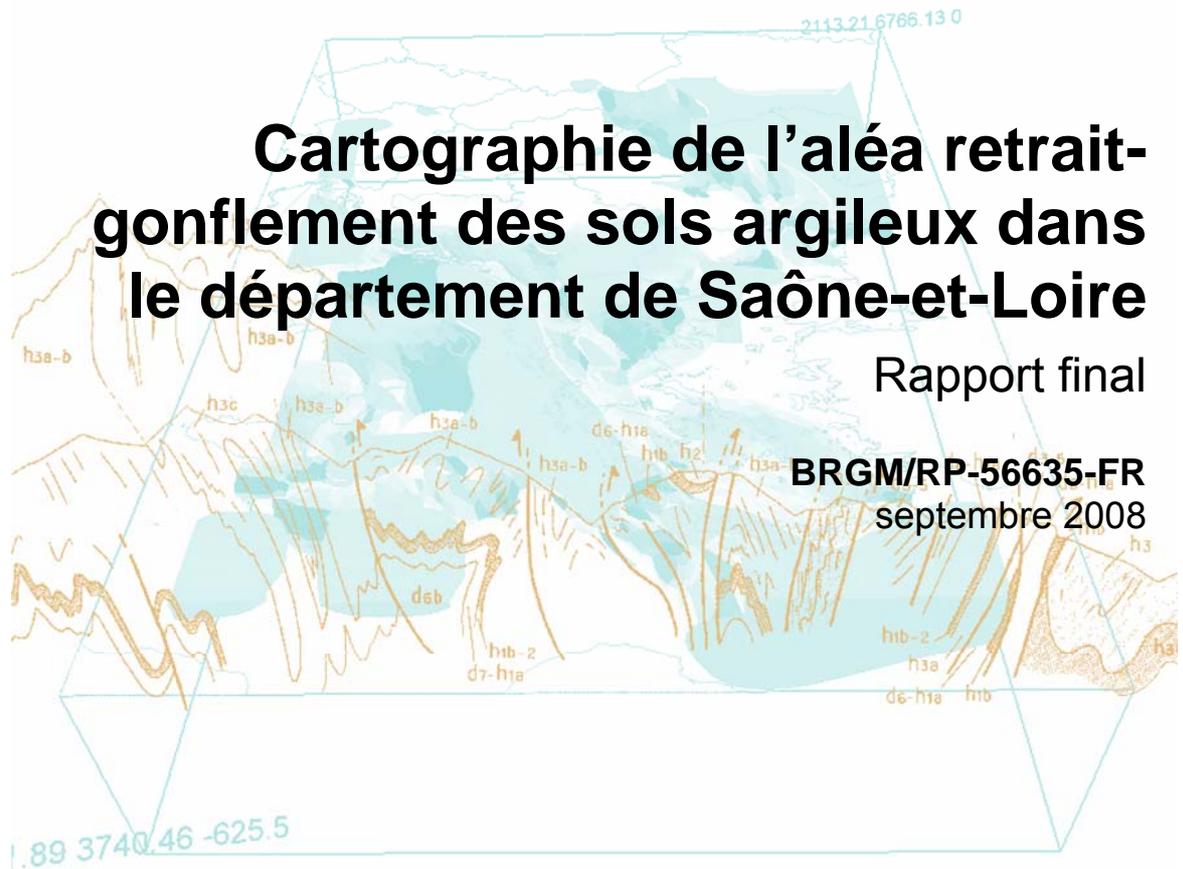




Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux dans le département de Saône-et-Loire

Rapport final

BRGM/RP-56635-FR
septembre 2008



Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux dans le département de Saône-et-Loire

Rapport final

BRGM/RP-56635-FR
septembre 2008

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 05RISD04 et 06RISD04

S. Le Roy
Avec la collaboration de
E. Plat , J. Bouchut, B.E. Odent et Y. Eglin

Vérificateur :

Nom : Vincent Marc

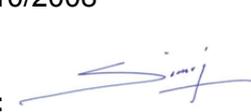
Date : 6 octobre 2008

Signature : 

Approbateur :

Nom : Siméon Yves

Date : 10/10/2008

Signature : 

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

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

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

Le Roy S. avec la collaboration de **Plat E., Bouchut J., Odent B.E. et Eglin Y.** (2008) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux dans le département de Saône-et-Loire. Rapport BRGM/RP-56635-FR, 163 p., 63 ill., 3 ann., 3 cartes h.-t.

© BRGM, 2008, 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.

La Saône-et-Loire fait partie des départements français touchés par le phénomène, puisque 1 634 sinistres imputés à la sécheresse y ont été recensés dans le cadre de la présente étude, dont 1 590 ont pu être localisés avec suffisamment de précision par rapport à l'échelle des cartes utilisées. A la date du 31 août 2008, 210 communes sur les 573 que compte le département ont été reconnues au moins une fois en état de catastrophe naturelle pour ce phénomène, pour des périodes comprises entre janvier 1996 et septembre 2003, soit un taux de sinistralité de 36,6 %. Le département de Saône-et-Loire se classe ainsi à la 24^{ème} place en termes de nombre total d'occurrences (arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle en distinguant par commune et par périodes), mais à la 5^{ème} place pour le nombre d'occurrences concernant l'été 2003. A fin 2006, le coût des sinistres dus à la sécheresse, indemnisés en France depuis 1989 au titre du régime des catastrophes naturelles, a été évalué par la Caisse Centrale de Réassurance (CCR) à plus de 4,2 milliards d'euros, dont 21,4 millions d'euros pour le département de Saône-et-Loire, ce qui en fait le 37^{ème} département touché en termes de coûts d'indemnisation versée dans ce cadre.

Afin d'établir un constat scientifique objectif et de disposer de documents de référence permettant une information préventive, le Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire (MEEDDAT) a demandé au BRGM de réaliser une cartographie de cet aléa à l'échelle de tout le département de Saône-et-Loire, 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 concernera à terme l'ensemble du territoire métropolitain, et qui couvre dès à présent l'ensemble de la région Bourgogne.

L'étude a été conduite par le service Aménagement et Risques Naturels du BRGM (unité Risques de Mouvements de Terrain), en collaboration avec son Service Géologique Régional de Bourgogne. 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 national de prévention des risques naturels majeurs, dans le cadre d'une convention de cofinancement signée avec la Préfecture de la Saône-et-Loire.

La démarche de l'étude a d'abord consisté à établir une cartographie départementale synthétique des formations à dominante argileuse ou marneuse, affleurantes à sub-affleurantes, à partir de la synthèse des cartes géologiques à l'échelle 1/50 000. Les trente-deux formations ainsi identifiées et cartographiées 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 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 à dominante argileuse ou marneuse sont caractérisées par deux niveaux d'aléa (moyen et faible). Aucune zone n'a été classée en aléa fort, par comparaison avec les cartes d'aléa établies selon la même méthodologie dans d'autres départements.

- 19,3 % de la superficie départementale est classée en aléa moyen ;
- 53 % sont caractérisés par un aléa faible ;
- 27,7 % de la surface correspond à des zones *a priori* non concernées par le phénomène.

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

Cette carte d'aléa retrait-gonflement des terrains argileux du département de Saône-et-Loire, dont l'échelle de validité est le 1/50 000, pourra servir de base à des actions d'information préventive dans les communes les plus touchées par le phénomène. Elle constitue également le préalable à 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 argileuses, 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 sinistre.

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	17
2.2. MÉTHODOLOGIE.....	19
2.2.1. Cartographie des formations argileuses ou marneuses	19
2.2.2. Caractérisation lithologique, minéralogique et géotechnique des formations.....	19
2.2.3. Examen des autres facteurs de prédisposition et de déclenchement	20
2.2.4. Carte de susceptibilité	20
2.2.5. Recensement et localisation géographique des sinistres.....	21
2.2.6. Détermination des densités de sinistres	21
2.2.7. Carte d'aléa	21
3. Présentation du département de Saône-et-Loire	23
3.1. CADRE DEPARTEMENTAL.....	23
3.1.1. Contexte géographique et morphologique	23
3.2. CONTEXTE CLIMATIQUE	25
4. Identification et cartographie des formations géologiques à composante argilo-marneuse	27
4.1. DOCUMENTS ET MÉTHODOLOGIE UTILISÉS.....	27
4.1.1. Méthode utilisée	27
4.1.2. Établissement de la carte des formations argileuses au sens large.....	29
4.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL	29
4.3. LITHOSTRATIGRAPHIE DES FORMATIONS ARGILEUSES AU SENS LARGE.....	37
4.3.1. Formations superficielles du quaternaire.....	39
4.3.2. Formations de l'Éocène – Oligocène.....	46
4.3.3. Terrain secondaire.....	52

4.3.4. Formations du socle.....	67
4.4. REMARQUES SUR LES FORMATIONS NON ARGILEUSES.....	70
4.5. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE : LES DIFFÉRENTES MASSES D'EAU SOUTERRAINES DE SAONE-ET-LOIRE.....	71
5. Caractérisations lithologique, minéralogique et géotechnique des formations retenues	73
5.1. CRITÈRES DE HIÉRARCHISATION	73
5.1.1. Critères retenus.....	73
5.1.2. Méthode de classification.....	73
5.2. CRITÈRE LITHOLOGIQUE.....	74
5.2.1. Définition du critère lithologique et barème.....	74
5.2.2. Caractérisation lithologique.....	75
5.3. CRITÈRE MINÉRALOGIQUE	76
5.3.1. Définition du critère minéralogique et barème	76
5.3.2. Caractérisation minéralogique	76
5.4. CRITÈRE GÉOTECHNIQUE	87
5.4.1. Définition du critère géotechnique et barème	87
5.4.2. Teneur en eau (Wn).....	88
5.4.3. Indice de plasticité (Ip)	88
5.4.4. Essais au bleu de méthylène (Vb)	89
5.4.5. Retrait linéaire (Rl)	89
5.4.6. Coefficient de gonflement (Cg)	90
5.4.7. Caractérisation géotechnique	91
6. Élaboration de la carte de susceptibilité.....	93
6.1. DÉTERMINATION DU DEGRÉ DE SUSCEPTIBILITÉ.....	93
6.2. SYNTHÈSE	94
6.3. CARTE DE SUSCEPTIBILITÉ	94
7. Analyse de la sinistralité	97
7.1. PROCÉDURE DE DEMANDE DE RECONNAISSANCE DE L'ÉTAT DE CATASTROPHE NATURELLE	97
7.2. IDENTIFICATION DES COMMUNES SINISTRÉES.....	98
7.2.1. Localisation des communes sinistrées.....	98

7.2.2. Analyse des périodes de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle.....	100
7.3. COLLECTE DES DONNÉES DE SINISTRES.....	101
7.4. FRÉQUENCE D'OCCURRENCE RAPPORTÉE A LA SURFACE URBANISÉE	105
7.4.1. Détermination de la densité d'urbanisation par formation	105
7.4.2. Détermination du critère densité de sinistres	107
8. Carte d'aléa	111
8.1. DÉTERMINATION DU NIVEAU D'ALÉA.....	111
8.2. CARTE D'ALÉA	114
9. Conclusion	119
10. Bibliographie.....	121

Liste des illustrations

Illustration 1 – Schématisation de la dessiccation des sols argileux en période sèche	13
Illustration 2 – Géographie générale du département de Saône-et-Loire (d'après données IGN).....	23
Illustration 3 - Carte géomorphologique du département de Saône-et-Loire	24
Illustration 4 – Caractéristiques climatiques de la station de Charnay-lès-Mâcon (données Météo France).....	25
Illustration 5 – Assemblage des cartes géologiques à 1/50 000 couvrant la Saône-et-Loire	28
Illustration 6 – Extrait de la carte géologique de la France à 1/1 000 000 sur le département de Saône-et-Loire	30
Illustration 7 – Carte départementale synthétique des formations argilo-marneuses.....	38
Illustration 8 – Répartition départementale des Remblais	39
Illustration 9 – Répartition départementale des Colluvions en terrain sédimentaire.....	40
Illustration 10 – Répartition départementale des Colluvions en zone de socle	41
Illustration 11 – Répartition départementale des Alluvions récentes à actuelles et cône de déjection.....	42
Illustration 12 – Répartition départementale de la Formation fluvio-lacustre de la rive gauche de la Saône	43

Illustration 13 – Répartition départementale des Alluvions anciennes à subactuelles et de la Formation fluvio-lacustre de Saint-Cosmes.....	44
Illustration 14 – Répartition départementale des Limons des plateaux.....	45
Illustration 15 – Répartition départementale de la Formation d'altération argilo-sableuse	46
Illustration 16 – Répartition départementale des Sables et argiles du Bourbonnais.....	47
Illustration 17 – Répartition départementale du Complexe des marnes de Bresse	48
Illustration 18 – Répartition départementale des Sables et argiles de Bresse.....	49
Illustration 19 – Répartition départementale des Sables argileux, marnes et argiles vertes de l'Éocène	50
Illustration 20 – Répartition départementale des Argiles à silex et argiles résiduelles d'altération à chailles de l'Oligocène-Miocène	51
Illustration 21 – Répartition départementale des Marno-calcaires de l'Oligocène-Miocène	52
Illustration 22 – Répartition départementale des Sables verts glauconieux de l'Aptien-Albien.....	53
Illustration 23 – Répartition départementale des Marnes et calcaires argileux du Valanginien	54
Illustration 24 – Répartition départementale des Calcaires argileux de l'Oxfordien supérieur et du Kimméridgien inférieur.....	55
Illustration 25 – Répartition départementale des Marnes et calcaires marneux du Bathonien supérieur à l'Oxfordien	56
Illustration 26 – Répartition départementale des Marnes à pholadomies du Bathonien supérieur.....	57
Illustration 27 – Répartition départementale des Marno-calcaires du Bajocien supérieur – Bathonien inférieur.....	58
Illustration 28 – Répartition départementale des Calcaires et calcaires argileux à bancs marneux du Bajocien supérieur et du Bathonien	59
Illustration 29 – Répartition départementale des Calcaires à entroques de l'Aalénien.....	60
Illustration 30 – Répartition départementale des Marnes, argiles et « schistes carton » du Toarcien.....	61
Illustration 31 – Répartition départementale des Marnes micacées et calcaire à gryphées géantes du Domérien	62
Illustration 32 – Répartition départementale des Calcaires marneux à oolithes ferrugineuses et à bélemnites du Carixien	63
Illustration 33 – Répartition départementale des Calcaires marneux et calcaires à Gryphées du Sinémurien.....	64
Illustration 34 – Répartition départementale des Argiles et grès blonds du Rhétien-Hettangien	65
Illustration 35 – Répartition départementale des Argiles versicolores et marnes bariolées du Trias	66
Illustration 36 – Répartition départementale des Grès argileux du Trias	67

Illustration 37 – Répartition départementale des Grès et argiles rouges du Saxonien.....	68
Illustration 38 – Répartition départementale de la Formation sablo-argileuse dérivant du Saxonien	69
Illustration 39 – Répartition départementale des Argilites, grès argileux et schistes bitumineux du Stéphano-Permien.....	70
Illustration 40 – Hiérarchisation de la susceptibilité en fonction de la nature argileuse de la formation	74
Illustration 41 – Note lithologique des formations argileuses retenues	75
Illustration 42 – Hiérarchisation des formations en fonction du pourcentage de minéraux gonflants.....	76
Illustration 43 – Données et notes minéralogiques des formations argileuses retenues.....	86
Illustration 44 – Barème d'évaluation de la susceptibilité au retrait-gonflement en fonction de l'indice de plasticité de la formation.....	89
Illustration 45 – Barème d'évaluation de la susceptibilité au retrait-gonflement en fonction de la valeur au bleu de méthylène de la formation	89
Illustration 46 – Barème d'évaluation de la susceptibilité au retrait-gonflement en fonction du retrait linéaire de la formation.....	90
Illustration 47 – Barème d'évaluation de la susceptibilité au retrait-gonflement en fonction du coefficient de gonflement de la formation	90
Illustration 48 – Synthèse des données géotechniques recueillies	92
Illustration 49 – Barème d'attribution d'un niveau de susceptibilité d'une formation argileuse.....	93
Illustration 50 - Susceptibilité des formations argileuses retenues	93
Illustration 51 – Superficie des formations par niveau de susceptibilité	94
Illustration 52 - Carte de susceptibilité au retrait-gonflement dans le département de Saône-et-Loire	95
Illustration 53 - Arrêtés interministériels et occurrences	99
Illustration 54 - Communes concernées par des arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle sécheresse et nombre de sinistres recensés et localisés.....	100
Illustration 55 – Répartition géographique des sinistres localisés.....	104
Illustration 56 – Carte des zones urbanisées sur le département de Saône-et-Loire.....	106
Illustration 57 – Nombre de sinistres et taux d'urbanisation par formation.....	107
Illustration 58 – Sinistralité et notes de densité de sinistres	109
Illustration 59 – Niveau d'aléa des formations	112
Illustration 60 - Classement des formations en fonction de leur niveau d'aléa.....	113
Illustration 61 – Répartition des superficies par niveau d'aléa.....	113
Illustration 62 – Carte départementale de l'aléa retrait-gonflement de Saône-et-Loire.....	115
Illustration 63 – Juxtaposition des cartes d'aléa limitrophes à la Saône-et-Loire.....	117

Liste des annexes

Annexe 1 - Rappels sur le mécanisme de retrait-gonflement des argiles.....	129
Annexe 2 - Sinistres localisés et communes reconnues en état de catastrophe naturelle.....	133
Annexe 3 - Liste et coordonnées des bureaux d'étude ayant fourni des données géotechniques.....	163

Liste des cartes hors-textes (échelle 1/150 000)

- Carte 1 – Carte départementale synthétique des formations argileuses et marneuses.
- Carte 2 – Carte départementale de susceptibilité au retrait-gonflement des sols argileux.
- Carte 3 – Carte départementale d'aléa retrait-gonflement des argiles.

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), environ 7 700 communes françaises, réparties dans 90 départements, ont été reconnues au moins une fois en état de catastrophe naturelle à ce titre. A fin 2006, le coût des sinistres dus à la sécheresse, indemnisés en France depuis 1989 au seul titre du régime des catastrophes naturelles, a été évalué par la Caisse Centrale de Réassurance (CCR) à plus de 4,2 milliards d'euros, ce qui en fait la deuxième cause d'indemnisation derrière les inondations.

La région Bourgogne, bien qu'initialement relativement épargnée par ce phénomène, a connu au cours de l'été 2003 une recrudescence de sinistres, en particulier en ce qui concerne la Saône-et-Loire et la Côte d'Or. Le département de Saône-et-Loire, d'une superficie de 8 613 km² compte environ 545 000 habitants. A fin août 2008, 210 des 573 communes y ont été reconnues au moins une fois en état de catastrophe naturelle sécheresse, soit un taux de sinistralité de 36,6 %.

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, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire 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 à l'État (pour l'établissement ultérieur de Plans de Prévention des Risques prenant en compte l'aléa retrait-gonflement), aux communes, aux particuliers et surtout aux maîtres d'ouvrages et maîtres d'œuvre 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 Aménagement et Risques Naturels du BRGM (unité Risques de Mouvements de Terrain), en collaboration avec le Service Géologique Régional de Bourgogne. 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 Préfecture de Saône-et-Loire le 17 octobre 2005 et ayant fait l'objet de deux avenants successifs en date du 23 octobre 2006 et du 21 décembre 2007.

Cette étude s'intègre dans un programme national de cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux qui doit concerner à terme l'ensemble du territoire métropolitain.

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.

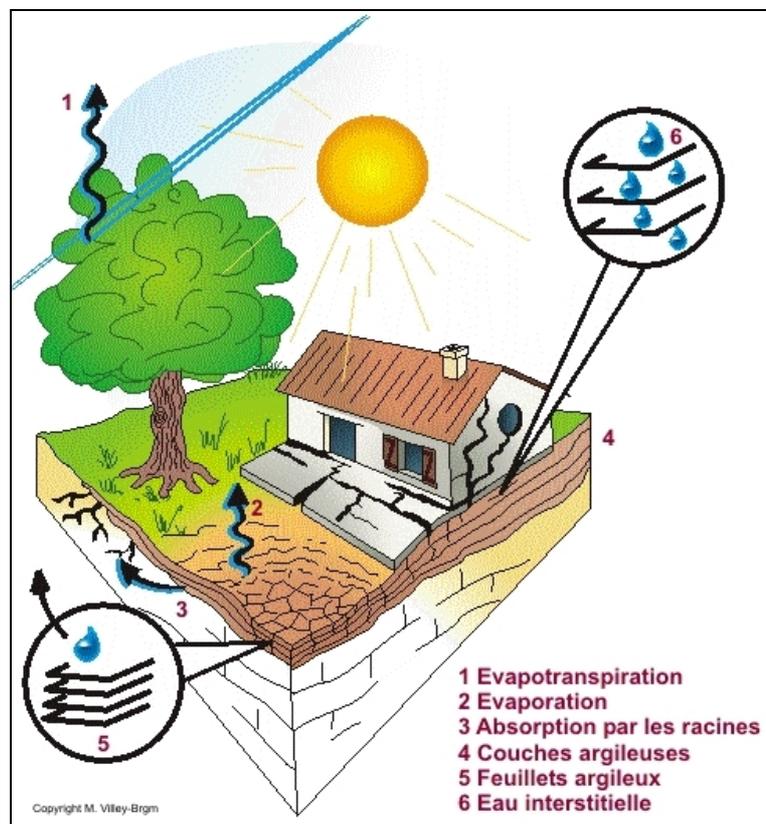


Illustration 1 – Schématisation de la dessiccation des sols argileux en période sèche

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 déclenchants 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 argilo-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. En effet, de telles cartes ne prennent pas toujours en compte les éventuelles transformations locales du sol (principalement sous l'effet de l'altération de la roche), et les différents faciès des formations les plus superficielles ne sont pas toujours cartographiés avec précision.

En particulier, dans le département de Saône-et-Loire, certaines formations principalement calcaires sont susceptibles de s'altérer localement sous l'effet de phénomènes de karstification qui peuvent se traduire par la présence en surface de poches argileuses généralement non identifiées sur les cartes géologiques, mais dont la seule présence suffit à expliquer certains sinistres ponctuels.

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).

La géométrie de la formation argileuse influe aussi 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 de décalcification sujettes au 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 voire une fois et demie 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 (de 40 à 80 cm).

L'examen de dossiers d'expertises réalisées dans le département de la Saône-et-Loire 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. Cependant, l'examen des dossiers de sinistres montre que des constructions fondées sur semelles ancrées à plus de 0,80 m d'épaisseur ont aussi été affectées par le phénomène, en particulier lorsque des arbres sont plantés trop près des bâtiments. 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. Ainsi, il convient de signaler que des fuites de canalisations enterrées, souvent consécutives à un défaut de conception et/ou de réalisation, notamment au niveau du raccordement avec le bâti, constituent une source fréquente de sinistres. Une étude statistique récente (Vincent et al., 2006), conduite par le CEBTP-Solen à partir d'un échantillon de 994 maisons sinistrées a ainsi montré que ce facteur pouvait être mis en cause dans près d'un tiers des cas étudiés.

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. MÉTHODOLOGIE

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 (Chassagneux *et al.*, 1995 ; Chassagneux *et al.*, 1996) et des Deux-Sèvres (Vincent *et al.*, 1998), puis dans l'Essonne (Prian *et al.*, 2000) et en Seine-Saint-Denis (Donsimoni *et al.*, 2001). Elle a été validée par le Ministère en charge de l'environnement et est désormais appliquée dans le cadre d'un programme qui concernera a terme l'ensemble du territoire métropolitain, ce qui permettra d'obtenir des résultats homogènes au niveau national. Les départements voisins de la Nièvre, de la Côte d'Or et de l'Allier ont déjà fait l'objet d'une telle étude (Rocher *et al.*, 2004 : rapport en cours de publication ; Odent *et al.*, 2007, Le Roy *et al.*, 2007), alors que la cartographie de l'aléa dans les départements du Rhône, de l'Ain et du Jura est actuellement en cours, suivant la même méthodologie.

2.2.1. Cartographie des formations argileuses ou marneuses

La cartographie des formations argileuses et marneuses du département a été réalisée à partir des cartes géologiques 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 1/50 000 (qui correspond donc à l'échelle de validité de la donnée brute), numérisée, puis synthétisée et présentée hors texte à l'échelle 1/150 000.

La première étape a consisté à cartographier toutes les formations argileuses ou 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. 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 départementale synthétique des formations argileuses au sens large.

2.2.2. Caractérisation lithologique, minéralogique et géotechnique des formations

L'étude des formations argileuses retenues 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, complétée par une revue bibliographique, a permis de définir les caractéristiques minéralogiques des formations retenues, et en particulier de répertorier la présence et la proportion des minéraux gonflants (smectites, interstratifiés...) dans la fraction argileuse.

La caractérisation du comportement géotechnique des formations argileuses du département a été essentiellement établie sur la base du dépouillement et de la synthèse de résultats d'analyses effectuées par le Laboratoire Régional de l'Équipement (LRPC) d'Autun, et de nombreux rapports d'expertise de sinistres réalisés par différents bureaux d'études.

Pour des formations géologiques qui s'étendent au delà du département et pour lesquelles les données sont rares, nous avons repris les caractéristiques recueillies lors de l'établissement de la carte d'aléa des départements voisins.

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 non plus comme un élément discriminant à l'échelle du département. 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. C'est pourquoi, ce critère n'a pas non plus été retenu dans l'élaboration de la carte départementale de l'aléa.

Enfin, le facteur géomorphologique n'a pas été non plus 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 lithologiques 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'établir 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 sécheresse a été effectué auprès de l'ensemble des communes du département. Ces données ont été complétées par les dossiers conservés par la Caisse Centrale de Réassurance et par certains bureaux d'études qui ont accepté que leurs archives soient exploitées à cet effet. Après élimination des doublons (sinistres récurrents sur un même site ou données identiques issues de sources différentes), ce sont 1 590 sites de sinistres qui ont été localisés sur cartes topographiques de l'IGN à l'échelle 1/25 000. Ils sont répartis dans 217 communes (dont 144 ayant fait l'objet d'une reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle) et l'échantillon peut donc être considéré comme représentatif de l'occurrence spatiale du phénomène dans le département de Saône-et-Loire.

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, il est apparu nécessaire, conformément à la méthodologie adoptée au niveau national, de pondérer ces densités de sinistres par le taux d'urbanisation de chacune des formations géologiques. Ce taux a été calculé après numérisation du contour des zones urbanisées du département (à partir des cartes topographiques de l'IGN à l'échelle 1/25 000).

Ainsi, une hiérarchisation des formations géologiques argileuses et marneuses a été réalisée en fonction du taux de sinistralité 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 ou marneuses : le niveau d'aléa vis à vis du phénomène de retrait-gonflement a été défini en croisant, pour chaque formation, la note de susceptibilité et la densité de sinistres ramenée à 100 km² de formation urbanisée, en donnant toutefois un poids deux fois plus important à la susceptibilité. La carte obtenue est numérisée et son échelle de validité est le 1/50 000.

3. Présentation du département de Saône-et-Loire

3.1. CADRE DEPARTEMENTAL

3.1.1. Contexte géographique et morphologique

Avec une superficie de 8 613 km², la Saône-et-Loire se place au 7^{ème} rang des départements français. Le département comptait 544 893 habitants au recensement de 1999 (soit une densité de plus de 63 habitants/km²). Le chef-lieu du département est Mâcon et les cinq chefs-lieux d'arrondissement sont Autun, Chalon-sur-Saône, Charolles, Louhans et Mâcon. La Saône-et-Loire est composée de 573 communes, réparties en 57 cantons.

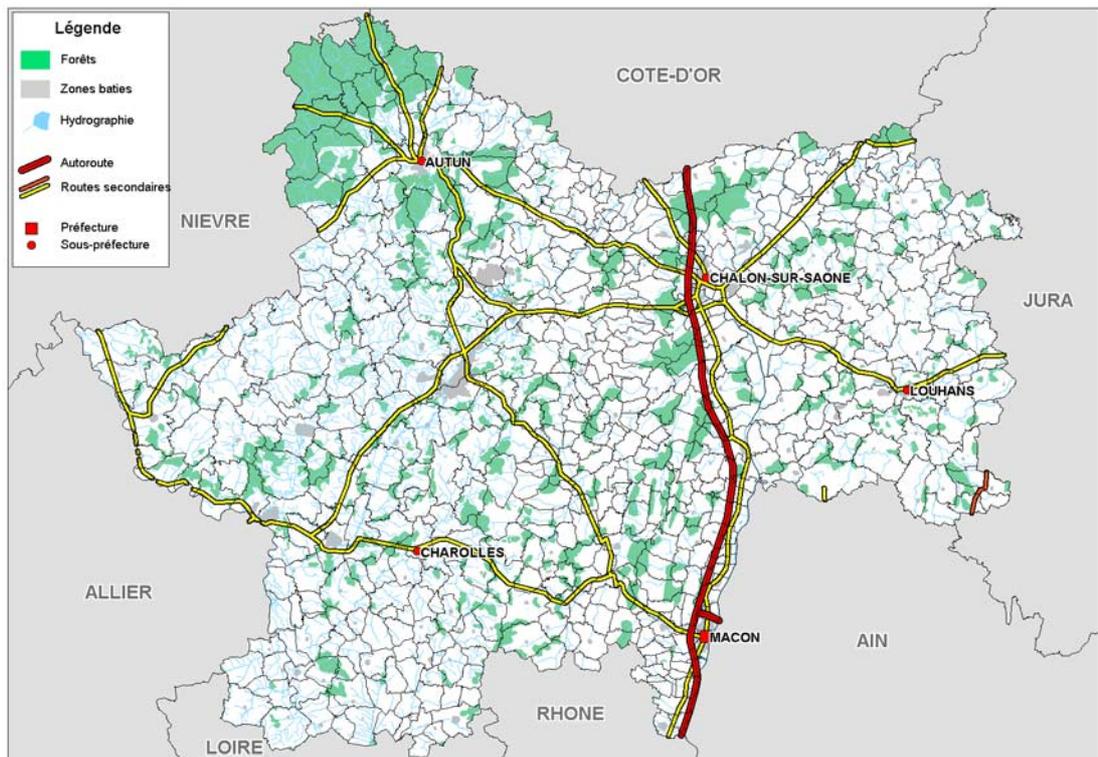


Illustration 2 – Géographie générale du département de Saône-et-Loire (d'après données IGN)

Elle se situe au sud de la région Bourgogne et est entourée des départements de la Loire, du Rhône, de l'Ain (région Rhône-Alpes), du Jura (région Franche-Comté), de la Côte d'Or, de la Nièvre (région Bourgogne) et de l'Allier (région Auvergne).

Les sommets du Morvan dominent la dépression d'Autun. Au sud-est de l'Autunois, le bassin houiller de Blanzay-Montceau-Le Creusot occupe une longue dépression.

Les plus hauts reliefs sont situés dans le Morvan : le Haut-Folin (901 m) situé au sud du Parc Naturel du Morvan est le point culminant de la Bourgogne, suivi par le Brûlé (882 m), le Mont Beuvray (821 m) à l'est de Saint-Léger-sous-Beuvray. On trouve également le Mont Saint-Vincent (603 m) à l'est de Montceau-les-Mines et le Signal de la Mère Boëtier (758 m) au sein des monts du Mâconnais à l'ouest de Mâcon. Vers le sud s'élèvent les hauteurs du Charolais avec pour point culminant à 756 m, la Montagne de Saint-Cyr.

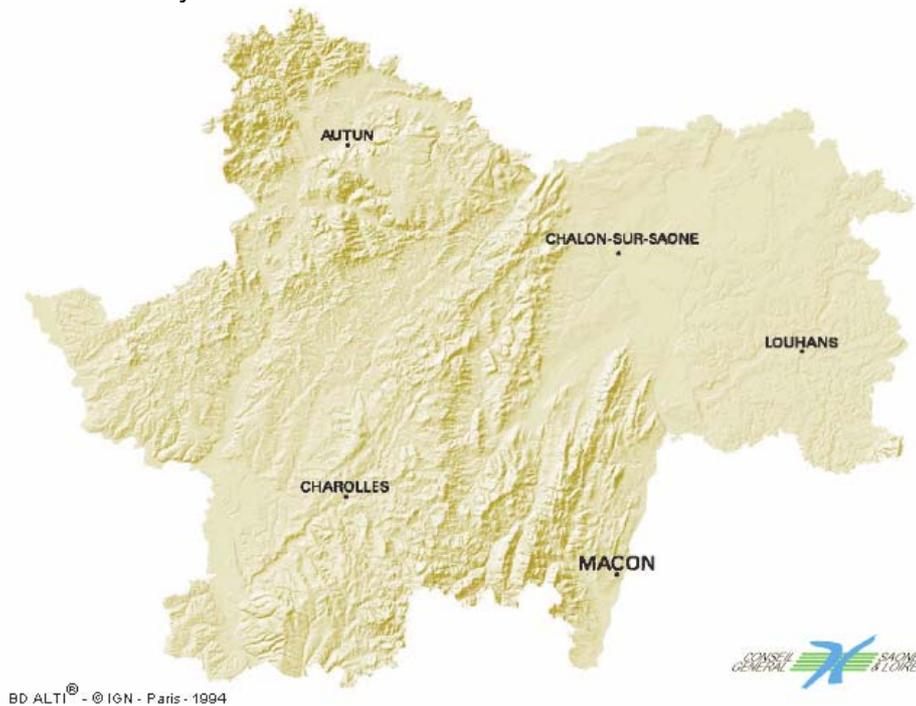


Illustration 3 - Carte géomorphologique du département de Saône-et-Loire

Pour ce qui concerne le réseau hydrographique, le département de Saône-et-Loire est drainé par de nombreux cours d'eau :

- ◆ Dans la Bresse Bourguignonne, on retrouve aux contreforts du Jura, le Doubs au NW et la Saône qui traverse le département du nord au sud. On y retrouve également au sud, le Seille.
- ◆ Au sud-ouest de la Saône-et-Loire, de nombreuses rivières telles que l'Arroux, l'Arconce, le Bourbince et l'Oudrache sinuent à travers le Charollais-Brionnais avant de rejoindre le vaste lit de la Loire.
- ◆ Le canal du Centre traverse d'ouest en est le département.

Le département de Saône-et-Loire est divisé, du nord au sud, en deux parties sensiblement égales par la ligne de partage des eaux entre le bassin de la Loire (vers l'Atlantique) à l'ouest et le bassin de la Saône (vers la Méditerranée) à l'est.

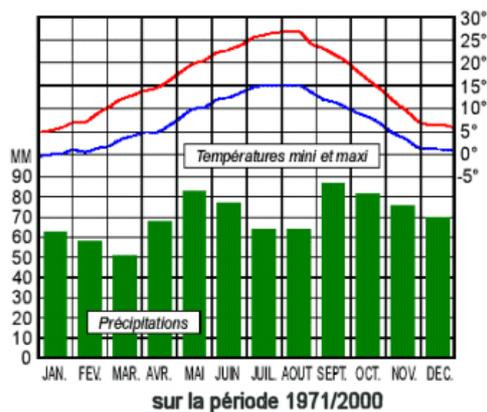
3.2. CONTEXTE CLIMATIQUE

Le département de Saône-et-Loire constitue une intersection entre plusieurs climats : alors que les reliefs et l'ouest du département sont essentiellement soumis à un climat océanique, les plaines et les plateaux connaissent un climat plus proche du climat continental, avec des étés particulièrement chauds et orageux. Enfin, le Val-de-Saône subit quant à lui des influences méridionales, se traduisant par un important ensoleillement favorable à la culture viticole.

LE CLIMAT DE LA SAÔNE-ET-LOIRE



Normales de températures et de précipitations à Charnay-lès-Mâcon



Quelques records depuis 1943 à Charnay-lès-Mâcon

Température la plus basse	-21,4 °C
Jour le plus froid	15/02/1956
Année la plus froide	1956
Température la plus élevée	39,2 °C
Jour le plus chaud	29/07/1947
Année la plus chaude	1994
Hauteur maximale de pluie en 24h	98 mm
Jour le plus pluvieux	30/09/1958
Année la plus sèche	1953
Année la plus pluvieuse	1951

Illustration 4 – Caractéristiques climatiques de la station de Charnay-lès-Mâcon (données Météo France)

En ce qui concerne l'année 2003, qui a donné lieu à un très grand nombre de sinistres dans le département, la sécheresse a débuté dès le mois de février avec un léger déficit pluviométrique et une insolation bien supérieure à la normale, malgré des températures en retrait. Dès le mois de mars, les températures deviennent sensiblement supérieures aux normales saisonnières, avec des températures pouvant dépasser de 3,5 °C les températures normales, et les précipitations restent sensiblement déficitaires. Cette sécheresse se poursuit aux mois d'avril et mai, et s'accroît dès le mois de juin avec des précipitations bien inférieures à la moyenne et des températures pouvant dépasser les normales saisonnières de 7 °C. A Mâcon, depuis 1950, ce premier semestre constitue le deuxième début d'année le plus sec derrière 1976, le début d'année le plus chaud et le troisième début d'année le plus ensoleillé derrière 1976 et 1959. Les quelques orages survenus en juillet ne suffisent pas à atteindre les normales pour ce mois, et les totaux pluviométriques depuis le début de l'année n'atteignent que 50 à 75 % des normales pour le département, les régions les moins arrosées correspondant à la vallée de l'Arroux, l'Autunois, le sud et le nord du Val-de-Loire, la Côte chalonnaise et le Chalonnais. La sécheresse s'amplifie encore au mois d'août, où, malgré quelques orages, les précipitations restent bien

inférieures aux normales, et l'ensoleillement exceptionnel s'accompagne de températures record (températures maximales, minimales, valeurs dépassant 40 °C...). A Mâcon, Il s'agit de l'été le plus chaud depuis plus de 61 ans, avec une température moyenne de 24,4 °C. Les précipitations, quant à elles, atteignent 153 mm d'eau, soit 70 % de la normale estivale. La sécheresse se poursuit encore au mois de septembre où les précipitations restent sensiblement déficitaires, en particulier dans le Mâconnais, le Chalonnais et la Bresse chalonnaise. Les températures restent supérieures aux normales jusqu'en octobre, mois où les précipitations redeviennent également excédentaires.

Finalement, l'année 2003 a constitué, à Mâcon, l'année la plus chaude depuis 1944 avec une température moyenne annuelle de 13 °C, une année particulièrement sèche (686 mm de cumul de précipitations, soit le 10^{ème} rang par rapport aux 60 années précédentes) et très ensoleillée.

4. Identification et cartographie des formations géologiques à composante argilo-marneuse

4.1. DOCUMENTS ET MÉTHODOLOGIE UTILISÉS

4.1.1. Méthode utilisée

L'objectif est de disposer d'une carte des formations géologiques à dominante argilo-marneuse du département de Saône-et-Loire, afin d'identifier les zones sensibles au retrait-gonflement.

La première étape a consisté à cartographier toutes les formations argilo-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. Des regroupements ont été réalisés dans une seconde étape, en considérant que des natures lithologiques voisines laissent supposer des comportements semblables vis à vis du phénomène de retrait-gonflement. Cela a permis d'aboutir à la carte départementale synthétique des formations argileuses au sens large.

Cette cartographie a été réalisée à partir des cartes géologiques du BRGM à l'échelle 1/50 000, qui constituent la partie prépondérante des données de base prises en compte pour la réalisation de cette synthèse cartographique, et la carte départementale géologique harmonisée du département de Saône-et-Loire. Les cartes à 1/50 000, réalisées pour un grand nombre d'entre elles dans les années quatre-vingt, avec une représentation répondant aux objectifs de l'époque, peuvent présenter localement des lacunes en ce qui concerne notamment les formations superficielles, et leur fiabilité ponctuelle est souvent limitée. Ces cartes ont été partiellement complétées par la consultation de la Banque des données du Sous-Sol (BSS) du Service Géologique Régional ainsi que d'études effectuées dans le cadre de diagnostics de sinistres retrait-gonflement ou de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle, mais toutes les données disponibles n'ont pu être intégrées en raison de leur nombre très élevé. Cette cartographie a été réalisée à l'échelle 1/50 000 (qui correspond donc à l'échelle de validité de la donnée brute), numérisée, puis synthétisée.

L'assemblage (Illustration 5) des cartes géologiques couvrant le département comporte tout ou partie des 29 coupures suivantes : Lucenay-l'Évêque (524), Epinac-les-Mines (525), Beaune (526), Seurre (527), Autun (551), Le Creusot (552), Chagny (553), Pierre-de-Bresse (554), Poligny (555), Bourbon-Lancy (576), Toulon-sur-Arroux (577), Montceau-les-Mines (578), Chalon-sur-Saône (579), Louhans (580), Lons-le-Saulnier (581), Dompierre-sur-Besbre (599), Paray-le-Monial (600), Saint-Bonnet-de-Joux (601), Tournus (602), Montpont-en-Bresse (603), Orgelet-et-le-Bourget (604), Le Donjon (622), Charolles (623), Cluny (624), Mâcon (625), Lapalisse (647), Charlieu (648), Beaujeu (649) et Belleville (650). Les références de ces cartes sont présentées en fin de bibliographie. On peut noter en particulier que les feuilles 622 (Le Donjon) et 647 (Lapalisse) ne sont pas encore publiées, mais qu'il a néanmoins été possible d'utiliser des maquettes provisoires de ces cartes.

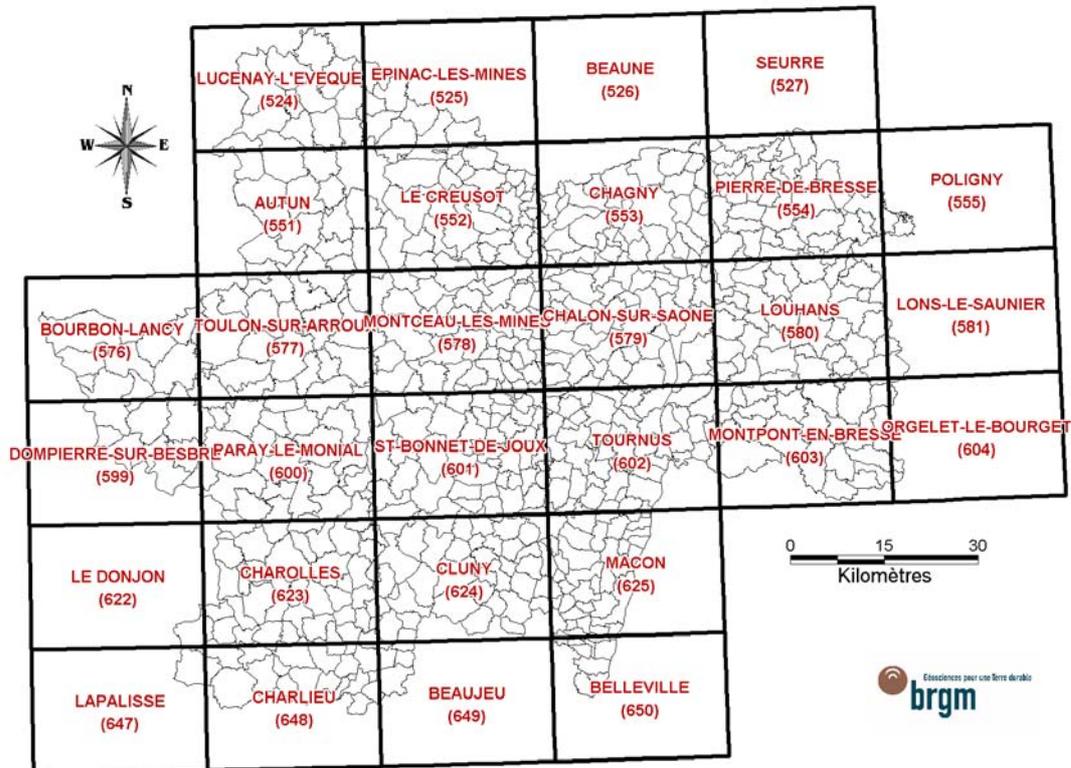


Illustration 5 – Assemblage des cartes géologiques à 1/50 000 couvrant la Saône-et-Loire

A partir de ces cartes géologiques à 1/50 000, nous avons identifié les formations argileuses et marneuses ainsi que toute formation pouvant renfermer des intercalations ou des lentilles argileuses ou marneuses significatives.

Cette carte a pu être ponctuellement modifiée à partir de l'analyse des notices des cartes géologiques précitées ou sur la base de la carte pédologique du département au 1/250 000 (Laroche, 2005). Les grands ensembles distingués sur la carte pédologique sont en général cohérents avec ceux des cartes géologiques, mais il convient toutefois de noter que les cartes pédologiques ne représentent souvent que des horizons trop superficiels du sol (en général le premier mètre), le phénomène de retrait-gonflement des argiles affectant des horizons pouvant atteindre trois mètres de profondeur. C'est pourquoi la méthodologie retenue à l'échelle nationale privilégie comme donnée de base les cartes géologiques au 1/50 000, en général plus représentatives des phénomènes pouvant affecter des fondations de constructions.

Une carte de ces différentes formations a été établie en homogénéisant et raccordant entre elles les 29 coupures géologiques à l'échelle 1/50 000. Elle servira de support à l'élaboration de la carte finale de l'aléa retrait-gonflement.

4.1.2. Établissement de la carte des formations argileuses au sens large

Dans certains cas, les argiles ou marnes constituent la majeure partie de la formation retenue. C'est par exemple le cas des *Marnes à pholadomies du Bathonien supérieur* qui présentent un faciès marneux sur l'essentiel de leur épaisseur. Mais, dans la grande majorité des cas, les formations géologiques argileuses ou marneuses du département de Saône-et-Loire sont très hétérogènes. Il peut s'agir :

- soit de formations intrinsèquement hétérogènes, qui sont constituées d'un mélange de différents matériaux dont des argiles ou des marnes, mais également des éléments plus grossiers (limons, sables, graves...). L'argile est soit mélangée avec les autres constituants, soit présente sous forme de niveaux individualisés, séparés les uns des autres par des interlits non argileux, répartis selon une séquence complexe et qui peut présenter des variations spatiales. Dans ces conditions, il n'est pas possible, à l'échelle départementale, de distinguer précisément les zones contenant de l'argile de celles où elle est totalement absente, et l'ensemble de ces formations par nature hétérogènes a été considéré comme argileux ;
- soit de formations à la base très peu argileuses, mais qui, du fait de leur altération, présentent en de nombreux secteurs des faciès argileux, notamment dans les premiers mètres de sol. Aussi, il a été décidé en général de considérer l'ensemble de ces formations comme argileuses, d'autant plus qu'elles ont en général occasionné un nombre de sinistres non négligeable.

L'hétérogénéité de ces formations est bien sûr prise en considération lors de la caractérisation de leur susceptibilité vis à vis du retrait-gonflement, notamment dans la note lithologique.

La carte des formations argileuses de Saône-et-Loire (Illustration 7) constitue finalement une représentation interprétée des zones potentiellement sujettes au phénomène de retrait-gonflement, en fonction des données actuellement disponibles au travers de la représentation cartographique des formations superficielles du département. Trente-deux formations sont finalement retenues sur cette carte, présentée également en illustration hors-texte à l'échelle 1/150 000.

4.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL

Une carte géologique très simplifiée, tirée de la carte géologique de la France à l'échelle 1/1 000 000, résume cette présentation (illustration 6). Dans le département de Saône-et-Loire, représentant essentiellement la Bourgogne méridionale, peuvent être distingués quatre types de formations géologiques : le socle ancien, datant du primaire, des séries d'âge secondaire, des sédiments d'âge tertiaire et enfin des dépôts quaternaires.

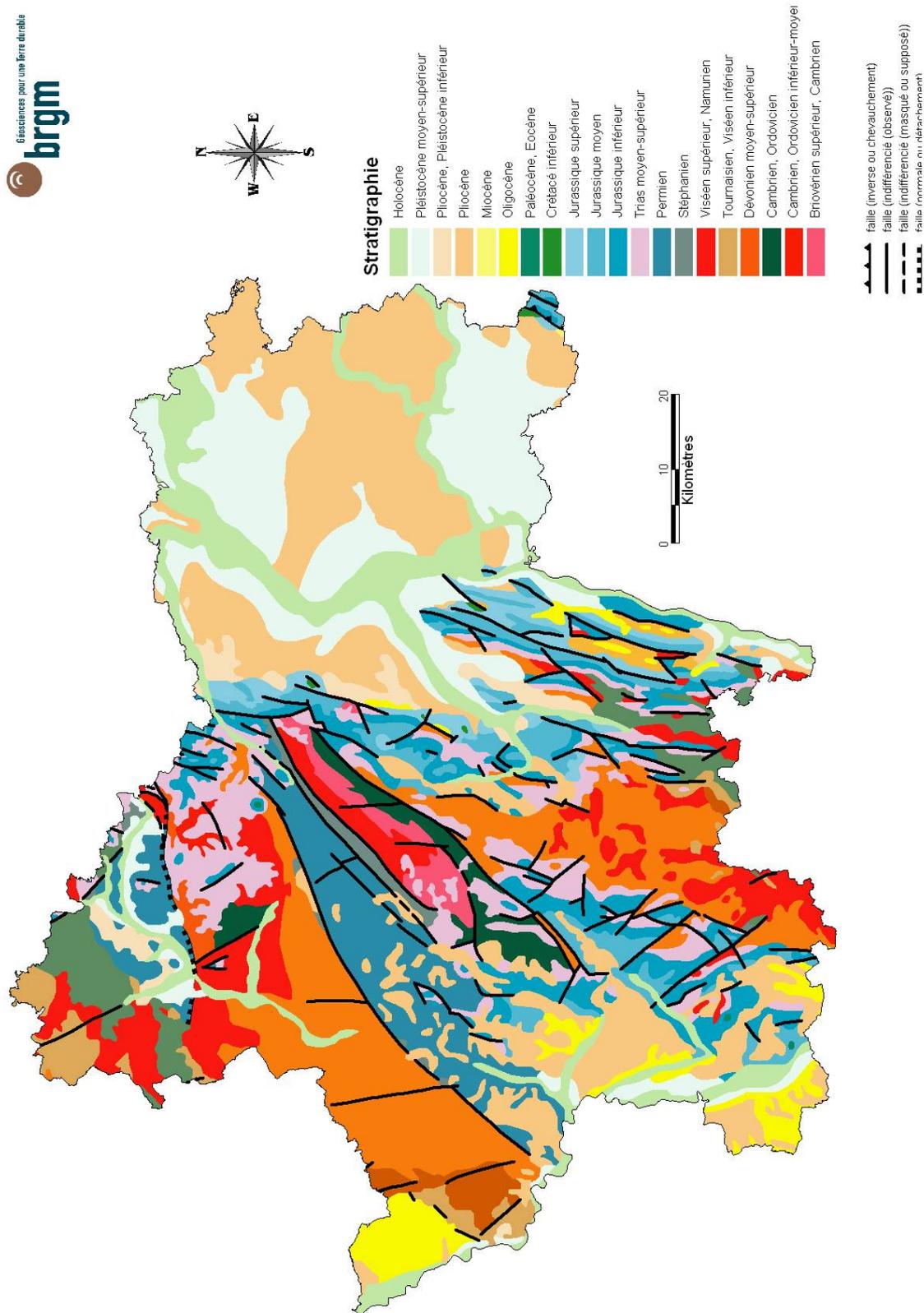


Illustration 6 – Extrait de la carte géologique de la France à 1/1 000 000 sur le département de Saône-et-Loire

La géologie du département de Saône-et-Loire s'étend sur une échelle stratigraphique assez étendue, depuis des formations de socle au niveau du massif du Morvan en particulier jusqu'aux formations quaternaires de la plaine alluviale de la Saône.

Histoire géologique et tectonique

Les phases tectoniques pyrénéenne et alpine de l'ère tertiaire ont affecté le socle hercynien de l'ère primaire et sa couverture sédimentaire du Secondaire.

♦ *Structuration pyrénéenne :*

Au début du Tertiaire des contraintes approximativement orientées nord-sud, dites pyrénéennes, expliquent peut-être des coulissements NW-SE et des failles de distension proches des directions N-S.

♦ *Affaissement des fossés :*

La compression N-S durant l'Oligocène et la distension E-W qui en résulte peut être une explication à la formation des fossés d'effondrement (Bresse, Loire).

♦ *Déformations alpines :*

La compression alpine mio-pliocène, SE-NW (celle qui a plissé le Jura) a porté en altitude l'axe cristallin Morvan-Charolais. Les reliefs locaux sont donc jeunes, comme les Alpes.

♦ *Distension plio-quaternaire :*

D'orientation E-W, elle serait la cause du dernier épisode sédimentaire du fossé bressan (marnes de Bresse) et du rajeunissement des reliefs bordiers comme la côte chalonnaise.

♦ *Modelage en creux des plateaux :*

Dans les parties soulevées les cours d'eaux ont enfoncé les vallées en fonction du niveau de base (Loire, Rhône). Les séries argilo-marneuses ont été déblayées tandis que les plateaux calcaires restaient en saillie (Brançon, Solutré, Culles).

Géologie

Un socle ancien d'âge primaire :

Incluant la partie méridionale du Morvan, il est constitué essentiellement de roches éruptives (granites, granodiorites) dans lesquelles se découpent les deux bassins houillers d'Autun et de Blanzay - Montceau, orientés NE-SW (axe Blanzay - La Serre). Ce dernier est abaissé en fossé tectonique de direction varisque, aligné sur l'accident Blanzay - Le Creusot - La Serre hérité d'une phase tectonique tardi-hercynienne. Cette structure est responsable de l'existence du couloir de la Dheune qui assure le passage entre les bassins de la Loire et de la Saône. Il se compose également de terrains sédimentaires formés de conglomérats, de grès rouges, d'âge permien, dévono-dinantien et carbonifère supérieur. Le fossé Bressan, qui referme les puissantes formations alluvionnaires de la plaine de la Saône, représente l'ultime « marche » (plusieurs centaines de mètres) de l'enfoncement du socle.

Le socle varisque, en majorité cristallin et anté-stéphanien comprend :

- des para- et orthogneiss plus ou moins migmatitiques appartenant à la série métamorphique dite du Charollais ;
- de petits lambeaux de siltites et autres roches détritiques dinantiennes ;
- des roches magmatiques, comprenant des granitoïdes, essentiellement porphyroïdes, appartenant au vaste et complexe batholite de Luzy, qui comprend au moins trois générations de roches plutoniques carbonifères, quatre types de microgranites recoupant les roches plutoniques sous forme de filons, sills ou petits stocks, et d'âges échelonnés sur un intervalle de temps pouvant aller de la fin du Viséen au Saxonien d'après les relations avec les granitoïdes porphyroïdes, d'une part, et les connaissances régionales, d'autre part et de rares lamprophyres filoniens supposés dater du Stéphanien ou de l'Autunien.

Au sein du socle, se trouvent, en outre, quelques filons et autres corps siliceux qui posent le problème de leur genèse et de leur âge de mise en place, probablement liasique pour la plupart d'entre eux.

Le bassin sédimentaire stéphano-permien de Blanzay – Le Creusot, seconde entité géologique limitée par deux failles majeures de direction SW-NE (faille de Montceau-les-Mines au sud-est et faille passant par Toulon-sur-Arroux et Le Creusot au nord-ouest ; cette faille est, à l'échelle nationale, une structure très importante, allant du Sillon houiller, au sud-ouest, vers Bort-les-Orgues, jusqu'au graben du Rhin, au nord-est, en passant sous le fossé plio-quadernaire de la Bresse). Ce bassin comprend :

- des dépôts houillers stéphaniens, affectés par les compressions tardivarisques et très tectonisés, constituant, d'une part, de petits lambeaux peu épais, coincés le long du socle sur sa bordure nord-ouest, et renfermant une coulée ou un dôme-coulée de rhyolite dans le cas du lambeau de Morentu, et, d'autre part, la partie sud-ouest de l'important bassin de Blanzay – Montceau-les-Mines ;
- des dépôts détritiques continentaux permien, puissants, moins tectonisés, qui constituent l'essentiel de son remplissage et qui encaissent quelques corps siliceux, supposés liasiques.

Des séries d'âge secondaire :

A l'ère secondaire ou Mésozoïque, la mer envahit le Seuil de Bourgogne et recouvre même le Morvan qui n'est plus qu'un haut-fond. Cette mer chaude peu profonde à la période du Jurassique inférieur et moyen, dépose localement des roches sédimentaires (calcaires, marnes, argiles).

Trias

On distingue le Trias inférieur gréseux, le Trias moyen argileux et marneux dans sa partie inférieure, où l'on observe la présence ponctuelle de bancs de gypse ainsi que des cristaux de sel gemme, et est constitué, dans sa partie supérieure par des argiles et des marnes bariolées souvent dolomitiques. Le Trias supérieur est essentiellement constitué de marnes noires à intercalations gréseuses et de grès fins à ciment calcaire. Le Trias affleure principalement du Nord-Ouest au Sud-Est, le Trias inférieur étant représenté de manière ponctuelle au centre du département.

Lias

A cette période du Lias et Dogger, huit étages déterminants de la géologie locale peuvent être distingués, plus ou moins différenciables sur le terrain, mais qui sont, le plus souvent, de bons niveaux repères au vu de l'importance des fossiles.

A l'Hettangien, la mer continue son avancée sur le continent. Elle dépose des calcaires à entroques et les " Lumachelles de Bourgogne ". On y trouve comme fossiles des ammonites et des nautilus. Les affleurements de l'Hettangien sont rares, l'étage n'ayant que quatre à cinq mètres d'épaisseur. Il est aujourd'hui, le plus souvent recouvert de prairies.

Au Sinémurien, le Morvan et l'Auxois sont recouverts entièrement par la mer qui dépose des bancs calcaires gris-bleus de quelques dizaines de centimètres avec interlits marneux. Le Sinémurien (toponyme de Semur-en-Auxois) est caractérisé par son fossile type : les gryphées arquées. Il est riche d'autres fossiles : coraux, échinodermes, mollusques... Constituant des terres fertiles parce que riches en phosphates, il était traditionnellement exploité en cultures vivrières. Le calcaire à gryphées, facilement clivable, était exploité comme pierres murales de petit appareil ou pour les murs en pierres sèches usuelles dans la région comme séparation de parcelles.

Le Carixien, peu épais, présente une épaisseur de cinq mètres environ. Riche en "rostres" de bélemnites et d'ammonites, il est constitué d'alternances de marnes et argiles de teintes claires, grises ou verdâtres, et de bancs de calcaire épais d'une dizaine de centimètres plus ou moins fins et marneux. Les marnes à bélemnites de la base sont imprégnées de gros nodules phosphatés, propre à la culture. Presque toujours, dans le Haut-Auxois, ces affleurements conditionnent l'implantation de l'habitat.

Le Domérien est constitué d'une épaisse couche argileuse de plusieurs dizaines de mètres et se décompose en trois niveaux :

- Le Domérien inférieur (20 m environ) est un niveau très carbonaté à gros bancs de calcaire marneux de quarante à cinquante centimètres alternant avec des niveaux marneux de cinq à six centimètres, riches en petites ammonites.
- Le Domérien moyen est une série argileuse en surface d'une épaisseur de quinze mètres environ. C'est le niveau de petites sources à faible débit mais pérennes.
- Le Domérien supérieur est une série carbonatée de calcaire à gryphées géantes et *Pecten Aequivalvis*, présente sur les pentes liasiques en bordure des vallées, et au pied des falaises bajociennes où ces calcaires forment un replat bien marqué dans la topographie.

Les couches du Toarcien et de l'Aalénien marquent un retour à la sédimentation argilo-marneuse. Elles renferment à la partie supérieure des gryphées géantes et de nombreuses petites ammonites. Elles sont souvent recouvertes en partie supérieure par les éboulis de la falaise bajocienne. Ces pentes friables sont toujours envahies par les broussailles et les bois.

Jurassique moyen et supérieur

Le Bajocien (Dogger) forme une haute falaise au dessus des marnes liasiques. La sédimentation est essentiellement calcaire : calcaire à entroques (accumulation d'articles d'oursins), calcaire à polypiers (encrines ou lys de mer) et calcaire oolithique.

Ensuite, seul le Bathonien Inférieur est représenté. Cet étage, qui termine la série des sédiments calcaires, est pauvre en fossiles. Fortement érodé au cours du Tertiaire et du Quaternaire, et peu propice à la culture, il est envahi aujourd'hui de bois et donne ce paysage particulier des mottes coiffées d'un chapeau de feuillus " les hutteaux ". Avec ce dernier étage du Dogger, la base structurale des calcaires jurassiques est en place sur la région lorsque la mer se retire. Les ères du Tertiaire et du Quaternaire vont ensuite modeler le paysage.

Crétacé

Il affleure localement dans la région de Saint-Bonnet-de-Joux et de Montceau-les-Mines, où il se présente sous la forme de sables comportant ponctuellement des silex (Crétacé supérieur).

Les sédiments d'âge tertiaire :

Le retrait définitif de la mer qui a déjà commencé au Bathonien sur le "Haut Auxois" se poursuit. La mer a laissé une stratification horizontale. L'Éocène débute par une pénéplaination, sous un climat chaud et humide. L'Oligocène (vers 30 millions d'années) est caractérisé par d'importants mouvements tectoniques. Sous l'effet de l'orogénèse alpine, le fossé Saône-Bresse s'affaisse avec le seuil de Bourgogne. Le Morvan subit une surrection et ainsi se forme la faille Nord-Sud occupée aujourd'hui par le Serein. Par contrecoup et sous l'effet de ces poussées, l'ensemble de l'Auxois va s'incliner faiblement du nord vers le sud et de l'est vers l'ouest, ce qui induit la formation du premier contrefort du Bassin Parisien et la ligne de partage des eaux avec cette particularité unique en France (pyramide à trois versants qui alimentent les bassins : Seine, Saône-Rhône, Loire).

Oligocène

Ces formations se présentent sous la forme d'argiles et de marnes rougeâtres ainsi que sous la forme de conglomérats calcaires. On les retrouve essentiellement dans le SW et le NE du département.

Pliocène

Les dépôts d'âge pliocène sont constitués de marnes et de sables dont certains comportent des galets. Ces dépôts correspondent aux marnes de Bresse. L'extrême limite ouest du département vient par ailleurs empiéter sur la partie orientale de la dépression de la Limagne.

Enfin, on observe un fossé d'effondrement (graben) à l'est qui représente le quart restant du département et est entièrement occupé par le fossé tectonique bressan qui est comblé par de puissants dépôts alluvionnaires post-éocènes. Il est traversé par la Saône et quelques affluents.

Les dépôts quaternaires :

A l'ère quaternaire, l'érosion cyclique liée à de faibles mouvements tectoniques et aux conditions climatiques, a poursuivi le creusement des vallées pour aboutir au réseau hydraulique actuel. De tropical, le climat est passé à des phases glaciaires. Cependant la Bourgogne et l'Auxois n'ont pas été atteints par la calotte glaciaire qui couvrait le nord de l'Europe, mais les alternances de gel et de dégel ont particulièrement délité les calcaires poreux du Jurassique. Le pays se couvrait d'une steppe périglaciaire. Pendant cette période, deux niveaux se sont surajoutés, du fait de leur extension et leur importance agronomique : ce sont les limons à phosphates ou Limons de l'Auxois (3 à 4 mètres d'épaisseur) et les limons éoliens, nettement plus récents et de répartition géographiquement différente.

L'ensemble des terrains décrits ci-dessus est altéré ou colluvionné à des degrés divers, localement recouvert par les dépôts de versant et incisé par les alluvions fluviales le long des grands axes de drainage.

La dépression bressane :

La dépression bressane est un fossé d'effondrement qui s'est structuré probablement dès la fin du Crétacé et au cours de l'Éocène.

Au Ludien, la tectonique en distension engendre, au nord de l'axe Sennecey – la Serre, différents petits fossés où se déposent des carbonates et un fossé beaucoup plus important au sud. La sédimentation de ce fossé sud est, en Bresse louhannaise, essentiellement marneuse à la base puis marno-calcaire au sommet, alors qu'en Bresse burgienne, beaucoup plus subsidente, elle est marneuse et évaporitique (halite et anhydrite). A l'Oligocène supérieur, la tectonique en distension affecte de nouveau les fossés ludiens. La sédimentation évaporitique persiste en Bresse burgienne et s'étend vers le nord en Bresse louhannaise (sulfates seuls). Les conglomérats saumon à *Helix ramondi* se déposent sur les bordures ainsi qu'en Bresse chalonnaise.

Au Miocène inférieur et au Miocène moyen, la Bresse subit une évolution continentale de type subaérien. Au Tortonien (début du Miocène supérieur), la mer envahit à nouveau la Bresse jusqu'à la latitude de Lons-le-Saunier, déposant des molasses et des grès. Puis, après la régression marine, la sédimentation est lacustre avec pour témoins les gîtes de Soblay et de Mollon. Au début du Pliocène, alors que s'effectue le charriage du Jura méridional sur la Bresse (sédiments froissés de Ratte, Vincelles et Courlans), la sédimentation lacustre devient marneuse et ligniteuse.

C'est au Pliocène moyen que se déposent, en Bresse du Nord, amenés par un fleuve puissant, l'Aar-Doubs, aujourd'hui disparu et qui contournait le Jura par le nord, les cailloutis alpins de la forêt de Chaux qui, vers le sud, se dispersent, sous forme de corps sableux, le long du Jura : Sables de Neublans et de Foulénay. Dans le même temps semble-t-il, les Sables de Trévoux, auxquels se superposent bientôt les

Cailloutis et sables ferrugineux des Dombes, se déposent en Bresse du Sud. Mêlé aux contributions locales des bordures, l'équivalent fin de ce matériel détritique plus ou moins grossier constitue le vaste Complexe des Marnes de Bresse.

Après le tarissement de l'approvisionnement alpin amené par l'Aar-Doubs survenu à la fin du Pliocène, l'alluvionnement du Quaternaire ancien de la Bresse du Nord est représenté par le dépôt du Complexe de couverture bressan. Constituée d'apports locaux et de remaniements de matériel ancien, cette formation marque le stade maximal de remplissage de la cuvette.

En Bresse du Sud, l'alluvionnement est grossier et d'origine alpine (cailloutis à quartzites). Une lacune, qui existe probablement plus dans nos connaissances que dans la sédimentation bressane elle-même, se situe immédiatement après le Quaternaire ancien. Compte tenu de la chronologie la plus communément admise, il faut en effet attendre le Riss ancien pour assister à la mise en place de la couverture morainique de la Dombes, représentant la dernière contribution alpine directe au comblement de la partie sud de la Bresse.

Par les superficies qu'il intéresse et en raison de l'importance des événements à l'origine desquels il se situe, l'envahissement glaciaire marque un tournant dans l'histoire géologique de la dépression. La morphologie de la Bresse, telle que nous la connaissons, résulte pour une bonne part de la déglaciation qui s'est amorcée postérieurement à l'épisode glaciaire principal des moraines externes.

Ce sont vraisemblablement des eaux résultant de la fusion des glaces qui, à l'origine, ont ouvert, en direction du sud, un exutoire aux matériaux bressans. La création de plusieurs grands lacs glaciaires, ou d'un seul, dont le plan d'eau, de niveau décroissant, se serait momentanément stabilisé à différentes altitudes, est à envisager. L'interprétation de caractères morphologiques (talus d'altitude constante) observés en Bresse du Sud et en Bresse moyenne laisse supposer l'établissement momentané de quatre niveaux lacustres. A ces considérations de caractère exclusivement morphologique s'ajoutent, pour les deux niveaux inférieurs, d'autres observations plus concrètes (dépôts fluvio-glaciaires et glacio-lacustres), qui renforcent considérablement l'hypothèse de leur existence.

Parallèlement à ces envahissements lacustres, le démantèlement des moraines se poursuit. Deux terrasses fluvio-glaciaires se développent et progressent vers le centre de la dépression en avant du front morainique. La terrasse de Saint-Just (feuille de Bourg-en-Bresse), la plus élevée, liée au niveau lacustre de 245- 240 m, entaille la rive droite de la Reyssouze, à l'est et au nord-est de Bourg-en-Bresse. La terrasse inférieure, dite de Bourg-Viriat, représente l'ultime alluvionnement grossier, de sens sud-nord, aboutissant en Bresse. Elle occupe la dépression Pont-d'Ain - Bourg-en-Bresse, entre la moraine de Tossiat et le glaciaire de la Dombes, et se développe vers le nord jusqu'à Viriat - Attignat.

Dans le même temps, les collecteurs des bordures alimentent la dépression en matériel alluvial détritique, en particulier l'Azergues dont les volumineux apports s'accumulent en cône de déjection formant déversoir en amont duquel se constitue,

selon un régime fluvio-lacustre ou fluvio-palustre, le niveau d'altitude constante de 211-213 m.

Avec ce niveau, dont la terrasse de Bourg-Viriat est l'une des origines fluvio-glaciaires, apparaît pour la première fois une formation géologique résultant d'un régime sédimentaire unique intéressant et unissant la Bresse du Nord et la Bresse du Sud alors qu'auparavant la sédimentation des deux parties de la dépression était régie par des phénomènes distincts s'exerçant suivant des directions opposées. Un second niveau d'altitude constante, presque aussi étendu que le précédent, résultant également de venues fluviales ou fluvio-glaciaires contrôlées par un niveau lacustre, s'établit entre 202 et 205 m. Il est suivi de la Formation de Saint-Cosme, constituée par la superposition de sédiments fluviaux fortement ravinants, puis lacustres bien distincts.

L'histoire géologique de la Bresse s'achève par des cycles alluviaux exclusivement fluviaux qui modèlent le paysage actuel. Au Würm ancien, la terrasse sableuse (Fy) se met en place au détriment des sédiments lacustres de la Formation de Saint-Cosme qu'elle érode profondément. Au Würm récent, l'alluvionnement réel constitué d'apports longitudinaux est incertain ; les graviers à *Elephas primigenius* sont plus vraisemblablement du matériel remanié constituant le soubassement des limons holocènes des basses plaines alluviales.

4.3. LITHOSTRATIGRAPHIE DES FORMATIONS ARGILEUSES AU SENS LARGE

Ce chapitre dresse l'inventaire des formations géologiques argileuses du département de la Saône-et-Loire retenues dans le cadre de cette étude (Illustration 7). Une brève description en est présentée, basée principalement sur les notices des cartes géologiques à l'échelle 1/50 000.

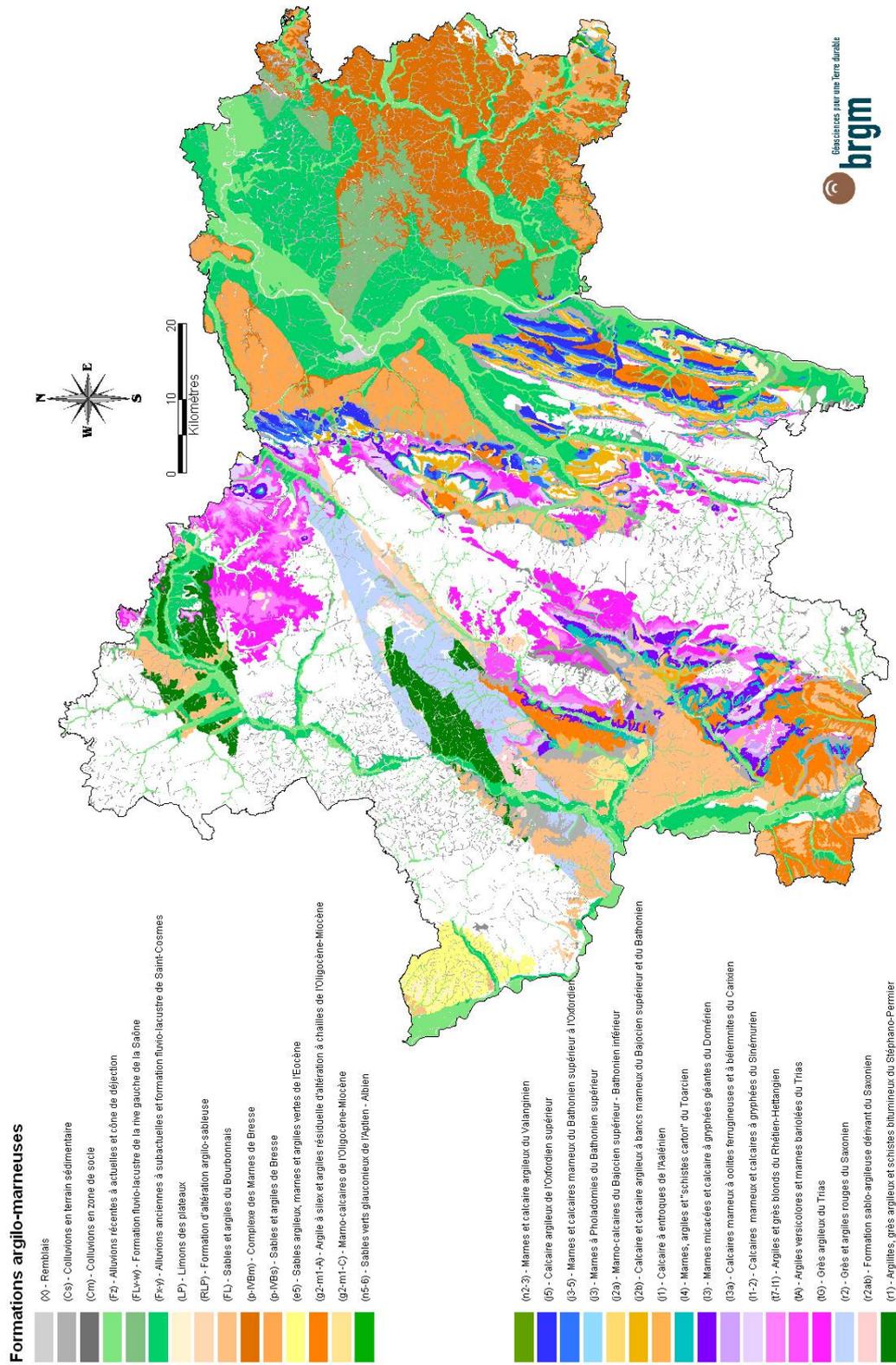


Illustration 7 – Carte départementale synthétique des formations argilo-marneuses

Les formations sont décrites dans un ordre stratigraphique, depuis les plus récentes jusqu'aux plus anciennes.

4.3.1. Formations superficielles du quaternaire

Remblais [X]

Dans cette formation ont été regroupés les divers remblaiements et épandages réalisés pour l'aménagement des zones urbaines (Mâcon, Chalon-sur-Saône...) et les terrils et haldes issus de l'exploitation des mines (principalement dans le secteur de Montceau-les-Mines). Ces sols sont en général constitués de débris divers (déchets industriels et agricoles, matériaux de démolition...) et d'un remaniement de matériaux géographiquement proches et donc en général potentiellement argileux.

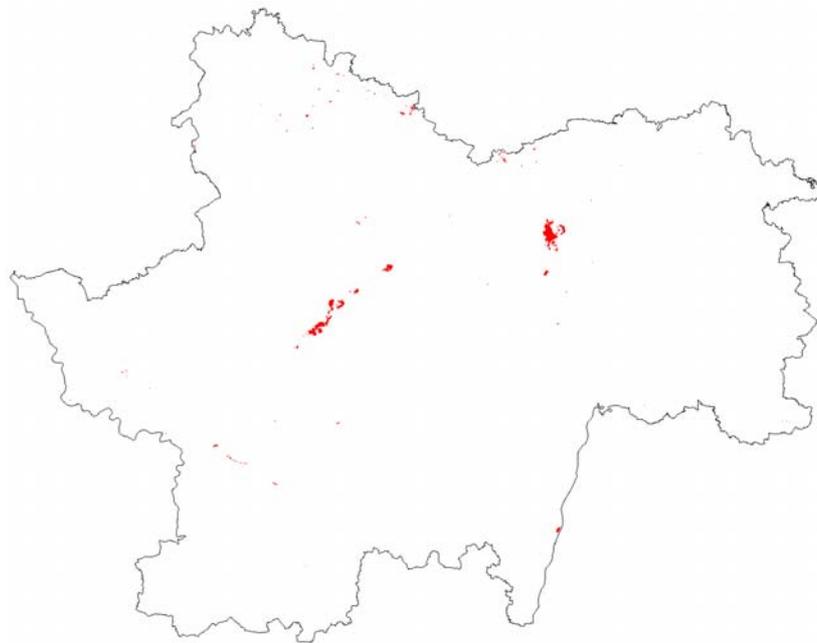


Illustration 8 – Répartition départementale des Remblais

Colluvions en terrain sédimentaire [Cs]

Les colluvions ont été rattachées le plus souvent à la formation dont elles sont issues lorsque celle-ci était mentionnée sur les cartes géologiques sources. En effet, la nature des formations colluviales est intimement liée à l'origine des dépôts et des formations encaissantes. C'est pourquoi on a également distingué deux types de colluvions, suivant le contexte géologique : *Colluvions en terrain sédimentaire* et *Colluvions en zone de socle*. Cette distinction a été réalisée en séparant l'ensemble des colluvions du département sur la base de la carte géologique de la France à l'échelle 1/1 000 000.

Cette formation regroupe l'ensemble des zones colluviales qui demeurent indifférenciées. Ces colluvions sont réparties sur une grande partie du territoire départemental et correspondent en général à des dépôts sablo-argileux présents le plus souvent au niveau des versants et des fonds de vallons. On rencontre également des éboulis, parfois mêlés à une matrice argilo-sableuse, et des divers autres débris cryoclastiques. Les argiles correspondent en général à l'altération du substratum, remaniée par solifluxion. Les colluvions restent cependant caractérisées par une très grande hétérogénéité granulométrique.

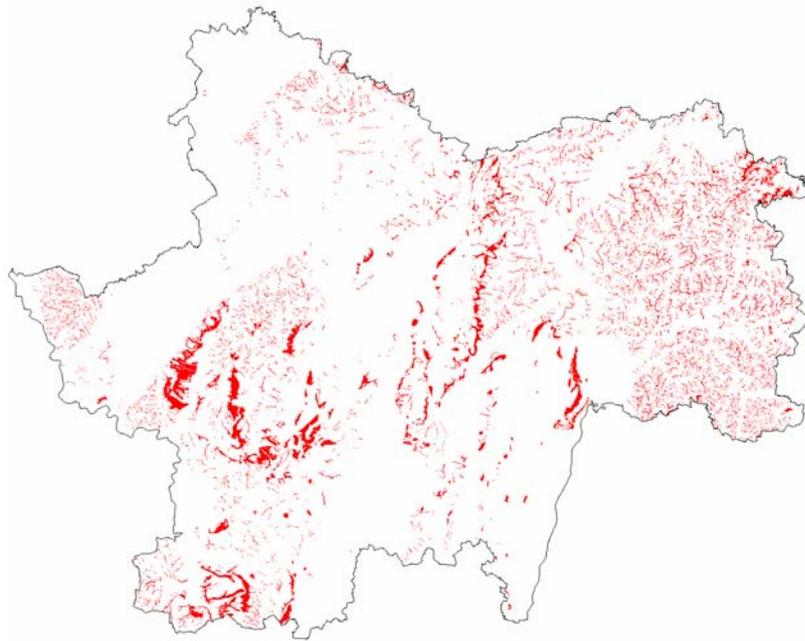


Illustration 9 – Répartition départementale des Colluvions en terrain sédimentaire

Colluvions en zone de socle [Cm]

Comme précisé précédemment à propos des *Colluvions en terrain sédimentaire*, une distinction a été effectuée entre deux grandes zones colluviales suivant le contexte géologique et sur la base de la carte géologique de la France à l'échelle 1/1 000 000.

Ainsi, les *Colluvions en zone de socle* se répartissent dans les secteurs non sédimentaires du département : Morvan, Autunois, Charollais. Le socle est constitué de roches métamorphiques, magmatiques ou volcaniques dont l'altération conduit en général plus difficilement à des sols argileux que l'altération des roches sédimentaires. Les *Colluvions en zone de socle* correspondent donc souvent à des sols plus grossiers qu'en contexte sédimentaire : éboulis, sables, arènes...

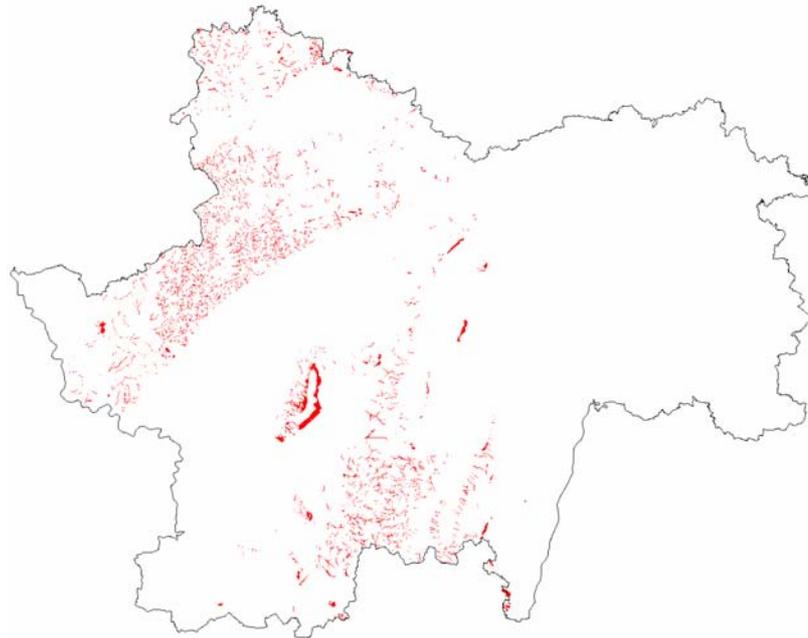


Illustration 10 – Répartition départementale des Colluvions en zone de socle

Alluvions récentes à actuelles et cônes de déjection [Fz]

Les alluvions récentes sont essentiellement de nature argileuse, argilo-limoneuse ou argilo-sableuse, parfois tourbeuse. La granulométrie et l'épaisseur de la formation sont étroitement liées à l'ampleur du cours d'eau à l'origine de ces dépôts. En Saône-et-Loire, les rivières les plus importantes sont la Saône, le Doubs, la Loire, la Seille, la Dheune, l'Arroux et l'Arconce.

Les argiles et limons de débordement de la Saône s'étalent dans la plaine de la Saône large de 1 à 3 km et sont visibles dans les berges de cette rivière hautes de 2 à 3 m en moyenne, par exemple en aval du vieux barrage de Thoisse, côté rive droite. Ce sont des argiles calcaires et des limons brunâtres. D'après les sondages, leur épaisseur est de 3 à 5 mètres. Ils contiennent du matériel néolithique et gallo-romain. Ces limons reposent sur des argiles noires, plus ou moins tourbeuses, plastiques, fossilifères sur les feuilles limitrophes. Elles représentent des dépôts marécageux d'anciens lits de la Saône.

De manière générale, les *Alluvions récentes à actuelles et cônes de déjection* sont assez hétérogènes, et constitués d'éléments relativement grossiers (sables, graviers, galets) emballés dans une matrice à dominante argileuse. Ces argiles peuvent être partiellement carbonatées au sud du département.

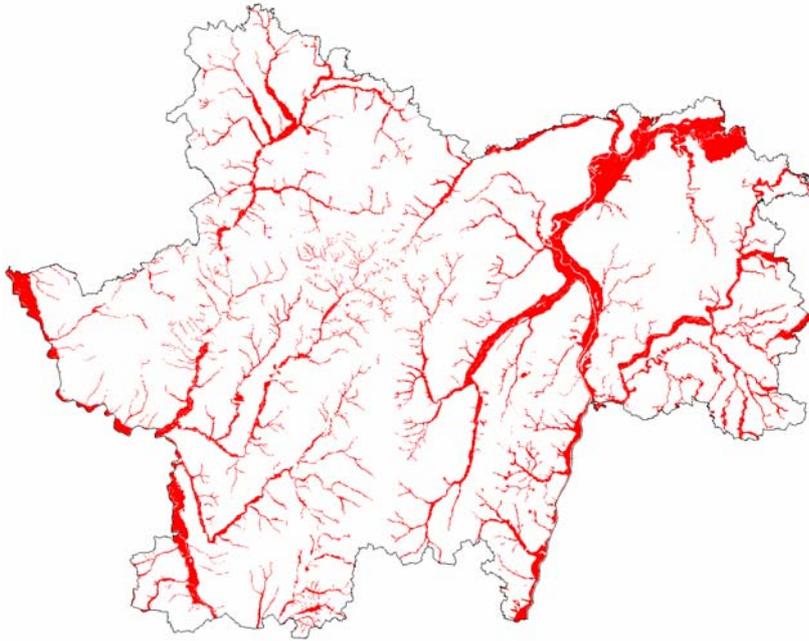


Illustration 11 – Répartition départementale des Alluvions récentes à actuelles et cône de déjection

Formation fluvio-lacustre de la rive gauche de la Saône [FLv-w]

La formation FLv-w, puissante de 0 à 8 m, est constituée pour l'essentiel de sables quartzeux jaune-beige à jaune-roux incluant fréquemment des graviers et des galets qui atteignent communément 35 mm de taille maximale, exceptionnellement 70 à 80 mm. Le matériel détritique grossier est représenté par des calcaires silicifiés, des quartz cariés ou non, des quartzites et, accessoirement quelques radiolarites. Une intense ferruginisation affecte l'ensemble des sédiments dont les éléments grossiers sont parfois consolidés. Les structures sédimentaires de ce matériel totalement décarbonaté sont fluviales ; cependant on observe fréquemment une matrice argileuse ou argilo-silteuse, ocre-jaune à beige-brun, voire sableuse, dont le litage horizontal suggère un milieu de dépôt très calme de type lacustre ou palustre.



Illustration 12 – Répartition départementale de la Formation fluvio-lacustre de la rive gauche de la Saône

Alluvions anciennes à subactuelles et formation fluvio-lacustre de Saint-Cosmes [Fx-y]

Les alluvions anciennes apparaissent sous la forme de terrasses ou lambeaux de terrasses successives déposées par les cours d'eau lors du creusement de la vallée. Les dépôts se composent de nappes et galets ou nappes sableuses emballées localement dans une matrice à composante argileuse. Les matériaux grossiers contenus proviennent des formations géologiques situées en amont du bassin versant.

Ces formations alluviales (Terrasse dite de Saint-Usage, Sables de Saint-Marcel...) se présentent en général sous la forme de dépôts grossiers (sables et graviers, parfois galets) enrobés d'une matrice limoneuse à limono-argileuse. Des lentilles argileuses sont également présentes localement.

On peut distinguer dans la plaine de la Saône la *Formation fluvio-lacustre de Saint-Cosmes*, constituée de 2 termes sédimentaires bien distincts : une sédimentation fluvio-lacustre (silts quartzeux irrégulièrement argileux et carbonatés sur quelques mètres, de couleur gris clair à gris verdâtre ou noirâtre, à fréquentes concrétions calcaires, et lits argileux millimétriques stratifiés de couleur rose-saumon, alternant avec des filets silteux ou marneux gris bleuté à gris noirâtre en partie supérieure) surmontant des dépôts fluviaux (graviers et galets polygéniques, sables siliceux et carbonatés). La phase de sédimentation fluvio-lacustre s'explique probablement par une obstruction de la vallée de la Saône (vraisemblablement par le cône alluvial de l'Azergues, à Villefranche-sur-Saône), ayant entraîné un envahissement lacustre du

Val-de-Saône, avant une reprise de l'activité fluviale perceptible dans les niveaux supérieurs de la formation.

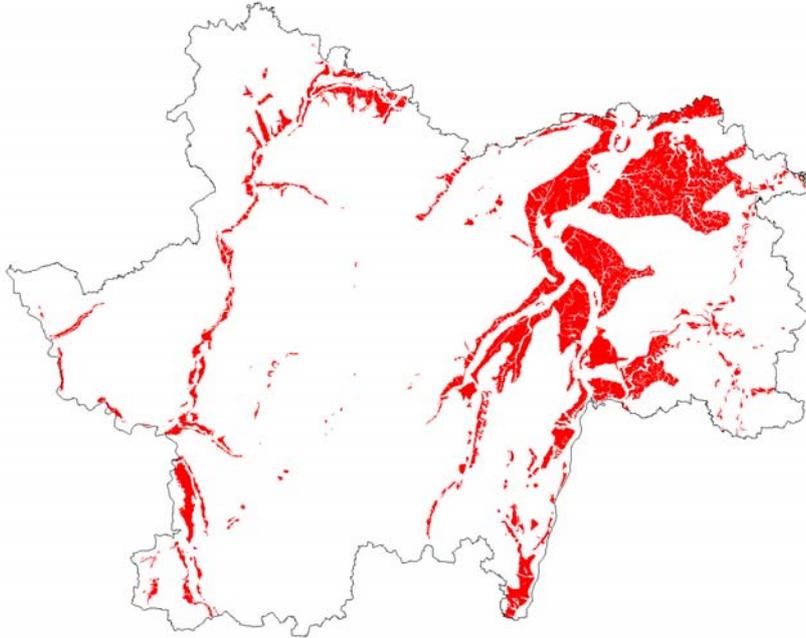


Illustration 13 – Répartition départementale des Alluvions anciennes à subactuelles et de la Formation fluvio-lacustre de Saint-Cosmes

Limons des plateaux [LP]

Les *Limons des plateaux* présentent une extension relativement limitée dans le département de Saône-et-Loire. Ils sont très caractéristiques des régions mal drainées, où ils ne peuvent être perturbés par le réseau hydrographique. D'une puissance allant de quelques décimètres à 4 m, ces limons et loëss compacts, essentiellement issus de l'altération et de la décarbonatation des formations calcaréo-marneuses ou argileuses sous-jacentes, peuvent être en place sur les plateaux ou remaniés sur les pentes de raccord avec les niveaux inférieurs. Ils peuvent présenter au niveau du battement de la nappe des concrétions ferrugineuses.

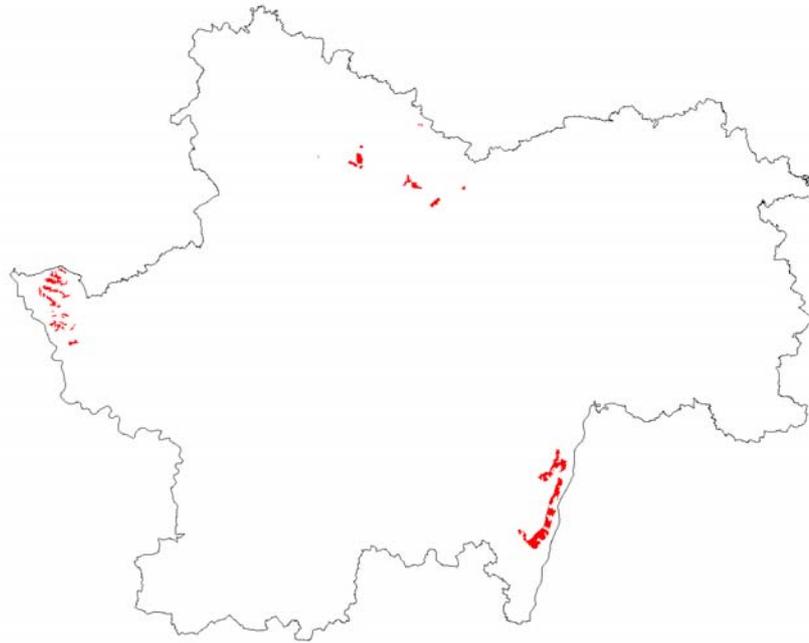


Illustration 14 – Répartition départementale des Limons des plateaux

Formation d'altération argilo-sableuse [RLP]

Cette formation regroupe des formations argilo-sableuses mises en place par altération du substratum ancien. Les principaux étages stratigraphiques concernés sont le Stéphanien (Epinac-les-Mines, Montceau-les-Mines), le Permien et le Carbonifère (Tournaisien-Viséen), mais on y trouve aussi des matériaux issus du démantèlement des formations du socle.

Dans le bassin stéphanien de Montceau-les-Mines, les conglomérats, brèches, schistes noirs, grès et arkoses contenant les couches de houille seraient recouverts de sols argilo-sableux, rencontrés dans des sondages issus de la Banque des données du Sous-Sol du BRGM, et cartographiés sur la carte pédologique du département. Ces altérites ont été cartographiées sur la feuille de Montceau-les-Mines, et y sont décrites comme des placages peu épais de sables, graviers et galets, généralement siliceux, et d'argiles micacées habituellement grisâtres, parfois rouges, roses ou même verdâtres. Ces sables et argiles ont été autrefois exploités (Montchanin).

L'altération du Carbonifère correspond quant à elle, d'après la feuille de Montceau-les-Mines, pour l'essentiel à quelques mètres de sables feldspathiques argileux, présentant une fraction fine significative (12 à 33 % d'éléments inférieurs à 20 µm).

Enfin, dans le cas d'une altération du socle, les plateaux qui s'étendent sur des roches métamorphiques et sédimentaires à l'ouest des granites du Charollais portent de nombreux lambeaux, plus ou moins étendus, d'une couverture très démantelée de sables argileux et feldspathiques. Les quartz prédominent toujours sur les feldspaths, le plus souvent très altérés.



Illustration 15 – Répartition départementale de la Formation d'altération argilo-sableuse

4.3.2. Formations de l'Éocène – Oligocène

Sables et argiles du Bourbonnais (Plio-quaternaire) [FL]

La formation des *Sables et argiles du Bourbonnais* (d'environ 30 m d'épaisseur) se développe dans une grande moitié ouest du département. Affleurant très mal, elle n'est visible que dans quelques petites sablières.

Le sable quartzo-feldspathique du Bourbonnais se définit par son faciès « gros sel » caractéristique, dû à la présence des feldspaths et à la forme peu usée des grains, dont la taille est généralement de 2 à 3 mm, parfois plus. Il présente généralement des lentilles argileuses. Certains faciès sont constitués de matériaux plus grossiers (galets) emballés dans une matrice sablo-argileuse quartzo-feldspathique, rougeâtre, jaunâtre, beige ou grise. Moins roulés que dans le cailloutis de base, les éléments sont constitués de quartz, de chailles fauves en galets plats, de grès, de roches métamorphiques, plus rarement de silex jaunes à patine noire (chailles).

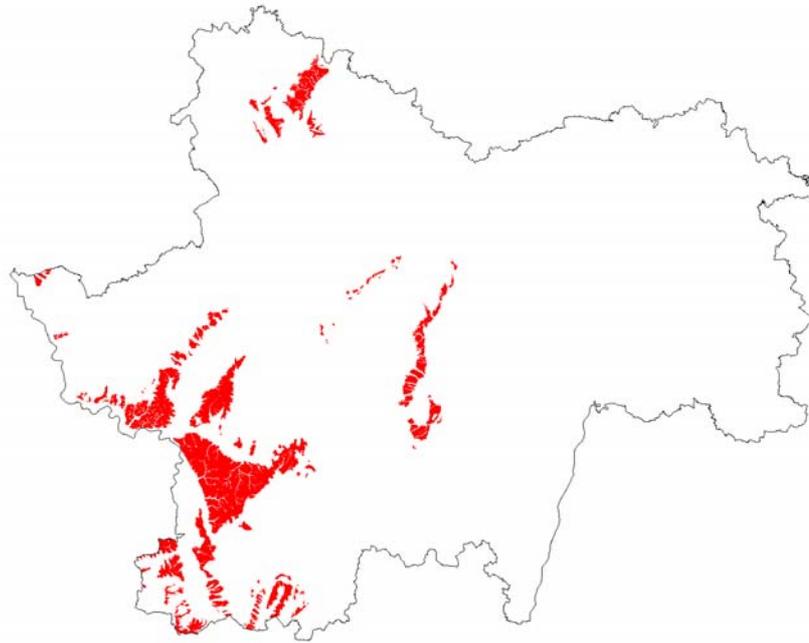


Illustration 16 – Répartition départementale des Sables et argiles du Bourbonnais

Complexe des marnes de Bresse (Plio-quaternaire) [p-IVBm]

Cet ensemble correspond aux formations fluvio-lacustres de Bresse qui sont essentiellement représentés à l'est du département dans les pays de la Bresse Bourguignonne et du Chalonnais. Les différentes observations d'ordre lithologique, pétrographique et sédimentologique indiquent que la sédimentation de la Bresse a, de façon constante depuis l'origine de la dépression jusqu'au Pléistocène inférieur ou moyen, été réglée par des phénomènes d'origine lointaine, de direction Sud—Nord, le contrôle régional n'intervenant qu'à titre d'élément accessoire.

Le *Complexe des marnes de Bresse* regroupe essentiellement les ensembles les plus marneux de la formation fluvio-lacustre de Bresse. Pouvant atteindre une centaine de mètres de puissance, cet ensemble relativement hétérogène est constitué d'argiles, de marnes parfois grumeleuses, de silts et de sables quartzeux, entrecoupés de passées tourbeuses de quelques centimètres à quelques décimètres d'épaisseur. On y trouve également des intercalations de sables, comme par exemple les Sables de Neublans, jaunes à beiges (parfois gris en sondages), quartzo-lithiques à quartzo-micacés, à stratifications et à litages obliques, pouvant atteindre 25 m d'épaisseur et renfermant eux mêmes des lentilles argileuses ou marneuses. On peut également noter que ce *Complexe des marnes de Bresse* est parfois recouvert d'une couverture argilo-sableuse d'altération appelée *Limons de Bresse*, pouvant atteindre quelques mètres d'épaisseur.

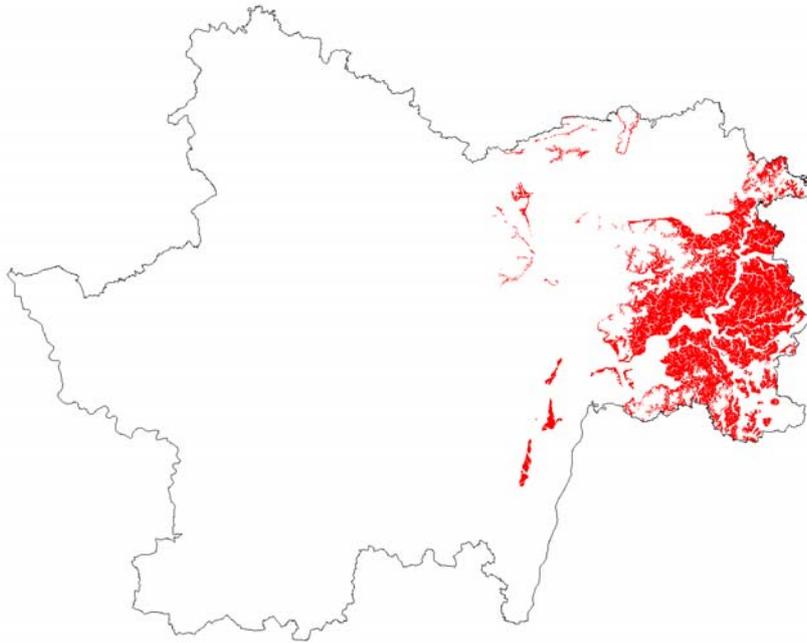


Illustration 17 – Répartition départementale du Complexe des marnes de Bresse

Sables et argiles de Bresse (Plio-quaternaire) [p-IVBs]

Comme le *Complexe des marnes de Bresse*, les *Sables et argiles de Bresse* font partie de la *Formation fluvi-lacustre de Bresse*. Ils sont essentiellement constitués de plusieurs formations locales de sables quartzeux ou siliceux à matrice argileuse, essentiellement les *Sables et argiles de Chagny*, mais aussi les *Sables et argiles de la forêt de la Ferté*, la *Formation supérieure de la forêt de Cîteaux*, les *Sables de Condal*, les *Sables de Foulénay*...

Les *Sables et argiles de Chagny* sont en général représentés par une alternance de limons silteux, de silts plus ou moins argileux, parfois concrétionnés, de sables très fins, souvent lités, d'argiles, de marnes à concrétions blanches calcaires, jaunes, beiges, ocre, grises, rousses, verdâtres, marron, plus rarement rosâtre-saumon ou bleuâtres. Les *Sables et argiles de la forêt de la Ferté*, quant à eux, sont des matériaux totalement décarbonatés, constitués exclusivement de sables grossiers quartzo-feldspathiques et d'argiles brunes, déposés en couches distinctes ou mélangés.

Cet ensemble, épais de 20 à 30 m, surmonte les *Marnes de Bresse* et constitue en réalité une variation lithologique de ces dernières, marquant la fin de ce cycle de sédimentation. C'est pourquoi la différenciation entre ces deux ensembles peut parfois s'avérer délicate et subjective. On peut d'ailleurs noter que les phénomènes d'altération du complexe marneux de la Bresse contribuent également, de façon non négligeable, à la constitution de la couverture sableuse.

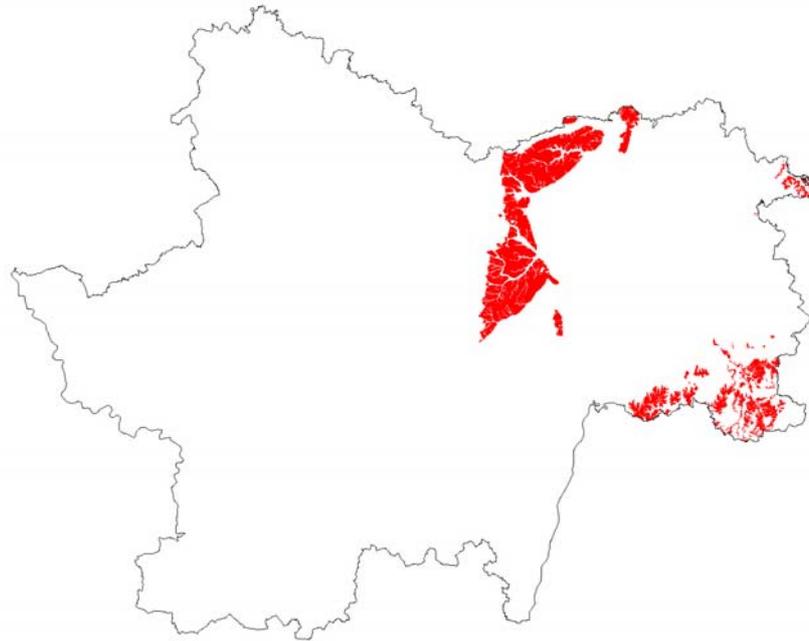


Illustration 18 – Répartition départementale des Sables et argiles de Bresse

**Sables argileux, marnes et argiles vertes de l'Éocène (Éocène - Oligocène)
[e5]**

Cet ensemble détritique à teinte verte dominante peut apparaître ocre à rougeâtre ou rosâtre à saumon dans les zones de contact avec le Viséen. Il s'agit d'une alternance d'argiles, de sables argileux quartzo-feldspathiques avec développement plus ou moins important de niveaux conglomératiques, et parfois de marnes vertes. Les éléments polygéniques sont figurés par des galets hétérométriques localement associés à des blocailles, leur taille respective pouvant atteindre 50 cm à proximité des bordures.

Cet ensemble ne constitue pas seulement le témoin de dépôts à l'origine essentiellement argileux. On observe en effet que là où une zone de contact sable-marne existe, cela se fait quasi systématiquement par l'intermédiaire d'une argile. Il semble que cette argile constitue au moins pour partie le produit résiduel de marnes décalcifiées. L'hypothèse d'une altération sous couverture où les phénomènes de circulation d'eau dans les niveaux sableux auraient un rôle prépondérant, doit être envisagée.

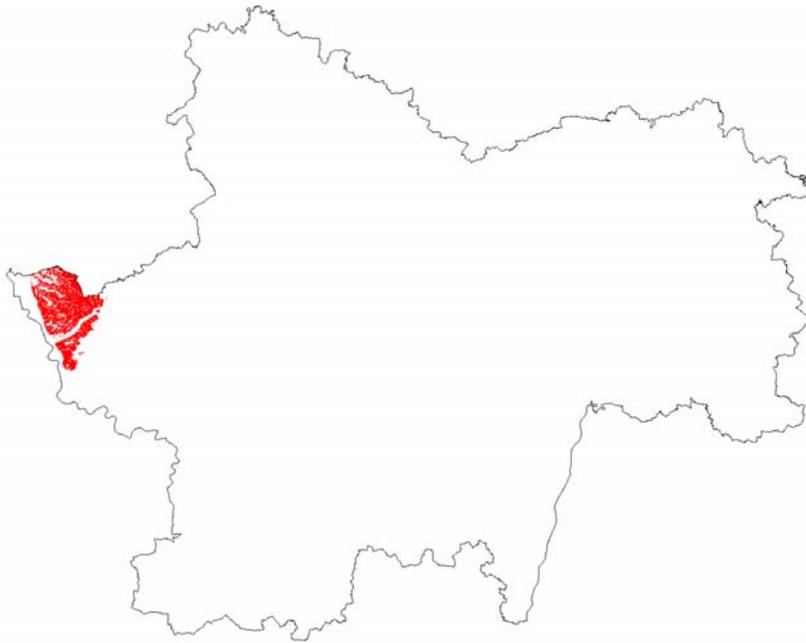


Illustration 19 – Répartition départementale des Sables argileux, marnes et argiles vertes de l'Éocène

Argiles à silex et argiles résiduelles d'altération à chailles de l'Oligocène-Miocène [g2-m1-A]

Cette formation est constituée principalement d'un faciès argilo-sableux à silex présentant une épaisseur le plus souvent inférieure à 10 m. Sa composition granulométrique est d'une grande hétérogénéité. Pour la matrice, formée surtout de quartz et de minéraux argileux, la part de la fraction inférieure à 0,05 mm dépasse d'une manière générale 50 % ; le pourcentage de la fraction sableuse (0,05 à 2 mm) est de l'ordre de 40 %. Les sables sont caractérisés par une usure très prononcée (grains émoussés luisants) qui font penser à une action littorale. Ils dérivent très probablement de sables de l'Albien. Les silex, toujours brisés, se présentent en lits irréguliers ou même en amas peu importants ; ainsi, certaines couches sableuses ou argileuses peuvent en être dépourvues. Dans de nombreux secteurs, du moins d'après les observations de surface, les sables sont mêlés de silex brisés de quelques centimètres. De petits graviers de la taille d'une dragée, très usés, soulignent la large dispersion de matériaux détritiques albiens. La rubéfaction est fréquente. Cependant la formation argilo-sableuse à silex a subi une succession d'importants remaniements au cours de l'évolution tertiaire et quaternaire.

Cette formation regroupe également les argiles d'altération à chailles, localisées au sud du département, du fait de leur lithologie similaire.

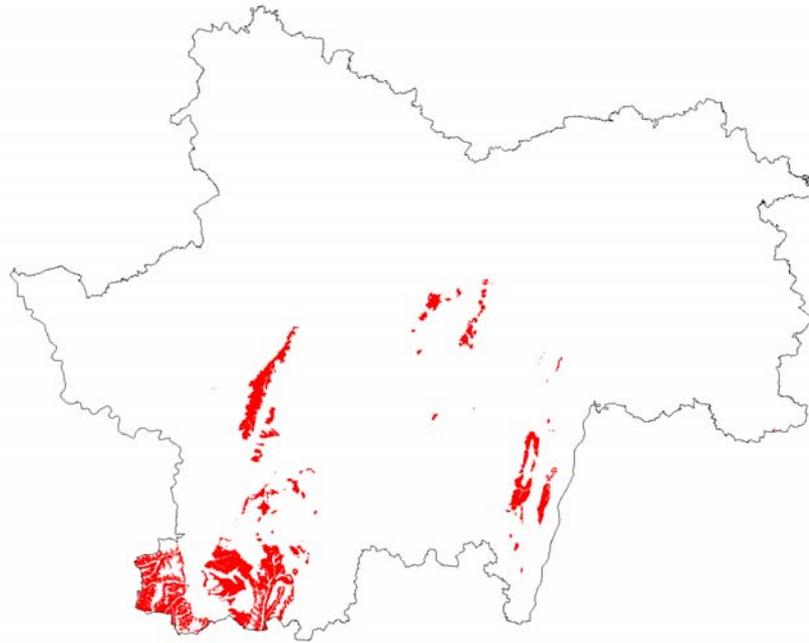


Illustration 20 – Répartition départementale des Argiles à silex et argiles résiduelles d'altération à chailles de l'Oligocène-Miocène

Marno-calcaires de l'Oligocène-Miocène [g2-m1-C]

Associé aux *Argiles à silex et argiles résiduelles d'altération à chailles de l'Oligocène-Miocène*, mais à dominante marno-calcaire et plus développé dans le centre du bassin, où son épaisseur est estimée à plus de 70 m, ce faciès a fait l'objet d'une différenciation.

En général, il se présente sous la forme de masses calcaires, concrétionnées et cavernueuses, au sein de marnes de teinte toujours claire. Ces dernières auraient été générées par une activité organique végétale et animale en milieu lacustre. Ce faciès, intercalé localement de passées détritiques sableuses ou argileuses, n'affleure que rarement, du fait du recouvrement dont il fait l'objet (colluvions et sables du Bourbonnais).



Illustration 21 – Répartition départementale des Marno-calcaires de l'Oligocène-Miocène

4.3.3. Terrain secondaire

Sables verts glauconieux de l'Aptien - Albien [n5-6]

Cette formation d'une trentaine de mètre d'épaisseur et de très faible extension en Saône-et-Loire se présente sous la forme classique de sables verts glauconieux, devenant roussâtres à l'altération. Ces sables sont constitués de grains de quartz peu roulés, de glauconie, de tourmaline et de paillettes de muscovite (anciennes sablières de la Madeleine). Ils sont localisés essentiellement à l'extrémité orientale du département.



Illustration 22 – Répartition départementale des Sables verts glauconieux de l'Aptien-Albien

Marnes et calcaire argileux du Valanginien [n2-3]

Dans le même secteur que les *Sables verts glauconieux de l'Aptien – Albien* ont été rencontrés quelques mètres de calcaires jaunâtres, noduleux, à intercalations plus marneuses reposant sur les calcaires du Portlandien, et des calcaires grumeleux, rosés à roux, séparés par des lits de marnes rouges, des calcaires oolithiques roussâtres et des calcaires ferrugineux à débris.



Illustration 23 – Répartition départementale des Marnes et calcaires argileux du Valanginien

Calcaire argileux de l'Oxfordien supérieur et du Kimméridgien inférieur [5]

Cette formation est connue localement sous le nom de « Pierre caille » ou de « silex » en raison de la propriété de ces calcaires d'éclater au feu. Elle est constituée exclusivement de bancs calcaires souvent argileux au sommet avec des interlits marneux ou argileux, datés de l'Oxfordien et du Kimméridgien. Ce sont des calcaires blancs, parfois oolithiques et dolomitiques, intercalés de niveaux lithographiques beiges, crayeux ou grossiers. L'épaisseur de cette formation est généralement comprise entre 15 et 40 m, mais elle peut localement atteindre 100 m (feuille de Mâcon).

Essentiellement calcaire, cette formation présente toutefois souvent une surface d'altération potentiellement argileuse à son sommet. En effet, les assises supérieures des calcaires du Kimméridgien, localisés notamment sur la feuille de Tournus, sont souvent érodées et karstifiées et recouvertes d'argiles à silex tertiaires. Ces argiles à silex surmontant les calcaires ont d'ailleurs été identifiées lors de certaines reconnaissances géotechniques consultées dans le cadre de cette étude.

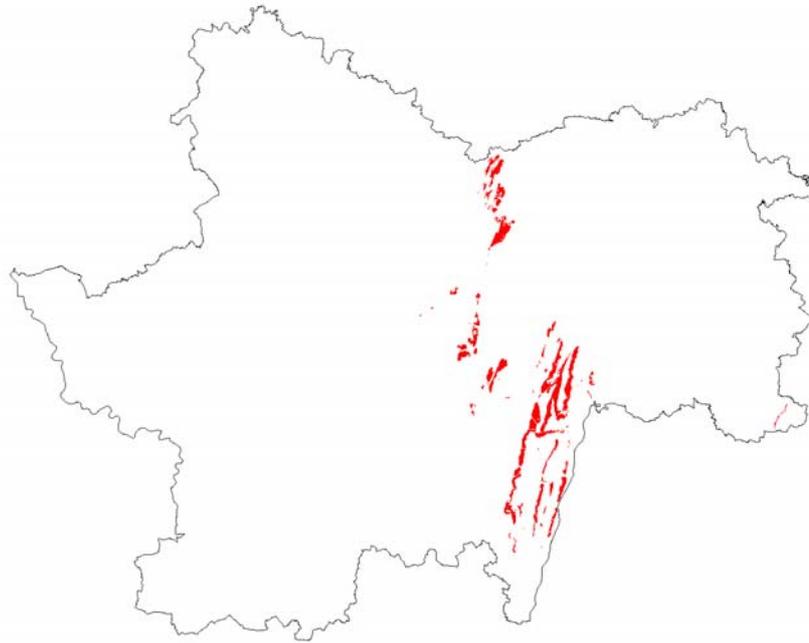


Illustration 24 – Répartition départementale des Calcaires argileux de l'Oxfordien supérieur et du Kimméridgien inférieur

Marnes et calcaires marneux du Bathonien supérieur à l'Oxfordien [j3-5]

Cette formation, d'une quarantaine de mètre d'épaisseur, regroupe plusieurs faciès du Jurassique moyen et supérieur. Elle est essentiellement calcaire au nord du département, mais s'enrichit en marnes et en argiles vers le sud.

Le Callovien, reposant sur la « Dalle nacrée », est représenté au nord par des calcaires à débits en dalles, à stratification souvent oblique, roux, oolithiques, et avec de nombreux débris organiques parmi lesquels les lamellibranches et les échinodermes dominant. La présence de niveaux à chailles rubanés au sommet de la série calcaire est assez constante au sud de la Dheune. Le Callovien devient essentiellement marneux vers le sud tout en restant très fossilifère, avec parfois des passées d'oolithes ferrugineuses. L'Oxfordien, quant à lui, est représenté par des alternances de marnes, présentant des proportions en carbonates de l'ordre de 60 %, et des bancs calcaires souvent argileux, plus fréquent vers le sommet qu'à la base. On peut également noter que, sur la feuille de Mâcon, l'Oxfordien inférieur est représenté par des argiles noires riches en fossiles pyriteux, identiques aux argiles à *Creniceras renggeri* du Jura et difficilement observables car généralement recouvertes de prairies.

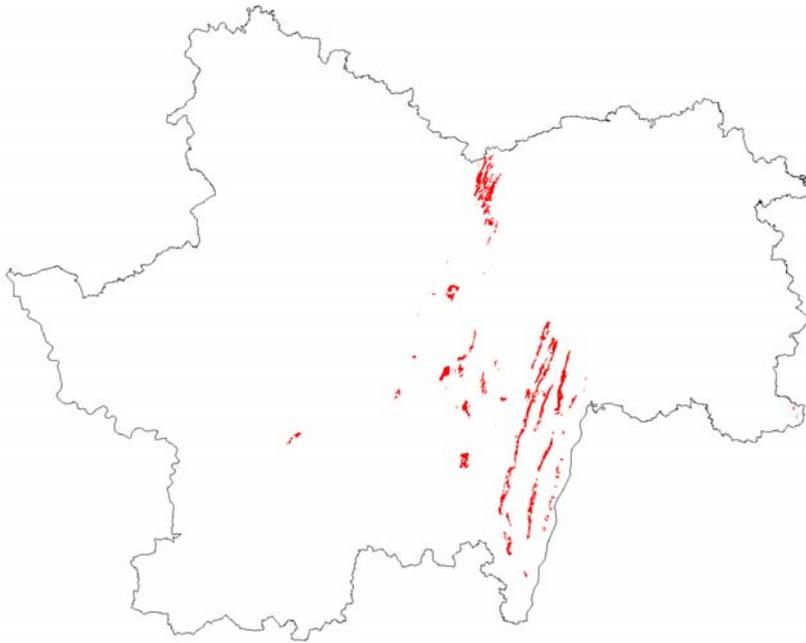


Illustration 25 – Répartition départementale des Marnes et calcaires marneux du Bathonien supérieur à l'Oxfordien

Marnes à pholadomyes du Bathonien supérieur [j3]

Cette formation, présente sous la « Dalle nacrée », correspond à une série marneuse très fossilifère, d'une puissance comprise entre une dizaine de mètres au nord de la formation et 80 m plus au sud.

Au sommet, elle est constituée de marnes fossilifères à *Pholadomya*, avec de nombreux brachiopodes et quelques ammonites. A la base, on observe quelques mètres de marnes calcaires, jaunâtres à beige clair, à passées ferrugineuses, assez similaires à celle du Callovien, mais la faune est surtout constituée de lamellibranches et de gastéropodes, ainsi que de quelques ammonites.



Illustration 26 – Répartition départementale des Marnes à pholadomyes du Bathonien supérieur

Marno-calcaires du Bajocien supérieur – Bathonien inférieur [j2a]

Sous les calcaires organo-détritiques du Bathonien moyen, on trouve un ensemble de couches marneuses (d'environ 150 m d'épaisseur), plus ou moins calcaires, souvent un peu gréseuses qui contiennent, dans certains secteurs au nord de la formation, des coquilles très nombreuses d'*Ostrea acuminata* parfois silicifiées.

D'après la feuille de Tournus, la partie supérieure marneuse est pratiquement azoïque. La partie moyenne peut correspondre à trois lithofaciès différents suivant les points :

- des marnes avec quelques lamellibranches, surtout des pholadomyes ;
- des calcaires rouges ou brunâtres, à très riche faune silicifiée ;
- une couche de calcaires blanchâtres légèrement argileux.

La partie inférieure est constituée de marnes légèrement gréseuses, à auréoles ferrugineuses et à lits de chailles, reposant directement sur les calcaires du Bajocien moyen et contenant vers sa base quelques ammonites.

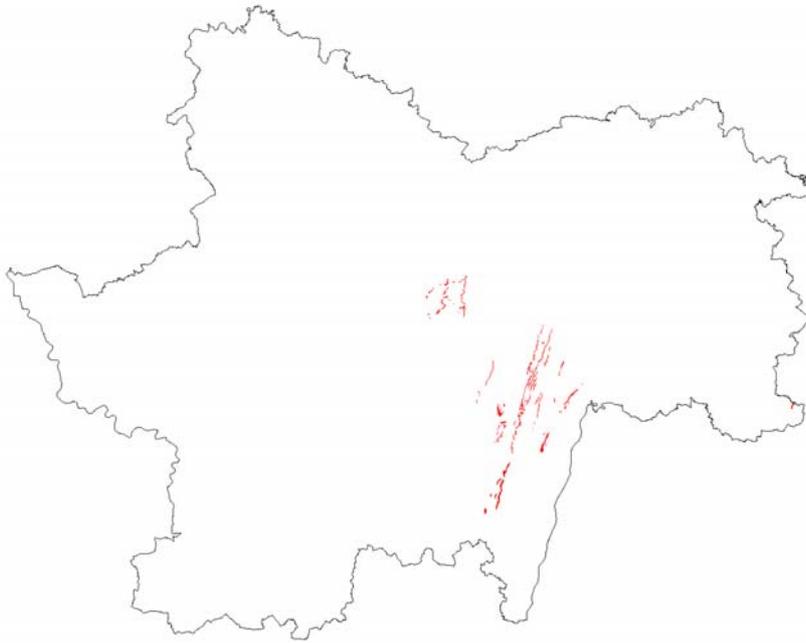


Illustration 27 – Répartition départementale des Marno-calcaires du Bajocien supérieur – Bathonien inférieur

Calcaire et calcaire argileux à bancs marneux du Bajocien supérieur et du Bathonien [j2b]

Cette formation essentiellement calcaire, peu fossilifère et parfois appelée « Calcaires du Chouin » présente une épaisseur de l'ordre de 20 m. Elle correspond en général à une alternance de calcaires et de calcaires marneux, mais des faciès franchement marneux peuvent également y être rencontrés, en particulier vers le nord de la formation.

Le Bathonien est souvent représenté par des calcaires de teinte claire, oolithiques, surmontés, parfois en discordance, de quelques mètres de calcaires légèrement argileux, rougeâtres à gris, à entroques.

Dans la mesure du possible, certains faciès correspondant à des calcaires massifs ont été extraits de cette formation du fait de leur caractère non argileux, mais cela n'a pu être réalisé pour l'ensemble des faciès calcaires présents dans cette formation.

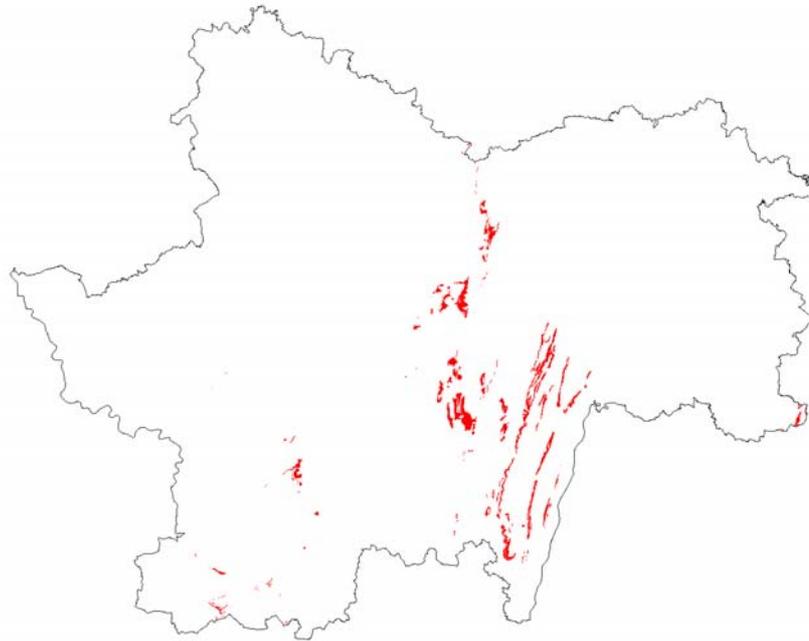


Illustration 28 – Répartition départementale des Calcaires et calcaires argileux à bancs marneux du Bajocien supérieur et du Bathonien

Calcaire à entroques de l'Aalénien [j1]

Datée de l'Aalénien, cette formation essentiellement calcaire et issue d'une sédimentation détritico-carbonatée peu profonde peut présenter des bancs marneux potentiellement sujets au retrait-gonflement. Ces terrains affleurent largement en formant de puissantes corniches. Les variations latérales et récurrences de faciès y sont fréquentes.

D'une puissance moyenne de l'ordre de 30 m, le *Calcaire à entroques de l'Aalénien* se présente généralement sous la forme d'une succession de bancs décimétriques de calcaires, calcarénites et biocalcarénites grisâtres ou jaunâtres avec parfois des oolithes ferrugineuses, séparés par des joints marneux onduleux brunâtres riches en fossiles. Des intercalations d'argiles micacées ont également été rencontrées à la base de la formation, ainsi que des bancs marneux surmontant parfois des calcaires rougeâtres à gris-bleutés, à stratification entrecroisée, un peu argileux et parfois gréseux, à lits de chailles (calcaires à entroques inférieurs). Les calcarénites et biocalcarénites, contenant des fossiles d'entroques et de polypiers, deviennent plus grossières vers le sommet, et se terminent parfois par une surface érodée, durcie et ferruginisée marquant une importante discontinuité de sédimentation. On peut également noter localement la possibilité de rencontrer des argiles de décalcification et des colluvions parfois argileuses au dessus des calcaires à entroques.

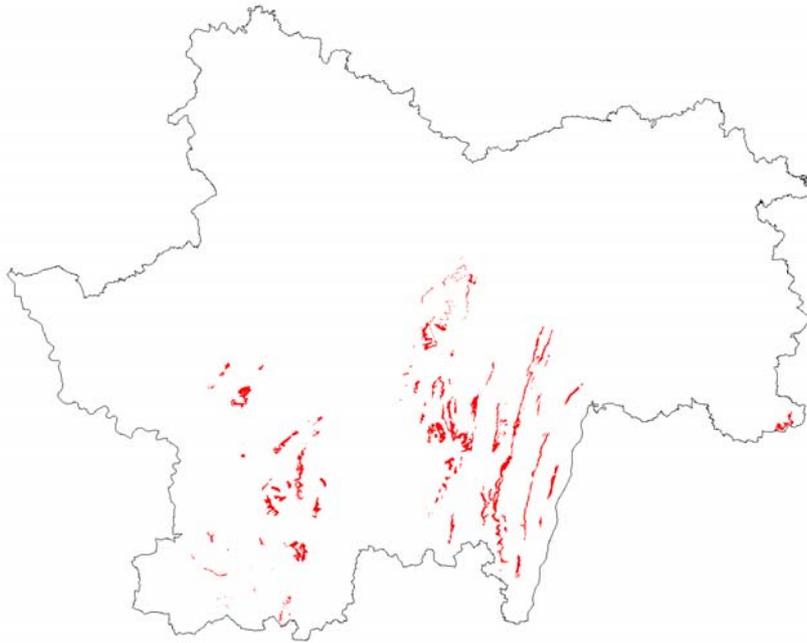


Illustration 29 – Répartition départementale des Calcaires à entroques de l'Aalénien

Marnes, argiles et « schistes carton » du Toarcien [14]

D'une épaisseur généralement de l'ordre de 40 m, mais pouvant atteindre 70 m (feuille de Mâcon), la formation des *Marnes, argiles et « schistes carton » du Toarcien* présente plusieurs faciès lithostratigraphiques.

Les premiers mètres, caractéristiques du Toarcien inférieur, reposent sur l'ensemble « Banc de Roc ». Ils se présentent sous la forme d'un calcaire grumeleux quartzomiacé, riche en débris végétaux et en écailles de poisson, avec débit en dalles anguleuses, fissiles, de couleur jaunâtre, se débitant elles mêmes en fines plaquettes (« schistes carton »).

Au dessus, le Toarcien moyen se présente sous la forme d'une dizaine de mètres d'argiles marneuses gris-noir à gris-bleu, plus ou moins micacées et pyriteuses, renfermant de nombreux niveaux décimétriques de marno-calcaires, fossilifères (bélemnites, ammonites), avec parfois des concentrations de petits cristaux de calcite.

Enfin, en partie sommitale, le Toarcien supérieur (puissant d'une vingtaine de mètres) débute par quelques mètres d'argiles marneuses micacées à éléments calcaires, surmontés par 6 à 7 m de marnes foncées ou de calcaires marneux fossilifères, présentant plus haut des masses calcaires en bancs plus ou moins nets, parfois riches en oolites ferrugineuses. Enfin, après 2 à 3 m de niveaux plus argileux, des bancs de calcaires marneux à petites oolites ou grains ferrugineux forment un niveau stratigraphique repère qui annonce la proximité des calcaires à entroques. Après encore quelques mètres de marnes, il existe dans les trois derniers mètres du Toarcien

des horizons enrichis en bioclastes de lamellibranches qui prennent une teinte ocre-beige.

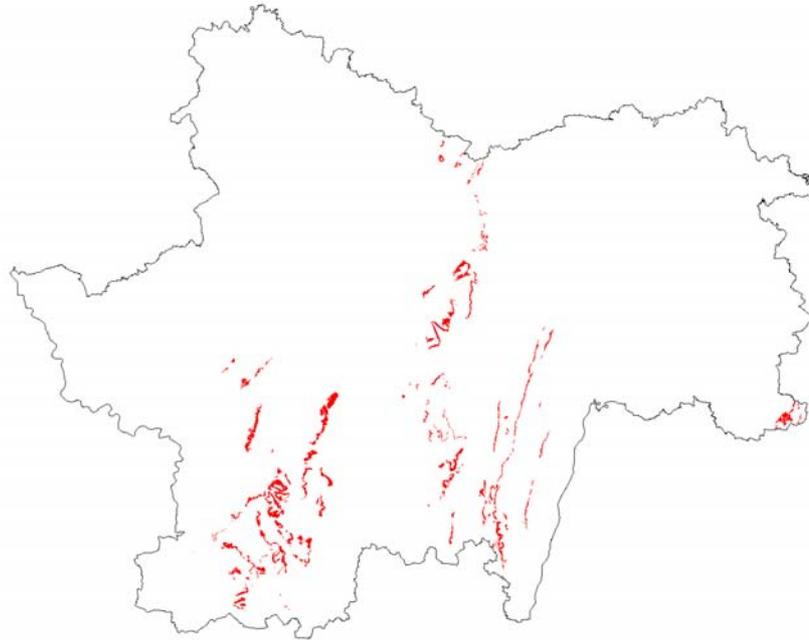


Illustration 30 – Répartition départementale des Marnes, argiles et « schistes carton » du Toarcien

Marnes micacées et calcaire à gryphées géantes du Domérien [13]

Les *Marnes micacées et calcaire à gryphées géantes du Domérien* (d'une épaisseur comprise entre 30 et 80 m) sont représentées par une épaisse combe assez monotone d'argiles marneuses ou de marnes noires, grés-micacées, feuilletées et pyriteuses, à rares niveaux de marno-calcaires. La base et le sommet de cette combe sont marqués par deux horizons calcaires épais de quelques mètres, qui correspondent respectivement à la dalle du Carixien et au « Banc de Roc », série de quelques bancs calcaires légèrement marneux, séparés par des argiles marneuses noires et riches en gryphées géantes et en entroques. Sur la feuille de Cluny, sous le « Banc de Roc » et les marnes du Domérien supérieur, la base de la formation est décrite comme plusieurs dizaines de mètres d'argilites feuilletées et micacées, affleurant peu et s'altérant en argiles ocres visibles dans les chemins et dans les mares.

Cette formation se signale dans la morphologie par des formes molles, situées en talus, au-dessous de la corniche des calcaires bajociens.

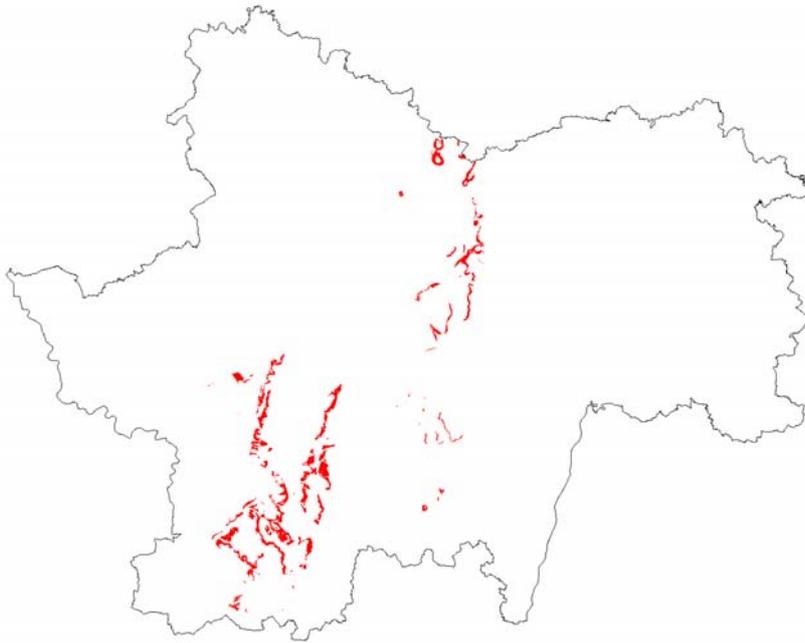


Illustration 31 – Répartition départementale des Marnes micacées et calcaire à gryphées géantes du Domérian

**Calcaires marneux à oolites ferrugineuses et à bélemnites du Carixien
[13a]**

Puissante de seulement quelques mètres, cette formation est essentiellement rencontrée sur la feuille de Charolles. Surmontant le Sinémurien supérieur, elle débute par un calcaire grumeleux à grain fin, gélif, de teinte brun-gris, suivi, sur 30 à 40 cm, par des calcaires argileux fins, marbrés de gris et beige clair, pétris de petites oolites ferrugineuses. Ensuite, sur 2 m, se développe une alternance d'argiles marneuses ou de marnes et de calcaires marneux fins, gris et beiges. Très fossilifère, cette formation est riche en bélemnites. Elle est cependant fréquemment masquée par des argiles colluvionnées du Domérian, ce qui explique son étendue géographique limitée.



Illustration 32 – Répartition départementale des Calcaires marneux à oolithes ferrugineuses et à bélemnites du Carixien

Calcaires marneux et calcaires à gryphées du Sinémurien [I1-2]

D'une épaisseur généralement inférieure à 20 m, cette formation calcaire forme souvent une petite falaise au dessus des séries du Trias argileux et du Réthien. Elle affleure souvent en surfaces structurales, comme c'est le cas sur le flanc oriental de la Guye (Burzy, Saint-Auruge).

L'essentiel de la formation est constitué de calcaires gris-bleu foncé, micritiques ou biomicritiques, se chargeant en petites oolites ferrugineuses à la base, organisés en bancs massifs décimétriques à joints marneux onduleux et très bioclastiques renfermant des gryphées arquées et des ammonites, d'où l'appellation de « calcaires à gryphées ». Vers le haut, le calcaire devient plus marneux, voire argileux, avec des intercalations de marnes vertes ou brunes et des poches grumeleuses phosphatées, d'aspect crayeux blanchâtre.

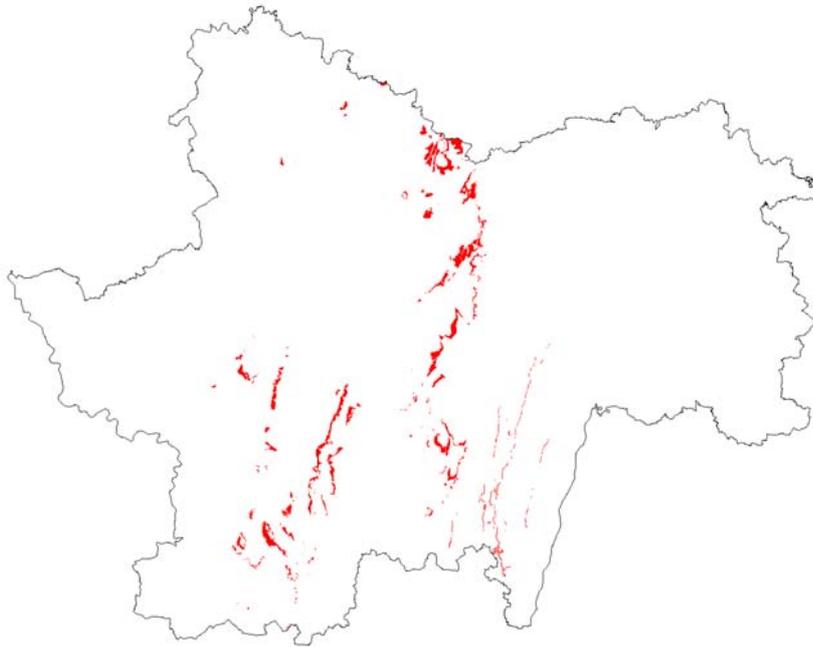


Illustration 33 – Répartition départementale des Calcaires marneux et calcaires à Gryphées du Sinémurien

Argiles et grès blonds du Rhétien-Hettangien [t7-I1]

Regroupant des termes lithologiques très variés, les *Argiles et grès blonds du Rhétien-Hettangien* présentent une épaisseur comprise entre quelques mètres et 40 m.

La base est généralement constituée par des assises argilo-gréseuses typiquement réthiennes : il s'agit d'une alternance d'argilites silteuses noires et de grès fins à muscovite, bien triés, à litage horizontal finement régulier, présentant localement des rides d'oscillation. La composition est plus argileuse à la base et plus gréseuse au sommet.

Au dessus de ces assises, on trouve une alternance de calcaires dolomitiques gréseux à argileux et d'argilites noires à bariolées, gréseuses et dolomitiques. Les calcaires peuvent être lumachelliques et durs en bas, à passées gréseuses, puis les argilites deviennent prédominantes, alternant parfois avec des grès, des grès dolomitiques ou des dolomies cargneulisées.

Enfin, le sommet est constitué de quelques mètres de calcaires lumachelliques à nombreux bioclastes relativement roulés (lamellibranches, échinodermes, gastéropodes) alternant avec de minces bancs d'argilites de teinte foncée se réduisant parfois à quelques passées gréseuses. Au sommet apparaît un calcaire gris ou brun fréquemment un peu marneux, inégalement imprégné de fer, rappelant le faciès « foie de veau » de l'Auxois.

On peut également noter au sud la présence d'une formation évaporitique et siliceuse baptisée « Infralias », regroupant un ensemble de faciès atypiques, à dominante carbonatée à l'est et à dominante argilo-siliceuse plus à l'ouest. Cependant, l'« Infralias » affleure en général très mal et, sauf exceptions, on ne peut observer que des affleurements très dispersés, de quelques mètres carrés, dans les prés.

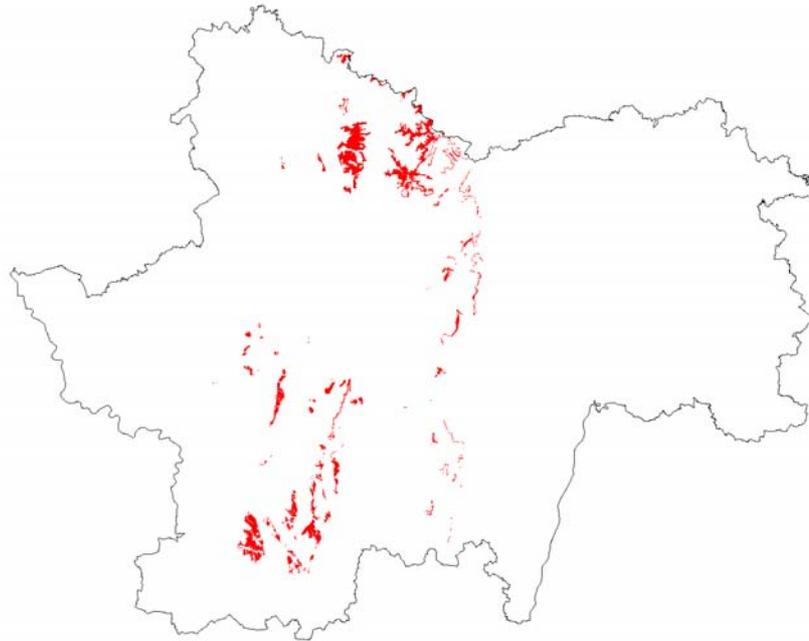


Illustration 34 – Répartition départementale des Argiles et grès blonds du Rhétien-Hettangien

Argiles versicolores et marnes bariolées du Trias [tA]

Cette formation datée du Trias, présente une puissance comprise entre 40 et 60 m. Elle regroupe les faciès suivants :

- La partie inférieure, épaisse de 30 à 40 m, est constituée d'argilites silteuses ou finement gréseuses à débit schisteux ; de teinte gris-noire ou rouge et verte, mais parfois bariolées, ces argilites sont plutôt détritiques à leur base et gypsifères au sommet (le gypse a d'ailleurs été exploité par de nombreuses anciennes plâtrières). Quelques rares horizons de grès à ciment calcaire ou argileux s'intercalent dans cet ensemble. Ce faciès serait un équivalent des marnes irisées inférieures de Lorraine.
- La partie moyenne est constituée d'un banc de dolomie beige très compacte, parfois silicifiée, épaisse de 1 à 2 m, surmontant des siltites rubanées dolomitiques, de couleur grise à noire, alternant avec du gypse et de la dolomie à péloïdes et oolites. Cet ensemble constitue probablement un équivalent des marnes irisées moyennes de Lorraine.

- La partie supérieure, épaisse de 10 à 15 m, est constituée d'argilites bariolées généralement de teinte verte, dolomitiques, parfois silteuses, à nombreuses plaquettes dolomitiques d'épaisseur centimétrique, à cassure conchoïdale. Vers le haut, s'intercale une passée dolomitique plus importante, épaisse de 1 à 2 m, de couleur blanche à jaunâtre, très dure, pouvant former un ressaut topographique. Cet ensemble peut être rapproché des marnes irisées supérieures de Lorraine.

Certaines colluvions, supposées provenir du Trias argileux, y ont été également rattachées.

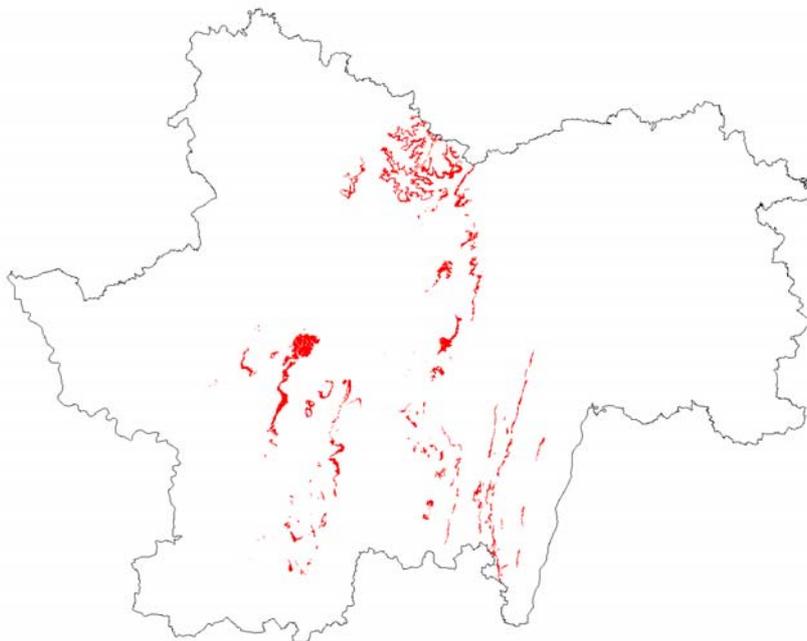


Illustration 35 – Répartition départementale des Argiles versicolores et marnes bariolées du Trias

Grès argileux du Trias [tG]

Cette formation regroupe les faciès à dominante carbonatée et gréseuse du Trias et de l'Hettangien. D'épaisseur variable, typiquement de l'ordre de 30 m, mais parfois moindre, elle est majoritairement représentée par des grès feldspathiques grossiers mal consolidés, à matrice argileuse ou à ciment carbonaté alternant, au sommet ou à la base, avec quelques lits argileux. Les grès sont plutôt détritiques à la base et au sommet, et s'organisent en bancs irréguliers à la base, plus fins et mieux triés plus haut. Elle regroupe également quelques faciès variés, plus ou moins imbriqués, tels que des argilites silteuses noires et des grès fins à muscovite en alternance avec des calcaires dolomitiques gréseux à argileux.

Les *Grès argileux du Trias* peuvent également s'altérer sur le premier mètre en éléments fins, allant des sables jusqu'aux argiles.

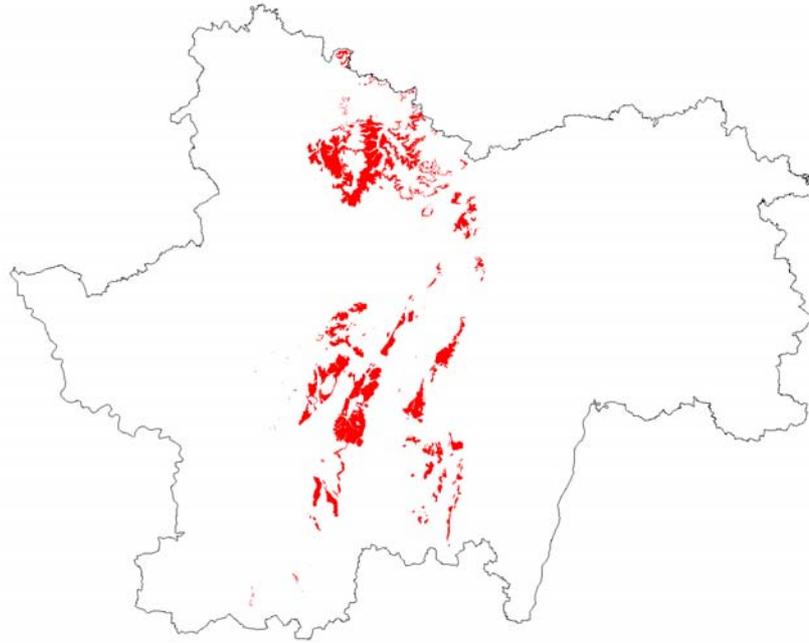


Illustration 36 – Répartition départementale des Grès argileux du Trias

4.3.4. Formations du socle

Grès et argiles rouges du Saxonien [r2]

Cette formation est caractérisée par une sédimentation gréseuse, le plus souvent grossière, essentiellement rougeâtre, sur une épaisseur très variable (de 100 à plus de 1 000 m). Elle est constituée de grès associés à des conglomérats et des argiles ou argilites de couleur rouge, parfois grise ou jaunâtre, souvent bariolés de veines blanches, violacées ou verdâtres, parfois silicifiés. Au sud de la formation, les argilites, pélites, psammites, et dépôts fins fluviaux à lacustres dominent et forment des reliefs plus mous.

Les *Grès et argiles rouges du Saxonien* s'altèrent en surface pour former des placages résiduels étendus coiffant les reliefs. Ces altérites, constituées essentiellement de galets et graviers dans une matrice sablo-argileuse, peuvent atteindre quelques mètres d'épaisseur, et ont dans la mesure du possible été individualisées dans la formation suivante (*Formation sablo-argileuse dérivant du Saxonien*).



Illustration 37 – Répartition départementale des Grès et argiles rouges du Saxonien

Formation sablo-argileuse dérivant du Saxonien [r2ab]

Cette formation regroupe la série alternante argilo-gréseuse à niveaux conglomératiques, rouge, grise et blanche, issue de l'altération et du remaniement partiel du Saxonien ainsi que quelques autres faciès sablo-argileux dérivant pour l'essentiel des terrains permien, à dominante résiduelle.

Les constituants sont des sables, graviers et galets généralement siliceux et des argiles micacées. Ces sables et argiles se présentent en placages de faible épaisseur (de l'ordre de quelques mètres), parfois anciennement exploités, la base conservant la structure et le litage de la formation mère sous-jacente. On rencontre aussi localement quelques lentilles gréseuses intercalaires éparées, à granulométrie variable.



Illustration 38 – Répartition départementale de la Formation sablo-argileuse dérivant du Saxonien

Argilites, grès argileux et schistes bitumineux du Stéphano-Permien [r1]

Parfois indifférenciée cartographiquement des formations du Saxonien, cette formation comprend majoritairement les faciès de l'Autunien représentés par des grès, conglomérats, schistes bitumineux, argilites et argile rouge. Elle regroupe deux ensembles :

- les faciès du bassin de Blanzay – Le Creusot, dans la partie centrale du département peuvent être indurés. Ils sont caractérisés par des faciès de grès et de conglomérats à galets de socle pour l'Autunien « inférieur », et par des faciès d'argiles, pélites et grès pour l'Autunien « supérieur ». Ils se révèlent plus grossiers sur les pourtours du bassin (contact avec le Morvan), et composés d'arkoses grossières à galets de socle, très peu évoluées, puis de conglomérats très grossiers et hétérométriques, toujours à galets de socle pouvant atteindre 20 cm, formant des bancs assez réguliers, d'épaisseur plurimétrique. Au centre du bassin, les faciès sont moins grossiers, et on trouve essentiellement, toujours en bancs assez épais, des grès grossiers conglomératiques à fines intercalations de pélites, de psammites ou d'argilites grises, devenant beiges par altération, avec parfois présence de griffes charbonneuses. Leur épaisseur est difficile à déterminer, mais peut atteindre quelques centaines de mètres.
- les faciès du bassin d'Autun ou de Cury localisés au nord-ouest du département sont caractérisés par une importante couche (environ 250 m d'épaisseur) de schistes bitumineux à la base (Assise de Surmoulin),

surmontée d'un ensemble argileux à rares intercalations grésoconglomératiques et petits niveaux carbonatés ou bitumineux, puis d'une importante couche (environ 250 m) formée de faciès fins prédominants (Assise de Millery) : succession d'argilites grises et d'une dizaine de couches de schistes bitumineux (Faisceau des Télots) présentant de rares intercalations gréseuses. La partie supérieure présente des argilites plus ou moins riches en matières organiques et charbon d'algues accompagnées de laminites argileuses et de bancs carbonatés.

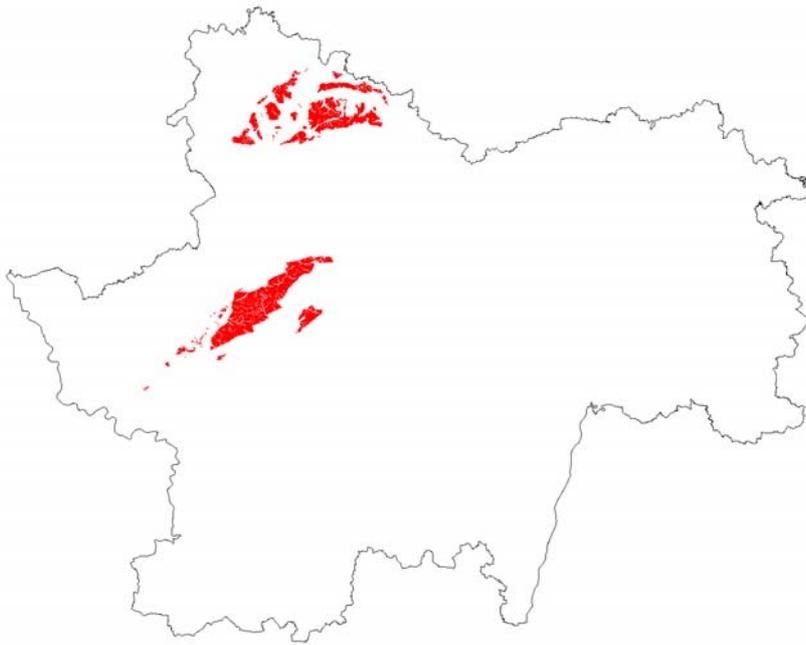


Illustration 39 – Répartition départementale des Argilites, grès argileux et schistes bitumineux du Stéphano-Permien

4.4. REMARQUES SUR LES FORMATIONS NON ARGILEUSES

Parmi les formations qui sont considérées comme non argileuses, certaines peuvent néanmoins contenir des lentilles ou des poches argileuses ou marneuses d'extension limitée. Elles n'ont pas été prises en compte à l'échelle de la cartographie départementale. Néanmoins, ces lentilles ou poches argileuses peuvent être localement à l'origine d'un certain nombre de sinistres, mais cela ne justifie pas qu'il faille considérer l'ensemble de la formation comme sujette au phénomène de retrait-gonflement.

4.5. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE : LES DIFFÉRENTES MASSES D'EAU SOUTERRAINES DE SAONE-ET-LOIRE

L'abaissement du niveau des nappes en période de sécheresse ou, au contraire, leur élévation après une période de précipitations peut éventuellement se traduire par des modifications de teneur en eau (dessiccation ou imbibition) dans certaines formations géologiques argileuses ou marneuses, et contribuer ainsi au déclenchement de mouvements de terrain différentiels.

Toutefois, les variations piézométriques des principales nappes du département jouent un rôle limité dans la variation de teneur en eau des sols argileux de surface, phénomène qui est plus imputable à l'action prépondérante de l'évapotranspiration. Il n'est cependant pas exclu que des petites nappes superficielles (localisées dans des alluvions ou des lentilles sableuses), puissent jouer localement un rôle plus important. En effet, dans le cas d'une nappe à faible profondeur, les phénomènes de remontées capillaires atténuent la dessiccation de la zone non saturée. Inversement, en cas de baisse généralisée du niveau de la nappe, la dessiccation de la zone non saturée sera d'autant plus importante. Par ailleurs, dans le cas d'une alternance de couches argileuses et sableuses, les niveaux sableux seront sujets à des fluctuations rapides de teneur en eau, qui influenceront directement sur la teneur en eau des argiles sus-jacentes, donc sur le retrait ou le gonflement de ces dernières.

Les masses d'eau souterraines les plus étendues dans le département de Saône-et-Loire sont les suivantes (Jauffret, 2007) :

- socle antétriasique du Bas-Morvan et du Charollais ;
- domaine marneux de la Bresse ;
- domaine des formations sédimentaires des Côtes chalonaise et mâconnaise ;
- le Jurassique du Charollais ;
- le Stéphano-Permien du bassin de Blanzay, rattaché au bassin de la Loire ;
- le Tertiaire et Plio-quadernaire du Charollais et du Bourbonnais ;
- le socle des Monts du Lyonnais, Beaujolais, Mâconnais et Chalonnais (basse vallée de la Saône) ;
- les alluvions de la Saône entre le confluent du Doubs et les Monts d'Or, et les alluvions de la Grosne.

Il existe d'autres masses d'eau souterraines en Saône-et-Loire, mais leurs extensions géographiques sont moins significatives (inférieures à 500 km²).

5. Caractérisations lithologique, minéralogique et géotechnique des formations retenues

5.1. CRITÈRES DE HIÉRARCHISATION

5.1.1. Critères retenus

Les critères retenus pour l'élaboration de la carte de susceptibilité au phénomène de retrait-gonflement concernent la nature lithologique des formations affleurantes à sub-affleurantes, la minéralogie de leur phase argileuse et le comportement géotechnique du matériau. La carte de susceptibilité ainsi élaborée correspond donc à une hiérarchisation des formations géologiques identifiées, en prenant en compte uniquement ces trois critères.

En effet, d'autres critères de susceptibilité, tels que le contexte hydrogéologique, la topographie, la végétation ou le type de fondation du bâti, 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

Rappelons que le document de base utilisé pour élaborer la carte de susceptibilité est la carte synthétique des formations argileuses et marneuses du département, laquelle a été établie en tenant compte essentiellement de la nature lithologique des formations.

La seconde étape de cette cartographie consiste à hiérarchiser les 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 de caractéristiques quantifiables, estimées pour chacune des 32 formations sélectionnées :

- la nature lithologique des terrains constituant en majorité la formation ;
- la composition minéralogique de sa phase argileuse, évaluée à partir de la proportion de minéraux gonflants (smectites et interstratifiés) ;
- le comportement géotechnique du matériau, évalué à partir de la réactivité du sol vis à vis de l'eau, caractérisée par la valeur de bleu, et dans une moindre mesure par l'importance du retrait possible (mesures de retrait linéaire) en cas de dessèchement, ainsi que par l'étendue de son domaine plastique, évaluée par son indice de plasticité.

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). Pour permettre la réalisation de calculs, les grandes classes lithologiques distinguées ont également été affectées d'une note. Pour les trois caractéristiques naturelles des terrains, cela permet d'attribuer une note de 1 à 4 à chacune des formations identifiées.

Les caractérisations lithologique, minéralogique et géotechnique des 31 formations sont successivement présentées dans les paragraphes suivants.

5.2. CRITÈRE 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. 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 sur la base de l'expertise du géologue régional et ne peut être totalement dépourvue d'une certaine subjectivité dans son appréciation. Sa valeur relative en vue d'une hiérarchisation des formations argileuses est cependant difficilement contestable. Le barème d'attribution des notes lithologiques est le suivant (Illustration 40) :

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

Illustration 40 – Hiérarchisation de la susceptibilité en fonction de la nature argileuse de la formation

5.2.2. Caractérisation lithologique

Sur la base de ces critères, le tableau de l'illustration 41 permet de synthétiser les différentes notes lithologiques attribuées aux trente-deux formations potentiellement sujettes au retrait-gonflement, à partir des descriptions issues des notices des cartes géologiques à 1/50 000.

Numéro	Notation	Formation	Note lithologique
1	X	Remblais	1
2	Cs	Colluvions en terrain sédimentaire	3
3	Cm	Colluvions en zone de socle	1
4	Fz	Alluvions récentes à actuelles et cônes de déjection	2
5	FLv-w	Formation fluvio-lacustre de la rive gauche de la Saône	1
6	Fx-y	Alluvions anciennes à subactuelles et formation fluvio-lacustre de Saint-Cosmes	1
7	LP	Limons des plateaux	1
8	RLP	Formation d'altération argilo-sableuse	2
9	FL	Sables et argiles du Bourbonnais	2
10	p-IVBm	Complexe des Marnes de Bresse	3
11	p-IVBs	Sables et argiles de Bresse	2
12	e5	Sables argileux, marnes et argiles vertes de l'Éocène	3
13	g2-m1-A	Argile à silex et argiles résiduelle d'altération à chailles de l'Oligocène-Miocène	3
14	g2-m1-C	Marno-calcaires de l'Oligocène-Miocène	2
15	n5-6	Sables verts glauconieux de l'Aptien - Albien	1
16	n2-3	Marnes et calcaire argileux du Valanginien	1
17	j5	Calcaire argileux de l'Oxfordien supérieur et du Kimméridgien inférieur	1
18	j3-5	Marnes et calcaires marneux du Bathonien supérieur à l'Oxfordien	2
19	j3	Marnes à Pholadomies du Bathonien supérieur	3
20	j2a	Marno-calcaires du Bajocien supérieur - Bathonien inférieur	3
21	j2b	Calcaire et calcaire argileux à bancs marneux du Bajocien supérieur et du Bathonien	1
22	j1	Calcaire à entroques de l'Aalénien	1
23	l4	Marnes, argiles et "schistes carton" du Toarcien	4
24	l3	Marnes micacées et calcaire à gryphées géantes du Domérien	3
25	l3a	Calcaires marneux à oolites ferrugineuses et à bélemnites du Carixien	2
26	l1-2	Calcaires marneux et calcaires à gryphées du Sinémurien	1
27	t7-11	Argiles et grès blonds du Rhétien-Hettangien	2
28	tA	Argiles versicolores et marnes bariolées du Trias	2
29	tG	Grès argileux du Trias	1
30	r2	Grès et argiles rouges du Saxonien	1
31	r2ab	Formation sablo-argileuse dérivant du Saxonien	3
32	r1	Argilites, grès argileux et schistes bitumineux du Stéphano-Permien	1

Illustration 41 – Note lithologique des formations argileuses retenues

5.3. CRITÈRE MINÉRALOGIQUE

5.3.1. Définition du critère minéralogique et barème

Les phénomènes de retrait-gonflement s'expriment préférentiellement en présence des minéraux argileux appartenant au groupe des smectites (montmorillonite, beidellite, nontronite, saponite, hectorite, sauconite), des vermiculites et, dans une moindre mesure, au groupe des interstratifiés, alternance plus ou moins régulière de feuillets de natures différentes, par exemple smectites/illite ou illite/smectites. La caractérisation minéralogique des argiles se détermine par des analyses de diffractométrie aux rayons X.

Les bornes retenues pour la classification minéralogique, basée sur le pourcentage de minéraux gonflants (smectites, vermiculites et interstratifiés) contenus dans la phase argileuse du matériau, sont respectivement 25 %, 50 % et 80 %. Une note minéralogique a été attribuée à chacune de ces formations en utilisant le barème suivant (Illustration 42).

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

Illustration 42 – Hiérarchisation des formations en fonction du pourcentage de minéraux gonflants

5.3.2. Caractérisation minéralogique

D'une façon générale, les dossiers de demande de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle ne présentent aucune caractérisation qualitative ou quantitative des minéraux argileux composant les formations géologiques identifiées comme sensibles. De rares rapports d'expertise de bâti sinistré, réalisés à la demande des compagnies d'assurance, peuvent parfois indiquer la nature minéralogique des argiles sans la quantifier.

Les éléments tirés de la bibliographie sur ce thème sont inégalement répartis selon les formations considérées. La plupart des données recueillies pour la Saône-et-Loire proviennent des notices des cartes géologiques au 1/50 000. Quelques données recueillies dans des départements voisins lors de la réalisation des cartes d'aléa sont également mentionnées pour les formations d'extension régionale.

Concernant les formations superficielles, les données sont plus discrètes, notamment au point de vue minéralogique. Ces formations sont par définition très hétérogènes et ont pour origine (source) la formation sous-jacente, dont elles reprennent ainsi les caractéristiques. Il faudrait, pour les caractériser pleinement, multiplier les analyses, en

de nombreux points et à différentes profondeurs, ce qui exigerait un budget dépassant largement le cadre de ce projet.

Les données existantes sur les différentes formations sont résumées ci-après (Illustration 43), sachant que le nombre d'échantillons analysés n'est pas toujours clairement exprimé dans la bibliographie scientifique consultée.

Notation	Formation	Note minéralogique	Données sur le département	Données sur les départements limitrophes
X	Remblais	-		
Cs	Colluvions en terrain sédimentaire	2	<p><i>feuille de Saint-Bonnet-de-Joux (601) :</i> A propos des matériaux issus de l'altération et du remaniement des calcaires et marnes du Jurassique : Étudiée pour trois échantillons, la fraction inférieure à 0,005 mm semble formée en moyenne de kaolinite (50 %) et d'interstratifiés du type illite-montmorillonite (50 %). A propos des colluvions issues de ces mêmes matériaux : La fraction inférieure à 0,005 mm est composée de 50 % de kaolinite et 50 % d'illite.</p>	<p>Allier (Colluvions diverses) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>feuille de Moulins (598) :</i> kaolinite (53 %), smectites (38 %), illite (9 %). • <i>feuille de Vichy (646) :</i> à propos des argiles et sables : smectites (30 %), interstratifiés illite-smectite (30 %), kaolinite (40 %). à propos des sables "gros sel" et argiles : smectites (10 %), illite (50 %), kaolinite (40 %). • <i>feuille de Dornes (575) :</i> interstratifiés illite-smectite (92 %, avec 45 % de smectites), kaolinite (5 %), illite (3 %). • <i>feuille de le Mayet-de-Montagne (671) :</i> montmorillonite et kaolinite. • <i>analyse :</i> interstratifiés irréguliers 10-14 Å riches en smectites (80 %), interstratifiés 10-14 Å riches en illite-mica (5 %), illite-mica (5 %), kaolinite (10 %).
Cm	Colluvions en zone de socle	2	<p><i>feuille de Beaujeu (649) :</i> Plusieurs analyses dans les colluvions recouvrant les altérites de socle (sondages localisés dans le nord du département du Rhône) : n° B3a3 : kaolinite (100 %) n° B3c3 : illite (20 %), kaolinite (30 %), vermiculite (30 %), interstratifiés vermiculite-chlorite (20 %) n° 7b2-1 : illite (50 %), kaolinite (20 %), vermiculite (30 %) n° 7c3 : illite (40 %), kaolinite (30 %), vermiculite (30 %) n° 8b1 : illite (10 %), kaolinite (20 %), montmorillonite (70 %)</p> <p>Les minéraux argileux présents dans la fraction argileuse sont l'illite, surtout sur substrat granitique ou de tufs rhyolitiques, la kaolinite en quantité modeste sauf sur substrat de siltite où elle peut en constituer la totalité, la montmorillonite qui semble liée préférentiellement aux roches amphiboliques, la vermiculite rare et l'interstratifié chlorite-vermiculite qui n'apparaît que dans deux cas (sur tufs rhyolitiques et sur microgranites).</p>	<p>Rhône (Colluvions polygéniques du quaternaire) : <i>analyse :</i> sur 1 échantillon : kaolinite (58 %), illite (37 %), smectite ou vermiculite (7 %), interstratifiés (2 %).</p>
Fz	Alluvions récentes à actuelles et cônes de déjection	3	<p><i>feuille de Chagny (553) :</i> kaolinite (30 %), smectite (60 %) et illite (10 %).</p>	<p>Allier (Alluvions récentes) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>feuille de Hérisson (596) :</i> kaolinite (60 %), interstratifiés illite-smectite (14 %), smectites (2 %), chlorite (5 %), tosudite (19 %). • <i>feuille de Montluçon (619) :</i> kaolinite (49 %), smectites (10 %), illite (27 %), chlorite (14 %). <p>Rhône (Alluvions fluviales récentes à actuelles) : <i>analyse :</i> sur 1 échantillon : smectite ou vermiculite (48 %), kaolinite (40 %), illite (12 %).</p>
FLv-w	Formation fluvio-lacustre de la rive gauche de la Saône	-		

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Saône-et-Loire

Notation	Formation	Note minéralogique	Données sur le département	Données sur les départements limitrophes
Fx-y	Alluvions anciennes à subactuelles et formation fluviolacustre de Saint-Cosmes	2	<p><i>feuille de Seurre (527), de Chagny (553), de Pierre-de-Bresse (554) et de Châlon-sur-Saône (579) :</i> La fraction argileuse, toujours inférieure ou au plus égale à la fraction silteuse, est composée de kaolinite (50 à 30 %), de smectite (30 à 40 %) et d'illite (20 à 30 %).</p> <p><i>feuille de Chagny (553) :</i> La matrice argileuse est formée en proportions égales d'illite et de chlorite.</p> <p><i>feuille de Louhans (580) :</i> Les minéraux argileux sont la montmorillonite (la moitié et plus du cortège) puis l'illite et la kaolinite en proportions voisines.</p>	<p>Allier (Alluvions anciennes) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>feuille de Hérisson (596) :</i> à propos des sables grossiers : smectite nettement prédominante. à propos des argiles sableuses : kaolinite dominante. <i>feuille de Montluçon (619) :</i> smectites prédominantes, kaolinite et illite accessoires. <i>feuille de Saint-Pourçain-sur-Sioule (621) :</i> smectite (17 %), illite (33 %), kaolinite (44 %), chlorite (6 %). <i>feuille de Vichy (646) :</i> smectites (27 %), illite (48 %), kaolinite (25 %). <p>Côte d'Or (Fx) : <i>feuille de Dijon (500) :</i> illite (15 %) et montmorillonite (25 %) dans les phases fines.</p> <p>Nièvre (Fu-v-w) : <i>feuille de Nevers (521) :</i> proportions équivalentes d'illite et de kaolinite, légèrement plus riche en illite vers la base.</p> <p>Rhône (Alluvions fluviales torrentielles ou fluvioglaciaires du Würm, du Riss et du Mindel) : <i>analyses :</i> sur 2 échantillons : interstratifiés (29 à 60 %), kaolinite (25 % en moyenne), illite (21 % en moyenne), présence potentielle de smectites ou de vermiculite (0 à 18 %).</p>
LP	Limons des plateaux	3		<p>Allier (Limons des plateaux) : <i>analyse :</i> interstratifiés irréguliers 10-14 Å riches en smectites (25 %), interstratifiés 10-14 Å riches en illite-mica (5 %), illite-mica (40 %), kaolinite (20 %), vermiculite (10 %).</p> <p>Côte d'Or (LP) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>feuille de Tonnerre (404) :</i> montmorillonite (60 %), illite (20 %), kaolinite (20 %). <i>feuille de Mirebeau (470) :</i> illites très altérées. <i>feuille de Dijon (500) :</i> vermiculite et interstratifiés. <i>feuille d'Epinac (525) :</i> riches en vermiculite et smectites, pauvres en illite. <p>Rhône (Loess et limons du quaternaire) : <i>analyse :</i> sur 1 échantillon : interstratifiés (60 %), illite (20 %), kaolinite (20 %).</p>
RLP	Formation d'altération argilo-sableuse	1		<p>Nièvre (Rs) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>feuille de Cosne-sur-Loire (464) :</i> kaolinite (90 %) avec illite et montmorillonite accessoires. <i>feuille de Clamecy (465) :</i> kaolinite (30 à 50 %), illite et interstratifiés illite-smectite faiblement gonflants. <i>feuille de Nevers (521) :</i> kaolinite (90 %), illite, montmorillonite.

Notation	Formation	Note minéralogique	Données sur le département	Données sur les départements limitrophes
FL	Sables et argiles du Bourbonnais	2	<p><i>feuille de Bourbon-Lancy (576) :</i> La fraction argileuse des argiles est à forte proportion de kaolinite accessoirement associée à de la smectite.</p> <p><i>feuille de Bourbon-Lancy (576) et de Dompierre-sur-Besbre (599) :</i> Les dépôts orientaux (Ouest de la Loire), plus fins sur l'ensemble de la série, sont à kaolinite dominante ; les dépôts occidentaux (vallée de l'Allier), plus grossiers, sont à smectite prépondérante, alors que la zone intermédiaire, située entre Loire et Allier, montre une association où kaolinite et smectite sont en proportion équivalente.</p> <p><i>feuille de Toulon-sur-Arroux (577) :</i> La fraction fine argileuse (5 à 35 % du sédiment) est à kaolinite dominante.</p> <p><i>feuille de Montceau-les-Mines (578) et de Saint-Bonnet-de-Joux (601) :</i> Au point de vue minéralogique la fraction inférieure à 0,005 mm est généralement formée de kaolinite et d'illite-montmorillonite mélangées en proportions variables. Parfois ce minéral interstratifié est remplacé par de l'illite et de la vermiculite très subordonnée (10 %).</p> <p><i>feuille de Charlieu (648) :</i> La composition minéralogique des argiles correspond à de la kaolinite (30 %), de la smectite (60 %) et de l'illite (10 %).</p>	<p>Allier (Sables et argiles du Bourbonnais) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>feuille de Dornes (575) :</i> kaolinite (60 à 80 %), smectites (10 à 30 %), illite (0,5 à 10 %). • <i>feuille de Moulins (598) :</i> à propos des bancs silteux ou argileux : montmorillonite (50 %), kaolinite (30 %) et illite (20 %). à propos d'un niveau argileux à la base des sables grossiers : kaolinite dominante (60 à 70 %), smectites (10 à 30 %) et illite (10 à 20 %). à propos des argiles très compactes des plateaux : illite (40 %), kaolinite (30 %) et interstratifiés illite-montmorillonite (30 %). • <i>feuille de Saint-Pourçain-sur-Sioule (621) :</i> à propos des argiles et sables à la base : illite (40 %), smectites (30 %), kaolinite (30 %). à propos des boules silteuses dans les sables à galets : kaolinite (40 %), illite (30 %) et smectites (30 %). • <i>feuille de Vichy (646) :</i> en rive gauche de l'Allier : kaolinite (50 à 60 %), smectites ou interstratifiés illite-smectite (30 à 40 %), illite (10 à 20 %). en rive droite de l'Allier : kaolinite, illite et smectite. • <i>feuille de Maringues (670) :</i> smectites dominantes (50 %, kaolinite (40 %) et illite (10 %). • <i>synthèse de 46 analyses qualitatives et quantitatives :</i> smectites ou interstratifiés illite-smectite (31 %), kaolinite (48 %), illite (20 %). • <i>J. Tourenq :</i> au niveau de la vallée de l'Allier, les smectites sont prépondérantes (contre kaolinite prépondérante à l'ouest de la Loire et kaolinite et smectites équivalentes entre Loire et allier). <p>Nièvre (FL) : <i>feuille de Prémery (495) :</i> kaolinite (100 %) dans un forage; kaolinite (84 %) et illite (16 %) dans un autre.</p>

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Saône-et-Loire

Notation	Formation	Note minéralogique	Données sur le département	Données sur les départements limitrophes
p-IVBm	Complexe des marnes de Bresse	3	<p><i>feuille de Chagny (553) :</i> montmorillonite abondante associée à kaolinite et illite; chlorite et interstratifiés parfois rencontrés en traces.</p> <p><i>feuille de Pierre-de-Bresse (554) :</i> - A propos des argiles et argiles sableuses : Parmi les argiles, la montmorillonite précède, dans l'ordre d'abondance, l'illite, elle-même un peu plus fréquente que la kaolinite. - A propos des marnes, argiles et silts parfois carbonatés : minéralogie des argiles assez constante : montmorillonite dominant largement l'illite, elle-même, légèrement plus abondante que la kaolinite : chlorite et interstratifiés en traces et localisés.</p> <p><i>feuille de Louhans (580) :</i> Montmorillonite (fréquemment plus de la moitié du cortège), illite et kaolinite, un peu de chlorite et quelques interstratifiés, vermiculite rare.</p> <p><i>feuille de Tournus (602) :</i> - A propos des marnes et argiles pliocènes de la Bresse : kaolinite et illite dominant. - A propos des argiles de Satonnay : kaolinite, illite et interstratifiés illite-montmorillonite.</p> <p><i>feuille de Montpont-en-Bresse (603) :</i> montmorillonite (de loin l'élément le plus abondant), kaolinite et illite; chlorite et interstratifiés parfois rencontrés en traces.</p> <p><i>feuille de Mâcon (625) :</i> - A propos des argiles de Satonnay (Monts du Mâconnais) : kaolinite, illite généralement dominante, interstratifiés illite-montmorillonite. - A propos des marnes et argiles du domaine bressan : argiles bleues à kaolinite et illite.</p> <p><i>Expertises et Bureau d'études :</i> - Commune de Ménétreuil : les marnes de Bresse sont essentiellement constituées de smectites, avec illite et kaolinite subordonnées. - Commune de Beaurepaire-en-Bresse : sables argileux : 8 à 23 % d'argiles, principalement de la kaolinite. limons argileux : 45 % d'argiles, à kaolinites majoritaires et fraction importante d'illites. argiles bariolées : kaolinite et hydroxydes de fer.</p>	
p-IVBs	Sables et argiles de Bresse	3	<p><i>feuille de Beaune (526) :</i> Minéralogie de la fraction argileuse des silts sur 8 échantillons : kaolinite et montmorillonite dominantes, illite subordonnée.</p> <p><i>feuille de Chagny (553) :</i> fraction argileuse des échantillons non calcaire : kaolinite (30 %), smectite (50 %), illite (20 %). fraction argileuse des échantillons carbonatés : kaolinite (10 %), smectite (70 %), illite (20 %).</p> <p><i>feuille de Pierre-de-Bresse (554) :</i> - A propos des sables et silts quartzeux : Les argiles sont constituées de montmorillonite dominante, de kaolinite et d'illite en quantités égales, et quelquefois de chlorite ou d'interstratifiés illite-montmorillonite.</p> <p><i>feuille de Montpont-en-Bresse (603) :</i> kaolinite (40 %) et montmorillonite (60 %). Une analyse dans une carrière a donné : kaolinite (10 %), montmorillonite (70 %) et illite (20 %).</p>	<p>Côte d'Or (p-IV) : <i>feuille de Seurre (527) :</i> montmorillonite abondante, associée à kaolinite et illite.</p>

Notation	Formation	Note minéralogique	Données sur le département	Données sur les départements limitrophes
e5	Sables argileux, marnes et argiles vertes de l'Éocène	2	<p><i>feuille de Bourbon-Lancy (576) :</i> En général, la kaolinite est dominante. Seule la base des sondages est à smectite dominante. L'illite est prépondérante dans les marnes de la base d'un sondage de 7,20 m.</p> <p><i>feuille de Dompierre-sur-Besbre (599) :</i> Association de kaolinite et d'illite dans les termes détritiques bariolés, et association d'illite et de montmorillonite dans le terme argilo-carbonaté supérieur</p>	<p>Nièvre (e5-m1C) : <i>feuille de Prémery (495) :</i> kaolinite (66 %), interstratifiés illite-smectite (28 %), illite (6 %).</p> <p>Nièvre (e5-m1MS) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>feuille de Fours (550) :</i> kaolinite prédominante sur smectites et illite. • <i>feuille de Saint-Fargeau (433) :</i> parfois smectites abondantes, parfois kaolinite dominante associée ou non à des interstratifiés illite-smectite; dans la formation du versant Eocène : kaolinite (60 %), montmorillonite (30 %) et illite (10 %).
g2-m1-A	Argile à silex et argiles résiduelles d'altération à chailles de l'Oligocène-Miocène	2	<p><i>feuille de Dompierre-sur-Besbre (599) :</i> Association de kaolinite, d'illite et de montmorillonite dans les termes détritiques du tertiaire</p> <p><i>feuille de Saint-Bonnet-de-Joux (601) :</i> La fraction inférieure à 0,005 mm de deux échantillons d'argile sableuse rubéfiée se compose de kaolinite (50 à 90 %) et d'un interstratifié illite-montmorillonite (10 à 50 %). Un troisième échantillon est formé de kaolinite (50 %) et de montmorillonite (50 %).</p> <p><i>feuille de Charlieu (648) :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - à propos des paléosols ferrugineux : fraction inférieure à 0,002 mm : prépondérance de la kaolinite associée à l'illite (10 % au plus). - à propos des argiles, argiles sableuses et sables intercalés : La composition minéralogique est presque constante : kaolinite (30 %), smectite (60 %) et illite (10 %), même en profondeur. - à propos des calcaires, marnes, argiles et sables : les rapports sont approximativement identiques à ceux des couches argileuses (prépondérance de la smectite). 	<p>Allier (Argiles vertes et marnes de l'Oligocène) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>feuille de Vichy (646) :</i> à propos des marnes et argiles : d'après une analyse : illite (40 à 70 %, exceptionnellement 100 %) et des smectites (30 à 60 %); d'après deux autres analyses : smectites (74 et 82 %) et illite (7 et 18 %), parfois kaolinite (19 %). à propos des calcaires et marnes : kaolinite (30 à 40 %), illite (40 à 60 %), smectites (20 %). à propos de l'ensemble marneux : kaolinite (40 à 50 %) et interstratifiés illite-smectite (50 à 60 %). <i>feuille d'Aigueperse (669) :</i> interstratifiés illite-montmorillonite nettement prédominants, avec parfois kaolinite. • <i>feuille de Maringues (670) :</i> smectites (50 à 60 %) et illite (40 à 50 %, exceptionnellement 100 %). • <i>analyse :</i> interstratifiés irréguliers 10-14 Å riches en smectites (25 %), illite-mica (45 %), kaolinite (30 %). <p>Rhône (Sables argileux du Miocène supérieur marin) : <i>feuille de Bourgoin-Jallieu (723) :</i> Niveaux argileux souvent superposés aux niveaux sableux et à galets : illite (30%), chlorite (25%), montmorillonite (45 %)</p>

Notation	Formation	Note minéralogique	Données sur le département	Données sur les départements limitrophes
g2-m1-C	Marno-calcaires de l'Oligocène-Miocène	3	<p><i>feuille de Chagny (553) :</i> L'analyse minéralogique de la fraction argileuse indique kaolinite (20 %), illite (40 %) et interstratifiés illite-smectite (40 %).</p> <p><i>feuille de Dompierre-sur-Besbre (599) :</i> Association d'illite et de montmorillonite dans les termes marneux du tertiaire, avec éventuelle kaolinite à la base</p>	<p>Allier (Formations de l'Oligocène et du Miocène) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>feuille de Hérisson (596) :</i> kaolinite dominante et illite, souvent smectites en proportions variables. <i>feuille de Bourbon-l'Archambault (597) :</i> interstratifiés illite-smectite (32 à 38 %, dont moins de 40 % de smectites), illite (35 à 37 %), kaolinite (25 à 33 %). <i>feuille de Moulins (598) :</i> smectites sous forme de montmorillonite seule ou d'interstratifiés illite-smectite (73 à 80 %), illite (7 à 17 %) et/ou kaolinite (10 à 13 %). <i>feuille de Montluçon (619) :</i> smectites et kaolinite, accompagnées d'illite. <i>feuille de Montmarault (620) :</i> illite (50 %), kaolinite et un peu de smectites 14 Å, associées à des interstratifiés illite-smectite. <i>feuille de Saint-Pourçain-sur-Sioule (621) :</i> à propos des argiles vertes plus ou moins sableuses ou calcaires : essentiellement montmorillonite et illite, exceptionnellement kaolinite. à propos des marnes : smectites prédominantes sous forme de montmorillonite seule (80 %) ou d'interstratifiés illite-smectite (71 à 90 %), illite (6 à 29 %) et parfois kaolinite (jusqu'à 6 %). <i>feuille de Vichy (646) :</i> à propos des alternances de sables, argiles et marnes : smectites dominantes, illite et kaolinite. à propos des argiles et marnes associées aux grès : kaolinite dominante, illite et exceptionnellement interstratifiés illite-smectite. à propos des alternances de sables argileux et d'argiles vertes : smectites dominantes, kaolinite, illite. à propos des marnes associées aux calcaires concrétionnés, calcarénites et sables quartzo-feldspathiques : smectites (50 à 90 %), illite (10 à 50 %). à propos des marnes et argiles vertes associées aux sables : smectites dominantes, illite et kaolinite. à propos de l'arkose : kaolinite prépondérante sur l'illite, elle-même prépondérante sur les interstratifiés illite-smectite. <i>feuille d'Aigueperse (669) :</i> montmorillonite, illite et kaolinite. <i>feuille de Marignies (670) :</i> à propos des argiles sableuses alternant avec des sables fins et grossiers : proportions variables de smectites, kaolinite et illite. à propos des argiles de l'Oligocène supérieur : smectite dominante (70 %), kaolinite (20 %) et illite (10 %). <i>analyse :</i> interstratifiés irréguliers 10-14 Å riches en smectites (20 %), interstratifiés 10-14 Å riches en illite-mica (5 %), illite-mica (50%), kaolinite (25 %). <p>Côte d'Or (g1-2) : <i>feuille de Mirebeau (470) :</i> phase détritique silto-argileuse composée de montmorillonite et de kaolinite.</p> <p>Rhône (Marnes "saumon" et sables aréniques et calcaires de l'Oligocène) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>feuille de Tarare (697) :</i> Conglomérats calcaires dans une matrice argilo-calcaire. La base de la coupe montre un niveau d'argile (2/3 illite, 1/3 kaolinite) enclavant un banc discontinu de calcaire (1). <i>analyse :</i> sur 1 échantillon: smectites ou vermiculite (70 %), kaolinite (26 %), illite (4 %).

Notation	Formation	Note minéralogique	Données sur le département	Données sur les départements limitrophes
n5-6	Sables verts glauconieux de l'Aptien - Albien	-		
n2-3	Marnes et calcaire argileux du Valanginien	-		
j5	Calcaire argileux de l'Oxfordien supérieur et du Kimméridgien inférieur	1	<p><i>feuille de Chagny (553) :</i> Les petits bancs de calcaire sont séparés parfois par des joints argileux à illite, kaolinite, interstratifiés, goéthite.</p> <p><i>feuille de Châlon-sur-Saône (579) :</i> Dans les bancs calcaires les teneurs en carbonate sont voisines de 95 % ; dans les interbancs elles oscillent entre 65 et 90 %, avec un résidu insoluble essentiellement constitué par des grains de quartz anguleux auxquels s'associent des minéraux argileux (illite, kaolinite, interstratifiés).</p>	<p>Côte d'Or (j5b) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>feuille d'Is-sur-Tille (439) :</i> illite, kaolinite et interstratifiés dans la phase argileuse. • <i>feuille de Mirebeau (470) :</i> illite et illite-vermiculite dans la phase argileuse, avec kaolinite dans les termes les plus élevés. <p>Rhône (Calcaires marneux et marnes de l'Oxfordien moyen) : <i>Analyse :</i> illite (50 %), kaolinite (50 %).</p>
j3-5	Marnes et calcaires marneux du Bathonien supérieur à l'Oxfordien	1		<p>Côte d'Or (j5a) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>feuille d'Is-sur-Tille (439) :</i> illite et interstratifiés. • <i>feuille de Saint-Seine-l'Abbaye (469) :</i> illite (40 à 70 %), smectites (0 à 40 %) et interstratifiés (0 à 60 %). • <i>feuille de Mirebeau (470) :</i> illite et illite-vermiculite à la base, se chargeant en kaolinite vers le haut; plutôt illite à l'ouest. <p>Nièvre (j3a-4a) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>analyse :</i> kaolinite (28 %), interstratifiés illite-smectite (13 %) et illite-mica (59 %). • <i>analyse :</i> kaolinite (26 %), interstratifiés illite-smectite (15 %) et illite-mica (59 %). <p>Rhône (Calcaires marneux et marnes du Bathonien moyen à Callovien) : <i>Analyse :</i> sur 1 échantillon : illite (58 %), kaolinite (42 %).</p>
j3	Marnes à Pholadomies du Bathonien supérieur	-		
j2a	Marno-calcaires du Bajocien supérieur - Bathonien inférieur	-		
j2b	Calcaire et calcaire argileux à bancs marneux du Bajocien supérieur et du Bathonien	2		<p>Côte d'Or (j2) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>feuille de Recey-sur-Orce (406) :</i> illite, kaolinite et interstratifiés. • <i>feuille d'Aignay-le-Duc (438) :</i> illite et kaolinite. • <i>feuille de Saint-Seine-l'Abbaye (469) :</i> illite et kaolinite. <p>Nièvre (j3b-4b) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>analyse :</i> kaolinite (55 %), interstratifiés illite-smectite (31 %) et illite-mica (14 %). • <i>analyse :</i> interstratifiés illite-smectite (27 %) et illite-mica (73 %).
j1	Calcaire à entroques de l'Aalénien	2		<p>Nièvre (j2a-3a) : <i>analyse sur des marnes de la formation :</i> interstratifiés illite-smectite (76 %) et illite-mica (24 %).</p>

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Saône-et-Loire

Notation	Formation	Note minéralogique	Données sur le département	Données sur les départements limitrophes
l4	Marnes, argiles et "schistes carton" du Toarcien	2	<i>feuille de Paray-le-Monial (600) :</i> Dans les profils d'altération, les insolubles (Fe-Si-Al) se concentrent et les argiles recristallisent en kaolinite.	Côte d'Or (l4) : <ul style="list-style-type: none"> <i>feuille de Recey-sur-Ource (406) :</i> kaolinite et illite en très grande majorité, chlorite en faibles proportions. <i>feuille d'Aignay-le-Duc (438) :</i> illite et kaolinite, muscovite très abondante, biotite et chlorite fréquentes. <i>feuille de Saint-Seine-l'Abbaye (469) :</i> kaolinite et illite nettement dominantes, quartz, muscovite, chlorite et plus rarement biotite. Nièvre (l4) : <i>analyse :</i> interstratifiés illite-smectite (87 %) et illite-mica (13 %). Rhône (Marnes et calcaires du Toarcien et Alanien inférieur) : <i>Analyse :</i> sur un échantillon : kaolinite (69 %), illite (22 %), smectites ou vermiculite (9 %).
l3	Marnes micacées et calcaire à gryphées géantes du Domérien	2	<i>feuille de Saint-Bonnet-de-Joux (601) :</i> L'analyse minéralogique révèle, soit une prédominance de l'illite, associée à des interstratifiés gonflants, soit l'association illite, kaolinite, smectite.	Rhône (Marnes et calcaires roux du Domérien et Toarcien) : <i>Analyse :</i> sur 1 échantillon : kaolinite (67 %), illite (25 %), smectites ou vermiculite (8 %). Rhône (Marnes grises et calcaires du Pliensbachien) : <i>Analyse :</i> sur 2 échantillons : kaolinite (60 % en moyenne), illite (22 % en moyenne), interstratifiés (15 à 21 %).
l3a	Calcaires marnoux à oolites ferrugineuses et à bélemnites du Carixien	-		
l1-2	Calcaires marnoux et calcaires à gryphées du Sinémurien	3	<i>Expertises et Bureaux d'études :</i> - Commune de Saint-Mard-de-Vaux : dans les alternances de calcaires et de marnes liasiques : montmorillonites et interstratifiés.	Allier (Formations du Jurassique inférieur) : <i>analyse :</i> interstratifiés 10-14 Å riches en smectites (15 %), interstratifiés 10-14 Å riches en illite-mica (5 %), illite-mica (50 %), kaolinite (15 %), chlorite (15 %). Rhône (Calcaires marnoux du Sinémurien et du Carixien) : <i>Analyse :</i> sur 1 échantillon : interstratifiés (54 %), kaolinite (30 %), illite (16 %).
t7-l1	Argiles et grès blonds du Rhétien-Hettangien	2	<i>Expertises et Bureaux d'études :</i> - Commune de Saint-Mard-de-Vaux : dans les marnes bariolées du Keuper, dominance de l'illite et de la vermiculite.	Nièvre (t7-l1) : <ul style="list-style-type: none"> <i>analyse :</i> interstratifiés illite-mica (100 %). <i>analyse :</i> interstratifiés illite-mica (96 %) et kaolinite (4 %). <i>feuille de Lurcy-Lévis (574) :</i> kaolinite (16 %), illite (25 %) et smectite (59 %). Allier (Formations du Trias) : <i>analyse :</i> smectites (59 %), illite (25 %), kaolinite (16 %). Rhône (Argiles et dolomies du Rhétien) : <i>Analyse :</i> sur 1 échantillon : illite (58 %), interstratifiés (25 %), kaolinite (17 %).
tA	Argiles versicolores et marnes bariolées du Trias	3	<i>feuille de Saint-Bonnet-de-Joux (601) :</i> La minéralogie des argiles montre une prédominance de l'illite associée à de la kaolinite pour la subdivision lithologique inférieure. Dans les niveaux gypsifères apparaissent, en plus, des minéraux interstratifiés (chlorite gonflante). L'association smectite-illite avec peu de kaolinite caractérise la partie supérieure.	

Notation	Formation	Note minéralogique	Données sur le département	Données sur les départements limitrophes
tG	Grès argileux du Trias	1	<p><i>feuille de Saint-Bonnet-de-Joux (601) et de Cluny (624) :</i> A propos du complexe sablo-argileux dérivé du Trias gréseux : prédominance de la fraction inférieure à 0,002 mm (40 à 60 %). Dans la fraction inférieure à 0,005 mm, la kaolinite (60 à 70 %) prédomine sur les minéraux micacés et la montmorillonite ou sur les minéraux argileux interstratifiés.</p> <p><i>feuille de Saint-Bonnet-de-Joux (601) :</i> - A propos du Trias à faciès gréseux : Des lits d'argilites vertes à dominante d'illite associée à très peu de kaolinite, existent fréquemment à la base. - A propos de l'altération du Trias à faciès gréseux : Étudiée pour un seul échantillon, la fraction inférieure à 0,005 mm est composée de kaolinite (40 %) et d'illite (60 %).</p>	<p>Allier (Formations du Trias) : <i>analyse</i> : interstratifiés 10-14 Å riches en illite-mica (5 %), illite-mica (80 %), kaolinite (15 %).</p> <p>Rhône (Marnes, grès et cargneules du Trias) : <i>Analyse</i> : sur 2 échantillons : illite (47 % en moyenne, kaolinite (29 % en moyenne), interstratifiés (3 à 42 %).</p> <p>Rhône (Marnes bariolées et grès du Keuper) : <i>Analyse</i> : sur 1 échantillon : illite (91 %), kaolinite (9 %).</p>
r2	Grès et argiles rouges du Saxonien	2		<p>Allier (Formations de l'Autunien rouge et du Saxonien) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>feuille de Hérisson (596) :</i> kaolinite associée à la séricite. • <i>feuilles de Hérisson (596), Bourbon-l'Archambault (597) et Montluçon (619) :</i> kaolinite dominante avec un peu d'illite souvent associée à un interstratifié irrégulier illite-smectite. • <i>feuilles de Montluçon (619) et Montmarault (620) :</i> illite, smectites (dominantes ou en proportions équivalentes avec l'illite) et kaolinite subordonnée. • <i>analyse</i> : interstratifiés irréguliers 10-14 Å riches en smectites (15 %), illite-mica (20 %), kaolinite (65 %).
r2a-b	Formation sablo-argileuse dérivant du Saxonien	2	<p><i>feuille de Montceau-les-Mines (578) :</i> Du point de vue minéralogique, il faut noter une croissance de la kaolinite (de 30 à 80 %), du haut vers le bas, avec une décroissance correspondante de l'illite (de 40 à 20 %) . Les minéraux argileux interstratifiés sont connus seulement dans le premier mètre.</p>	
r1	Argilites, grès argileux et schistes bitumineux du Stéphano-Permien	2		<p>Allier (Formations du Stéphaniens) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>feuilles de Hérisson (596) et Montluçon (619) :</i> smectites généralement dominantes (>33 %), illite et kaolinite, parfois chlorite. • <i>analyse</i> : interstratifiés mal définis légèrement gonflants (15 %), illite-mica (25 %), kaolinite (45 %) et vermiculite (15 %). <p>Allier (Formations de l'Autunien gris) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>feuille de Bourbon-l'Archambault (597) :</i> kaolinite et interstratifiés illite-montmorillonite. • <i>feuilles de Montluçon (619) et Montmarault (620) :</i> illite et interstratifiés irréguliers illite-smectite, avec parfois kaolinite. • <i>analyse</i> : interstratifiés 10-14 Å riches en illite-mica (30 %), illite-mica (45 %), kaolinite (25 %). <p>Rhône (Argiles, grès arkosiques et schistes du Stéphaniens supérieur) : <i>Analyse</i> : sur 1 échantillon : interstratifiés (60 %), illite (20 %), kaolinite (20 %).</p>

Illustration 43 – Données et notes minéralogiques des formations argileuses retenues

5.4. CRITÈRE GÉOTECHNIQUE

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.

Les expertises de sinistres qui ont pu être consultées indiquent 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 ici utilisés pour caractériser le comportement géotechnique du matériau vis à vis du phénomène de retrait-gonflement sont la valeur de bleu, le retrait linéaire, et l'indice de plasticité. 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.

5.4.2. Teneur en eau (W_n)

Les profils de teneur en eau en fonction de la profondeur de prélèvement (constitués généralement d'une dizaine de mesures réalisées à différentes profondeurs, jusqu'à 4 à 5 m) donnent des indications intéressantes sur la teneur en eau des couches superficielles au moment de la mesure, et par conséquent de leur éventuel état déficitaire.

D'une manière générale, les courbes de profil hydrique sont assez hétérogènes, en « dents de scie », en raison de l'hétérogénéité des matériaux de surface. Les teneurs en eau sont généralement plus faibles en surface, jusqu'à 3 m de profondeur, ce qui traduit bien un assèchement (réversible) des couches superficielles. Pour de nombreux sinistres cependant, la teneur en eau est supérieure en surface (1 à 2 m de profondeur), ce qui indique qu'il y a eu ré-humidification des couches superficielles.

Les profils de teneur en eau exigent d'être interprétés avec précaution. En tout état de cause, la signification de ces profils hydriques ne peut être que locale, à la fois dans l'espace (des sondages effectués à quelques mètres de distance indiquent souvent des variations importantes) et dans le temps (ils indiquent seulement le degré d'humidification du sol au moment de la mesure et sont donc susceptibles d'évolution). Ce type de mesure présente un grand intérêt lors de l'expertise d'un sinistre, mais n'apporte en définitive que peu d'information dans le cadre d'une étude de la susceptibilité à l'échelle départementale.

5.4.3. Indice de plasticité (I_p)

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 (W_l) et la limite de plasticité (W_p) 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.

On considère généralement que la susceptibilité d'une argile au retrait-gonflement varie en fonction de l'indice de plasticité I_p 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

Illustration 44 – Barème d'évaluation de la susceptibilité au retrait-gonflement en fonction de l'indice de plasticité de la formation

L'expérience acquise au travers des études déjà réalisées montre cependant que ces coupures sont mal corrélées avec les valeurs de bleu (paragraphe suivant) et que des adaptations sont nécessaires. En particulier, les seuils à 12 et 25 semblent plutôt devoir être décalés vers 15 et 30.

5.4.4. Essais au bleu de méthylène (Vb)

Ils permettent 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.

Cet essai a été développé par Tran Ngoc Lan (1977) et adopté comme procédure d'essai officielle des Laboratoires des Ponts et Chaussées, puis normalisé (norme AFNOR NF P 18-592). Il consiste à mesurer la capacité d'adsorption en 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. On appelle cette quantité, la valeur de bleu, notée Vb et exprimée en grammes de bleu par 100 g de matériau. On considère généralement (Chassagneux *et al.*, 1998) 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

Illustration 45 – Barème d'évaluation de la susceptibilité au retrait-gonflement en fonction de la valeur au bleu de méthylène de la formation

5.4.5. 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 la teneur en eau. Lors de la seconde, 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.

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
$0,4 \leq RI < 0,65$	moyenne	2
$0,65 \leq RI < 0,75$	forte	3
$RI \geq 0,75$	très forte	4

Illustration 46 – Barème d'évaluation de la susceptibilité au retrait-gonflement en fonction du retrait linéaire de la formation

Aucune valeur de retrait linéaire n'a pu être collectée dans le cadre de cette étude, bien que des essais de retrait volumétrique aient pu être recueillis.

5.4.6. Coefficient de gonflement (Cg)

L'essai de gonflement à l'œdomètre (ASTM 90) 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
$Cg < 0,025$	faible	1
$0,025 \leq Cg < 0,035$	moyenne	2
$0,035 \leq Cg < 0,055$	forte	3
$Cg \geq 0,055$	très forte	4

Illustration 47 – Barème d'évaluation de la susceptibilité au retrait-gonflement en fonction du coefficient de gonflement de la formation

Aucune valeur de ce paramètre n'a pu être obtenue dans la Saône-et-Loire, mais des valeurs de rapports de gonflement ont été recueillies.

5.4.7. Caractérisation géotechnique

Les sources des données ici présentées proviennent principalement de dossiers de bureaux d'études qui nous ont aimablement permis de consulter leurs archives (Hydro'Géotechnique, ICSEO, Antéa, ...), ainsi que des archives du Laboratoire Régional de l'Équipement (LRPC) d'Autun, exploitées sur financement de la Direction Départementale de l'Équipement (DDE) de Saône-et-Loire. Nous remercions donc ces organismes pour leur précieuse collaboration.

Quelques autres résultats nous ont été fournis par les communes en retour de courrier d'enquête et par la préfecture. Ces analyses sont principalement issues de bureaux d'étude (en particulier Géotec, très actif sur le département) et du Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées (LRPC) d'Autun. D'autres données proviennent de la consultation de dossiers de sinistres auprès des assurances (CCR, MAAF) et de la consultation d'archives du BRGM. Enfin, quelques données nous ont été communiquées directement par des particuliers concernés.

Toutes les valeurs géotechniques recueillies pour les formations argileuses retenues ont été synthétisées dans le tableau de l'illustration 48.

Sur l'ensemble du département, les données recueillies se répartissent ainsi :

- Indice de plasticité : 278 données ont été obtenues à partir des réponses des communes et de la préfecture, des bureaux d'études Hydro'Géotechnique, ICSEO et Antéa, de la CCR et de la MAAF, du LRPC d'Autun, des archives du BRGM et de particuliers. Les laboratoires ayant procédé à ces essais sont essentiellement Hydro'Géotechnique, le LRPC d'Autun, le BRGM, ICSEO, Géotec et Antéa. Ces données ont été complétées par 1 216 valeurs d'indices de plasticité recueillies dans les départements limitrophes dans le cadre d'études similaires (Côte d'Or, Nièvre, Allier et Rhône) ;
- Valeur de bleu : 34 données ont été obtenues à partir des réponses de communes, du bureau d'étude Hydro'Géotechnique et du LRPC d'Autun. Les laboratoires ayant procédé à ces essais sont essentiellement Hydro'Géotechnique, le LRPC d'Autun et Sol Conseil. Ces données ont été complétées par 346 valeurs de bleu recueillies dans les départements limitrophes dans le cadre d'études similaires (Nièvre, Allier et Rhône, les valeurs de bleu recueillies en Côte d'Or s'avérant peu exploitables dans ce cadre).

En définitive, les données dont nous avons pu disposer permettent de caractériser la presque totalité des formations à l'exception des *Marnes et calcaire argileux du Valanginien* (n2-3) et de la *Formation sablo-argileuse dérivant du Saxonien* (r2ab).

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Saône-et-Loire

Code	Notation	Formation	Note géotech	Données recueillies en Saône-et-Loire												Données recueillies dans les départements voisins												
				Vb (g/100 g)				Ip				Rapport de gonflement				Retrait volumétrique				Vb (g/100 g)		Ip		Coefficient de gonflement		Retrait linéaire		
				Nb éch.	Min	Moy	Max	Nb éch.	Min	Moy	Max	Nb éch.	Min	Moy	Max	Nb éch.	Min	Moy	Max	Nb éch.	Moy	Nb éch.	Moy	Nb éch.	Moy			
1	X	Remblais	1					3	13	23,00	35																	
2	Cs	Colluvions en terrain sédimentaire	2	1	3,12	3,12	3,12	25	16	29,60	50							1	2,00	40	22,26							
3	Cm	Colluvions en zone de socle	2															24	4,19	68	23,78	4	0,0193					
4	Fz	Alluvions récentes à actuelles et cônes de déjection	1	1	1,3	1,3	1,3	30	7	25,31	56							46	1,91	248	20,46							
5	FLV-w	Formation fluvio-lacustre de la rive gauche de la Saône	1	4	0,13	0,83	1,84	3	13	15,67	17																	
6	Fx-y	Alluvions anciennes à subactuelles et formation fluvio-lacustre de Saint-Cosmes	1	17	0,19	2,08	6,3	68	6	20,01	45	3	0,1	0,42	0,75	3	0,019	0,02	0,027	83	3,59	190	27,21	1	0,0100	3	0,280	
7	LP	Limons des plateaux	1	1	1,34	1,34	1,34	5	9	16,00	20							23	1,66	70	18,83							
8	RLP	Formation d'altération argilo-sableuse	2															11	4,72	28	37,40							
9	FL	Sables et argiles du Bourbonnais	2					13	18	31,64	55							15	2,35	128	25,97							
10	p-IVBm	Complexe des Marnes de Bresse	2	2	4,1	4,48	4,85	30	9	26,47	51	1	0,4	0,40	0,4	1	0,023	0,02	0,023									
11	p-IVBs	Sables et argiles de Bresse	2	1	4,1	4,10	4,1	30	7,5	25,97	49,4	2	0,02	0,03	0,04					51	19,79							
12	e5	Sables argileux, marnes et argiles vertes de l'Éocène	3															6	7,20	9	26,20							
13	g2-m1-A	Argile à silex et argiles résiduelle d'altération à chailles de l'Oligocène-Miocène	2					3	26	30,00	37							3	3,60	53	23,93							
14	g2-m1-C	Marno-calcaires de l'Oligocène-Miocène	2					5	18	28,72	37							3	3,27	10	29,68							
15	n5-6	Sables verts glauconieux de l'Aptien - Albien	2																	3	19,33							
16	n2-3	Marnes et calcaire argileux du Valanginien	-																									
17	j5	Calcaire argileux de l'Oxfordien supérieur et du Kimmeridgien inférieur	3					2	25	28,00	31							1	6,28									
18	j3-5	Marnes et calcaires marneux du Bathonien supérieur à l'Oxfordien	3					8	11	28,50	58	1	0,2	0,20	0,2	1	0,026	0,03	0,026	31	5,83	24	23,32					
19	j3	Marnes à Pholadomies du Bathonien supérieur	2					2	20	27,00	34																	
20	j2a	Marno-calcaires du Bajocien supérieur - Bathonien inférieur	2															55	3,94	70	25,39	1	0,014					
21	j2b	Calcaire et calcaire argileux à bancs marneux du Bajocien supérieur et du Bathonien	2					1	30	30,00	30																	
22	j1	Calcaire à entroques de l'Aalénien	2					1	28	28,00	28							3	4,25	12	29,67							
23	i4	Marnes, argiles et "schistes carton" du Toarcien	2					1	21	21,00	21							6	4,14	45	28,44	2	0,0077					
24	i3	Marnes micacées et calcaire à gryphées géantes du Domérien	2	1	0,22	0,22	0,22	7	21	28,86	36							12	2,97	79	21,68							
25	i3a	Calcaires marneux à oolites ferrugineuses et à bélemnites du Carixien	2															1	6,50	18	26,90							
26	i1-2	Calcaires marneux et calcaires à gryphées du Sinémurien	2					5	21	27,80	32							4	5,02	26	26,48							
27	t7-11	Argiles et grès blonds du Rhétien-Hettangien	2					3	27	29,33	32							2	4,16	21	24,93							
28	tA	Argiles versicolores et marnes bariolées du Trias	2															2	2,72	3	22,30							
29	tG	Grès argileux du Trias	2															9	3,12	14	21,73							
30	r2	Grès et argiles rouges du Saxonien	2					16	8,5	24,78	71							2	4,20	6	30,20							
31	r2ab	Formation sablo-argileuse dérivant du Saxonien	-																									
32	r1	Argilites, grès argileux et schistes bitumineux du Stéphano-Permien	2															3	3,69									

Illustration 48 – Synthèse des données géotechniques recueillies

6. Élaboration de la carte de susceptibilité

6.1. 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 générale vis à vis du retrait-gonflement. Pour les formations dont l'une des caractéristiques n'a pu être évaluée, la moyenne est effectuée à partir des deux autres notes. La moyenne ainsi 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 ≤ 2	faible
$2 < \text{valeur} \leq 3$	moyen
valeur > 3	fort

Illustration 49 – Barème d'attribution d'un niveau de susceptibilité d'une formation argileuse

Moyennant ce traitement, les notes de susceptibilité attribuées aux 32 formations retenues comme argileuses sont les suivantes (Illustration 50) :

Code	Notation	Formation	Note lithologique	Note minéralogique	Note géotechnique	Indice de susceptibilité	Niveau de susceptibilité
1	X	Remblais	1	-	1	1,00	Faible
2	Cs	Colluvions en terrain sédimentaire	3	2	2	2,33	Moyen
3	Cm	Colluvions en zone de socle	1	2	2	1,67	Faible
4	Fz	Alluvions récentes à actuelles et cônes de déjection	2	3	1	2,00	Faible
5	FLv-w	Formation fluvio-lacustre de la rive gauche de la Saône	1	-	1	1,00	Faible
6	Fx-y	Alluvions anciennes à subactuelles et formation fluvio-lacustre de Saint-Cosmes	1	2	1	1,33	Faible
7	LP	Limons des plateaux	1	3	1	1,67	Faible
8	RLP	Formation d'altération argilo-sableuse	2	1	2	1,67	Faible
9	FL	Sables et argiles du Bouronnais	2	2	2	2,00	Faible
10	p-IVBm	Complexe des Marnes de Bresse	3	3	2	2,67	Moyen
11	p-IVBs	Sables et argiles de Bresse	2	3	2	2,33	Moyen
12	e5	Sables argileux, marnes et argiles vertes de l'Éocène	3	2	3	2,67	Moyen
13	g2-m1-A	Argile à silex et argiles résiduelle d'altération à chailles de l'Oligocène-Miocène	3	2	2	2,33	Moyen
14	g2-m1-C	Marno-calcaires de l'Oligocène-Miocène	2	3	2	2,33	Moyen
15	n5-6	Sables verts glauconieux de l'Aptien - Albien	1	-	2	1,50	Faible
16	n2-3	Marnes et calcaire argileux du Valanginien	1	-	-	1,00	Faible
17	j5	Calcaire argileux de l'Oxfordien supérieur et du Kimméridgien inférieur	1	1	3	1,67	Faible
18	j3-5	Marnes et calcaires marneux du Bathonien supérieur à l'Oxfordien	2	1	3	2,00	Faible
19	j3	Marnes à Pholadomies du Bathonien supérieur	3	-	2	2,50	Moyen
20	j2a	Marno-calcaires du Bajocien supérieur - Bathonien inférieur	3	-	2	2,50	Moyen
21	j2b	Calcaire et calcaire argileux à bancs marneux du Bajocien supérieur et du Bathonien	1	2	2	1,67	Faible
22	j1	Calcaire à entroques de l'Aalénien	1	2	2	1,67	Faible
23	i4	Marnes, argiles et "schistes carton" du Toarcien	4	2	2	2,67	Moyen
24	i3	Marnes micacées et calcaire à gryphées géantes du Domérien	3	2	2	2,33	Moyen
25	i3a	Calcaires marneux à oolites ferrugineuses et à bélemnites du Carixien	2	-	2	2,00	Faible
26	i1-2	Calcaires marneux et calcaires à gryphées du Sinémurien	1	3	2	2,00	Faible
27	t7-11	Argiles et grès blonds du Rhétien-Hettangien	2	2	2	2,00	Faible
28	tA	Argiles versicolores et marnes bariolées du Trias	2	3	2	2,33	Moyen
29	tG	Grès argileux du Trias	1	1	2	1,33	Faible
30	r2	Grès et argiles rouges du Saxonien	1	2	2	1,67	Faible
31	r2ab	Formation sablo-argileuse dérivant du Saxonien	3	2	-	2,50	Moyen
32	r1	Argillites, grès argileux et schistes bitumineux du Stéphano-Permier	1	2	2	1,67	Faible

Illustration 50 - Susceptibilité des formations argileuses retenues

6.2. SYNTHÈSE

Aucune formation argileuse n'apparaît comme fortement susceptible dans le département de Saône-et-Loire, alors que 12 formations sont jugées moyennement susceptibles, et 20 faiblement susceptibles. Au final, 25,4 % du département est classé en susceptibilité moyenne au phénomène de retrait-gonflement, et près de 46,9 % en susceptibilité faible. 27,7 % de la surface départementale sont donc considérés comme *a priori* non argileux, et donc non susceptibles (Illustration 51).

Code	Notation	Formation	Surface (km ²)	Surface (% du département)	Niveau de susceptibilité
2	Cs	Colluvions en terrain sédimentaire	479,93	5,57	Moyen
10	p-IVBm	Complexe des Marnes de Bresse	566,80	6,58	Moyen
11	p-IVBs	Sables et argiles de Bresse	345,69	4,01	Moyen
12	e5	Sables argileux, marnes et argiles vertes de l'Éocène	85,96	1,00	Moyen
13	g2-m1-A	Argile à silex et argiles résiduelle d'altération à chailles de l'Oligocène-Miocène	265,82	3,09	Moyen
14	g2-m1-C	Marno-calcaires de l'Oligocène-Miocène	24,88	0,29	Moyen
19	j3	Marnes à Pholadomies du Bathonien supérieur	23,45	0,27	Moyen
20	j2a	Marno-calcaires du Bajocien supérieur - Bathonien inférieur	18,68	0,22	Moyen
23	l4	Marnes, argiles et "schistes carton" du Toarcien	101,22	1,18	Moyen
24	l3	Marnes micacées et calcaire à gryphées géantes du Domérien	106,43	1,24	Moyen
28	tA	Argiles versicolores et marnes bariolées du Trias	129,71	1,51	Moyen
31	r2ab	Formation sablo-argileuse dérivant du Saxonien	39,75	0,46	Moyen
Total formations en susceptibilité moyenne			2 188,31	25,41	
1	X	Remblais	19,28	0,22	Faible
3	Cm	Colluvions en zone de socle	138,11	1,60	Faible
4	Fz	Alluvions récentes à actuelles et cônes de déjection	915,39	10,63	Faible
5	FLv-w	Formation fluvio-lacustre de la rive gauche de la Saône	215,56	2,50	Faible
6	Fx-y	Alluvions anciennes à subactuelles et formation fluvio-lacustre de Saint-Cosmes	960,14	11,15	Faible
7	LP	Limons des plateaux	37,76	0,44	Faible
8	RLP	Formation d'altération argilo-sableuse	62,27	0,72	Faible
9	FL	Sables et argiles du Bourbonnais	411,40	4,78	Faible
15	n5-6	Sables verts glauconieux de l'Aptien - Albien	1,81	0,02	Faible
16	n2-3	Marnes et calcaire argileux du Valanginien	0,63	0,01	Faible
17	j5	Calcaire argileux de l'Oxfordien supérieur et du Kimméridgien inférieur	99,39	1,15	Faible
18	j3-5	Marnes et calcaires marneux du Bathonien supérieur à l'Oxfordien	71,03	0,82	Faible
21	j2b	Calcaire et calcaire argileux à bancs marneux du Bajocien supérieur et du Bathonien	91,65	1,06	Faible
22	j1	Calcaire à entroques de l'Aalénien	104,70	1,22	Faible
25	l3a	Calcaires marneux à oolites ferrugineuses et à bélemnites du Carixien	3,49	0,04	Faible
26	l1-2	Calcaires marneux et calcaires à gryphées du Sinémurien	108,82	1,26	Faible
27	t7-11	Argiles et grès blonds du Rhétien-Hettangien	135,16	1,57	Faible
29	tG	Grès argileux du Trias	269,76	3,13	Faible
30	r2	Grès et argiles rouges du Saxonien	217,98	2,53	Faible
32	r1	Argilites, grès argileux et schistes bitumineux du Stéphano-Permien	173,62	2,02	Faible
Total formations en susceptibilité faible			4 037,94	46,88	
Total formations argileuses			6 226,25	72,29	
Formations a priori non argileuses			2 386,77	27,71	
Total département			8 613,02	100,00	

Illustration 51 – Superficie des formations par niveau de susceptibilité

6.3. CARTE DE SUSCEPTIBILITÉ

L'illustration 52 représente la carte départementale de susceptibilité au phénomène de retrait-gonflement, réalisée d'après les résultats présentés dans le tableau de l'illustration 50. La carte départementale de susceptibilité a été établie à partir de la carte interprétée des formations potentiellement sujettes au phénomène de retrait-gonflement en attribuant à chacune des formations géologiques la classe de susceptibilité définie ci-dessus. Cette carte est également présentée en carte hors-texte à l'échelle 1/150 000. Les formations sont représentées par deux couleurs (jaune

et orange) selon leur degré de susceptibilité vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement. Les zones blanches de la carte correspondent aux formations *a priori* non argileuses. Cependant, on ne peut exclure qu'elles soient recouvertes localement de poches ou placages argileux non représentés sur la carte géologique.

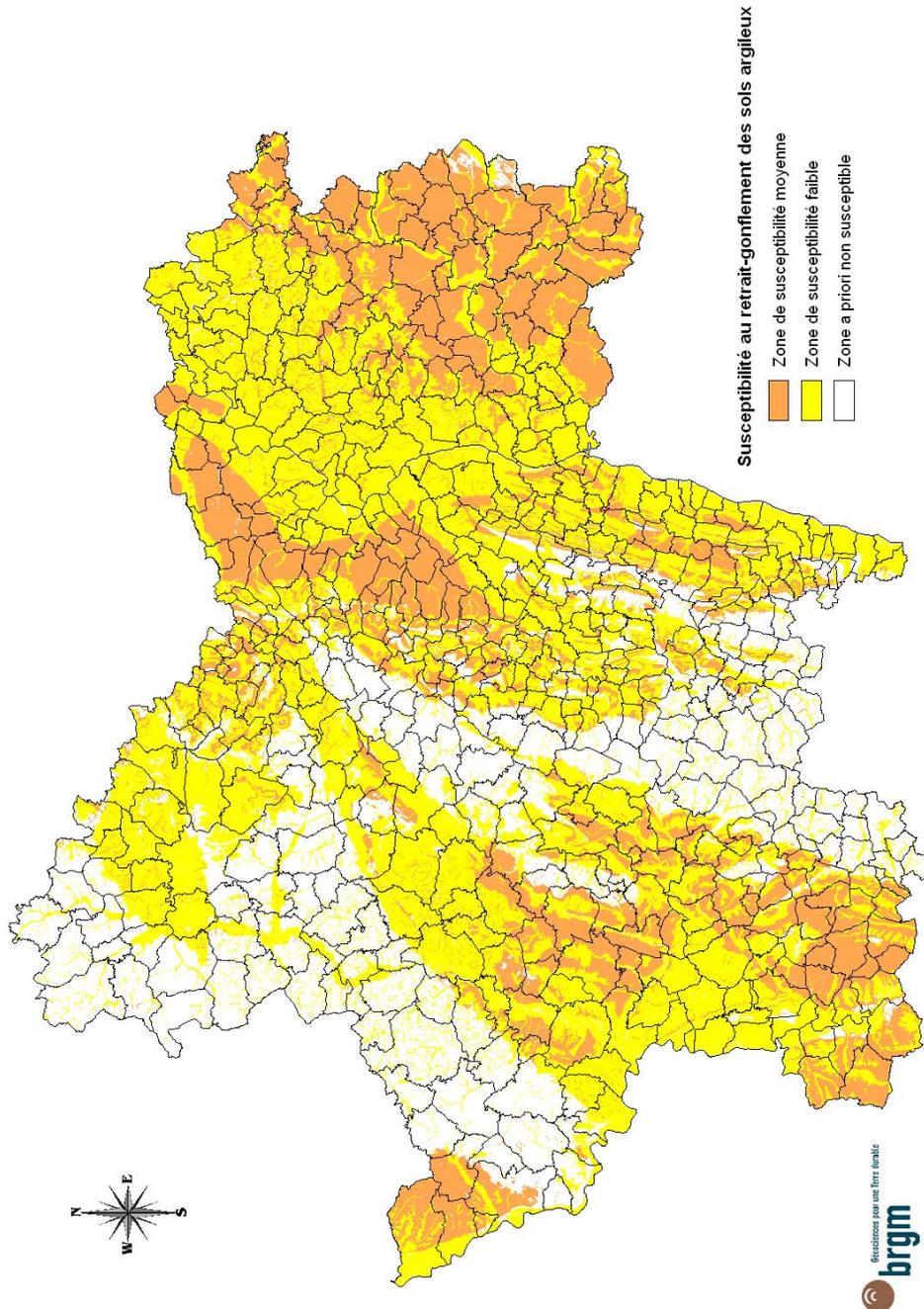


Illustration 52 - Carte de susceptibilité au retrait-gonflement dans le département de Saône-et-Loire

7. Analyse de la sinistralité

7.1. PROCÉDURE DE DEMANDE DE RECONNAISSANCE DE L'ÉTAT 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. Celui-ci est calculé dans une centaine de 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 trentenales, 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 au cours de l'été 2003.

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 du BRGM à l'échelle 1/50 000, complété éventuellement par des observations de terrain ou des sondages, permet de préciser la nature des formations géologiques environnant les sinistres et de déterminer celle qui a été à l'origine des désordres.

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.

7.2. IDENTIFICATION DES COMMUNES SINISTRÉES

7.2.1. Localisation des communes sinistrées

Au 31 août 2008, 210 des 573 communes du département ont déjà été reconnues au moins une fois en état de catastrophe naturelle au titre de mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols, soit un taux de sinistralité de 36,6 %. Les périodes reconnues correspondent essentiellement à l'été 2003. On peut noter ainsi que seule la commune de Mâcon a fait l'objet de plusieurs arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle, et qu'elle est la seule commune du département à avoir été reconnue pour des périodes antérieures à l'été 2003 (2 arrêtés couvrant l'intégralité des années 1996 et 1997). Le nombre total d'occurrences (nombre d'arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle en distinguant à la fois par commune et par période) s'élève actuellement à 212 dans le département.

A ce jour (fin août 2008), 15 arrêtés interministériels successifs reconnaissant l'état de catastrophe naturelle sécheresse ont été pris dans le département de Saône-et-Loire, dont les dates s'échelonnent entre le 12 mai 1997 et le 18 octobre 2007. L'illustration 53 présente le nombre de communes concernées par les différents arrêtés de

reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle sécheresse au cours de cette période.

Arrêtés interministériels	Publication au Journal Officiel	Nombre de communes reconnues
12-mai-97	25-mai-97	1
12-juin-98	01-juil-98	1
25-août-04	26-août-04	71
11-janv-05	01-févr-05	15
27-mai-05	31-mai-05	42
22-nov-05	13-déc-05	7
09-janv-06	22-janv-06	25
06-févr-06	14-févr-06	2
02-mars-06	11-mars-06	3
30-mars-06	02-avr-06	24
16-juin-06	14-juil-06	9
03-août-06	24-août-06	3
01-déc-06	07-déc-06	2
27-juil-07	01-août-07	1
18-oct-07	25-oct-07	6

Illustration 53 - Arrêtés interministériels et occurrences

D'après les données disponibles sur le site internet « prim.net » du ministère de l'environnement, ce nombre d'occurrences reconnues place le département à la 24^{ème} position des départements français les plus touchés, loin derrière certains du Sud-Ouest (1 387 occurrences reconnues en Haute-Garonne, 1 244 dans le Gers, 1 024 en Dordogne, par exemple). Cependant, seuls deux arrêtés avaient été pris sur ce département avant l'été 2003 (commune de Mâcon), et la Saône-et-Loire se place à la 5^{ème} position au vu du nombre de communes reconnues en état de catastrophe naturelle pour l'été 2003 sur 70 départements concernés, derrière la Haute-Garonne, la Gironde, la Charente-Maritime et le Lot-et-Garonne, et juste devant le Tarn, la Moselle et le Jura (département limitrophe). Cette zone du centre-est de la France, en particulier la Bourgogne et la Franche-Comté, avait été largement épargnée par le phénomène de retrait-gonflement des sols argileux, mais la sécheresse de l'été 2003 s'est traduite par une occurrence significative de sinistres liés aux tassements différentiels.

La liste des communes concernées est présentée en Annexe 2, ainsi que les dates des arrêtés interministériels et les dates de leur parution au Journal Officiel.

La carte de l'illustration 54 permet de localiser les 210 communes qui ont fait l'objet d'un arrêté de reconnaissance à ce jour, ainsi que le nombre respectif de sinistres par commune localisés dans le cadre de la présente étude. Cette carte montre que la majeure partie des communes concernées est localisée dans la partie orientale du département, et plus précisément dans la plaine de la Saône, particulièrement urbanisée (agglomérations de Chalon-sur-Saône, de Louhans). L'ouest du

département est également touché par le phénomène, mais dans une moindre mesure, et surtout autour des principales agglomérations (Autunois, Charollais...).

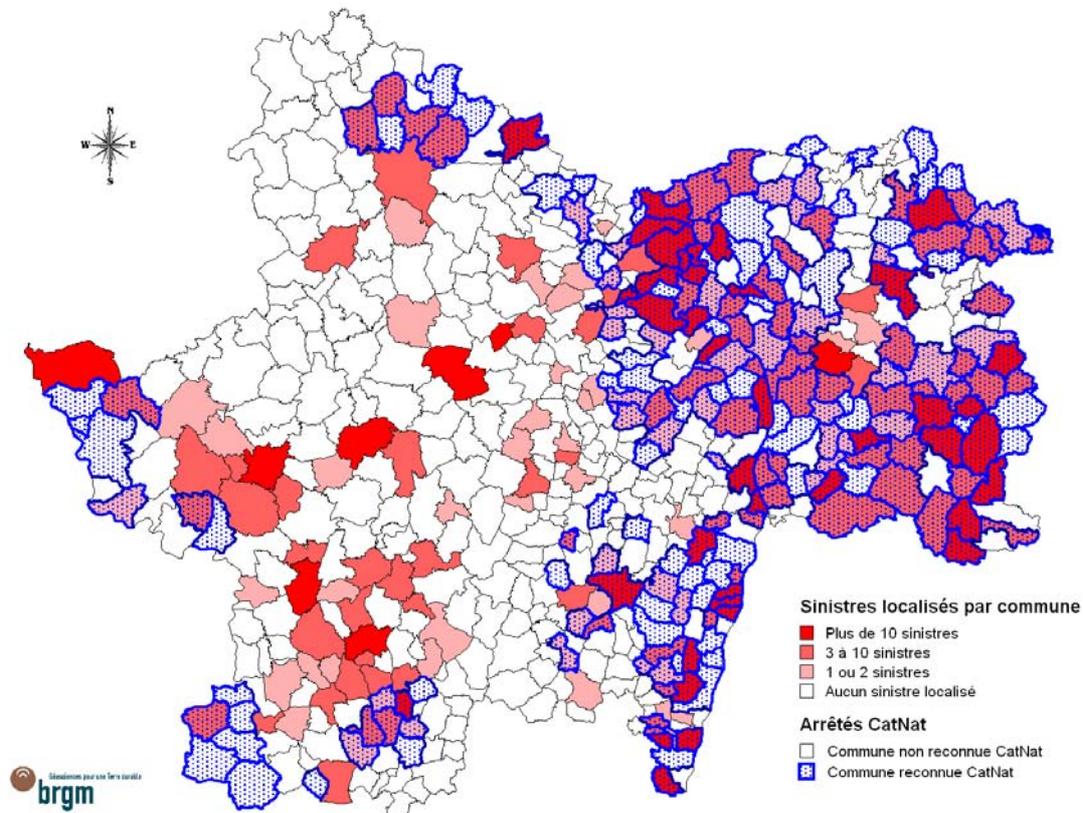


Illustration 54 - Communes concernées par des arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle sécheresse et nombre de sinistres recensés et localisés.

7.2.2. Analyse des périodes de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle

Sur les 210 communes reconnues en état de catastrophe naturelle, une seule (commune de Mâcon) avait fait l'objet d'arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle pour les tassements différentiels liés à la sécheresse avant 2003, et ce pour une période couvrant la totalité des années 1996 et 1997. Ceci est important au regard de la mise en application du système de modulation de franchise mis en place en septembre 2000 et qui prévoit une augmentation de la franchise à chaque nouvel arrêté (compté désormais sur les 5 dernières années, suite à l'arrêté du 4 août 2003, et non plus depuis 1995 comme initialement), à défaut d'élaboration de documents de prévention de type Plans de Prévention des Risques naturels (PPR). On peut également noter que les sinistres ont pu être datés dans 952 cas, soit 87,3 % des sinistres localisés. Cela permet de constater que si les sinistres recensés lors de l'étude sont apparus pour la plupart durant l'été 2003, une quarantaine nous ont toutefois été signalés comme étant soit plus récents (23 en 2004 et 10 en 2005), soit

plus anciens (1 en 2002, 1 en 1990, 2 dans les années 1980 et 3 en 1976), bien qu'aucun arrêté n'ait été pris à ce jour pour ces périodes.

Il faut noter que certaines déclarations de sinistres sont tardives, ce qui peut en partie expliquer que les périodes de déficit hydrique et les dates de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle ne soient pas vraiment corrélées. En effet, après une période de dessiccation intense et profonde des sols, le retour à un état hydrique normal est lent et il subsiste souvent en profondeur des zones de sol argileux anormalement desséchées qui restent sensibles à des variations saisonnières, même de faible amplitude. En d'autres termes, un déficit hydrique intense est nécessaire pour amorcer les premiers mouvements différentiels du sol mais ensuite, la structure du sol et du bâti ayant été fragilisée, de faibles amplitudes hydriques suffisent à provoquer la réouverture ou l'aggravation des premières fissures. C'est pourquoi certains propriétaires réagissent avec retard et déclarent des sinistres à une période où les précipitations sont revenues à un niveau normal. Ceci pourrait également expliquer une partie des sinistres signalés comme postérieurs à l'été 2003.

7.3. COLLECTE DES DONNÉES DE SINISTRES

Le recensement des sinistres a été réalisé à partir de sources d'informations complémentaires, à savoir la consultation des dossiers archivés au service de protection civile de la préfecture, l'enquête auprès de l'ensemble des communes du département, le recueil des données auprès de la Caisse centrale de réassurance (CCR), de bureaux d'études géotechniques (Hydro'Géotechnique et ICSEO), ainsi que du BRGM et de certaines assurances. La majorité des sinistres recensés a pu être localisée avec une précision suffisante pour l'étude (seuls 44 sinistres signalés par les mairies n'ont pu être localisés).

L'enquête effectuée auprès de l'ensemble des communes du département s'est faite par envoi d'un courrier, en collaboration avec la Préfecture de Saône-et-Loire, aux maires des 573 communes (enquête conjointe avec l'inventaire départemental des mouvements de terrain). Un courrier de relance a ensuite été envoyé à toutes les communes n'ayant pas encore répondu, et une relance téléphonique systématique a été effectuée, en insistant tout particulièrement auprès des communes reconnues en état de catastrophe naturelle. Le taux de réponse final atteint près de 81 %. Cependant, 66 des 210 communes reconnues en état de catastrophe naturelle n'ont pas répondu malgré les sollicitations répétées (ou ont répondu, mais sans que les sinistres ne puissent être localisés). Les 1 572 sinistres signalés par les mairies (chiffre minoré car certaines communes ont indiqué des zones sinistrées sans préciser le nombre exact d'événements) se répartissent finalement dans 200 communes. 44 de ces sinistres, répartis dans 8 communes, n'ont pu être localisés, donc exploités dans le cadre de la présente étude, mais ceci n'affecte pas la valeur statistique de l'échantillon recueilli qui peut être considéré comme représentatif de la sinistralité dans le département.

En définitive, ce sont 1 590 sites de sinistres, répartis dans 217 communes, qui ont été recensés et localisés. En effet, 62 sinistres supplémentaires (mais pour certains redondants), ont été recensés par le biais des bureaux d'étude, de la CCR, de

mutuelles d'assurance, de l'association des oubliés de la canicule et de particuliers. La localisation des sinistres a été effectuée sur fonds topographiques de l'IGN à 1/25 000. Ce travail a été réalisé grâce aux plans de localisation renvoyés par les communes, ou figurant dans les dossiers préfectoraux et ceux des différents bureaux d'étude, ainsi que par la consultation des sites internet www.cadastre.gouv.fr, www.maporama.fr, www.viamichelin.fr et www.pagesjaunes.fr/.

Ce résultat peut être considéré comme représentatif de la sinistralité du département.

Le nombre de sinistres par commune est très variable : près de 35,5 % des communes sinistrées comptent 1 ou 2 sinistres ; 21,2 % en comptent entre 3 et 5 ; 21,2 % entre 6 et 10 et 22,1 % plus de 10 sinistres. Seules deux communes comptabilisent plus de 50 sinistres : Gueugnon, avec 54 sinistres, et Louhans avec 51 sinistres.

D'un point de vue géographique, les communes les plus sinistrées sont majoritairement présentes dans la plaine de la Saône et dans les secteurs les plus urbanisés du département (Illustration 54). Globalement, ces données indiquent que la répartition géographique des sinistres est très inégale, mais qu'elle n'est pas le fruit du hasard et qu'elle est étroitement liée aux zones d'affleurement de certaines formations géologiques.

La liste des sinistres avec leurs coordonnées en projection Lambert II étendu est présentée en annexe 2. Pour des raisons de confidentialité, les noms et adresses des sinistrés ne figurent pas dans ce tableau.

L'examen des études réalisées après sinistres indique que plus de 98,1 % des sinistres localisés (1 560 sur 1 590) sont répartis sur les formations argilo-marneuses retenues comme étant sujettes au phénomène de retrait-gonflement, mais il est vrai que ces dernières occupent près de 72,3 % de la surface du département (Illustration 57). Seuls trente sinistres ne concernent *a priori* pas des formations argilo-marneuses. Il n'est pas exclu que ces derniers soient liés à des niveaux d'altération non cartographiés du substratum (altérites), en particulier dans les zones de socle, ou bien encore à d'autres causes que le phénomène de retrait-gonflement ; ceci illustre surtout le fait que la représentation cartographique des formations argileuses, en l'état actuel des connaissances, n'est pas parfaite dans le détail, même si elle reflète assez fidèlement la réalité à l'échelle départementale.

Rappelons toutefois que certaines formations considérées comme *a priori* non argileuses peuvent contenir localement des lentilles ou des placages d'argiles non cartographiés. Ceci concerne notamment des colluvions superficielles ou des altérites d'horizons calcaires. Par ailleurs, il peut arriver que des sinistres attribués au retrait-gonflement des argiles soient dus en réalité à d'autres phénomènes (tassement de remblais ou de sols compressibles, fluages sur des colluvions instables, défauts de construction, choc thermique sur les enduits de façade, etc.). Enfin, il n'est pas exclu que certains contours de formations géologiques puissent être localement inexacts ou que des sinistres soient mal localisés.

Parmi les formations retenues comme argileuses au sens large, 4 se distinguent par un nombre de sinistres supérieur à 100 :

- les *Alluvions anciennes à subactuelles et formation fluvio-lacustre de Saint-Cosmes* (Fx-y) avec 415 sinistres
- les *Alluvions récentes* (Fy-z) avec 223 sinistres ;
- le *Complexe des Marnes de Bresse* (p-IVBm) avec 245 sinistres
- les *Sables et argiles de Bresse* (p-IVBs) avec 144 sinistres

Il faut cependant noter que ces formations affleurent largement sur le département, ce qui modère en réalité la densité de sinistres de ces formations.

Parmi les formations argilo-marneuses retenues, seules 2 ne comptent aucun sinistre recensé à ce jour. Il s'agit des *Marnes et calcaire argileux du Valanginien* (n2-3) et des *Marno-calcaires du Bajocien supérieur - Bathonien inférieur* (j2a). Il faut cependant noter que cette absence de sinistre peut en partie s'expliquer par des surfaces d'affleurement modérées (respectivement 0,63 km² et 18,68 km²) impliquant une urbanisation particulièrement limitée.

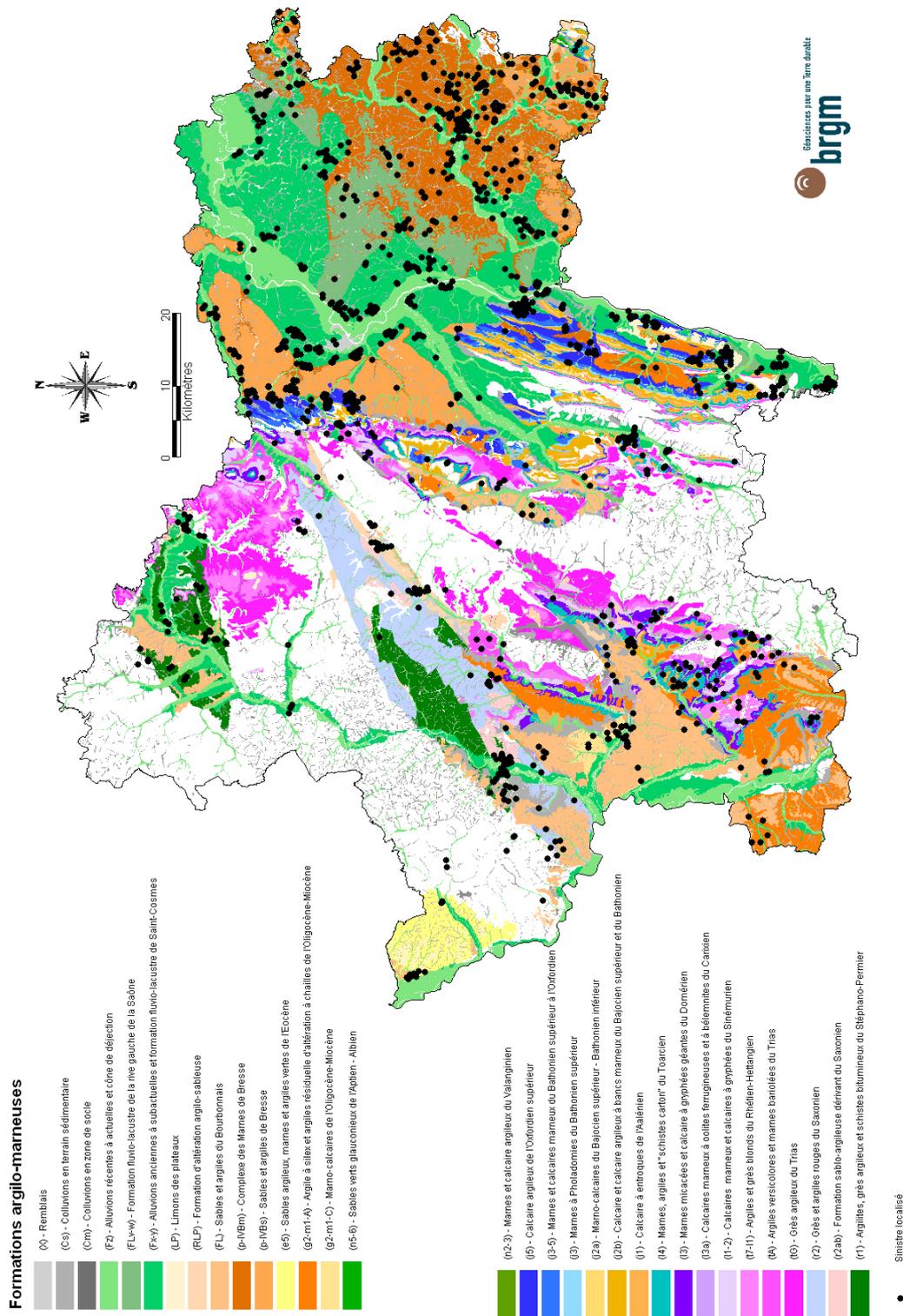


Illustration 55 – Répartition géographique des sinistres localisés.

7.4. FRÉQUENCE D'OCCURRENCE RAPPORTÉE A LA SURFACE URBANISÉE

Étant donné que les surfaces d'affleurement des différentes formations géologiques sont extrêmement variables, il est important de raisonner sur les densités de sinistres par formation géologique (ramenées à 100 km² de surface d'affleurement). Cependant, il faut garder à l'esprit que l'urbanisation n'est pas uniforme sur l'ensemble du département et cela peut donc biaiser l'analyse sur les densités de sinistres par formation. En effet, une formation géologique s'étendant principalement en milieu rural peu bâti sera nécessairement moins touchée qu'une formation aussi susceptible mais très urbanisée.

Ainsi, les densités de sinistres par formation géologique ont été ramenées à 100 km² de surface effectivement urbanisée, conformément à la méthodologie retenue au niveau national.

7.4.1. Détermination de la densité d'urbanisation par formation

Les contours des zones urbanisées du département ont été tracés à partir des cartes topographiques IGN à l'échelle 1/25 000 (Illustration 56). Ils ont ensuite été numérisés et superposés à la carte synthétique des formations argileuses et marneuses. Ceci a permis de calculer, pour chacune des 32 formations retenues, la surface d'affleurement qui se trouve être réellement urbanisée. Ces contours sont donnés à titre indicatif et peuvent présenter quelques décalages avec la réalité, notamment dans les secteurs urbanisés très récemment.

La surface totale des zones urbanisées du département a été ainsi estimée à environ 338,6 km², soit plus de 3,9 % de la superficie totale.

La superposition de la carte synthétique des formations argileuses et marneuses avec celle des zones urbanisées permet d'estimer la surface totale occupée par les zones urbanisées dans les formations retenues comme argileuses à plus de 291,9 km², soit près de 4,7 % de leur surface totale d'affleurement. Les surfaces urbanisées et le nombre de sinistres recensés sont indiqués pour chaque formation dans le tableau de l'illustration 57.

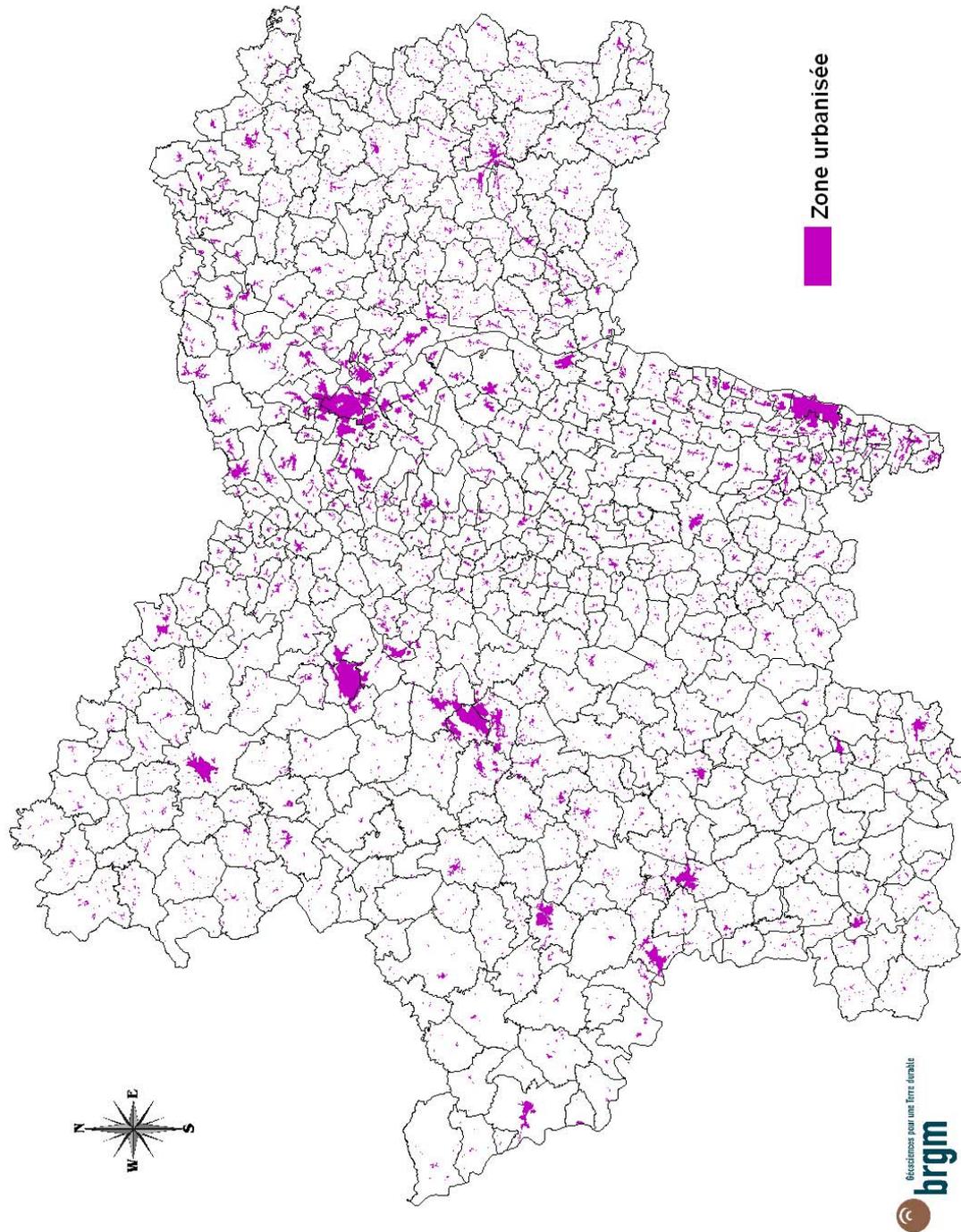


Illustration 56 – Carte des zones urbanisées sur le département de Saône-et-Loire

Code	Notation	Formation	Surface (km ²)	Surface (% du département)	Nombre de sinistres	Densité de sinistres pour 100 km ² de formation	Surface urbanisée (km ²)	Taux d'urbanisation (%)
1	X	Remblais	19,28	0,22	5	25,93	9,03	46,83
2	Cs	Colluvions en terrain sédimentaire	479,93	5,57	94	19,59	14,61	3,04
3	Cm	Colluvions en zone de socle	138,11	1,60	1	0,72	2,08	1,50
4	Fz	Alluvions récentes à actuelles et cônes de déjection	915,39	10,63	90	9,83	28,13	3,07
5	FLv-w	Formation fluvio-lacustre de la rive gauche de la Saône	215,56	2,50	60	27,83	10,85	5,03
6	Fx-y	Alluvions anciennes à subactuelles et formation fluvio-lacustre de Saint-Cosmes	960,14	11,15	415	43,22	78,80	8,21
7	LP	Limons des plateaux	37,76	0,44	28	74,16	6,77	17,94
8	RLP	Formation d'altération argilo-sableuse	62,27	0,72	24	38,54	8,26	13,26
9	FL	Sables et argiles du Bourbonnais	411,40	4,78	49	11,91	10,17	2,47
10	p-IVBm	Complexe des Marnes de Bresse	566,80	6,58	245	43,22	21,09	3,72
11	p-IVBs	Sables et argiles de Bresse	345,69	4,01	144	41,66	15,87	4,59
12	e5	Sables argileux, marnes et argiles vertes de l'Eocène	85,96	1,00	7	8,14	2,57	2,99
13	g2-m1-A	Argile à silex et argiles résiduelle d'altération à chailles de l'Oligocène-Miocène	265,82	3,09	15	5,64	3,95	1,48
14	g2-m1-C	Marno-calcaires de l'Oligocène-Miocène	24,88	0,29	11	44,22	2,19	8,79
15	n5-6	Sables verts glauconieux de l'Aptien - Albien	1,81	0,02	1	55,26	0,14	7,84
16	n2-3	Marnes et calcaire argileux du Valanginien	0,63	0,01	0	0,00	0,04	6,14
17	j5	Calcaire argileux de l'Oxfordien supérieur et du Kimmérien inférieur	99,39	1,15	66	66,40	6,79	6,83
18	j3-5	Marnes et calcaires marnoux du Bathonien supérieur à l'Oxfordien	71,03	0,82	67	94,33	6,56	9,24
19	j3	Marnes à Pholadomies du Bathonien supérieur	23,45	0,27	17	72,51	1,92	8,18
20	j2a	Marno-calcaires du Bajocien supérieur - Bathonien inférieur	18,68	0,22	0	0,00	0,24	1,26
21	j2b	Calcaire et calcaire argileux à bancs marnoux du Bajocien supérieur et du Bathonien	91,65	1,06	14	15,28	3,86	4,21
22	j1	Calcaire à entroques de l'Aalénien	104,70	1,22	25	23,88	4,40	4,20
23	i4	Marnes, argiles et "schistes carton" du Toarcien	101,22	1,18	28	27,66	2,87	2,83
24	i3	Marnes micacées et calcaire à gryphées géantes du Domérien	106,43	1,24	19	17,85	1,52	1,43
25	i3a	Calcaires marnoux à oolites ferrugineuses et à bélemnites du Carixien	3,49	0,04	1	28,67	0,02	0,71
26	i1-2	Calcaires marnoux et calcaires à gryphées du Sinémurien	108,82	1,26	28	25,73	5,71	5,25
27	t7-11	Argiles et grès blonds du Rhétien-Hettangien	135,16	1,57	15	11,10	2,84	2,10
28	tA	Argiles versicolores et marnes bariolées du Trias	129,71	1,51	16	12,34	3,92	3,02
29	tG	Grès argileux du Trias	269,76	3,13	6	2,22	8,61	3,19
30	r2	Grès et argiles rouges du Saxonien	217,98	2,53	19	8,72	17,60	8,07
31	r2ab	Formation sablo-argileuse dérivant du Saxonien	39,75	0,46	27	67,93	2,28	5,73
32	r1	Argillites, grès argileux et schistes bitumineux du Stéphano-Permier	173,62	2,02	23	13,25	8,28	4,77
Total formations argileuses			6226,25	72,29	1 560	29,30	291,93	4,69
Formations a priori non argileuses			2386,77	27,71	30	1,26	46,71	1,96
Total département			8613,02	100,00	1 590	18,46	338,64	3,93

Illustration 57 – Nombre de sinistres et taux d'urbanisation par formation

7.4.2. Détermination du critère densité de sinistres

Les éléments décrits dans la méthodologie, permettent de calculer des densités de sinistres par formation géologique, en prenant en compte la surface urbanisée de la formation. Les résultats indiquent 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 d'une formation à l'autre (Illustration 57). Les densités de sinistres rapportées à 100 km² de formation argileuse réellement urbanisée sont présentées dans le tableau de l'illustration 58.

La densité moyenne ainsi obtenue pour les formations argileuses est de plus de 534 sinistres pour 100 km² d'affleurement réellement urbanisé.

Il est important de noter que pour 3 des 32 formations considérées, le critère de sinistralité ne peut être jugé comme étant significatif en raison de la trop faible surface urbanisée qu'elles présentent. Il s'agit des *Sables verts glauconieux de l'Aptien - Albien* (1 sinistre pour 0,14 km² urbanisés), des *Marnes et calcaire argileux du Valanginien*

(aucun sinistre pour 0,04 km² urbanisés) et des *Calcaires marneux à oolites ferrugineuses et à bélemnites du Carixien* (1 sinistre pour 0,02 km² urbanisés). Pour ces trois formations d'extension géographique très réduite, la prise en compte d'un seul sinistre pourrait faire immédiatement passer la densité de sinistres d'une valeur faible à moyenne, voire très élevée.

Les formations présentant une sinistralité particulièrement élevée (plus de 900 sinistres pour 100 km² d'affleurement urbanisé) sont :

- le *Complexe des Marnes de Bresse* (près de 1 162 sinistres pour 100 km² urbanisés) ;
- les *Marnes et calcaires marneux du Bathonien supérieur à l'Oxfordien* (près de 1 021 sinistres pour 100 km² urbanisés) ;
- les *Marnes micacées et calcaire à gryphées géantes du Domérien* (plus de 1 249 sinistres pour 100 km² urbanisés) ;
- la *Formation sablo-argileuse dérivant du Saxonien* (près de 1 185 sinistres pour 100 km² urbanisés) ;

Afin de hiérarchiser les formations argileuses selon leur degré de sinistralité, une valeur proche de la valeur moyenne de la densité de sinistres pour 100 km² de formation argileuse urbanisée a été choisie comme seuil (550 sinistres environ pour 100 km²) à partir duquel ont été définies les coupures suivantes pour l'attribution de notes caractérisant la sinistralité :

- *note 1* : moins de 550 sinistres pour 100 km² de surface urbanisée dans la formation (ce qui correspond aux formations ayant une densité sensiblement inférieure à la moyenne des zones argileuses) ;
- *note 2* : entre 550 et 1 100 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 environ deux fois cette moyenne) ;
- *note 3* : plus de 1 100 sinistres pour 100 km² de surface urbanisée dans la formation (ce qui correspond aux formations ayant une densité sensiblement supérieure à deux fois la moyenne).

Les notes de sinistralité ainsi attribuées sont précisées dans le tableau de l'illustration 58.

Trois formations obtiennent donc une note de densité de sinistres de 3 : le *Complexe des Marnes de Bresse*, les *Marnes micacées et calcaire à gryphées géantes du Domérien* et la *Formation sablo-argileuse dérivant du Saxonien*. Ces 3 formations sont par ailleurs affectées d'une susceptibilité moyenne. Il est à noter que ce niveau de sinistralité reste relativement faible par comparaison avec celui obtenu jusqu'à présent dans près d'une quarantaine de départements, les plus sinistrés et déjà couverts par une carte d'aléa retrait-gonflement : sur la base de plus de 88 000 sinistres recensés et localisés avec précision, la densité de sinistres moyenne calculée pour 100 km² urbanisés de formation retenue comme argileuse ou marneuse s'élève en effet à 1 092, ce qui est de l'ordre des densités maximales enregistrées en Saône-et-Loire.

Code	Notation	Formation	Surface (km ²)	Surface (% du département)	Nombre de sinistres	Surface urbanisée (km ²)	Densité de sinistres pour 100 km ² urbanisés	Note de sinistralité	Niveau de susceptibilité
1	X	Remblais	19,28	0,22	5	9,03	55,36	1	Faible
2	Cs	Colluvions en terrain sédimentaire	479,93	5,57	94	14,61	643,57	2	Moyen
3	Cm	Colluvions en zone de socle	138,11	1,60	1	2,08	48,14	1	Faible
4	Fz	Alluvions récentes à actuelles et cônes de déjection	915,39	10,63	90	28,13	319,98	1	Faible
5	FLV-w	Formation fluviolacustre de la rive gauche de la Saône	215,56	2,50	60	10,85	553,24	2	Faible
6	Fx-y	Alluvions anciennes à subactuelles et formation fluviolacustre de Saint-Cosmes	960,14	11,15	415	78,80	526,67	1	Faible
7	LP	Limons des plateaux	37,76	0,44	28	6,77	413,30	1	Faible
8	RLP	Formation d'alluvion argilo-sableuse	62,27	0,72	24	8,26	290,67	1	Faible
9	FL	Sables et argiles du Bourbonnais	411,40	4,78	49	10,17	481,95	1	Faible
10	p-IVBm	Complexe des Marnes de Bresse	566,80	6,58	245	21,09	1 161,70	3	Moyen
11	p-IVBs	Sables et argiles de Bresse	345,69	4,01	144	15,87	907,58	2	Moyen
12	e5	Sables argileux, marnes et argiles vertes de l'Éocène	85,96	1,00	7	2,57	272,44	1	Moyen
13	g2-m1-A	Argile à silex et argiles résiduelle d'alluvion à chailles de l'Oligocène-Miocène	265,82	3,09	15	3,95	380,07	1	Moyen
14	g2-m1-C	Marno-calcaires de l'Oligocène-Miocène	24,88	0,29	11	2,19	503,13	1	Moyen
15	n5-6	Sables verts glauconieux de l'Aptien - Albien	1,81	0,02	1	0,14	704,48	NS	Faible
16	n2-3	Marnes et calcaire argileux du Valanginien	0,63	0,01	0	0,04	0,00	NS	Faible
17	j5	Calcaire argileux de l'Oxfordien supérieur et du Kimmeridgien inférieur	99,39	1,15	66	6,79	972,49	2	Faible
18	j3-5	Marnes et calcaires marneux du Bathonien supérieur à l'Oxfordien	71,03	0,82	67	6,56	1 020,84	2	Faible
19	j3	Marnes à Pholadomies du Bathonien supérieur	23,45	0,27	17	1,92	886,42	2	Moyen
20	j2a	Marno-calcaires du Bajocien supérieur - Bathonien inférieur	18,68	0,22	0	0,24	0,00	1	Moyen
21	j2b	Calcaire et calcaire argileux à bancs marneux du Bajocien supérieur et du Bathonien	91,65	1,06	14	3,86	362,74	1	Faible
22	j1	Calcaire à entroques de l'Aalénien	104,70	1,22	25	4,40	568,46	2	Faible
23	i4	Marnes, argiles et "schistes carton" du Toarcien	101,22	1,18	28	2,87	976,14	2	Moyen
24	i3	Marnes micacées et calcaire à gryphées géantes du Domérien	106,43	1,24	19	1,52	1 249,30	3	Moyen
25	i3a	Calcaires marneux à colites ferrugineuses et à bélemnites du Carixien	3,49	0,04	1	0,02	4 034,53	NS	Faible
26	i1-2	Calcaires marneux et calcaires à gryphées du Sinémurien	108,82	1,26	28	5,71	490,31	1	Faible
27	i7-11	Argiles et grès blonds du Rhétien-Hettangien	135,16	1,57	15	2,84	528,31	1	Faible
28	iA	Argiles versicolores et marnes bariolées du Trias	129,71	1,51	16	3,92	408,01	1	Moyen
29	tG	Grès argileux du Trias	269,76	3,13	6	8,61	69,72	1	Faible
30	r2	Grès et argiles rouges du Saxonien	217,98	2,53	19	17,60	107,98	1	Faible
31	r2ab	Formation sablo-argileuse dérivant du Saxonien	39,75	0,46	27	2,28	1 184,55	3	Faible
32	r1	Argillites, grès argileux et schistes bitumineux du Stéphano-Permien	173,62	2,02	23	8,28	277,82	1	Faible
Total formations argileuses			6 226,25	72,29	1 560	291,93	534,38		
Formations a priori non argileuses			2 386,77	27,71	30	46,71	64,22		
Total département			8 613,02	100,00	1 590	338,64	469,53		

Illustration 58 – Sinistralité et notes de densité de sinistres

8. Carte d'aléa

8.1. DÉTERMINATION DU NIVEAU D'ALÉA

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, 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 6. L'indice de susceptibilité ainsi obtenu a été décliné en trois classes, qualifiées respectivement par une susceptibilité faible, moyenne et forte, et prend donc la valeur 1, 2 ou 3 (seules les deux premières classes apparaissent dans le département de Saône-et-Loire).

Pour le facteur densité de sinistres, le critère utilisé est la densité de sinistres rapportée à 100 km² d'affleurement réellement urbanisé. La note de sinistralité est établie en comparant ce résultat aux valeurs seuils et vaut selon les cas 1, 2 ou 3.

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, ceci conformément à la méthodologie retenue au niveau national.

Pour chaque formation argileuse ou marneuse, on calcule donc un indice d'aléa 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 (Illustration 59) 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

Aucune formation n'est classée en aléa fort vis à vis du phénomène de retrait-gonflement des argiles. En revanche, 7 formations présentent un aléa moyen, résultant d'une susceptibilité moyenne combinée avec une sinistralité forte (*Complexe des Marnes de Bresse, Marnes micacées et calcaire à gryphées géantes du Domérien, Formation sablo-argileuse dérivant du Saxonien*) ou moyenne (*Colluvions en terrain sédimentaire, Sables et argiles de Bresse, Marnes à Pholadomies du Bathonien supérieur, et Marnes, argiles et "schistes carton" du Toarcien*). Ces formations couvrent 19,31 % de la superficie départementale (Illustration 60 et Illustration 61).

25 formations, couvrant de 52,98 % de la superficie départementale, sont considérées comme présentant un aléa faible vis à vis du phénomène de retrait-gonflement. Elles résultent d'une susceptibilité faible assortie d'une sinistralité faible à moyenne, voire non significative, ou d'une susceptibilité moyenne combinée à une densité de sinistres faible.

Code	Notation	Formation	Note lithologique	Note minéralogique	Note géotechnique	Indice de susceptibilité	Niveau de susceptibilité	Note de sinistralité	Indice d'aléa	Niveau d'aléa
1	X	Remblais	1	-	1	1,00	Faible	1	3	Faible
2	Cs	Colluvions en terrain sédimentaire	3	2	2	2,33	Moyen	2	6	Moyen
3	Cm	Colluvions en zone de socle	1	2	2	1,67	Faible	1	3	Faible
4	Fz	Alluvions récentes à actuelles et cônes de déjection	2	3	1	2,00	Faible	1	3	Faible
5	FLv-w	Alluvions de la rive gauche de la Saône	1	-	1	1,00	Faible	2	4	Faible
6	Fx-y	Formation fluviolacustre de la Saône	1	2	1	1,33	Faible	1	3	Faible
7	LP	Alluvions anciennes à subactuelles et formation fluviolacustre de Saint-Cosmes	1	2	1	1,67	Faible	1	3	Faible
8	RLP	Limons des plateaux	1	3	1	1,67	Faible	1	3	Faible
9	FL	Formation d'altération argilo-sableuse	2	1	2	2,00	Faible	1	3	Faible
10	p-IVBm	Sables et argiles du Bourbonnais	2	2	2	2,00	Faible	1	3	Faible
11	p-IVBs	Complexe des Marnes de Bresse	3	3	2	2,67	Moyen	3	7	Moyen
12	e5	Sables et argiles de Bresse	2	3	2	2,33	Moyen	2	6	Moyen
13	g2-m1-A	Sables argileux, marnes et argiles vertes de l'Éocène	3	2	3	2,67	Moyen	1	5	Faible
14	g2-m1-C	Argile à silex et argiles résiduelle d'altération à chailles de l'Oligocène-Miocène	3	2	2	2,33	Moyen	1	5	Faible
15	n5-6	Marno-calcaires de l'Oligocène-Miocène	2	3	2	2,33	Moyen	1	5	Faible
16	n2-3	Sables verts glauconieux de l'Aptien - Albien	1	-	2	1,50	Faible	NS	NS	Faible
17	j5	Marnes et calcaire argileux du Valanginien	1	-	-	1,00	Faible	NS	NS	Faible
18	j3-5	Calcaire argileux de l'Oxfordien supérieur et du Kimmeridgien inférieur	1	1	3	1,67	Faible	2	4	Faible
19	j3	Marnes et calcaires marnieux du Bathonien supérieur à l'Oxfordien	2	1	3	2,00	Faible	2	4	Faible
20	j2a	Marnes à Pholadomies du Bathonien supérieur	3	-	2	2,50	Moyen	2	6	Moyen
21	j2b	Marno-calcaires du Bajocien supérieur - Bathonien inférieur	3	-	2	2,50	Moyen	1	5	Faible
22	j1	Calcaire et calcaire argileux à bancs marnieux du Bajocien supérieur et du Bathonien	1	2	2	1,67	Faible	1	3	Faible
23	l4	Calcaire à entroques de l'Aalénien	1	2	2	1,67	Faible	2	4	Faible
24	l3	Marnes, argiles et "schistes carton" du Toarcien	4	2	2	2,67	Moyen	2	6	Moyen
25	l3a	Marnes micacées et calcaire à gryphées géantes du Domézien	3	2	2	2,33	Moyen	3	7	Moyen
26	l1-2	Calcaires marnieux à oolites ferrugineuses et à bélémites du Carixien	2	-	2	2,00	Faible	NS	NS	Faible
27	t7-11	Calcaires marnieux et calcaires à gryphées du Sinémurien	1	3	2	2,00	Faible	1	3	Faible
28	lA	Argiles et grès blonds du Rhétien-Hettangien	2	2	2	2,00	Faible	1	3	Faible
29	lG	Argiles versicolores et marnes barloées du Trias	1	3	2	2,33	Moyen	1	5	Faible
30	r2	Grès argileux du Trias	1	1	2	1,33	Faible	1	3	Faible
31	r2ab	Grès et argiles rouges du Saxonien	1	2	2	1,67	Faible	1	3	Faible
32	r1	Formation sablo-argileuse dérivant du Saxonien	3	2	-	2,50	Moyen	3	7	Moyen
		Argillites, grès argileux et schistes bitumineux du Stéphano-Permien	1	2	2	1,67	Faible	1	3	Faible

Illustration 59 – Niveau d'aléa des formations

Code	Notation	Formation	Surface (km²)	Surface (% du département)	Niveau d'aléa
2	Cs	Colluvions en terrain sédimentaire	479,93	5,57	Moyen
10	p-IVBm	Complexe des Marnes de Bresse	566,80	6,58	Moyen
11	p-IVBs	Sables et argiles de Bresse	345,69	4,01	Moyen
19	j3	Marnes à Pholadomies du Bathonien supérieur	23,45	0,27	Moyen
23	I4	Marnes, argiles et "schistes carton" du Toarcien	101,22	1,18	Moyen
24	I3	Marnes micacées et calcaire à gryphées géantes du Domérien	106,43	1,24	Moyen
31	r2ab	Formation sablo-argileuse dérivant du Saxonien	39,75	0,46	Moyen

Total formations en aléa moyen			1 663,27	19,31
--------------------------------	--	--	----------	-------

1	X	Remblais	19,28	0,22	Faible
3	Cm	Colluvions en zone de socle	138,11	1,60	Faible
4	Fz	Alluvions récentes à actuelles et cônes de déjection	915,39	10,63	Faible
5	FLv-w	Formation fluvio-lacustre de la rive gauche de la Saône	215,56	2,50	Faible
6	Fx-y	Alluvions anciennes à subactuelles et formation fluvio-lacustre de Saint-Cosmes	960,14	11,15	Faible
7	LP	Limons des plateaux	37,76	0,44	Faible
8	RLP	Formation d'altération argilo-sableuse	62,27	0,72	Faible
9	FL	Sables et argiles du Bourbonnais	411,40	4,78	Faible
12	e5	Sables argileux, marnes et argiles vertes de l'Éocène	85,96	1,00	Faible
13	g2-m1-A	Argile à silex et argiles résiduelle d'altération à chailles de l'Oligocène-Miocène	265,82	3,09	Faible
14	g2-m1-C	Marno-calcaires de l'Oligocène-Miocène	24,88	0,29	Faible
15	n5-6	Sables verts glauconieux de l'Aptien - Albien	1,81	0,02	Faible
16	n2-3	Marnes et calcaire argileux du Valanginien	0,63	0,01	Faible
17	j5	Calcaire argileux de l'Oxfordien supérieur et du Kimméridgien inférieur	99,39	1,15	Faible
18	j3-5	Marnes et calcaires marneux du Bathonien supérieur à l'Oxfordien	71,03	0,82	Faible
20	j2a	Marno-calcaires du Bajocien supérieur - Bathonien inférieur	18,68	0,22	Faible
21	j2b	Calcaire et calcaire argileux à bancs marneux du Bajocien supérieur et du Bathonien	91,65	1,06	Faible
22	j1	Calcaire à entroques de l'Aalénien	104,70	1,22	Faible
25	I3a	Calcaires marneux à oolites ferrugineuses et à bélemnites du Carixien	3,49	0,04	Faible
26	I1-2	Calcaires marneux et calcaires à gryphées du Sinémurien	108,82	1,26	Faible
27	tA	Argiles et grès blonds du Rhétien-Hettangien	135,16	1,57	Faible
28	t7-11	Argiles versicolores et marnes bariolées du Trias	129,71	1,51	Faible
29	tG	Grès argileux du Trias	269,76	3,13	Faible
30	r2	Grès et argiles rouges du Saxonien	217,98	2,53	Faible
32	r1	Argillites, grès argileux et schistes bitumineux du Stéphano-Permien	173,62	2,02	Faible

Total formations en aléa faible			4 562,98	52,98
---------------------------------	--	--	----------	-------

Total formations argileuses			6 226,25	72,29
-----------------------------	--	--	----------	-------

Formations a priori non argileuses			2 386,77	27,71
------------------------------------	--	--	----------	-------

Total département			8 613,02	100,00
-------------------	--	--	----------	--------

Illustration 60 - Classement des formations en fonction de leur niveau d'aléa

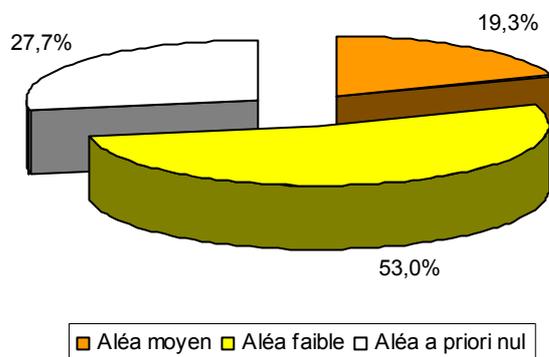


Illustration 61 – Répartition des superficies par niveau d'aléa

8.2. CARTE D'ALÉA

La carte départementale d'aléa a été tracée à partir de la carte synthétique des formations à dominante argileuse ou marneuse, en attribuant à chacune des formations identifiées la classe d'aléa définie ci-dessus. Elle est présentée sur l'illustration 62 et en carte hors-texte à l'échelle 1/150 000 (où les sinistres, les zones urbanisées et les contours des communes sont également reportés). Son échelle de validité est le 1/50 000, puisque les contours sont issus des cartes géologiques à la même échelle.

Les formations retenues sont représentées par deux couleurs (jaune et orange) correspondant à leur niveau d'aléa retrait-gonflement (respectivement faible et moyen).

Les zones blanches de la carte correspondent aux formations *a priori* non argileuses, et donc théoriquement dépourvues de tout aléa. Elles couvrent près de 27,7 % de la superficie départementale.

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

Il est à noter que cette carte départementale d'aléa est très proche de la carte de susceptibilité établie précédemment, sur la seule base d'une caractérisation physique des formations identifiées comme argileuses. La prise en compte de la sinistralité confirme donc globalement l'analyse géologique, sauf pour 5 formations qui présentent une sinistralité faible alors que leur niveau de susceptibilité avait été jugé moyen. Il s'agit des *Sables argileux, marnes et argiles vertes de l'Eocène* (e5), des *Argile à silex et argiles résiduelle d'altération à chailles de l'Oligocène-Miocène* (g2-m1-A), des *Marno-calcaires de l'oligocène-Miocène* (g2-m1-C), des *Marno-calcaires du Bajocien supérieur - Bathonien inférieur* (j2a) et des *Argiles versicolores et marnes bariolées du Trias* (tA), touchés respectivement par 7, 15, 11,0 et 16 sinistres seulement pour des surfaces d'affleurement respectives de 86, 266, 25, 19 et 130 km². Pour ce qui concerne les formations e5, g2-m1-A, j2a et tA, cet écart s'explique sans doute par le fait que la note géotechnique avait été attribuée sur la base de données extra-départementales manifestement peu représentatives.

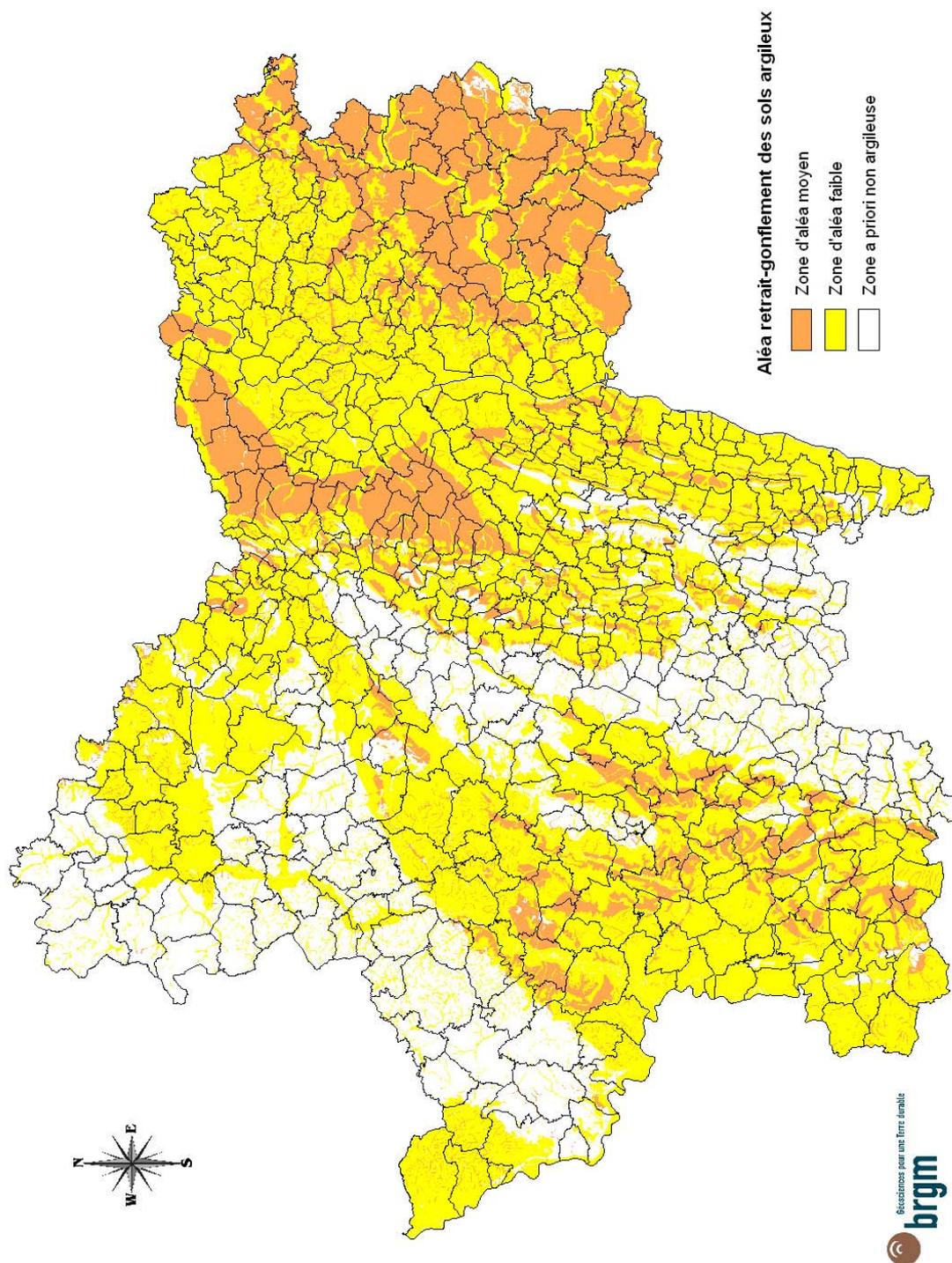


Illustration 62 – Carte départementale de l'aléa retrait-gonflement de Saône-et-Loire

9. Cohérence avec les départements limitrophes

Parmi les départements limitrophes de la Saône-et-Loire, seuls trois disposent d'ores-et-déjà d'une carte d'aléa publiée. Il s'agit des départements de Côte d'Or (21), de la Nièvre (58) et de l'Allier (03). L'illustration 63 juxtapose ces 3 cartes d'aléa à celle établie pour la Saône-et-Loire.

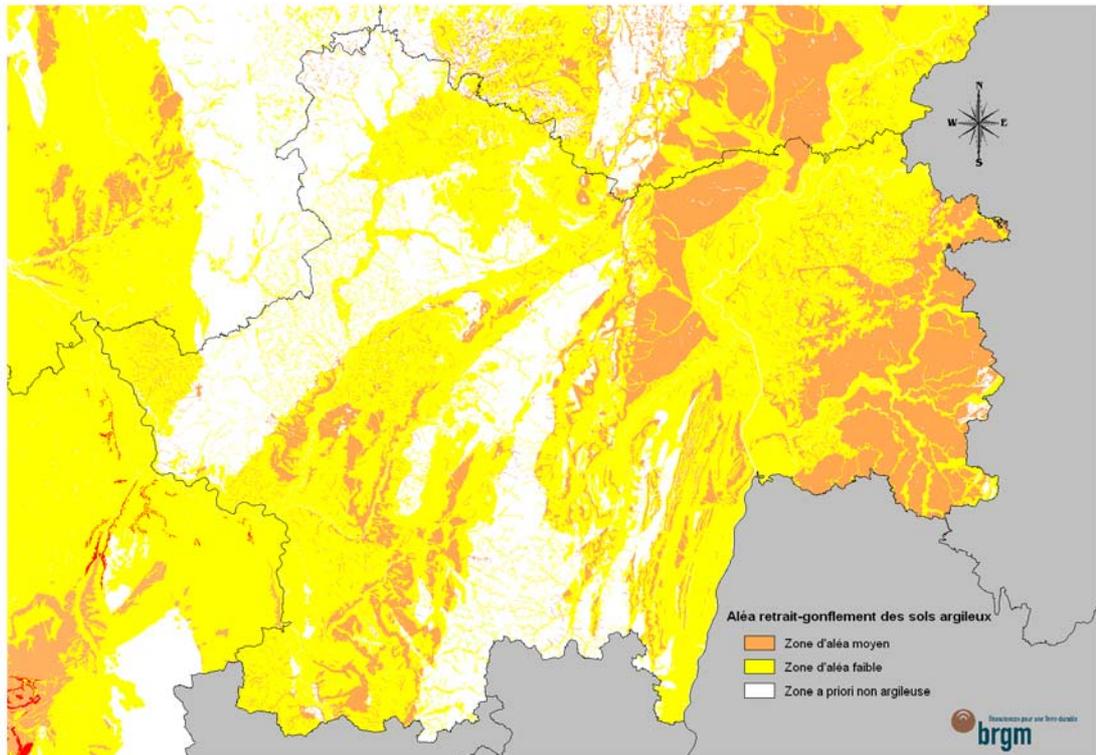


Illustration 63 – Juxtaposition des cartes d'aléa limitrophes à la Saône-et-Loire

Les résultats apparaissent donc comme relativement cohérents avec ceux des départements voisins.

Vis-à-vis de la Côte d'Or et de la Nièvre, il n'apparaît pas de discontinuités notoires, et seuls quelques polygones changent de niveau d'aléa à l'interface entre les départements, ce qui s'explique principalement par quelques différences d'interprétation au niveau des colluvions : la distinction entre les *Colluvions en terrain sédimentaire* et les *Colluvions en zone de socle* n'ayant été réalisée ni en Côte d'Or ni dans la Nièvre, les polygones de *Colluvions en zone de socle* (caractérisés par un aléa faible en Saône-et-Loire) peuvent se prolonger par des *Colluvions et éboulis divers* en Côte d'Or (aléa moyen), alors que des polygones de *Colluvions en terrain sédimentaire* (aléa moyen en Saône-et-Loire) peuvent se prolonger sous forme de *Colluvions des fonds de vallons/versants* (aléa faible dans la Nièvre). A ces quelques détails près, on

retrouve bien les mêmes bassins de risque entre les départements avec des niveaux d'aléa équivalents (plaine de la Saône, pourtours du Morvan...)

Avec le département de l'Allier, quelques discontinuités plus importantes peuvent apparaître. Une partie de ces discontinuités, au sud de la limite entre les départements, s'explique simplement par le fait que les cartes géologiques à 1/50 000 du Donjon et de Lapalisse n'avaient pas pu être exploitées pour la carte de l'Allier, publiée en 2004, et que diverses maquettes à différentes échelles avaient alors été exploitées. De même, la carte géologique à 1/50 000 de Charolles n'ayant été publiée qu'en 2006, la cartographie de ce secteur reposait essentiellement sur l'exploitation de la carte géologique à 1/80 000. Ce sont ces différences de sources qui expliquent les discontinuités apparentes entre l'Allier et la Saône-et-Loire.

On peut également noter, bien que cela ne se traduise pas par une discontinuité de l'aléa à la frontière, qu'une surface significative en aléa faible dans l'est de l'Allier correspond aux formations du Viséen, peu argileuses, retenues essentiellement en raison de leur altération. Cependant, en Saône-et-Loire, ces formations n'ont pas été retenues car elles ont été jugées trop peu argileuses, et il n'est pas paru possible d'isoler suffisamment les faciès d'altération de la roche saine.

10. 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 de la Saône-et-Loire. La démarche retenue est fondée essentiellement sur une interprétation de la carte géologique et sur la synthèse d'un grand nombre d'informations concernant la susceptibilité au phénomène des formations à dominante argileuse, ainsi que sur 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 générale développée par le BRGM à la demande du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire et de la profession des assureurs. Mise au point lors d'études similaires menées dans les Alpes de Haute-Provence et les Deux-Sèvres, elle a ensuite été appliquée à une quarantaine d'autres départements. D'autres études départementales sont en cours de réalisation, le programme devant à terme couvrir l'ensemble du territoire métropolitain.

La démarche de l'étude a d'abord consisté en l'établissement d'une cartographie départementale synthétique des formations argilo-marneuses affleurantes à sub-affleurantes, à partir de la synthèse des cartes géologiques à l'échelle 1/50 000 et d'observations bibliographiques existantes. La carte synthétique recense en définitive 32 formations, dont l'une des caractéristiques est la forte hétérogénéité, liée à leurs conditions de dépôts ou leur altération superficielle.

Les formations ainsi identifiées ont été hiérarchisées vis-à-vis de leur susceptibilité au phénomène de retrait-gonflement. Cette 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 à dominante argilo-marneuse, en se basant sur leur hiérarchisation qui combine leur susceptibilité et la sinistralité associée. Cette dernière a été évaluée à partir du recensement des sinistres, en calculant pour chaque formation une densité de sinistres, rapportée à la surface d'affleurement réellement

urbanisée, ceci afin de permettre des comparaisons fiables entre elles. Au total, 1 590 sinistres répartis dans 217 communes du département ont ainsi été recensés et localisés. Cet échantillon, bien qu'assurément non exhaustif, paraît représentatif du phénomène tel qu'il a été observé à ce jour dans le département.

En appliquant au département de Saône-et-Loire la méthodologie mise au point au niveau national, aucune formation ici identifiée comme argileuse n'a été classée en aléa fort. Seuls deux niveaux d'aléa (moyen et faible) ont donc été distingués afin de caractériser les formations argileuses ou marneuses vis à vis du phénomène de retrait-gonflement. Sur une superficie départementale totale de 8 613 km²,

- 19,3 % est classé en aléa moyen ;
- 53 % est classé en aléa faible ;
- 27,7 % correspondent à des zones *a priori* non concernées par le phénomène.

Il n'est toutefois pas exclu que, sur ces derniers secteurs, se trouvent localement des zones argileuses d'extension limitée, notamment dues à l'hétérogénéité de certaines formations essentiellement sableuses mais présentant des lentilles argileuses ou à l'altération localisée de formations carbonatées. Ces placages ou lentilles argileuses, non cartographiés sur les cartes géologiques (et pour la plupart non cartographiables à l'échelle départementale), sont susceptibles de provoquer localement des sinistres.

Cette carte d'aléa retrait-gonflement des terrains argileux du département de la Saône-et-Loire, dont l'échelle de validité est le 1/50 000 et qui est présentée sous forme de planche hors-texte à l'échelle 1/150 000, pourra servir de base à des actions d'information préventive dans les communes les plus touchées par le phénomène. Elle constitue également le préalable à l'élaboration de Plans de Prévention des Risques naturels (PPRN), 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.

11. Bibliographie

Références principales citées dans le texte

AFNOR (1993) – Mesure de la quantité et de l'activité de la fraction argileuse : détermination de la valeur de bleu de méthylène d'un sol par l'essai à la tache. Norme française NF P18-592.

ASTM D 4546 - 90, 1995. One-dimensional swell or settlement potential of cohesive soils, vol. 4.08, pp. 693–699.

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

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

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 R40355*, 33 p., 6 fig., 1 tabl., 1 ann., 1 pl. hors-texte.

Chauby C., Sabatier F., Kasser P. et Strach F. (1991) – Etude de faisabilité d'une digue de ceinture pour le C.E.T. de Torcy (71) – Rapport BRGM R 34158 BOU 4S 91

Donsimoni M., Clozier L., Vincent M., avec la collaboration de Motteau M., Gallas J.-C. (2001) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Seine-Saint-Denis. BRGM/RP-51198-FR, 125 p., 7 fig., 13 tabl., 2 ann., 5 pl. h.-t.

Habib P. (1992) – Les sécheresses de 1989 et 1990. *Rev. Fr. Géotech.*, 58, p. 7-30.

Jauffret D., Bertin C., Giffard M. (2007) – Optimisation et extension du réseau de suivi quantitatif des eaux souterraines dans le département de Côte d'Or et de Saône-et-Loire – Propositions de points à équiper. BRGM/RP-54344-FR, 271 p., 18 ill., 9 ann.

Laroche B. (2005)- Référentiel pédologique de Bourgogne au 1/250 000 – Régions naturelles, pédopaysages et sols de la Saône-et-Loire.

Le Roy S. avec la collaboration de **Bouchut J.** et **Nouvellon F.** (2007) – Inventaire départemental des mouvements de terrain de Saône-et-Loire, Rapport final, BRGM/RP-56043-FR, 60 p., 41 illust., 4 ann., 1 carte h.t.

Le Roy S. avec la collaboration de Odent B.E., Bouchut J. et Eglin Y. (2007) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux dans le département de la Côte d'Or. Rapport BRGM/RP-55427-FR, 133 p., 45 ill., 4 ann., 3 cartes h.-t.

Odent B.E. et Le Roy S. avec la collaboration de **Bousquet Y. et Lustgarten A.** (2007) - Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de la Nièvre. Rapport final – Rapport BRGM/RP-54897-FR. 157 p., 40 ill., 5 ann., 3 pl. h.-t.

Prian J.P., Vincent M., Donsimoni M., avec la collaboration de **Denis L., Gallas J.C., Marty F., Motteau M.** (2000) - Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de l'Essonne. *Rapport BRGM/RP-50376-FR.*

Rocher Ph., Rouzaire D., Vincent M. avec la collaboration de Dehaut T. et Restituto J. (à paraître) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de l'Allier. Rapport BRGM/RP-52769-FR.

Tran Ngoc Lan (1977) – 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. (2006) – Retrait-gonflement des sols argileux : un aléa géologique lié aux conditions climatiques – Géosciences (la revue du BRGM pour une Terre Durable), n°3, mars 2006, pp. 50 à 55.

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.

Vincent M., Bouchut J., Le Roy S., Dubus I., Surdyk N. (2006) – Suivi de l'évolution en profondeur de la dessiccation des sols argileux en période de déficit hydrique. Rapport final de phase 1. Rapport BRGM/RP-54567-FR, 189 p., 127 ill.

Vincent M., Bouchut J., Fleureau J.-M. (LMSSMat), Masrouri F. (LAEGO), Oppenheim E. (CEBTP-Solen), Heck J.-V. (CSTB), Ruaux N. (CSTB), Le Roy S., Dubus I., Surdyk N. (2006) - Étude des mécanismes de déclenchement du phénomène de retrait-gonflement des sols argileux et de ses interactions avec le bâti – rapport final. BRGM/RP-54862-FR, 378 p., 308 ill.

Vincent M., Plat E., Le Roy S. (2007) - Cartographie de l'aléa Retrait-Gonflement et Plans de Prévention des Risques. *Revue Française de Géotechnique* n° 120-121, 4^{ème} trim. 2007, pp. 189-200

Autres références thématiques

- AFNOR (1995 a) – Géotechnique. Essais de reconnaissance des sols. AFNOR, T1.
- AFNOR (1995 b) – Essai de gonflement à l'oedomètre. Norme française XP P94-091.
- AFNOR (1997) – Essai de dessiccation : détermination conventionnelle de la limite de retrait sur le passant à 400 µm d'un matériau. Norme française XP P94-060-1.
- Alba J.M., Dufor M. (1993) – Phénomènes de gonflement-retrait dans les sols marno-argileux. *Ann. Inst. Tech. BTP., Sols et Fondations*, 514 p.
- Amars S., Baguelin F., Canepa Y. (1987) – Influence de la nappe sur les paramètres mesurés des sols. 9^e ECSMFE, 1, p. 3-5.
- Angulo R., Gaudet J.P., Thony J.L., Vauclin M. (1993) – Détermination expérimentale des caractéristiques hydrodynamiques d'un sol gonflant non saturé pour la modélisation des écoulements. *Rev. Fr. Géotech.*, 62, p. 49-57.
- Belantour N., Tacherifet S., Pakzad M. (1997) – Étude des comportements mécanique, thermo-mécanique et hydro-mécanique des argiles gonflantes et non gonflantes fortement compactées. *Rev. Fr. Géotech.*, 78, p. 31-50.
- Biddle P.G. (1983) – Patterns of soil drying and moisture deficit in the vicinity of trees on clay soils. *Géotechnique*. Vol. XXXIII, pp. 107-126.
- Blondeau (1993) – Gonflements de remblais. Utilisation de matériaux de démolition. *Sycodés Informations*, 21, p. 39-41.
- Caillère S., Hénin, S., Rautureau M. (1989) – Les argiles. *Éd. Septima*, Paris.
- Carrière M., Chevalier M., Toulemont M., 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.
- Choisnel E., Noilhan J. (1995) – La prévention des sécheresses. *La Recherche*, 272, vol. 26, p. 34-40.
- Coquet Y. (1995) – Étude *in situ* des phénomènes de retrait-gonflement des sols. Application à deux sols tropicaux peu gonflants. Thèse Univ. d'Orléans.
- Cui M. (1996) – Les apports de la mécanique des sols non saturés. « 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.
- 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 – Éditions du Moniteur. N°/ISBN : 2-86282-162-4.

Flavigny E. (1992) – Discussion de l'article « Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie ». *Rev. Fr. Géotech.*, n° 57, 59, p. 75-78.

Gillot J.S. (1987) – Clay in engineering geology. In Elsevier (Éd.): *Developments in Geological Engineering*, 41, 469 p.

Havard M. (1996) – Travaux de terrassements et ouvrages en terre. « Le comportement des sols et des ouvrages pendant et après les périodes de sécheresse ». Journées d'Étude de l'École des Ponts, Paris, 11/12/1996.

Holtzapffel T. (1985) – Les minéraux argileux : préparation, analyse diffractométrique et détermination. *Mém. Soc. Géol. Nord*, 12, 136p.

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.

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

Madsen M.T., Müller-Vonmoos M. (1989). The swelling behaviour of clays. In Elsevier (Éd.) : *Applied Clay Science*, 4, p. 143-156.

Madiou H., Lechani M., Hannachi N. (1997) – Patholex : un système expert pour la pathologie dans la construction. Le cas de la sécheresse. *Sécheresse*, 3, 8, p. 201-206.

Magnan D. (1993) – Caractérisation *in situ* des sols gonflants : l'essai expansol. Thèse de doctorat Univ. Joseph Fourier, Grenoble 1.

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.

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

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

Ministère de l'Environnement, Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques, Délégation aux Risques majeurs (1993) – Sécheresse et Construction. *Guide de Prévention*. Édit. 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 Éditeur.

Mariotti M. (1976) – Le gonflement des sols argileux surconsolidés (aspects du phénomène, influence sur les structures, précautions à envisager). *Mines et Géologie*, 39, p. 13-28.

- Noël C. (1991) – Tassement de sols d'assise de fondations consécutifs à la sécheresse. L'expertise dans le cadre de la garantie « catastrophes naturelles ». SNEIC-INFO, 4.
- Norie A., Vincent M. (2000) - Établissement 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..
- Parcevaux P. (1980) – Étude microscopique et macroscopique du gonflement de sols argileux. Mém. Univ. P. et M. Curie, Paris VI, 266 p.
- Pejon O.J., Le Roux A., Guignard D. (1997) – Comportement à l'eau des roches argilo-marneuses, suivi du gonflement, importance de la minéralogie et des textures. *Bull. Int. Eng. Geol.*, 55, p. 105-119.
- Philipponnat G. (1991) – Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie. *Rev. Fr. Géotech.*, 57, p. 5-22.
- Philipponnat G. (1987) – Sols expansifs en France. Identification et recommandations pour les fondations. 6^e Int. Conf. Exp. Soils, 7-10, New Delhi.
- Piantone P. (1986) – Minéralogie et cristallographie des phyllosilicates : application à l'étude des altérations hydrothermales. Rap. BRGM 86 DAM 019 GMX, 61 p.
- Robinet J.C., Pakzad M., Plas F. (1994) – Un modèle rhéologique pour les argiles gonflantes. *Rev. Fr. Géotech.*, 67, p. 57-67.
- 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. P. et Ch.*, 163, p. 9-16.
- Scherer M. (1996) – Bilan des périodes récentes de sécheresse en France. « 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.
- Serratrice J.F., Soyez B. (1996) – Les essais de gonflement. *Bull. Liaison Labo. P. et Ch.*, 204, p. 65-85.
- Taibi S. (1994) – Comportement mécanique et hydraulique des sols partiellement saturés. Thèse de doctorat, École Centrale, Paris.
- Taylor R.K., Smith T. J. (1986) – The engineering geology of clay minerals: swelling, shrinking and mudrock breakdown. *Clays Min.*, 21, p. 235-260.
- Tessier D. (1990) – Organisation des matériaux argileux en relation avec leur comportement hydrique. In Decarreau (Éd.) : Matériaux argileux : structure, propriétés et applications.

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

Toulemont M., Cojean R., Faccendini J.P. (1994) – Cartographie prévisionnelle des sols sensibles à la sécheresse : un outil d'information préventive. *Mappemonde*, 4, p. 2-4.

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, janvier 2003. Actes du Colloque, 7p., 5 fig.

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

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.12-15.

Vincent M. (2005) – Prévention du risque sécheresse : cartographie départementale de l'aléa retrait-gonflement des argiles et établissement de plans de prévention des risques. – *Géologues* (revue officielle de l'Union Française des Géologues), 146, septembre 2005, pp.43-47.

Vincent M. (2006) – Retrait-gonflement des sols argileux : un aléa géologique lié aux conditions climatiques – *Géosciences*, 3, mars 2006, pp.50-55.

Voltz M., Cabidoche Y.M. (1987) – Sur le retrait macroscopique d'un sol argileux gonflant. Modèle de relation entre le retrait vertical et les variations de teneur en eau. Vérification expérimentale du modèle. *C.R. Acad. Fr.*, Paris, 305, série II, p. 511-516.

Waschkoski (1999) – Expertises géotechniques « sécheresse 1990 » en vue d'une reconnaissance de catastrophe naturelle. *Geo*. p. 38-39.

Cartes géologiques à 1/50 000

Feuille	Numéro	Auteurs de la carte et de la notice (année de publication de la carte)
Lucenay-l'Evêque	524	J. Delfour, L. Clozier, J. Cornet, G. Lablanche et R. Feys (1995)
Epinac-les-Mines	525	P. Chèvremont, C. Rémond, P. Marteau, L. Clozier, D. Thiéblemont, D. Jauffret, F. Bugnon, J.-P. Thévenot et collaborateurs (1999)
Beaune	526	C. Rémond, J.-C. Blanalt, M. Bigot (1984)
Seurre	527	R. Fleury, G. Farjanel, J.-J. Collin (1980)

Feuille	Numéro	Auteurs de la carte et de la notice (année de publication de la carte)
Autun	551	Delfour J., Arène J., Clozier L., Carroué J.P., Cornet J., Delance J.H., Feys R., Lemièrre B. (1991)
Le Creusot	552	J. Fourniguet, L. Courel, G. Gand, J.-C. Menot, R. Feys, J. Arène, J.-P. Guillaumet, J. Cornet (1988)
Chagny	553	R. Fleury, J.-P. Gélard et collaborateurs (1982)
Pierre-de-Bresse	554	L. Clozier, J.-J. Collin, G. Farjanel, J.-J. Puisségur et R. Fleury (1984)
Poligny	555	Kerrien Y., Landry J. (1982)
Bourbon-Lancy	576	J. Delfour, L. Clozier, H.G. Carrat, J. Cornet et al. (1990)
Toulon-sur-Arroux	577	P. Chèvremont, P. Marteau, M. Donzeau, M. Cuney, J.-M. Stussi, D. Thieblemont, D. Jauffret, P.-J. Debriette, J. Lambert, Y. Pautrat, P. Nehlig, R. Wyns (2006)
Montceau-les-Mines	578	J. Boissonnas, R. Feys, B. Alabouvette, P.-L. Vincent, J. Cornet, B. Koch
Chalon-sur-Saône	579	J. Bonvalot, R. Fleury, J.-P. Gelard (1984)
Louhans	580	F. Zanon, G. Farjanel, J. Barruol
Lons-le-Saunier	581	P. Chauve, M. Campy, D. Contini, J. Martin, E. Petitjean, F. Sequeiros (1993)
Dompierre-sur-Besbre	599	J. Delfour, R. Feys, H. Carrat, L. Clozier, F. Mercier-Batard, J. Cornet (1989)
Paray-le-Monial	600	M. Donzeau, P. Chèvremont, P. Marteau, P.-J. Debriette, D. Jauffret, J. Lambert, R. Mouterde, D. Thiéblemont, R. Wernli, R. Wyns (2001)
St-Bonnet-de-Joux	601	J. Barrère, R. Bouiller, A. L'Homer, G. Neau, G. Scolari, P.L. Vincent
Tournus	602	J.P. Perthuisot
Montpont-en-Bresse	603	F. Bergerat, G. Farjanel, R. Fleury, J.-J. Puisségur, J. Putallaz (1983)
Orgelet le Bourget	604	Y. Kerrien, M. Campy, M. Dreyfuss (1983)
Charolles	623	M. Donzeau, F. Gaudry, P. Chèvremont, J.-M. Stussi, M. Cuney, D. Jauffret, R. Mouterde, P. Nehlig, R. Wernli, R. Wyns (2006)

Feuille	Numéro	Auteurs de la carte et de la notice (année de publication de la carte)
Cluny	624	J. Arène, A. et M. Tegzey, Y. Gros, C. Gigot, A. Lefavrais-Raymond, S. Debrand-Passard, J.-P. Lajoinie, J.-P. Carroue, J. Putallaz
Mâcon	625	J.-P. Perthuisot
Charlieu	648	R. Bouiller, J. Arène, J. Delfour, B. Lemièrre, Y. Kerrien, C. Vautrelle (1990)
Beaujeu	649	J. Arène, A. Bambier, J.-P. Carroue, S. Debrand-Passard, G. Monjuvent, J. Putallaz (1982)
Belleville	650	M. Lorenchet de Montjamont, A. Tegzey, J. Combier, J.P. Carroué, R. Tosan, J.J. Collin, A. Gérard

Sites internet

<http://iqcs-stb.org/> : site internet du programme Sols et Territoires de Bourgogne, permettant en particulier la consultation de la carte pédologique à l'échelle 1/250 000 sur la région Bourgogne

<http://www.argiles.fr> : site internet sur l'aléa retrait-gonflement des sols argileux développé par le BRGM, affichant les cartes d'aléa déjà publiées, par commune et par département

<http://www.brgm.fr> et <http://www.infoterre.fr> : sites internet du BRGM

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

<http://www.prim.net> : site internet du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire, sur la prévention des risques majeurs, affichant les risques naturels et technologiques ainsi que les reconnaissances de l'état de catastrophe naturelle

<http://www.cadastre.gouv.fr>, <http://www.pagesjaunes.fr>, <http://www.mappy.fr>, <http://www.maporama.fr>, <http://www.claritas.fr> : sites internet utilisés pour la localisation des sinistres

Annexe 1 - 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 – Sinistres localisés et communes reconnues en état de catastrophe naturelle

Communes reconnues en état de catastrophe naturelle au titre des mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols et sinistres recensés dans le cadre de l'étude (données actualisées au 31 août 2008) :

- Nombre de sinistres localisés par commune

- Communes reconnues en état de catastrophe naturelle « sécheresse », dates des arrêtés et de leurs parutions au Journal Officiel

- Liste des sinistres localisés et formations géologiques concernées

Nombre de sinistres localisés par commune

INSEE	Commune	Nombre de sinistres localisés	INSEE	Commune	Nombre de sinistres localisés	INSEE	Commune	Nombre de sinistres localisés
71001	L'ABERGEMENT-DE-CUISERY	3	71189	EPERVANS	7	71369	REMIGNY	2
71002	L'ABERGEMENT-SAINTE-COLOMBE	1	71190	EPINAC	15	71370	RIGNY-SUR-ARROUX	3
71003	ALLEREY-SUR-SAONE	2	71191	ESSERTENNE	1	71371	LA ROCHE-VINEUSE	5
71004	ALLEROT	3	71192	ETANG-SUR-ARROUX	3	71372	ROMANCHE-THORINS	21
71005	ALUZE	1	71194	FARGES-LES-CHALON	41	71373	ROMENAY	6
71006	AMANZE	6	71195	FARGES-LES-MACON	3	71378	RULLY	15
71011	ANZY-LE-DUC	1	71196	LE FAY	4	71379	SAGY	23
71013	AUTHUMES	6	71201	FLEY	1	71380	SAILLENARD	15
71014	AUTUN	10	71202	FONTAINES	19	71383	SAINT-ALBAIN	12
71016	AZE	2	71205	FRANGY-EN-BRESSE	2	71384	SAINT-AMBREUIL	7
71017	BALLORE	2	71206	LA FRETTE	1	71385	SAINT-AMOUR-BELLEVUE	17
71018	BANTANGES	13	71209	FRONTENAUD	3	71391	SAINT-BERAIN-SUR-DHEUNE	1
71019	BARIZEY	3	71210	FUISSÉ	2	71392	SAINT-BOIL	1
71022	BAUDEMONT	15	71213	LA GENETÉ	19	71393	SAINT-BONNET-DE-CRAY	4
71023	BAUDRIERES	8	71219	GIGNY-SUR-SAONE	12	71397	SAINTE-CECILE	4
71027	BEAUREPAIRE-EN-BRESSE	10	71220	GILLY-SUR-LOIRE	1	71398	SAINT-CHRISTOPHE-EN-BRESSE	5
71028	BEAUVENOIS	9	71221	GIVRY	22	71400	SAINT-CLEMENT-SUR-GUYE	1
71029	BELLEVESVRE	3	71225	GRANGES	1	71403	SAINT-DENIS-DE-VAUX	15
71037	BISSY-SUR-FLEY	2	71227	GRURY	2	71406	SAINT-DIDIER-EN-BRIONNAIS	1
71040	BLANZY	16	71229	LES GUERREUX	7	71410	SAINT-ETIENNE-EN-BRESSE	15
71044	BOSJEAN	8	71230	GUEUGNON	54	71420	SAINT-GERMAIN-DU-PLAIN	10
71054	BRAGNY-SUR-SAONE	2	71232	HAUTEFOND	1	71425	SAINT-GILLES	1
71055	BRANDON	1	71234	HUILLY-SUR-SEILLE	1	71426	SAINTE-HELENE	3
71056	BRANGES	10	71235	HURIGNY	24	71433	SAINT-JULIEN-DE-CIVRY	12
71060	BRIANT	6	71240	JALOGNY	2	71437	SAINT-LAURENT-EN-BRIONNAIS	6
71061	BRIENNE	2	71241	JAMBLES	1	71439	SAINT-LEGER-LES-PARAY	3
71063	BROYE	1	71244	JOUVENCON	1	71443	SAINT-LOUP-GEANGES	10
71064	BRUAILLES	13	71246	JUIF	2	71444	SAINT-LOUP-DE-VARENNES	18
71068	BURZY	3	71248	LACROST	3	71445	SAINT-MARCEL	9
71069	BUSSIERES	1	71249	LAIVES	1	71446	SAINT-MARCELIN-DE-CRAY	4
71071	CERON	5	71257	LESSARD-LE-NATIONAL	9	71447	SAINT-MARD-DE-VAUX	1
71073	CHAGNY	19	71258	LEYNES	5	71460	SAINT-MAURICE-DE-SATONNAY	2
71076	CHALON-SUR-SAONE	2	71259	LIGNY-EN-BRIONNAIS	1	71468	SAINT-PIERRE-DE-VARENNES	4
71079	CHAMPAGNAT	3	71263	LOUHANS	51	71471	SAINT-PRIVE	1
71081	CHAMPFORGEUIL	17	71264	LOURNAND	1	71475	SAINT-REMY	16
71082	CHAMPLECY	4	71265	LA LOYERE	17	71480	SAINT-SERNIN-DU-PLAIN	1
71084	CHANES	1	71267	LUGNY	14	71483	SAINT-SYMPHORIEN-DES-BOIS	3
71088	LA CHAPELLE-AU-MANS	1	71268	LUGNY-LES-CHAROLLES	3	71484	SAINT-USUGE	1
71089	LA CHAPELLE-DE-BRAGNY	1	71273	MALTAT	4	71487	SAINT-VERAND	9
71092	LA CHAPELLE-NAUDE	7	71275	MARCIGNY	3	71489	SAINT-VINCENT-EN-BRESSE	4
71093	LA CHAPELLE-SAINT-SAUVEUR	3	71283	MARNAY	8	71492	SAINT-YTHAIRE	1
71095	LA CHAPELLE-SOUS-DUN	1	71286	MARY	1	71494	LA SALLE	11
71099	CHARBONNIERES	6	71290	MAZILLE	2	71503	SAULES	2
71100	CHARDONNAY	8	71292	MELLECEY	26	71510	SEMUR-EN-BRIONNAIS	1
71101	CHARETTE-VARENNES	6	71293	MENETREUIL	7	71512	SENNECEY-LE-GRAND	3
71103	CHARMOY	1	71294	MERCUREY	5	71513	SENOZAN	13
71105	CHARNAY-LES-MACON	31	71295	MERVANS	25	71520	SEVREY	1
71106	CHAROLLES	8	71296	MESSEY-SUR-GROSNE	6	71523	SIMARD	7
71112	CHATEAU	6	71300	LE MIROIR	15	71528	SORNAY	1
71117	CHATENOY-EN-BRESSE	18	71303	MONTAGNY-PRES-LOUHANS	8	71535	TAVERNAY	6
71118	CHATENOY-LE-ROYAL	6	71310	MONTCHANIN	17	71538	THUREY	1
71119	CHAUDENAY	6	71311	MONTCONY	5	71541	TORPES	10
71124	CHENOVES	1	71318	MONTPONT-EN-BRESSE	7	71543	TOURNUS	43
71127	CHEVAGNY-SUR-GUYE	1	71319	MONTRET	7	71545	TRAMAYES	1
71131	CIEL	8	71321	MOREY	1	71548	TRONCHY	1
71132	CIRY-LE-NOBLE	6	71324	MOROGES	2	71553	VAREILLES	1
71136	CLESSY	4	71326	MOUTHIER-EN-BRESSE	2	71554	VARENNE-L'ARCONCE	1
71137	CLUNY	35	71330	NEUVY-GRANDCHAMP	3	71555	VARENNES-LE-GRAND	1
71139	COLLONGE-EN-CHAROLLAIS	1	71334	OUDRY	1	71557	VARENNE-SAINT-GERMAIN	2
71141	COLOMBIER-EN-BRIONNAIS	1	71336	OUROUX-SUR-SAONE	2	71558	VARENNES-SAINT-SAUVEUR	3
71143	CONDAL	14	71337	OYE	5	71561	VAUBAN	3
71150	CRECHES-SUR-SAONE	22	71339	OZOLLES	1	71562	VAUDEBARRIER	6
71155	CRONAT	12	71342	PARAY-LE-MONIAL	23	71566	VERDUN-SUR-LE-DOUBS	2
71156	CRUZILLE	2	71346	PERRECY-LES-FORGES	11	71572	VERS	1
71161	CURDIN	4	71351	PIERRE-DE-BRESSE	12	71576	LE VILLARS	15
71162	CURGY	6	71354	POISSON	4	71580	VINCELLES	3
71167	DAMEREY	6	71359	PRETY	8	71583	VINZELLES	2
71169	DAVAYE	4	71360	PRISSE	1	71585	VIREY-LE-GRAND	31
71170	DEMIGNY	10	71361	PRIZY	3	71586	VIRY	5
71175	DICONNE	8	71364	LA RACINEUSE	1	71587	VITRY-LES-CLUNY	3
71177	DOMMARTIN-LES-CUISEUX	23	71365	RANCY	1	71591	FLEURVILLE	4
71184	DRACY-SAINT-LOUP	6	71367	RATTE	20			
71187	ECUISSÉS	3	71368	RECLESNE	10			

Reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle au titre des mouvements de terrain
différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols
(données prim.net)

INSEE	Commune	Date de début	Date de fin	Date de l'arrêté	Date de publication au JO
71001	Abergement-de-Cuisery	01-juil-03	30-sept-03	30-mars-06	02-avr-06
71002	Abergement-Sainte-Colombe	01-juil-03	30-sept-03	09-janv-06	22-janv-06
71003	Allerey-sur-Saône	01-juil-03	30-sept-03	11-janv-05	01-févr-05
71004	Allériot	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71005	Aluze	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71012	Artaix	01-juil-03	30-sept-03	30-mars-06	02-avr-06
71013	Authumes	01-juil-03	30-sept-03	30-mars-06	02-avr-06
71016	Azé	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71018	Bantanges	01-juil-03	30-sept-03	30-mars-06	02-avr-06
71022	Baudemont	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71023	Baudrières	01-juil-03	30-sept-03	11-janv-05	01-févr-05
71026	Beaumont-sur-Grosne	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71027	Beaurepaire-en-Bresse	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71028	Beauvernois	01-juil-03	30-sept-03	09-janv-06	22-janv-06
71029	Bellevesvre	01-juil-03	30-sept-03	09-janv-06	22-janv-06
71033	Bey	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71044	Bosjean	01-juil-03	30-sept-03	01-déc-06	07-déc-06
71047	Bourbon-Lancy	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71048	Bourg-le-Comte	01-juil-03	30-sept-03	30-mars-06	02-avr-06
71051	Bouzeron	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71054	Bragny-sur-Saône	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71055	Brandon	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71056	Branges	01-juil-03	30-sept-03	09-janv-06	22-janv-06
71057	Bray	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71058	Bresse-sur-Grosne	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71061	Brienne	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71064	Bruailles	01-juil-03	30-sept-03	09-janv-06	22-janv-06
71066	Burgy	01-juil-03	30-sept-03	02-mars-06	11-mars-06
71069	Bussièrès	01-juil-03	30-sept-03	30-mars-06	02-avr-06
71070	Buxy	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71071	Céron	01-juil-03	30-sept-03	30-mars-06	02-avr-06
71073	Chagny	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71076	Chalon-sur-Saône	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71077	Chambilly	01-juil-03	30-sept-03	16-juin-06	14-juil-06
71079	Champagnat	01-juil-03	30-sept-03	22-nov-05	13-déc-05
71081	Champforgeuil	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71084	Chânes	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71085	Change	01-juil-03	30-sept-03	18-oct-07	25-oct-07
71089	Chapelle-de-Bragny	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71090	Chapelle-de-Guinchay	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71092	Chapelle-Naude	01-juil-03	30-sept-03	09-janv-06	22-janv-06
71093	Chapelle-Saint-Sauveur	01-juil-03	30-sept-03	16-juin-06	14-juil-06
71095	Chapelle-sous-Dun	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71097	Chapelle-Thècle	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71099	Charbonnières	01-juil-03	30-sept-03	11-janv-05	01-févr-05
71100	Chardonnay	01-juil-03	30-sept-03	03-août-06	24-août-06
71101	Charette-Varennes	01-juil-03	30-sept-03	09-janv-06	22-janv-06
71105	Charnay-lès-Mâcon	01-juil-03	30-sept-03	11-janv-05	01-févr-05
71110	Chassigny-sous-Dun	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71117	Châtenoy-en-Bresse	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71118	Châtenoy-le-Royal	01-juil-03	30-sept-03	11-janv-05	01-févr-05
71119	Chaudenay	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71121	Chaux	01-juil-03	30-sept-03	18-oct-07	25-oct-07
71123	Chenay-le-Châtel	01-juil-03	30-sept-03	22-nov-05	13-déc-05
71124	Chenôves	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71126	Chevagny-les-Chevrières	01-juil-03	30-sept-03	02-mars-06	11-mars-06
71131	Ciel	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71135	Clessé	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71137	Cluny	01-juil-03	30-sept-03	11-janv-05	01-févr-05
71143	Condal	01-juil-03	30-sept-03	22-nov-05	13-déc-05
71147	Cortevaix	01-juil-03	30-sept-03	16-juin-06	14-juil-06
71150	Crêches-sur-Saône	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71158	Cuisery	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71160	Curbigny	01-juil-03	30-sept-03	30-mars-06	02-avr-06
71162	Curgy	01-juil-03	30-sept-03	30-mars-06	02-avr-06
71167	Damerey	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Saône-et-Loire

INSEE	Commune	Date de début	Date de fin	Date de l'arrêté	Date de publication au JO
71169	Davayé	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71170	Demigny	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71177	Dommartin-lès-Cuiseaux	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71180	Donzy-le-National	01-juil-03	30-sept-03	30-mars-06	02-avr-06
71182	Dracy-le-Fort	01-juil-03	30-sept-03	11-janv-05	01-févr-05
71184	Dracy-Saint-Loup	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71189	épervans	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71190	épinac	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71194	Farges-lès-Chalon	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71195	Farges-lès-Mâcon	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71196	Fay	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71198	Flacey-en-Bresse	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71200	Fleury-la-Montagne	01-juil-03	30-sept-03	27-juil-07	01-août-07
71202	Fontaines	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71204	Fragnes	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71205	Frangy-en-Bresse	01-juil-03	30-sept-03	03-août-06	24-août-06
71206	Frette	01-juil-03	30-sept-03	09-janv-06	22-janv-06
71207	Fretterans	01-juil-03	30-sept-03	09-janv-06	22-janv-06
71209	Frontenaud	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71213	Genête	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71215	Gergy	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71219	Gigny-sur-Saône	01-juil-03	30-sept-03	30-mars-06	02-avr-06
71220	Gilly-sur-Loire	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71221	Givry	01-juil-03	30-sept-03	22-nov-05	13-déc-05
71225	Granges	01-juil-03	30-sept-03	11-janv-05	01-févr-05
71229	Guerreaux	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71234	Huilly-sur-Seille	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71235	Hurigny	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71236	Igé	01-juil-03	30-sept-03	01-déc-06	07-déc-06
71237	Igornay	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71241	Jambles	01-juil-03	30-sept-03	18-oct-07	25-oct-07
71244	Jouvençon	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71246	Juif	01-juil-03	30-sept-03	18-oct-07	25-oct-07
71247	Jully-lès-Buxy	01-juil-03	30-sept-03	16-juin-06	14-juil-06
71248	Lacrost	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71249	Laives	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71252	Lalheue	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71254	Lays-sur-le-Doubs	01-juil-03	30-sept-03	09-janv-06	22-janv-06
71255	Lesme	01-juil-03	30-sept-03	09-janv-06	22-janv-06
71257	Lessard-le-National	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71258	Leynes	01-juil-03	30-sept-03	11-janv-05	01-févr-05
71259	Ligny-en-Brionnais	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71263	Louhans	01-juil-03	30-sept-03	22-nov-05	13-déc-05
71264	Lourmand	01-juil-03	30-sept-03	09-janv-06	22-janv-06
71265	Loyère	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71267	Lugny	01-juil-03	30-sept-03	11-janv-05	01-févr-05
71269	Lux	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71270	Mâcon	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
		01-oct-96	31-déc-97	12-juin-98	01-juil-98
		01-janv-96	30-sept-96	12-mai-97	25-mai-97
71273	Maltat	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71283	Marnay	01-juil-03	30-sept-03	11-janv-05	01-févr-05
71290	Mazille	01-juil-03	30-sept-03	30-mars-06	02-avr-06
71291	Melay	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71292	Mellecey	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71293	Ménetreuil	01-juil-03	30-sept-03	09-janv-06	22-janv-06
71295	Mervans	01-juil-03	30-sept-03	09-janv-06	22-janv-06
71296	Messey-sur-Grosne	01-juil-03	30-sept-03	30-mars-06	02-avr-06
71300	Miroir	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71303	Montagny-près-Louhans	01-juil-03	30-sept-03	18-oct-07	25-oct-07
71305	Montbellet	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71311	Montcony	01-juil-03	30-sept-03	09-janv-06	22-janv-06
71315	Mont-lès-Seurre	01-juil-03	30-sept-03	09-janv-06	22-janv-06
71318	Montpont-en-Bresse	01-juil-03	30-sept-03	30-mars-06	02-avr-06
71324	Moroges	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71325	Motte-Saint-Jean	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71326	Mouthier-en-Bresse	01-juil-03	30-sept-03	16-juin-06	14-juil-06
71332	Ormes	01-juil-03	30-sept-03	09-janv-06	22-janv-06
71333	Oslon	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71336	Ouroux-sur-Saône	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Saône-et-Loire

INSEE	Commune	Date de début	Date de fin	Date de l'arrêté	Date de publication au JO
71341	Palleau	01-juil-03	30-sept-03	11-janv-05	01-févr-05
71345	Péronne	01-juil-03	30-sept-03	30-mars-06	02-avr-06
71351	Pierre-de-Bresse	01-juil-03	30-sept-03	09-janv-06	22-janv-06
71357	Pourlans	01-juil-03	30-sept-03	09-janv-06	22-janv-06
71359	Préty	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71360	Prissé	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71364	Racineuse	01-juil-03	30-sept-03	18-oct-07	25-oct-07
71365	Rancy	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71367	Ratte	01-juil-03	30-sept-03	09-janv-06	22-janv-06
71368	Reclesne	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71369	Remigny	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71371	Roche-Vineuse	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71372	Romanèche-Thorins	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71373	Romenay	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71378	Rully	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71379	Sagy	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71380	Saillenard	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71383	Saint-Albain	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71384	Saint-Ambreuil	01-juil-03	30-sept-03	30-mars-06	02-avr-06
71385	Saint-Amour-Bellevue	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71386	Saint-André-en-Bresse	01-juil-03	30-sept-03	30-mars-06	02-avr-06
71392	Saint-Boil	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71396	Saint-Bonnet-en-Bresse	01-juil-03	30-sept-03	30-mars-06	02-avr-06
71397	Sainte-Cécile	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71398	Saint-Christophe-en-Bresse	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71402	Saint-Cyr	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71403	Saint-Denis-de-Vaux	01-juil-03	30-sept-03	03-août-06	24-août-06
71414	Saint-Forgeot	01-juil-03	30-sept-03	22-nov-05	13-déc-05
71416	Saint-Gengoux-de-Scissé	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71420	Saint-Germain-du-Plain	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71424	Saint-Gervais-sur-Couches	01-juil-03	30-sept-03	11-janv-05	01-févr-05
71437	Saint-Laurent-en-Brionnais	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71438	Saint-Léger-du-Bois	01-juil-03	30-sept-03	30-mars-06	02-avr-06
71442	Saint-Léger-sur-Dheune	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71443	Saint-Loup-de-la-Salle	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71444	Saint-Loup-de-Varennes	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71445	Saint-Marcel	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71447	Saint-Mard-de-Vaux	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71454	Saint-Martin-du-Mont	01-juil-03	30-sept-03	30-mars-06	02-avr-06
71456	Saint-Martin-en-Bresse	01-juil-03	30-sept-03	16-juin-06	14-juil-06
71460	Saint-Maurice-de-Satonnay	01-juil-03	30-sept-03	30-mars-06	02-avr-06
71475	Saint-Rémy	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71480	Saint-Sernin-du-Plain	01-juil-03	30-sept-03	11-janv-05	01-févr-05
71484	Saint-Usuge	01-juil-03	30-sept-03	02-mars-06	11-mars-06
71485	Saint-Vallerin	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71487	Saint-Vérand	01-juil-03	30-sept-03	11-janv-05	01-févr-05
71489	Saint-Vincent-en-Bresse	01-juil-03	30-sept-03	09-janv-06	22-janv-06
71494	Salle	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71497	Sancé	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71502	Sassenay	01-juil-03	30-sept-03	16-juin-06	14-juil-06
71503	Saules	01-juil-03	30-sept-03	09-janv-06	22-janv-06
71506	Savigny-en-Revermont	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71508	Savigny-sur-Seille	01-juil-03	30-sept-03	09-janv-06	22-janv-06
71512	Sennecey-le-Grand	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71513	Senozan	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71517	Sermesse	01-juil-03	30-sept-03	06-févr-06	14-févr-06
71522	Simandre	01-juil-03	30-sept-03	16-juin-06	14-juil-06
71523	Simard	01-juil-03	30-sept-03	30-mars-06	02-avr-06
71528	Sornay	01-juil-03	30-sept-03	30-mars-06	02-avr-06
71535	Tavernay	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71541	Torpes	01-juil-03	30-sept-03	06-févr-06	14-févr-06
71543	Tournus	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71553	Vareilles	01-juil-03	30-sept-03	30-mars-06	02-avr-06
71555	Varennes-le-Grand	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71558	Varennes-Saint-Sauveur	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71561	Vauban	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71566	Verdun-sur-le-Doubs	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71572	Vers	01-juil-03	30-sept-03	09-janv-06	22-janv-06
71574	Verzé	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71576	Villars	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Saône-et-Loire

INSEE	Commune	Date de début	Date de fin	Date de l'arrêté	Date de publication au JO
71580	Vincelles	01-juil-03	30-sept-03	16-juin-06	14-juil-06
71584	Viré	01-juil-03	30-sept-03	22-nov-05	13-déc-05
71585	Virey-le-Grand	01-juil-03	30-sept-03	27-mai-05	31-mai-05
71587	Vitry-lès-Cluny	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71589	Vitry-sur-Loire	01-juil-03	30-sept-03	25-août-04	26-août-04
71591	Fleurville	01-juil-03	30-sept-03	09-janv-06	22-janv-06

Liste des sinistres localisés

Commune	Identifiant	X (Lambert II étendu, métrique)	Y (Lambert II étendu, métrique)	Date	Formation argileuse
ALLEREY-SUR-SAONE	71003-001	800717	2214738		Fx-y
	71003-002	798740	2214937		Fx-y
ALLERIOT	71004-001	798394	2204414	2003	FLv-w
	71004-002	797925	2204386	2003	Cs
	71004-003	800508	2202741	2003	FLv-w
ALUZE	71005-001	778957	2207935		I1-2
AMANZE	71006-001	746285	2150056	2003	I1-2
	71006-002	746304	2149962	2003	I1-2
	71006-003	746327	2150037	2003	I1-2
	71006-004	746369	2150014	2003	I1-2
	71006-005	747246	2149428	2003	I1-2
	71006-006	746637	2149756	2003	t7-I1
ANZY-LE-DUC	71011-001	732067	2146522		FL
AUTHUMES	71013-001	826777	2212212	2003	Cs
	71013-002	826215	2212382	2003	FLv-w
	71013-003	826273	2213480	2003	FLv-w
	71013-004	826395	2213078	2003	FLv-w
	71013-005	827020	2211815	2003	Cs
	71013-006	826442	2212323	2003	FLv-w
AUTUN	71014-001	750016	2219011		r1
	71014-002	749983	2219414		Fz
	71014-003	751155	2219976		r1
	71014-004	750100	2220614		FL
	71014-005	750752	2220585		FL
	71014-006	749805	2220834		Fx-y
	71014-007	749491	2217778		r1
	71014-008	749542	2217783		r1
	71014-009	750152	2219114		r1
	71014-010	751333	2220117		r1
AZE	71016-001	786205	2160883		Fz
	71016-002	786216	2160901		Fz
BALLORE	71017-001	755793	2172475	1976	I1-2
	71017-002	755828	2172533	1976	I1-2
BANTANGES	71018-001	813823	2183326		Fx-y
	71018-002	813839	2183286		p-IVBm
	71018-003	811555	2181884		Fx-y
	71018-004	812552	2181639		Fx-y
	71018-005	813420	2182069		p-IVBm
	71018-006	812826	2182674		Fx-y
	71018-007	811569	2181902		Fx-y
	71018-008	811580	2181922		Fx-y
	71018-009	813859	2183252		p-IVBm
	71018-010	811533	2182425		Fx-y
	71018-011	811821	2182923		Fx-y
	71018-012	812820	2182765		Fx-y
	71018-013	813148	2182912		Fx-y
BARIZEY	71019-001	778196	2201928		Cs
	71019-002	778906	2200874		tG
	71019-003	778824	2200961		tA
BAUDEMONT	71022-001	750275	2145021		I3
	71022-002	751035	2145886		I3
	71022-003	750735	2144955		t7-I1
	71022-004	750095	2144887		g2-m1-A
	71022-005	750341	2144854		I3
	71022-006	750327	2145116		I3
	71022-007	750224	2145147		I3
	71022-008	750142	2144929		I4
	71022-009	750470	2144917		I1-2
	71022-010	750130	2145013		I4
	71022-011	750355	2144784		I1-2
	71022-012	750207	2144936		I3
	71022-013	750245	2144945		I3
	71022-014	749661	2146321		j1
	71022-015	750158	2144652		I4
BAUDRIERES	71023-001	804526	2189523	2003	FLv-w
	71023-002	802686	2189563	2003	Fx-y
	71023-003	803460	2189669	2003	Fx-y

Commune	Identifiant	X (Lambert II étendu, métrique)	Y (Lambert II étendu, métrique)	Date	Formation argileuse
	71023-004	803115	2189036	2003	Fx-y
	71023-005	802056	2187536	2003	Fx-y
	71023-006	803581	2190664	2003	Fx-y
	71023-007	801896	2189672	2003	Fx-y
BEAUREPAIRE-EN-BRESSE	71027-001	834137	2191345		p-IVBm
	71027-002	833960	2188657		p-IVBm
	71027-003	833767	2191392		p-IVBm
	71027-004	835012	2189335		p-IVBm
	71027-005	833827	2191100		p-IVBm
	71027-006	833948	2188770		p-IVBm
	71027-007	832500	2189537		p-IVBm
	71027-008	835120	2189580		p-IVBm
	71027-009	835175	2189485		p-IVBm
	71027-010	833125	2189567		Cs
BEAUVERNOIS	71028-001	836881	2208338	2003	p-IVBs
	71028-002	836975	2208409	2003	p-IVBs
	71028-003	836961	2208512	2003	p-IVBs
	71028-004	835498	2209487	2003	p-IVBs
	71028-005	837931	2210344	2003	p-IVBs
	71028-006	836567	2208212	2003	p-IVBm
	71028-007	837968	2210358	2003	p-IVBs
	71028-008	835601	2209515	2003	p-IVBs
	71028-009	835395	2209393	2003	p-IVBm
BELLEVESVRE	71029-001	831842	2207935	2003	Cs
	71029-002	831445	2208938	2003	Fx-y
	71029-003	830688	2209790	2003	p-IVBm
BISSY-SUR-FLEY	71037-001	774681	2187242	2003	I4
	71037-002	774870	2187092	2003	I4
BLANZY	71040-001	756957	2187420	2003	Fz
	71040-002	756897	2189820	2003	RLP
	71040-003	756455	2191388	2003	r2
	71040-004	756787	2190246	2003	Fz
	71040-005	756994	2191056	2003	FL
	71040-006	756873	2192575	2003	r2
	71040-007	756908	2191166	2003	FL
	71040-008	754493	2191085	2003	r2
	71040-009	756415	2191495	2003	r2
	71040-010	756484	2191013	2003	RLP
	71040-011	757318	2189938	2003	FL
	71040-012	756391	2191399	2003	r2
	71040-013	757256	2191699	2003	RLP
	71040-014	756450	2194956	2003	r2ab
	71040-015	756511	2191956	2003	r2
	71040-016	756814	2191439	2003	r2
BOSJEAN	71044-001	828969	2200041		p-IVBm
	71044-002	830273	2199559		p-IVBm
	71044-003	830209	2199662		p-IVBm
	71044-004	830029	2200733		p-IVBm
	71044-005	830900	2199721		p-IVBm
	71044-006	829687	2200184		p-IVBm
	71044-007	830927	2199736		p-IVBm
	71044-008	829766	2200201		p-IVBm
BRAGNY-SUR-SAONE	71054-001	805372	2215841		p-IVBs
	71054-002	804774	2215879		p-IVBs
BRANDON	71055-001	772300	2152271	2003	Fx-y
BRANGES	71056-001	818170	2186630	2003	p-IVBm
	71056-002	816490	2187195	2003	Fx-y
	71056-003	814850	2186523	2003	p-IVBm
	71056-004	817390	2186492	2003	Fz
	71056-005	815452	2187605	2003	p-IVBm
	71056-006	817072	2186485	2003	Fx-y
	71056-007	817215	2186527	2003	p-IVBm
	71056-008	818210	2186962	2003	p-IVBm
	71056-009	816550	2186837	2003	Fx-y
	71056-010	814577	2187064	2003	p-IVBm
BRIANT	71060-001	738584	2146966	2003	t7-I1
	71060-002	738479	2146205	2003	I1-2
	71060-003	741324	2146867	2003	t7-I1

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Saône-et-Loire

Commune	Identifiant	X (Lambert II étendu, métrique)	Y (Lambert II étendu, métrique)	Date	Formation argileuse
	71060-004	738505	2145996	2003	I3a
	71060-005	740580	2146717	2003	t7-I1
	71060-006	740459	2146878	2003	t7-I1
BRIENNE	71061-001	807360	2176933	2003	Fx-y
	71061-002	806535	2176675	2003	Fx-y
BROYE	71063-001	749292	2209163		Fx-y
BRUAILLES	71064-001	823322	2183069		Fx-y
	71064-002	822934	2180543		p-IVBs
	71064-003	822610	2180595		p-IVBs
	71064-004	824656	2179451		p-IVBm
	71064-005	822546	2180637		p-IVBs
	71064-006	824001	2180020		p-IVBm
	71064-007	824769	2179913		p-IVBm
	71064-008	824243	2180573		p-IVBm
	71064-009	820809	2182870		p-IVBm
	71064-010	824506	2182115		p-IVBm
	71064-011	824806	2180839		p-IVBm
	71064-012	825219	2180506		p-IVBm
	71064-013	823130	2181775		p-IVBm
BURZY	71068-001	772315	2179277	2003	tG
	71068-002	771927	2179912	2003	I1-2
	71068-003	771240	2180210	2003	Cs
BUSSIERES	71069-001	782677	2151417	2003	I4
CERON	71071-001	721595	2144942		FL
	71071-002	724698	2143475		g2-m1-A
	71071-003	721613	2143810		g2-m1-A
	71071-004	722635	2142815		g2-m1-A
	71071-005	725193	2145450		g2-m1-A
CHAGNY	71073-001	784726	2214875		p-IVBs
	71073-002	784726	2214922		p-IVBs
	71073-003	784757	2214826		p-IVBs
	71073-004	784744	2214737		p-IVBs
	71073-005	784796	2214868		p-IVBs
	71073-006	784732	2214697		p-IVBs
	71073-007	783598	2214729		X
	71073-008	783458	2215262		Fz
	71073-009	784608	2214735		p-IVBs
	71073-010	783565	2214810		X
	71073-011	784355	2214894		p-IVBs
	71073-012	784841	2214029		p-IVBs
	71073-013	784585	2213917		p-IVBs
	71073-014	785000	2214155		p-IVBs
	71073-015	783990	2213653		p-IVBs
	71073-016	783525	2214758		X
	71073-017	783376	2214567		Cs
	71073-018	784572	2213832		p-IVBs
	71073-019	784381	2214667		p-IVBs
CHALON-SUR-SAONE	71076-001	791874	2202896		Fx-y
	71076-002	791402	2202566	2003	X
CHAMPAGNAT	71079-001	832503	2169526	2003	n5-6
	71079-002	833754	2168785	2003	I4
	71079-003	833241	2169142	2003	I4
CHAMPFORGEUIL	71081-001	790336	2204922		Fx-y
	71081-002	790461	2204938		Fx-y
	71081-003	790275	2204859		Fx-y
	71081-004	790456	2204930		Fx-y
	71081-005	790447	2204937		Fx-y
	71081-006	790436	2204918		Fx-y
	71081-007	790431	2204903		Fx-y
	71081-008	790445	2204923		Fx-y
	71081-009	790423	2204597		Fx-y
	71081-010	790682	2205423		Fx-y
	71081-011	790944	2204830		Fx-y
	71081-012	790452	2204918		Fx-y
	71081-013	790440	2204808		Fx-y
	71081-014	790437	2204928		Fx-y
	71081-015	790388	2204739		Fx-y
	71081-016	790715	2205235		Fx-y
	71081-017	790808	2204962		Fz

Commune	Identifiant	X (Lambert II étendu, métrique)	Y (Lambert II étendu, métrique)	Date	Formation argileuse
CHAMPLECY	71082-001	745059	2164256	2003	FL
	71082-002	747862	2164994	2003	FL
	71082-003	746416	2165044	2003	j1
	71082-004	744181	2163824	2003	l3
CHANES	71084-001	786738	2140773	2003	FLv-w
CHARBONNIERES	71099-001	792245	2157554	2003	j5
	71099-002	792235	2157636	2003	j5
	71099-003	792092	2157615	2003	Fz
	71099-004	792048	2157582	2003	Fz
	71099-005	792008	2157495	2003	g2-m1-A
	71099-006	792355	2156788	2003	j5
CHARDONNAY	71100_001	793779	2170845	2003	j3
	71100_002	793264	2170880	2003	j5
	71100_003	793588	2170878	2003	j3
	71100_004	791394	2170074	2003	j3-5
	71100_005	793862	2170759	2003	j3-5
	71100_006	793476	2170711	2003	j3-5
	71100_007	793596	2170755	2003	j3-5
	71100_008	793812	2170879	2003	j3
CHARETTE-VARENNES	71101-001	817794	2216602	2003	Fx-y
	71101-002	818214	2212995	2005	Fx-y
	71101-003	818421	2215797	2003	Fx-y
	71101-004	818164	2216106	2003	Fx-y
	71101-005	818341	2215988	2003	Fx-y
	71101-006	817662	2213561	2003	Fx-y
CHARMOY	71103-001	750327	2196557	2003	r1
CHARNAY-LES-MACON	71105-001	788750	2149259	2003-2005	j3
	71105-002	790374	2148170	2003	LP
	71105-003	788729	2149215	2003	j3
	71105-004	788970	2149794	2003	j3
	71105-005	787892	2148754	2003	LP
	71105-006	790331	2148190	2003	LP
	71105-007	790342	2148155	2003	LP
	71105-008	790336	2148162	2003	LP
	71105-009	790358	2148163	2003	LP
	71105-010	789723	2148531	2003	LP
	71105-011	789722	2148568	2003	LP
	71105-012	789636	2148004	2003	LP
	71105-013	790244	2148044	2003	FLv-w
	71105-014	789795	2147895	2003	LP
	71105-015	789213	2149338	2003	j3-5
	71105-016	790203	2148010	2003	FLv-w
	71105-017	788358	2149179	2003	j2b
	71105-018	789062	2147880	2003	LP
	71105-019	789085	2149352	2003	j3-5
	71105-020	789771	2148770	2003	LP
	71105-021	790256	2147927	2003	FLv-w
	71105-022	789647	2148524	2003	LP
	71105-023	790493	2148390	2003	LP
	71105-024	790413	2148407	2003	LP
	71105-025	790948	2148489	2003	LP
	71105-026	789718	2147900	2003	LP
	71105-027	788597	2147906	2003	j3
	71105-028	790738	2148621	2003	LP
	71105-029	788504	2149300	2003	j2b
	71105-030	789075	2149315	2003	j3-5
	71105-031	789300	2149456	2003	j5
	71105-032	790249	2149175	2003	LP
CHAROLLES	71106-001	750184	2161737	2003	l4
	71106-002	748222	2161451	2003	FL
	71106-003	749430	2161416	2003	l4
	71106-004	749847	2162179	2003	Cs
	71106-005	749121	2162023	2003	j1
	71106-006	749802	2161555	2003	l4
	71106-007	749042	2161177	2003	Fz
	71106-008	748892	2165214	2003	FL
CHATEAU	71112-001	773176	2159446	2003	tA
	71112-002	773154	2159472	2003	tA

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Saône-et-Loire

Commune	Identifiant	X (Lambert II étendu, métrique)	Y (Lambert II étendu, métrique)	Date	Formation argileuse
	71112-003	773210	2159457	2003	tA
	71112-004	773782	2159500	2003	tA
	71112-005	773795	2159555	2003	tG
	71112-006	773240	2159430		tA
CHATENOIS-LE-ROYAL	71118-001	788869	2203189		Fx-y
	71118-002	788876	2203190		Fx-y
	71118-003	788843	2203060		p-IVBm
	71118-004	789398	2202813		Cs
	71118-005	789531	2202525		Fx-y
CHATENOY-EN-BRESSE	71117-001	796432	2202406	2003	FLv-w
	71117-002	796360	2202267	2003	FLv-w
	71117-003	796568	2202284		FLv-w
	71117-004	796992	2203249	2003	Cs
	71117-005	796486	2202628	2003	FLv-w
	71117-006	796599	2202314	2004	FLv-w
	71117-007	797067	2203284	2003	p-IVBm
	71117-008	796854	2202209	2003	FLv-w
	71117-009	796826	2202249	2003	FLv-w
	71117-010	796393	2202352	2003	FLv-w
	71117-011	796540	2202230		FLv-w
	71117-012	797246	2203071	2003	FLv-w
	71117-013	796212	2202059	2003	Fx-y
	71117-014	797274	2201869	2003	FLv-w
	71117-015	797316	2201855	2003	FLv-w
	71117-016	796990	2202288		FLv-w
	71117-017	796217	2202117	2003	Fx-y
	71117-018	796655	2202410		FLv-w
CHATENOY-LE-ROYAL	71118-004	788840	2203042		p-IVBm
CHAUDENAY	71119-001	787824	2215982	2003	p-IVBm
	71119-002	787859	2215976	2003	p-IVBm
	71119-003	787947	2215837	2003	p-IVBs
	71119-004	787340	2215862	2003	Fz
	71119-005	788078	2215714	2003	p-IVBs
	71119-006	786334	2215648	2003	p-IVBm
CHENOVES	71124-001	782987	2186650	2003	p-IVBs
CHEVAGNY-SUR-GUYE	71127-001	766642	2173355	2004/2005	FL
CIEL	71131-001	806265	2212363	2003	Fx-y
	71131-002	806180	2212522	2003	Fx-y
	71131-003	806263	2212495	2003	Fx-y
	71131-004	806383	2211150	2003	Fx-y
	71131-005	806600	2211925	2003	Fx-y
	71131-006	806460	2211733	2003	Fx-y
	71131-007	806708	2212792	2003	Fx-y
	71131-008	807585	2210760	2003	Fx-y
CIRY-LE-NOBLE	71132-001	749368	2179350		Fz
	71132-002	750122	2181318		tA
	71132-003	750032	2183090		tA
	71132-004	750075	2183038		t7-l1
	71132-005	748748	2182462		Fz
	71132-006	747277	2179823		tA
CLESSY	71136-001	733447	2173798	2003	FL
	71136-002	734084	2173454	2003	FL
	71136-003	734303	2173801	2003	FL
	71136-004	734987	2174510	2003	FL
CLUNY	71137-001	778232	2161731		j3-5
	71137-002	778335	2161286		Fx-y
	71137-003	777945	2162436		j3-5
	71137-004	777764	2162117		j3-5
	71137-005	777909	2163467		j1
	71137-006	778699	2161108		Fz
	71137-007	779304	2161291		Fx-y
	71137-008	777797	2162202		j3-5
	71137-009	777649	2162244		j3-5
	71137-010	778300	2161484		Fx-y
	71137-011	777206	2161186		j2b
	71137-012	778396	2161415		Fx-y
	71137-013	777935	2162413		j3-5
	71137-014	777933	2162404		j3-5

Commune	Identifiant	X (Lambert II étendu, métrique)	Y (Lambert II étendu, métrique)	Date	Formation argileuse
	71137-015	777927	2162393		j3-5
	71137-016	778388	2162851		j3-5
	71137-017	777889	2162283		j3-5
	71137-018	777643	2162119		j3-5
	71137-019	778742	2161358		Fz
	71137-020	777868	2162292		j3-5
	71137-021	777569	2162228		j3-5
	71137-022	778359	2162468		j3-5
	71137-023	778160	2162181		j3-5
	71137-024	777885	2161228		j3-5
	71137-025	777667	2162200		j3-5
	71137-026	778161	2163351		j2b
	71137-027	778478	2161721		j3-5
	71137-028	777952	2162451		j3-5
	71137-029	777421	2162359		j3-5
	71137-030	777569	2162232		j3-5
	71137-031	778016	2162083		j3-5
	71137-032	779784	2161169		
	71137-033	777886	2163486		j1
	71137-034	776782	2162825		l4
	71137-035	778395	2161437		Fx-y
	71137-036	777893	2162435		j3-5
COLLONGE-EN-CHAROLLAIS	71139-001	768557	2184854	2003	j2b
COLOMBIER-EN-BRIONNAIS	71141-001	753636	2152586		t7-l1
	71143-001	826103	2166633	2003	p-IVBs
	71143-002	826145	2166689	2003	p-IVBs
	71143-003	824856	2167425	2003	p-IVBm
	71143-004	825119	2167603	2003	p-IVBm
	71143-005	826173	2166600	2003	p-IVBs
	71143-006	825967	2166675	2003	p-IVBs
	71143-007	826070	2166760	2003	p-IVBm
	71143-008	826164	2167852	2003	p-IVBs
	71143-009	826328	2167721	2003	p-IVBs
	71143-010	825878	2165328	2003	p-IVBs
	71143-011	824598	2166551	2003	p-IVBm
	71143-012	825058	2167606	2003	p-IVBm
	71143-013	825911	2166781	2003	Fx-y
	71143-014	827875	2167367	2003	p-IVBm
	71150-001	788282	2141997	2003	j3-5
	71150-002	788250	2141997	2003	j3-5
	71150-003	788208	2141970	2003	j3-5
	71150-004	788175	2141940	2004	Fx-y
	71150-005	788632	2141933	2004	Fx-y
	71150-006	788640	2141895	2003	Fx-y
	71150-007	788478	2141380	2003	j3-5
	71150-008	788473	2141325		Fx-y
	71150-009	788210	2141520	2003	Fx-y
	71150-010	788297	2141373	2003	Fx-y
	71150-011	788355	2141220	2003	Fx-y
	71150-012	788645	2141185	2003	Fx-y
	71150-013	788257	2140947	2003	Fx-y
	71150-014	788255	2140915	2003	Fx-y
	71150-015	788452	2140442	2003	Fx-y
	71150-016	788450	2140360	2003	Fx-y
	71150-017	788445	2140252		Fx-y
	71150-018	789550	2140955	2003	Fx-y
	71150-019	789515	2141123	2003	Fx-y
	71150-020	790382	2140932	2003	Fz
	71150-021	790458	2140870	2003	Fz
	71150-022	788685	2140332	2003	Fx-y
	71115-001	703397	2190249	2003	e5
	71115-002	703246	2191789	2003	LP
	71115-003	703256	2191735	2003	LP
	71115-004	703017	2191791	2003	e5
	71115-005	703054	2191830	2003	e5
	71115-006	702742	2191478	2003	e5
	71115-007	702961	2191896	2003	e5
	71115-008	703596	2191117	2003	LP
	71115-009	702686	2192779	2003	FL

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Saône-et-Loire

Commune	Identifiant	X (Lambert II étendu, métrique)	Y (Lambert II étendu, métrique)	Date	Formation argileuse
	71115-010	702769	2192232	2003	e5
	71115-011	702416	2192495	2003	Fz
	71115-012	703102	2192363	2003	FL
CRUZILLE	71156-001	788835	2170574	2003	j3-5
	71156-002	788811	2170232	2004	j3-5
CURDIN	71161-001	727745	2177680		Cs
	71161-002	727710	2177682		Cs
	71161-003	727615	2179280		Cs
	71161-004	727337	2178738		FL
CURGY	71162-001	752535	2221807	2003	r1
	71162-002	753275	2221910	2005	r1
	71162-003	757630	2221913	2003	r1
	71162-004	756988	2221383	2003	r1
	71162-005	757268	2221152	2005	r1
	71162-006	755662	2224670	2004	r1
DAMEREY	71167-001	801989	2207012		Fz
	71167-002	802141	2207228		Fx-y
	71167-003	802531	2207503		Fx-y
	71167-004	802157	2206940		Fx-y
	71167-005	802246	2207381		Fx-y
	71167-006	801987	2207266		Fx-y
DAVAYE	71169-001	785797	2148243	2003	j3-5
	71169-002	785625	2147457	2003	j3-5
	71169-003	786809	2148325	2003	Fz
	71169-004	785050	2147911	2003	j3-5
DEMIGNY	71170-001	790056	2216483	1990	p-IVBs
	71170-002	790521	2216763	2003	p-IVBs
	71170-003	789599	2216054	2003	p-IVBs
	71170-004	790076	2216464	2003	p-IVBs
	71170-005	792147	2218353	2003	Fx-y
	71170-006	790631	2217252	1987-1988	p-IVBs
	71170-007	790082	2216484	2003	p-IVBs
	71170-008	792114	2218335	2003	Fx-y
	71170-009	790620	2217282	2003	p-IVBs
	71170-010	789927	2216756	2003	p-IVBs
DICONNE	71175-001	814705	2202382		FLv-w
	71175-002	811890	2201655		p-IVBm
	71175-003	809488	2201628		FLv-w
	71175-004	811898	2201577		FLv-w
	71175-005	811530	2199680		FLv-w
	71175-006	812148	2200062		FLv-w
	71175-007	813598	2201120		p-IVBm
	71175-008	813100	2201277		Cs
DOMMARTIN-LES-CUISEAUX	71177-001	826600	2173031	2003	p-IVBs
	71177-002	827200	2169575	2003	p-IVBm
	71177-003	826881	2170488	2003	p-IVBs
	71177-004	827737	2170631	2003	p-IVBs
	71177-005	826844	2171481	2003	p-IVBs
	71177-006	827968	2168707	2003	p-IVBm
	71177-007	827412	2170719	2003	p-IVBs
	71177-008	827225	2170569	2003	p-IVBs
	71177-009	826369	2172944	2003	Fx-y
	71177-010	827750	2171756	2003	p-IVBs
	71177-011	827369	2170850	2003	p-IVBs
	71177-012	826144	2172419	2003	p-IVBs
	71177-013	827231	2170675	2003	p-IVBs
	71177-014	827406	2171687	2003	p-IVBs
	71177-015	827125	2168956	2003	p-IVBm
	71177-016	826737	2168532	2003	p-IVBs
	71177-017	824694	2171281	2003	p-IVBm
	71177-018	827031	2173269	2003	p-IVBm
	71177-019	824819	2171006	2003	p-IVBm
	71177-020	827731	2170494	2003	p-IVBs
	71177-021	827431	2170588	2003	p-IVBs
	71177-022	826312	2169750	2003	p-IVBs
	71177-023	827362	2170931	2003	p-IVBs
DRACY-SAINT-LOUP	71184-001	752145	2225789	2003	Fx-y
	71184-002	752483	2226140	2003	Fx-y

Commune	Identifiant	X (Lambert II étendu, métrique)	Y (Lambert II étendu, métrique)	Date	Formation argileuse
	71184-003	752511	2226070	2003	Fx-y
	71184-004	753973	2226651	2003	Fx-y
	71184-005	754765	2226857	2003	Fx-y
	71184-006	751114	2225812	2003	Fx-y
ECUISSÉS	71187-001	765950	2197527		
	71187-002	766317	2197894		
	71187-003	766054	2197233		FL
EPERVANS	71189-001	796609	2197109	2003	Fx-y
	71189-002	795691	2197560	2003	Fx-y
	71189-003	796356	2196936	2003	Fx-y
	71189-004	796831	2197821	2003	Fx-y
	71189-005	796005	2197178	2003	Fx-y
	71189-006	796001	2198230	2003	Fx-y
	71189-007	796237	2197836	2003	Fx-y
EPINAC	71190-001	765257	2223118		Fz
	71190-002	765305	2223055		Fz
	71190-003	765513	2223222		RLP
	71190-004	766112	2223402		Fx-y
	71190-005	766003	2223610		RLP
	71190-006	765308	2223167		Fz
	71190-007	766890	2223015		Fx-y
	71190-008	767235	2222847		Fx-y
	71190-009	765500	2223527		RLP
	71190-010	766050	2223703		RLP
	71190-011	764515	2220827		
	71190-012	767570	2223597		Fx-y
	71190-013	765242	2222995		Fz
	71190-014	764610	2221512		Fx-y
	71190-015	766508	2224390		RLP
ESSERTENNE	71191-001	767342	2204945	2003	r2
ETANG-SUR-ARROUX	71192-001	739653	2209091	2003	
	71192-002	740872	2208702	2003	Fx-y
	71192-003	740492	2208857	2003	Fx-y
FARGES-LES-CHALON	71194-001	788670	2207980		p-IVBm
	71194-002	788692	2207390		p-IVBs
	71194-003	788590	2207140		p-IVBs
	71194-004	788437	2207178		p-IVBs
	71194-005	788455	2207127		p-IVBs
	71194-006	788367	2207157		p-IVBs
	71194-007	788193	2207237		p-IVBs
	71194-008	788345	2207115		p-IVBs
	71194-009	788290	2207155		p-IVBs
	71194-010	788310	2207065		p-IVBs
	71194-011	788255	2207085		p-IVBs
	71194-012	788205	2207060		p-IVBs
	71194-013	788338	2207025		p-IVBs
	71194-014	788355	2206940		p-IVBs
	71194-015	788352	2206907		p-IVBs
	71194-016	788223	2206970		p-IVBs
	71194-017	788187	2206997		p-IVBs
	71194-018	788200	2206940		p-IVBs
	71194-019	788268	2206843		p-IVBs
	71194-020	788318	2206862		p-IVBs
	71194-021	788352	2206830		p-IVBs
	71194-022	788403	2206822		p-IVBs
	71194-023	788437	2206883		p-IVBs
	71194-024	788395	2206783		p-IVBs
	71194-025	788380	2206752		p-IVBs
	71194-026	788400	2206740		p-IVBs
	71194-027	788420	2206775		p-IVBs
	71194-028	788437	2206765		p-IVBs
	71194-029	788485	2206732		p-IVBs
	71194-030	788132	2206675		p-IVBs
	71194-031	788185	2206643		p-IVBs
	71194-032	788172	2206595		p-IVBs
	71194-033	788212	2206605		p-IVBs
	71194-034	788215	2206557		p-IVBs
	71194-035	788250	2206573		p-IVBs
	71194-036	788248	2206542		p-IVBs

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Saône-et-Loire

Commune	Identifiant	X (Lambert II étendu, métrique)	Y (Lambert II étendu, métrique)	Date	Formation argileuse
	71194-037	788275	2206522		p-IVBs
	71194-038	788200	2206393		p-IVBs
	71194-039	788312	2206302		p-IVBs
	71194-040	788410	2206232		p-IVBm
	71194-041	788053	2206143		p-IVBs
FARGES-LES-MACON	71195-001	796905	2171077	2003	Cs
	71195-002	796470	2171277	2003	Cs
	71195-003	796400	2171175	2003	Cs
FLEURVILLE	71591-001	795421	2164316	2004	Fx-y
	71591-002	795193	2163692	2004	Fx-y
	71591-003	794900	2163836	2004	Fx-y
	71591-004	795563	2164381	2004	j5
FLEY	71201-001	775251	2189886		j2b
FONTAINES	71202-001	786402	2208416		Fz
	71202-002	784983	2208952		p-IVBs
	71202-003	785285	2208765		p-IVBs
	71202-004	785185	2208842		p-IVBs
	71202-005	785479	2208632		p-IVBs
	71202-006	785682	2208564		p-IVBm
	71202-007	784621	2208169		Cs
	71202-008	785532	2208823		p-IVBs
	71202-009	785124	2209538		p-IVBs
	71202-010	786245	2208043		p-IVBm
	71202-011	785231	2208786		p-IVBs
	71202-012	785311	2209456		p-IVBs
	71202-013	785132	2208860		p-IVBs
	71202-014	785229	2208213		Cs
	71202-015	786321	2208434		Fz
	71202-016	785218	2208302		Cs
	71202-017	786393	2208470		Fz
	71202-018	786359	2208427		Fz
	71202-019	784560	2207972		Cs
FRANGY-EN-BRESSE	71205-001	831474	2195838	2003	p-IVBm
	71205-002	831439	2195841	2003	p-IVBm
FRONTENAUD	71209-001	826219	2175365	2003	p-IVBm
	71209-002	827872	2175332	2003	p-IVBm
	71209-003	827312	2174172	2003	p-IVBs
FUISSE	71210-001	785270	2145392	1976	j3
	71210-002	785351	2145131		j3
GIGNY-SUR-SAONE	71219-001	799555	2186869	2003	Fx-y
	71219-002	799485	2186771	2003	Fx-y
	71219-003	799611	2187938	2003	Fx-y
	71219-004	800225	2186447	2003	Fz
	71219-005	799264	2187474	2003	Fx-y
	71219-006	800225	2186504	2003	Fz
	71219-007	799306	2187113	2003	Fx-y
	71219-008	799297	2187132	2003	Fx-y
	71219-009	799321	2187071	2003	Fx-y
	71219-010	799635	2187891	2003	Fx-y
	71219-011	799311	2186771	2003	Fx-y
	71219-012	799335	2187985	2003	Fx-y
GILLY-SUR-LOIRE	71220-001	713461	2173942	2003	
GIVRY	71221-001	784184	2200384	2004	j5
	71221-002	783382	2199745	2004	Cs
	71221-003	783379	2199815	2004	j5
	71221-004	783371	2201201	2003	j5
	71221-005	783358	2200527	2003	j5
	71221-006	783790	2200892	2003	j5
	71221-007	782749	2200041	2003	j5
	71221-008	783874	2198873	2003	p-IVBs
	71221-009	783276	2199527	2003	p-IVBs
	71221-010	782411	2200202	2003	j5
	71221-011	784441	2200720	2003	Cs
	71221-012	784177	2201212	2003	j5
	71221-013	783443	2200136	2003	j5
	71221-014	783889	2200316	2003	j5
	71221-015	783654	2201188	2003	j5
	71221-016	782435	2200079	2003	j5
	71221-017	782342	2200687	2005	j3-5

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Saône-et-Loire

Commune	Identifiant	X (Lambert II étendu, métrique)	Y (Lambert II étendu, métrique)	Date	Formation argileuse
	71221-018	784175	2200237	2005	Cs
	71221-019	781967	2200277	2004	j2b
	71221-020	784151	2200145		Cs
	71221-021	782499	2199666		j5
	71221-022	784574	2200638		Cs
GRANGES	71225-001	785310	2194228		p-IVBs
GRURY	71227-001	718118	2187223	2003	
	71227-002	719063	2187325	2003	
GUEUGNON	71230-001	733195	2178477	2003	r2ab
	71230-002	733800	2180713	2003	r2ab
	71230-003	731171	2179523	2003	Fx-y
	71230-004	731099	2179030	2003	Fz
	71230-005	733263	2179720	2003	r2ab
	71230-006	730078	2180761	2003	Cs
	71230-007	733194	2179083	2003	r2ab
	71230-008	731512	2179004	2003	Fz
	71230-009	731673	2179314	2003	Fz
	71230-010	733339	2179857	2003	r2ab
	71230-011	729512	2179099	2003	r2ab
	71230-012	731944	2179720	2003	Fz
	71230-013	731660	2179318	2003	Fz
	71230-014	728398	2179525	2003	Cs
	71230-015	731647	2179320	2003	Fz
	71230-016	729217	2177733	2003	Fz
	71230-017	733084	2179047	2003	r2ab
	71230-018	733084	2179245	2003	r2ab
	71230-019	734010	2179603	2003	r2ab
	71230-020	733569	2179688	2003	r2ab
	71230-021	731697	2179286	2003	Fz
	71230-022	733029	2178822	2003	r2ab
	71230-023	729323	2178548	2003	Cs
	71230-024	731154	2178989	2003	Fz
	71230-025	732492	2179278	2003	Fx-y
	71230-026	732164	2179413	2003	Fz
	71230-027	733520	2178551	2003	r2ab
	71230-028	733591	2178462	2003	r2ab
	71230-029	730462	2180517	2003	Fz
	71230-030	731140	2179707	2003	Fx-y
	71230-031	730522	2180387	2003	Cs
	71230-032	730070	2180735	2003	Cs
	71230-033	732774	2179255	2003	r2ab
	71230-034	733579	2178520	2003	r2ab
	71230-035	730947	2178824	2003	Cs
	71230-036	733412	2179464	2003	r2ab
	71230-037	733301	2180359	2003	r2ab
	71230-038	732475	2179142	2003	Fx-y
	71230-039	731107	2180052	2003	Fx-y
	71230-040	731075	2180046	2003	Fx-y
	71230-041	731169	2179038	2003	Fz
	71230-042	731160	2180062	2003	Fx-y
	71230-043	733546	2179504		r2ab
	71230-044	732930	2179017		r2ab
	71230-045	731340	2179102		Fz
	71230-046	732659	2179215		r2ab
	71230-047	732346	2175231		r2
	71230-048	732593	2178755		Fx-y
	71230-049	732868	2178304		r2ab
	71230-050	728749	2179322		FL
	71230-051	733078	2178642		r2ab
	71230-052	733464	2179713		r2ab
	71230-053	731797	2179385		Fz
	71230-054	733371	2178387		r2ab
HAUTEFOND	71232-001	739686	2161422	2003	FL
HUILLY-SUR-SEILLE	71234-001	808969	2180919	2003	p-IVBm
HURIGNY	71235-001	788605	2152217		j2b
	71235-002	789071	2152885		j3-5
	71235-003	789451	2153178		j3-5
	71235-004	788999	2153230		j3-5
	71235-005	789125	2153827		j3

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Saône-et-Loire

Commune	Identifiant	X (Lambert II étendu, métrique)	Y (Lambert II étendu, métrique)	Date	Formation argileuse
	71235-006	789109	2152823		j3-5
	71235-007	789341	2153336		j3-5
	71235-008	790203	2151009		g2-m1-A
	71235-009	789819	2150475		Fx-y
	71235-010	789674	2152167		j5
	71235-011	788661	2152289		j3
	71235-012	789167	2152964		j3-5
	71235-013	789102	2152617		Fz
	71235-014	789819	2150409		Fx-y
	71235-015	789749	2150442		Fx-y
	71235-016	789440	2153192		j3-5
	71235-017	789463	2153142		j3-5
	71235-018	788994	2152486		Fz
	71235-019	789031	2152495		Fz
	71235-020	789055	2152523		Fz
	71235-021	790044	2152017		Fz
	71235-022	788989	2153104		j3-5
	71235-023	789064	2152626		Fz
	71235-024	788966	2153409		j3
JALOGNY	71240-001	775852	2160080	2003	I1-2
JAMBLES	71241-001	780260	2199609	2005	Cs
JOUVENCON	71244-001	809549	2179323		Fx-y
JUIF	71246-001	815618	2189310	2003	p-IVBm
	71246-002	816583	2192260	2003	p-IVBm
LA CHAPELLE-AU-MANS	71088-006	728624	2181255	2003	r1
LA CHAPELLE-DE-BRAGNY	71089-001	783870	2182793	2003	Fx-y
LA CHAPELLE-NAUDE	71092-001	818829	2181330		p-IVBm
	71092-002	818846	2181512		p-IVBm
	71092-003	818835	2181380		p-IVBm
	71092-004	818840	2181996		p-IVBm
	71092-005	820046	2179753		p-IVBm
	71092-006	820070	2179718		p-IVBm
	71092-007	820091	2179681		p-IVBm
LA CHAPELLE-SAINT-SAUVEUR	71093-001	823615	2210028	2003	Fx-y
	71093-002	823520	2208185	2003	FLV-w
	71093-003	825025	2208732	2003	Fx-y
LA CHAPELLE-SOUS-DUN	71095-001	750324	2142697	2003	Fz
LA FRETTE	71206-001	809070	2186172	2003	p-IVBm
LA GENETE	71213-001	807021	2174428	2003	p-IVBm
	71213-002	807827	2176073	2003	Fx-y
	71213-003	807939	2175961	2003	Fx-y
	71213-004	808952	2176434	2003	Fx-y
	71213-005	808563	2177531	2003	Fx-y
	71213-006	808891	2177329	2003	Fx-y
	71213-007	808657	2177545	2003	Fx-y
	71213-008	808066	2176415	2003	Fx-y
	71213-009	806543	2174855	2003	p-IVBm
	71213-010	807363	2175562	2003	Fx-y
	71213-011	807227	2175464	2003	Fx-y
	71213-012	808736	2176734	2003	Fx-y
	71213-013	807878	2176345	2003	Fx-y
	71213-014	806936	2174086	2003	Fx-y
	71213-015	807086	2174550	2003	Fx-y
	71213-016	808835	2177662	2003	Fx-y
	71213-017	807714	2175946	2003	Fx-y
	71213-018	807330	2175516	2003	Fx-y
	71213-019	808606	2176764	2003	Fx-y
LA LOYERE	71265-001	790897	2206272		Fx-y
	71265-002	790913	2206420		Fx-y
	71265-003	790909	2206570		Fx-y
	71265-004	790800	2206335		Fx-y
	71265-005	790818	2206380		Fx-y
	71265-006	790802	2206419		Fx-y
	71265-007	790769	2206454		Fx-y
	71265-008	790770	2206517		Fx-y
	71265-009	790800	2206583		Fx-y
	71265-010	790816	2206451		Fx-y
	71265-011	790929	2206367		Fx-y
	71265-012	790695	2206571		Fx-y

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Saône-et-Loire

Commune	Identifiant	X (Lambert II étendu, métrique)	Y (Lambert II étendu, métrique)	Date	Formation argileuse
	71265-013	789970	2207431		Fx-y
	71265-014	790774	2206311		Fx-y
	71265-015	790024	2207784		Fx-y
	71265-016	789833	2208144		Fx-y
	71265-017	790462	2208019		Fx-y
LA RACINEUSE	71354-001	816174	2206928	2003	Fx-y
LA ROCHE-VINEUSE	71371-001	784565	2152135	2003	j2b
	71371-002	785500	2152545	2003	j5
	71371-003	785450	2152542	2003	j5
	71371-004	785137	2152467	2003	j5
	71371-005	786422	2152980	2003	Fx-y
LA SALLE	71494-001	794721	2160034		j5
	71494-002	795211	2159720		Fx-y
	71494-003	794388	2159629		j3-5
	71494-004	794794	2159770		j5
	71494-005	794731	2159692		j5
	71494-006	795053	2159619		Fx-y
	71494-007	795216	2159456		Fz
	71494-008	794040	2159652		j3-5
	71494-009	794683	2159486		j5
	71494-010	794418	2159699		j3-5
	71494-011	794418	2159656		j3-5
L'ABERGEMENT-DE-CUISERY	71001-001	800830	2177518	2003	p-IVBm
	71001-002	801950	2179143	2003	Fx-y
	71001-003	800933	2178260	2003	Fx-y
L'ABERGEMENT-SAINTE-COLOMBE	71002-001	805103	2198142		FLv-w
LACROST	71248-001	799132	2176718	2003	j3
	71248-002	798985	2176468	2003	j3
	71248-003	798988	2176699	2003	j2b
LAIVES	71249-001	792206	2185775	2003	j3-5
LE FAY	71196-001	829196	2190342	2003	p-IVBm
	71196-002	830931	2189109	2003	p-IVBm
	71196-003	829405	2187698	2003	p-IVBm
	71196-004	828669	2190249	2003	p-IVBm
LE MIROIR	71300-001	830683	2178654	2003	p-IVBm
	71300-002	830683	2178139	2003	p-IVBs
	71300-003	831794	2178903	2003	p-IVBs
	71300-004	831222	2175256	2003	p-IVBm
	71300-005	830683	2176316	2003	p-IVBm
	71300-006	831302	2175308	2003	p-IVBm
	71300-007	828124	2174900	2003	p-IVBm
	71300-008	829577	2174811	2003	p-IVBm
	71300-009	829385	2174886	2003	p-IVBm
	71300-010	829741	2174947	2003	p-IVBm
	71300-011	829783	2174849	2003	p-IVBm
	71300-012	829760	2174750	2003	p-IVBm
	71300-013	830032	2175017	2003	p-IVBm
	71300-014	830055	2174867	2003	p-IVBm
	71300-015	829854	2175003	2003	p-IVBm
LE VILLARS	71576-001	798980	2173247	2003	Fx-y
	71576-002	798955	2173365	2003	j5
	71576-003	798952	2173253	2003	Fx-y
	71576-004	798933	2173317	2003	Fx-y
	71576-005	798885	2173457	2003	j5
	71576-006	798537	2173712	2003	Fx-y
	71576-007	798363	2173895	2003	Fx-y
	71576-008	798460	2174770	2003	Fz
	71576-009	798300	2174657	2003	j2b
	71576-010	798573	2173372	2003	Fx-y
	71576-011	798830	2173345	2003	Fx-y
	71576-012	798855	2173377	2003	Fx-y
	71576-013	798882	2173372	2003	Fx-y
	71576-014	798920	2173173	2003	Fx-y
	71576-015	798905	2173253	2003	Fx-y
LES GUERREAUX	71229-001	721793	2171572	2003	FL
	71229-002	720661	2171091	2003	FL
	71229-003	723499	2173510	2003	FL
	71229-004	720799	2172860	2003	
	71229-005	719737	2172022	2003	

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Saône-et-Loire

Commune	Identifiant	X (Lambert II étendu, métrique)	Y (Lambert II étendu, métrique)	Date	Formation argileuse
	71229-006	721724	2172229	2003	r2
	71229-007	719349	2173291	2003	
LESSARD-LE-NATIONAL	71257-001	790927	2210152	2003	p-IVBs
	71257-002	791846	2209763	2003	p-IVBs
	71257-003	790674	2210588	2003	p-IVBs
	71257-004	790745	2210395	2003	p-IVBs
	71257-005	791462	2209908	2003	p-IVBs
	71257-006	790927	2209528	2003	p-IVBs
	71257-007	791776	2209505	2003	Fx-y
	71257-008	791457	2209959	2003	p-IVBs
	71257-009	790777	2210339	2003	p-IVBs
LEYNES	71258-001	784179	2143820	2003	j1
	71258-002	784209	2143845	2003	j1
	71258-003	784285	2143112	2003	Fz
	71258-004	784286	2143934	2003	l4
	71258-005	784141	2143911	2003	j1
LIGNY-EN-BRIONNAIS	71259-001	746124	2139072	2003	FL
LOUHANS	71263-001	823453	2186778		Cs
	71263-002	822175	2184580		p-IVBm
	71263-003	822233	2184462		p-IVBm
	71263-004	823954	2184131		p-IVBm
	71263-005	822144	2184951		p-IVBm
	71263-006	822108	2185283		p-IVBm
	71263-007	822178	2185249		p-IVBm
	71263-008	822328	2185163		p-IVBm
	71263-009	822264	2185067		Cs
	71263-010	822390	2185084		p-IVBm
	71263-011	823054	2185154		p-IVBm
	71263-012	822643	2184783		p-IVBm
	71263-013	822764	2185003		p-IVBm
	71263-014	822965	2185310		p-IVBm
	71263-015	823647	2184661		p-IVBm
	71263-016	823838	2184418		p-IVBm
	71263-017	823389	2184242		p-IVBm
	71263-018	823489	2184512		p-IVBm
	71263-019	822223	2185511		p-IVBm
	71263-020	822284	2185410		Cs
	71263-021	822434	2185548		p-IVBm
	71263-022	822967	2185605		p-IVBm
	71263-023	824362	2185782		p-IVBm
	71263-024	822139	2185668		p-IVBm
	71263-025	822294	2185612		p-IVBm
	71263-026	822465	2185651		p-IVBm
	71263-027	822817	2185927		p-IVBm
	71263-028	823341	2186613		p-IVBm
	71263-029	823556	2186962		Cs
	71263-030	823788	2186596		p-IVBm
	71263-031	823028	2186852		p-IVBm
	71263-032	819844	2182942		p-IVBm
	71263-033	820285	2184768		Fx-y
	71263-034	820289	2184936		Fz
	71263-035	820192	2185626		Fx-y
	71263-036	819944	2186396		p-IVBm
	71263-037	820495	2185601		p-IVBm
	71263-038	821369	2184027		Fx-y
	71263-039	821609	2184501		Fx-y
	71263-040	821611	2185020		Fx-y
	71263-041	821910	2184813		Fx-y
	71263-042	821338	2184819		Fx-y
	71263-043	822068	2185051		p-IVBm
	71263-044	822088	2185207		p-IVBm
	71263-045	821218	2185422		Fx-y
	71263-046	821162	2185600		Fx-y
	71263-047	821503	2185355		p-IVBm
	71263-048	821851	2185583		p-IVBm
	71263-049	822029	2185586		p-IVBm
	71263-050	821374	2185960		p-IVBm
	71263-051	821755	2185301		p-IVBm
LOURNAND	71264-001	777891	2166279	2003	j1

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Saône-et-Loire

Commune	Identifiant	X (Lambert II étendu, métrique)	Y (Lambert II étendu, métrique)	Date	Formation argileuse
LUGNY	71267-001	790221	2167728	2003	j3
	71267-002	790006	2166727	2003	Fz
	71267-003	791049	2168822	2003	Fz
	71267-004	790156	2167602	2003	Fz
	71267-005	790493	2166773	2003	j5
	71267-006	791297	2169238	2003	j5
	71267-007	790144	2167077	2003	j3-5
	71267-008	790810	2168957	2003	j3
	71267-009	790407	2167579	2003	Fz
	71267-010	790908	2169097	2003	j3-5
	71267-011	789961	2166501	2003	j5
	71267-012	790055	2166693	2003	Fz
	71267-013	791555	2167354	2003	p-IVBm
	71267-014	791681	2167307	2003	p-IVBm
LUGNY-LES-CHAROLLES	71268-001	745169	2157277	2003	l4
	71268-002	744006	2158664	2003	FL
	71268-003	743329	2155832	2003	l4
MALTAT	71273-001	713160	2187952	2003	e5
	71273-002	713268	2187825	2003	Fx-y
	71273-003	713277	2187839	2003	Fx-y
	71273-004	713305	2187853	2003	Fx-y
MARCIGNY	71275-001	731371	2143008		FL
	71275-002	731371	2142969		FL
	71275-003	731525	2142581		FL
MARNAY	71283-001	797321	2192539	2003	Fx-y
	71283-002	797511	2192405	2003	Fx-y
	71283-003	797396	2192654	2003	Fx-y
	71283-004	798122	2192024	2003	Fx-y
	71283-005	797337	2192453	2003	Fx-y
	71283-006	796697	2191682	2003	Fx-y
	71283-007	797088	2192216	2003	Fx-y
	71283-008	797821	2192426	2003	Fx-y
MARY	71286-001	763615	2179987		tG
MAZILLE	71290-001	774340	2157004	2003	j1
	71290-002	774103	2157119	2003	j1
MELLECEY	71292-001	783269	2203477	2003	j5
	71292-002	783315	2203474	2003	j5
	71292-003	783360	2203478	2003	j5
	71292-004	783423	2203491	2003	j5
	71292-005	783473	2203514	2003	j5
	71292-006	783509	2203487	2003	j5
	71292-007	783509	2203436	2003	j5
	71292-008	784230	2204123	2003	j5
	71292-009	784307	2204107	2003	j5
	71292-010	784334	2204010	2003	j5
	71292-011	784308	2203871	2003	j5
	71292-012	783945	2204252	2003	j5
	71292-013	783972	2204230	2003	j5
	71292-014	784044	2204374	2003	Fz
	71292-015	784058	2204368	2003	Fz
	71292-016	782405	2203808	2003	Cs
	71292-017	782483	2203725	2003	Cs
	71292-018	782543	2203632	2003	Cs
	71292-019	782624	2203582	2003	Cs
	71292-020	782704	2203566	2003	Cs
	71292-021	783597	2204001	2003	Fz
	71292-022	783021	2203985	2003	j5
	71292-023	782495	2204010	2003	j3-5
	71292-024	782803	2203990	2003	j5
	71292-025	784364	2204195	2003	j5
	71292-026	783220	2203443	2003	j5
MENETREUIL	71293-001	811957	2179092	2003	p-IVBm
	71293-002	812935	2178737	2003	p-IVBm
	71293-003	815986	2180610	2003	p-IVBm
	71293-004	813965	2180494	2003	p-IVBm
	71293-005	814379	2178452	2003	p-IVBm
	71293-006	815786	2179499	2003	p-IVBm
	71293-007	815241	2181633	2003	Fx-y
MERCUREY	71294-001	781011	2207096		j2b

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Saône-et-Loire

Commune	Identifiant	X (Lambert II étendu, métrique)	Y (Lambert II étendu, métrique)	Date	Formation argileuse
	71294-002	780651	2206636		j2b
	71294-003	781993	2206457		Fz
	71294-004	782642	2205988		Cs
	71294-005	783691	2206040		Fx-y
MERVANS	71295-001	817384	2203629	2003	Fx-y
	71295-002	817364	2203529	2003	Fx-y
	71295-003	817364	2203423	2003	Fx-y
	71295-004	817362	2203262	2003	Fx-y
	71295-005	814830	2204098	2003	Fx-y
	71295-006	817270	2203475	2003	Fx-y
	71295-007	817322	2203136	2003	Fx-y
	71295-008	815516	2204148	2003	Fx-y
	71295-009	819298	2201868	2003	Fx-y
	71295-010	815415	2204177	2003	Fx-y
	71295-011	818258	2200978	2003	p-IVBm
	71295-012	819687	2200781	2003	Fx-y
	71295-013	816913	2202647	2003	Fx-y
	71295-014	817444	2203557	2003	Fx-y
	71295-015	815105	2204716	2003	Fx-y
	71295-016	817330	2203196	2003	Fx-y
	71295-017	818194	2204948	2003	Fx-y
	71295-018	817278	2203924	2003	Fx-y
	71295-019	817436	2203770	2003	Fx-y
	71295-020	818550	2203906	2003	Fx-y
	71295-021	817067	2203970	2003	Fx-y
	71295-022	817941	2203920	2003	Fz
	71295-023	817484	2203707	2003	Fx-y
	71295-024	817326	2203577	2004	Fx-y
	71295-025	818232	2204401	2004	Fx-y
MESSEY-SUR-GROSNE	71296-001	784270	2185629	2003	Fx-y
	71296-002	784336	2185799	2003	Cs
	71296-003	784318	2185796	2003	Cs
	71296-004	784229	2185525	2003	Fx-y
	71296-005	783900	2185778	2003	Fx-y
	71296-006	784246	2185526	2003	Cs
MONTAGNY-PRES-LOUHANS	71303-001	824160	2188126	2003	p-IVBm
	71303-002	824084	2188141	2003	p-IVBm
	71303-003	826975	2188525	2003	p-IVBm
	71303-004	823584	2187677	2003	p-IVBm
	71303-005	824847	2189674	2003	p-IVBm
	71303-006	824692	2189919	2003	p-IVBm
	71303-007	824647	2189820	2003	p-IVBm
	71303-008	824412	2188545	2003	p-IVBm
MONTCHANIN	71310-001	762635	2196916		r2ab
	71310-002	762664	2196907		RLP
	71310-003	762619	2196809		RLP
	71310-004	762626	2196763		RLP
	71310-005	762626	2196735		RLP
	71310-006	762531	2196833		r2ab
	71310-007	762668	2196738		RLP
	71310-008	762728	2196946		RLP
	71310-009	762900	2196668		RLP
	71310-010	763076	2196025		RLP
	71310-011	763114	2196067		RLP
	71310-012	762728	2196151		RLP
	71310-013	762928	2195529		X
	71310-014	763378	2196647		RLP
	71310-015	763642	2197171		RLP
	71310-016	763663	2197631		RLP
	71310-017	763128	2194988		RLP
MONTCONY	71311-001	825754	2193713		p-IVBm
	71311-002	825665	2193729		p-IVBm
	71311-003	826592	2192600		p-IVBm
	71311-004	826655	2192700		p-IVBm
	71311-005	825616	2191789		p-IVBm
MONTPONT-EN-BRESSE	71318-001	814741	2176982		p-IVBm
	71318-002	816602	2178326		p-IVBm
	71318-003	818712	2177743		p-IVBm
	71318-004	819060	2172594		p-IVBm

Commune	Identifiant	X (Lambert II étendu, métrique)	Y (Lambert II étendu, métrique)	Date	Formation argileuse
	71318-005	817014	2177648		p-IVBm
	71318-006	817057	2177611		p-IVBm
	71318-007	817368	2175682		p-IVBm
MONTRET	71319-001	812010	2190347		p-IVBm
	71319-002	811987	2190287		p-IVBm
	71319-003	812703	2190652		p-IVBm
	71319-004	812657	2188265		p-IVBm
	71319-005	811968	2190210		p-IVBm
	71319-006	812045	2190235		p-IVBm
	71319-007	812042	2190300		p-IVBm
MOREY	71321-001	772752	2201952	2003	
MOROGES	71324-001	778969	2197699		I1-2
	71324-002	778484	2197198		I3
MOUTHIER-EN-BRESSE	71326-001	832572	2211988	2003	p-IVBs
	71326-002	832539	2211911	2003	p-IVBs
NEUVY-GRANDCHAMP	71330-001	722432	2177888		
	71330-002	722412	2177954		
	71330-003	720436	2178980		
OUDRY	71334-001	737655	2179053	2004	FL
OUROUX-SUR-SAONE	71336-001	799968	2194127		Cs
	71336-002	799920	2194088		Cs
OYE	71337-001	743058	2150109	2003	I1-2
	71337-002	741596	2150786	2004	I4
	71337-003	743507	2150815	2004	t7-I1
	71337-004	744282	2149866	2004	I3
	71337-005	742427	2148949	2003	I3
OZOLLES	71339-001	755713	2156217		tG
PARAY-LE-MONIAL	71342-001	735805	2162235		FL
	71342-002	736597	2163510		Cs
	71342-003	737970	2162436		g2-m1-C
	71342-004	737525	2161691		Cs
	71342-005	736245	2162830		Fx-y
	71342-006	737848	2163032		g2-m1-C
	71342-007	737811	2162966		g2-m1-C
	71342-008	737769	2163008		g2-m1-C
	71342-009	737741	2161471		Cs
	71342-010	735439	2162221		FL
	71342-011	738003	2164096		FL
	71342-012	738031	2164053		FL
	71342-013	736963	2165056		g2-m1-C
	71342-014	736564	2162418		Fx-y
	71342-015	735144	2162216		FL
	71342-016	735102	2162179		FL
	71342-017	736920	2163468		g2-m1-C
	71342-018	735074	2162272		FL
	71342-019	735031	2162193		FL
	71342-020	735144	2162268		FL
	71342-021	736067	2164883		g2-m1-C
	71342-022	736077	2164827		g2-m1-C
	71342-023	737112	2163758		g2-m1-C
PERRECY-LES-FORGES	71346-001	745060	2183960	2003	r2
	71346-002	744595	2180030	2003	g2-m1-A
	71346-003	744488	2180370	2003	t7-I1
	71346-004	745060	2181060	2003	tA
	71346-005	745098	2181085	2003	tA
	71346-006	744117	2181440	2003	r2
	71346-007	743438	2181210	2003	r2
	71346-008	743880	2181588	2003	r2
	71346-009	743803	2181550	2003	r2
	71346-010	743938	2181467	2003	r2
	71346-011	743570	2181380	2003	r2
PIERRE-DE-BRESSE	71351-001	823525	2212606	2003	FLv-w
	71351-002	822549	2212738	2003	Fx-y
	71351-003	821993	2213344	2003	Fx-y
	71351-004	823137	2213783	2003	Cs
	71351-005	823160	2213677	2003	Fx-y
	71351-006	823186	2213751	2003	Fx-y
	71351-007	822801	2213393	2003	Fx-y
	71351-008	824224	2214226	2003	Fx-y

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Saône-et-Loire

Commune	Identifiant	X (Lambert II étendu, métrique)	Y (Lambert II étendu, métrique)	Date	Formation argileuse
	71351-009	824179	2214231	2003	Fx-y
	71351-010	820109	2213353	2003	Fx-y
	71351-011	820124	2213169	2003	Fx-y
	71351-012	819761	2213259	2003	Fx-y
POISSON	71354-001	740515	2154658	2003	l4
	71354-002	739815	2155087	2003	FL
	71354-003	738293	2152650	2003	FL
	71354-004	737365	2154312	2003	FL
PRETY	71359-001	800102	2174673	2003	Fx-y
	71359-002	799833	2174442	2003	Fx-y
	71359-003	800097	2174769	2003	Fx-y
	71359-004	800106	2174742	2003	Fx-y
	71359-005	799810	2174939	2003	Fx-y
	71359-006	799650	2174939	2003	Fx-y
	71359-007	800029	2174460	2003	Fx-y
	71359-008	799484	2174717	2003	Fx-y
PRIZY	71361-001	745053	2152396		j1
	71361-002	744971	2152373		j1
	71361-003	745663	2151153		l3
RANCY	71365-001	811415	2180677	2003	Fx-y
RATTE	71367-001	826633	2185883	2003	p-IVBm
	71367-002	828862	2186555	2003	p-IVBm
	71367-003	827668	2187075	2003	p-IVBm
	71367-004	826663	2186925	2003	p-IVBm
	71367-005	826965	2186967	2003	p-IVBm
	71367-006	827002	2187120	2003	p-IVBm
	71367-007	826770	2187265	2003	p-IVBm
	71367-008	826635	2186687	2003	p-IVBm
	71367-009	827885	2185707	2003	p-IVBm
	71367-010	826930	2187028	2003	p-IVBm
	71367-011	826680	2186672	2003	p-IVBm
	71367-012	829023	2186453	2003	p-IVBm
	71367-013	825760	2185617	2003	p-IVBm
	71367-014	827695	2186722	2003	p-IVBm
	71367-015	828938	2186648	2003	p-IVBm
	71367-016	826000	2185915	2003	p-IVBm
	71367-017	826378	2186105	2003	p-IVBm
	71367-018	827948	2187020	2003	p-IVBm
	71367-019	827057	2187120	2003	p-IVBm
	71367-020	825985	2185965	2003	p-IVBm
RECLESNE	71368-001	748697	2229696	2003	r1
	71368-002	748754	2229709	2003	r1
	71368-003	748763	2229617	2003	r1
	71368-004	746557	2229977	2003	
	71368-005	746517	2230021	2003	
	71368-006	746926	2228602	2003	
	71368-007	746935	2228531	2003	
	71368-008	747054	2228558	2003	
	71368-009	747168	2228549	2003	
	71368-010	747146	2228593	2003	
REMIGNY	71369-001	781702	2214678	2003	Fz
	71369-002	781591	2214796	2003	Fz
RIGNY-SUR-ARROUX	71370-001	731413	2174125	2003	r2
	71370-002	726405	2174435	2003	FL
	71370-003	727443	2169542	2003	r2
ROMANECHÉ-THORINS	71372-001	785203	2134470	2003	Fx-y
	71372-002	785474	2134554	2003	Fx-y
	71372-003	786393	2134339	2003	Fx-y
	71372-004	786002	2134748	2003	Fx-y
	71372-005	785437	2134311	2003	Fx-y
	71372-006	785428	2135246	2003	Fx-y
	71372-007	785524	2134732	2003	Fx-y
	71372-008	785340	2134548	2003	Fx-y
	71372-009	785237	2134632	2003	Fx-y
	71372-010	785531	2135354	2003	Fx-y
	71372-011	785409	2136157	2003	Cs
	71372-012	786187	2134614	2003	Fx-y
	71372-013	785103	2134617	2003	Fx-y
	71372-014	785162	2135167	2003	

Commune	Identifiant	X (Lambert II étendu, métrique)	Y (Lambert II étendu, métrique)	Date	Formation argileuse
	71372-015	786177	2133998	2003	Fx-y
	71372-016	785899	2133590	2003	Fx-y
	71372-017	786565	2134403	2003	Fx-y
	71372-018	786062	2134459	2003	Fx-y
	71372-019	785999	2134468	2003	Fx-y
	71372-020	786609	2134571	2003	Fx-y
ROMENAY	71372-021	785590	2133512	2003	Fx-y
	71373-001	807681	2170769	2003	p-IVBs
	71373-002	810043	2170831	2003	p-IVBs
	71373-003	806812	2172306	2003	p-IVBm
	71373-004	806862	2172281	2003	p-IVBm
	71373-005	814886	2171642	2003	p-IVBm
RULLY	71373-006	809615	2170887	2004	p-IVBs
	71378-001	784382	2211383	2003	Fz
	71378-002	783830	2211888	2003	p-IVBs
	71378-003	785438	2211895	2003	p-IVBs
	71378-004	785487	2211910	2003	p-IVBs
	71378-005	782847	2210478	2003	j3-5
	71378-006	783730	2210917	2003	j3-5
	71378-007	782868	2210293	2003	j3-5
	71378-008	783985	2211542	2003	j3-5
	71378-009	784270	2211702	2003	p-IVBs
	71378-010	783392	2211220	2003	Fz
	71378-011	783770	2211653	2003	p-IVBs
	71378-012	782830	2210305	2003	j3-5
	71378-013	783903	2211415	2003	j3-5
	71378-014	783730	2211722	2003	p-IVBs
71378-015	783480	2210270	2003	Cs	
SAGY	71379-001	829363	2179829	2003	p-IVBm
	71379-002	827750	2182448	2003	p-IVBm
	71379-003	827866	2182033	2003	p-IVBm
	71379-004	827718	2181798	2003	p-IVBm
	71379-005	827743	2182117	2003	p-IVBm
	71379-006	829253	2185407	2003	p-IVBm
	71379-007	827509	2182437	2003	p-IVBm
	71379-008	827810	2182514	2003	Cs
	71379-009	827793	2182191	2003	p-IVBm
	71379-010	829111	2179643	2003	p-IVBm
	71379-011	828116	2182112	2003	p-IVBm
	71379-012	827268	2183031	2003	p-IVBm
	71379-013	830128	2182763	2003	p-IVBm
	71379-014	829527	2180797	2003	p-IVBm
	71379-015	829182	2182935	2003	p-IVBm
	71379-016	828614	2183383	2003	p-IVBm
	71379-017	827985	2182186	2003	p-IVBm
	71379-018	827252	2182984	2003	p-IVBm
	71379-019	826694	2181863	2003	p-IVBs
	71379-020	827350	2182700	2003	p-IVBm
	71379-021	826880	2181776	2003	p-IVBs
	71379-022	828832	2177736	2003	p-IVBs
	71379-023	828991	2184381	2003	p-IVBm
SAILLENARD	71380-001	832310	2194147	2003	p-IVBm
	71380-002	832771	2193780	2003	p-IVBm
	71380-003	831253	2193897	2003	p-IVBm
	71380-004	831240	2193913	2003	p-IVBm
	71380-005	831190	2193840	2003	p-IVBm
	71380-006	831218	2193889	2003	p-IVBm
	71380-007	832063	2192267	2003	p-IVBm
	71380-008	832215	2194673	2003	p-IVBm
	71380-009	832202	2194699	2003	p-IVBm
	71380-010	832032	2192290	2003	p-IVBm
	71380-012	832013	2192307	2003	p-IVBm
	71380-013	832336	2193082	2003	p-IVBm
	71380-014	833350	2194294	2003	p-IVBm
	71380-015	833439	2194297	2003	p-IVBm
	71380-016	832329	2191542	2003	p-IVBm
	SAINT-ALBAIN	71383-001	795292	2161669	
71383-002		795165	2161824		Fz
71383-003		795278	2161060		Fz

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Saône-et-Loire

Commune	Identifiant	X (Lambert II étendu, métrique)	Y (Lambert II étendu, métrique)	Date	Formation argileuse	
	71383-004	795004	2161770		j3-5	
	71383-005	795123	2161899		Fz	
	71383-006	795348	2161883		Fz	
	71383-007	795280	2161744		Fz	
	71383-008	795275	2161578		Fz	
	71383-009	795163	2161552		j5	
	71383-010	794973	2161751		j3-5	
	71383-011	795268	2161294		Fz	
	71383-012	796023	2162054		Fz	
	SAINT-AMBREUIL	71384-001	792647	2190957	2003	Fx-y
		71384-002	792604	2191276	2003	Fx-y
		71384-003	792473	2190463	2003	Fx-y
71384-004		792639	2191292	2003	Fx-y	
71384-005		792707	2191248	2003	Fx-y	
71384-006		789574	2188736		Fx-y	
71384-007		792241	2191632		Fx-y	
SAINT-AMOUR-BELLEVUE	71385-001	786097	2140801		FLv-w	
	71385-002	786097	2140766		FLv-w	
	71385-003	786140	2140799		FLv-w	
	71385-004	786157	2140783		FLv-w	
	71385-005	786142	2140845		FLv-w	
	71385-006	786169	2140837		FLv-w	
	71385-007	786246	2140822		FLv-w	
	71385-008	786274	2140836		FLv-w	
	71385-009	786272	2140896		FLv-w	
	71385-010	786324	2140812		FLv-w	
	71385-011	786060	2140568		FLv-w	
	71385-012	786105	2140583		FLv-w	
	71385-013	786124	2140618		FLv-w	
	71385-014	786146	2140609		FLv-w	
	71385-015	785570	2141261			
	71385-016	785644	2141194			
	71385-017	784322	2140848			
SAINT-BERAIN-SUR-DHEUNE	71391-001	772765	2205121		Cs	
SAINT-BOIL	71392-001	779817	2186768	2003	p-IVBs	
SAINT-BONNET-DE-CRAY	71393-001	739183	2136700	2003	Cs	
	71393-002	738395	2136922	2003	l4	
	71393-003	739105	2135915	2003	l4	
	71393-004	739065	2136672	2003	Cs	
SAINT-CRISTOPHE-EN-BRESSE	71398-001	804985	2196090	2003	Fx-y	
	71398-002	803852	2195143	2003	Fx-y	
	71398-003	802846	2198423	2003	Fx-y	
	71398-004	800591	2197327	2003	Fx-y	
	71398-005	802537	2198543	2003	Fx-y	
SAINT-CLEMENT-SUR-GUYE	71400-001	771867	2182398		j1	
SAINT-DENIS-DE-VAUX	71403-001	780155	2201997		l1-2	
	71403-002	779993	2201865		t7-l1	
	71403-003	780188	2202004		l1-2	
	71403-004	780226	2202237		Cs	
	71403-005	780166	2202037		l1-2	
	71403-006	780006	2202004		t7-l1	
	71403-007	779978	2201644		l1-2	
	71403-008	780204	2202417		Cs	
	71403-009	780239	2202437		Cs	
	71403-010	780265	2202351		Cs	
	71403-011	779918	2201918		tA	
	71403-012	779993	2201936		t7-l1	
	71403-013	779993	2201760		l1-2	
	71403-014	780397	2202022		Cs	
	71403-015	780263	2202292		Cs	
SAINT-DIDIER-EN-BRIONNAIS	71406-001	737160	2150815		l3	
SAINTE-CECILE	71397-001	776540	2156720	2005	Fx-y	
	71397-002	776555	2156457	2005	Fx-y	
	71397-003	776550	2156435	2005	Fx-y	
	71397-004	776243	2156880	2005	tG	
SAINTE-HELENE	71426-001	776255	2198066	2003	l1-2	
	71426-002	775516	2198486	2003	l1-2	
		776198	2197893		Cs	
SAINT-ETIENNE-EN-BRESSE	71410-001	807824	2193609		Fx-y	

Commune	Identifiant	X (Lambert II étendu, métrique)	Y (Lambert II étendu, métrique)	Date	Formation argileuse
	71410-002	807817	2193644		Fx-y
	71410-003	807944	2193844		Fx-y
	71410-004	807936	2193879		Fx-y
	71410-005	807948	2193922		Fx-y
	71410-006	807944	2194103		Fx-y
	71410-007	807400	2193912		Fx-y
	71410-008	807404	2193885		Cs
	71410-009	807656	2193109		Fx-y
	71410-010	808099	2193165		Fx-y
	71410-011	808155	2193127		Fx-y
	71410-012	808261	2193062		Fx-y
	71410-013	808318	2193015		Fx-y
	71410-014	808870	2192582		FLv-w
	71410-015	807594	2192229		p-IVBm
	SAINT-GERMAIN-DU-PLAIN	71420-001	802083	2191397	2003
71420-002		801593	2191160	2003	Fx-y
71420-003		800187	2188862	2003	Fz
71420-004		800460	2189610	2003	Fz
71420-005		802753	2192675	2003	Fx-y
71420-006		802223	2191750	2003	Fx-y
71420-007		802285	2192125	2003	Fx-y
71420-008		801993	2192697	2003	Fx-y
71420-009		802377	2192835	2003	Fx-y
71420-010		802108	2192180		Fx-y
SAINT-GILLES	71425-001	777570	2211070	2002	tA
SAINT-JULIEN-DE-CIVRY	71433-001	743454	2154564		j1
	71433-002	743465	2155359		j1
	71433-003	743540	2155214		j1
	71433-004	743939	2155134		I4
	71433-005	746382	2154161		I3
	71433-006	744384	2155828		I4
	71433-007	745873	2154987		j1
	71433-008	743663	2154301		j1
	71433-009	746092	2153487		I1-2
	71433-010	746800	2154161		I1-2
	71433-011	746644	2155782		I3
	71433-012	743768	2152690		g2-m1-A
SAINT-LAURENT-EN-BRIONNAIS	71437-001	747827	2144690	2003	I4
	71437-002	747587	2143681	2003	tA
	71437-003	748096	2144742	2003	I4
	71437-004	749802	2143544	2003	I3
	71437-005	748124	2141264	2003	Cs
	71437-006	747786	2142202	2003	g2-m1-A
SAINT-LEGER-LES-PARAY	71439-001	734859	2167667	2003	FL
	71439-002	735365	2167625	2003	g2-m1-C
	71439-003	736570	2167016	2003	g2-m1-C
SAINT-LOUP-DE-VARENNES	71444-001	792922	2195670		Fx-y
	71444-002	792948	2195285		Fx-y
	71444-003	792876	2194775		Fx-y
	71444-004	792944	2195111		Fx-y
	71444-005	793077	2194368		Fx-y
	71444-006	792985	2194823		Fx-y
	71444-007	792978	2195299		Fx-y
	71444-008	792917	2195426		Fx-y
	71444-009	792895	2195532		Fx-y
	71444-010	793051	2195605		Fx-y
	71444-011	792929	2195131		Fx-y
	71444-012	792971	2194817		Fx-y
	71444-013	792889	2195537		Fx-y
	71444-014	793135	2194649		Fx-y
	71444-015	793216	2195179		Fx-y
	71444-016	792449	2194782		Fx-y
	71444-017	792840	2194615		Fx-y
	71444-018	792686	2195554		Fx-y
SAINT-LOUP-GEANGES	71443-001	795741	2219563	2003	Fx-y
	71443-002	796785	2220739	2003	Fx-y
	71443-003	795620	2219378	2003	Fx-y
	71443-004	795112	2219130	2003	Fx-y
	71443-005	795333	2218944	2003	Fz

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Saône-et-Loire

Commune	Identifiant	X (Lambert II étendu, métrique)	Y (Lambert II étendu, métrique)	Date	Formation argileuse
	71443-006	795676	2220135	2003	p-IVBm
	71443-007	796408	2219166	2003	Fx-y
	71443-008	795101	2219165	2003	p-IVBs
	71443-009	796357	2221030	2003	Fx-y
SAINT-MARCEL	71443-010	795129	2219132		Fx-y
	71445-001	795501	2201593	2003	Fx-y
	71445-002	796072	2200551	2003	Fx-y
	71445-003	795690	2199791	2003	Fx-y
	71445-004	794930	2199268	2003	Fx-y
	71445-005	795523	2200292	2004	Fx-y
	71445-006	794934	2201118	2004	Fz
	71445-007	795070	2201109	2003	Fz
	71445-008	795976	2199712	2003	Fx-y
SAINT-MARCELIN-DE-CRAY	71445-009	796545	2201358	2003	Fx-y
	71446-001	767707	2176762	2003	RLP
	71446-002	767581	2176726	2003	RLP
	71446-003	767433	2175434	2003	FL
SAINT-MARD-DE-VAUX	71446-004	768808	2175456	2003	FL
	71447-001	778913	2203852	1980 environ	
SAINT-MAURICE-DE-SATONNAY	71460-001	788110	2158255	2003	p-IVBm
	71460-002	788242	2160036	2003	p-IVBm
SAINT-PIERRE-DE-VARENNES	71468-001	765428	2207705	2003	
	71468-002	766535	2207910	2003	I1-2
	71468-003	765021	2207076	2003	
	71468-004	765176	2206914	2003	
SAINT-PRIVE	71471-001	772310	2192122	2003	I3
SAINT-REMY	71475-001	789757	2200352	2003	Fx-y
	71475-002	790441	2199640	2003	Fx-y
	71475-003	789208	2197533	2003	p-IVBs
	71475-004	790652	2199206	2003	Fx-y
	71475-005	790080	2200097	2003	Fx-y
	71475-006	790422	2199609	2003	Fx-y
	71475-007	789494	2199553	2003	p-IVBs
	71475-008	789949	2200064	2003	Fx-y
	71475-009	789822	2199951	2003	Fx-y
	71475-010	789775	2200443	2003	Fx-y
	71475-011	789419	2199806	2003	p-IVBs
	71475-012	789804	2200345	2003	Fx-y
	71475-013	790244	2199248	2003	Fx-y
	71475-014	789658	2200261	2003	Fx-y
	71475-015	789915	2199627		Fx-y
	71475-016	790130	2199348		Fx-y
SAINT-SERNIN-DU-PLAIN	71480-001	772609	2212803	2003	tA
SAINT-SYMPHORIEN-DES-BOIS	71483-001	750399	2150963	2003	Cm
	71483-002	749488	2149655	2003	t7-I1
	71483-003	750631	2147342	2003	I4
SAINT-USUGE	71484-001	822918	2190549		p-IVBm
SAINT-VERAND	71487-001	785429	2142137	2003	Fz
	71487-002	785081	2141944	2003	FLv-w
	71487-003	785162	2141961	2003	FLv-w
	71487-004	784919	2141851	2003	FLv-w
	71487-005	784696	2141914	2003	FLv-w
	71487-006	784112	2141786	2003	FLv-w
	71487-007	784192	2141976	2003	tA
	71487-008	784066	2142123	2003	Fz
	71487-009	784019	2142179	2003	Fz
SAINT-VINCENT-EN-BRESSE	71489-001	808465	2188710	2003	p-IVBm
	71489-002	808653	2189177	2003	p-IVBm
	71489-003	807395	2189602	2003	p-IVBm
	71489-004	806787	2190225	2003	FLv-w
SAINT-YTHAIRE	71492-001	774427	2176355	2003	j3
SAULES	71503-001	779750	2186823	2003	g2-m1-A
	71503-002	779501	2186846	2003	j5
SEMUR-EN-BRIONNAIS	71510-001	732923	2143210		g2-m1-A
SENNECEY-LE-GRAND	71512-001	793443	2185680	2003	p-IVBs
	71512-002	793516	2185843	2003	p-IVBs
	71512-003	793573	2185447	2003	p-IVBs
SENOZAN	71513-001	793788	2158475		LP

Commune	Identifiant	X (Lambert II étendu, métrique)	Y (Lambert II étendu, métrique)	Date	Formation argileuse
	71513-002	793815	2158290		LP
	71513-003	794325	2158620		j5
	71513-004	794330	2158717		j5
	71513-005	794392	2158713		j5
	71513-006	794405	2158393		j5
	71513-007	794297	2158302		j5
	71513-008	794235	2158302		LP
	71513-009	794030	2158482		j3-5
	71513-010	794060	2157915		LP
	71513-011	793795	2158102		LP
	71513-012	794400	2158637		j5
	71513-013	793968	2158315		LP
SEVREY	71520-001	791460	2196340	2003	Fx-y
	71523-001	818848	2196090	2003	p-IVBm
	71523-002	815068	2194088	2003	FLv-w
	71523-003	817917	2195340	2003	FLv-w
	71523-004	817628	2195242	2003	FLv-w
	71523-005	818163	2195590	2003	FLv-w
	71523-006	817730	2193742	2003	p-IVBm
	71523-007	816575	2195115	2003	FLv-w
SORNAY	71528-001	817633	2184630	2003	Fx-y
	71535-001	744503	2223487	2003	r1
	71535-002	744358	2223620	2003	r1
	71535-003	744812	2223225	2003	r1
	71535-004	745987	2225590	2003	r1
	71535-005	746258	2225285	2003	r1
	71535-006	744778	2223322	2003	r1
THUREY	71538-001	812370	2197063	2003	p-IVBm
	71541-001	827903	2207252	2003	p-IVBm
	71541-002	829240	2210677	2003	Cs
	71541-003	827740	2207807	2003	Fx-y
	71541-004	827437	2209100	2003	Fx-y
	71541-005	827860	2208003	2003	Fx-y
	71541-006	827373	2208980	2003	Fx-y
	71541-007	829650	2207668	2003	Cs
	71541-008	827910	2208043	2003	Fx-y
	71541-009	829337	2210135	2003	Cs
	71541-010	827872	2207912	2003	Fx-y
TOURNUS	71543-001	797754	2176402	2003	Cs
	71543-002	795803	2177024	2003	j5
	71543-003	796478	2176975	2003	Fx-y
	71543-004	797747	2176423	2003	Cs
	71543-005	796551	2176736	2003	Cs
	71543-006	796376	2177611	2003	Fx-y
	71543-007	796442	2177590	2003	Fx-y
	71543-008	796383	2177168	2003	Cs
	71543-009	796755	2177755	2003	Cs
	71543-010	796759	2177727	2003	Cs
	71543-011	795416	2176511	2003	j3-5
	71543-012	796889	2178332	2003	Cs
	71543-013	796393	2175878	2003	Fx-y
	71543-014	795567	2176768	2003	j5
	71543-015	796509	2176778	2003	Fx-y
	71543-016	796365	2177555	2003	Fx-y
	71543-017	796425	2177527	2003	Fx-y
	71543-018	797736	2176469	2003	Cs
	71543-019	796797	2177734	2003	Cs
	71543-020	796456	2177639	2003	Fx-y
	71543-021	796263	2176581	2003	Fx-y
	71543-022	797075	2177330	2003	Cs
	71543-023	795905	2177880	2003	j5
	71543-024	797107	2176189	2003	Cs
	71543-025	795595	2176808	2003	j5
	71543-026	796520	2176738	2003	Fx-y
	71543-027	795989	2175253	2003	Cs
	71543-028	796970	2176740	2003	Cs
	71543-029	796467	2177530	2003	Fx-y
	71543-030	795862	2176268	2003	j5
	71543-031	797026	2178098	2003	Cs

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Saône-et-Loire

Commune	Identifiant	X (Lambert II étendu, métrique)	Y (Lambert II étendu, métrique)	Date	Formation argileuse
	71543-032	797089	2176221	2003	Cs
	71543-033	796998	2176727	2003	Cs
	71543-034	796987	2177522	2003	Cs
	71543-035	795427	2177314	2003	j5
	71543-036	796903	2178285	2003	Cs
	71543-037	797290	2175316	2003	Fz
	71543-038	797581	2176367	2003	Cs
	71543-039	796808	2176005	2003	Cs
	71543-040	796991	2178079	2003	Cs
	71543-041	795476	2177313	2003	j5
	71543-042	795476	2177351	2003	j5
	71543-043	797349	2176662	2003	Cs
TRAMAYES	71545_001	774973	2147323	2003	j1
TRONCHY	71548-001	806830	2195913	2003	FLv-w
VAREILLES	71553-001	747435	2146206		g2-m1-A
VARENNE-L'ARCONCE	71554-001	740263	2150328	2003	t7-l1
VARENNE-SAINT-GERMAIN	71557-001	730191	2160280		FL
	71557-002	732012	2160811		FL
VARENNES-LE-GRAND	71555-001	793864	2193498		Fx-y
VARENNES-SAINT-SAUVEUR	71558-001	823346	2168159		p-IVBm
	71558-002	823339	2168177		p-IVBm
	71558-003	821529	2168681		p-IVBm
VAUBAN	71561-001	745357	2144456	2003	g2-m1-A
	71561-002	744823	2144118	2003	l4
	71561-003	746592	2140537	2003	g2-m1-A
VAUDEBARRIER	71562-001	751926	2160441	2003	l3
	71562-002	752709	2158956	2003	l4
	71562-003	753701	2158452	2003	l3
	71562-004	753029	2158072	2003	j1
	71562-005	753856	2157448	2003	l4
	71562-006	752808	2158361	2003	j1
VERDUN-SUR-LE-DOUBS	71566-001	804690	2214018	2003	Fz
	71566-002	804638	2213996	2003	Fz
VERS	71572-001	793236	2179178	2003	j5
VINCELLES	71580-001	821583	2188209	2003	p-IVBm
	71580-002	821951	2188644	2003	p-IVBm
	71580-003	821953	2188664	2003	p-IVBm
VINZELLES	71583-001	787426	2144229		j2b
	71583-002	787999	2143716		Fx-y
VIREY-LE-GRAND	71585-001	793070	2207985		Fx-y
	71585-002	792562	2207833		Fx-y
	71585-003	793230	2208257		Fx-y
	71585-004	792978	2207967		Fx-y
	71585-005	792677	2207780		Fx-y
	71585-006	792570	2207360		Fx-y
	71585-007	792660	2207502		Fx-y
	71585-008	792290	2207180		Fx-y
	71585-009	793200	2207897		Fx-y
	71585-010	792825	2207627		Fx-y
	71585-011	793255	2208293		Fx-y
	71585-012	793222	2208050		Fx-y
	71585-013	792653	2207727		Fx-y
	71585-014	793250	2208168		Fx-y
	71585-015	792795	2208065		Fx-y
	71585-016	792692	2208137		Fx-y
	71585-017	793305	2209190		Fx-y
	71585-018	792540	2208200		Fx-y
	71585-019	792415	2207230		Fx-y
	71585-020	792972	2208030		Fx-y
	71585-021	793353	2208645		Fx-y
	71585-022	793313	2208183		Fx-y
	71585-023	793380	2209118		Fx-y
	71585-024	793497	2208195		Fx-y
	71585-025	793527	2208820		Fx-y
	71585-026	792555	2207715		Fx-y
	71585-027	792632	2208405		Fx-y
	71585-028	792830	2207687		Fx-y
	71585-029	792755	2208085		Fx-y
	71585-030	793220	2208382		Fx-y

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Saône-et-Loire

Commune	Identifiant	X (Lambert II étendu, métrique)	Y (Lambert II étendu, métrique)	Date	Formation argileuse
	71585-031	793012	2208012		Fx-y
VIRY	71586-001	752638	2166553	2003	l4
	71586-002	753440	2165697	2003	l1-2
	71586-003	752081	2164499	2003	l1-2
	71586-004	754837	2164518	2003	Cs
	71586-005	753303	2165474	2003	l1-2
VITRY-LES-CLUNY	71587-001	772720	2168184	2003	j1
	71587-002	772884	2168132	2003	j1
	71587-003	771525	2167438	2003	j1

Annexe 3 – Liste et coordonnées des bureaux d'étude ayant fourni des données géotechniques

Hydro'Géotechnique :

RN 6
ZA des Ormeaux
71 150 - FONTAINES

Tel : 03 85 45 88 44
Fax : 03 85 45 88 43

I.C.S.E.O. :

27, rue Oeuvre
21 140 – SEMUR-EN-AUXOIS

Tél. : 03 80 97 48 80
Fax : 03 80 97 48 89

Coordonnées de l'Union Syndicale de Géotechnique

USG

Maison de l'Ingénierie
3, rue Léon Bonnat
75 016 - PARIS



Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemain
BP 6009
45 060 - Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service Aménagement et Risques Naturels
Unité Risques de Mouvements de terrain
117, avenue de Luminy - BP 167
13 276 – Marseille Cedex 09 – France
Tél. : 04 91 17 74 74

Service géologique régional Bourgogne
Parc Technologique
27, rue Louis de Broglie
21 000 - Dijon - France
Tél. : 03 80 72 90 40