des formations carbonatées du Lot, mais peut être plus systématiquement, ces calcaires sont recouverts par une couche, souvent épaisse, d'argiles d'altération.

Ces observations justifient l'intérêt de raisonner en terme de densité de sinistres, tenant compte de la surface urbanisée, plutôt qu'en valeur brute du nombre de sinistres par formation.

7. Carte d'aléa

7.1. DETERMINATION DU NIVEAU D'ALEA

L'aléa retrait-gonflement des argiles est, par définition, la probabilité d'occurrence du phénomène. Le niveau d'aléa a été ici évalué, de manière purement qualitative, pour chaque formation argileuse et marneuse, en combinant la susceptibilité et la densité de sinistres :

- la susceptibilité des formations argileuses et marneuses identifiées a été caractérisée à partir de la moyenne des notes attribuées pour chacun des critères lithologique, minéralogique et géotechnique, comme indiqué au chapitre 5. L'indice de susceptibilité ainsi obtenu a été décliné en deux classes, qualifiées respectivement par une susceptibilité faible et moyenne, et prend donc les valeurs 1 ou 2.
- Pour le facteur densité de sinistres, le critère utilisé est la densité de sinistres rapportée à 100 km² d'affleurement réellement urbanisé. Il prend 3 valeurs (1, 2 ou 3) en fonction de la valeur de la densité moyenne des formations argileuses, soit 2 727 pour le département du Lot, comme vu au chapitre précédent.

Étant donné que la susceptibilité des formations géologiques a été définie en se basant sur trois critères différents (lithologique, minéralogique et géotechnique) et qu'elle représente une caractéristique intrinsèque de la formation, il a été décidé d'accorder deux fois plus de poids à l'indice de susceptibilité qu'à la note de densité de sinistres, et ceci conformément à la méthodologie validée au niveau national. Pour chaque formation argileuse ou marneuse, l'indice d'aléa est calculé en additionnant la note de densité de sinistres et le double de la note de susceptibilité. La valeur ainsi obtenue est un entier potentiellement compris entre 3 et 9. Les formations sont ensuite hiérarchisées en prenant en compte les coupures suivantes, qui permettent de définir trois niveaux d'aléa (faible, moyen et fort) :

- aléa faible : note d'aléa égale à 3, 4 ou 5
- aléa moyen : note d'aléa égale à 6 ou 7
- aléa fort : note d'aléa égale à 8 ou 9

Le classement ainsi obtenu est présenté dans l'illustration 22. Il apparaît ainsi qu'aucune formation n'est classée en aléa fort.

Deux formations sont classées en aléa moyen ce qui résulte, très logiquement, d'une susceptibilité moyenne associée à une densité de sinistres forte. Une troisième formation a été considérée comme pouvant être classée en aléa moyen du fait de ses potentialités en argile susceptibles au retrait-gonflement. Il s'agit des alluvions anciennes argilo-sableuses dont la densité de sinistre n'a pu être établie du fait d'une

superficie d'affleurement urbanisée trop faible pour que la valeur obtenue soit significative.

Les autres formations ont une note d'aléa faible. Enfin il faut préciser que les formations lithologiques considérées comme non argileuses sont classées en aléa nul, ce qui n'empêche pas la présence locale de recouvrements, poches ou lentilles d'argiles.

N° de formation	Formation lithologique	Note de densité de sinistre	Note de susceptibilité	Note d'aléa	Classification de l'aléa
1	Colluvions et alluvions argilo-limono-sableuses à argilo-graveleuses	1	1	3	faible
2	Alluvions argileuses actuelles à subactuelles	1	1	3	faible
3	Alluvions des basses terrasses	1	1	3	faible
4	Alluvions sablo-argileuses	1	1	3	faible
5	Alluvions anciennes sablo-argileuses	N.S.	2	5	moyen
6	Remplissages karstiques	1	1	3	faible
7	Argiles palustres-lacustres	3	2	7	moyen
8	Molasses	3	2	7	moyen
9	Argiles à graviers	N.S.	1	3	faible
10	Altérites argileuses	1	2	5	faible
11	Altérites sablo-argileuses	1	1	3	faible
12	Marnes	1	2	5	faible
13	Formations marno-calcaires	1	1	3	faible
14	Argilites et pélites gréseuses	2	1	4	faible
15	Calcaires lacustres stampiens	1	1	3	faible
16	Dolomicrites portlandiennes	2	1	4	faible
17	Calcaires sinémuriens	3	1	5	faible

Illustration 22 - Calcul du niveau d'aléa des formations argileuses et marneuses

7.2. CARTE D'ALEA

La carte départementale d'aléa a été tracée à partir de la carte synthétique des formations argileuses et marneuses, en attribuant à chacune des formations identifiées la classe d'aléa définie ci-dessus. Le résultat de cette carte, qui est très proche de la carte de susceptibilité établie précédemment, est présenté sur l'illustration 21 et en carte hors-texte 3, à l'échelle 1/125 000. Son échelle de validité est au mieux celle du 1/50 000 pour les raisons énoncées dans l'exposé méthodologique.

Les zones blanches de la carte qui couvrent environ 45 % de la superficie départementale, correspondent aux formations *a priori* non argileuses, et donc théoriquement dépourvues de tout retrait-gonflement. Il n'est toutefois pas exclu que ces formations soient recouvertes localement de zones argileuses d'extension limitée (altération, hétérogénéité des formations).

Les formations argileuses et marneuses sont représentées par deux couleurs selon leur degré de sensibilité vis-à-vis de l'aléa retrait-gonflement :

- la couleur orange est utilisée pour les zones d'aléa moyen,
- la couleur jaune est utilisée pour les zones d'aléa faible.

Les trois formations classées en aléa moyen couvrent près de 7 % du territoire. Ce sont les molasses situées en bordure sud-ouest et est du département, les argiles palustres-lacustres, en son centre ouest, et les alluvions anciennes sablo-argileuses, localisées le long des principaux cours d'eau et du Lot en particulier.

Toutes les autres formations, classées en aléa faible, occupent près de 48 % de la superficie du département. Elles recouvrent toute la moitié ouest du département et forment une large bande de 10 à 20 km de largeur, orientée NNW-SSE, sur sa moitié est. Les roches calcaires non argileuses du centre sont recoupées par deux types de formations d'aléa faible (ill. 23) :

- les formations de remplissage karstique, qui affleurent au fond des dolines,
- les alluvions récentes des basses terrasses et les alluvions argileuses qui s'organisent le long des deux fleuves principaux que sont le Lot, au Sud, et la Dordogne, au Nord.

La carte d'aléa est finalement assez proche de la carte de susceptibilité, précédemment établie sur la base de considérations purement physiques. En effet la seule différence de classement concerne les altérites argileuses et les marnes qui passent d'une susceptibilité moyenne à un aléa faible.

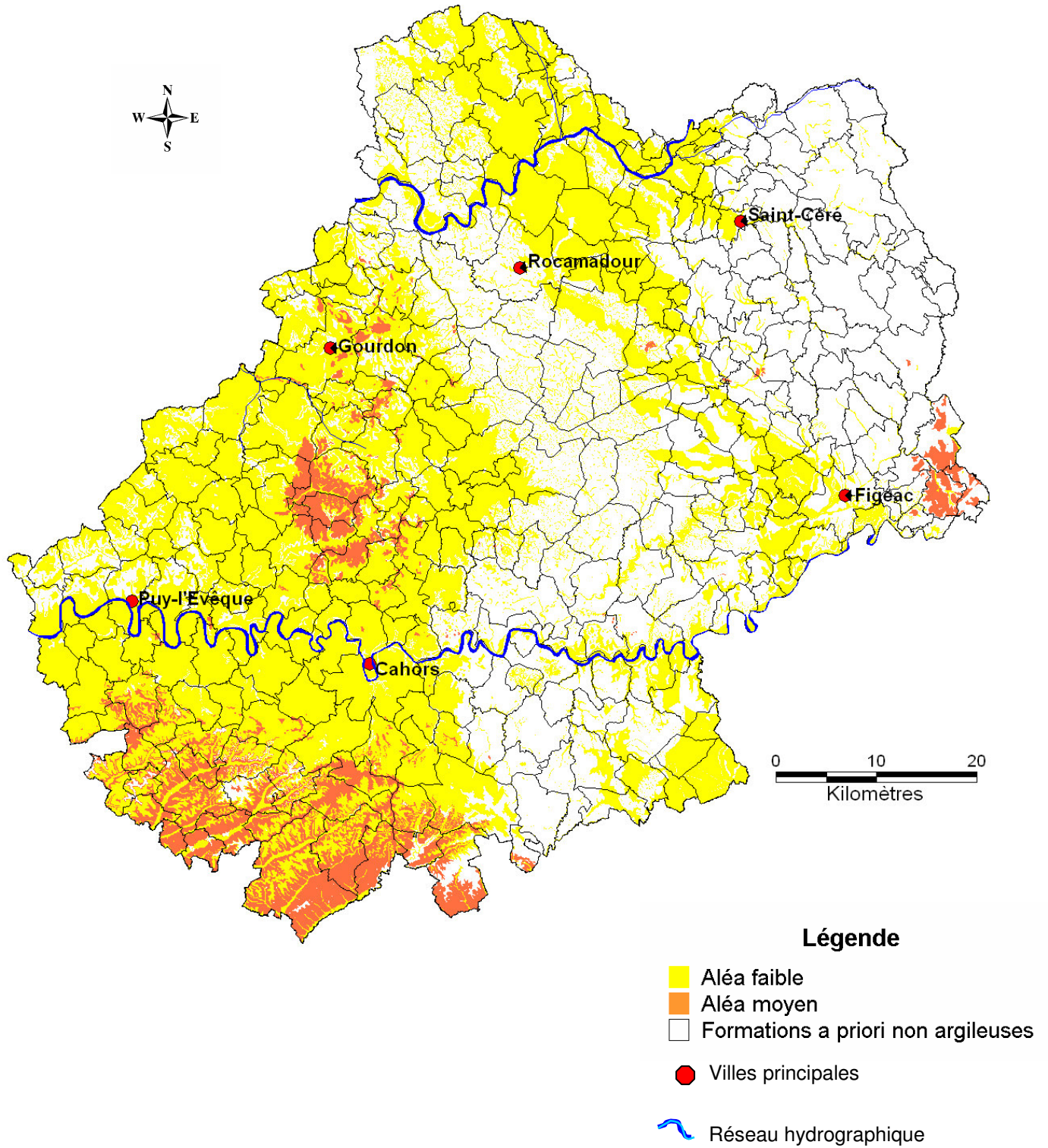


Illustration 23 - Carte départementale de l'aléa retrait-gonflement des argiles

7.3. COMPARAISON DES RESULTATS OBTENUS AVEC LES DEPARTEMENTS VOISINS DEJA CARTOGRAPHIES

La comparaison des résultats obtenus montre que les niveaux de susceptibilité et d'aléa ainsi attribués sont comparables à ceux des départements voisins déjà étudiés (Dordogne, Lot-et-Garonne, Tarn-et-Garonne, voire Tarn pour des formations équivalentes). Cela paraît tout à fait logique tant du point de vue de la géologie (similarité des types de matériaux et de leur mode de mise en place) que de l'approche méthodologique (prise en compte des résultats obtenus dans les départements voisins pour pondérer les résultats des analyses par exemple). Deux discontinuités apparaissent toutefois :

- la première est enregistrée avec le département de Tarn-et-Garonne et correspond aux affleurements des calcaires stampiens qui sont classés comme non argileux dans ce département alors qu'ils ont été affectés arbitrairement d'une note d'aléa d'une valeur 1 dans le Lot du fait, comme évoqué antérieurement, de la présence non négligeable de sinistres dans leur zone d'affleurement. Cette présence peut être vraisemblablement expliquée par l'existence fréquente de sols argileux sur les plateaux calcaires,
- la seconde, pour les mêmes raisons, correspond aux dolomicrites portlandiennes qui ont été affectées d'un aléa faible alors qu'elles sont considérées comme non argileuses dans le département de la Dordogne.

7.4. SYNTHESE DE L'ALEA RETRAIT-GONFLEMENT DANS LE LOT

Le département du Lot, dont seules trois formations sont classées en aléa moyen (ill. 24), montre une sinistralité relativement faible (627 sinistres recensés) comparée à celle enregistrée pour le Tarn (4787 recensés) et pour le Tarn-et-Garonne (1506 recensés). Ce résultat, relativement logique, est à mettre en parallèle avec l'importance des roches calcaires puisque seuls 55 % de son territoire sont concernés par des formations géologiques présentant une certaine susceptibilité, principalement représentées par des roches marno-calcaires et des molasses. La sinistralité est liée globalement à la concentration urbaine, comme, par exemple, au niveau de Gourdon, de Figeac, vraisemblablement de Cahors et de leur banlieue. Il n'en demeure pas moins que la lithologie reste l'élément primordial comme le prouve le fort taux de sinistres sur la formation peu urbanisée des molasses.

Cette carte d'aléa est valide à une échelle de l'ordre du 1/50 000, précision à moduler en fonction des réserves formulées dans l'exposé de la méthodologie, et une de ses finalités est de servir de support à la prévention du risque à l'échelle départementale. Le niveau d'aléa qu'elle propose correspond ainsi à la probabilité d'occurrence d'un sinistre, en un lieu donné, estimée de façon qualitative.

N° de formation	Formation lithologique	Surface d'affleurement		Classe d'aléa
		Superficie km ²	% de la surface totale	
5	Alluvions anciennes sablo-argileuses	5	0,10	moyen
7	Argiles palustres-lacustres	106	2,03	moyen
8	Molasses	247	4,74	moyen
	Total des formations classées en aléa moyen	358	6,86	
1	Colluvions argilo-limono-sableuses à argilo-graveleuses	276	5,29	faible
2	Alluvions argileuses actuelles à subactuelles	169	3,24	faible
3	Alluvions des basses terrasses	55	1,05	faible
4	Alluvions sablo-argileuses	29	0,56	faible
6	Remplissage karstique	131	2,51	faible
9	Argiles à graviers	12	0,23	faible
10	Altérites argileuses	76	1,46	faible
11	Altérites sablo-argileuses	217	4,16	faible
12	Marnes	197	3,78	faible
13	Formations marno-calcaires	875	16,78	faible
14	Argilites et pélites gréseuses	7	0,13	faible
15	Calcaires lacustres stampiens	255	4,89	faible
16	Dolomicrites portlandiennes	177	3,39	faible
17	Calcaires sinémuriens	18	0,35	faible
	Total des formations classées en aléa faible	2 494	47,81	
	Total formations argileuses	2 852	54,68	
0	Formations à priori non argileuses	2 364	45,32	
	Total département	5 216	100	

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

La forte hétérogénéité des formations, telle qu'elle se manifeste à l'échelle départementale, amène à ne considérer le niveau d'aléa d'une formation que comme une probabilité plus ou moins grande de rencontrer, au niveau de la parcelle considérée, des argiles sujettes au phénomène de retrait-gonflement. Cela souligne ainsi l'importance de réaliser une étude de sol avant tout projet de construction dans une zone soumise à un aléa : la description de la formation et sa caractérisation vis à vis du phénomène de retrait-gonflement, telles qu'elles ont été conduites dans cette étude, peuvent alors servir de guide pour analyser les résultats obtenus sur la parcelle et les replacer dans le contexte plus général de la formation géologique identifiée.

La présence de sinistres, même en petit nombre, dans les formations classées en aléa nul, suggère que la recommandation précédente est à renouveler. Des argiles de décalcification dans les calcaires, en particulier, des lentilles d'argiles dans des niveaux réputés gréseux ou des placages d'altérites argileuses sur les schistes peuvent présenter une certaine sensibilité au retrait-gonflement et être à l'origine de dommages localisés.

8. Conclusion

L'objectif de cette étude était d'établir une carte de l'aléa lié au phénomène de retrait-gonflement des sols argileux dans le département du Lot. Cette carte a été dressée, essentiellement, à partir des trois actions suivantes : l'interprétation des cartes géologiques existantes et de leurs notices, l'acquisition et la synthèse d'informations, les plus nombreuses possible, concernant la susceptibilité des formations argileuses ou marneuses à ce phénomène, enfin, l'inventaire et la localisation des sinistres liés aux mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols.

Cette démarche s'inscrit dans le cadre d'une méthodologie globale mise au point par le BRGM à la demande du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable et de la profession des assureurs. Cette démarche méthodologique a été élaborée lors d'études similaires menées dans les Alpes de Haute-Provence et les Deux-Sèvres, puis a été appliquée à une trentaine d'autres départements dont, en région Midi-Pyrénées, la Haute-Garonne, le Gers, le Tarn-et-Garonne et le Tarn. D'autres études départementales sont actuellement en cours de réalisation, et à terme, ce seront au moins 64 départements qui devraient faire l'objet d'une telle cartographie.

La démarche de l'étude a d'abord consisté en l'établissement d'une cartographie départementale synthétique des formations argileuses ou marneuses affleurantes à sub-affleurantes, à partir des contours de la carte géologique harmonisée, disponible pour ce département, de la synthèse des notices des cartes géologiques à l'échelle du 1/50 000 et d'observations bibliographiques existantes. La carte synthétique recense en définitive 14 formations argileuses ou marneuses, dont une des caractéristiques est la forte hétérogénéité lithologique, liée à leurs conditions de dépôts ou leur altération superficielle, auxquelles ont été ajoutées 3 formations calcaires qui présentaient une sinistralité importante. Au total, 17 formations sont considérées comme susceptibles au phénomène de retrait-gonflement des argiles.

Ces formations argileuses et marneuses identifiées ont fait l'objet d'une hiérarchisation quant à leur susceptibilité vis-à-vis du dit phénomène. La classification a été établie sur la base de trois caractéristiques principales quantifiables : la nature lithologique dominante des formations, la composition minéralogique de leur phase argileuse (proportion de minéraux gonflants de type smectites et interstratifiés smectites/illite) et leur comportement géotechnique (évalué principalement à partir de la valeur de bleu et de l'indice de plasticité).

D'autres facteurs de prédisposition ou de déclenchement sont connus pour jouer un rôle dans la répartition de l'aléa. Mais la plupart, d'extension purement locale, tels que la végétation arborée, certaines actions anthropiques ou les défauts de fondation, ne peuvent être pris en compte dans le cadre d'une étude réalisée à l'échelle départementale, malgré leur importance souvent déterminante. D'autres, tels que le contexte hydrogéologique, la répartition géographique des déficits hydriques et la

configuration topographique n'ont par ailleurs pas été jugés suffisamment discriminants pour être pris en considération dans l'élaboration de la carte d'aléa.

En définitive, la carte départementale d'aléa a été établie à partir de la carte synthétique des formations argileuses et marneuses, après une seconde hiérarchisation des formations prenant en compte non seulement la susceptibilité des formations identifiées, mais encore la probabilité d'occurrence du phénomène. Cette dernière a été évaluée à partir du recensement des sinistres, en calculant pour chaque formation sélectionnée une densité de sinistres, rapportée à la surface d'affleurement réellement urbanisée dans cette formation, ceci afin de permettre des comparaisons fiables entre formations. Au total, 625 sinistres répartis dans 111 communes du département ont ainsi été recensés et localisés. Cet échantillon, bien qu'assurément non exhaustif, en particulier du fait de l'absence de réponse de plusieurs communes pourtant reconnues en état de catastrophe naturelle, paraît très largement représentatif du phénomène tel qu'il a été observé à ce jour dans le département.

Deux niveaux d'aléa (moyen et faible) ont été distingués afin de hiérarchiser les formations argileuses et marneuses vis à vis du phénomène de retrait-gonflement. Sur les 5 216 km² de superficie du département,

- 7 % sont classés en aléa moyen,
- 48 % sont classés en aléa faible,
- 45 %, qui comprennent la surface occupée par le réseau hydrographique, sont considérés comme présentant un aléa a priori nul.

Il n'est toutefois pas exclu que, sur ces derniers secteurs considérés d'aléa a priori nul, se trouvent localement des zones argileuses d'extension limitée, notamment dues à la forte hétérogénéité de certaines formations essentiellement sableuses présentant des lentilles argileuses ou à l'altération localisée de formations carbonatées ou schisteuses. Ces placages ou lentilles argileuses, non cartographiés sur les cartes géologiques, sont susceptibles de provoquer localement des sinistres.

Cette carte d'aléa retrait-gonflement des terrains argileux du département du Lot, dont l'échelle de validité est au mieux du 1/50 000 et qui est présentée sous format papier à l'échelle 1/125 000, pourra servir de base à des actions d'information préventive dans les communes les plus touchées par le phénomène. Elle constitue également le point de départ pour l'élaboration de Plans de Prévention des Risques naturels (PPR), en vue d'attirer l'attention des constructeurs et maîtres d'ouvrages sur la nécessité de respecter certaines règles constructives préventives dans les zones soumises à l'aléa retrait-gonflement, en fonction du niveau de celui-ci.

Cet outil réglementaire devra insister sur l'importance d'une étude géotechnique à la parcelle comme préalable à toute construction nouvelle dans les secteurs concernés par les formations géologiques à aléa jugé moyen ou faible, notamment en raison de la forte hétérogénéité des formations du département. A défaut, il conviendra de mettre en œuvre des règles constructives type par zones d'aléa, visant à réduire le risque de survenance de sinistres.

9. Bibliographie

Astruc J.G. (2003) – Géologie en Quercy. www.quercy.net/geologie

Biddle P.G. (1983) – Patterns of soil drying and moisture deficit in the vicinity of trees on clay soils. *Geotechnique*. Vol. XXXIII, pp. 107-126.

Bouchut J., Giot D., Cruz Mermey D., avec la collaboration de **Demelemestre F., Halbwachs C.** (2004) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Loir-et-Cher. Rapport BRGM/RP-52950-FR. 192 p., 28 ill., 6 ann., 3 cartes h.-t..

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

Carrière M., Chevalier M., Toulemont M. et Verdier M. (1996) – Sécheresse et catastrophe naturelle. Aspects techniques, juridiques et administratifs. "Le comportement des sols et des ouvrages pendant et après les périodes de sécheresse". *Journées d'étude de l'École des Ponts*, Paris, 11-12/12/1996.

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., Ducreux G.H., Mouroux P., Stieltjes L. (1995) - Cartographie de l'aléa "retrait-gonflement" des sols (sécheresse/pluie) dans la région de Manosque (Alpes-de-Haute-Provence). Echelle communale et départementale. Approche méthodologique. BRGM/RP-38695-FR

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 RP40355*, 33 p., 6 fig., 1 tabl., 1 ann., 1 pl. hors-texte.

Delpont G., Roudaut N., Vincent M., avec la collaboration de **Capdeville J.P.** (2002) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Tarn-et-Garonne. Rapport BRGM/RP-51893-FR, 84 p., 11 fig., 13 tab., 3 ann., 3 cartes hors texte, 1 cdrom.

Delpont G., Roudaut C., Vincent M., avec la collaboration de **Capdeville J.P.** (2002) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Haute Garonne. Rapport BRGM/RP-51894-FR, 84 p., 11 fig., 13 tab., 3 ann., 3 cartes hors texte, 1 cdrom.

Delpont G., Saillard E., Ghyselincq M., avec la collaboration **J.P. Capdeville.** (2005) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Tarn. Rapport BRGM/RP- RP- 53531-FR, 113 pages, 22 illustrations, 6 annexes, 3 cartes hors texte, 1 cdrom

Driscoll R. (1983) – The influence of vegetation on the swelling and shrinking of clay soils in Britain. *Geotechnique*. Vol. XXXIII, pp. 93-105.

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

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

Kert C. (1999) – Les techniques de prévision et de prévention des risques naturels en France. Rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. N° 1540 *Assemblée Nationale*, n° 312 Sénat, avril 1999.

Kulbicki G. (1956) – Constitution et genèse des sédiments argileux sidérolitiques et lacustres du nord et du nord-est de l'Aquitaine. Sciences de la terre, Nancy, 100 p.

Krieg N. (2000) – Sols argileux "sensibles" - Conséquences sur la construction en région Centre. Mémoire de maîtrise de géographie physique. Université Louis Pasteur.

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

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

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

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

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

Muratet B. (1983) – Géodynamique du Paléogène continental en Quercy-Rouergue. Thèse 3° cycle, Université Paul Sabatier, Toulouse.

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..

Norie A., Capdeville J.P., Vincent M., en collaboration avec **Delpont G., Schoen R., Krieg N.** (2001) – Cartographie de l'aléas retrait-gonflement des argiles dans le département du Gers. Rapport BRGM/RP-51251-FR, 100 p., 23 fig., 7 tab., 7 ann., 2 pl., 2 cartes hors texte.

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

Platel J.P., Guérineau S., Vincent M. (2002) - Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Lot-et-Garonne. Rapport BRGM/RP-51752-FR, 86 p., 36 fig., 16 tab., 8 ann., 3 cartes hors texte.

Platel J.P., Lescure F., Vincent M., Norie A. (2002) - Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de la Dordogne. Rapport BRGM/RP-51266-FR, 102 p., 48 fig., 14 tab., 7 ann., 3 cartes hors texte.

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

Serratrice J.F., Soyez B. (1996) – Les essais de gonflement. *Bulletin des laboratoires des Ponts et Chaussées*, 204, p. 65-85.

Taylor R.K. and Smith T. J. (1986) – The engineering geology of clay minerals : swelling, shrinking and mudrock breakdown. *Clays Minerals*, n° 21, p.235-260.

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

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

Vincent M. (2003) – Le risque de retrait-gonflement des argiles. Cahiers de l'IAURIF n° 138, pp. 95 à 101.

Vincent M. (2003) – Retrait-gonflement des sols argileux : méthode cartographique d'évaluation de l'aléa en vue de l'établissement de PPR – 3^{ème} Conférence SIRNAT – Forum des Journées pour la Prévention des Risques Naturels, Orléans, janv . 2003. Actes du Colloque, 7 p., 5 fig.

Vincent M. (2005) – Cartographie sous SIG de l'aléa retrait-gonflement des argiles à des fins préventives – France – Systèmes d'information géographique et gestion des risques, publication ISTED, janvier 2005, pp. 12 à 15.

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

Notices des cartes géologiques des coupures suivantes :

- Brive-la-Gaillarde (785) : J. Boissonnas, J.C Talbert, R. Feys, A. Lefavrais-Raymond, J.P Raynal, L. David, P. Bonflis, J. Barruol (1976)

- Sarlat-la-Caneda (808) : J.P. Capdeville, J.P. Rigaud (1987)

- Souillac (809) : J.G. Astruc, R. Cubaynes, J.P. Fabre, J. Galharague, A. Lefavrais-Raymond, R. Marcouly, T. Pélissié, J. Rey, R. Simon-Coinçon, A. Turq (1995)
- Saint-Céré (810) : P.L. Guillot, J.G. Astruc, I. Feix, L. Humbert, M. Lefavrais-Henri, A. Lefavrais-Raymond, A. Michard, G. Monier, P. Roubichou (1992)
- Gourdon (832) : J.G. Astruc (1990)
- Gramat (833) : J.G. Astruc, J.C. Coustou, R. Cubaynes, J. Galharague, M. Lorblanchet, R. Marcouly, T. Pélissié, J. Rey (1994)
- Lacapelle-Marival (834) : P.L. Guillot, A. Lefavrais-Raymond, J.G. Astruc, D. Bonijoly (1989)
- Fumel (855) : J.P. Platel (1983)
- Puy-L'Évêque (856) ; J.G. Astruc (1986)
- Saint-Géry (857) : J.G. Astruc, J. Rey, T. Pélissié, M. Lorblanchet, M. Vianey-Liaud J. Galharague (1992)
- Figeac (858) : A. Lefavrais-Raymond, J.G. Astruc, P.L. Guillot (1990)
- Decazeville (859) : J.Y. Roig, B. Alouvette, P. Collomb, S. Bogdanoff, J. Guerange-Lozes, A.Genna, J.P. Couture, P. Monchoux, R. Ciszak (2001)
- Penne d'Agenais (879) : J.P. Capdeville (2000)
- Moncuq (880) : J.G. Astruc (1981)
- Cahors (881) : J.G. Astruc, T. Pélissié (1988)
- Villefranche-de-Rouergue (882) : J.P. Burg, B. Alouvette, A.F. Leyreloup, T. Pélissié, J.G. Astruc, A. Lefavrais-Raymond (1998)
- Moissac (904) : J.P. Capdeville, A. Turq (2003)
- Caussade (905) : J.G. Astruc, R. Cubaynes, J. Jaubert, B. Pajot, T. Pélissié, B. Marandat, J. Rey, B. Sigé, R. Simon-Coinçon, M. Soulier (1998)

Sites internet :

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

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

<http://www.rnde.tm.fr> : site internet relatif au Référentiel Hydrogéologique Français.

<http://mappy.fr> : site internet de cartographie routière et urbaine.

<http://www.argiles.fr> : site internet développé par le BRGM pour la prévention du risque de retrait-gonflement des argiles.

Annexe 1

Rappels sur le mécanisme de retrait-gonflement des argiles

Rappels sur le mécanisme de retrait-gonflement des argiles

Le terme argile désigne à la fois une classe granulométrique ($< 2 \mu\text{m}$) et une nature minéralogique correspondant à la famille des phyllosilicates.

Dans le cadre de cette étude, on s'intéressera essentiellement à la composante argileuse qui constitue les formations géologiques argileuses et/ou marneuses, affleurantes à sub-affleurantes. Dans cette approche géologique, on considère que celles-ci constituent les sols argileux. Cette approche est différente de celle consistant à prendre en compte les sols argileux *s.s.* dérivant de processus pédogénétiques superficiels complexes.

À l'échelle microscopique, les minéraux argileux se caractérisent par une structure minéralogique en feuillets. Ceux-ci sont constitués d'un assemblage de silicates (SiO_3) et d'aluminates (Al_2O_3) entre lesquels viennent s'interposer des molécules d'eau. La majorité des minéraux argileux appartient à la famille des phyllosilicates 2:1 (deux couches tétraédriques encadrant une couche octaédrique). La structure des assemblages cristallins est variable selon le type d'argile. Certains d'entre eux, telle que la montmorillonite, présentent des liaisons faibles entre feuillets, ce qui permet l'acquisition ou le départ de molécules d'eau.

L'hydratation des cations situés à la surface des feuillets provoque leur élargissement, ce qui se traduit par une augmentation du volume du minéral. C'est le phénomène de gonflement intracristallin ou interfoliaire. Le gonflement est lié au phénomène d'adsorption d'eau sur les sites hydrophiles de l'argile.

Ce processus est réversible. Un départ d'eau entraîne une diminution du volume du minéral. C'est le phénomène de retrait.

Les phénomènes de retrait-gonflement s'expriment préférentiellement dans les minéraux argileux appartenant au groupe des smectites (montmorillonite, beidellite, nontronite, saponite, hectorite, sauconite) et dans une moindre mesure au groupe des interstratifiés (alternance plus ou moins régulière de feuillets de natures différentes, par exemple illite – montmorillonite).

À l'échelle macroscopique, ces micro-agrégats de feuillets s'organisent en assemblages plus ou moins anisotropes et cohérents, en fonction de la forme des particules élémentaires qui les composent, et en fonction de la force des liaisons entre particules. Ces dernières sont assurées par des molécules d'eau intercalées. Ce mode d'assemblage, qui définit la texture du « sol argileux » dépend de la nature minéralogique des argiles, du mode de sédimentation et de l'état de consolidation du matériau. En particulier, une argile vasarde ne présentera pas la même texture – et donc pas la même cohésion – qu'une argile surconsolidée, par exemple à la suite d'un enfouissement à grande profondeur.

À cette échelle, la variation de teneur en eau dans le sol se traduit également par des variations de volume du matériau. On parle alors de gonflement interparticulaire. Ce

phénomène affecte toutes les argiles, mais son amplitude est nettement plus faible que le gonflement interfoliaire (qui n'affecte que certaines argiles).

Les sols argileux se caractérisent donc par une grande influence de la teneur en eau sur leur comportement mécanique. En géotechnique, on identifie d'ailleurs les différents types de sols argileux sur la base de ce critère. Pour cela on détermine les teneurs en eau (dites limites d'Atterberg) à partir desquelles le comportement du matériau se modifie. Atterberg, puis par la suite Casagrande, ont défini de façon conventionnelle, à partir de la teneur en eau, les limites de divers états de consistance d'un sol donné :

- la limite de liquidité W_L sépare l'état liquide de l'état solide ; elle correspond à la teneur en eau à partir de laquelle l'argile commence à s'écouler sous son poids propre ;
- la limite de plasticité W_P sépare l'état plastique de l'état solide (avec retrait) ; elle correspond à la teneur en eau en deçà de laquelle l'argile ne peut plus se déformer sans microfissuration ;

L'étendue du domaine plastique compris en ces deux valeurs est dénommée indice de plasticité : $IP = W_L - W_P$. Elle représente l'aptitude de l'argile à acquérir de l'eau.

- la limite de retrait W_R : lorsque la teneur en eau diminue en dessous de W_P , le volume de sol argileux se réduit progressivement, mais le matériau reste saturé en eau jusqu'à une valeur dite limite de retrait qui sépare l'état solide avec retrait de l'état solide sans retrait.

À partir de ce stade, si la dessiccation se poursuit, elle se traduit par une fissuration du matériau. En cas de réhydratation de l'argile, l'eau pourra circuler rapidement dans ces fissures. Au-delà de W_R , l'arrivée d'eau s'accompagnera d'une augmentation de volume, proportionnelle au volume d'eau supplémentaire incorporé dans la structure.

Les limites d'Atterberg, qui sont des teneurs en eau particulières, s'expriment, comme la teneur en eau W , en %.

Les phénomènes de retrait (liés à une diminution de volume du matériau qui se traduit, verticalement par un tassement, et horizontalement par une fissuration), et de gonflement (liés à une augmentation de volume), sont donc essentiellement causés par des variations de teneur en eau. En réalité, cependant, le phénomène est aussi régi par des variations de l'état de contrainte, et plus précisément par l'apparition de pressions interstitielles négatives.

Dans le cas d'un sol saturé, la contrainte verticale totale, qui règne dans le sol à une profondeur donnée, est la somme de la pression interstitielle due à l'eau et d'une contrainte dite effective qui régit le comportement de la phase solide du sol (pression intergranulaire). La contrainte totale est constante puisque liée à la charge exercée par les terrains sus-jacents (augmentée éventuellement d'une surcharge due, par exemple, à la présence d'une construction en surface). L'apparition d'une pression interstitielle négative, appelée succion, se traduit donc par une augmentation de la contrainte effective (c'est-à-dire une consolidation du squelette granulaire) et une expulsion d'eau.

Un sol argileux situé au-dessus du niveau de la nappe, et qui est saturé, est ainsi soumis à une pression de succion qui lui permet d'aspirer l'eau de la nappe, par capillarité, et de maintenir son état de saturation. Cette pression de succion peut atteindre des valeurs très élevées à la surface du sol, surtout si celle-ci est soumise à une évaporation intense.

Annexe 2

Information géotechnique et minéralogique

- ❖ Données géotechniques du Lot, du Tarn et du Tarn-et-Garonne et analyses minéralogiques du Lot, du Tarn, du Tarn-et-Garonne, de Dordogne et du Lot-et-Garonne
- ❖ Données géotechniques de Dordogne et du Lot-et-Garonne

Données géotechniques du Lot, du Tarn et du Tarn-et-Garonne et analyses minéralogiques du Lot, du Tarn, du Tarn-et-Garonne, de Dordogne et du Lot-et-Garonne

Légende de l'origine des échantillons

	Echantillons du Lot
	Echantillons de Tarn et Garonne
	Echantillons du Tarn
	Echantillons de Dordogne
	Echantillons du Lot-et-Garonne
	Bibliographie

		Coordonnées		IDENTIFICATION										Géotechnique					Diffractionnisme aux Rx : % minéralogique de la fraction argileuse				
N° de l'échantillon	Code formation	X	Y	Description de terrain	Sable 0,2 à 50 à 200 2mm	Sable 50 à 200 µm	Limon 20 à 50 µm	Limon 2 à 20 µm	Argile <2µm	Ip	Rl	Cg	VBS	SMECTITE	ILLITE/MIC A	KAOLINITE	CHLORITE	VERMICULITE	INTER.				
																				Diffractionnisme aux Rx : % minéralogique de la fraction argileuse			
46-011	1	525 807	1 961 844	Argile limono-sableuse	12,59	13,64	16,24	28,00	29,46				1,18	0,00	33,00	67,00	0,00	0,00	TRACES				
46-015	1	548 286	1 998 113	Argile marron	1,91	24,26	27,12	31,03	15,68				2,08	30,00	20,00	50,00	0,00	0,00	0,00				
29254	1	537 937	1 907 843	Colluvions et alluvions argilo-limono-sableuses à argilo-graveleuses	16,20	17,70	15,10	16,90	31,40				2,70	0,00	39,00	54,00	0,00	7,00	0,00				
2_8	1	531 152	1 901 893	Colluvions et alluvions argilo-limono-sableuses à argilo-graveleuses	2,00	13,80	10,40	27,30	44,50				4,50										
Bib-46-45	1	538 458	1 960 9 18	Argiles brun-clair									2,13										
Bib-46-49	1	534 673	1 939 900	Argiles grises et beiges									6,70										
46-005	2	506 326	1 945 759	Argile marron-ocre avec quelques graviers calcaires	15,87	28,44	16,07	22,87	16,69				1,36	0,00	65,00	35,00	0,00	0,00	TRACES				
46-014	2	549 580	1 983 403	Argile marron faiblement sableuse	32,99	25,28	13,40	16,04	12,38				0,85	26,00	39,00	35,00	0,00	0,00	0,00				
Bib-46-22	2	548 514	1 941 049	Sables argilo-graveleux									0,25										
Bib-46-28	2	560 777	1 990 961	Limons et sables fins									9,00										
Bib-46-32	2	529 022	1 939 685	Argiles marrons									1,35										
Bib-46-35	2	577 205	1 956 805	Argiles, limons et sables									0,70										
Bib-46-37	2	508 961	1 945 805	Argiles limoneuses									3,40										
Bib-46-47	2	530 575	1 989 461	Sables argileux						23,00													
46-004	3	506 881	1 944 940	Argile marron	4,70	24,94	18,19	31,18	21,06				1,58	0,00	44,00	41,00	0,00	15,00	TRACES				
46-013	3	534 358	1 984 422	Argile marneuse bariolée altérée	27,76	27,65	15,10	18,27	11,22				0,78	0,00	46,00	48,00	0,00	6,00	0,00				
Bib-46-27	3	529 690	1 941 049	Argiles sableuses à galets									1,20										
Bib-46-39	3	529 717	1 941 008	Limons argileux et argiles graveleuses									2,20										
46-006	4	508 629	1 944 463	Argile sableuse	3,64	32,78	23,98	17,40	22,26				2,36	27,00	37,00	36,00	0,00	0,00	0,00				
29257	5	514 431	1 907 984	Sables graveleux calcaires avec amas argileux	20,00	21,30	12,00	12,30	33,90				6,90	89,00	4,00	6,00	0,00	0,00	0,00				
46-017	6	543 765	1 979 698	Formations karstiques	2,65	27,24	23,00	25,76	21,30				2,40	8,00	38,00	54,00	0,00	0,00	0,00				
46-001	7	535 788	1 920 603	Argiles palustres-lacustres	6,16	10,57	9,95	25,86	47,41				8,13	86,00	6,00	8,00	0,00	0,00	0,00				
46-009	7	525 670	1 955 290	Argiles palustres-lacustres	52,22	18,05	7,30	9,73	12,67				0,82	0,00	5,00	95,00	0,00	0,00	0,00				
29255	7	542 530	1 913 350	Argiles palustres-lacustres	6,80	13,70	8,80	13,20	56,30				5,80	13,00	10,00	77,00	0,00	0,00	0,00				
Bib-46-18	7	530 078	1 924 248	Argiles palustres-lacustres						40,00			7,14										
Bib-46-19	7	533 923	1 922 219	Argiles palustres-lacustres						19,00			4,77										
Bib-46-39	7	533 533	1 920 500	Argiles palustres-lacustres						33,00			5,00										
Bib-46-21	7	531 084	1 952 074	Argiles palustres-lacustres									1,50										
46-002	8	523 602	1 918 501	Molasses	10,04	16,29	10,45	25,92	37,20				6,31	70,00	13,00	17,00	0,00	0,00	0,00				
29256	8	521 352	1 909 946	Molasses	1,10	6,90	10,70	34,50	46,10				3,80	52,00	27,00	15,00	6,00	0,00	0,00				
24ARG002	8	490 001	276 43	Argile chocoal									0,00	16,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
24ARG0102	8	490 001	276 43	Argile vert à nodules calcaires									48,00	22,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00				
24ARG0125	8	496 57	278 61	Argile bleu-vert									90,00	5,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
24ARG020	8	485 58	270 71	Argile verte carbonatée									50,00	20,00	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
24ARG0103	8	490 001	276 43	Argile ocre									60,00	33,00	7,00	0,00	0,00	0,00	7,00				
24ARG0104	8	490 001	276 43	Argile carbonatée									58,00	30,00	12,00	0,00	0,00	0,00	12,00				
24ARGF048	8	475 51	268 61	Argile carbonatée									11,00	28,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
24ARGF056	8	475 31	267 31	Argile carbonatée									27,00	52,00	19,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
24ARGF055	8	475 41	267 61	Argile carbonatée									0,00	37,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
24ARGF054	8	475 41	267 61	Argile carbonatée									0,00	46,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
24ARGF053	8	475 41	267 61	Argile carbonatée									0,00	56,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
24ARGF047	8	475 41	267 61	Argile carbonatée									0,00	41,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
24ARGF042	8	475 51	268 61	Argile carbonatée									0,00	42,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
24ARGF049	8	474 81	269 11	Argile carbonatée									35,00	29,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
24ARGF057	8	475 31	267 31	Argile carbonatée									0,20	69,00	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00				

Coordonnées			IDENTIFICATION		Granulométrie (%)					Géotechnique					Diffractionnètrie aux Rx : % minéralogique de la fraction argileuse				
N° de l'échantillon	Code formation	X	Y	Identification lithologique	Description de terrain	Sable 0.2 à 2mm	Sable 50 à 200 µm	Limon 20 à 50 µm	Limon 2 à 20 µm	Argile <2µm	Ip	Rl	Cg	VBS	ILLITE/MIC A	KAOULINITE	CHLORITE	VERMICULITE	INTER..
24ARGF072	B	475.01	268.55	Molasses	Argile carbonatée										9.00	2.00	0.00	0.00	0.00
24ARGF045	B	476.75	267.41	Molasses	Argile carbonatée										7.00	26.00	0.00	0.00	0.00
24ARGF050	B	474.81	269.11	Molasses	Argile carbonatée										0.00	57.00	0.00	0.00	0.00
24ARGF068	B	475.51	268.11	Molasses	Argile carbonatée										0.00	49.00	6.00	0.00	0.00
24ARGG005	B	475.51	268.11	Molasses	Argile carbonatée										25.00	51.00	24.00	0.00	0.00
24ARGG003	B	470.31	265.68	Molasses	Argile carbonatée										13.00	70.00	8.00	0.00	0.00
24ARGG002	B	468.25	267.31	Molasses	Argile carbonatée										3.00	67.00	25.00	0.00	0.00
24ARGF073	B	475.01	268.55	Molasses	Argile carbonatée										25.00	41.00	4.00	0.00	0.00
24ARGF034	B	474.25	269.21	Molasses	Argile carbonatée										36.00	23.00	6.00	0.00	0.00
24ARGF070	B	475.01	268.55	Molasses	Argile carbonatée										0.00	36.00	6.00	0.00	0.00
24ARGF069	B	475.01	268.55	Molasses	Argile carbonatée										11.00	39.00	6.00	0.00	0.00
24ARGF068	B	475.51	267.31	Molasses	Argile carbonatée										13.00	36.00	19.00	0.00	0.00
24ARGF067	B	475.51	268.11	Molasses	Argile carbonatée										55.00	16.00	0.00	0.00	0.00
24ARGF066	B	475.51	268.11	Molasses	Argile carbonatée										0.20	46.00	7.00	0.00	0.00
24ARGF062	B	474.85	268.11	Molasses	Argile carbonatée										18.00	37.00	7.00	0.00	0.00
24ARGF061	B	474.85	268.11	Molasses	Argile carbonatée										0.00	43.00	21.00	0.00	0.00
24ARGF060	B	474.85	268.11	Molasses	Argile carbonatée										0.00	42.00	2.00	0.00	0.00
24ARGF059	B	474.72	268.13	Molasses	Argile carbonatée										43.00	22.00	5.00	0.00	0.00
24ARGF071	B	475.01	268.55	Molasses	Argile carbonatée										12.00	25.00	4.00	0.00	0.00
24GYPS005	B	475.35	267.85	Molasses	Gypse argileux										9.00	45.00	13.00	0.00	0.00
24ARGF036	B	473.41	268.81	Molasses	Argile carbonatée										11.00	40.00	3.00	0.00	0.00
24ARGG056	B	476.75	267.41	Molasses	Argile carbonatée										47.00	40.00	23.00	0.00	0.00
24ARGG055	B	476.41	267.71	Molasses	Argile carbonatée										32.00	43.00	26.00	0.00	0.00
24ARGG054	B	476.41	267.71	Molasses	Argile carbonatée										33.00	42.00	24.00	0.00	0.00
24ARGB097	B	450.01	276.45	Molasses	marne jaune-vert										60.00	28.00	12.00	0.00	0.00
24ARGB098	B	450.01	276.45	Molasses	Argile gris-jaune										75.00	15.00	10.00	0.00	0.00
24ARGB099	B	450.01	276.45	Molasses	Argile verte à mirtrobes										75.00	16.00	7.00	0.00	0.00
24ARGG008	B	456.11	269.11	Molasses	Argile verte carbonatée										60.00	40.00	0.00	0.00	0.00
24ARGG059	B	475.31	267.31	Molasses	Argile carbonatée										16.00	51.00	33.00	0.00	0.00
24ARGB108	B	472.15	271.11	Molasses	Argile verte										38.00	40.00	22.00	0.00	0.00
24ARGG060	B	475.31	267.31	Molasses	Argile carbonatée										32.00	50.00	18.00	0.00	0.00
24ARGB115	B	465.55	270.71	Molasses	Argile grise carbonatée										40.00	30.00	30.00	0.00	0.00
24ARGB120	B	456.11	269.11	Molasses	Argile verte										90.00	10.00	0.00	0.00	0.00
24ARGB148	B	426.61	266.63	Molasses	Gypse argileux										0.00	20.00	10.00	0.00	70.00
24GYPS004	B	475.35	267.85	Molasses	Gypse argileux										0.00	46.00	2.00	0.00	0.00
24ARGB123	B	457.15	278.43	Molasses	Argile verte										80.00	10.00	0.00	0.00	0.00
24ARGB124	B	457.15	278.43	Molasses	Argile verte à marmorisations ocres										80.00	10.00	5.00	0.00	0.00
24ARGB126	B	456.21	278.95	Molasses	Argile verte à marmorisations rouges										70.00	20.00	10.00	0.00	0.00
24ARGB138	B	473.01	267.68	Molasses	Argile carbonatée										57.00	30.00	13.00	0.00	0.00
24ARGB107	B	474.04	267.05	Molasses	Argile verte										0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
24ARGF042	B	474.31	267.68	Molasses	Argile carbonatée										60.00	18.00	5.00	0.00	0.00
24ARGF042	B	474.02	268.35	Molasses	Argile carbonatée										12.00	32.00	14.00	0.00	0.00
24ARGF041	B	473.41	268.81	Molasses	Argile carbonatée										48.00	20.00	4.00	0.00	0.00
24ARGF040	B	473.41	268.81	Molasses	Argile carbonatée										13.00	39.00	2.00	0.00	0.00
24ARGF039	B	473.41	268.81	Molasses	Argile carbonatée										29.00	33.00	4.00	0.00	0.00
24ARGF038	B	473.41	268.81	Molasses	Argile carbonatée										41.00	27.00	11.00	0.00	0.00
24ARGF037	B	473.41	268.81	Molasses	Argile carbonatée										44.00	21.00	9.00	0.00	0.00
24ARGF035	B	474.25	269.21	Molasses	Argile carbonatée										81.00	16.00	3.00	0.00	0.00
24ARGG057	B	475.35	267.85	Molasses	Argile carbonatée										44.00	38.00	18.00	0.00	0.00
24ARGF033	B	474.25	269.21	Molasses	Argile carbonatée										16.00	36.00	2.00	0.00	0.00
24ARGF043	B	472.75	267.41	Molasses	Argile carbonatée										0.00	54.00	0.00	0.00	0.00
24ARGF031	B	474.31	267.68	Molasses	Argile carbonatée										42.00	25.00	12.00	0.00	0.00
24ARGF029	B	471.75	268.13	Molasses	Argile carbonatée										85.00	13.00	9.00	0.00	0.00
24ARGF025	B	468.13	267.01	Molasses	Argile carbonatée										22.00	52.00	12.00	0.00	0.00
24ARGF024	B	468.31	267.25	Molasses	Argile carbonatée										9.00	50.00	15.00	0.00	0.00
24ARGF023	B	469.23	266.25	Molasses	Argile carbonatée										76.00	14.00	0.00	0.00	0.00
24ARGF022	B	469.23	268.25	Molasses	Argile carbonatée										49.00	16.00	0.00	0.00	0.00
24ARGF003	B	473.15	267.01	Molasses	Argile										0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24ARGG063	B	475.51	268.11	Molasses	Argile carbonatée										45.00	36.00	19.00	0.00	0.00
24ARGG062	B	475.51	268.11	Molasses	Argile carbonatée										46.00	34.00	20.00	0.00	0.00
24ARGG061	B	474.85	268.11	Molasses	Argile carbonatée										30.00	45.00	25.00	0.00	0.00
24ARGB139	B	475.51	268.11	Molasses	Argile carbonatée										55.00	32.00	13.00	0.00	0.00
47ARGB010	B	469.23	237.86	Molasses	niveau d'altération										15.00	55.00	0.00	0.00	30.00
47ARGB009	B	469.23	237.86	Molasses	argile ocre carbonatée										15.00	65.00	10.00	0.00	0.00
47ARGB008	B	469.23	237.86	Molasses	argile ferrugineuse carbonatée, indurée ocre										15.00	65.00	10.00	0.00	0.00
47ARGB007	B	469.23	237.86	Molasses	argile siliceuse carbonatée ocre à gris clair										32.00	45.00	8.00	0.00	0.00
47ARGB006	B	469.23	237.86	Molasses	argile jaunâtre carbonatée										90.00	10.00	0.00	0.00	0.00
47ARGG014	B	440.22	238.09	Molasses	argile sableuse et carbonatée										0.00	13.00	8.00	5.00	74.00
Bib-46-33	B	514.952	1 923.354	Molasses	Argiles marneuses altérées										0.00	0.00	0.00	0.00	4.80

				IDENTIFICATION				Geotechnique				Diffractionnètrie aux Rx : % minèralogique de la fraction argileuse								
N°e J'échantillon	Code formation	X	Y	Identification lithologique	Description de terrain	Sable 0,2 à 2mm	Sable 50 à 200 µm	Limon 20 à 50 µm	Limon 2 à 20 µm	Argile <2µm	IP	RL	Cg	VBS	SMECTITE	ILLITE/MIC A	KAOLINITE	CHLORITE	VERMICULITE	INTER.,
Bib-46-42	8	588 195	1 957 176	Molasses	Sables graveleux						16,00									
Bib-46-44	8	588 068	1 957 163	Molasses	Altèrites						18,00									
46-022	9	527 173	1 933 799	Argiles à graviers	Argiles rouges et graviers	24,95	27,26	8,42	14,29	25,05				4,67	0,00	65,00	35,00		traces	0,00
46-003	10	508 042	1 939 307	Altèrites argileuses	Argile bariolée									1,60	0,00					
46-008	10	512 117	1 960 825	Altèrites argileuses	Argile ocre rouge	21,73	21,84	8,63	18,20	29,64				2,05	15,00	77,00	0,00		0,00	0,00
46-012	10	539 436	1 960 563	Altèrites argileuses	Argile à graviers et galets calcaires	26,49	24,27	11,88	13,90	23,46				2,34	6,00	35,00	0,00		0,00	0,00
24ARGB157	10	471 877	320 71	Altèrites argileuses	Argile siliceuse verte matèrès	13,03	8,48	11,58	13,03	13,03					90,00	2,00	8,00	0,00		0,00
24ARGB146	10	489 38	317 94	Altèrites argileuses	Altèrites argileuses										0,00	4,00	25,00	0,00		71,00
24ARGB149	10	475 54	316 11	Altèrites argileuses	Argile verte à rouge à silic										9,00	14,00	0,00		0,00	0,00
24ARGB152	10	460 22	331 58	Altèrites argileuses	Argile vert clair plastique										99,00	1,00	0,00		0,00	0,00
24ARGB153	10	466 52	328 94	Altèrites argileuses	Argile siliceuse beige										82,00	3,00	15,00	0,00		0,00
24ARGB154	10	469 79	324 39	Altèrites argileuses	Silt argileux brun										84,00	4,00	12,00	0,00		0,00
24ARGB156	10	472 76	324 99	Altèrites argileuses	Argile siliceuse verte matèrès										95,00	2,00	3,00	0,00		0,00
24ARGB159	10	474 01	318 13	Altèrites argileuses	Argile siliceuse verte matèrès										97,00	1,00	2,00	0,00		0,00
24ARGC070	10	481 69	305 01	Altèrites argileuses	Argile verte à rouge à silic										85,00	1,00	14,00	0,00		0,00
24ARGC074	10	481 68	311 63	Altèrites argileuses	Altèrites argileuses										0,00	8,00	45,00	2,00		45,00
24ARGC097	10	469 37	308 22	Altèrites argileuses	Altèrites argileuses										0,00	15,00	65,00	0,00		0,00
24ARGC109	10	467 43	325 19	Altèrites argileuses	Argile siliceuse verte										0,00	3,00	83,00	0,00		14,00
24COAR005	10	483 09	307 14	Altèrites argileuses	Argile ocre très plastique à marbrures brunes										0,00	1,00	25,00	0,00		74,00
24ARGC098	10	466 88	305 87	Altèrites argileuses	Altèrites argileuses										0,00	6,00	87,00	0,02		7,00
24ARGC101	10	485 92	305 67	Altèrites argileuses	Altèrites argileuses										0,00	0,00	70,00	0,00		30,00
24ARGB155	10	471 28	326 61	Altèrites argileuses	Argile siliceuse verte matèrès										98,00	1,00	1,00	0,00		0,00
46-007	11	507 061	1 957 701	Altèrites sablo-argileuses	Sables latèment argileux et graviers	57,21	21,68	9,16	7,94	3,97				0,03	6,00	88,00	0,00		0,00	0,00
Bib-46-02	11	523 677	1 972 882	Altèrites sablo-argileuses	Argile rouge casline						12,10									
Bib-46-31	11	523 268	1 970 572	Altèrites sablo-argileuses	Argiles marrons sableuses															
Bib-46-40	11	523 940	1 972 328	Altèrites sablo-argileuses	Argiles marrons						54,00									
Bib-46-50	11	531 309	1 980 130	Altèrites sablo-argileuses	Argiles à blocs calcaires															
46-016	12	550 232	1 984 080	Marnes	Argile marron	2,34	15,09	16,69	30,08	35,82					34,00	55,00	0,00		0,00	0,00
46-019	12	569 797	1 963 578	Marnes	Argile jaune à traces d'oxydation	2,52	5,54	12,69	30,92	48,35					3,87	0,00	43,00	0,00	7,00	TRACES
46-020	12	568 608	1 957 330	Marnes	Argile verdâtre	4,70	4,40	13,71	34,16	43,06					4,97	23,00	44,00	0,00	0,00	0,00
24ARGC107	12	489 07	346 39	Marnes	argile plastique grise										0,00	21,00	73,00	0,00		0,00
24ARGC018	12	479 01	353 78	Marnes	Argile noire										0,00	39,00	57,00	0,02		4,00
24ARGC020	12	500 98	331 71	Marnes	Argile noire										0,00	41,00	56,00	0,00		0,00
24ARGC023	12	492 12	341 88	Marnes	Argile										0,00	42,00	53,00	0,00		4,00
24ARGC069	12	502 85	330 84	Marnes	Marnes beiges										0,00	59,00	0,02			9,00
24ARGC103	12	519 55	312 51	Marnes	Argile grise										0,00	43,00	48,00	0,00		0,00
Bib-46-04	12	568 397	1 957 204	Marnes	Remblai plus argile bariolée															
Bib-46-05	12	568 416	1 956 928	Marnes	Argile brune plastique															
Bib-46-06	12	568 291	1 957 812	Marnes	Argile marneuse marron															
Bib-46-07	12	568 424	1 957 765	Marnes	Argile bariolée marron et ocre															
Bib-46-08	12	568 530	1 957 652	Marnes	Argile ocre plastique															
Bib-46-09	12	568 537	1 957 349	Marnes	Argile maron plastique															
Bib-46-10	12	568 520	1 957 445	Marnes	Argile maron plastique à caloulis															
Bib-46-11	12	568 515	1 957 546	Marnes	Argile maron plastique à caloulis															
Bib-46-12	12	568 596	1 957 561	Marnes	Argile ocre plastique															
Bib-46-14	12	575 503	1 956 083	Marnes	Argile maron ocre															
Bib-46-29	12	574 533	1 956 615	Marnes	Argiles sableuses															
Bib-46-30	12	574 533	1 956 595	Marnes	Argiles beiges															
Bib-46-38	12	549 572	1 980 518	Marnes	Argiles beiges et marnes altèrès															
46-021	13	527 151	1 939 132	Marno-calcaires	Argile à graviers et blocs calcaires	26,69	5,60	9,58	36,06	22,00				1,06	0,00	30,00	0,00		0,00	0,00
2 7	13	566 373	1 910 074	Marno-calcaires		4,20	7,90	10,90	29,50	41,80				3,40						
Bib-46-23	13	531 604	1 940 025	Marno-calcaires	Argiles brunes à jaunes															
Bib-46-24	13	531 729	1 939 958	Marno-calcaires	Argiles brunes à jaunes															
Bib-46-25	13	531 659	1 939 932	Marno-calcaires	Argiles brunes à jaunes															
Bib-46-46	13	539 224	1 955 195	Marno-calcaires	Argiles et sables argileux plus ou moins graveleux															
46-018	14	566 531	1 968 651	Argillites et pelites grèsuses	Limons graveleux	5,00	17,76	18,61	40,72	17,97				2,60	0,00	30,00	0,00		19,00	0,00
Bib-46-01	14	556 939	1 990 803	Argillites et pelites grèsuses	Argile plastique marron															
Bib-46-15	15	544 148	1 923 660	Calcaires lacustres stampiens	Marne compacte gris clair															
Bib-46-16	15	533 621	1 925 169	Calcaires lacustres stampiens	Argile marneuse bariolée															
Bib-46-03	16	513 632	1 959 603	Dolomites portlandiennes	Argile sableuse ocre roux (dolomites)															
Bib-46-13	17	577 835	1 954 901	Calcaires sinèuriens	Marne															

Données géotechniques de Dordogne et du Lot-et-Garonne

Age	Formation géologique	N° d'ordre	Indice de plasticité (Ip)				Valeur au bleu (Vb)				Retrait linéaire (RI)				Coefficient de gonflement (Cg)				Indice de susceptibilité géotechnique
			Nb de mesures	Ip min	Ip max	Ip moy	Nb de mesures	Vb min	Vb max	Vb moy	Nb de mesures	RI min	RI max	RI moy	Nb de mesures	Cg min	Cg max	Cg moy	
Jurassique	Marnes du Kimméridgien	1	1			20,00	7,20	8,50	7,90	1			0,456			0,058	3		
	Altérites du Périgord Noir	2	1		29,30	0				0							3		
Paléocène	Formation du Brétou	3	0			0				0							?		
	Argiles à <i>Paleotherium</i>	4	12	12,60	44,60	25,10	1,80	6,70	3,60	0							2		
	Formation des Ondes	5	0			1			4,00	0						0,026	2		
Eocène	Molasses du Fronsadais1	6	7	12,00	31,90	19,70	1		3,00	0							2		
	Molasses du Fronsadais2	7	19	7,00	47,00	26,20	12	0,50	7,00	4,00	1		0,545	0,016	0,037	0,027	2		
	Molasses du Fronsadais3	8	7	14,00	38,00	27,00	5	3,00	5,70	4,00	1		0,544			0,021	2		
Oligocène	Molasses de l'Agenais1	9	66	13,00	59,00	30,50	48	2,50	11,70	5,90	13	0,303	0,569	0,473	0,017	0,052	0,036	3	
	Molasses de l'Agenais2	10	63	8,00	54,00	29,10	31	2,80	11,50	6,20	7	0,187	0,510	0,497	0,016	0,085	0,035	3	
	Marnes à huîtres	11	40	18,00	53,70	35,20	19	2,20	10,60	5,70	5	0,462	0,656	0,547	0,020	0,068	0,039	3	
Miocène	Molasses de l'Armagnac résiduel	12	7	22,00	68,00	38,40	11	3,00	10,00	6,40	5	0,390	0,764	0,552	0,026	0,066	0,038	3	
	Molasses de l'Armagnac1	13	49	16,00	54,80	34,50	32	2,00	13,30	6,00	8	0,350	0,567	0,475	0,005	0,072	0,036	3	
	Molasses de l'Armagnac2	14	5	21,00	40,00	30,90	14	1,70	11,50	6,00	3	0,391	0,515	0,449	0,021	0,061	0,035	3	
Quaternaire	Molasses de l'Armagnac3	15	4	15,10	32,40	23,90	1		3,70	0							2		
	Hautes terrasses	16	10	20,00	58,00	31,20	20	2,00	15,70	6,30	9	0,324	0,602	0,484	0,015	0,075	0,045	3	
	Moyennes terrasses	17	4	15,00	33,50	27,30	2	2,00	6,50	5,80	0					0,032	3		
	Basses terrasses	18	28	1,00	41,50	23,30	13	0,70	7,30	4,00	8	0,380	0,484	0,433	0,026	0,043	0,037	2	
	Très basses terrasses	19	57	5,10	57,00	25,50	41	1,40	12,70	4,50	7	0,268	0,596	0,456	0,007	0,047	0,027	2	

Synthèse des données caractérisant le comportement géotechnique des formations supportant des sinistres dans la Dordogne (Rapport BRGM/RP-51266-FR)

Age	Formation géologique	N° d'ordre	Indice de plasticité (Ip)			Valeur au bleu (Vb)				Retrait linéaire (Rl)			Coefficient de gonflement (Cg)			Indice de susceptibilité géotechnique		
			Nb de mesures	Ip min	Ip max	Ip moy	Nb de mesures	Vb min	Vb max	Vb moy	Nb de mesures	Rl min	Rl max	Rl moy	Nb de mesures		Cg min	Cg max
Paléozoïque	Micaschistes de la Dronne	1	0															
	Schistes et séricitoschistes	2	0															
Saxono-Thuringien	Formation de Louignac	3	0															
	Formations du Lias inférieur	4	0															
Jurassique inférieur	Formation de Tourtoirac	5	3	22,00	47,00	33,00											3	
	Formation de Quinsac	6	2	31,30	42,50	36,90												3
Cénomaniens	Formations d'Atur, de Gimeux, de Marsaguet et de Segonzac	7	21	14,00	78,20	38,00	3	2,20	17,00	8,30								3
	Formation de Biron	8	21	10,00	71,20	38,00												4
Campanien	Formation de Coursac	9	3	23,00	51,00	39,90												3
	Altérites sur socle cristallin	10	2	23,00	59,00	41,00												4
Paléocène-Quat	Altérites du Santonien	11	0															4
	Altérites du Campanien supérieur	12	1			57,00												4
Paléocène-Quat	Altérites de type Barade (nord et sud)	13	77	10,00	96,00	54,00	3	9,20	14,00	10,10								4
	Altérites de Bergeracois	14	3	16,00	76,00	50,20												4
Paléocène-Quat	Altérites du Périgord Noir	15	0															4
	Altérites de Périgord Vert	16	4	23,50	72,60	49,20												4
Eocène	Formation de Gulzengard/Mortemart	17	0															3
	Formation de Beurepos et Limeyrat	18	11	10,00	58,90	29,70								1			0,330	3
Eocène-Oligocène	Altérites de l'Eocène moyen	19	1			59,00												3
	Altérites à <i>Paleotherium</i>	20	4	36,00	45,00	41,30	2	2,60	9,00	5,80	1	0,560						3
Eocène-Oligocène	Molasses du Fronsadais	21	2	22,00	33,00	27,5	2	8,20	15,00	11,90								3
	Formation de Boisbreteau	22	22	17,30	80,00	38,5	1			5,50								3
Oligocène	Marnes à huîtres de l'Agonais	23	0															3
	Argiles de la Bessède	24	0															3
Oligocène	Molasses de l'Agonais	25	6	25,10	43,00	32,6	3	3,00	9,40	6,20								4
	Formations colluviales oligocènes-quadernaires	26	2	43,80	54,10	51,5												4
Quaternaire	Hautes terrasses	27	7	19,80	71,00	46,40												4
	Moyennes terrasses	28	33	8,00	72,00	36,70	1			2,60		0,560						3
Quaternaire	Basses et très basses terrasses	29	9	11,5	47,5	32,1	2	5,7	10	7,8								3

Synthèse des données caractérisant le comportement géotechnique des formations supportant des sinistres dans le Lot-et-Garonne (Rapport BRGM/RP-51752-FR)

Annexe 3

Liste des 86 communes du Lot reconnues en état de catastrophe naturelle au titre des mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols et dates des périodes de reconnaissance (Etat au 04 septembre 2006)

Information issue du site internet www.prim.net (extraction du 04/09/06)

Indication des communes affectées mais non reconnues au 04/09/2006

Indication du nombre de sinistres déclarés qui ont affecté les communes.

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

Code INSEE	Commune	Début de période	Fin de période	Arrêté	Parution au JO	Nbre de sinistres
46001	Albas	01/01/1996	31/12/1996	24/03/1997	12/04/1997	1
46004	Anglars	01/01/1995	30/06/1998	21/01/1999	05/02/1999	13
46004	Anglars	01/05/1989	31/12/1994	28/07/1995	09/09/1995	
46007	Arcambal	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	3
46008	Arques	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	
46009	Assier	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	2
46019	Beaumat	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	
46020	Beauregard					6
46021	Béduer	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	4
46022	Belaye					10
46023	Belfort-du-Quercy	01/05/1989	31/12/1990	04/12/1991	27/12/1991	26
46024	Belmont-Bretenoux	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	
46025	Belmontet	01/08/1995	30/06/1998	22/06/1999	14/07/1999	6
46028	Betaille					3
46029	Biars-sur-Cère					1
46032	Boissières					7
46034	Bourg	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	
46042	Cahors	01/01/1991	31/05/1992	25/01/1993	07/02/1993	
46042	Cahors	01/05/1989	31/12/1990	04/12/1991	27/12/1991	
46042	Cahors	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	
46042	Cahors	01/06/1992	31/08/1993	08/09/1994	25/09/1994	
46042	Cahors	01/09/1993	31/03/1998	18/09/1998	03/10/1998	
46042	Cahors	01/09/1993	30/06/1998	21/01/1999	05/02/1999	
46045	Cajarc					
46046	Calamane	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	
46051	Cambes	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	15
46051	Cambes	01/06/1992	30/06/1998	22/06/1999	14/07/1999	
46052	Camboulit					9
46053	Camburat	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	5
46055	Capdenac	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	23
46055	Capdenac	01/06/1992	31/08/1993	08/09/1994	25/09/1994	
46057	Cardaillac	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	
46058	Carennac	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	8
46061	Cassagnes	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	
46063	Castelnau-Montratier	01/01/1995	31/12/1996	02/02/1998	18/02/1998	21
46063	Castelnau-Montratier	01/01/1997	31/03/1998	18/09/1998	03/10/1998	
46063	Castelnau-Montratier	01/05/1989	31/12/1994	28/07/1995	09/09/1995	
46066	Cazals	01/01/1990	31/05/1992	25/01/1993	07/02/1993	8
46066	Cazals	01/05/1989	31/12/1989	04/12/1990	15/12/1990	
46067	Cazillac	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	1
46067	Cazillac	01/06/1993	31/03/1998	18/09/1998	03/10/1998	
46069	Cézac	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	7
46072	Concorès	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	1
46072	Concorès	01/06/1992	31/12/1996	24/03/1997	12/04/1997	
46074	Condat					3
46083	Cressenssac					1
46084	Creyse	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	

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

Code INSEE	Commune	Début de période	Fin de période	Arrêté	Parution au JO	Nbre de sinistres
46086	Cuzance	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	
46087	Dégagnac	01/05/1989	31/12/1990	04/12/1991	27/12/1991	
46088	Douelle					1
46089	Duravel	01/07/2003	30/09/2003	30/03/2006	02/04/2006	
46095	Espère					2
46098	Fajoles	01/01/1991	30/06/1998	21/01/1999	05/02/1999	
46098	Fajoles	01/05/1989	31/12/1990	04/12/1991	27/12/1991	
46100	Faycelles					15
46101	Felzins					2
46102	Figeac	01/01/1991	31/05/1992	25/01/1993	07/02/1993	
46102	Figeac	01/05/1989	31/12/1990	04/12/1991	27/12/1991	25
46103	Flaugnac					13
46104	Flaujac-Gare	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	1
46106	Floirac					2
46107	Floressas	01/05/1989	31/12/1990	04/12/1991	27/12/1991	
46109	Fontanes					2
46111	Fourmagnac					10
46113	Frayssinet	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	1
46116	Frontenac					1
46119	Gigouzac					4
46120	Gindou	01/05/1989	31/12/1990	04/12/1991	27/12/1991	7
46127	Gourdon	01/01/1997	30/06/1998	22/06/1999	14/07/1999	
46127	Gourdon	01/05/1989	31/12/1990	04/12/1991	27/12/1991	34
46128	Gramat					2
46130	Grézels	01/03/2002	31/12/2002	25/08/2004	26/08/2004	
46130	Grézels	01/05/1989	30/09/1990	25/08/2004	26/08/2004	2
46132	Issendolus	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	5
46138	Labastide-Murat	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	7
46143	Lacapelle-Marival	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	
46151	Lamothe-Cassel					10
46152	Lamothe-Fénelon	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	2
46153	Lanzac					5
46154	Laramière					10
46164	Lavercantière	01/05/1989	31/12/1990	04/12/1991	27/12/1991	2
46165	Lavergne	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	1
46036	Le Bouyssou					1
46197	Le Montat					3
46334	Le Vigan					12
46166	Lebreil	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	
46166	Lebreil	01/06/1992	31/12/1996	24/03/1997	12/04/1997	4
46169	Léobard	01/05/1989	31/12/1990	04/12/1991	27/12/1991	
46170	Leyme					2
46171	Lherm					1
46175	Lissac-et-Mouret	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	11
46178	Loupiac					2
46182	Luzech	01/05/1989	30/09/1990	29/10/2002	09/11/2002	6
46184	Marmigniac	01/05/1989	31/12/1989	04/12/1990	15/12/1990	3
46185	Martel	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	3
46186	Masclat	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	3

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

Code INSEE	Commune	Début de période	Fin de période	Arrêté	Parution au JO	Nbre de sinistres
46187	Mauroux	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	
46188	Maxou	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	1
46190	Mechmont					3
46191	Mercues					6
46192	Meyronne	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	
46193	Miers					1
46200	Montcléra	01/05/1989	31/12/1990	04/12/1991	27/12/1991	4
46201	Montcuq	01/01/1991	31/12/1996	24/03/1997	12/04/1997	29
46201	Montcuq	01/01/1997	30/06/1998	22/06/1999	14/07/1999	
46201	Montcuq	01/05/1989	31/12/1990	04/12/1991	27/12/1991	
46202	Montdumerc					1
46205	Montgesty					1
46206	Montlauzun					5
46213	Padirac					1
46215	Payrac	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	
46216	Payrignac	01/01/1991	31/05/1992	25/01/1993	07/02/1993	
46216	Payrignac	01/05/1989	31/12/1990	04/12/1991	27/12/1991	
46219	Peyrilles	01/05/1989	31/12/1990	04/12/1991	27/12/1991	
46221	Planioles	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	
46223	Pontcirq	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	3
46224	Pradines	01/05/1989	31/12/1990	04/12/1991	27/12/1991	8
46225	Prayssac					3
46231	Puy-L'Evêque					5
46229	Puybrun					1
46232	Quatre-Routes-du-Lot	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	
46234	Rampoux					1
46236	Reilhaguet	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	
46245	Sabadel-Lauzes					6
46247	Saillac					1
46250	Saint-Caprais					2
46251	Saint-Céré	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	
46252	Saint-Cernin					2
46253	Saint-Chamarand					1
46256	Saint-Cirq-Lapopie					1
46259	Saint-Clair					2
46261	Sainte-Croix	01/08/1995	30/06/1998	22/06/1999	14/07/1999	1
46262	Saint-Cyprien	01/05/1989	31/12/1991	08/09/1994	25/09/1994	6
46263	Saint-Daunès	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	10
46263	Saint-Daunès	01/06/1992	30/06/1998	22/06/1999	14/07/1999	
46264	Saint-Denis-Catus					3
46265	Saint-Denis-lès-Martel	01/05/1989	31/12/1990	04/12/1991	27/12/1991	1
46273	Saint-Laurent-les-Tours	01/03/1992	30/06/1992	30/04/2003	22/05/2003	1
46273	Saint-Laurent-les-Tours	01/05/1989	30/09/1990	30/04/2003	22/05/2003	
46274	Saint-Laurent-Lolmie	01/01/1991	31/05/1992	25/01/1993	07/02/1993	21
46274	Saint-Laurent-Lolmie	01/05/1989	31/12/1990	04/12/1991	27/12/1991	
46281	Saint-Médard-de-Presque					2
46283	Saint-Michel-de-Bannières	01/05/1989	30/09/1990	27/12/2000	29/12/2000	
46284	Saint-Michel-Loubéjou	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	
46285	Saint-Pantaléon	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	2

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

Code INSEE	Commune	Début de période	Fin de période	Arrêté	Parution au JO	Nbre de sinistres
46287	Saint-Paul-de-Loubressac					9
46286	Saint-Paul-de-Vern					1
46293	Saint-Sozy	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	
46297	Salviac	01/05/1989	31/12/1990	04/12/1991	27/12/1991	17
46298	Sarrazac					1
46299	Sauliac-sur-Célé					1
46300	Saux					7
46301	Sauzet					2
46306	Sonac	01/01/1991	31/08/1993	08/09/1994	25/09/1994	
46306	Sonac	01/05/1989	31/12/1990	04/12/1991	27/12/1991	
46307	Soturac	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	
46307	Soturac	01/06/1992	30/06/1998	22/06/1999	14/07/1999	3
46307	Soturac	01/07/2003	30/09/2003	11/01/2005	01/02/2005	
46308	Soucirac	01/05/1989	31/12/1990	04/12/1991	27/12/1991	
46313	Tauriac	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	1
46314	Terrou					3
46316	Thédirac	01/01/1991	31/05/1992	25/01/1993	07/02/1993	
46316	Thédirac	01/05/1989	31/12/1990	04/12/1991	27/12/1991	11
46324	Uzech	01/05/1989	31/12/1990	04/12/1991	27/12/1991	19
46326	Valprionde	01/07/2003	30/09/2003	30/03/2006	02/04/2006	1
46330	Vayrac	01/05/1989	31/12/1990	04/12/1991	27/12/1991	
46331	Vers	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	
46333	Vidailiac					4
46335	Villesèque					3
46334	Vigan	01/05/1989	31/12/1990	04/12/1991	27/12/1991	
46337	Mayrac	01/05/1989	31/05/1992	18/05/1993	12/06/1993	
46340	Saint-Pierre-Lafeuille	01/05/1989	31/12/1990	04/12/1991	27/12/1991	5

Annexe 4

Extrait de la liste des sinistres “sécheresse” recensés dans le cadre de cette étude

(voir liste complète sur le cdrom joint au rapport relatif à l'établissement des PPR)

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

N° de sinistre	Origine du dossier	N° INSEE commune	Commune	Date 1er désordre	Coord. X Lile	Coord. Y Lile	Nom carte IGN	n° carte IGN	n° Scan25	Nom carte géologique	N° carte géologique	Lithologie générale
46001-001	Mairie	46001	ALBAS	2003/08	511066.9	1939462.28	MONTCUQ	20390	F051_074	MONTCUQ	880	Jurassique : Kimméridgien élevé (formation de Francoués), Alternance marno-calcaire (environ 170m) ; "barre à A. caletanum" (10m)
46004-001	Mairie	46004	ANGLARS	2003/08	565823.5	1971052.19	LACAPELLE-MARIVAL	22370	F056_070	LACAPELLE-M	834	Trias. Sables kaoliniques plus ou moins grossiers
46004-002	Mairie	46004	ANGLARS	2003/08	565866.8	1971095.5	LACAPELLE-MARIVAL	22370	F056_070	LACAPELLE-M	834	Trias. Sables kaoliniques plus ou moins grossiers
46004-003	Mairie	46004	ANGLARS	2003/08	565866.8	1971057.01	LACAPELLE-MARIVAL	22370	F056_070	LACAPELLE-M	834	Trias. Sables kaoliniques plus ou moins grossiers
46004-004	Mairie	46004	ANGLARS	2003/08	565871.62	1971138.81	LACAPELLE-MARIVAL	22370	F056_070	LACAPELLE-M	834	Trias. Sables kaoliniques plus ou moins grossiers
46004-005	Mairie	46004	ANGLARS	2003/08	565948.49	1971220.49	LACAPELLE-MARIVAL	22370	F056_070	LACAPELLE-M	834	Trias. Sables kaoliniques plus ou moins grossiers
46004-006	Mairie	46004	ANGLARS	2003/08	565780.19	1971090.69	LACAPELLE-MARIVAL	22370	F056_070	LACAPELLE-M	834	Trias. Sables kaoliniques plus ou moins grossiers
46004-007	Mairie	46004	ANGLARS	2003/08	566727.66	1971797.57	LACAPELLE-MARIVAL	22370	F056_070	LACAPELLE-M	834	Formations métamorphiques ; Formation de type Limousin ; Unité de Leyme ; lithologie antémétamorphique : tufs, grauwackes, shales ; Quartzites feldspas
46004-008	Mairie	46004	ANGLARS	2003/08	566463.13	1971225.31	LACAPELLE-MARIVAL	22370	F056_070	LACAPELLE-M	834	Trias. Sables kaoliniques plus ou moins grossiers
46004-009	Mairie	46004	ANGLARS	2003/08	566164.91	1971138.81	LACAPELLE-MARIVAL	22370	F056_070	LACAPELLE-M	834	Alluvions actuelles et subactuelles
46004-010	Mairie	46004	ANGLARS	2003/08	565842.74	1971307.11	LACAPELLE-MARIVAL	22370	F056_070	LACAPELLE-M	834	Trias. Sables kaoliniques plus ou moins grossiers
46004-011	Mairie	46004	ANGLARS	2003/08	565765.76	1971052.19	LACAPELLE-MARIVAL	22370	F056_070	LACAPELLE-M	834	Trias. Sables kaoliniques plus ou moins grossiers
46004-012	Mairie	46004	ANGLARS	2003/08	565361.79	1971225.31	LACAPELLE-MARIVAL	22370	F056_070	LACAPELLE-M	834	Trias. Sables kaoliniques plus ou moins grossiers
46004-013	Mairie	46004	ANGLARS	2003/08	566915.21	1971614.83	LACAPELLE-MARIVAL	22370	F056_070	LACAPELLE-M	834	Trias. Sables kaoliniques plus ou moins grossiers
46007-001	Mairie	46007	ARCAMBAL	1989/07	537362.88	1939659.79	CAHORS	21390	F053_074	CAHORS	881	Jurassique : Kimméridgien élevé (formation de Francoués), Alternance marno-calcaire (environ 170m) ; "barre à A. caletanum" (10m)
46007-002	Mairie	46007	ARCAMBAL	1992	535751.6	1939626.23	CAHORS	21390	F053_074	CAHORS	881	Terrains Jurassiques : Kimméridgien inférieur élevé ; Calcaires bioturbés à galas mous (40 m) ; Formation de Cras
46007-003	Mairie	46007	ARCAMBAL	2003/09	535647	1940276.4	SAINT-GERY	21380	F053_073	ST-GERY	857	Alluvions actuelles de basse terrasse : galets et sables
46009-001	Mairie	46009	ASSIER	2003	563621.28	1964217.9	LACAPELLE-MARIVAL	22370	F056_071	LACAPELLE-M	834	Jurassique. Toarcien : marnes noires devenant calcaires au sommet
46009-002	Mairie	46009	ASSIER	2003	563292.82	1964010.08	LACAPELLE-MARIVAL	22370	F056_071	LACAPELLE-M	834	Aalénien supérieur et bajocien(formation d'Auvoire, membres de Calvignac et Pech-Alfamati); Sommet micrites, dolosparites, micrite fibroradiée (18-20m);
46020-001	Mairie	46020	BEAUREGARD	2003/08	556496.22	1927324.55	LIMOGNE-EN-QUERCY	2139E	F055_075	CAHORS	881	Aalénien supérieur et bajocien(formation d'Auvoire, membres de Calvignac et Pech-Alfamati); Sommet micrites, dolosparites, micrite fibroradiée (18-20m);
46020-002	Mairie	46020	BEAUREGARD	2003/08	556613.3	1927270.47	LIMOGNE-EN-QUERCY	2139E	F055_075	CAHORS	881	Aalénien supérieur et bajocien(formation d'Auvoire, membres de Calvignac et Pech-Alfamati); Sommet micrites, dolosparites, micrite fibroradiée (18-20m);
46020-003	Mairie	46020	BEAUREGARD	2003/08	557024.49	1927333.48	MARTEL	22390	F055_075	VILLEFRANCHE/R	882	Aalénien supérieur et bajocien(formation d'Auvoire, membres de Calvignac et Pech-Alfamati); Sommet micrites, dolosparites, micrite fibroradiée (18-20m);
46020-004	Mairie	46020	BEAUREGARD	2003/08	556670.36	1927399.59	LIMOGNE-EN-QUERCY	2139E	F055_075	CAHORS	881	Aalénien supérieur et bajocien(formation d'Auvoire, membres de Calvignac et Pech-Alfamati); Sommet micrites, dolosparites, micrite fibroradiée (18-20m);
46020-005	Mairie	46020	BEAUREGARD	2003/08	555830.01	1926598.19	LIMOGNE-EN-QUERCY	2139E	F055_075	CAHORS	881	Aalénien supérieur et bajocien(formation d'Auvoire, membres de Calvignac et Pech-Alfamati); Sommet micrites, dolosparites, micrite fibroradiée (18-20m);
46020-006	Mairie	46020	BEAUREGARD	2003/08	555781.89	1926577.22	LIMOGNE-EN-QUERCY	2139E	F055_075	CAHORS	881	Aalénien supérieur et bajocien(formation d'Auvoire, membres de Calvignac et Pech-Alfamati); Sommet micrites, dolosparites, micrite fibroradiée (18-20m);
46021-001	Mairie	46021	BEDUER	2003	568558.57	1952437.27	CAJARC	22380	F056_072	FIGEAC	858	Jurassique, Domérien supérieur : calcaire bioclastique et gréseux roux, Gryphées et Pectens nombreux, marnes à collites ferrugineuses

Annexe 5

**Exemple de fiche analytique de notice de carte
géologique**

Feuille 808 : SARLAT-LA-CANEDA

Secondaire :

Formations marines

Calcaire micritique et oolithique avec de rares passées marneuses sur une partie de la formation (j2_c, 100 mètres)

Calcaire micritique massif (j3, 80 mètres)

Calcaire graveleux (j4-6, 35 à 60 mètres)

Calcaires micritiques et bréchoïdes marqués par leur massivité et leur dureté (j7-8, 120 mètres)

Calcaire micritique en plaquettes (j9, 30 mètres)

Calcaire roux très dur avec des marnes verdâtres à la base : 50 cm de marnes pour 2,5 mètres de calcaires (c1-2, 3 à 12 mètres).

Calcaire crayeux bréchoïde (c3_a, 15 mètres)

Calcaire gréseux et sableux surmontés par des marnes ; la partie supérieure des marnes est à tendance dominante de montmorillonite (c3_c)

Calcaire marneux grisâtres avec silex disséminés sur toute l'épaisseur (c4_a, 15 mètres)

Calcaires gréseux et bioclastiques (c4_b, 80 mètres) (c5_a, pas d'épaisseur donnée)

Calcaire marneux dont la granulométrie descend jusqu'aux silts (donc pas marneux !) (c5_b, faible épaisseur)

Calcaire à silex et sables (c5_c, 10 mètres)

Calcaire blancs avec marnes organiques à muscovite à la base (c6, 10 mètres)

Tertiaire :

Formations sidérolithiques

Accumulations argilo-sableuses rouge, sables argileux, surmontés par des grès (e-m).

Formations lacustres

Meulière et sables (g, pas d'épaisseur donnée)

Quaternaire :

Formations fluviatiles

Alluvions à couverture superficielle de limons (Fw, 10 mètres)

Alluvions à couverture de limons très sableux (Fw, 10 mètres)

Alluvions à matrice sableuse devenant limono-argileuse en surface (Fx, 15 mètres)

Alluvions avec peu ou pas de matrice (Fy-z, pas d'épaisseur donnée)

Formations de versant

Colluvion de dépôts argileux à débris calcaire (C), remblais anthropiques d'argiles noires extraite de la mine du Dantou lors de l'exploitation des lignites(X).

Code couleur :

À priori pas d'argiles.

Argiles en très faible quantité.

Possibilité de présence d'argiles gonflantes.

Probabilité de présence d'argiles gonflantes estimée comme forte.



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

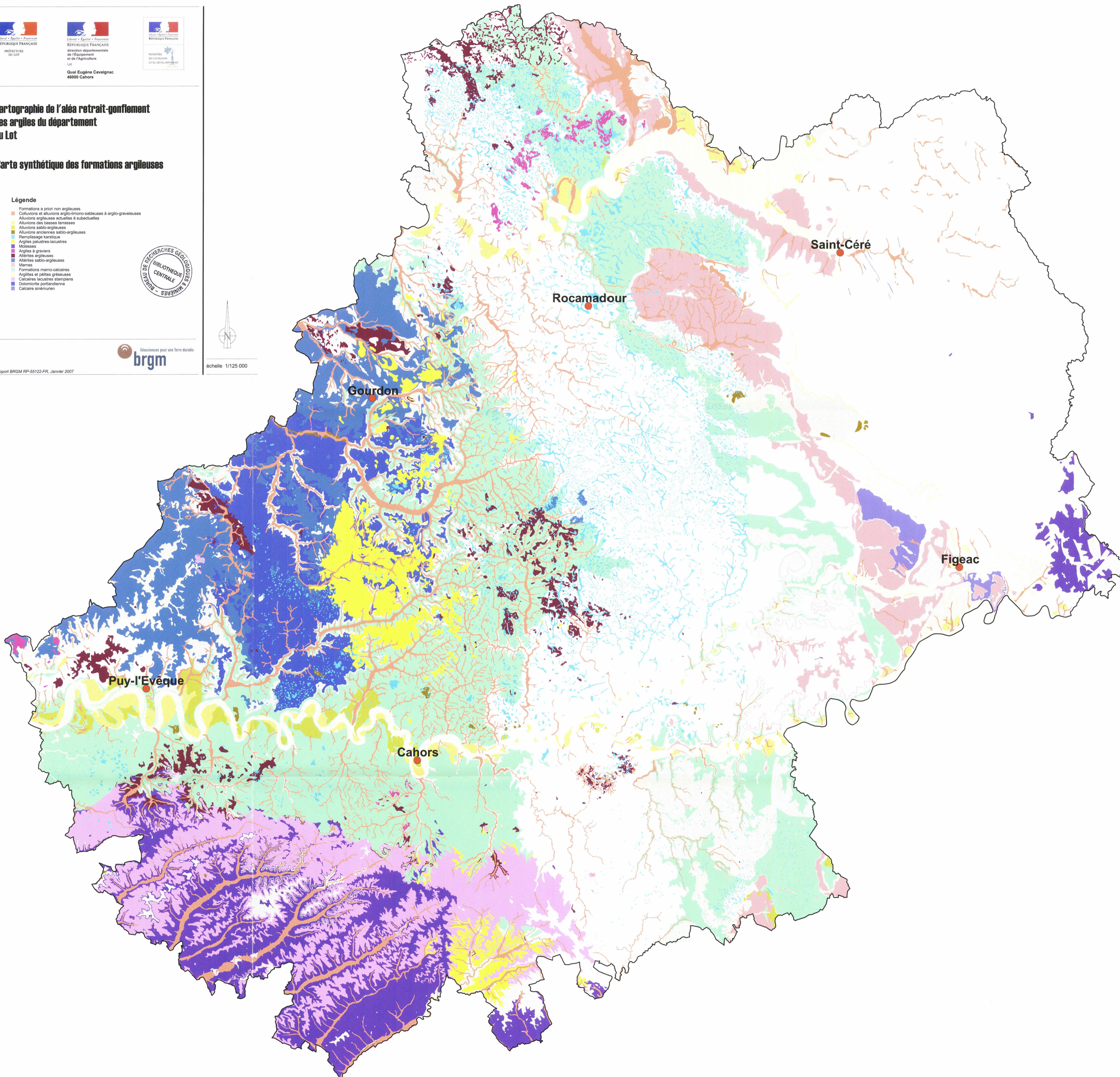
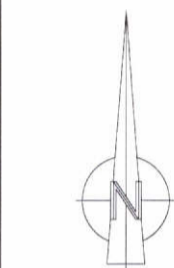
Service géologique régional Midi Pyrénées
3, rue Marie Curie, Bât. Aruba
BP 49
31527 Ramonville Saint Agne - France
Tél. : 05 62 24 14 50

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles du département du Lot

Carte synthétique des formations argileuses

Légende

- Formations à priori non argileuses
- Colluvions et alluvions argilo-limono-sablaeuses à argilo-graveleuses
- Alluvions argileuses actuelles à subactuelles
- Alluvions des basses terrasses
- Alluvions sablo-argileuses
- Alluvions anciennes sablo-argileuses
- Rempierrement karstique
- Argiles palustres-lacustres
- Molasses
- Argiles à graviers
- Ahénites argileuses
- Ahénites sablo-argileuses
- Marnes
- Formations marno-calcaires
- Argilites et pailles gréseuses
- Calcaires lacustres stériles
- Dolomites portlandiennes
- Calcaire sinémurien





Liberté - Égalité - Fraternité
REPUBLIQUE FRANÇAISE
PRÉFECTURE
DU LOT



Liberté - Égalité - Fraternité
REPUBLIQUE FRANÇAISE
direction départementale
de l'Équipement
et de l'Agriculture
Lot

Quali Eugène Cavaignac
46000 Cahors



Ministère
de l'Écologie
et du Développement
Durable

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles du département du Lot

Carte de susceptibilité

Légende

- Formations a priori non argileuses
- Susceptibilité faible
- Susceptibilité moyenne

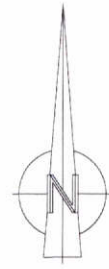


BIBLIOTHÈQUE
GÉOLOGIQUE
CENTRALE
BUREAU
NATIONAL



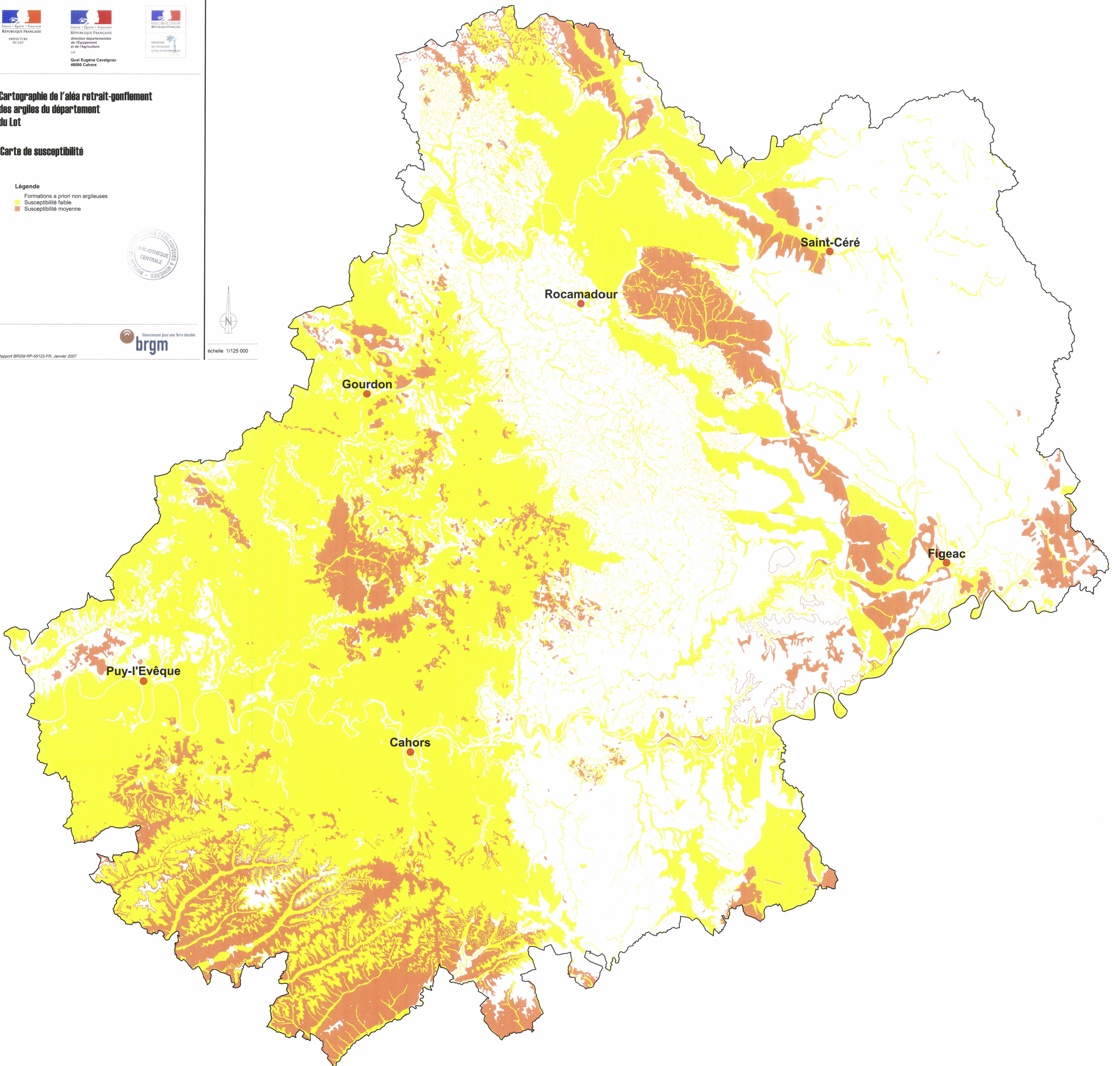
Géosciences pour une terre durable

brgm



échelle 1/125 000

Rapport BRGM RP-55122-FR, Janvier 2007





Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PREFECTURE
DU LOT



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

direction départementale
de l'Équipement
et de l'Agriculture
Lot

Qual Eugène Cavaignac
46000 Cahors



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE
DE L'ÉCOLOGIE
ET DU DÉVELOPPEMENT

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles du département du Lot

Carte de l'aléa

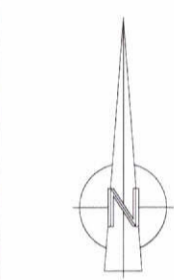
Légende

- Formations a priori non argileuses
- Aléa faible
- Aléa moyen



Géosciences pour une Terre durable

brgm



échelle 1/125 000

Rapport BRGM RP-55122-FR, Janvier 2007

